



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000302792

DER BAU
DES
KAISER WILHELM-KANALS.

NACH AMTLICHEN QUELLEN *164/1000/1*
UNTER MITWIRKUNG DES KÖNIGLICHEN REGIERUNGSBAUMEISTERS
HANS W. SCHULTZ

BEARBEITET

VON

J. FÜLSCHER,

GEHEIMER BAURATH UND VORTRAGENDER RATH
IM KÖNIGL. PREUSS. MINISTERIUM DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN,
VORMALS MIT-DIRIGENT DER FÜR DEN BAU DES NORD-OSTSEE-KANALS BESTELLTEN
KAISERLICHEN KANAL-KOMMISSION IN KIEL.

NEBST EINEM ANHANG:

„BEGLEITWORTE ZU DEM GEOLOGISCHEN PROFIL DES KANALS“ VON PROFESSOR DR. H. HAAS IN KIEL.

ERWEITERTER UND VERMEHRTER SONDERDRUCK AUS DER ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN.

TEXT

ABTHEILUNG I.

MIT 135 TEXTABBILDUNGEN UND 30 TAFELN IN STEINSTICH.



BERLIN 1898.
VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN.
(VORM. ERNST & KORN)

XX
313



IV 35171



IV-300980

NACHDRUCK VERBOTEN.

Akc. Nr. 1122/52

BPU-12-216/204

Inhalts-Verzeichnifs.

	Seite
I. Geschichte des Kanals.	1
II. Der Bauentwurf.	
a) die Kanallinie	4
b) Bodenverhältnisse	11
c) die Wasserstände im Kanal und an den beiden Mündungen	13
d) der Längenschnitt der Sohle und die Normalquerschnitte des Kanals	16
e) allgemeine Beschreibung des Kanals und seiner Nebenanlagen	19
f) Kostenanschläge	29
g) der Arbeitsplan	31
III. Bauausführung.	
A. Grunderwerb und Nutzungs-Entschädigungen	32
B. Erdarbeiten.	
a) Eintheilung und Verdingung der Arbeiten	33
b) Ausführung der Arbeiten	34
c) die zur Erdförderung verwandten Baggermaschinen und Fahrzeuge	57
C. Befestigung der Ufer und Böschungen	70
D. Schleusen und Hafenanlagen.	
a) die Schleuse nebst Vor- und Binnenhafen bei Brunsbüttel	77
1. der Bau der Schleuse	77
2. der Bau der Ufermauern am Binnen- und Vorhafen	92
3. der Bau der Molen	98
b) die Schleuse nebst Vor- und Binnenhafen in Holtenau.	
1. die Schleuse	103
2. der Bau der Ufermauern am Binnen- und Außenhafen	113
c) die Schleuse bei Rendsburg zwischen dem Kanal und der Eider	119
1. die Schleuse	120
2. Thore	121
3. die Portalbrücke am Oberhaupt der Schleuse	124
4. die Klappbrücke	126
5. die Eisenbahnbrücke über die Ober-Eider	127
6. der Ober- und Unterkanal der Schleuse	128
7. die Bauausführung	129
d) die als Nebenanlagen des Kanals hergestellten kleineren Schleusen.	
1. die Burgerau-Schleuse	133
2. die Wilsterau-Schleuse	134
3. die Sperrschleuse zum Bütteler Kanal	135
e) kleinere Hafenanlagen	137

Anhang: Begleitworte zum geologischen Profil des Kaiser Wilhelm-Kanals.

I. Geschichte des Canals.*)

Der Gedanke, die Nord- und Ostsee durch einen für die Seeschiffahrt benutzbaren Canal zu verbinden, ist, soweit bekannt, zuerst im 16. Jahrhundert angeregt worden. In den Jahren 1539 und 1559, unter der Regierung des Königs Christian III. von Dänemark, wurden Entwürfe zu einer solchen Canalverbindung bearbeitet, zuerst in der Richtung von Kolding nach Ripen, dann von Hadersleben nach Ripen. Bald nachher, im Jahre 1571 trat Herzog Adolf I. — Stifter der Herzoglichen Gottorpischen Linie in Schleswig-Holstein — mit dem Plane hervor, durch Herstellung „eines Grabens mit etzlichen Schleusen“ zwischen dem Kieler Hafen und der Eider eine schiffbare Verbindung der Ostsee mit der Nordsee herzustellen. Damit waren schon die Grundzüge für den Canal angedeutet, der ungefähr 200 Jahre später als Schleswig-Holsteinischer oder Eidercanal zur Ausführung gekommen ist. Im 17. Jahrhundert, unter der Regierung des Königs Christian IV. wurde ein Canal in der Richtung von Apenrade nach Ballum geplant und wiederum ein Jahrhundert später, im Jahre 1761, wurden die Entwürfe für zwei Linien aufgestellt, die eine von Flensburg über Tondern nach Hoyer, die andere von Eckernförde über Schleswig nach Husum. Daran schloß sich dann sehr bald die Wiederaufnahme des vorerwähnten Planes zur Herstellung eines Canals zwischen dem Kieler Hafen und der Untereider bei Rendsburg, der in den Jahren 1777 bis 1784 zur Ausführung gebracht wurde.

Wenn man die Lage jeder einzelnen dieser Canallinien, die in der Karte der cimbrischen Halbinsel, Bl. 1 Abb. 1 übersichtlich angedeutet sind, etwas näher ins Auge faßt, so ist es nicht recht erklärlich, wie die vier nördlichsten Linien, die an der Ostseite in den Häfen von Kolding, Hadersleben, Apenrade und Flensburg ihren Ausgang nehmen sollten, für eine Canalverbindung mit der Nordsee überhaupt ernstlich in Betracht kommen konnten. Denn erstlich ergeben alle diese Linien für die Fahrt zwischen der Ostsee und den deutschen, holländischen und englischen Nordseehäfen im Vergleich zu der Richtung über Kiel oder Eckernförde einen mehr oder minder beträchtlichen Umweg, und außerdem liegen die Verhältnisse an ihren westlichen Mündungen für die Herstellung und Unterhaltung einer genügend tiefen Fahrinne außerhalb des festen Meeresufers sehr ungünstig. Sowohl bei Ripen, als bei Ballum und Hoyer findet sich die für Seeschiffe mittlerer Größe erforderliche Fahrtiefe erst weit ab vom Ufer. Um diese Tiefe zu erreichen, hätte von jeder der erwähnten Mündungsstellen aus

*) Eine eingehendere Bearbeitung der „Geschichte des Nord-Ostsee-Canals“ enthält die von dem Geheimen Regierungsrath und Vorsitzenden der Kaiserl. Canal-Commission Karl Loewe herausgegebene Festschrift zur Eröffnung des Canals am 20./21. Juni 1895. Verlag von W. Ernst & Sohn, Berlin 1895.

eine mindestens etwa 5 km lange Fahrinne durch das Wattensee hergestellt und unterhalten werden müssen, und dies wäre mit den Hilfsmitteln, die der Technik derzeit zu Gebote standen, wenn überhaupt, so doch sicher nur mit ganz unverhältnißmäßigen Schwierigkeiten und Kosten ausführbar gewesen.

In beiden Beziehungen weit günstiger stellt sich schon die Linie von Eckernförde über Schleswig nach Husum. Sie ist sogar kürzer, als der Weg durch den Eidercanal, der durch die starken Krümmungen in der Untereider zwischen Rendsburg und Tönning sehr verlängert wird. Und bei Husum zieht sich die nordwestlich von der Halbinsel Eiderstedt in die Nordsee einmündende Hever so nahe an die Küste heran, daß die Einführung des Canals in diesen breiten und tiefen Wattensee nicht allzuschwierig gewesen wäre.

Bei der zur Ausführung gekommenen Eiderlinie fiel diese letztere Schwierigkeit ganz weg. Hier wurde die Einführung in die Nordsee durch den Eiderstrom vermittelt, der schon vor der Anlage des Canals von seiner Mündung bis zur Stadt Rendsburg, also bis tief in das Land hinein schiffbar war und bei dem darauf gerechnet werden konnte, daß die vorhandene Fahrtiefe durch seine eigenen Zuflüsse und durch die Gezeitenströmungen werde erhalten werden. Der herzustellende Canal beschränkte sich demnach auf die Strecke von Rendsburg bis nach dem Kieler Hafen, mit einer Länge von im ganzen 43 km, oder nach Abzug der Obereider-Seen, durch die der Canal führte und die fast in ihrer ganzen Länge eine mehr als hinreichende natürliche Wassertiefe hatten, von rund 33 km.

Alle vorhin erwähnten Linien sind um mehr als die Hälfte länger. Die Eidercanallinie hatte aber vor diesen letzteren noch zwei weitere große Vorzüge: erstlich fand sie in mehreren großen Seen des oberen Eidergebietes ausreichende Sammelbecken vor, die dem Canal selbst in den trockensten Zeiten das nöthige Speisewasser lieferten, und ferner kamen dadurch, daß sie fast in ihrer ganzen Länge der Grenze zwischen den Herzogthümern Schleswig und Holstein folgen konnte, die vielen wirthschaftlichen und communalen Zerstücklungen in Wegfall, die bei jeder der anderen Linien unvermeidlich waren.

Diese in mehrfacher Beziehung günstigen Verhältnisse mußten für die Eidercanallinie den Ausschlag geben. Der Canal wurde in den Jahren 1777 bis 1784 unter der Oberleitung des Generalmajors von Wegener und der Ingenieur-Capitäne von Pegmann und Detmer mit einem Kostenaufwande von rund 9 000 000 \mathcal{M} ausgeführt, wovon rund 390 000 \mathcal{M} auf Entschädigungen für Grunderwerb und Betriebsstörungen entfielen. Seine Breite in der Höhe des mittleren Wasserstandes war 28,7 m, seine Tiefe 3,5 m. Er war der erste für Seeschiffe zugängliche Canal in ganz

Europa. In England und Wales waren zwar bis zum Jahre 1780 schon mehrere Inland-Wasserwege von Meer zu Meer hergestellt worden. Aber diese hatten so geringe Breite und Tiefe, daß sie für Seeschiffe nicht zu benutzen waren. Der größte unter ihnen, der ungefähr gleichzeitig mit dem Eidercanal gebaute Forth- und Clydecanal hatte nur eine Wasserspiegelbreite von 16,8 m und eine Tiefe von 2,1 m. Viel früher als alle diese englischen Canäle, um die Zeit von 1391 bis 1398, war in Deutschland schon der sog. Stecknitzcanal gebaut worden. Er verband die Stecknitz, einen Nebenfluß der in die Ostsee mündenden Trave, mit der Elbe bei Lauenburg und wurde erst durch den in jüngster Zeit begonnenen Bau des Elbe-Trave-Canals außer Betrieb gesetzt. Dieser Canal bildete also schon vor fast 500 Jahren eine Inland-Wasserstraße zwischen der Nordsee und Ostsee, aber er war nur für die Binnenschifffahrt bestimmt und konnte seiner geringen Breite und Tiefe wegen von See- und Küstenschiffen nicht benutzt werden. In Schweden befand sich der Canalbau um jene Zeit noch in den ersten Anfängen. Der kühne Gedanke, durch den künstlichen Zusammenschluß von Binnengewässern quer über Schweden hin eine schiffbare Verbindung zwischen der Ostsee und dem Kattegat herzustellen, hatte zwar die Fürsten und einzelne hervorragende Männer des Landes schon seit Jahrhunderten beschäftigt, aber zu der Zeit, als der Eidercanal gebaut wurde, war es mit der Ausführung über einen ersten mißglückten Versuch, die Göta-Elf zwischen dem Wenersee und dem Kattegat durch Umgehung der Trollhätta-Fälle mittels einer Schleusentreppe schiffbar zu machen, nicht hinaus gekommen. Der jetzige Trollhätta-Canal kam erst in den Jahren von 1795 bis 1800 und der den Wenersee mit der Ostsee verbindende Göta-Canal noch viel später, in dem langen Zeitraum von 1810 bis 1832, zur Ausführung.

Der Eidercanal konnte nach seinem wasserhaltenden Querschnitt von See- und Küstenschiffen bis zu 3 m Tiefgang befahren werden und er war darin, daß Schiffe bis zu diesem Tiefgang durch ihn von Meer zu Meer gelangen konnten, allen anderen bis dahin hergestellten künstlichen Wasserstraßen Europas überlegen.

Trotzdem konnte er auf die Länge dem zunehmenden Seeverkehr zwischen der Nord- und Ostsee nicht genügen. Und als dann während der Kämpfe um die politische Stellung und Zugehörigkeit der Herzogthümer Schleswig und Holstein, die in den Jahren 1848 bis 1850 angingen und in den Jahren 1864 bis 1866 ihren Abschluß fanden, die große Bedeutung erkannt wurde, die eine verbesserte Canalverbindung zwischen der Nord- und Ostsee für die See-Wehrkraft Deutschlands zur Folge haben müsse, da wurde nach und nach von verschiedenen Seiten die Frage erörtert, wo und wie eine solche verbesserte Verbindung am zweckmäßigsten herzustellen sei. Eine ganze Reihe von Entwürfen wurde mehr oder weniger eingehend bearbeitet. Sie sind in der Karte Bl. 1 Abb. 1 sämtlich angedeutet und sollen hier nach einer in den Dahlströmschen Erläuterungen zu den generellen Vorarbeiten für den Bau des Nord-Ostsee-Canals, Hamburg 1881, mitgetheilten Zusammenstellung kurz aufgeführt werden.

Der schon früher erwähnte, im Jahre 1761 von dem Capitän von Justi aufgestellte Entwurf Husum-Schleswig-Eckernförde wurde im Jahre 1848 von dem Deichinspector Petersen neu bearbeitet und im Jahre 1865 von zwei Mitarbeitern desselben wieder angeregt, auch auf Veranlassung eines Canal-Ausschusses der beteiligten Städte durch den holländischen Ingenieur Stieltjes begutachtet und umgearbeitet. Die Tiefe des Canals war von Petersen zu 6,9 m angenommen, bei einer Scheitelhaltung von 3,14 m über Mittel-Hochwasser der Nordsee zwischen Husum und Bus-

torf an der Schlei; von da bis zur Ostsee sollte der Canal offen bleiben. Seine Länge war 57 km, die Baukosten wurden veranschlagt auf 31 680 000 \mathcal{M} , wovon rund 20 700 000 \mathcal{M} auf Erd- und Baggararbeiten zur Förderung einer Gesamt-Bodenmasse von rund 23 000 000 cbm kamen. Die Breite des Canals sollte 50 m im Wasserspiegel und 15,7 m in der Sohle betragen.

Im Jahre 1848 wurde ferner ein Vorschlag zur Umgestaltung und Erweiterung des Eidercanals gemacht, wie denn überhaupt die Jahre 1848 und 1849 eine besondere Regsamkeit für die Nord-Ostsee-Canalverbindung hervorbrachten. Neben älteren Plänen, die wieder auftauchten, entstanden verschiedene neue, von denen anzuführen sind:

1. Brunsbüttel-Rendsburg-Eckernförde.
2. Brunsbüttel-Kiel.
3. Stoerort-Kiel.

Die Richtung des ersteren, von den Gebrüdern Christensen bearbeiteten Entwurfes war größtentheils dieselbe, die später im Jahre 1865 dem Lentzeschen Plane zu Grunde gelegt wurde. Die Baukosten waren von Christensen veranschlagt auf 33 000 000 \mathcal{M} , darunter für Erd- und Baggararbeiten zur Förderung von rund 31 000 000 cbm Bodenmasse 22 680 000 \mathcal{M} . Für den Canal waren drei Schleusen — an beiden Mündungen und bei Rendsburg — vorgesehen, von je 78,5 m Länge und 15,7 m Breite. Von der Ostseeschleuse bis Rendsburg sollte der Wasserstand in der Höhe des Wasserstandes der Obereider, ungefähr 2,7 m über Mittelwasser der Ostsee, von Rendsburg bis zu der Elbschleuse in der Höhe des mittleren Untereider-Wasserstandes gehalten werden. Zur Speisung der oberen Canalahaltung sollte das Zuflußgebiet der Obereider dienen. Die Länge des Canals war angegeben auf 87,5 km, die Tiefe auf 7,5 m, bei 47 m Breite im Wasserspiegel und 21 m Breite in der Sohle.

Die Pläne Brunsbüttel-Kiel und Stoerort-Kiel wurden von dem aus der deutschen Nationalversammlung in Frankfurt hervorgegangenen Kieler Flottenausschuß veranlaßt, welcher auch eine Vermessung dieser Linien vornehmen ließ. Beide Entwürfe wurden aber zunächst nicht weiter verfolgt, weil bald nach ihrer Aufstellung die Nationalversammlung aufgelöst wurde und damit auch der Flottenausschuß zu bestehen aufhörte. Der Plan zu dem Canal Brunsbüttel-Kiel wurde dann im Jahre 1864 von einem Kieler Canal-Ausschuß nochmals angeregt und ausführlicher bearbeitet. Hiernach war für die westliche Canalstrecke von der Elbe bis an den Höhenrücken, der die Wasserscheide zwischen den Flußgebieten der Elbe und Eider bildet, ungefähr dieselbe Linie in Aussicht genommen, die jetzt für die Bauausführung gewählt worden ist, im weiteren Verlauf aber sollte der Canal nicht durch das Eiderthal über Rendsburg, sondern über Hanerau, Bokelholm und Westensee nach Kiel führen (s. Karte Bl. 4 u. 5). Die Baulänge stellte sich hiernach auf 90 km, und nicht weniger als sechs Schleusen waren vorgesehen. Die Wassertiefe des Canals war zu 7,85 m angenommen bei einer Breite im Wasserspiegel von 50 m und in der Sohle von 21 m. Die Baukosten waren zu 49 500 000 \mathcal{M} veranschlagt. Davon kamen 22 728 000 \mathcal{M} auf Erd- und Baggararbeiten zur Förderung von rund 41 000 000 cbm Boden.

In den Jahren 1861 und 1862 wurde von dem Civil-Ingenieur Kröhnke — jetzt Regierungs- und Baurath in Frankfurt a/O. — der von dem dänischen Unternehmer Hansen angeregte Entwurf eines Canals von der Stoermündung nach der Neustädter Bucht bearbeitet. Für diesen Canal waren sieben Doppelschleusen — je eine größere und eine kleinere Schleuse neben einander — und ein wasserhaltender Querschnitt von 7,85 m Tiefe, 50 bis 54 m oberer und 19 bis 22 m unterer Breite vorgesehen. Die Scheitelhaltung

sollte 21 m über dem mittleren Ostsee-Wasserstande liegen. Nach dem aufgestellten Kostenanschlag waren die Baukosten auf rund 140 000 000 \mathcal{M} berechnet, wovon ungefähr die Hälfte auf Ausgaben für Erd- und Baggararbeiten entfiel. Dieser hohen Kosten wegen hatte der Plan von vorn herein wenig Aussicht, zur Ausführung zu gelangen. Als dann mit dem Jahre 1863 die Verbindung Schleswig-Holsteins mit Dänemark und damit zugleich jeder dänische Einfluß auf die technischen Unternehmungen der deutschen Herzogthümer zu Ende ging, war von ihm nicht mehr die Rede. Nach dem Jahre 1863 wurde aber der Gedanke an eine Canalverbindung zwischen der Nord- und Ostsee von deutscher Seite eifrig wieder aufgenommen. Außer dem bereits erwähnten Plan des Kieler Ausschusses, der im Jahre 1864 neu bearbeitet wurde, entstand eine Reihe von Denkschriften, die alle die große Nützlichkeit einer solchen Canalverbindung sowohl für den Handelsverkehr als für die Wehrkraft des Vaterlandes nachzuweisen suchten und nur je nach dem besonderen Standpunkte des Verfassers darin abwichen, in welcher Richtung dieser Canal am zweckmäßigsten auszuführen wäre. Aber alle diese Denkschriften enthielten nur generelle, auf Grund vorhandenen Kartenmaterials aufgestellte Vorschläge, keine durchgearbeiteten Entwürfe.

Ein solcher, auf Grund sorgfältiger Voruntersuchungen bearbeiteter Entwurf wurde in den Jahren 1864 und 65 im Auftrage des Königlichen preussischen Handelsministeriums von dem Geheimen Ober-Baurath Lentze aufgestellt. Lentze wählte für seinen Entwurf ungefähr dieselbe Linie von der Untereibe über Rendsburg nach Eckernförde, die schon im Jahre 1848 von den Gebrüdern Christensen vorgeschlagen worden war. Nur in der westlichen Endstrecke nehmen sie verschiedene Richtungen an; nach der Christensenschen Linie sollte der Canal bei Brunsbüttel, nach der Lentzeschen bei St. Margarethen, ungefähr 6 km oberhalb Brunsbüttel, in die Elbe einmünden (vgl. Karte Bl. 2). Eine zweite und sehr wesentliche Abweichung zwischen den beiden Entwürfen bestand darin, daß Christensen einen Canal mit drei Schleusen und zwei verschiedenen Wasserhaltungen vorgesehen hatte, während von Lentze ein reiner Durchstich von Meer zu Meer in Aussicht genommen wurde. Nach dem letzteren Entwurf sollte der Canal bei Eckernförde offen in die Ostsee einmünden und nur gegen die stark wechselnden Wasserstände der Elbe durch eine Schleusenanlage abgeschlossen werden. Für den Canalquerschnitt war bei mittlerem Wasserstand eine Breite im Wasserspiegel von rund 70 m, eine Sohlbreite von 23,80 m und eine Tiefe von 9,73 m vorgesehen. Die beiderseitigen Böschungen sollten im unteren Theile des Querschnitts bis auf 3,77 m über der Sohle eine dreifache, darüber bis zu den in wasserfreier Höhe anzulegenden Leinpfaden eine zweifache Anlage erhalten. Die Kosten waren auf 84 576 000 \mathcal{M} veranschlagt, darunter für Erd- und Baggararbeiten zur Förderung von ungefähr 60 000 000 cbm Bodenmasse rund 38 600 000 \mathcal{M} .

Dieser erste Lentzesche Entwurf wurde, entsprechend einer Forderung des Königlichen preussischen Kriegsministeriums, den Canal an den Kieler Hafen anzuschließen, im Jahre 1866 umgearbeitet, und so entstand der Plan eines Durchstiches von der Untereibe über Rendsburg nach Kiel, der zwar damals infolge politischer Ereignisse nicht zur Ausführung kam, aber doch später von anderer Seite wieder aufgenommen und auch der jetzigen Bauausführung im wesentlichen zu Grunde gelegt worden ist.

Nach dem Jahre 1866 und auch nach der Gründung des deutschen Reiches im Jahre 1871 wurde der Plan zur Herstellung eines Nord-Ostsee-Canals seitens der Regierung vorläufig nicht weiter verfolgt, weil an maßgebenden Stellen zunächst eine durchgreifende Verstärkung der Kriegsflotte

für nothwendig erachtet wurde und also die finanziellen Kräfte des Staates und Reiches anderweit geschont werden mußten, um sie für den Bau und die Ausrüstung von Kriegsschiffen in verstärktem Maße heranziehen zu können. Diese Bestrebungen fanden in dem Feldmarschall von Moltke einen sehr warmen Vertreter, und es dürfte, wenigstens zum großen Theil, seinem Einflusse zuzuschreiben sein, daß der vor 1866 mit so vielem Eifer bearbeitete Canalentwurf eine lange Reihe von Jahren seitens der Regierung gänzlich aufgegeben zu sein schien.

Erst im Jahre 1878 wurde der Plan wieder angeregt und zwar diesmal durch den Hamburgischen Schiffsreeder Dahlström. Dieser veröffentlichte eine Denkschrift unter dem Titel: „Die Ertragsfähigkeit eines Schleswig-Holsteinischen Seeschiffahrts-Canals, Hamburg 1878“ und erhielt von der Regierung die Erlaubnis, für die Aufstellung eines Canalentwurfes in der Richtung von Brunsbüttel über Rendsburg nach Kiel Vorarbeiten zu machen. Ungefähr gleichzeitig wurden seitens der Königlichen Regierung in Schleswig Untersuchungen darüber angestellt, wie und mit welchen Geldmitteln der bestehende Eidercanal zu verbessern sei. Zwei Entwürfe wurden bearbeitet, der eine für Schiffe von 3 m, der andere für Schiffe von 4,5 m Tiefgang. Nach dem ersteren sollte der Eidercanal in seinem derzeitigen Bestande im wesentlichen beibehalten, und nur die für die Verhältnisse der gegenwärtigen Schifffahrt zu kurzen Schleusen sollten verlängert und einzelne Strecken des Canals und der Untereider begradigt werden. Nach dem zweiten Entwurf war ein vollständiger Umbau des Canals und eine durchgreifende Regulirung der Untereider vorgesehen. Die Baukosten waren nach dem ersteren Entwurf auf 20 000 000 \mathcal{M} , nach dem letzteren auf rund 40 000 000 \mathcal{M} veranschlagt. Aber selbst nach diesem letzteren Entwurf konnte die neue Wasserstrasse einem größeren Seeschiffahrts-Verkehr nicht genügen. Denn abgesehen davon, daß der Canal für Schiffe von mehr als 4,5 m Tiefgang überhaupt nicht benutzbar gewesen wäre, wäre die Einfahrt in die Eider wegen der dort vorhandenen und auf die Dauer nicht zu beseitigenden Barren auch für kleinere Fahrzeuge immer ein mangelhaftes und gefährliches Fahrwasser geblieben. Erscheint es hiernach schon zweifelhaft, ob die nach diesem Entwurf erreichbare Verbesserung der Wasserstrasse eine so erhebliche Geldausgabe werth war, so war es um so sicherer, daß der verbesserte Eidercanal gegen den von Dahlström wieder aufgenommenen Canal nach der Untereibe hinsichtlich seines Werthes für die Seeschifffahrt weit zurückstehen mußte.

Dahlström beabsichtigte ursprünglich unter Bethheiligung Preussens oder des Reiches den Canal als Privatunternehmen auszuführen, weil auf eine staatliche Ausführung aus den schon erwähnten Gründen damals nicht zu rechnen war. Um hierüber in Verhandlungen einzutreten, wurde der in den Jahren 1879/80 von dem derzeitigen Regierungs-Baumeister, jetzigen Regierungs- und Baurath Boden aufgestellte Entwurf im Jahre 1881 der preussischen Regierung eingereicht. Das Privatunternehmen kam nicht zu stande, der von Dahlström eingereichte Entwurf aber bildete fortan die Grundlage für alle diejenigen weiteren Verhandlungen, die in der Uebernahme der Bauausführung durch das deutsche Reich ihren Abschluß fanden.

Durch das Reichsgesetz vom 16. Mai 1886 wurde die Herstellung eines für die Benutzung durch die deutsche Kriegsflotte geeigneten Seeschiffahrts-Canals von der Elbmündung über Rendsburg nach der Kieler Bucht auf Kosten des Reiches unter der Voraussetzung genehmigt, daß Preussen zu den auf 156 000 000 \mathcal{M} veranschlagten Gesamt-Herstellungskosten den Betrag von 50 000 000 \mathcal{M} im voraus gewährte. Diese

Bedingung wurde durch das preussische Landesgesetz vom 16. Juli 1886 erfüllt. Zur Ausführung des Canalbaues wurde dann durch Allerhöchsten Erlafs vom 17. Juli 1886 eine dem Reichsamt des Innern unterstellte besondere Behörde unter der Bezeichnung: „Kaiserliche Canal-Commission“ mit dem Wohnsitz in Kiel eingesetzt. Diese Behörde begann ihre Thätigkeit am 1. October 1886. Ihr unterstellt wurden vier Bau-

ämter: in Brunsbüttel, Burg, Rendsburg und Kiel, denen zunächst die Leitung der Vorarbeiten für die Aufstellung der Bauentwürfe, später die Beaufsichtigung und Leitung der Bauarbeiten übertragen wurde. Die Vorarbeiten wurden unverzüglich in Angriff genommen, die eigentlichen Bauarbeiten wurden durch die am 3. Juni 1887 durch Kaiser Wilhelm I. vollzogene Grundsteinlegung eingeleitet.

II. Der Bauentwurf.

a) Die Canallinie.

(Hierzu die Karte Bl. 2.)

Die Richtung des Nord-Ostsee-Canals ist in ihren Hauptzügen schon durch das Reichsgesetz vom 16. Mai 1886 festgelegt worden. Der Canal führt dementsprechend von der Elbmündung über Rendsburg nach der Kieler Bucht und hat eine Gesamtlänge von 98,65 km. Vom westlichen Anfangspunkt bei Brunsbüttel ausgehend, durchschneidet er zunächst auf etwa 20 km Länge das niedrige, an vielen Stellen unter dem mittleren Canalwasserstande gelegene Gebiet der Elbmarsch und der Burg-Kudenseer Niederung, gelangt dann in langsam ansteigendem Boden an die rund 24 m über Mittelwasser der Ostsee sich erhebende Wasserscheide zwischen der Elbe und der Eider bei Grünenthal und erreicht, das Thal der Gieselau verfolgend, bei km 40 die Niederung der Eider. Das Ueberschwemmungsgebiet dieses Flusses und die darin liegenden Moore und den Meckelsee durchschneidend, tritt der Canal bei km 55, bei dem Dorfe Schülpe, auf eine kurze Strecke hart an die Eider heran, läßt aber das eigentliche Flußbett unberührt. Zum Schutz gegen die Hochfluthen der Eider ist zwischen dieser und dem Canal ein hochwasserfreier Deich aufgeführt. Bei Westerrönfeld, km 59, wird das Thal der Untereider wieder verlassen. Der Canal umgeht nun die Stadt Rendsburg an der Südseite, erreicht bei km 65 die Obereider-Seen und verfolgt dieselben bis km 71. Von hier an tritt er in das Gebiet des bisherigen Eidercanals, dessen Lauf soweit thunlich, jedoch mit erheblichen Begradigungen und Abkürzungen benutzt wird. Er mündet bei Holtenau in den Kieler Hafen.

Bei der Absteckung der Canallinie war eine der ersten und wichtigsten Arbeiten die genaue Feststellung der beiden Endpunkte, der Einmündung in die Elbe und in den Kieler Hafen.

Für die Einmündung in den Kieler Hafen war das schon für den Bau des Eidercanals benutzte Thal der vormaligen Levensau die gegebene Stelle. Die Bodenerhebungen zu beiden Seiten dieses Thales sind so erhebliche und ein Verlassen der Thalmulde würde die zur Herstellung des Canals zu bewegende Bodenmasse so beträchtlich vermehrt haben, daß schon aus diesem Grunde irgend eine andere Stelle garnicht in Frage kommen konnte. Außerdem hat der Kieler Hafen gerade vor dieser Thalmulde die größte Breitenausdehnung, sodaß die aus dem Canal kommenden und die in denselben einlaufenden Schiffe hierselbst in Zeiten des stärksten Verkehrs ein genügend geräumiges Fahrwasser finden.

Nicht in gleicher Weise klar liegen die Verhältnisse für die Bestimmung des Einmündungspunktes des Canals in die Unterelbe. Nach dem Lentzeschen Entwurf sollte der Canal bei St. Margarethen, nach den Entwürfen von Christensen und Boden am Brunsbütteler Koog in die Elbe eingeführt werden. Lentze hatte die Einmündung bei St. Margarethen

gewählt, erstlich weil darnach die Canallinie am kürzesten und der Erdaushub am geringsten wurde, ferner um die mächtigen Torflager der Burg-Kudenseer Niederung, von denen er annahm, daß sie der Herstellung des Canals große Schwierigkeiten bereiten würden, thunlichst zu umgehen, und endlich weil ihm der große unbebaute und in der Nähe der Freiburger Reede gelegene Aufsendeich zwischen Büttel und St. Margarethen für die Hafenanlagen am geeignetsten zu sein schien. Christensen hatte dagegen bei der Aufstellung seines Entwurfes sich dahin geäußert, daß der Aufsendeich zwischen Büttel und St. Margarethen, obgleich der Untergrund hier besser sei, als weiter elbaufwärts, sich aus zwei Gründen als Mündungspunkt für den Canal nicht empfehle. Erstlich, weil hier das breite Vorland einen langen von der Verschlickung nicht frei zu haltenden Aufsendeich erheische, wenn man nicht etwa zu der — recht kostspieligen — Bedeichung dieses Vorlandes und gleichzeitigen Verlegung der Bütteler Schleuse sich entschließen wolle; dann ferner aber und hauptsächlich weil die Canalstrecke von St. Margarethen in der Richtung nach Burg durch die allerschlechteste Moorgegend des westlichen Theiles der Wilstermarsch führe, wo die Herstellung eines Canals mit festen Dämmen für den Leinpfad eine schwierige Aufgabe sein würde. Christensen hatte deshalb einen Punkt am Brunsbütteler Koog vorgeschlagen, wo die angestellten Bohrungen ergeben hatten, daß die Bodenbeschaffenheit sowohl für die Anlage der Schleusen und Hafenerwerke als für die Fortführung des Canals sehr günstig sei. Boden ist bei den von ihm angestellten Untersuchungen zu demselben Resultat gekommen. Er hat deshalb die Einmündung des Canals in die Elbe ebenfalls nach dem Brunsbütteler Koog verlegt, nur etwas weiter stromabwärts als nach dem Christensenschen Entwurf, an eine Stelle, wo das Fahrwasser sich in einer breiten und tiefen Stromrinne hart an dem rechten Ufer hinzieht und wo die in einer schwachen Einbiegung liegende Uferlinie eine Gewähr dafür giebt, daß erhebliche Veränderungen in der Lage und Tiefe der Stromrinne in absehbarer Zeit nicht eintreten werden.

Eine sorgfältige Abwägung der vorerwähnten, für und gegen die verschiedenen Mündungspunkte sprechenden Gründe und weitere diesseits angestellte Untersuchungen ließen es als unzweifelhaft erscheinen, daß der in dem Boden-Dahlströmschen Entwurf gewählte Punkt am westlichen Ende des Brunsbütteler Koogs nach Lage der Verhältnisse als der zweckmäßigste angesehen werden mußte. Dieser wurde daher, mit einer geringen Verschiebung nach Westen, auch für die Bauausführung beibehalten. Die kleine Verschiebung wurde nöthig, um für den Vorhafen eine bequeme Anseglung und für den Canal auf der Strecke bis nach dem Kudensee eine möglichst gerade Linie zu gewinnen. Der Punkt, wo der Canal in die Elbe eintritt, liegt reichlich 1 km oberhalb der Einfahrt in den alten Brunsbütteler Hafen,

2,5 km unterhalb der von Christensen und 5 km unterhalb der von Lentze dafür vorgeschlagenen Stelle.

Beide Endpunkte des Canals fallen hiernach mit dem Boden-Dahlströmschen Entwurfe fast genau zusammen. Dagegen zeigt die Canallinie zwischen den beiden Endpunkten im Vergleich mit dem genannten Entwurfe verschiedene, mehr oder minder erhebliche Abweichungen. Die Erwägungen, die zu diesen Abweichungen geführt haben, waren theils technischer, theils wirtschaftlicher Natur und sollen nachstehend näher dargelegt werden.

Die erste gröfsere Abweichung von der Boden-Dahlströmschen Linie zeigt die Strecke von der westlichen Mündung bis km 20. Hier durchschneidet der Canal auf 11,4 km Länge — von km 6,6 bis 18,0 — die Burg-Kudenseer Niederung, in der einestheils die Höhenlage und Bodenbeschaffenheit, andertheils die wirtschaftlichen Verhältnisse für die Linienführung von ausschlaggebender Bedeutung waren. Die Burg-Kudenseer Niederung diente noch im vorigen Jahrhundert als Sammelbecken für die Hochwasser der Holsten- und Wilsterau, erhielt dann zwar einen besonderen Abfluss nach der Elbe hin, wurde aber erst vor 25 bis 30 Jahren nach Durchführung einer geregelten Entwässerung in bessere Cultur genommen. Sie liegt mit ihrer Oberfläche grösstentheils unter dem mittleren Canalwasserstand und nur wenig über dem gewöhnlichen Niedrigwasser der Elbe, mufs daher zum grössten Theile auf künstlichem Wege entwässert werden. Der am tiefsten gelegene Theil der Niederung — der Kudensee — ist seither nicht trocken gelegt worden. Der Boden in der Niederung besteht bis zu grössten Tiefen aus weichen angeschwemmten Schichten. Obenauf liegt in wechselnder Stärke und durch die erfolgte Torfausbeutung bis auf wenige Decimeter abgetragen, Moor (Moostorf), darunter Darg (Schilftorf) und zu unterst ein mehr oder weniger weicher Kleiboden. Der alte feste Meeresgrund liegt grösstentheils unter der Canalsohle, nur an den beiden Enden und an dem nordwestlichen Rande der Niederung etwas höher.

Bei den Schwierigkeiten, die sich aus diesen Bodenverhältnissen für die Bauausführung ergaben, erforderte die Feststellung der zu wählenden Baulinie selbstverständlich sehr sorgfältige Voruntersuchungen. Zahlreiche Bohrungen wurden deshalb vorgenommen und über das ganze Niederungsgebiet ausgedehnt. Daraus ergab sich, dafs die Bodenbeschaffenheit in der für die Ausführung gewählten Linie weniger ungünstig ist, als in jeder anderen Richtung und besonders als an dem nordwestlichen Rande der Niederung hart an dem Geestabhange, wo der Canal sowohl nach dem Boden-Dahlströmschen als nach dem früher bearbeiteten Christensenschen Entwurf das Niederungsgebiet durchschneiden sollte. Dort sind zwar die weichen Bodenschichten weniger mächtig, als in weiterer Entfernung von dem Geestabhange, und die Canalsohle würde dort, wie in den Erläuterungen zu den früheren Entwürfen ganz richtig hervorgehoben ist, überall in den sandigen Untergrund einschneiden. Aber dieser letztere besteht aus Tribsand. Schon bei Ausführung der Bohrungen wurden Theile davon durch das über den oberen Rand der Bohrlöcher ausfliefsende Quellwasser herausgerissen, und es würde ein sehr gewagtes Unternehmen sein, in diesem Boden und in unmittelbarer Nähe des hohen und steilen Geestabhanges den unteren Theil des Canalquerschnitts ausheben zu wollen. Sehr erhebliche Schwierigkeiten mufsten freilich auch für die Bauausführung erwachsen aus dem bis zu grösster Tiefe sehr weichen Baugrund, der in gröfserer Entfernung von dem Geestabhange überall vorgefunden wurde, und aus der tiefen Lage der Niederung, die zum Schutz gegen den künftigen Canalwasserstand eine Deichanlage zu beiden Seiten des Canals erforderlich machte.

Um ein sicheres Urtheil über die Stand- und Tragfähigkeit der oberen Bodenschichten zu gewinnen, wurden während der Ausführung der Vorarbeiten an mehreren Stellen Probe-Ausschachtungen vorgenommen. Dabei zeigte sich, dafs in der oberen Moor- und Dargschicht selbst vierfache Böschungen schon in geringer Tiefe und ohne jede seitliche Belastung anfangen auszutreiben, sowie dafs unter einer schwachen Belastung, wie solche zur Herstellung der vorerwähnten Deiche unvermeidlich war, auch der Klei sich zusammenprefste und verdrückte. Am ungünstigsten lagen diese Verhältnisse auf der Strecke von km 13,2 bis 17, wo die Moorschicht am dicksten und so weich war, dafs sie kaum betreten werden konnte, und wo auch die tiefer liegenden Kleischichten weniger fest waren, als an anderen Stellen. Hier war mit Sicherheit vorzusehen, dafs beim Einschneiden des Canalquerschnitts und besonders beim Aufbringen der Deiche die seitlichen Massen immer wieder nachdrängen würden. Es mufste daher in Aussicht genommen werden, zu beiden Seiten des Canalquerschnitts die weichen Massen durch Aufschüttung festerer Bodenarten zu verdrängen oder zu verdichten und auf solche Weise feste Dammkörper zu bilden, zwischen denen der Canalquerschnitt ohne weitere Schwierigkeiten ausgehoben werden konnte und von denen anzunehmen war, dafs sie die an beiden Ufern herzustellen den Deiche mit Sicherheit würden tragen können. Ein zur Herstellung dieser Dämme geeigneter Sandboden stand in dem auf die Niederungsstrecke folgenden Canaleinschnitt von km 18 bis 26,2 in ausreichender Menge zur Verfügung. Es war vorzusehen, dafs diese Dammschüttungen wohl erhebliche Kosten erfordern würden, aber der Erfolg war sicher und die Kosten konnten mit einiger Sicherheit im voraus berechnet werden. Die zum Einschneiden der Canalsohle in den Tribsand und in der Nähe eines hohen sandigen Abhanges erforderlichen Kosten liefsen sich dagegen im voraus nicht bestimmen. Sie waren ganz unberechenbar, und es konnte überdies nicht einmal eine Gewähr dafür übernommen werden, dafs die planmäfsige Tiefe in diesem Boden mit den gewöhnlichen Mitteln — durch Aushub im Trockenen oder durch Baggerung unter Wasser — innerhalb einer bestimmten Zeit überhaupt zu erreichen sein werde.

Diese rein technischen Erwägungen liefsen zunächst nur die Nothwendigkeit erkennen, die Canallinie von dem Höhenrande ab und weiter in die Niederung hinein zu verlegen. Die Gründe, die dazu führten, eine so weitgehende Verschiebung bis nahe an die jenseitige südöstliche Grenze der Niederung eintreten zu lassen, wie sie nach Ausweis der Karte Bl. 2 vorgenommen worden ist, waren vorwiegend wirtschaftlicher Natur.

Die Burg-Kudenseer Niederung liegt zum weitaus grössten Theile in den zum Kreise Süderdithmarschen gehörigen Feldmarken Kuden, Buchholz und Burg, und die südöstliche Grenze dieser Feldmarken bildet zugleich die Kreisgrenze. Es lag daher nahe, die Canallinie in die unmittelbare Nähe dieser Grenze zu legen und die Landflächen, die durch den Bau des Canals von den Feldmarken, zu denen sie gehören, abgeschnitten wurden, zur Bodenablagerung anzukaufen, wozu sie ihrer Lage nach durchaus geeignet waren. Damit fiel die Nothwendigkeit weg, für die künftige Bewirtschaftung der abgeschnittenen Flächen besondere Einrichtungen zu treffen, neue Zufuhrwege, Fähr- und Entwässerungsanlagen herzustellen. Jede weiter westlich gelegene Linie hätte, um die wirtschaftliche Benutzung der abgeschnittenen Flächen in der bisherigen Weise zu ermöglichen, die Anlage zweier Fähren — je eine für Kuden und Buchholz — sowie die Herstellung von Parallelwegen an der südöstlichen Seite des Canals erforderlich gemacht, und trotzdem würde die Bewirtschaftung für die bisherigen Besitzer sehr erschwert worden sein. Es

hätten also außer den Kosten für die Fähr- und Wegeanlagen und für mancherlei neue Entwässerungseinrichtungen, die infolge der Abtrennung nothwendig geworden wären, noch hohe Entschädigungen für Wirthschafterschwernisse gezahlt werden müssen. Bei der zur Ausführung gewählten Linie sind alle diese Kosten vermieden worden.

Die zweite größere Abweichung von der Boden-Dahlströmschen Linie zeigt die Strecke von km 38 bis zur Einmündung in den östlich von Rendsburg belegenen Audorfer See, km 66. Ursprünglich war hier die von Boden gewählte Linie im wesentlichen beibehalten worden. Der Canal sollte nach dem Bodenschen Entwurf bei Wittenbergen, nach dem diesseitigen bei Bastenberg in das Bett der Eider eingeführt werden, dann bis Rendsburg den Lauf der Eider nach Möglichkeit verfolgen und nördlich von der Stadt in die Obereider eintreten. Bei Bastenberg sollte die Untereider durch eine Schleuse und einen an die Schleuse zu beiden Seiten anschließenden hochwasserfreien Deich gegen den Canal abgeschlossen werden.

Bei der landespolizeilichen Prüfung des Entwurfs für diese Theilstrecke wurden von den Interessenten der an der Untereider belegenen Niederungen und von der Stadt Rendsburg eine Reihe von Einwendungen erhoben, deren Erledigung in absehbarer Zeit nicht zu erwarten war, die daher für die Bauausführung jedenfalls große Verzögerungen und, obgleich sie zum großen Theil unbegründet waren, doch vielleicht auch sehr erhebliche Schwierigkeiten und Kosten verursacht haben würden. Es handelte sich bei den Einwendungen gegen den Entwurf und bei den daraus hergeleiteten Ansprüchen zum Theil um sehr verwickelte technische Fragen, über die ein richtiges Urtheil und eine sachgemäße Entscheidung zu treffen, eine recht schwierige Aufgabe war. Dies gilt besonders von der Frage, ob und in welchem Umfange die Abschließung der Eider bei Bastenberg eine Erhöhung der unterhalb dieser Abschließung liegenden Eiderdeiche nothwendig machen werde. Die Bauverwaltung hatte es für ihre Aufgabe gehalten, diese Frage gleichzeitig mit der Aufstellung des Canalentwurfes eingehend zu erörtern, und eine besondere Denkschrift darüber ausarbeiten lassen, die mit dem Entwurf zur Vorlage gekommen und auch der Königlichen Regierung in Schleswig als Landespolizeibehörde bereits vor der Einreichung des Entwurfes mitgetheilt worden war. Die Königliche Regierung hatte hieraus Veranlassung genommen, auch ihrerseits der Frage näher zu treten, und von der Königlichen Wasserbauinspektion in Rendsburg zwei gutachtliche Aeußerungen darüber eingezogen. Das erste dieser Gutachten — vom 27. Juli 1887 — führte nach einer sehr eingehenden Darstellung der Stromverhältnisse des ganzen Eiderlaufes zu der Schlussfolgerung, dafs

1. die in der diesseitigen Denkschrift — übereinstimmend mit einem von dem Oberbaudirector Franzius in Bremen und dem Marine-Hafenbaudirector Franzius in Kiel abgegebenen Gutachten zu dem Bodenschen Entwurfe — gemachte Voraussetzung, es könne zur Berechnung der späteren Fluthhöhe unterhalb Bastenberg die in der abgeschnittenen Eiderstrecke abgelagerte Fluthwassermenge zu Grunde gelegt werden, nicht annehmbar erscheine, und dafs
2. die mittlere Fluthhöhe in der Eider unterhalb des Abschlusses bei Bastenberg die zur Zeit dort vorhandene nicht überschreiten werde.

Bezüglich der Sturmfluthen wurde dann die unter 1 erwähnte Voraussetzung ohne weitere Begründung nicht nur als zutreffend anerkannt, sondern es wurde bei der Berechnung der Höhe, um welche die Sturmfluthen unterhalb des

Abschlusses bei Bastenberg künftig ansteigen würden, sogar davon ausgegangen, dafs nicht, wie diesseits angenommen war, nur die halbe, sondern die ganze Wassermenge, die bis dahin durch das Profil bei Bastenberg dem oberen Eidergebiet zugeflossen war, sich künftig über dem bisherigen Hochwasserspiegel unterhalb des Abschlusses ablagern werde. Und trotz dieser Annahme, von der mit Sicherheit gesagt werden kann, dafs sie über die äußerste Grenze des Möglichen schon hinausgeht, wurde die größte Erhöhung des Hochwasserspiegels unterhalb Bastenberg auf das Mafs von 0,47 m ermittelt. In dem zweiten Gutachten — vom 15. October 1887 — wurde dagegen von den künftigen Wasserstandshöhen im unteren Eidergebiet ein ganz anderes Bild entworfen. Mit einem Hinweis darauf, dafs der Bau des Nord-Ostsee-Canals einen günstigen Anlaß biete, die verwickelten und theilweise ganz unklaren Verhältnisse des Deichwesens an der Eider zweckmäfsig zu regeln, wurde nachzuweisen versucht, dafs der Wasserstand der Untereider sich künftig bei den kleinen Sommersturmfluthen auf der Strecke von Pahlhude bis Bastenberg, bei höheren Fluthen sogar von Delve oder Süderstapel bis Bastenberg vollständig ausspiegeln werde (vgl. Abb. 4 Bl. 1). Danach wurden die Wasserstände zu Bastenberg, wie sie vor der Abdämmung gewesen waren und wie sie nach der Abdämmung sich gestalten würden, nebeneinander gestellt, wie folgt:

vorher 1,2 m + N.N.	künftig 1,7 m + N.N.
„ 1,5 m „	„ 2,2 m „
„ 1,7 m „	„ 3,2 m „
„ 2,0 m „	„ 4,0 m „

Die letzte der hier in Vergleich gezogenen Fluthen mit einer künftigen Erhöhung von 2,0 m ist dieselbe, für welche in dem Gutachten vom 27. Juli eine Erhöhung von 0,47 m ermittelt wurde. Während nach dem ersten Gutachten eine Erhöhung der Sommerdeiche an der Eider auf höchstens + 2,50 m N.N. für erforderlich gehalten wurde, mußte nach dem zweiten Gutachten eine Erhöhung auf + 4,0 m N.N. stattfinden. Und für die Winterdeiche, die oberhalb Pahlhude zur Zeit an den höchsten Stellen 3,1 m, an vielen Stellen weniger als 2,5 m + N.N. Kronenhöhe haben, wurde nach dem zweiten Gutachten sogar eine Erhöhung auf 5,5 m + N.N. verlangt. Das übermäßige dieser Forderungen tritt noch mehr in die Augen, wenn die Deichhöhen, wie das sonst allgemein hier üblich ist, auf die gewöhnliche Fluth — mittleres Hochwasser — bezogen werden. Die Höhe über gewöhnliche Fluth beträgt jetzt bei den Winterdeichen oberhalb Pahlhude 1,5 bis 2,1 m und sollte später 4,5 m betragen; bei den Sommerdeichen zwischen Bastenberg und Hohner Fähre ist dieselbe jetzt kaum 1 m und sollte künftig 3 m betragen.

Es würde zu weit führen, die beiden von einander abweichenden Gutachten in ihren Einzelheiten hier näher zu erörtern. Weil aber die Frage, welchen Einfluß die in Aussicht genommene Abdämmung bei Bastenberg auf die Fluthverhältnisse der unteren Eider gehabt haben würde, an sich interessant ist, und weil sie überdies zu einer erheblichen Verschiebung der Canallinie Anlaß gegeben hat, so wird doch eine kurze Beleuchtung dieser Frage und der für ihre richtige Beantwortung in Betracht kommenden Verhältnisse hier am Platze sein.

Die Eider liegt von ihrer Mündung bis Rendsburg, wo sie gegen die aufgestaute Obereider abgedämmt ist, im Fluthgebiet der Nordsee. Sie hat einen sehr gewundenen Lauf und ist von der an ihrer Mündung liegenden Stadt Tönning bis Rendsburg rund 100 km lang. Ihre Niedrigwasserbreite beträgt bei Tönning rund 400 m, bei Rendsburg, bis wohin

sie allmählich abnimmt, noch 60 bis 80 m. Die Tiefe bei mittlerem Niedrigwasser ist bei Tönning 5 bis 6 m, bei Bastenberg 3 bis 4 m, bei Rendsburg ungefähr 3 m; die mittlere Fluthgröße beträgt bei Tönning 2,67 m, bei Bastenberg 1,03 und bei Rendsburg 0,96 m. Nähere Angaben über die Wasserstandsverhältnisse der Eider auf der Strecke von Tönning bis Rendsburg enthält der Längenschnitt, Bl. 1 Abb. 2, in welchem der Verlauf des Hoch- und Niedrigwassers bei einer gewöhnlichen Fluth und des Hochwassers bei einer größeren Sturmfluth — der vom 28. September 1875 — zur Darstellung gebracht sind.

Für die Ermittlung der Wassermenge, die bei gewöhnlichen Fluthen und bei den häufiger vorkommenden kleineren Sturmfluthen bei Bastenberg durchfließen, bieten die bei der Bearbeitung des Eiderregulierungs-Entwurfes im Jahre 1875 angestellten Beobachtungen, die hier zur Einsicht vorgelegt haben, eine vorzügliche Grundlage. Aus den vom 28. August bis zum 2. October 1875 an 8 Beobachtungsstellen notirten gleichzeitigen Wasserhöhen lassen sich nicht nur die Fluthcurven für die einzelnen Beobachtungspunkte, sondern auch die Gefällelinien zwischen denselben für jeden beliebigen Zeitpunkt aufzeichnen. Nach den aufgenommenen Querschnitten des Flußbettes lassen sich ferner die Wasserspiegelbreiten für jeden Wasserstand und also auch für jede Flußstrecke die Wasserspiegeloberfläche genau bestimmen. Nur die Größe der bei Sturmfluthen überschwemmten Wiesenflächen und die Höhenlage dieser Fluthen war nach dem vorliegenden Material nicht zu ermitteln und mußte daher besonders festgestellt werden.

Auf der Uebersichtskarte, Blatt 1 Abb. 4, sind diese Flächen, soweit sie unbedeicht oder nur durch Sommerdeiche geschützt sind, schraffirt angegeben. Die Flächen mit Randschraffirung auf dieser Karte sind zwar bisher bei den höchsten Sturmfluthen auch überschwemmt worden, zuletzt noch am 15. October 1881, und haben also einen Theil des Fluthwassers aufgenommen, der bei genügender Höhe und Haltbarkeit der Deiche dem weiter oberhalb gelegenen Stromgebiet zugeflossen sein würde. Aber diese Deiche waren in den letzten Jahren zum Theil bereits erhöht worden, und für andere Theile waren Erhöhungen und Verstärkungen noch in Aussicht genommen, sodafs die dahinter liegenden Flächen für die Zukunft als Ueberschwemmungsgebiet nicht mehr in Rechnung gebracht werden konnten. Letztere sind daher in der Abb. 3, Bl. 1, welche die Flußbreiten und die Ueberschwemmungsflächen der Eider für die Strecke von Friedrichstadt bis Rendsburg sowohl für gewöhnliche Fluthen, als für kleinere Sturmfluthen, soweit dieselben nicht über die Sommerdeiche treten, und für die höchsten Sturmfluthen übersichtlich darstellt, nicht berücksichtigt.

Hiernach sollen nun zunächst die bei Bastenberg während einer Fluthzeit durchgeflossenen Wassermengen in der bekannten Weise berechnet werden, und zwar 1. für die Fluth vom 21. Sept. 1875, die hinsichtlich der Hoch- und Niedrigwasserhöhe mit einer gewöhnlichen (mittleren) Fluth ganz annähernd übereinstimmt, und 2. für die Sturmfluthen vom 27. und 28. September 1875.

1. Fluth vom 21. September 1875. Während der Dauer der Fluthzeit von 4 U. 30 M. bis 9 U. 15 M. nachmittags (vgl. vorstehende Abb. 1) wurden oberhalb Bastenberg im Flußbett abgelagert:

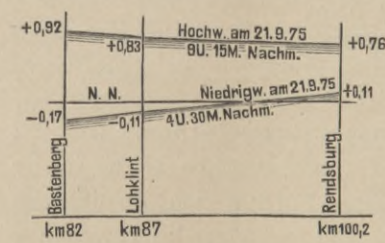


Abb. 1.

von Bastenberg bis Lohklint

$$50 \text{ ha} \cdot \left(\frac{1,09 + 0,94}{2} \right) \text{ m} = 507500 \text{ cbm,}$$

von Lohklint bis Rendsburg

$$154 \text{ ha} \cdot \left(\frac{0,94 + 0,65}{2} \right) \text{ m} = 1224300 \text{ ,,}$$

zusammen 1731800 cbm,

davon ab das während der Fluthzeit zugeflossene

Oberwasser, berechnet zu rund . . . 150000 ,,

bleibt für das bei Bastenberg durchgeflossene

Fluthwasser 1581800 cbm.

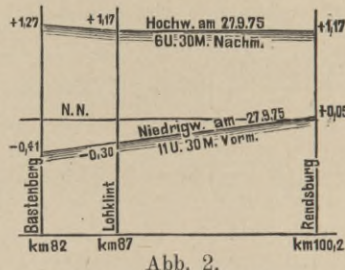


Abb. 2.

2. Sturmfluth vom 27. September 1875. Während der Dauer der Fluthzeit von 11 U. 30 M. vormittags bis 6 U. 30 M. nachmittags (vgl. nebenst. Abb. 2) wurden abgelagert im Flußbett:

von Bastenberg bis Lohklint

$$50 \text{ ha} \cdot \left(\frac{1,68 + 1,47}{2} \right) \text{ m} = 787500 \text{ cbm,}$$

von Lohklint bis Rendsburg

$$154 \text{ ha} \cdot \left(\frac{1,47 + 1,12}{2} \right) \text{ m} = 1994300 \text{ ,,}$$

Ferner auf den Wiesenflächen:

a) Hamdorfer Wiesen. Ueberschwemmungsfläche rund 220 ha. Durchschnittliche Höhenlage der Wiesen 0,98 m + N.N. Der Wasserstand war im Flusse zur Zeit des Hochwassers bei Lohklint + 1,17 m und hatte dieselbe Höhe gleichzeitig auch bei Rendsburg. Die gleichzeitige mittlere Wasserstandshöhe auf den überschwemmten Wiesen muß aber, weil das Wasser sich über eine so ausgedehnte rauhe Oberfläche und bei so geringer Tiefe nicht in kurzer Zeit völlig ausspiegeln kann, niedriger gewesen sein; um wie viel, läßt sich mit Sicherheit nicht bestimmen. Für die nachstehende Berechnung soll angenommen werden, daß der Wasserstand auf den Wiesen zur Zeit des Hochwassers bei Bastenberg im Mittel nur um 5 cm tiefer lag, als im nebenbelegenen Flußbett. Danach stellt sich dieser Wasserstand auf + 1,12 m + N.N. und die auf den Hamdorfer Wiesen abgelagerte Wassermenge auf: 220 ha · (1,12 — 0,98) m = 308000 ,,

b) Luhnau-Wiesen. Ueberschwemmungsfläche 310 ha. Durchschnittliche Höhenlage der Wiesen + 0,92 N.N. Demnach:

$$310 \text{ ha} \cdot (1,12 - 0,92) \text{ m} = 620000 \text{ ,,}$$

c) Jevenau-Wiesen. Ueberschwemmungsfläche 650 ha. Durchschnittliche Höhenlage + 0,96 N.N. 650 ha · (1,12 — 0,96) m = 1040000 ,,

d) Eider-Wiesen, soweit sie unter a, b und c nicht schon eingerechnet sind, rund 250 ha mit einer durchschnittlichen Höhenlage von ungefähr + 1,05 N.N.

$$\text{Demnach: } 250 \text{ ha} \cdot (1,12 - 1,05) \text{ m} = 175000 \text{ ,,}$$

zusammen 4924800 cbm,

davon ab das während der Dauer der Fluth

zugeflossene Oberwasser 150000 ,,

bleibt durchgeflossenes Fluthwasser 4774800 cbm.

3. Sturmfluth vom 28. September 1875. Während der Dauer der Fluth wurden nach nebenstehender Abb. 3 und

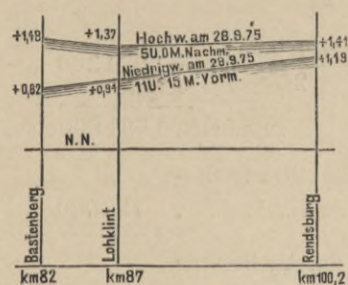


Abb. 3.

unter Berücksichtigung des Umstandes, daß das Flußbett schon bei dem Eintritt der Fluth bis über die gewöhnliche Hochwasserhöhe angefüllt war und deshalb als Grundfläche des zu berechnenden Wasserkörpers die volle Wasserspiegeloberfläche des gewöhnlichen Hochwassers

in Ansatz gebracht werden muß, abgelagert im Flußbett:

von Bastenberg bis Lohklint
 $52,8 \text{ ha} \cdot \left(\frac{0,66 + 0,43}{2} \right) \text{ m} = 277200 \text{ cbm},$

von Lohklint bis Rendsburg
 $162 \text{ ha} \cdot \left(\frac{0,43 + 0,22}{2} \right) \text{ m} = 526500 \text{ „}$

Auf den Wiesenflächen abgelagert:

a) Hamdorfer Wiesen. Ueberschwemmungsfläche rund 360 ha. Mittlerer Wasserstand der überschwemmten Wiesen unter der Annahme, daß derselbe um 5 cm niedriger war, als der gleichzeitige Wasserstand im Flußbett, = $1,34 + \text{N.N.}$ Für die Berechnung ist ferner zu berücksichtigen, daß sämtliche Wiesen bei dem Eintritt der Fluth nicht wasserfrei waren. Sie waren von der Sturmfluth des vorhergegangenen Tages überschwemmt, und weil das Wasser in der Eider neben den Hamdorfer Wiesen zur Zeit des Eintritts der hier in Rede stehenden Fluth nur bis auf $0,94 + \text{N.N.}$ abgefallen war und gleichzeitig bei Rendsburg noch auf $1,19 \text{ m} + \text{N.N.}$ stand, so ist anzunehmen, daß der mittlere Wasserstand in den Hamdorfer und Luhnau-Wiesen zu derselben Zeit mindestens die Höhe von 1,05 und in den Jevenau-Wiesen sowie den oberhalb der Jevenau belegenen Eider-Wiesen von $1,15 \text{ m} + \text{N.N.}$ hatte. Demnach wurden auf den Hamdorfer Wiesen abgelagert:

$$360 \text{ ha} \cdot (1,34 - 1,05) \text{ m} = 1044000 \text{ „}$$

b) Luhnau-Wiesen. Ueberschwemmungsfläche 310 ha. Wassermenge:

$$310 \text{ ha} \cdot (1,34 - 1,05) \text{ m} = 899000 \text{ „}$$

c) Jevenau-Wiesen. Ueberschwemmungsfläche 670 ha. Wassermenge:

$$670 \text{ ha} \cdot (1,34 - 1,15) \text{ m} = 1273000 \text{ „}$$

d) Eider-Wiesen. $250 \text{ ha} \cdot (1,34 - 1,15) \text{ m} = 475000 \text{ „}$

zusammen 4494700 cbm,

davon ab das Oberwasser 150000 „

bleibt durchgeflossenes Fluthwasser 4344700 cbm.

Die vorstehenden Berechnungen lassen ersehen, daß, obgleich die Sturmfluth am 28. September eine beträchtlich größere Höhe erreichte, doch die bei Bastenberg durchgeflossene Fluthwassermenge kleiner war, als am vorhergegangenen Tage. Der Fluth vom 27. September war ein ziemlich tiefes Niedrigwasser vorhergegangen, der Fluthwechsel stellte sich daher, wie auch die den Berechnungen beigelegten Abbildungen 1 bis 3 ersehen lassen, erheblich höher, als bei der Fluth vom 21. September, die, wie schon erwähnt, in ihrem ganzen Verlaufe als eine mittlere anzusehen ist. Am 28. September war dagegen zur Zeit des Eintritts der Fluth bei Bastenberg die Ebbe nur bis zur ungefähren Höhe des gewöhnlichen Hochwassers abgefallen, zwischen

Lohklint und Rendsburg war sogar das Niedrigwasser noch erheblich über dem gewöhnlichen Hochwasserstande, daher denn auch trotz der beträchtlichen Höhe, die diese Fluth erreichte, der Fluthwechsel weit unter dem Mittel blieb.

Wird nun auf Grund der vorstehenden Berechnungen angenommen, daß unter den derzeitigen Stromverhältnissen der Eider bei Bastenberg in einer Fluthzeit durchgeflossen waren:

a) bei gewöhnlichen Fluthen rund . . . 1580000 cbm

b) bei höheren Sommersturmfluthen rund 4800000 „

und nach einer ähnlich durchgeführten

Berechnung

c) bei den höchsten Sturmfluthen etwa . 13750000 „

und wird ferner angenommen,

1. daß nach erfolgtem Abschluß der oberhalb Bastenberg belegenen Eiderstrecke genau dieselbe Fluthwassermenge in die untere Stromstrecke einfließen würde, als vor dem Abschluß, und daß also die obigen Fluthwassermengen in vollem Maße unterhalb der Abdämmung abgelagert werden müßten,

2. daß diese Ablagerung zur einen Hälfte nach oben in Form einer Erhöhung des Hochwassers, zur anderen Hälfte nach unten in Form eines tieferen Abfallens des Niedrigwassers stattfinden würde,

3. daß die Erhöhung des Hochwassers ebenso, wie die Senkung des Niedrigwassers gleich unterhalb des Abschlusses am größten sein und bis zu einem gewissen Punkte der unteren Stromstrecke keilförmig abfallen müßte,

4. daß Horst als der Punkt anzusehen ist, über den hinaus keine meßbaren Aenderungen in der Höhe des Wasserspiegels eintreten würden und bis zu dem also die ganze Ablagerung stattfinden würde, weil nach dem in Bl. 1 Abb. 2 dargestellten Fluthwellenprofil der Eider die Hoch- und Niedrigwasserlinien sowohl bei gewöhnlicher Fluth als bei Sturmfluthen von Horst ab stromaufwärts merklich abfallen, bzw. ansteigen,

so ergibt sich das Maß der Erhöhung des Hochwassers bei Bastenberg aus der nachstehenden Berechnung.

a) Für gewöhnliche Fluthen. Auf den Flächen zwischen Bastenberg und Horst, die in der Abb. 3 Bl. 1, als „Wasserspiegel-Oberflächen bei gewöhnlicher Fluth“ bezeichnet sind, würde die Hälfte von 1580000 cbm Fluthwasser keilförmig abzulagern sein. Die betreffende Stromstrecke ist 50,7 km lang und in der Abbildung in fünf der Länge nach gleiche Theile getheilt, sodafs, wenn die Höhe der Ablagerung bei Bastenberg = h und bei Horst = 0 gesetzt wird, dieselbe an den Punkten, wo die Theile sich abgrenzen, $\frac{4}{5}h$, $\frac{3}{5}h$, $\frac{2}{5}h$ und $\frac{1}{5}h$ beträgt. Für die Ablagerung haben wir demnach und unter Berücksichtigung der in die Abbildung eingetragenen Größen der Wasserspiegelflächen die Gleichung:

$$103,60 \text{ ha} \left(\frac{h + 0,8h}{2} \right) + 92,20 \text{ ha} \left(\frac{0,8h + 0,6h}{2} \right) \\ + 135,80 \text{ ha} \left(\frac{0,6h + 0,4h}{2} \right) + 133,0 \text{ ha} \left(\frac{0,4h + 0,2h}{2} \right) \\ + 186,70 \text{ ha} \left(\frac{0,2h + 0}{2} \right) = 790000 \text{ cbm}$$

und daraus $h = 0,28 \text{ m}.$

b. Für höhere Sommer-Sturmfluthen. Die bei Bastenberg durchgeflossene Fluthwassermenge betrug in der Sturmfluth am 27. September 4774800 cbm, in der vom 28. September 4344700 cbm. Der nachfolgenden Berechnung soll die größere dieser Wassermengen mit rund 4800000 cbm zu Grunde gelegt werden. Nach dem vorgelegten Entwurf sollte ein Theil dieses Wassers und zwar nach überschlägiger Berechnung etwa 648000 cbm durch einen neben dem

Canal anzulegenden Fluthgraben den Hamdorfer Wiesen zugeführt werden; es wären demnach nur 4152000 cbm zur Ablagerung in dem Eidergebiet unterhalb Bastenberg übrig geblieben. Davon würde die Hälfte auf den in der Abb. 3 Bl. 30 dargestellten Flächen zwischen den Eiderdeichen abzulagern sein. Wir haben demnach bei Anwendung des unter a angegebenen Verfahrens die Gleichung:

$$147,2 \text{ ha } (0,9 h) + 146,1 \text{ ha } (0,7 h) + 164,1 \text{ ha } (0,5 h) + 213,3 \text{ ha } (0,3 h) + 301,9 \text{ ha } (0,1 h) = 2\,076\,000 \text{ cbm} \text{ und daraus } h = 0,50 \text{ m.}$$

c) Für die höchsten Sturmfluthen. Abzulagernde Wassermenge im ganzen 13750000 cbm. Davon geht ab die Wassermenge, die durch den in Aussicht genommenen Fluthgraben den Hamdorfer Wiesen zugeführt werden sollte, nach überschlägiger Berechnung 972000 cbm, sodafs über dem bisherigen Hochwasserspiegel unterhalb der Bastenberger Abdämmung abzulagern sein würden:

$$\frac{13\,750\,000 - 972\,000}{2} = 6\,389\,000 \text{ cbm.}$$

Das Ueberschwemmungsgebiet ist für die Strecke von Horst bis km 51,58 wie bei den Sommer-Sturmfluthen; für die Strecke von km 51,58 bis Bastenberg kommen zu den Flächen zwischen den Eiderdeichen noch die in Abb. 3 Bl. 30 dargestellten Flächen, die hinter den bei den höchsten Fluthen überschwemmten Sommerdeichen liegen. Wir haben hiernach die Gleichung:

$$1570 \text{ ha } (0,9 h) + 1066 \text{ ha } (0,7 h) + 804 \text{ ha } (0,5 h) + 213,3 \text{ ha } (0,3 h) + 301,9 \text{ ha } (0,1 h) = 6\,389\,000 \text{ cbm} \text{ und daraus } h = 0,24 \text{ m.}$$

Von den vorstehenden Berechnungen ist die für gewöhnliche Fluthen am genauesten und zuverlässigsten, weil alle Ansätze auf Grund sorgfältiger Messungen und Beobachtungen bestimmt werden konnten. Die Berechnung bezüglich der höheren Sommerfluthen ist insofern anfechtbar, als die Gröfse der Ueberschwemmungsfläche oberhalb Bastenberg und die Ueberschwemmungshöhe nicht mit völliger Sicherheit und Genauigkeit ermittelt werden konnten, und daher die bei Bastenberg durchgeflossene Fluthwassermenge immerhin etwas gröfser oder kleiner gewesen sein kann, als die Rechnung ergeben hat. Größere Fehler dürften indes auch hier nicht vorgekommen sein, weil wenigstens die Wasserstände im Flußbett für die ganze Dauer der in Betracht gezogenen Fluthen sorgfältig beobachtet und festgestellt worden sind. Am wenigsten zuverlässig ist die Ermittlung der Wassermenge, die bisher bei den höchsten Sturmfluthen dem oberhalb Bastenberg belegenen Eidergebiet zugeflossen ist, weil für die desfalligen Berechnungen nur unvollständige Beobachtungen vorliegen. Aber selbst wenn diese Wassermenge um ein volles Viertheil zu klein berechnet sein sollte, so würde sich dadurch die Höhe h nur um 0,06 m ändern und die Erhöhung des Hochwasserspiegels, die durch die Abdämmung bei Bastenberg hätte verursacht werden können, nicht 0,24 m, sondern 0,30 m betragen.

Hinsichtlich der vorstehenden Berechnungen ist im allgemeinen noch darauf hinzuweisen, dafs die Annahme, es würde nach erfolgtem Abschluss bei Bastenberg dieselbe Fluthwassermenge in die untere Stromstrecke einfliefsen, als vor dem Abschluss, nicht ganz zutreffend ist. Die Vergrößerung der Wasserfläche im oberen Stromgebiet der Tideströme ist ein allgemein anerkanntes und sehr geeignetes Mittel, in den unteren Stromstrecken die durchfliefsende Wassermenge zu vermehren und damit zugleich eine Vergrößerung der Stromquerschnitte herbeizuführen. Umgekehrt wird daher auch die Verkleinerung des oberen Fluthgebiets die Folge haben müssen, dafs in den unteren Strecken die durchfliefsende Wassermenge und die Querschnittsgröfse sich um ein gewisses Mafs ver-

kleinert. Wenn man sich das vergegenwärtigt, so ist mit um so gröfserer Sicherheit darauf zu rechnen, dafs die vorstehend ermittelten Höhen als die äufsersten Grenzen der durch eine Abdämmung bei Bastenberg zu bewirkenden Hebungen des Fluthwasserspiegels anzusehen sind.

Von einer Ermittlung des Mafses, um welches das Niedrigwasser bei gewöhnlichen Fluthen und bei Sturmfluthen infolge der Abdämmung abfallen würde, konnte abgesehen werden. Denn diese Senkung konnte für die Entwässerung der an der Untereider belegenen Niederungen nur vortheilhaft sein, und es waren davon auch in anderen Beziehungen Gefahren oder Nachteile nicht zu befürchten.

Als Beweis dafür, dafs sowohl eine Erhöhung des Hochwassers, als ein tieferes Abfallen des Niedrigwassers durch die Abdämmung wirklich herbeigeführt werden würde und dafs beide Erscheinungen unterhalb der Abschlussstelle ungefähr gleichwerthig sein würden, ist hier auf einen in diesen Beziehungen sehr lehrreichen Vorgang an der Oste hinzuweisen. Die bei Neuhaus in die Untereibe einmündende Oste hat ganz ähnliche Fluthverhältnisse wie die Eider. Sie hat in ihrer Mündung ungefähr dieselbe Fluthgröfse, wie die Eider bei Tönning. Sie ist bei Bremervörde in gleicher Weise, wie die Eider bei Rendsburg, gegen das Fluthgebiet abgedämmt und hat bis dahin eine im Stromlauf gemessene Länge von 71,7 km. Ihre mittlere Fluthgröfse bei Bremervörde ist 0,54 m. Sie hat ebenso wie die Eider einen stark gekrümmten Lauf, ist wie diese auf ungefähr $\frac{2}{3}$ ihrer Länge von Winterdeichen eingeschlossen und in ihrem oberen Theile von niedrig belegenen Wiesen begrenzt, die sich nur wenig über das gewöhnliche Hochwasser erheben und bei Sturmfluthen überschwemmt werden. Auch die Form des Fluthwellenprofils stimmt bei beiden Flüssen ganz annähernd überein. In dem Längenschnitt Abb. 1 Bl. 3 finden sich die Linien des gewöhnlichen Hoch- und Niedrigwassers der Oste, sowie auch die mittleren Hochwasserlinien einiger höherer Sturmfluthen dargestellt.

In den Ostedeichen zwischen km 46,1 und 51,3 von der Mündung sind vor etwa 35 Jahren zum Zweck des Einlassens von Fluthwasser in die bedachten Niederungen an vier Stellen in den Deichen gröfere Durchlässe hergestellt worden, die im Herbst und Winter geöffnet und im Frühling und Sommer geschlossen sind. Im Herbst und Winter strömt dann das Fluthwasser durch die offenen Durchlässe in die ausgedehnten tiefliegenden Niederungen ein, und das Ueberfluthungsgebiet wird dadurch sowohl für gewöhnliche Fluthen, als für Sturmfluthen sehr erheblich vergröfsert. In welchem Mafse dies geschieht, läfst sich danach ungefähr ermessen, dafs die vier Durchlässe, deren Lage in dem Längenschnitt Abb. 1 Bl. 3 angegeben ist, eine Weite von bez. 40,88, 14,60, 30,66 und 35,0 m und die durch sie bewässerten Wiesenflächen zusammen eine Gröfse von 722 ha haben.

In gegebener Veranlassung sind nun während einer Reihe von Jahren Beobachtungen darüber angestellt worden, wie sich die Fluthwelle in der Oste entwickelt, wenn die Durchlässe geöffnet und wenn sie geschlossen sind. Die Ergebnisse dieser Beobachtungen sind in dem vorerwähnten Längenschnitt übersichtlich dargestellt. Danach verursacht das Oeffnen der Durchlässe sowohl eine sehr bemerkbare Senkung des Hochwassers, als eine Hebung des Niedrigwassers; oder umgekehrt, wenn die im Winter offenen Durchlässe geschlossen werden, so steigt das Hochwasser und fällt das Niedrigwasser. Die Unterschiede in den Hochwasserhöhen, je nachdem die Durchlässe geöffnet oder geschlossen sind, beträgt bei gewöhnlichen Fluthen sowohl in unmittelbarer Nähe der Einlässe, als unterhalb derselben fast genau so viel, wie die entsprechenden Unterschiede in den Niedrigwasserhöhen, und wenn in

der oberen Flusstrecke ein merklicher Unterschied zwischen den beiden Erscheinungen hervortritt, so ist das offenbar nur dem stärkeren Gefälle der Niedrigwasserlinie auf dieser Strecke und dem bei Niedrigwasser mehr als bei Hochwasser fühlbaren Einfluß des bei Bremervörde zufließenden Oberwassers zuzuschreiben. Die in den Längenschnitt eingetragenen Sturmfluthhöhen, die in den Jahren 1876 bis 1879 bei geöffneten und geschlossenen Einlässen beobachtet worden sind, lassen noch ersehen, daß die Höhenunterschiede bei diesen Sturmfluthen nicht größer sind als bei den gewöhnlichen Fluthen.

Durch die vorstehenden Beobachtungsergebnisse wurde die Richtigkeit der Annahmen, die den diesseitigen Berechnungen der Hebung des Fluthwasserspiegels der Eider unterhalb der Bastenberger Abdämmung zu Grunde gelegt worden waren, durchaus bestätigt, und es konnte deshalb keinem Zweifel unterliegen, daß auch die Ergebnisse jener Berechnungen im wesentlichen zutreffend sein mußten. Aber die von der Landespolizeibehörde eingezogenen Gutachten stimmten, wie bereits erwähnt wurde, damit und unter sich sehr wenig überein. Die Erhöhung des Hochwassers zur Zeit der höchsten Sturmfluthen sollte nicht, wie diesseits berechnet worden war, 0,24 bis 0,30 m, sondern nach dem ersten der beiden Gutachten 0,47, nach dem zweiten 2,0 m betragen. Bei dieser offenbaren Unsicherheit in der Beurtheilung der einschlägigen Verhältnisse und nach dem Verlauf mehrerer Vorverhandlungen, die auf Veranlassung und unter der Leitung der Landespolizeibehörde mit den bei den Fragen am meisten interessirten Deichverbänden stattgefunden hatten, war fast mit Sicherheit darauf zu rechnen erstlich, daß zum Schutz der Deichverbände gegen die vermehrte Hochwassergefahr der Canal-Bauverwaltung ganz übertriebene Verpflichtungen auferlegt werden würden, und ferner, daß die Verhandlungen über die Feststellung dieser Verpflichtungen sich sehr in die Länge ziehen, also für die Bauausführung ganz unabsehbare Verzögerungen herbeiführen würden.

Mußte es hiernach schon in hohem Grade bedenklich erscheinen, an dem Plan, wonach die Untereider bei Bastenberg abgedämmt und das Flußbett der Eider von Bastenberg bis Rendsburg für die Canalanlage ausgenutzt werden sollte, festzuhalten, so wurden diese Bedenken noch erheblich vermehrt durch eine große Reihe von Einwendungen und Ansprüchen, die von der Stadt Rendsburg erhoben wurden. Die geplante Canalanlage hätte für die Stadt Rendsburg sehr erhebliche Veränderungen in den Wasserstandsverhältnissen mit sich gebracht, die sich nach verschiedenen Seiten hin fühlbar machen mußten. Bisher lag die Stadt mit ihrer Westseite an der Untereider, deren Wasserstand unter der Einwirkung der Fluth einem regelmäßigen Wechsel unterworfen war; an der Ostseite hatte sie die Obereider mit einem Wasserspiegel, der gegen den mittleren Wasserstand der Untereider um reichlich 2 m aufgestaut war. Das höhere Obereiderwasser wurde zur Versorgung eines Theiles der Stadt mit Trinkwasser und das zwischen der Ober- und Untereider vorhandene Gefälle zur Spülung der städtischen Abflußgräben, sowie für eine Reihe von gewerblichen Anlagen ausgenutzt. Nach dem Entwurf für die Canalanlage sollte der Wasserstand in der Obereider bis auf den künftigen Canalwasserstand — um 2,5 bis 3 m — gesenkt und die Untereider, wie bereits erwähnt, bei Bastenberg abgedämmt werden. Zur Sicherstellung gegen die der Stadt Rendsburg hieraus erwachsenden Gefahren und Nachteile waren verschiedene Ersatzanlagen vorgesehen, die aber nicht für genügend anerkannt wurden. Die Stadt verlangte als Ersatz für den Verlust der Wasserzuleitung aus der Obereider und des Spülwassers für die städtischen Abflußgräben,

sowie für den Verlust der bisherigen Lösch- und Ladeplätze an der Ober- und Untereider sehr ausgedehnte und kostspielige Anlagen und wurde in diesem Verlangen von der Landespolizeibehörde unterstützt.

Um allen diesen Schwierigkeiten und Ansprüchen aus dem Wege zu gehen, wurde die bereits erwähnte Linienverlegung vorgenommen und für die Canalstrecke von km 38 bis 66 ein ganz neuer Entwurf aufgestellt.

Die neue Linie zweigt von der zuerst gewählten bei km 38 ab, führt durch den südlichen Theil des fiscalischen Reitmoors nach dem Meckelsee, durchschneidet in ihrem weiteren Laufe die Niederungen der Luhnau und Jevenau und tritt erst in der Nähe des Dorfes Schülpe in das Wiesenthal der Eider. Sie läßt demnach auf der etwa 11 km langen Strecke von Bastenberg bis Schülpe das Eiderthal ganz unberührt. Weiterhin bis Westerrönfeld zieht sie sich an der Ostseite dieses Thales entlang, aber so, daß das eigentliche Flußbett der Eider auch hier nicht berührt und der Canal überall gegen das Fluthgebiet der Eider durch einen hochwasserfreien Deich abgetrennt wird. Die Canallinie nimmt sodann, das Eiderthal nördlich von Westerrönfeld verlassend, die Richtung südlich von Rendsburg nach dem Saatsee und von dort über Nobiskrug nach dem Audorfer See, woselbst sie mit der alten Linie wieder zusammentrifft.

Bei der Aufstellung des Entwurfs für diese Linie war ein Hauptaugenmerk darauf gerichtet, die Wasserstandsverhältnisse in der unteren Eider und bei Rendsburg unverändert in dem bisherigen Zustande zu erhalten. In dem Stromlauf der Untereider, der in seiner ganzen Länge unberührt bleibt, können sich sowohl die gewöhnlichen Fluthen, als die Sturmfluthen nach wie vor ungehindert bis nach Rendsburg hin ausdehnen. Auch wird das bisherige Ueberschwemmungsgebiet so wenig verkleinert, daß ein fühlbarer Einfluß auf die Fluthverhältnisse im unteren Stromlauf davon nicht zu befürchten und also eine Erhöhung und Verstärkung der Eiderdeiche nicht nothwendig ist. Um in der Obereider den bisherigen Wasserstand zu erhalten, sollte dieses Wasserbecken bei der Düngerfabrik in der sog. Enge gegen den Audorfer und Schirnauer See, deren Wasserstand infolge der Durchführung des Nord-Ostsee-Canals gesenkt werden mußte, abgedämmt und durch Zuleitung von Wasser aus dem Wittensee gespeist werden. Es wurde nachgewiesen, daß diese Speisung ausreichend sein werde, um nicht nur für die Rendsburger Schleuse das zur Aufrechterhaltung der Schifffahrt nöthige Speisewasser zu liefern, sondern auch die Stadt mit Spül- und Trinkwasser zu versorgen. Bei dieser Einrichtung konnten dann auch die Hafenanlagen in und bei Rendsburg unverändert bleiben und ganz in der bisherigen Weise benutzt werden. Ebenso unverändert blieb auch ihre Verbindung mit der Untereider und ihre Zugänglichkeit von dieser Seite. Nur für den Schifffahrtsverkehr zwischen Rendsburg und der Ostsee war insofern eine Aenderung vorgesehen, als dafür an Stelle des jetzigen Eidercanals der bei Westerrönfeld mit der Untereider durch eine Schleuse zu verbindende Nord-Ostsee-Canal treten sollte. Die Länge dieser neuen Wasserstrasse stellte sich zwar um 3,5 km länger, als der bisherige Weg durch den Eidercanal. Aber die Fahrzeit zwischen Rendsburg und dem Kieler Hafen wäre trotzdem abgekürzt worden, einmal weil infolge des größeren Querschnitts und der schlankeren Linienführung des Nord-Ostsee-Canals die Durchfahrt wesentlich erleichtert wird, und ferner, weil der neue Wasserweg weniger Schleusen hatte als der alte und also die Summe der zum Durchschleusen der Schiffe erforderlichen Zeiten entsprechend verringert werden würde.

Bei der Aufstellung des Entwurfs für die neue Linie hatten sonach die Einwendungen und Ansprüche, die bei der

Prüfung des ersten Entwurfes hervorgetreten waren, die eingehendste Berücksichtigung gefunden. Bei der landespolizeilichen Prüfung des neuen Entwurfes zeigte es sich aber, daß die Stadt Rendsburg auf die Erhaltung des Wasserstandes in der Obereider keinen so großen Werth legte, als nach den früheren Verhandlungen angenommen werden mußte. Die Stadt hielt jetzt die unmittelbare Verbindung der städtischen Hafenanlagen mit dem Nord-Ostsee-Canal für wünschenswerther, und deshalb wurde der vorbeschriebene Entwurf schließlich dahin abgeändert, daß der zur Erhaltung des Wasserstandes in der Obereider vorgesehene Damm nicht ausgeführt und die bei Westerrönfeld vorgesehene Verbindungsschleuse zwischen der Untereider und dem Nord-Ostsee-Canal nach Rendsburg verlegt wurde.

Die neue Linie hat im Vergleich zu der alten eine Mehrlänge von 787 m. Dieser Nachtheil wird aber durch die schlankere Form der neuen Linie und durch die für den Schiffahrtsbetrieb günstigere Lage der bei Rendsburg zu erbauenden Brücken reichlich ausgeglichen. Die schärfste Krümmung in der neuen Linie hat noch einen Halbmesser von 1700 m erhalten können, während bei der alten Linie zwei Krümmungen von je 1000 m Halbmesser nicht zu vermeiden waren.

Von den vorstehend näher beschriebenen und begründeten beiden Abweichungen abgesehen, fällt die zur Ausführung gekommene Canallinie mit dem Boden-Dahlströmschen Entwurf ungefähr zusammen. Auf den Strecken von km 20 bis 38 und von den Obereiderseen bis zur Einmündung in den Kieler Hafen kam es lediglich oder doch der Hauptsache nach darauf an, die Linie so zu legen, daß die auszuhebende Bodenmasse am kleinsten wurde, und deshalb waren erhebliche Abweichungen zwischen dem diesseitigen und dem früheren Entwurfe von vornherein ausgeschlossen.

Die Gesamtlänge der so festgestellten Canallinie ist 98,65 km. Davon entfallen auf:

gerade Strecken	62,15 km,
Krümmungen von 6000 m Halbmesser	4,82 „
„ „ 5000 „ „	5,52 „
„ „ 3000 „ „	13,23 „
„ „ 2500 „ „	3,77 „
„ „ 2000 „ „	0,98 „
„ „ 1700 „ „	1,99 „
„ „ 1500 „ „	2,99 „
„ „ 1000 „ „	3,20 „

Von der Kaiserlichen Admiralität war bei den Vorberathungen über den Bau des Canals ein Krümmungshalbmesser von mindestens der sechsfachen Länge der den Canal befahrenden Schiffe als erforderlich bezeichnet worden, mit dem Hinzufügen, daß für die Schiffe der Kaiserlichen Marine ein Halbmesser von 750 m genüge. Das Bestreben, die Durchfahrt durch den Canal den großen Kriegsschiffen thunlichst zu erleichtern und die Möglichkeit offen zu halten, daß auch Schiffe von größerer Länge durchgehen können, hat dahin geführt, bei der Feststellung der Canallinie den kleinsten Krümmungshalbmesser anstatt auf 750 m auf 1000 m anzunehmen.

b) Bodenverhältnisse.

(Hierzu Blatt 4 und 5.)

Die Bodenverhältnisse des von dem Canal durchschnittenen Geländes sind in der geologischen Uebersichtskarte und dem geologischen Längenschnitt des Canals Blatt 4 und 5 übersichtlich dargestellt. Die Karte ist ein Theil der von Dr. L. Meyn kurz vor seinem im Jahre 1878 erfolgten Tode bearbeiteten und von der Königl. Preufs. Geologischen Landesanstalt im Jahre 1881 herausgegebenen „Geologischen Uebersichtskarte

der Provinz Schleswig-Holstein“; den Längenschnitt verdanken wir der gütigen Mitwirkung des bei der Königl. Universität in Kiel habilitirten Professors Dr. H. Haas, der die Güte hatte, dasselbe nach den für die Bauausführung vorgenommenen Bohrungen und eigenen Untersuchungen zu bearbeiten.

Dr. Meyn theilt den Boden Schleswig-Holsteins geologisch in vier parallel neben einander von Süden nach Norden streichende Gürtel, die von ihm in folgender Weise bezeichnet werden:

1. Die den östlichen Rand der Halbinsel bildende fruchtbare Hügellandschaft, in der alle Tiefen der Diluvialformation von Natur offengelegt sind. Zu unterst liegt ein steinfreier, geschichteter, sehr magerer, zuweilen in wirklichen Formsand übergehender Mergel. Auf ihn folgt das Hauptgebilde des Ostens und in der Tiefe als Hauptgebilde des ganzen Landes eine sehr mächtige, ungeschichtete graublau Mergelbank, gefüllt mit Sand und Steinen der mannigfaltigsten Art und Größe, die verschiedenartigsten Gesteine der skandinavischen Halbinsel und einer gliederreichen Kreide- und Tertiärformation begreifend, meist scharfkantig mit schwach gerundeten Ecken und mit Gletscherstreifen gezeichnet, die Feuersteine aber in ihrer originalen Knollenform — die Mergelmasse selber gebildet aus zerriebener Kreide, zerriebenem Silurgestein und zerriebenen nicht verwitterten, also kalireichen Feldspathgesteinen, eine wahrhafte Gletscher- und zwar Moränenbildung, in welcher der Krokstengrus und der Glacialmergel Schwedens zu einem einzigen Gebilde vereinigt sind.

Diese Bank wird hier zu Lande gewöhnlich als blauer Lehm, wo man sich ihrer zum Mergeln bedient, als blauer Mergel, vom geognostischen Standpunkt neuerdings als Gletschermergel oder Moränenmergel, in der Mark Brandenburg und der Provinz Preußen als unterer Diluvial- oder Geschiebemergel bezeichnet. Wo sie in ungestörter Lagerung ist, wird sie gewöhnlich bedeckt von einem eigenthümlichen Sand, der stellenweise auch zu Grand und grobem Gerölle wird und genau dieselben nach der Gegend wechselnden Bestandtheile enthält, wie der Moränenmergel, wenn man dessen thonige Bestandtheile auswäscht. Er ist sehr deutlich geschichtet, mit sehr ausgeprägter discordanter Parallelstructur. Seine Steine aber sind gerundet, seine Feuersteine in kleinste Splitter zerbrochen oder gänzlich abgestofsen; statt der Kreidestücke enthält er nur die daraus ausgewaschenen Bryozoen, welche man früher als Mooskorallen bezeichnete, daher man ihn hier zu Lande Korallensand, im täglichen Leben Sandmergel, in der Mark Brandenburg unterer Diluvialsand oder Spathsand nennt. An der Oberfläche der Ländereien erscheint diese Schicht vorzugsweise in den Umgebungen der Förden, namentlich in deren innerstem Winkel, und ebenso, inländisch, in Streifen, welche die zusammengesetzten Züge der Landseen begleiten.

Auf dem Korallensande liegt ein gelber, nach unten hin zuweilen blauer, ungeschichteter, in der Tiefe mergeliger Lehm, von ähnlicher Zusammensetzung wie der Moränenmergel. Seine aufschlämmbaren Bestandtheile sind aber weit weniger mergelig, wenig kalihaltig, der eingemengte Sand und die einliegenden Steine weit weniger mannigfaltig, namentlich fehlt es an Kreide und Kalksteinbrocken; die Feuersteine sind zerbrochen; neben kleinen Blöcken der feldspathigen Gesteine kommen zahlreichere große Blöcke vor, die nur selten deutliche Gletscherspuren zeigen; auch sind die Feldspathgesteine und andere eruptive Felsarten, die im Moränenmergel frisch erscheinen, in diesem Lehm oft zum Zerfallen zersetzt.

Im täglichen Leben wird diese Bank als gelber Lehm oder schlichtweg Lehm, von den Geognosten als Blocklehm,

in der Mark Brandenburg als oberer Diluvial- oder Geschiebemergel bezeichnet. Ihre Verbreitung füllt alle Lücken zwischen den Flächen des Moränenmergels und Korallensandes aus und reicht überdies in einer breiteren Zone bis an den Kamm der Halbinsel, wo sie mit dem gleich zu charakterisirenden Boden des Heiderückens zusammenstößt und Uebergänge in denselben bildet.

Diese drei Gebilde, die zwei ungeschichteten Lehm- und Mergelbänke und der dazwischen liegende geschichtete Sand, bilden ein zusammengehöriges Ganze, einen Absatz aus der Eiszeit, das in der Karte durch die graue Farbe zusammengefaßte sogenannte mittlere Diluvium, das in den anderen Provinzen auf großen Flächen ungestört in seiner Lagerung beobachtet werden kann. Im Osten dieser Halbinsel ist aber bei Gelegenheit ihrer Hebung und noch mehr durch die in deren Folge eingetretenen theilweisen Senkungen der weichen und losen Massen, aus denen die hügelige Oberfläche hervorgegangen ist, das Schollenhaufwerk derselben so durcheinander geschoben, daß alle drei Glieder dieser fruchtbaren Schichtenfolge oft auf kürzester Entfernung zu Tage treten. Infolge der eigenthümlichen Gestaltung der Oberfläche dieser Landschaft, welche sich durch Erdfälle und Spaltensenkungen auszeichnet, finden sich zahlreiche kleine, meist an der Oberfläche fruchtbare Kesselmoore, deren Torf durch die Waldvegetation gebildet wurde, welche einst in höchster Ueppigkeit das ganze Hügelland bedeckte.

2. An diese Hügellandschaft schließt sich der unfruchtbare Heiderücken — die hohe Geest — eine schwachwellige Hochebene, die, auf dem Kamm zusammenhängend, nach Westen hin nur mehr oder weniger breite Ausläufer sendet. Sie ist bedeckt mit einem schwach lehmigen, aber stark eisenschüssigen, meistens ungeschichteten Sande, der gewöhnlich außerordentlich reich an Grand und Gerölle ist. Die Gerölle sind selten größer als ein Menschenkopf und alle sehr stark gerundet. Die einzelnen Riesblöcke, welche auf dem Heiderücken liegen und auf ihren Kämmen Anlaß zu majestätischen Steinsetzungen der Vorfahren und zu unzählbaren Hünengräbern gaben, gehören nicht der Schicht selber an, sondern liegen oben auf derselben als noch späterer Absatz. Die Gerölle bestehen ausschließlich aus harten Gesteinen, Quarzite und Sandsteine gewinnen sogar die Oberhand über die sonst so unzähligen Granite und Gneuse; Kalksteine und andere weiche Gesteine, namentlich Kreide, fehlen gänzlich, und fast keine Spur von Kalk ist selbst in der sparsamen Feinerde nachzuweisen. Die Feuersteine sind nicht, wie im Korallensande, zersplittert oder in größeren Stücken an den Ecken rund gestofsen, sondern meist kantig zerbrochen, und die Stelle des schönen schwarzen Feuersteines aus der weißen Kreide, welcher in der Hügellandschaft vorherrscht, wird von grauem und braunem, löcherigem und unansehnlichem Feuer- und Hornstein anderer jüngerer Kreideabtheilungen eingenommen. In Schleswig-Holstein hat man diese Bodenart Geschiebesand, in der Mark Brandenburg anfangs Decksand, später oberer Diluvialsand oder gleichfalls Geschiebesand genannt; neuerdings ist im Bremischen der Name Geschiebedecksand angewandt, welcher offenbar das Wesen der Sache trifft und sich deshalb wohl bleibend erhalten wird.

Die Karte giebt den Geschiebesand mit der graublauen Farbe. Aber erst in Gemeinschaft mit der gelben Farbe des altalluvialen Heidesandes, der zwischen den nach Westen gerichteten Ausläufern des Heiderückens eingebettet ist, in der Nähe des Kamms fast bis zu dessen Höhe ansteigt und dort mit seiner harten und festen Ebene ein vollkommenes Blachfeld bildet, tritt dem Beschauer der immer noch durch die rothe Farbe eingestreuter und

eingreifender Jung-Alluvialbildungen etwas zerrissene breite Mittelgürtel der Geest deutlich entgegen.

In der Tiefe besteht der Heiderücken aus demselben Mitteldiluvium, wie die Hügellandschaft, aber in ungestörter Lagerung und daher mit dem Unterschiede, daß selten der Korallensand, meistens der Blocklehm und nur im äußersten Westen der Moränenmergel unmittelbar darunter liegt und ein rascher Wechsel, wie im Osten, unbekannt ist. Während der Geschiebedecksand noch der Diluvialformation angehört und als jüngeres Diluvium unterschieden werden muß, gehört der Sand des Blachfeldes, der ihm so ähnlich ist und in der Nähe des Kamms der Halbinsel mit ihm zu einer breiten welligen Hochfläche zusammenfließt, bereits der Alluvialformation an und wird als älteres Alluvium unterschieden.

3. Die Heideebene. (Die Vorgeest.) Weiter gegen Westen geht das Blachfeld, welches immer tiefer und tiefer sinkt und über welchem daher die Heiderücken sich mehr erheben, rasch in die schlechte Heideebene über, in welcher ein steinleerer, mehliges Heidesand, an sich schon unfruchtbar genug, noch unfruchtbarer dadurch gemacht wird, daß seine tieferen Lagen durch ein humoses Bindemittel, herrührend von der Auslaugung einer tausendjährigen Heidevegetation, in einen vollkommen undurchlässigen Humussandstein verwandelt sind, den man in verschiedenen Gegenden des Landes als „Ahl, Ur, Norr, Fuchs“ bezeichnet. Wo der Wind den Heidesand erfassen kann, thürmt er ihn zu Sandschollen und Binnenlandsdünen auf. Außerdem entstehen überall da, wo der Heidesand an Gabelungen des Heiderückens heranreicht, Hochmoore, die aus jenen Gabelungen zungenförmig, wie die Gletscher aus den Hochgebirgsthälern, herabreichen und sich in der Ebene überschwellend ausbreiten, bis ihnen die Cultur und die an den Rändern beginnende Ausbeutung des Torfes Grenzen setzte. Das aber sind nur die öden Theile des Heidesandes. Wo ihn die aus dem Blachfelde kommenden, uferlosen Bäche betreten, da gewinnt derselbe rasch ein anderes Ansehen. Die in der ganzen Sandregion sich verbreitende Wassermasse, die als Grundwasser sehr hoch steht, hat hier nicht gestattet, daß ein ausgelaugter Heidehumus in die Tiefe dringe und daselbst eintrockne, vielmehr ist an Stelle der Heidevegetation schon ursprünglich eine Grasvegetation getreten. Hier ist auf große Breiten der Heidesand zu Ackerbau und Weide geeignet und durchzogen von Wiesen ohne scharfe Grenzränder, die reicher an süßen Gräsern sind, als der obere im Blachfeld liegende Theil desselben Wiesen-zuges. So bereitet sich die Landschaft vor, in welcher der Heidesand mit etwas Marschklei vermischt, schon einen marschähnlichen Charakter und eine marschähnliche Fruchtbarkeit annimmt.

Ebenso, wie im Mitteldiluvium die Art der Aufnahme für eine Uebersichtskarte die Abgrenzung petrographischer Unterabtheilungen nicht gestattete, konnte auch im Jung-Alluvium an eine Abtrennung der Binnenlandsdünen von den Strandbildungen einerseits, wie der Hochmoore von den eigentlichen Torfmooren und der Moorerde andererseits nicht gedacht werden. In der Karte sind daher die einen unter der braunen Farbe der Flugsand- und Strandbildung, die anderen unter der rothen Farbe des Süßwasser-Alluviums mit begriffen.

4. Die Marsch. Zum Theil allmählich aus dem Heidesande sich entwickelnd, zum Theil unmittelbar auf demselben liegend, häufiger noch unter Zwischenschaltung eines graswüchsigen Grünlandmoores, das in schmalen oder breiten Streifen, zuweilen auch mit dem Namen der Vormarsch bezeichnet, die Grenzen beider Landschaften scheidet und nur selten ganz unter dem Marschklei verschwindet, tritt dann

die Marschbildung ein, die in der Karte durch die grüne Farbe bezeichnet ist.

Während der Heidesand mit der Sandmarsch noch einer vorhistorischen Zeit angehört, ist die Marsch als heutiges Alluvium gänzlich der historischen Zeit zuzuweisen, wenn auch in diesen Gegenden selber mit dem Anfang der Marschbildung noch nichts Geschichtliches sich vollzog. Der Marschklei, die einzige Erdart, aus welcher die ganze wagerechte Fläche dieses letzten Gürtels bis zu oft beträchtlicher Tiefe zusammengesetzt ist, erscheint als ein mehr oder weniger sandiger und glimmerreicher Schlick, welchen die Nordsee und die in das Meer mündenden Flüsse unter der Einwirkung von Ebbe und Fluth auf den sandigen Plaaten und Watten absetzen. Gebildet wird dieser Schlick aus den feinerdigen Stoffen, welche die Flüsse von oben herabbringen, mehr von zerstörten älteren Flusalluvionen als von zerstörtem Gebirge herrührend, aus dem Mineralstaub, den das Meer an den benachbarten tertiären, diluvialen und alluvialen Küsten abnagt, dem feinen Meeressande, welcher durch die Brandung mit in Schwebel gebracht wird, den Resten mikroskopischer Pflanzen und Thiere des Meeres selbst und der ins Meer geführten Süßwasserbewohner, den Humussäuren der von allen Seiten kommenden Moorwässer, welche sich mit den Kalk- und Talkerdesalzen des Meeres niederschlagen — kurz aus einer Summe von Bestandtheilen, welche mit geringen Ausnahmen die äußerste Fruchtbarkeit verbürgen.

Diese vier Bodengürtel, die in wechselnder Breite die ganze Provinz Schleswig-Holstein durchziehen, werden von der Canallinie durchschnitten. In welcher Ausdehnung dies geschieht und wie in den einzelnen Gürteln die Bodenschichten wechseln und in der Tiefe auf einander folgen, zeigt in Verbindung mit der Karte der schon erwähnte Längenschnitt.

Von der Elbe anfangend, treffen wir zunächst den Marschgürtel, der, bis an die Burg-Kudenseer Niederung reichend, an dieser Stelle nur ungefähr 5 km breit ist. Dann folgt von km 5 bis 20 das Süßwasser-Alluvium der Burg-Kudenseer Niederung und des Thales der Holstenau, das zum Theil auf einer mehr oder weniger starken Kleischicht, zum Theil auf dem äußeren Rande des Heidesandes unmittelbar aufgelagert ist. Die Erhöhung bei km 18 ist eine in dieses Alluvium sich vorschiebende Binnenlandsdüne. Aehnliche Verhältnisse zeigt die Strecke von km 31,5 bis 57, wo der Canal die Niederungen der Gieselau und der Eider durchschneidet. Auch hier wird zwischen km 53 und 55 eine Dünenlandschaft durchschnitten, die in ihrer Oberflächenform als solche noch deutlich erkennbar ist. Diese letzteren beiden Strecken fallen in den Gürtel, der von Meyn als Heideebene oder Vorgeest bezeichnet wird. Der dazwischen liegende, die Wasserscheide zwischen der Elbe und der Eider bildende Höhenzug gehört ebenso, wie die von km 57 bis 68 durchschnittene Fläche in der nächsten Umgebung der Stadt Rendsburg dem unfruchtbaren Heiderücken oder der sog. hohen Geest an. Die Oberfläche zeigt aber nicht überall den diesen Gürtel kennzeichnenden Geschiebesand; an verschiedenen Stellen, namentlich in der Nähe von Grüenthal, bei km 28 bis 31, tritt das Mitteldiluvium, welches in der Tiefe den ganzen Heiderücken unterlagert, zu Tage, ist aber in Wirklichkeit mit dem Geschiebedecksand noch viel unregelmäßiger durch einander geworfen, als der nach den Bohrungen zusammengestellte Längenschnitt ersehen läßt. In diesen Gürtel eingebettet, theils als Mulden, theils in Form von kleinen Flufsthälern finden sich verschiedene Jung-Alluvialbildungen, durchweg aus Moor und Torferde bestehend, die in der Karte und im Längenschnitt ebenso wie das vorerwähnte Süßwasser-Alluvium der Flusniederungen oder der sog. Vorgeest mit rother Farbe bezeichnet sind. Die östlich von

km 68 liegende Canalstrecke bis zur Einmündung in den Kieler Hafen fällt ganz in den Gürtel des sog. mittleren Diluviums, der in der Karte durch die graue Farbe zusammengefaßt ist. Hier finden sich der ungeschichtete, mit Steinen der mannigfaltigsten Art und Größe gefüllte Gletscher- oder Moränenmergel, der ebenfalls sehr steinige geschichtete Korallen- oder Bryozoensand und der als Blocklehm bezeichnete obere Diluvial- oder Geschiebemergel in großer Unregelmäßigkeit in-, auf- und übereinander geschoben, in viel stärkerem Wechsel noch, als der nach einer beschränkten Zahl von Bohrungen zusammengestellte Längenschnitt erkennen läßt. Professor Haas glaubt für diese aufgestauchten und verworfenen Massen keinen treffenderen Ausdruck finden zu können, als den des Schollenhaufwerks, womit schon Meyn sie bezeichnet hat. Die gewaltsamen Bewegungen und Verschiebungen der Bodenmassen haben der Oberfläche dieser Landschaft die eigenthümliche, sehr unregelmäßige Gestaltung gegeben, wie sowohl aus der Karte als aus dem Längenschnitt ersichtlich ist. Die größeren und tieferen Einsenkungen stellen sich gegenwärtig als Seen, die kleineren und flacheren als Moore oder moorige Wiesenflächen dar, deren Torf aus dem Pflanzenwuchs, theils der Seen, theils der Wälder, die einst das ganze Hügelland bedeckten, gebildet wurde. Von den Seen dieses Bodengürtels werden zwei von der Canallinie berührt: der Schirnauer See zwischen km 69 und 72, der Flemhuder See zwischen km 84 und 85.

Eine genauere Darstellung der geologischen Verhältnisse sowohl der Provinz Schleswig-Holstein im allgemeinen als insbesondere des von dem Canal durchschnittenen Landstreifens enthalten die „Begleitworte zum geologischen Längenschnitt des Kaiser Wilhelm-Canals von Dr. H. Haas, Professor an der Königl. Universität in Kiel“, die mit gütiger Erlaubnis des Herrn Verfassers dieser Denkschrift als Anhang beigefügt sind.

e) Die Wasserstände im Canal und an den beiden Mündungen.

(Alle nachfolgenden Höhenangaben beziehen sich auf eine Waagrechte = 20 m unter Normal-Null.)

Die westliche Mündung des Canals liegt im Fluthgebiet der Nordsee, und die Wasserstände unterliegen daher dem regelmäßigen Wechsel der Gezeiten-Strömungen. An der östlichen Mündung im Kieler Hafen ist ein regelmäßiger Fluthwechsel nicht bemerkbar, die Hebungen und Senkungen der Wasserstände werden hier der Hauptsache nach durch Luftströmungen hervorgerufen.

Die Wasserstandsverhältnisse an den Mündungen sind durch jahrelange Beobachtungen und unter Anschluß an die Höhenbestimmungen der Königl. Preussischen Landesaufnahme festgestellt worden. Danach liegt:

- a) in der Elbe bei Brunsbüttel:
- | | |
|-------------------------|--------------|
| das mittlere Hochwasser | auf + 21,29, |
| „ „ Niedrigwasser | „ + 18,50, |
| „ höchste Hochwasser | „ + 25,01, |
| „ tiefste Niedrigwasser | „ + 16,61; |
- b) im Kieler Hafen:
- | | |
|----------------------|--------------|
| Mittelwasser | auf + 19,77, |
| höchster Wasserstand | „ + 22,94, |
| niedrigster „ | „ + 17,68. |

Diese Zusammenstellung zeigt, daß der mittlere Wasserstand im Kieler Hafen um 1,52 m unter dem mittleren Hochwasser und um 1,27 m über dem mittleren Niedrigwasser der Elbe liegt. Das Mittel aus dem gewöhnlichen Hoch- und Niedrigwasser der Elbe liegt demnach um 0,125 m über dem Mittelwasser der Ostsee. Die Zusammenstellung läßt ferner ersehen, daß der Unterschied zwischen den höchsten und niedrigsten Wasserständen sowohl an der öst-

lichen als an der westlichen Canalöffnung ein sehr großer ist. Er beträgt in der Elbe 8,40 m, im Kieler Hafen 5,26 m. Die sehr hohen und sehr niedrigen Wasserstände werden an beiden Mündungen durch stürmische Winde herbeigeführt. Dieselben Stürme aber, die auf der einen Seite ein Steigen des Wassers verursachen, bringen auf der anderen Seite das Wasser zum Fallen, und deshalb fallen die höchsten Wasserstände an der einen Mündung in der Regel mit sehr tiefen Wasserständen an der anderen zeitlich zusammen.

Eine nähere Betrachtung dieser Verhältnisse läßt sehr bald erkennen, daß die Herstellung des Canals als völlig offener Durchstich in mehrfacher Beziehung bedenklich sein würde. Der Schiffahrtsbetrieb auf dem Canal würde freilich dadurch, daß die gewöhnlichen Wasserstandsschwankungen der Elbe sich in dem Canal fortpflanzen und dort regelmäßige Fluth- und Ebbeeströmungen verursachen würden, nicht allzusehr beeinträchtigt werden, vorausgesetzt, daß der Canal in solcher Tiefe hergestellt und unterhalten würde, daß auch bei dem tiefsten Ebbe-Wasserstand noch genügende Fahrtiefe vorhanden wäre. Hohe Sturmfluthen aber würden, wenn sie frei eintreten könnten, unter Umständen recht erhebliche Strömungen herbeiführen. Bei einer Sturmfluth in der Elbe von + 25,0 und einem gleichzeitigen Wasserstand im Kieler Hafen von etwa + 17,70 hätte der Canal auf 98 km Länge ein Wasserspiegel-Gefälle von 7,30 m, entsprechend einem Gefälle-Verhältniß von ungefähr 1:13400. Dabei würden Strömungen im Canal von mehr als 1,20 m in der Secunde entstehen. Und diese Strömungen würden nicht nur für die Schiffahrt hinderlich und gefährlich sein, sie würden außerdem die Canalböschungen stark angreifen und also, um Beschädigungen daran zu verhindern, erhebliche Ausgaben für Befestigung der Ufer und Böschungen erforderlich machen. Große Wasserstandsschwankungen im Canal würden auch die zur Vermittlung des Landverkehrs, sowie zur Entwässerung und zum Schutz der durchschnittenen Niederungen erforderlichen baulichen Anlagen sehr beträchtlich vertheuern. Dies gilt insbesondere von den Deichanlagen, die zum Schutz der Elbe- und Eider-Niederungen auf langen Strecken und in großer Höhe und Stärke an beiden Seiten des Canals erforderlich sein würden.

In richtiger Erkenntniß aller dieser Schwierigkeiten, die aus dem freien Eintritt des Außenwassers in den Canal entstehen würden, ist schon bei allen früheren Entwürfen auf die Herstellung des Canals als völlig offener Durchstich verzichtet worden. Lentze hat aber in seinem Entwurfe vom Jahre 1865 nur den Abschluß des Canals gegen die Elbe, nicht den gegen die Ostsee vorgesehen. An der Ostsee sollte danach der Canal offen sein. Lentze nahm an, daß die aus dieser offenen Verbindung zeitweilig sich ergebenden Wasserstandsschwankungen und Strömungen im Canal für die Schiffahrt nicht hinderlich sein könnten. Um die häufiger wiederkehrenden kleineren Senkungen des Ostsee-Wasserstandes und die daraus entstehenden entsprechenden Senkungen des Wasserspiegels in der östlichen Endstrecke des Canals unschädlich zu machen, sollte die Canalsole von den Ober-eiderseen bis zur Mündung ein Gefälle von 0,84 m erhalten. Bezüglich der größeren Senkungen des Ostsee-Wasserstandes wurde darauf hingewiesen, daß diese nur äußerst selten bei schweren westlichen Stürmen eintreten, und daß dann die Schiffe ohnehin gehindert sein würden, ihre Reise auf dem Canal fortzusetzen. Lentze hat aber nicht die Gefahren und Schwierigkeiten erörtert, die durch den ungehinderten Eintritt der höchsten Ostseefluthen in den Canal entstehen würden. Die höchste Sturmfluthhöhe wurde nach den Aufzeichnungen, die Lentze vorgelegen hatten, zu 2,12 m über Mittelwasser angegeben. Schon die Möglichkeit, daß eine

Fluth von solcher Höhe in den Canal eintreten könne, ließe für die durch die Eider- und Elbe-Niederungen führenden Canalstrecken sehr kräftige Deichanlagen nothwendig erscheinen. Und nachdem inzwischen, im November 1872, eine Sturmfluth eingetreten ist, die im Kieler Hafen die Höhe von 3,17 m über Mittelwasser erreicht hat, also 1,05 m höher war, als die zur Zeit der Aufstellung des Lentzeschen Entwurfes bekannte höchste Fluth, müßten jene Deiche noch sehr viel höher und stärker angelegt werden. Auch bei der Anlage der Uferdeckwerke, der Lösch- und Ladeplätze am Canal, der Drehbrücken und Fähren, der Verbindungsschleuse zwischen dem Canal und der Eider und den vielen Entwässerungsanlagen, durch die das Wasser aus den durchschnittenen Niederungen in den Canal abgeführt wird, hätte dem Eintritt eines solchen Hochwassers Rechnung getragen werden müssen. Es kann zweifelhaft sein, ob die Mehrkosten, die durch den Wegfall der Ostseeschleuse für den Bau und die Unterhaltung aller dieser Anlagen entstehen würden, die durch den Bau und die Unterhaltung der Schleuse erwachsenden Kosten aufwiegen würden, wenn jene Anlagen nur für die von Lentze angenommene größte Sturmfluthhöhe von 2,12 m über Mittelwasser eingerichtet zu werden brauchten. Sie würden aber die Kosten der Ostseeschleusen sicher ungefähr erreichen und vielleicht sogar übertreffen, wenn, wie jetzt bekannt ist, mit einer Sturmfluthhöhe von 3,17 m über Mittelwasser gerechnet werden muß.

Diese Erwägungen haben schon bei der Aufstellung des Boden-Dahlströmschen Entwurfes dazu geführt, nicht nur an der Elbe, sondern auch an der östlichen Mündung eine Schleuse vorzusehen. Beide Schleusen zusammen geben erst die Möglichkeit, den Wasserstand und die Strömungen im Canal so zu regeln, wie es für die Schiffahrt, sowie für den Bau und die Unterhaltung des Canals und seiner Nebenanlagen am zweckmäßigsten erscheint. Von der Nothwendigkeit eines Schleusenabschlusses an beiden Enden wurde daher auch bei der Aufstellung des zur Ausführung gekommenen Bauentwurfes ausgegangen. Zur Gewinnung der Grundlagen für die weitere Bearbeitung dieses Entwurfes blieb aber noch die Frage zu erörtern, wie die Regelung der Wasserstände im Canal nach den vorgedachten Gesichtspunkten mit Hilfe der beiden Endschleusen zu gestalten sei.

Im Kieler Hafen werden, wie schon früher erwähnt worden ist, größere Hebungen und Senkungen des Wasserstandes nur durch stürmische Winde hervorgerufen. Sie kommen deshalb nur ausnahmsweise vor, in der Regel sind die Schwankungen der Wasserstände sehr gering. In der Abb. 2 Bl. 3 sind die im Kieler Hafen beobachteten Wasserstände nach dem Jahresdurchschnitt von 1876 bis 1885 derartig dargestellt, daß die Anzahl der Tage, an denen die gleichen Wasserstandshöhen beobachtet wurden, von den entsprechenden Punkten des Pegels als Abscissen aufgetragen worden sind. Von den 365 Tagen eines Jahres wurden danach im Durchschnitt beobachtet:

Mittelwasser	+ 0,03 m	an	57,1	Tagen,
„	+ 0,10 „	„	50,7	„
„	+ 0,17 „	„	43,3	„
„	+ 0,24 „	„	30,3	„
„	+ 0,32 „	„	15,9	„
„	+ 0,39 „	„	9,1	„
„	+ 0,46 „	„	6,9	„
„	— 0,04 „	„	44,9	„
„	— 0,11 „	„	34,5	„
„	— 0,18 „	„	18,9	„
„	— 0,25 „	„	15,0	„
„	— 0,33 „	„	7,7	„
„	— 0,40 „	„	5,5	„
„	— 0,47 „	„	3,8	„

Das sind zusammen 343,6 Tage, an denen die Wasserstände weniger als 0,50 m über oder unter Mittelwasser waren. Von den übrigen 21,4 Tagen des Jahres hatten 12,5 Tage Wasserstände von mehr als 0,50 m über und 8,9 Tage solche von mehr als 0,50 m unter Mittelwasser. Von 100 Tagen kommen im Jahresdurchschnitt rund 94 Tage mit Wasserständen von weniger und 6 Tage mit Wasserständen von mehr als 0,50 m über oder unter M. W. Und für das Sommerhalbjahr vom 1. April bis 1. October stellen sich diese Verhältnisse noch viel günstiger. Nach dem Durchschnitt der 10 Sommerhalbjahre von 1876 bis 1885 kommen auf 100 Tage nur 0,8 mit Wasserständen von mehr als 0,50 m über oder unter M. W.

Die Ostseeschleuse braucht demnach nur selten geschlossen zu werden, wenn, wie bei der Bearbeitung des Bauentwurfes angenommen worden ist, der Canal so angelegt ist, daß Wasserstandsschwankungen von 0,50 m unter bis 0,50 m über M. W. weder für ihn selbst und seine Nebenanlagen, noch für seine Benutzbarkeit nachtheilig werden können. Von je 100 Tagen kann dann an 94 Tagen die Schleuse offen stehen, und die Schiffe können während dieser Zeit frei ein- und ausfahren, ganz ebenso als wenn, wie nach dem Lentzeschen Entwurf, keine Schleuse vorhanden wäre. Nur an 6 Tagen von 100 muß die offene Verbindung aufgehoben und die Schleuse geschlossen werden, damit der Wasserstand im Canal durch höhere und tiefere Außenwasserstände nicht beeinflusst wird. An solchen Tagen werden dann die ein- und ausgehenden Schiffe durchgeschleust. Im übrigen erwachsen der Schifffahrt aus der Durchfahrt durch die Schleuse keinerlei Aufenthalte.

Eine dementsprechende Regelung des Schleusenbetriebes gewährt der Schifffahrt fast alle Vortheile der freien offenen Mündung; sie vermindert nach vielen Richtungen hin die Kosten und Schwierigkeiten der Bauausführung und sichert zugleich den Canal und die dazu gehörigen Nebenanlagen gegen alle die Gefahren und Nachtheile, die sich aus dem freien Eintritt der Hoch- und Niedrigwasserstände der Ostsee ergeben würden.

Bei der Elbschleuse liegen die Verhältnisse wesentlich anders. Hier sind schon die aus den Gezeitenströmungen sich ergebenden regelmäßigen Schwankungen der Außenwasserstände so erheblich, daß es nach verschiedenen Richtungen hin bedenklich sein würde, den Wasserstand im Canal davon beeinflussen zu lassen. Der Verlauf einer mittleren Tide in der Elbe bei Brunsbüttel und das Verhältniß der jeweiligen Wasserstandshöhen zu dem mit Hilfe der Ostseeschleuse in der vorbeschriebenen Weise geregelten mittleren, höchsten und niedrigsten Canalwasserstände ist in der Fluth-Curve, Abb. 3 Bl. 3, dargestellt. Danach liegt das mittlere Hochwasser in der Elbe um 1,52 m über dem mittleren und 2,02 m über dem niedrigsten Canalwasserstände. Wollte man die Fluth durch die offene Schleuse frei in den Canal eintreten lassen, so würden dadurch in ihm sehr erhebliche Strömungen entstehen; der Wasserstand im Canal würde bei der Brunsbütteler Schleuse bis auf den Hochwasserstand der Elbe und in weiterem Abstand von der Schleuse zwar in allmählich abnehmendem, aber soweit der Canal die Elbe- und Eiderniederung durchschneidet, doch immer noch in sehr fühlbarem Maße ansteigen. Die starken Strömungen würden sowohl den Schiffsverkehr, als die Unterhaltung der Ufer und Böschungen des Canals sehr erschweren, die hohen Wasserstände eine beträchtliche Erhöhung und Verstärkung der Canaldeiche und eine wesentliche Vertheuerung der Brücken, Fähren, wie auch vieler anderer Nebenanlagen des Canals zur Folge haben. Daraus ergibt sich, daß der Canal bei Brunsbüttel nicht nur gegen den Eintritt der höheren Sturm-

fluthen, sondern auch gegen die gewöhnlichen Fluthen abgeschlossen werden muß.

Es fragt sich demnach nur noch, ob und inwieweit es zweckmäßig oder nöthig ist, ihn auch gegen das Niedrigwasser der Elbe abzuschließen. Sehr ausschlaggebend für die Beantwortung dieser Frage sind die Höhenlage und die Entwässerungsverhältnisse der von ihm durchschnittenen Niederungen. Die Niederungen von der Mündung des Canals bis km 20 liegen mehr oder weniger unter dem gewöhnlichen Hochwasser der Elbe, einzelne Theile davon so tief, daß sie selbst zur Zeit des Niedrigwassers der Elbe keine genügende Vorfluth haben und daher eine Entwässerung auf natürlichem Wege nicht möglich ist. Im übrigen kann das Wasser durch die sehr sorgfältig angelegten Entwässerungsgräben und durch die in die Deiche eingelegten Schleusen frei in die Elbe abfließen. Ein großer Theil dieser Niederungen wird nun durch die Canalanlage von den bisherigen Entwässerungseinrichtungen und der bisherigen Vorfluth abgeschnitten, und deshalb mußte Bedacht darauf genommen werden, die gestörte Entwässerung in anderer Weise wieder herzustellen. Dies wird in der einfachsten Weise dadurch ermöglicht, daß die Brunsbütteler Schleuse jedesmal zur Zeit der Ebbe geöffnet wird, sobald der Wasserstand in der Elbe bis unter den Canalwasserstand abfällt. Dann tritt auch im Canal Ebbeströmung ein, und der Wasserspiegel in der westlichen Canalstrecke senkt sich im Anschluß an den tiefer abfallenden Elbwasserstand, bis zur Zeit der tiefsten Ebbe oder zu einem noch näher zu bestimmenden früheren Zeitpunkt die Thore der Schleuse wieder geschlossen werden. Der in solcher Weise zeitweilig erzeugte Niedrigwasserstand bietet den in ihrer Entwässerung gestörten Niederungen eine mindestens ebenso gute Vorfluth, als sie unter den früheren Verhältnissen gehabt haben, und wenn diese Vorfluth ausgenutzt wird, so sind weitere Entwässerungsanlagen für die gedachten Niederungen nicht erforderlich. Und dies gilt nicht nur für die Niederungen an der Elbe, sondern auch für die durch den Canal von ihrer bisherigen Vorfluth abgeschnittenen Niederungen an der Eider.

Ein fernerer Grund, der dafür spricht, im Anschluß an die Ebbwasserstände der Elbe einen regelmäßigen Wasserabfluß durch die Brunsbütteler Schleuse eintreten zu lassen, ist der, daß dieser Abfluß die einzige Möglichkeit bietet, den ziemlich langen Vorhafen zwischen der Schleuse und der Elbe in wirksamer Weise zu spülen. Das Wasser in der Elbe bei Brunsbüttel ist in hohem Grade schlickhaltig. Könnte der Vorhafen nicht gespült werden, so würde nach den im Glückstädter Hafen unter ganz ähnlichen Verhältnissen gemachten Erfahrungen auf eine jährliche Aufschlickung von mindestens etwa 2 bis 3 m Höhe und bei rund 50 000 qm Grundfläche des Hafens auf eine jährliche Ausbaggerung von 100 000 bis 150 000 cbm Schlickmasse gerechnet werden müssen. Diese starke Aufschlickung wird dadurch, daß regelmäßig zur Zeit der Ebbe eine beträchtliche Wassermenge durch den Vorhafen ausströmt, wenn nicht ganz beseitigt, so doch sicher sehr erheblich vermindert.

Das aus dem freien Wasserabfluß durch die Brunsbütteler Schleuse zur Zeit der Ebbe entstehende Wasserspiegel-Gefälle im Canal machte es freilich nothwendig, die Canalsole so tief anzulegen, daß bei dem niedrigsten Wasserstande überall noch die vorgeschriebene Tiefe vorhanden ist. Die Sole konnte daher in dem westlichen Theile des Canals nicht wagerecht durchgeführt werden, sondern sie mußte ein Gefälle erhalten, das dem Gefälle des Wasserspiegels zur Zeit der tiefsten Ebbe entspricht. Für die Feststellung dieses Gefälles ist angenommen worden, daß im Canal bei Brunsbüttel ein niedrigerer Wasserstand als $+ 18,0$ (0,50 m unter

dem mittleren Ebbwasserstande der Elbe) nicht zugelassen werden soll. Für die Entwässerung der Niederungen genügt es sogar, den Canalwasserstand bei Brunsbüttel nur bis auf den mittleren Ebbwasserstand der Elbe (+ 18,50) abfallen zu lassen, und eine solche Beschränkung ist auch deshalb wünschenswerth, damit ein allzu starkes Absinken des Wasserstandes in dem ganzen Canal bis nach Holtenu hin an solchen Tagen verhütet wird, an denen die Holtenauer Schleuse wegen zu hohen oder zu niedrigen Ostseewasserstandes geschlossen gehalten werden muß und also das bei Brunsbüttel abgeflossene Wasser durch Zufluß von Ostseewasser nicht ersetzt werden kann. Deshalb werden im regelmäßigen Canalbetrieb die Brunsbütteler Schleusenthore schon bei dem Wasserstande von + 18,50 geschlossen.

d) Der Längenschnitt der Sohle und die Normalquerschnitte des Canals.

Um allen Schiffen der Kaiserlichen Marine die Durchfahrt durch den Canal zu ermöglichen, ist von der Admiralität eine Wassertiefe von mindestens 8,5 m, zu jeder Zeit eine Sohlbreite von 22 m und eine Breite im Wasserspiegel von mindestens 58 m verlangt worden. Nachstehend soll nachgewiesen werden, wie der Längenschnitt der Sohle und die Normalquerschnitte des Canals gestaltet werden mußten, um bei der in Aussicht genommenen Regelung der Wasserstände im Canal die vorstehenden Bedingungen zu erfüllen.

Sobald während der Ebbe bei Brunsbüttel das Außenwasser auf die Höhe des Binnenwassers herabgesunken ist, werden die Fluththore der Elbschleusen geöffnet, und das Wasser beginnt durch die Schleusen aus dem Canal auszufließen. Indem nun der Wasserspiegel am Anfange des Canals in gleicher Weise, wie das Außenwasser, also nach Maßgabe der Fluthcurve der Elbe bei Brunsbüttel, absinkt, an der Ostseemündung im allgemeinen aber fast unverändert bleibt, so ist klar, daß Strömungen in dem Canal eintreten müssen, welche sowohl der Zeit als dem Orte nach veränderlich sind. Bei normalen Wasserständen auf der Elbe und im Canal stehen die Elbschleusen in jeder Tide etwa vier Stunden lang offen, dann müssen die Thore der beginnenden Fluthströmung wegen geschlossen werden. Aber damit kommt das Wasser im Canal nicht zur Ruhe, denn die Strömung nach der Elbmündung dauert fort, und es tritt ein ähnlicher Zustand ein, wie in canalisirten Strömen beim Schließen eines eine Zeit lang geöffneten Wehres. Indem das Wasser nach wie vor zufließt und nicht mehr bei Brunsbüttel ausfließen kann, so wird es daselbst alsbald ansteigen, und zwar anfangs sehr schnell, dann immer langsamer. Das Ansteigen beträgt bei normaler Ebbe in Brunsbüttel in der ersten Stunde etwa 0,70 m, und bis zum Beginn der nächsten Abwässerung hat eine volle Ausgleichung stattgefunden. Inmitten des Canals dauert die Senkung des Wasserspiegels nach dem Schließen der Thore noch einige Zeit an, dann beginnt auch dort das Steigen, und so entsprechen die während einer Tide eintretenden Wasserstände an jeder Stelle des Canals einer besonderen Wasserstandcurve, deren niedrigster Punkt bei regelmäßigem Verlaufen der Außenwasserstände für die Höhenlage der Canalsohle maßgebend sein würde.

Aber die Außenwasserstände sind fortwährenden und oft recht bedeutenden Schwankungen unterworfen, in deren Folge auch die Strömungen und Wasserstandcurven im Canal fortwährenden Veränderungen unterliegen. Für den vorliegenden Zweck genügt es, die Untersuchungen über die im Canal eintretenden Wasserspiegelgefälle und Strömungen auf folgende bestimmte Fälle zu beschränken:

1. Wasserstände an beiden Mündungen normal,
also Wasserstand im Kieler Hafen . . . + 19,77
Niedrigwasser bei Brunsbüttel . . . + 18,50
2. Normaler Wasserstand im Kieler Hafen . . + 19,77
Niedrigwasser bei Brunsbüttel . . . + 18,00
3. Hoher Wasserstand im Kieler Hafen . . . + 20,27
Niedrigwasser bei Brunsbüttel . . . + 18,00
4. Niedriger Wasserstand im Kieler Hafen . . + 19,27
Normales Niedrigwasser bei Brunsbüttel . . + 18,50

Den Untersuchungen, die für jeden dieser Fälle angestellt worden sind, wurden die nachfolgenden Betrachtungen und die daraus hergeleitete Berechnungsweise zu Grunde gelegt.

Die bei dem Ausströmen nach der Elbe und bei der späteren Ausgleichung des Wasserspiegels eintretenden Bewegungen des Wassers sind ungleichförmig im doppelten Sinne, indem die in der Zeiteinheit sich bewegenden Wassermengen sowohl von Querschnitt zu Querschnitt als auch an jeder Stelle mit der Zeit fortwährend zu- oder abnehmen. Während des Ausströmens wird ruhendes Wasser in Bewegung gesetzt oder langsam fließendes beschleunigt; während des Einströmens und der Ausspiegelung wird die lebendige Kraft der in Bewegung befindlichen Wassermassen allmählich durch hydraulischen Stau aufgezehrt. Eine genaue Theorie dieser Erscheinungen ist noch nicht ergründet worden. In Ermanglung zuverlässiger Grundlagen wurde deshalb allein das augenblickliche Wasserspiegelgefälle als Ursache der an den einzelnen Stellen stattfindenden Strömungen angenommen, ohne Rücksicht auf die stattfindende Zu- oder Abnahme der Geschwindigkeiten. Es ist klar, daß die danach für die Ausströmung sich ergebenden Werthe etwas zu groß ausfallen müssen, und daß die Ausspiegelung, das Wiederansteigen des Wassers nach erfolgtem Thorschluß der Elbschleusen etwas schneller stattfinden wird, als die Rechnung ergibt. Andere Voraussetzungen haben sich aber als unzulässig und undurchführbar erwiesen. Auch unter der obigen Annahme, daß für die mittlere Querschnitts-Geschwindigkeit die Formeln der gleichförmigen Bewegung anwendbar seien, mußten noch viele Vereinfachungen vorgenommen werden. Dahin gehören z. B. die Einführung von Durchschnittsgeschwindigkeiten für bestimmte Zeitabschnitte, welche von 100 Secunden bis zu einer Stunde wechselnd angenommen werden konnten, von Durchschnittswerthen für Querschnittsgrößen, für die Function c der allgemeinen Geschwindigkeitsformel

$$v = c \sqrt{r \varphi}$$

und endlich gewisse Annahmen hinsichtlich der Form der Wasserspiegelcurve. Ferner wurde die Oberfläche der 10 km langen Obereiderseen wagerecht bleibend, etwa wie bei einem mit dem Canal in Verbindung stehenden Seitenbecken, gedacht. Die Rechnungsergebnisse sind dabei durch zeichnerische Darstellungen vielfach geprüft und abgeändert worden, sodafs das Ganze als eine Art rechnerischen Entwurfes, eine Verbindung von Rechnung und Construction, bezeichnet werden kann.

Bezeichnungen. In dem folgenden bedeutet:

φ = Gefälle des Wasserspiegels,

f = Querschnitt in qm,

b = Wasserspiegelbreite,

$r = \left\{ \begin{array}{l} \text{Querschnitt in qm} \\ \text{benetzter Umfang in m} \end{array} \right.$

t = Zeit in Stunden,

$A = \text{Abflufs-}$
 $Z = \text{Zuflufs-}$ Menge für die Stunde in cbm,

η = Tiefenlage des Wasserspiegels unter der anfänglichen Gleichgewichtslage (Mittelwasser Ostsee).

In der Zeit der Ausströmung ist bei km 0 (Brunsbüttel) η als Function von t durch die Fluthcurve der Elbe bekannt. So lange die Senkung noch nicht bis km 60 (Rendsburg) gelangt ist, wurde gesetzt (s. Abb. 4) $\varphi = \frac{OB}{OC} = 2 \frac{OB}{OD} = 2 \cdot \frac{\eta}{\xi}$ und Fläche $OBD = \frac{1}{3} \eta \cdot \xi$.

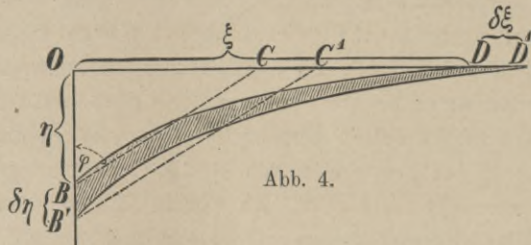


Abb. 4.

In der Zeit δt sinkt der Wasserspiegel bei O von B nach B' um $\delta \eta$. Die Ausflugschwindigkeit in der Secunde ist $v = c \sqrt{r \cdot \frac{2 \eta}{\xi}}$ und die Ausflugsmenge

$$A \delta t = 3600 \cdot \delta t \cdot f \cdot c \sqrt{\frac{2 r \eta}{\xi}}$$

Indem dieselbe dem Raum: $b \cdot$ Fläche $DBB'D'$, d. i.

$$\frac{b}{3} \{ \xi \delta \eta + (\eta + \delta \eta) \delta \xi \}$$

gleichgesetzt wird, kann die Unbekannte $\delta \xi$ berechnet werden.

Der Scheitelpunkt D der Senkung schreitet anfangs außerordentlich schnell vor, und zwar um so schneller, je kleiner $\frac{\delta \eta}{\delta t}$ ist, je langsamer also der Wasserspiegel bei Brunsbüttel sinkt. Bei normaler Fluthcurve der Elbe ist in den ersten zwei Stunden ziemlich unverändert $\delta \eta = 7,3$ mm für die Minute, also $\delta \eta = 0,438 \delta t$. Nach einiger Zeit wird die erste Annahme hinsichtlich der Fläche OBD ungenau, und alsdann müssen Zwischenpunkte eingeführt werden. Die Rechnung gestaltet sich dabei, wie folgt. Zwischen den Endpunkten des Canals O, E (s. Abb. 5) wurden vier Zwischenpunkte

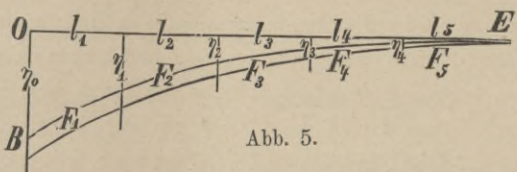


Abb. 5.

eingelegt und der Wasserspiegel zwischen denselben geradlinig angenommen; die einzelnen Längen l_1 bis l_5 betragen der Reihe nach 12, 13, 15, 20 und 28 km, wobei die Länge der Obereiderseen mit 10 km aufser Ansatz bleibt. Zur Zeit t seien die Senkungen des Wasserspiegels $\eta_0, \eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$ und 0, welche in der Zeit δt um $\delta \eta_0 \dots \delta \eta_4$ zunehmen. $\delta \eta_0$ ist bekannt und zur Berechnung der vier Unbekannten $\delta \eta_1$ bis $\delta \eta_4$ ergeben sich fünf Bedingungsgleichungen, aus denen zugleich die Zuflugsmenge bei Holtenau = Z als fünfte Unbekannte erhalten wird. Bezeichnet man nämlich die Wasserspiegeloberflächen der einzelnen Abschnitte mit F_1 bis F_5 und diejenige der Obereiderseen mit S , so ist für die Mitten der fünf Felder l_1 bis l_5

$$(A_5 - Z) \cdot \delta t = \delta \eta_4 \cdot \frac{F_5}{2}$$

$$(A_4 - Z) \delta t = \left(\frac{F_5}{2} + S \right) \delta \eta_4 + F_4 \cdot \frac{\delta \eta_4 + \delta \eta_3}{2}$$

$$\dots$$

$$(A_1 - Z) \delta t = \left(\frac{F_5}{2} + S \right) \delta \eta_4 + F_4 \cdot \frac{\delta \eta_4 + \delta \eta_3}{2} + F_3 \cdot \frac{\delta \eta_3 + \delta \eta_2}{2} + F_2 \cdot \frac{\delta \eta_2 + \delta \eta_1}{2} + F_1 \cdot \frac{\delta \eta_1 + \delta \eta_0}{2}$$

Die Werthe A_1 bis A_5 aber sind bekannt, denn es ist

$$A_5 = 3600 f c \sqrt{r \cdot \frac{\eta_4 - 0}{l_5}}$$

$$\dots$$

$$A_1 = 3600 f c \sqrt{r \cdot \frac{\eta_0 - \eta_1}{l_1}}$$

worin natürlich für f, c und r jedesmal die zutreffenden Werthe einzusetzen sind.

In solcher Weise sind die Berechnungen für einzelne, den Umständen entsprechend gewählte Zeitabschnitte durchgeführt und in entsprechender Art auch die Vorgänge bei der Ausspiegelung nach dem Schlusse der Elbschleusen ermittelt worden.

Die hiernach für jeden der vorhin angeführten Fälle 1 bis 4 angestellten Untersuchungen haben folgendes ergeben.

Fall 1. Bei normalen Aufsenwasserständen treten Geschwindigkeiten bis zu 0,75 m in der Secunde auf, die Strömung macht sich bereits $1\frac{1}{4}$ Stunde nach dem Oeffnen der Elbschleusen bei Rendsburg und $\frac{1}{4}$ Stunde später bei Holtenau bemerkbar; der niedrigste Wasserstand liegt:

bei km 60 (Rendsburg) auf rund	+ 19,58
„ „ 40 auf rund	„ 19,34
„ „ 25 auf	„ 19,08
„ „ 12 „	„ 18,81
„ „ 0 (Brunsbüttel) auf	„ 18,50.

Die Ausströmungszeit bei Brunsbüttel dauert 4 Stunden, und die ganze, in dieser Zeit daselbst ausgeströmte Wassermenge beträgt rd. 3300000 cbm, während bei Holtenau gleichzeitig 500000 cbm einströmen.

Fall 2. Bei normalem Ostseespiegel und Brunsbütteler Niedrigwasser auf + 18,00 wächst die Ausströmungsgeschwindigkeit bis auf 0,82 m; der Wasserspiegel sinkt

bei km 60 bis auf rd.	+ 19,48
„ „ 40 „ „	19,13
„ „ 25 „ „	18,77
„ „ 12 „ „	18,39.

Die Ausströmungszeit bei Brunsbüttel dauert $5\frac{1}{4}$ Stunde, und es fließen in dieser Zeit

bei Brunsbüttel aus rund	5000000 cbm
„ Holtenau ein	„ 1100000 „

Fall 3. Wenn die Aufsenwasserstände bei Holtenau und Brunsbüttel die Höhe von + 20,27 bzw. + 18,00 erreichen, so treten Geschwindigkeiten bis zu 0,94 m auf; die niedrigsten Wasserhöhen betragen:

bei km 60 rund	+ 19,92
„ „ 40 „	+ 19,44
„ „ 25 „	18,96
„ „ 12 „	18,50,

und in der Zeit vom Oeffnen bis zum Schließen der Elbschleusen sind ausgeströmt 6800000 cbm, zugeströmt 1400000 „.

Fall 4. Bei niedrigem Ostseestand (+ 19,27) und normaler Ebbe in Brunsbüttel (+ 18,50) beträgt die größte Geschwindigkeit 0,57 m, der niedrigste Wasserstand:

bei km 60 rund	+ 19,17
„ „ 40 „	19,04
„ „ 25 „	18,87
„ „ 12 „	18,69

und die in der Zeit vom Oeffnen bis zum Schließen der Elbschleusen aus- bzw. eingeströmte Wassermenge 1800000 bzw. 300000 cbm.

In den Fällen 1 und 4 findet im Canal bis zur nächsten Abwässerung nach der Elbe eine völlige Ausspiegelung statt, sofern die Ostseeschleusen offen stehen. Im Falle 2

wird der Canalwasserspiegel bei Brunsbüttel etwa 0,10 m und im Falle 3 etwa 0,20 m niedriger als bei Holtenau bleiben. Wenn jedoch die Ostseeschleusen wegen zu hohen oder zu niedrigen Aufsenwassers geschlossen werden müssen, so kann der Wasserabfluß nach der Elbe durch die Umläufe der Schleusen und die eigenen Zuflüsse des Canals, welche letzteren während einer Tide durchschnittlich nur etwa 370 000 cbm betragen, nicht ersetzt werden. Es wird zwar alsdann nach dem Schlusse der Elbschleusen auch eine Ausspiegelung in dem Canal eintreten, aber sein Wasserspiegel wird sich dabei senken, und diese Senkung wird, da die Wasserspiegeloberfläche des Canals einschließlic der Oberdeiderseen 9 600 000 qm beträgt, im Falle 4 annähernd das Maß von $\frac{1800000}{9600000} = 0,19$ m und im Falle 3 sogar unter ungünstigen

Verhältnissen $\frac{6800000}{9600000} = 0,71$ m während einer einzigen Tide erreichen können.

Im Falle 3 würde zwar, um die Senkung abzumindern, dem Canal eine gewisse Wassermenge durch die Umläufe der Holtenauer Schleuse zugeführt werden können. Aber allzuviel ist darauf nicht zu rechnen, weil die Umläufe bei lebhaftem Schiffsverkehr meist zum Durchschleusen von Schiffen ausgenutzt werden müssen und deshalb zum Einlassen von Wasser in den Canal immer nur auf kurze Zwischenzeiten in Anspruch genommen werden können.

Wenngleich so ungünstige Umstände, wie lange Dauer des Wasserstandes in der Kieler Bucht über Ordinate 20,27, bei niedrigen Ebben in der Elbe und bei geringen eigenen Zuflüssen des Canals nur ausnahmsweise eintreten werden, so weisen doch die vorstehenden Zahlen darauf hin, daß es zur Erhaltung einer genügenden Wassertiefe im Canal nothwendig ist, einer zu tiefen Abwässerung desselben bei Brunsbüttel durch Schließen der Thore vor Eintritt der niedrigsten Ebben vorzubeugen. Deshalb ist davon ausgegangen worden, daß im Canal bei Brunsbüttel niedrigere Wasserstände als + 18,00 niemals zugelassen und daß die dortigen Schleusen in der Regel schon beim Stande von + 18,50 m geschlossen werden sollen.

Auf Grund der obigen Rechnungsergebnisse wurde die Canalsohle angenommen (Bl. 3 Abb. 4)

bei km	0	auf +	9,50
„	12	„	+ 9,98
„	25	„	+ 10,37
„	40	„	+ 10,67

und von km 60 bis Kieler Bucht auf + 10,77.

Die Wassertiefe in dem Canal wird sich demgemäß in den untersuchten 4 Fällen, wie folgt, stellen:

	Wassertiefe im Canal bei km					
	0	12	25	40	60	98
Bei Mittelwasser Ostsee . .	10,27	9,79	9,40	9,10	9,00	9,00
Geringste Tiefen: im Falle 1	9,00	8,83	8,71	8,67	8,81	9,00
„ „ 2	8,50	8,41	8,40	8,46	8,71	9,00
„ „ 3	8,50	8,52	8,59	8,77	9,15	9,50
„ „ 4	9,00	8,71	8,50	8,37	8,40	8,50

Also auch in den ungünstigsten Grenzfällen wird in jedem Augenblicke ziemlich überall 8,5 m Wassertiefe vorhanden sein. Wenn an dieser Tiefe rechnermäßig bisweilen einige Centimeter fehlen werden, so ist demgegenüber hervorzuheben, daß es für die Berechnungen eine sichere mathematische Grundlage nicht giebt, daß man dabei auf mehr oder weniger willkürliche Annahmen angewiesen war, und daß zur Vermeidung von schädlichen Irrthümern in

Zweifelsfällen immer ungünstige Annahmen gemacht worden sind. In Wirklichkeit dürften die Wasserstandscurven nicht völlig so tief, wie berechnet worden ist, absinken, zumal die eigenen Zuflüsse des Canals, die im Mittel etwa 370 000 cbm während einer Tide betragen, ganz unberücksichtigt geblieben sind. Dazu kommt noch der Umstand, daß die rechnermäßig festgestellten geringsten Tiefen nur ganz kurze Zeit andauern; so bleibt z. B. die rechnermäßige Wassertiefe im Falle 2 bei km 12, 25 und 40 nur 10 bzw. 18 und 20 Minuten unter 8,5 m. Wenn endlich noch berücksichtigt wird, daß die im Falle 2 berechneten Wassertiefen, die einen Wasserstand bei Brunsbüttel von + 18,0 voraussetzen, entweder überhaupt nicht oder doch nur in sehr seltenen Ausnahmefällen eintreten können, weil die Brunsbütteler Schleuse in der Regel schon bei dem Wasserstande von + 18,5 geschlossen werden soll, und daß ferner die im Falle 4 berechneten Tiefen unter 8,50 m jederzeit dadurch vermieden werden können, daß die Thore der Ostseeschleusen geschlossen werden, bevor der Wasserstand daselbst bis zur vollen Tiefe von 0,50 m unter Mittelwasser abgefallen ist, so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß die in betreff der Wassertiefen im Canal gestellte Forderung durch die angenommene Tiefenlage der Sohle voll erfüllt wird.

Die auf Bl. 3 Abb. 5 und 6 dargestellten Normal-Querschnitte entsprechen hinsichtlich der Tiefenlage der Sohle dem auf Grund der vorstehenden Ermittlungen festgestellten Längenschnitt. Die Sohlbreite des Canals beträgt überall 22 m. Die Seitenböschungen haben bis zur Höhe von 3 m über der Sohle eine 3-fache, weiter aufwärts bis zu dem auf 7 m über der Sohle liegenden Unterwasserbankett eine 2-fache, von diesem bis zum Ueberwasserbankett $1\frac{1}{2}$ -fache Anlage. Die letztere ist zum Schutz gegen den Wellenschlag mit Steinen abgedeckt. Das Unterwasserbankett ist meist $2\frac{1}{2}$ m breit, in den Niederungen, wo der Canalschnitt in weiche und leicht bewegliche Bodenschichten einschneidet, theils $5\frac{1}{2}$ m, theils wie bei km 16, wo der Boden sehr weich ist, $9\frac{1}{2}$ m. Das Ueberwasserbankett ist überall $2\frac{1}{2}$ m breit. Es liegt in den tiefen Einschnitten und auch in den Niederungen, soweit die oberen Bodenschichten fest genug sind, um eine Aufschüttung in mälsiger Höhe hart am Uferande aufnehmen zu können, oder wo zur künstlichen Befestigung der Ufer Sanddämme geschüttet sind, mit der Vorderkante 1 m über Mittelwasser und hat bis zum Fuß der oberen Einschnittsböschung oder des an das Bankett sich anschließenden Deiches eine Steigung von 1:5. Nur in einem Theil der Burg-Kudenseer Niederung, wo der Boden zwar fest genug war, um sowohl den Einschnitt des Querschnitts als die Herstellung der Deiche ohne vorhergegangene Schüttung von Sanddämmen zu gestatten, wo aber doch, um keine Verdrückungen herbeizuführen, eine Belastung der Uferkante thunlichst vermieden werden mußte, wurde das obere Bankett in der Höhe des mittleren Wasserstandes und der anschließende Deich mit sehr flacher Böschung angelegt. (Siehe Querschnitt km 10, Bl. 3 Abb. 5.)

In den Krümmungen des Canals von 1000 bis 2500 m Halbmesser sind, um großen und besonders sehr langen Schiffen die Durchfahrt zu erleichtern, Querschnittserweiterungen von $26 - \frac{r}{100}$ m vorgesehen. Die Erbreiterung beträgt darnach in den Krümmungen

von 1000 m Halbmesser	16 m
„ 1500 „	11 „
„ 1700 „	9 „
„ 2000 „	6 „
„ 2500 „	1 „

Der wasserhaltende Querschnitt des kleinsten der vorbeschriebenen Normal-Querschnitte — auf der Strecke von km 60 bis zur Ostseeschleuse, wo die Normalsohle in der Tiefe von + 10,77 wagerecht durchgeführt ist — beträgt bei mittlerem Wasserstande 413 qm und ermäßigt sich bei einem Wasserstande von

0,10 m unter Mittelwasser auf rund	406 qm
0,20 „ „ „ „ „	400 „
0,30 „ „ „ „ „	393 „
0,40 „ „ „ „ „	386 „
0,50 „ „ „ „ „	380 „

Der von der kaiserl. Admiralität für nothwendig erachtete Querschnitt von 58 m Breite im Wasserspiegel, 22 m Sohlbreite und $8\frac{1}{2}$ m Tiefe ergibt eine Querschnittsfläche von

$$\frac{58 + 22}{2} \cdot 8,5 = 340 \text{ qm.}$$

Der Normal-Querschnitt des Kaiser Wilhelm-Canals geht danach über das von der Admiralität verlangte Maß recht erheblich hinaus und übertrifft auch die Querschnitte aller Seeschiffahrts-Canäle, die von anderen Nationen seither gebaut worden sind. Der Suez-Canal hat nach seiner ursprünglichen Anlage einen wasserhaltenden Querschnitt von 22 m in der Sohle, 54 m im Wasserspiegel und 8 m Tiefe, demnach

$$\frac{22 + 54}{2} \cdot 8 = 304 \text{ qm.}$$

Der Amsterdamer Seecanal hatte nach der ersten Ausführung $\frac{27 + 55}{2} \cdot 7,0 = 287$ qm und hat jetzt nach der im Jahre 1878 vorgenommenen Querschnittserweiterung

$$\frac{32,20 + 63,0}{2} \cdot 7,7 = 366,5 \text{ qm.}$$

Der Manchester-Canal hat bei 7,9 m Wassertiefe eine Sohlbreite von 36,6 m und eine Wasserspiegelbreite von 52,5 m, demnach einen Querschnitt von

$$\frac{36,6 + 52,5}{2} \cdot 7,9 = 352 \text{ qm.}$$

An dem Suez-Canal wird indes seit einer Reihe von Jahren an einer sehr durchgreifenden Querschnittserweiterung gearbeitet, nach deren Ausführung der wasserhaltende Querschnitt

$$\frac{37 + 79,5}{2} \cdot 8,5 + 2 \cdot 4,0 \cdot 2,0 = 511 \text{ qm}$$

betragen und somit den normalen Querschnitt des Kaiser Wilhelm-Canals nicht unerheblich übertreffen wird.

e) Allgemeine Beschreibung des Canals und seiner Nebenanlagen.

Nachdem die Richtung des Canals, die Beschaffenheit des auszuhebenden Bodens, das Längenprofil der Sohle und die Normal-Querschnitte festgestellt waren, waren damit die Haupt-Grundlagen für die weitere Bearbeitung des Bauentwurfes gegeben. Zunächst wurden nun für die ganze Baustrecke Lage- und Höhenpläne ausgearbeitet, erstere im Maßstab 1:4000, letztere in einem Maßstab für die Längen von 1:10000 und für die Höhen 1:200, in denen der Canal mit seinen Schleusen, Brücken und Fähren, sowie mit allen für die benachbarten Grundstücke oder im öffentlichen Interesse erforderlichen Nebenanlagen übersichtlich dargestellt wurde. Der Canal war schon bei dem Beginn der Vorarbeiten für die Bauentwürfe in vier Bauämter eingetheilt worden; Bauamt I umfaßte die Strecke von der Elbe bis km 3,87, Bauamt II von km 3,87 bis 38, Bauamt III von km 38 bis 70,74 und Bauamt IV die Endstrecke bis zum Kieler Hafen. Für jedes dieser Bauämter wurden die Lage- und Höhenpläne nach den allgemein festgestellten

Grundlagen besonders bearbeitet und sodann mit den zugehörigen Erläuterungen zur landespolizeilichen Prüfung vorgelegt. In den Erläuterungen waren alle zum Canal gehörigen und durch ihn veranlaßten baulichen Anlagen, einschließlic der für die benachbarten Grundstücke oder im öffentlichen Interesse erforderlichen Nebenanlagen — Wege, Deiche, Ent- und Bewässerungseinrichtungen usw. — so eingehend beschrieben, dafs sowohl die beteiligten Interessenten, wie die zur Prüfung der Entwürfe zuständigen Behörden sich von den geplanten Anlagen eine deutliche Vorstellung machen und danach den Grad ihrer Zweckmäßigkeit beurtheilen konnten. Mit den beteiligten Interessenten war überdies in betreff der Nebenanlagen schon im Vorwege unter Zuziehung der Regierungsbehörden eingehend verhandelt worden, einestheils um sie im Wege mündlicher Besprechung über die geplanten Einrichtungen genau zu unterrichten und anderentheils um ihnen Gelegenheit zu geben, etwaige Wünsche oder Bedenken rechtzeitig zur Kenntnifs zu bringen.

1. Der eigentliche Canal mit den Ausweichestellen. Der Längenschnitt der Sohle entspricht überall dem auf Bl. 3 Abb. 4 dargestellten Gesamtlängenschnitt, wie er unter Berücksichtigung der Schwankungen des Canalwasserstandes im vorigen Abschnitt ermittelt und festgestellt wurde.

Von den auf Bl. 3 Abb. 5 und 6 dargestellten Normal-Querschnitten kommen aufer den bereits erwähnten Erweiterungen in den Krümmungen nur noch Abweichungen vor in den Ausweichestellen, von denen, auf die ganze Länge des Canals einigermaßen gleichmäfsig vertheilt und in Abständen von durchschnittlich ungefähr 12 km, sieben angelegt worden sind. Zwei solcher Ausweichestellen mit einer Länge von 250 m und einer Sohlbreite von 60 m waren bei den Vorverhandlungen über den Bau des Canals von der Kaiserlichen Admiralität als nothwendig bezeichnet worden. Die angegebenen Maße wurden für erforderlich gehalten, damit zwei gröfsere Schiffe seitlich von dem eigentlichen Canalquerschnitt dort liegen können, ohne dafs die normale Breite des Fahrwassers für die Durchfahrt anderer gröfserer Schiffe beschränkt wird. In der Uebersichtskarte Blatt 2 ist die Lage der einzelnen Ausweichestellen angegeben. Sie befinden sich bei km 12, 22,5, 35, 47, 59, im Schirnauer See bei km 70,5 und bei km 85. Ihre Einrichtung ergibt sich aus dem Grundrifs und Querschnitt Bl. 3 Abb. 7 und 8. Die 60 m breite Sohle hat, soweit sie auferhalb des normalen Canalquerschnittes liegt, eine Tiefe von 7 m bei Mittelwasser. Die Erbreiterung ist auf beide Seiten des Querschnittes gleichmäfsig vertheilt, sodafs Schiffe nach der einen oder anderen Seite hin ausweichen können, je nachdem es nach der Wind- oder Fahrriichtung am bequemsten oder zweckmäfsigsten ist. Zum Anlegen und Festmachen der Schiffe ist jede Ausweichestelle, mit Ausnahme der im Schirnauer See, an beiden Seiten mit Dalben und Anbindepfählen ausgestattet. Im Schirnauer See sind zum Festmachen der Schiffe an beiden Seiten der Ausweichestelle je 4 Bojen ausgelegt.

2. Die Schleusen an beiden Mündungen und zur Verbindung des Canals mit der Eider. Die Schleusenanlagen nebst Vor- und Binnenhäfen wurden in den Lage- und Höhenplänen und den zugehörigen Erläuterungen nur insoweit dargestellt und beschrieben, als nothwendig war, um die in Aussicht genommene allgemeine Anordnung, insbesondere die zur Regelung der Wasserstände im Canal und zum Schutz gegen die Hochfluthen der Nord- und Ostsee bestimmten Einrichtungen daraus ersehen zu können. Danach wurde bezüglich der beiden Endschleusen zu Brunsbüttel und Holtenau, deren Grundrifs-Anordnung und Lage

aus den Abb. 1, 4 und 5 Bl. 6 und 7 zu ersehen ist, vorläufig nur folgendes festgestellt.

Bei Brunsbüttel sind zwei Schleusen mit gleicher Kammerlänge und Tiefe und mit 25 m Thorweite zu errichten. Jede dieser Schleusen erhält zwei Paar Fluth- und zwei Paar Ebbethore. Die Fluththore werden in ihrer Höhe und Stärke so bemessen, daß jedes Thorpaar für sich allein einen sicheren Abschluß gegen die höchsten Sturmfluthen der Elbe bietet. Die Schleusenhäupter sollen gleiche Höhe mit dem Elbdeich erhalten und sich den beiderseitigen, ebenfalls in Deichhöhe herzustellenden Erdanschüttungen anschließen. Der Betrieb der Schleusen ist so gedacht, daß die Thore zur Zeit der Ebbe von dem Zeitpunkt an, an welchem die beiderseitigen Wasserstände ausgeglichen sind, bis zum Eintritt der Fluth in der Regel offen gehalten werden. Nur bei tief abfallenden Ebben wird häufig der Fall eintreten, daß es zur Verhütung einer allzutiefen Senkung des Wasserstandes im Canal wünschenswerth und ohne Nachtheil für die Entwässerung der von dem Canal durchschnittenen Niederungen zulässig ist, den Verschluss der Thore vor dem Eintritt der Fluth herbeizuführen. Für solche Fälle sind die Schleusen mit einer Einrichtung zu versehen, die es ermöglicht, sie bei ausgehender Strömung zu schließen.

Die Schleusenanlage bei Holtenau soll ebenso, wie an der elbseitigen Mündung bei Brunsbüttel als Doppelschleuse mit zwei neben einander liegenden Kammern von gleicher Größe, gleicher Drempeltiefe und mit 25 m Thorweite hergestellt werden. Jede der Schleusenöffnungen soll auch, um in gleicher Weise wie bei Brunsbüttel, zu ermöglichen, daß Schiffe bei allen Wasserständen nach beiden Richtungen durchgeschleust werden können, zwei Paar nach innen und zwei Paar nach außen abschließende Thore erhalten; letztere werden so eingerichtet, daß jedes Thorpaar für sich allein gegen die höchsten Sturmfluthen der Ostsee volle Sicherheit gewährt. Die Schleusenhäupter werden in Uebereinstimmung mit den zu beiden Seiten herzustellenden Anschüttungen bis auf 0,83 m über den höchsten bekannten Wasserstand in der Ostsee hinauf geführt. Die Schleusen sind so zu betreiben, daß sie in der Regel für die freie Durchfahrt der Schiffe offen stehen und nur geschlossen werden, wenn der Außenwasserstand um 0,5 m über Mittelwasser ansteigt oder um eben so viel unter Mittelwasser abfällt.

Die Schleuse zur Verbindung des Canals mit der Untereider war, wie bei der Beschreibung der Canallinie bereits erwähnt wurde, ursprünglich bei Bastenberg und später, nach der von km 38 bis 66 vorgenommenen Verschiebung der Canallinie, bei Westerrönfeld km 59 vorgesehen. Sie wurde dann auf Wunsch der Stadt Rendsburg in das Stadtgebiet verlegt, in unmittelbare Nähe der Schleuse, die den alten Eidercanal mit der Untereider verband. Ihre Lage und ihre Verbindung mit dem Kaiser Wilhelm-Canal ist aus dem Plan Abb. 1 Bl. 8 zu ersehen. Sie hat eine nutzbare Länge von 68 m, eine Weite von 12 m, eine Tiefe bei Niedrigwasser der Untereider von 5 m und ist mit diesen Abmessungen für alle Schiffe, die die Untereider befahren können, mehr als genügend.

3. Brücken und Fähren. Zur Ueberführung des Landverkehrs über den Canal mußten folgende Brücken vorgesehen werden:

a) Im Zuge der holsteinischen Marschbahn bei Taterpfahl, km 5,70, eine Drehbrücke. Bei der geringen Höhe der Krone des Bahndammes über dem Wasserstande des Canals konnte der Bau einer festen Brücke hier nicht in Frage kommen. Für diese wie für alle übrigen Drehbrücken des Kaiser Wilhelm-Canals (vgl. die Mittheilungen in Abtheilung II) war bei der ersten Aufstellung des all-

gemeinen Bauentwurfes eine Durchfahrtsöffnung von 36 m in Aussicht genommen, entsprechend einer Forderung der Kaiserl. Admiralität, wonach für sämtliche Canal-Uebergänge eine lichte Durchfahrtsweite von mindestens 35 m verlangt worden war. Erst viel später, im Juli 1891, nachdem die Bauentwürfe für 36 m weite Brücken bereits bearbeitet waren, wurde von der Kaiserl. Marineverwaltung eine Erweiterung der Oeffnungen auf 50 m als wünschenswerth bezeichnet, und dieser Anregung zufolge sind dann alle Drehbrücken mit 50 m Durchfahrtsweite zur Ausführung gebracht worden. Für den Schiffsverkehr ist damit ein unverkennbarer Vortheil erzielt worden. Denn das für größere Schiffe benutzbare Fahrwasser hat jetzt zwischen den Brückenpfeilern dieselbe Breite, wie in den freien Canalstrecken, und so lange die Brücken offen stehen, bereiten sie der Schifffahrt nicht das geringste Hinderniß. Selbst entgegenkommende Schiffe können in den Brückenöffnungen ebenso wie in den freien Strecken an einander vorüberfahren.

b) Eine zweite Drehbrücke war ursprünglich beabsichtigt für die westholsteinische Eisenbahn bei Grüenthal, km 30,9. Das Gleis lag hier an der Kreuzungstelle 11 m über dem Wasserspiegel des Canals und in einer Steigung von 1:60, das Bauwerk würde somit unter sehr schwierigen Verhältnissen auszuführen gewesen sein. Außerdem hätte für die in der Nähe der Bahn belegene Landstraße Itzehoe-Heide eine Fähre mit 22 m verlorener Steigung angelegt werden müssen. Um beide unter so ungünstigen Verhältnissen herzustellende Anlagen zu vermeiden, wurde der Plan angeregt, die Eisenbahn bis in die Nähe der Landstraße, wo der zu durchschneidende Landrücken seine größte Höhe hat, zu verlegen und dort gemeinsam mit der Landstraße auf einer festen Brücke über den Canal zu führen (s. die Abb. 2 Bl. 6 u. 7). Die weiteren Untersuchungen ergaben, daß der Bau dieser festen Brücke in verschiedenen Beziehungen dem Bau der Drehbrücke und Fähre vorzuziehen sei. Und zwar erstlich wegen der dadurch zu erzielenden wesentlichen Verbesserung der Gefällverhältnisse der Eisenbahn; die bisherigen Gefälle von 1:60 konnten in solche von 1:80 und 1:100 abgeschwächt und die verlorene Steigung zwischen den Stationen Hanerau und Albersdorf sehr erheblich verringert werden. Ferner weil bei der Ueberführung der Landstraße der große Umweg vermieden wurde, der sich bei der Fährianlage daraus ergab, daß die Höhenlage der Landstraße von rund 23 m über dem Wasserspiegel des Canals sehr lange Zufahrtsrampen erforderlich machte, die in der Richtung der Straße, ungefähr rechtwinklig zum Canal, nur mit ganz unverhältnißmäßig hohen Kosten herzustellen waren

und also, um die Kosten herabzudrücken, in der nebenstehenden Weise in die beiderseitigen Böschungen des Canals eingeschnitten werden mußten. Endlich weil der Wegfall der Drehbrücke eine schlankere Form der Canallinie ermöglichte, dergestalt, daß an Stelle einer Curve von 2000 m Halbmesser eine solche von 3000 m eingelegt werden konnte. Diese Linienänderung, die für den Fall, daß die Drehbrücke gebaut werden sollte,

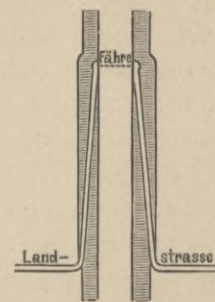


Abb. 6.

nicht hätte durchgeführt werden können, weil für Drehbrücken allgemein bestimmt worden war, daß auf mindestens 250 m Länge zu beiden Seiten der Brücke die Canalachse geradlinig sein müsse, hatte in Verbindung mit dem Wegfall der Fährrampen eine recht beträchtliche Verringerung der Einschnittsmasse zur Folge. Wenn zu allen diesen Vortheilen, die der Bau der festen Brücke mit sich brachte, noch der nicht gering zu veranschlagende Ge-

winn hinzugerechnet wurde, der sich durch den Wegfall einer Drehbrücke sowohl für die Sicherheit des Eisenbahnbetriebes, wie für den Canalverkehr ganz im allgemeinen ergibt, und wenn außerdem eine überschlägige Kostenberechnung erwarten liefs, dafs der Bau der festen Brücke im Vergleich zur Drehbrücke und Fähre keine allzugrofsen Mehrkosten erfordern werde, so konnte es nicht zweifelhaft sein, dafs die Entscheidung zu Gunsten der festen Brücke ausfallen mußte.

c) Eine Drehbrücke zur Ueberführung der chaussirten Landstrafse Rendsburg-Itzehoe bei km 60,4.

d) Zwei getrennte eingleisige Drehbrücken zur Ueberführung der zweigleisigen Bahn Neumünster-Rendsburg zwischen km 61,8 und 62,0.

Die Lage der Brücken *c* und *d* zeigt die Abb. 1 Bl. 8. Der Plan, in die zweigleisige Bahn keine zweigleisige Brücke einzulegen, sondern für jedes Gleis eine besondere Brücke zu bauen, entstand theils aus Rücksichten auf die Sicherheit des Eisenbahnbetriebes, theils aus der Erwägung, dafs die zum Ein- und Ausdrehen der Brücke erforderliche Arbeitsleistung sich wesentlich verringert, wenn für jeden den Canal kreuzenden Eisenbahnzug nur die Brücke für das von dem Zuge benutzte Gleis zu bewegen ist, als wenn dafür jedesmal das weit gröfsere Gewicht einer zweigleisigen Brücke bewegt werden müfste. Die beiden Bahngleise sind zu beiden Seiten des Canals in ungefähr 700 m Entfernung von den Brücken derartig durch Weichen mit einander verbunden, dafs im Nothfall, wenn eine der beiden Brücken beschädigt und zeitweilig betriebsunfähig werden sollte, der gesamte Eisenbahnverkehr über die andere Brücke geleitet und in solcher Weise eine fühlbare Betriebsstörung vermieden werden kann.

e) Eine fernere eingleisige Drehbrücke war in dem ursprünglichen Bauentwurfe vorgesehen im Zuge der Kiel-Flensburger Eisenbahn bei Neu-Wittenbek, km 91. (S. Abb. 3 Bl. 8). Es kam zur Frage und wurde gleich bei der ersten Entwurfbearbeitung im Jahre 1887 sorgfältig erwogen, ob es sich nicht empfehle, hier eine ähnliche Anlage zu machen wie bei Grünenthal und die Kiel-Flensburger Eisenbahn gemeinschaftlich mit der nur 1½ km weiter östlich gelegenen Kiel-Eckernförder Chaussee mittelst einer bei Levensau zu erbauenden Hochbrücke über den Canal zu führen. Liegt es doch auf der Hand, dafs jede Drehbrücke sowohl für die Canalschiffahrt, wie für den Landverkehr gewisse Störungen mit sich bringt, und dafs zur Erleichterung des Verkehrs darauf hingewirkt werden muß, die Zahl der Drehbrücken auf das nothwendigste zu beschränken. Deshalb mußte an jeder Stelle, wo nach dem bei dem Reichs- und Landtag zur Vorlage gekommenen Vorentwurfe der Bau einer Drehbrücke vorgesehen war, die Frage eingehend geprüft werden, ob es nicht zulässig sei, die Drehbrücke durch eine für den Canalverkehr weniger störende Einrichtung zu ersetzen. Bei Levensau, wo nach dem Vorentwurfe zwei Drehbrücken vorgesehen waren, eine für die Eisenbahn und eine für die Chaussee, lag hierzu eine ganz besondere Veranlassung vor. Nach den Ergebnissen dieser Prüfung wurde vorgeschlagen, die Eisenbahn-Drehbrücke dem Vorentwurfe entsprechend zur Ausführung zu bringen, aber so einzurichten, dafs sie nöthigenfalls für den Strafsenverkehr mitbenutzt werden könne, dagegen die Strafsen-Drehbrücke wegfallen zu lassen und durch eine Fähre zu ersetzen.

Die Gründe, die dazu führten, den Gedanken, an dieser Stelle eine Hochbrücke zu erbauen, nicht weiter zu verfolgen, waren folgende.

1) Durch die Hochbrücke wird sowohl der Eisenbahn- als der Landverkehr recht erheblich erschwert. Für die

Eisenbahn ergibt sich aus der Führung über die Hochbrücke — nach der in der Uebersichtskarte Bl. 2 angegebenen und später zur Ausführung gekommenen Linie — eine Mehrlänge von 2255 m und eine vermehrte Steigung von rund 6 m, für die Chaussee eine Mehrlänge von 400 m und eine vermehrte Steigung von 19 m. Durch den Umweg und die Verschlechterung der Gefällverhältnisse wird insbesondere der Eisenbahnbetrieb in recht empfindlicher Weise geschädigt. Es war deshalb vorauszusehen und wurde dem Verfasser dieses, dem die Aufstellung des Bauentwurfes oblag, auf eine mündliche Anfrage bei dem derzeitigen vorsitzenden Director der Kiel-Flensburger Eisenbahn bestätigt, dafs die Bahnverwaltung gegen eine derartige Verlegung der Bahn Einspruch erheben und gegebenenfalls für die dadurch herbeigeführte Betriebserschwerung eine Entschädigung beanspruchen werde.

2) Wegen der geringen Zahl der auf der Kiel-Flensburger Bahn laufenden Züge sind die Störungen, die durch die Ueberfahrt der Züge über eine Drehbrücke erwachsen können, und dementsprechend auch die Vortheile einer Hochbrücke hier nicht allzu hoch zu veranschlagen. Seit einer längeren Reihe von Jahren laufen auf der Bahn regelmäfsig in den Sommermonaten 5, sonst 4 Züge in jeder Richtung. Nach der Lage der Bahn wird auch kaum darauf zu rechnen sein, dafs der Verkehr über kurz oder lang erheblich zunehmen wird. Aber selbst unter der Annahme, dafs die Brücke täglich 10 mal zum Zweck der Ueberfahrt eines Eisenbahnzuges geschlossen werden müfste, und dafs die Zeitdauer von dem Beginn des Schliessens bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Brücke zum Durchgang von Schiffen wieder frei ist, jedesmal 10 Minuten betrüge, so würde doch die ganze Dauer der Sperrung der Brücke für die Schiffahrt nur täglich 1 Stunde 40 Minuten betragen. Wenn dann ferner angenommen wird, dafs im Durchschnitt etwa 50 Schiffe täglich den Canal befahren, so würden an jedem Tage nur 3 bis 4 Schiffe in die Lage kommen, vor der geschlossenen Brücke höchstens 10 Minuten warten zu müssen. Bezüglich des Landverkehrs wurde hier ebenso, wie bei der Rendsburger Strafsen-Drehbrücke davon ausgegangen, dafs die Brücke dafür nur dann geschlossen werden sollte, wenn und so lange es ohne Beeinträchtigung der Schiffahrt geschehen könne. Hinsichtlich der Kriegsschiffe würde, soweit es für erforderlich erachtet wird, festgestellt werden können, dafs für sie die Brücke unter allen Umständen offen gehalten und also nöthigenfalls der Eisenbahnzug einige Minuten warten müsse. Der ganze Vortheil einer Hochbrücke im Vergleich zur Drehbrücke würde sich dann darauf beschränken, dafs täglich etwa 3 oder 4 Schiffen ein Aufenthalt von höchstens 10 Minuten erspart wird.

3) Die Hochbrücke stellte sich im Vergleich zur Drehbrücke sehr theuer. Die Mehrkosten der Hochbrücke einschliesslich der Eisenbahn- und Chaussee-Verlegung, die eine Erdbewegung von rund 2 Millionen Cubikmeter erforderlich machten, wurden im Vergleich zur Drehbrücke und Fähre mit den zugehörigen Bahn- und Wegeanschlüssen auf rund 3 000 000 \mathcal{M} veranschlagt. Mit diesem Betrage schien der aus dem Bau der Hochbrücke erwachsende geringe Vortheil für die Schiffahrt, wie er vorstehend dargelegt worden ist, zu theuer erkaufte zu sein. Es kam hinzu, dafs bei dem Beginn des Baues nicht darauf gerechnet werden konnte, den Mehrbetrag der Kosten aus der zur Verfügung stehenden Bausumme bestreiten zu können.

Bei dieser Sachlage wurde, wie bereits erwähnt, seitens der Bauverwaltung von dem Bau der Hochbrücke abgesehen und für die Ueberführung der Eisenbahn eine Drehbrücke, für die Ueberführung des Strafsenverkehrs eine Fähre vor-

geschlagen. Die Vorschläge wurden auch, nachdem sie sowohl landespolizeilich, als im Reichsamt des Innern technisch geprüft worden waren, zur Ausführung genehmigt.

Aber im Sommer 1891, nachdem der Bauentwurf für die Drehbrücke bereits fertig bearbeitet war, wurde der Bau der Hochbrücke aufs neue angeregt. Die Canal-Commission erhielt am 15. August 1891 den Auftrag, einen Entwurf nebst Kostenanschlag mit thunlichster Beschleunigung ausarbeiten zu lassen und zur Vorlage zu bringen. Ein solcher zunächst nur generell bearbeiteter Entwurf wurde dann im November 1891 eingereicht, und es wurden dabei auch die vorerwähnten Gründe vorgetragen, welche die Bauverwaltung bei der Aufstellung des Bauplanes im Jahre 1887 veranlaßt hatten, auf diesen Entwurf nicht einzugehen. Die durch den Bau der Hochbrücke erwachsenden Mehrkosten stellten sich anschlagnäßig auf 3280000 \mathcal{M} . Desungeachtet wurde im April 1892 der Bau der Hochbrücke angeordnet mit der Bestimmung, sie so einzurichten, daß sie außer für die Chaussee Kiel-Eckernförde und für die Eisenbahn Kiel-Flensburg auch noch zur Ueberführung derjenigen Bahnen dienen könne, deren Herstellung etwa künftig die Ueberschreitung des Canals bedingen würde. Es wurde darauf hingewiesen, daß der Bau derartiger Bahnen im Hinblick auf die wachsende Bedeutung der Stadt Kiel, sowie unter Berücksichtigung des Umstandes, daß die Kaiserliche Marine-Verwaltung das Bedürfnis einer Schienenverbindung zwischen Kiel und Friedrichsort wiederholt hervorgehoben und der Königliche preussische Herr Minister der öffentlichen Arbeiten kürzlich die Vornahme von Vorarbeiten für eine Eisenbahn Kiel-Rendsburg angeordnet habe, nicht mehr außer Betracht zu lassen sei.

Weil der Auftrag zum Bau der Brücke erst zu einer Zeit erteilt wurde, als die übrigen Bauarbeiten zur Herstellung des Canals schon weit vorgerückt waren, so mußte die Bauverwaltung mit aller Kraft darauf hinwirken, die Ausführung zu beschleunigen. Um das für die Gesamtbauausführung aufgestellte Programm, wonach der Canal im Laufe des Jahres 1895 vollendet werden sollte, innehalten zu können, mußte die Brücke mit den beiden Anschlußrampen und den Bahngleisen bis zum Herbst 1894 betriebsmäßig fertig gestellt werden. Für die weitere Bearbeitung der Entwürfe und die Bauausführung stand demnach nur noch ein Zeitraum von ungefähr $2\frac{1}{2}$ Jahren zur Verfügung.

f) Der Bau einer ferneren Brücke stellte sich bei näherer Prüfung der Verkehrsverhältnisse noch als nothwendig heraus bei Holtenau, im Zuge der Landstrasse von Kiel nach dem dänischen Wohld und Friedrichsort. (S. Abb. 5 Bl. 6 u. 7.) Hier war ursprünglich eine Fähre vorgesehen. Die zum Zweck der Aufstellung des Bauentwurfes vorgenommenen Verkehrszählungen zeigten jedoch, daß schon zur Bewältigung des derzeitigen Verkehrs mindestens 3 Prähme und, da der Verkehr in stetem Zunehmen begriffen war, sofort ein vierter Prahm zur Aushilfe hätten eingestellt werden müssen. Und selbst eine derartige umfangreiche

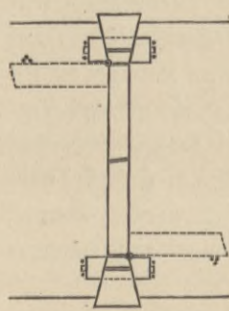


Abb. 7.

Fähranlage konnte keine Gewähr dafür geben, daß sie auf die Dauer ausreichen werde. Deshalb wurde an Stelle der Fähre eine Prahm-Drehbrücke in Aussicht genommen, deren Einrichtung in folgender Weise gedacht war. An jedem Ufer sollte, wie in nebenstehender Abbildung angedeutet ist, ein Prahm verlegt werden, der zwischen Dalben derartig geführt wird, daß er sich nur lothrecht auf- und abwärts bewegen kann, und der das freie Ende einer am Ufer lagernden Anlandebrücke trägt, sodafs diese sich mit dem Wasserstande im

Canal selbstthätig hebt und senkt. Mit jedem dieser Anlandeprähme sollte ein zweiter Prahm, der bis in die Mitte des Fahrwassers reicht, durch ein Gelenk verbunden werden, sodafs er, um dieses Gelenk sich drehend, bequem ein- und ausgeschwenkt werden kann. In eingeschwenktem Zustande stossen die beiden drehbaren Prähme sowohl mit einander als mit den Anlandeprähmen derartig zusammen, daß die Brücke ohne weiteres zur Benutzung fertig ist. Soll sie zur Durchfahrt eines Schiffes geöffnet werden, so werden die beiden drehbaren Prähme in entgegengesetzter Richtung soweit ausgedreht, daß sie parallel zum Ufer liegen und das Fahrwasser vollkommen frei lassen.

Die außer den vorerwähnten Eisenbahnen und Landstrassen von dem Canal noch gekreuzten Verkehrswege sind nicht von solcher Bedeutung, daß sie die Anlage von Brücken erforderlich machten. Für alle diese Wege wurden daher Fahren in Aussicht genommen, und zwar je nach der Größe des Verkehrs theils mit einem, theils mit zwei Prähmen, die an Drahtseilen geführt und von Hand bewegt werden. Von der Einführung eines Dampfbetriebes wurde überall Abstand genommen, weil nach den Breitenverhältnissen des Canals die Zeitdauer der Ueberfahrt dadurch nicht in irgendwie fühlbarer Weise abgekürzt werden würde. Solche Fähranlagen sollten ursprünglich 18 eingerichtet werden. Davon sind aber 4, die in Feldwegen lagen und für den durchgehenden Verkehr von geringer Bedeutung waren, dadurch entbehrlich geworden, daß die durch den Canal abgeschnittenen Feldmarkstheile, die von den bisherigen Besitzern nur mittelst der in Aussicht genommenen Fähranlagen bewirtschaftet werden konnten, von der Bauverwaltung angekauft wurden. Wirklich ausgeführt sind demnach nur 14, darunter eine nur für den Fußgänger-Verkehr bestimmte Bootsfähre.

4. Parallelwege. Außer den Wegeverlegungen, die in Verbindung mit den vorstehend beschriebenen Brücken und Fähranlagen auszuführen waren, mußte als Ersatz für die abgeschnittenen Zufuhrwege zu den von der Canalanlage berührten Grundstücken noch eine große Anzahl von Parallelwegen vorgesehen werden. Ihre Bauart wurde den Wegen angepaßt, zu deren Ersatz sie bestimmt waren. Weitere Mittheilungen über ihre Lage, Zahl und Ausdehnung würde für die Leser ohne Interesse sein.

5. Deiche, Ent- und Bewässerungsanlagen. Ueberall, wo der Canal Niederungen durchschneidet, wurden an beiden Seiten Deiche vorgesehen, die den Zweck hatten, die Niederungen gegen hohe Canalwasserstände zu schützen. Als Normalhöhe für die Krone dieser Deiche wurde das Maß von 1 m über dem höchsten Canalwasserstand = Ord. 21,27 angenommen. Nur in den Strecken, wo nach der Beschaffenheit des Untergrundes noch für eine längere Zeitdauer auf ein erhebliches Sinken gerechnet werden mußte, oder wo die tiefe Lage der anliegenden Ländereien eine besondere Vorsicht erheischte, wie im Gebiete der Burg-Kudenseer Niederung und in den Wiesenflächen der Gieselau und der Eider, wurde die Deichkrone auf + 22,0 erhöht. Für die Deiche waren durchweg 2 m Kronenbreite und — mit Ausnahme derjenigen Strecke in der Burg-Kudenseer Niederung, wo keine Sanddämme geschüttet wurden und der wenig tragfähige Untergrund eine sehr breite Deichbasis und demgemäß sehr flache Böschungen erforderlich machte — an beiden Seiten 2fache Böschungen vorgesehen. Die eben erwähnten, auf weichem Untergrund herzustellenden Deiche sollten an der Canalseite mit 6fachen, an der Landseite mit 2fachen Böschungen hergestellt werden. (S. den Querschnitt Abb. 5 Bl. 3.)

Außerdem waren noch Deiche erforderlich an dem nördlichen Ufer des Canals zwischen km 38,1 und 59,2, um

die Hochfluthen der Eider vom Canal abzuhalten. Für diese waren 3 m Kronenbreite bei 3facher äußerer und theils 2-, theils 3facher innerer (canalseitiger) Böschungsanlage vorgesehen und eine Kronenhöhe von + 23,0 m, ungefähr 1 m über dem Wasserspiegel der höchsten Sturmfluthen der Eider.

Als Deichanlage ist ferner noch zu erwähnen ein im Flemhuder See herzustellender Ringdamm. (S. Lageplan Abb. 2 Bl. 8.) Der Flemhuder See wird bei km 85 an seinem nördlichen Ende vom Kaiser Wilhelm-Canal angeschnitten. Er hatte vor dem Beginn des Canalbaues eine Wasserfläche von 234 ha, eine größte Tiefe von 28 m und bildete so ein sehr werthvolles Ablagerungsbecken für Baggerboden. Sein Wasserstand lag um reichlich 7 m über dem planmäßig festgestellten mittleren Canalwasserstande. Um aber den See auch noch während der letzten Baujahre, in denen am meisten gebaggert werden mußte, zur Ablagerung des Baggerbodens benutzen zu können, mußte eine offene schiffbare Verbindung mit dem Canal erhalten und demnach der Wasserspiegel des Sees bis auf den Canalwasserstand gesenkt werden. Eine so erhebliche Senkung des Wasserstandes im See mußte andererseits für die Uferanlieger in mehrfacher Beziehung nachtheilig werden. Es war vorauszu sehen, daß die anliegenden Wiesen zu stark austrocknen und in ihrer Ertragsfähigkeit sehr verlieren würden, daß außerdem die in der Nähe des Seeufers liegenden Brunnen und Viehtränken austrocknen und daraus eine Reihe von Entschädigungsansprüchen hergeleitet werden würden. Um diese zu vermeiden und doch den See zur Ablagerung von Baggerboden ausnutzen zu können, wurde in etwa 50 m mittlerer Entfernung von dem Seeufer die Schüttung eines Ringdammes in Aussicht genommen, der dazu dienen sollte, in dem Wasserstreifen zwischen dem Deich und dem Seeufer den bisherigen Wasserstand zu erhalten. Die Zuflüsse der bei Achterwehr in den Flemhuder See einmündenden Eider sollten durch ein in dem Ringdeich zu erbauendes Wehr dem von diesem Deich umschlossenen neuen See nach seiner Senkung zugeführt werden. Die Lage des Deiches, des von ihm begrenzten Ringcanals und des verkleinerten Flemhuder Sees ist aus dem Lageplan Abb. 2 Bl. 8 zu ersehen.

Neue Ent- und Bewässerungs-Anlagen wurden bei dem Bau des Canals in großer Zahl erforderlich. Zuerst in den Marsch- und Moorniederungen der Elbe, wo zwei große Ent- und Bewässerungsverbände: die Vierschleuseinigungs-Commune und die Burg-Kudenseer Niederung durchschnitten und dadurch in der Benutzung ihrer bisherigen, sorgfältig geregelten Einrichtungen gestört wurden. In beiden Verbänden mußten mancherlei neue Anlagen vorgesehen werden, um die vorhandenen bewährten Einrichtungen zu ersetzen.

Die Vierschleuseinigungs-Commune, zu der die Gemarkungen Brunsbüttel-Eddelaker Koog und Blangenmoor, km 0 bis 5,5, gehören (s. die Uebersichtskarte Bl. 2 u. Abb. 1 Bl. 6 u. 7), entwässert durch zwei Deichschleusen, die in den Brunsbütteler Hafen ausmünden, in die Elbe. Da die beiden Schleusen an der nordwestlichen Seite des Canals liegen, so wurden die südöstlich vom Canal belegenen Theile der genannten beiden Gemarkungen von ihrer bisherigen Entwässerung abgeschnitten. Bei der ersten Vorlage des Bauentwurfes war angenommen worden, daß die künftige Entwässerung dieser abgeschnittenen Grundstücke in den Kaiser Wilhelm-Canal erfolgen sollte und zwar durch Klappsiele, die zu diesem Zweck unter dem Canaldeich vorgesehen waren. Spätere Erwägungen führten dahin, das Wasser aus beiden Gemarkungen durch einen neben dem Canal anzuliegenden Graben und ein in der Nähe der Canalöffnung

zu erbauendes neues Elbdeichsiegel unmittelbar in die Elbe abzuleiten.

Bei näherer Ueberlegung war nämlich vorauszu sehen, daß Fälle eintreten können, in denen es für die Canal-Verwaltung von Wichtigkeit ist, den Wasserstand im Canal innerhalb gewisser Grenzen nach Belieben regeln zu können, ohne dabei auf Nebeninteressen Rücksicht nehmen zu müssen. Man braucht sich nur zu vergegenwärtigen, daß unter gewissen Witterungsverhältnissen der Canal-Wasserstand infolge des Abflusses durch die zur Zeit der Ebbe geöffneten Brunsbütteler Schleusen tiefer abfallen kann, als für die Schifffahrt auf dem Canal, insbesondere für die Durchfahrt tiefgehender Kriegsschiffe wünschenswerth oder zulässig ist. Dann muß die Canalverwaltung in der Lage sein, den Wasserstand im Canal rasch anstauen und wieder auf die normale Höhe bringen zu können, und dazu ist es nothwendig, die Thore der Brunsbütteler Schleusen während einiger Ebbezeiten geschlossen zu halten, also die Entwässerung durch die Schleusen zeitweilig zu unterbrechen. Auch bei Vornahme von Ausbesserungsarbeiten an den Schleusen kann eine längere Unterbrechung des Wasserabflusses durch die Schleusen nothwendig werden. Um nun in solchen Fällen die zu treffenden Mafsnahmen lediglich nach den Bedürfnissen der Schifffahrt einrichten zu können, mußte Bedacht darauf genommen werden, die Entwässerung der von ihrer bisherigen Vorfluth abgeschnittenen Ländereien von den Canal-Wasserständen unabhängig zu machen, und dies war für die in Rede stehenden Ländereien in einfachster Weise dadurch zu erreichen, daß das Wasser anstatt in den Canal unmittelbar in die Elbe abgeführt wurde. Es war dazu nur nöthig, von dem sog. Schälgraben, der bei km 3,87 von dem Canal durchschnitten wird und der schon vor der Canalanlage für die abgeschnittenen Blangenmoorer Ländereien der Hauptabflußgraben war, einen neuen Abflußgraben ungefähr parallel mit dem Canal nach dem Elbdeich zu führen, in den Elbdeich ein neues Entwässerungssiel einzulegen und dieses durch ein kurzes Aufsenfleth mit der Elbe zu verbinden. Der neue Abflußgraben kam später im Anschluß an die Bahnanlage von St. Margarethen nach der Brunsbütteler Canalöffnung zur Ausführung und ist ebenso, wie das Deichsiegel und Aufsenfleth, in dem Lageplan Abb. 1 Bl. 6 u. 7 angedeutet.

Für den Brunsbüttel-Eddelaker Koog wurden auch neue Bewässerungsanlagen nothwendig. Vor der Anlage des Canals wurde der größte Theil des Kooges durch ein Deichsiegel bewässert, durch welches von der Elbe aus Fluthwasser in den Koog eingelassen werden kann. Das Siegel liegt ungefähr zwei Kilometer oberhalb der Canalöffnung. Die Bewässerung hat den Zweck, den hochgelegenen Ländereien in trockenen Sommern das sowohl zur Tränkung des Viehes, wie auch zur Einfriedigung der Felder nöthige Wasser zuzuführen und damit zugleich eine mäfsige Befeuchtung des Bodens zu erzielen. Das Bewässerungsgebiet umfaßte im ganzen etwa 750 ha, von denen 210 ha durch den Canalbau abgeschnitten wurden. Für diese letzteren mußte daher ein neues Bewässerungssiel unterhalb der Canalöffnung vorgesehen werden; seine Lage, in der Richtung des Grabens an der nordwestlichen Grenze der für den Schleusen- und Hafenbau erworbenen Grundstücke, ist im Lageplan Abb. 4 Bl. 6 und 7 zu ersehen. Das alte Siegel, durch das bis dahin dem ungetheilten Gebiet von 750 ha das Wasser zugeführt worden war, hat einen Querschnitt von $0,42 \cdot 0,36 = 0,15$ qm. Das neue, zur Bewässerung der abgeschnittenen 210 ha bestimmte Siegel erhielt einen röhrenförmigen Querschnitt von 0,36 m Durchmesser, der nach dem Verhältniß des alten Siegels zu der Gesamtfläche der zu bewässernden

Ländereien zwar erheblich zu groß war, der aber so groß gewählt wurde, einestheils um die Reinhaltung zu erleichtern und etwaige Einwendungen der beteiligten Interessenten gegen die neue Anlage von vorn herein abzuschneiden, andernteils in Rücksicht darauf, daß ein etwas größerer oder geringerer Querschnitt des Siels auf die Gesamtkosten der Anlage nur von sehr unerheblichem Einfluß ist, weil die weitaus größten Kosten aus den zur Einlegung des Siels erforderlichen Erdarbeiten — Herstellung und Wiederausfüllung des Deicheinschnittes — bestehen, die von dem Querschnitt des Siels ganz unabhängig sind.

Das ausgedehnte Gebiet der Burg-Kudenseer Niederung, welches, soweit es vom Canal durchschnitten wird, in der Uebersichtskarte Bl. 2 und in Abb. 1 Bl. 6 u. 7 dargestellt ist, hatte als Zuflüsse die Holstenau, den Helmschen Bach und die Friedrichshöfer Au, als Sammelbecken den Kudensee, als Haupt-Abfluscanal oberhalb des Sees die Burgerau, unterhalb desselben den Bütteler Canal. Dieser Hauptcanal, der in seiner ganzen Länge für Fahrzeuge bis zu 1,20 m Tiefgang schiffbar ist, wird von dem Kaiser Wilhelm-Canal zweimal geschnitten, einmal oben bei km 16 kurz unterhalb der Bebeker Schleuse, wo die Holstenau sich in die Burgerau und Wilsterau theilt, und einmal unten bei km 6,6 in der Nähe des Dorfes Kudensee. An dieser letzteren Stelle wird die Burgerau und damit zugleich der ganze nordwestlich vom Kaiser Wilhelm-Canal liegende Theil der Niederung, der nach wie vor in die Burgerau entwässert, von dem Bütteler Canal und ihrer bisherigen Verbindung mit der Elbe abgeschnitten. Als Ersatz dafür wurde sowohl am oberen, wie am unteren Ende der abgeschnittenen Burgerau eine Verbindung mit dem Kaiser Wilhelm-Canal vorgesehen: am oberen Ende bei km 16 eine kleine Kammerschleuse von 5,7 m Weite und 19 m nutzbarer Länge, die hauptsächlich der Schifffahrt dienen, zugleich aber auch die Zuflüsse des Helmschen Baches in den Canal ableiten sollte, am unteren Ende bei km 6,6 ein 2 m weites Siel, das lediglich für die Entwässerung bestimmt war. Dieses Siel wurde auf Wunsch der beteiligten Interessenten auf 4 m erweitert und als ein nach oben offener und mit Thoren versehener Durchlaß hergestellt, um zur Zeit des Niedrigwassers auf dem Canal, wenn das Wasser durch die geöffneten Thore ausströmt, von kleineren Schiffen zur Durchfahrt benutzt werden zu können. Der Nachweis dafür, daß diese neuen Entwässerungsanlagen jederzeit in Stande sein werden, ihren Zweck zu erfüllen, ging von der Voraussetzung aus, daß die Brunsbütteler Schleuse regelmäßig zur Zeit des Niedrigwassers in der Elbe offen stehen und der Wasserstand im Canal entsprechend abfallen werde. Aber dieselben Erwägungen, die dazu geführt haben, die Entwässerung der abgeschnittenen Theile des Brunsbütteler Koogs und der Feldmark Blangenmoor von den Canalwasserständen ganz unabhängig zu machen, durften auch hier nicht außer acht gelassen werden. Sie mußten sogar hier noch schwerer ins Gewicht fallen, weil in der Burg-Kudenseer Niederung bei ihrer sehr tiefen Lage jede Störung der Entwässerung sich sehr viel mehr fühlbar machen würde, als in den höher belegenen Marschgebieten. Es kam deshalb zur Frage, ob es nicht zweckmäßig sein werde, für die abgeschnittenen Theile der Niederung ebenso wie für die vorerwähnten Marschgebiete von der Entwässerung in den Kaiser Wilhelm-Canal ganz abzusehen und die Burgerau durch einen neu anzulegenden Canal unmittelbar mit der Elbe zu verbinden. Eine überschlägliche Berechnung ergab, daß der Bau eines derartigen besonderen Entwässerungscanals von ungefähr 7 km Länge, mit Einschluß der in den Elbdeich zu legenden neuen Schleuse, einen Kostenaufwand von etwa 500 000 \mathcal{M} erfordern, also sehr theuer

werden würde. Weitere Ermittlungen zeigten, daß ein großer Theil dieser Kosten erspart werden könnte, wenn man sich darauf beschränkte, neben der geplanten Entwässerung in den Kaiser Wilhelm-Canal eine Hilfsentwässerung einzurichten, und zwar durch Anlage eines Schöpfwerks, das dazu bestimmt werden mußte, nur dann in Betrieb gesetzt zu werden, wenn und so lange der Wasserstand im Canal für die natürliche Abwässerung durch die Burgerauschleuse und das Kudenseer Siel nicht die nöthige Vorfluth bietet. Dieses Schöpfwerk wurde bei km 6,6 in unmittelbarer Nähe des dortigen Entwässerungssiels ausgeführt. (S. den Lageplan Abb. 1 Bl. 6 u. 7.) Es besteht aus zwei Kreiselpumpen, die von einer Dampfmaschine getrieben werden. Noch zwei andere Anlagen wurden damit verbunden: erstens eine Bewässerungsanlage für diejenigen Ländereien westlich vom Kudensee, die unter den früheren Verhältnissen durch Einlassen von Fluthwasser aus der Elbe in den Bütteler Canal jederzeit das zu ihrer Befruchtung erforderliche Wasser erhalten konnten, infolge der Anlage des Kaiser Wilhelm-Canals aber von dem Bütteler Canal abgeschnitten sind und also auf diesem Wege nicht mehr bewässert werden können; ferner eine Wasserleitung nach den Brunsbütteler Schleusen, behufs Zuführung von Wasser aus dem Kudensee für die bei den Schleusen errichteten und noch herzustellenden Beamtenwohnungen, sowie für die hydraulischen Anlagen daselbst und zur Kesselspeisung für die Betriebs-Fahrzeuge.

Durch das Schöpfwerk kann aber, in Verbindung mit der Burgerauschleuse und dem Kudenseer Siel, nur bewirkt werden, daß die Wasserstände in dem Hauptcanal des abgeschnittenen Theils der Niederung — in der Burgerau — nicht höher werden, als sie vor der Anlage des Kaiser Wilhelm-Canals gewesen sind. Die Durchführung des Canals durch die Niederung machte außerdem, wie nachstehend näher dargelegt werden soll, noch eine größere Zahl von Einrichtungen erforderlich, um die von dem Canal durchschnittenen oder unmittelbar berührten Grundstücke in ihrer Entwässerung nicht zu schädigen.

Die Entwässerungsverhältnisse der Niederung sind erst in jüngster Zeit durch eine Reihe von neuen Anlagen, mit deren Ausführung im Jahr 1866 begonnen wurde, und durch ein im Jahr 1887 erlassenes Statut geregelt worden. Danach ist die Niederung in viele kleine Bezirke, sog. Interessenschaften, eingetheilt, von denen jede ihre besonderen Einrichtungen hat, durch die das Wasser den Hauptabfluscanälen zugeführt wird und nach Bedarf auch von diesen Canälen zur Bewässerung der Ländereien entnommen werden kann. Von diesen Interessenschaften, die größtentheils eine sehr niedrige Lage haben und deren Entwässerung daher meist auf künstlichem Wege, durch Schöpfmühlen bewirkt werden muß, wurden 17 von der Canalanlage unmittelbar berührt. Unter diesen waren sechs, die in ihren Entwässerungsverhältnissen nicht gestört wurden, weil nur ihr oberstes Ende und zwar vollständig für den Canalbau in Anspruch genommen wurde. In den übrigen 11 Interessenschaften mußten dagegen sowohl mancherlei neue Anlagen zur Ausführung gebracht werden, um für die von ihren bisherigen Ab- und Zuflußgräben abgeschnittenen Grundstücke Ersatz-einrichtungen zu schaffen, als auch vorhandene Einrichtungen verändert oder verlegt werden, um sie den durch die Canalanlage veränderten Verhältnissen anzupassen. Es würde zu weit führen und kaum von allgemeinerem Interesse sein, alle diese neuen und veränderten Einrichtungen hier einzeln aufzuzählen. Nur um einen Ueberblick über diese Arbeiten zu geben, mag hier erwähnt werden, daß für viele abgeschnittene Interessenschaftstheile ganz neue Abzugsgräben hergestellt und durch Klappsiele entweder mit dem Kaiser

Wilhelm-Canal oder mit anderen vorhandenen Wasserzügen in Verbindung gebracht werden mußten; ferner daß eine größere Windschöpfmühle, von welcher bei ihrer Lage sehr nahe am Canal zu befürchten war, daß sie durch die Schüttung der an den Ufern herzustellenden Sanddämme verdrückt werden würde, versetzt und umgebaut werden mußte; endlich daß für drei Interessenschaften, die ihrer Höhenlage nach ohne Schöpfmühlen in den Kaiser Wilhelm-Canal entwässern können, wenn die Brunsbütteler Schleusen zur Zeit der Ebbe immer planmäßig offen gehalten werden, aus demselben Grunde, der zu der Anlage des Schöpfwerks bei km 6,6 geführt hat, noch nachträglich je eine von einer kleinen Dampfmaschine betriebene Kreiselpumpe aufgestellt worden ist.

In den Niederungen der Holstenau, Gieselau und Haalerau waren die Entwässerungsverhältnisse vor der Anlage des Kaiser Wilhelm-Canals recht mangelhaft, und es war für die Bauverwaltung eine dankbare Aufgabe, die in Anlaß des Canalbaues herzustellenden neuen Einrichtungen so zu gestalten, daß damit den bisherigen Uebelständen abgeholfen wurde.

Die Holstenau — die in ihrem unteren Lauf durch die Wilstermarsch als Wilsterau bezeichnet wird — mit einem Niederschlagsgebiet von ungefähr 150 qkm, entwässerte vor der Canalanlage durch zwei unterhalb der Stadt Wilster belegene Deichschleusen in die Stoer. Der Canalbau machte es nothwendig, den oberen Theil der Au, der, wie aus dem Lageplan Abb. 2 Bl. 6 und 7 zu ersehen ist, zu wiederholten Malen von dem Canal gekreuzt wird, mit allen Neben-Zuflüssen in den Canal abzuleiten; für die untere Au, deren Entwässerung im übrigen unverändert bleibt, wird also das Zuflußgebiet entsprechend verkleinert. Der untere, auf dem bisherigen Wege entwässernde Theil der Au liegt an der südlichen Seite des Canals und erstreckt sich aufwärts bis nach km 18,4, wo die Au zum erstenmale von dem Canal gekreuzt wird. Bei km 16, wo die Burgerau von der Holstenau abzweigt, befand sich vor der Canalanlage eine Schleuse, durch welche die Burgerau, der Hauptentwässerungsgraben der Burg-Kudenseer Niederung, gegen das Hochwasser der Holstenau in der Regel abgeschlossen wurde. Die Entwässerungsgenossenschaft der Niederung hatte nur dann, wenn das Hochwasser eine durch Statut festgestellte Höhe erreicht hatte, die Verpflichtung, die Schleuse für den Hochwasserabfluß so lange offen zu halten, bis der Wasserstand bis unter jene Höhe gefallen war. Die Schleuse diente außerdem der Schifffahrt und war deshalb als Kammer Schleuse eingerichtet. An Stelle dieser — der sogenannten Bebeker — Schleuse mußte in der Voraussicht, daß die Wasserstände im Kaiser Wilhelm-Canal zeitweise höher, zeitweise niedriger sein würden, als sie in der Burgerau gewesen waren, und daß auch die Wasserstände in der Holstenau infolge der Verkleinerung des Zuflußgebietes sich verändern würden, eine neue Schleuse vorgesehen werden. Durch diese fließt das Hochwasser der Holstenau, soweit es früher von der Burgerau aufgenommen werden mußte, in den Canal, sodafs die Burg-Kudenseer Niederung ganz davon entlastet ist. Die Abmessungen der Schleuse sind, entsprechend ihrer Bestimmung als Schifffahrtsschleuse zur Verbindung der Burgerau mit der Holstenau, dieselben, wie die der gegenüberliegenden Burgerauschleuse. — An der Kreuzungsstelle bei km 18,4 ist die Holstenau durch einen festen Damm gegen den Canal abgeschlossen.

Von km 18,4 bis 19 fällt die Holstenau in das Bett des Canals, sie bleibt dann an seiner Nordseite bis km 21 und wird dort zum zweitenmal geschnitten. Der zwischen km 19 und 21 liegende Theil der Au ist sowohl am unteren

wie am oberen Ende mit dem Canal verbunden. An dem unteren Ende durch ein 2,0 m weites Siel, am oberen Ende offen, in voller Querschnittsbreite. Das Siel dient zur Entwässerung der Au und der angrenzenden Ländereien; der obere Theil der Au, der offen in den Canal einmündet, ist bei einem in der Nähe der Mündung vorhandenen Lösch- und Ladeplatz abgedämmt und soll dazu dienen, diesen Lösch- und Ladeplatz vom Canal aus für kleine Schiffe zugänglich zu machen.

Im Gebiet der Holstenau waren ferner anzulegen: ein 2,7 m weiter Einlauf am südlichen Canalufer bei km 21,3, durch den das Wasser der an der Südseite des Canals abgeschnittenen Austrecke bis zur Kreuzung bei km 22,5, sowie der durch einen Parallelgraben in diese Austrecke hineingeleiteten Iselbeck abgeführt wird; und ein 2,0 m weiter Einlauf am nördlichen Canalufer bei km 22,6 zur Abführung des Wassers aus dem von der Holstenau abzweigenden Schafstedter Mühlenbach.

Alle diese Entwässerungswerke sind mit Staueinrichtungen versehen, durch welche das Wasser in den abgeschnittenen Flußläufen innerhalb gewisser Grenzen angestaut werden kann, um es zur Befruchtung der anliegenden Wiesen nutzbar zu machen.

Das Gebiet der Gieselau, welches, wie der Lageplan Abb. 2 Bl. 6 und 7 ersehen läßt, auf der Strecke von km 32 bis 41 von dem Canal durchschnitten wird, entwässerte bis zur Canalanlage durch die Hanerauer Schleuse auf die Eider. Bei der tiefen Lage der an dem unteren Lauf der Gieselau belegenen Wiesen im Vergleich zu den Wasserständen der Eider war die Entwässerung eine sehr mangelhafte, und das ganze Wiesenthal wurde oft, selbst im Sommer, vom Wasser überschwemmt. Durch den Canalbau wurde es ermöglicht, sowohl die Gieselau selbst — mit Ausnahme ihres unteren Theils, der zwischen dem Canal und der Eider liegen bleibt — wie alle Nebenzufüsse derselben in den Canal einzuführen und ihnen dadurch eine weit bessere Vorfluth zu verschaffen. In der Eider bei dem Ausfluß der Gieselau liegt das mittlere Hochwasser (gewöhnliche Fluth) auf + 20,80, das mittlere Niedrigwasser (gewöhnliche Ebbe) auf ungefähr + 19,70. In dem durch das Gebiet der Gieselau fließenden Theil des Kaiser Wilhelm-Canals schwanken die mittleren Wasserstände zwischen + 19,77 und + 19,40. Außerdem werden Hochfluthen von ähnlicher Höhe, wie solche auf der Eider vorkommen und die oft längere Zeit jeden Wasserabfluß aus der Gieselau verhindern, im Canal überhaupt nicht eintreten können, weil dieser gegen den Eintritt der Fluth sowohl an der Elbe, wie in seiner Verbindung mit der Eider durch Schleusen abgeschlossen ist.

Für die Einführung der Gieselau und ihrer Nebenzufüsse in den Canal wurden vorgesehen:

a) Ein 2,7 m weiter offener Einlaß am nördlichen Canalufer bei km 32, durch den das gesamte Hochwasser der oberen Gieselau in den Canal abfließen kann. Die Oeffnung kann durch Schützen nach Bedarf ganz oder theilweise abgeschlossen werden, wodurch die Möglichkeit gegeben ist, den unteren Wiesen Bewässerungswasser zuzuleiten.

b) Ein Parallelgraben von dem Einlaß bei km 32 bis zum Einlaß des Bunscher Baches bei km 34,5. Dieser Graben ist so bemessen, daß er eine Hochwassermenge von 2 cbm in der Secunde zur Bewässerung der unteren Wiesen weiter zu leiten vermag. Größere Hochwassermengen müssen durch den Einlauf bei km 32 in den Canal abgeleitet werden. In diesen Graben sind zur Regelung der Wasserzuleitung nach den einzelnen Wiesen Stauwehre eingebaut worden, als Er-

satz für gleiche Einrichtungen, die in dem in das Canalbett gefallenem Theil der Gieselau früher vorhanden waren.

c) Ein Doppelröhren-Siel von 80 cm Weite am nördlichen Canalufer bei km 34,5, neben der Fischerhütter Fähre, zur Einleitung des Bunscher Baches, sowie zur Ableitung des unter 2 erwähnten Wassers zur Bewässerung der Wiesen. Die Abflußöffnung kann nach Bedarf ganz oder theilweise abgeschlossen werden, um auch den unterhalb der Fähre liegenden Wiesen Bewässerungswasser zuzuleiten.

d) Ein Parallelgraben von dem eben genannten Einlauf bis zum Einlauf der Querenbek bei km 36,6, unter theilweiser Beibehaltung des alten Gieselaulaufes, sowie unter Kreuzung des Fischerhütter Fährweges mittels eines aus zwei Röhren von je 60 cm Weite bestehenden und mit Verschlussvorrichtung versehenen Siels.

e) Ein 2,0 m weiter offener Einlaß im nördlichen Canalufer bei km 36,6 zur Einleitung der Querenbek, sowie zur Ableitung des Bewässerungswassers.

f) An der Südseite des Canals ein Parallelgraben von km 32,1 bis 36,65, der bei km 32,1 den Beldorfer Bach, bei km 33,4 den Steenfelder Bach aufnimmt und, die von der Bauverwaltung erworbenen Ablagerungsflächen umgrenzend, bei km 36,65 in das alte Gieselaubett ausmündet. Er dient zugleich zur Ableitung des Wassers aus den vorgedachten beiden Bächen und zur Rückleitung von Stauwasser, welches dem alten Gieselaubett durch Benutzung der unter 7 beschriebenen Stauschleuse von der Hanerau zugeführt werden kann.

g) Eine 2,5 m weite offene Stauschleuse am südlichen Canalufer bei km 38,45 zur Einführung der einen Nebenfluß der Gieselau bildenden Hanerau. Dieser Schleuse wird auch sämtliches Wasser aus den an der Südseite des Canals abgeschnittenen Theilen des Gieselauthales und aus den Wiesen östlich von der Hanerau bis km 39,5 zugeführt. Sie ist mit einer Schützvorrichtung versehen, durch die eine Anstauung des Wassers in den hinter der Schleuse liegenden Wasserläufen und eine Bewässerung der angrenzenden Wiesen herbeigeführt werden kann.

Gegen das Hochwasser der Eider wird der Canal und der südlich von ihm belegene Theil des Gieselauthales durch den am nördlichen Canalufer von km 38,1 bis zum Reitmoor sich erstreckenden Deich abgeschlossen. Der zwischen diesem Deich und der Eider liegende Theil des Gieselauthales kann nach wie vor durch die Hanerauer Schleuse entwässern, und zwar besser als bisher. Denn einestheils können die vielen Ueberschwemmungen, die durch das von der Geest zufließende Oberwasser herbeigeführt wurden, künftig nicht mehr eintreten, weil dieses Wasser sämtlich auf den Kaiser Wilhelm-Canal abgeleitet wird, und ferner wird die durch den Canalbau herbeigeführte Verkleinerung des Zuflußgebietes der Eider die Wirkung haben, daß das Niedrigwasser der Eider in der Regel etwas tiefer abfällt als bisher, und daß also die auf die Eider abwässernden Niederungen eine bessere Vorfluth erhalten. Auf besonderen Wunsch der betreffenden Genossenschaft hat diese Niederung außerdem noch durch ein bei km 39,7 in den Canaldeich eingelegtes Klappsiel einen Abfluß nach dem Kaiser Wilhelm-Canal erhalten, wodurch eine weitere sehr wesentliche Verbesserung in der Entwässerung herbeigeführt worden ist.

Das Wiesenthal der Haalerau, km 43,5 bis 48 (s. den Lageplan, Abb. 3 Bl. 6 und 7), ist ebenso wie das der Gieselau gegen die Eider eingedeicht und wird von dem Canal derartig durchschnitten, daß der südlich verbleibende Theil auf dem bisherigen Wege nicht mehr entwässern kann. Vor der Canalanlage wurde das Wasser der Haalerau durch zwei in den Eiderdeich eingebaute Schleusen in die Eider

abgeführt. Eine der beiden Schleusen ist so eingerichtet, daß sie zur Ebbezeit, wenn der Wasserstand in der Eider bis unter den Wasserstand in der Haalerau abgefallen ist und die Thore durch das von der Niederung ausströmende Wasser geöffnet sind, von Prämen und kleineren Schiffen mit niedergelegten Masten durchfahren werden kann. Für solche Fahrzeuge ist die Haalerau bis auf etwa 4 km oberhalb der Stelle, wo sie von dem Kaiser Wilhelm-Canal gekreuzt wird, schiffbar.

Die Entwässerung des nördlich vom Canal verbleibenden Theils der Niederung kann nach wie vor durch die Eiderschleusen erfolgen, sie wird aber in ganz ähnlicher Weise, wie der nördliche Theil des Gieselauthales, durch die Canalanlage insofern günstig beeinflusst, als erstlich die starken Oberwasserzuflüsse, die unter den bisherigen Verhältnissen oft sehr nachtheilige Ueberschwemmungen herbeiführten, künftig in den Canal abgeleitet werden und in den nördlichen Theil der Niederung nicht mehr eintreten können, und als ferner die Vorfluth nach der Eider hin verbessert wird. Für die Entwässerung des südlichen Theils wurde bei km 43,9 ein offener Durchlaß von 6 m Weite mit Fluth- und Stauthoren vorgesehen, durch den die Haalerau in den Canal eingeführt wird. Die Fluththore haben den Zweck, das Wiesenthal, in welchem die niedrigsten Ländereien nur etwa 30 cm über Mittelwasser im Canal liegen, gegen höhere Canalwasserstände abzuschließen; durch die Stauthore soll die Möglichkeit geschaffen werden, das Wasser in der Niederung zur Herbst- und Winterzeit, wenn es zur Befruchtung der Wiesen für zweckmäßig erachtet wird, bis zu einer bestimmten Höhe anzustauen. Durch die 6 m weite Schleuse kann auch die Schifffahrt auf dem abgeschnittenen Theil der Haalerau aufrecht erhalten werden. Daß die Schiffe durch die neue Schleuse in den Canal gelangen und nicht mehr auf dem früheren Wege in die Eider kommen können, ist kein Nachtheil und auch von keiner Seite als nachtheilig bezeichnet worden.

Auf der Strecke von km 46 bis zum Meckelsee fällt ein Nebenfluß der Haalerau, die durch den Meckelsee fließende Haarbek, in das Canalbett und mußte zur Durchführung des früher erwähnten, am südlichen Canalufer herzustellenden Schutzdeiches an zwei Stellen abgedämmt werden. Um die dadurch unterbrochene Verbindung des Sees und der in den See einmündenden Wasserläufe mit der Haalerau wieder herzustellen, mußte die Haarbek auf der gedachten Strecke verlegt und hinter dem Schutzdeich ein neues Flußbett ausgehoben werden.

Die Wiesen an der Luhnau und Jovenau, km 49 bis 54 des Lageplans Abb. 3 Bl. 6 und 7, liegen im Fluthgebiet der Eider. Sie waren vor der Canalanlage bis auf einige wenige Grundstücke unbedeicht und bei ihrer sehr niedrigen Lage häufigen Ueberschwemmungen durch die Hochfluthen der Eider ausgesetzt. Dies war insofern nachtheilig, als dadurch das Einbringen der Ernte oft sehr erschwert und gefährdet und nicht selten der ganze Ertrag der Wiesen weggeschwemmt wurde. Durch die Canalanlage wurde der südliche Theil dieser Wiesenfläche von dem Fluthgebiet der Eider abgeschnitten und somit den Ueberschwemmungen durch Eiderwasser entzogen. Auch die Vorfluthverhältnisse wurden dadurch, daß der Canal an Stelle der Eider das Sammelbecken wurde, an das die Wiesen ihr Wasser abzugeben hatten, wesentlich verbessert. Die Bauverwaltung hatte hier nur die Aufgabe, den Wiesen durch geeignete Bewässerungsanlagen Ersatz dafür zu schaffen, daß die unter Umständen nützlichen Wirkungen der Eiderfluthen für sie in Wegfall gekommen waren. Zu diesem Zweck wurden zur Einführung der beiden Flußläufe in den Canal Stau-

schleusen vorgesehen, für die Luhnau von 2 m und für die Jevenau von 5,5 m Weite, die es ermöglichen, das von oben zufließende Wasser zurückzuhalten und die Wiesen bis zu einer bestimmten Höhe damit zu überstauen. — Die nördlich vom Canal belegenen unteren Strecken der Luhnau und Jevenau bleiben mit dem Flußlauf der Eider in offener Verbindung, und die an denselben belegenen Wiesenflächen sind daher hinsichtlich ihrer Ent- und Bewässerung nach wie vor von den Fluthbewegungen der Eider abhängig.

Bei der in der Nähe der Stadt Rendsburg bei km 61 von dem Canal durchschnittenen Wehrau (s. den Lageplan Abb. 1 Bl. 8) liegen die Verhältnisse ganz ähnlich, wie bei der Luhnau und Jevenau. Auch hier wurde zur Ent- und Bewässerung der Wiesen südlich vom Canal eine 2 m weite, in den Lauf der Wehrau einzulegende Stauschleuse vorgesehen, die nach Bedarf ganz oder theilweise geöffnet und geschlossen werden kann. An der Nordseite des Canals wurde im Anschluß an das Canalufer eine Beschüttung der Wehrawiesen mit Aushubboden in solcher Höhe in Aussicht genommen, daß die höchsten Sturmfluthen der Eider nicht übertreten können. Die Erdaufschüttung vertritt also hier die Stelle der in den vorerwähnten Wiesenthälern vorgesehenen hochwasserfreien Deiche. In den weiter zurückliegenden nicht beschütteten Wehrawiesen bleiben die Entwässerungsverhältnisse unverändert.

An der östlichen Canalstrecke von den Obereiderseen bis zur Einmündung in den Kieler Hafen waren die durch den Bau veranlaßten Ent- und Bewässerungseinrichtungen, abgesehen von den schon früher erwähnten Stauanlagen im Flemhuder See, von geringer Bedeutung. Die vom Canal durchschnittenen Ländereien liegen hier überall so hoch, daß ihre Entwässerung keinerlei Schwierigkeiten macht, und besondere Anlagen zur Bewässerung waren vor Beginn des Baues nirgends vorhanden. Es war daher nur nöthig, die vorhandenen Flußläufe und Bäche derartig in den Canal einzuführen, daß die Böschungen davon nicht beschädigt werden. In einzelnen Fällen, wo es möglich war, durch die zur Einführung der Wasserläufe in den Canal bestimmten Bauwerke Verbesserungen für die anliegenden Grundstücke herbeizuführen, wurde den Wünschen der beteiligten Besitzer thunlichst Rechnung getragen.

6. Schifffahrts-Anlagen für die vom Canal unmittelbar berührten Bezirke und Hafenplätze. Eine ganze Reihe von Neuanlagen erforderte die Rücksicht auf die Kleinschifffahrt, die vor der Canalanlage auf den davon berührten oder infolge des Baues gänzlich eingegangenen Wasserstraßen betrieben wurde. Für mehrere dieser Wasserstraßen mußten, um ihre Schiffbarkeit zu erhalten, schiffbare Verbindungen mit dem Kaiser Wilhelm-Canal hergestellt werden. Für andere, die infolge der Canalanlage ganz oder theilweise eingingen, konnte zwar der Canal selbst an die Stelle treten, es wurde aber dann nothwendig, als Ersatz für die an den eingegangenen Wasserstraßen vorhandenen Lösch- und Ladestellen ähnliche Anlagen an dem Canal wieder einzurichten.

Verhältnismäßig bedeutende Anlagen dieser Art waren im Gebiet der Burg-Kudenseer Niederung und der Holstenau erforderlich. Im vorigen Abschnitt wurde schon bei der Beschreibung der Entwässerungswerke für diese Niederungen erwähnt, daß die bei km 16 herzustellenden Schleusen, die Burgerauschleuse an der Nordseite und die Holstenauschleuse an der Südseite des Canals, im Interesse der Schifffahrt als Kammerschleusen eingerichtet werden mußten, und daß das bei km 6,6 zu erbauende Siel, um es für die Schifffahrt nutzbar zu machen, erweitert werden mußte. Es war aber außerdem und zwar lediglich für die Schifffahrt eine Schleuse

anzulegen, um den bei km 6,6 von der Burgerau abgeschnittenen Bütteler Canal (s. den Lageplan Abb. 1 Bl. 6 und 7), durch den die ganze Burg-Kudenseer Niederung bisher nach der Elbe entwässert hatte, mit dem Kaiser Wilhelm-Canal zu verbinden. Für die Entwässerung war diese Verbindung nicht nöthig, weil das Wasser aus dem Bütteler Canal nach wie vor durch die Schleusen bei Büttel in die Elbe abgeführt wird. Aber an diesem Canal, besonders im Dorfe Kudensee, sind viele kleine Fahrzeuge beheimathet, deren Verkehrsgebiet sich nicht über die angrenzende Niederung und die damit in Verbindung stehenden Binnengewässer — die Holstenau und Wilsterau — hinaus erstreckt. Für diese wurde an der Stelle, wo der Bütteler Canal von dem Kaiser Wilhelm-Canal abzweigt, eine Sperrschleuse angelegt, mit nur einem Thorpaar, welches den erstere gegen höhere Wasserstände in dem letzteren abschließt und sich öffnet, wenn zur Ebbezeit die beiderseitigen Wasserstände sich ausgleichend haben. Um gegebenenfalls auch größere Schiffe durchlassen zu können, ist für die Schleuse dieselbe Weite festgesetzt worden, wie für die beiden Kammerschleusen in der Burgerau und der Holstenau.

Die Holstenau hatte vor der Canalanlage folgende zur allgemeinen Benutzung ausgelegte Lösch- und Ladeplätze: bei Hochdonn an der Landstraße Itzehoe-Meldorf, bei Dükerswisch für die umliegenden (Ditmarsischen) Ortschaften und bei Steinhude, km 21 des Lageplans Abb. 1 Bl. 6 und 7, für die umliegenden Dörfer des Kreises Rendsburg. Der erste dieser Lösch- und Ladeplätze wurde von der Canalanlage nicht eigentlich berührt, aber die nördlich belegenen Ortschaften wurden durch den Canal von der Ladestelle abgeschnitten, und Landfuhrwerke konnten deshalb von dieser Seite her nur noch über die in der Landstraße anzulegende Fähre dorthin gelangen. Um die für die An- und Abfuhr der Güter hieraus sich ergebende Erschwerung abzuwenden, wurde an der Nordseite des Canals und im unmittelbaren Anschluß an die Landstraße eine neue, von kleineren Fahrzeugen zu benutzende Lösch- und Ladestelle angelegt und für den öffentlichen Verkehr frei gegeben. Diese Anlage ist später auf Antrag und Kosten der Gemeinde Süderhastedt noch erweitert worden. Die zweite der vorgenannten Ladestellen ist, wie im vorigen Abschnitt schon erwähnt wurde, mit dem Canal in offener Verbindung geblieben. Um sie vom Canal aus für solche Schiffe, die bisher dort verkehrt hatten, zugänglich zu machen, mußte das alte Aubett um ungefähr 1 m vertieft werden. An Stelle des Lösch- und Ladeplatzes bei Steinhude wurde, dem Wunsche der beteiligten Gemeinden entsprechend, neben der Fähre bei Hohenhörn, km 22,90, eine neue ähnliche Anlage durch einfache Verbreiterung des Banketts am südlichen Canalufer hergestellt.

An der Gieselau bestanden früher zwei Lösch- und Ladeplätze, der eine bei Bockhorst, der andere bei Oldenbüttel, die bei dem mangelhaften Zustande des Fahrwassers beide nur wenig benutzt wurden. Als Ersatz für den erstere wurde auf Wunsch der beteiligten Gemeinde eine zum Anlegen kleiner Fahrzeuge geeignete Verbreiterung des Canalbanketts bei der Fähre von Fischerhütte, km 34,50, an Stelle des zweiten ein neuer Lösch- und Ladeplatz in Form einer Einbuchtung am südlichen Canalufer bei Oldenbüttel vorgesehen. Beide sind in dem Lageplan, Abb. 2 Bl. 6 u. 7, angedeutet.

Für die Schifffahrt auf der Haalerau waren besondere Einrichtungen nicht erforderlich. Der Theil der Au nördlich vom Canal kann nach wie vor von der Eider aus durch die Bastenberger Schleuse befahren werden, der südliche Theil ist durch die neue Entwässerungsschleuse vom Canal aus zugänglich.

An der Luhnau wurde als Ersatz für die der Gemeinde Breiholz gehörige Ladestelle, welche bei km 49,4 in den Canalquerschnitt fiel, eine neue Ladestelle am südlichen Canalufer vorgesehen und so bemessen, daß sie von denselben Fahrzeugen, die früher dort verkehrt hatten, bequem benutzt werden konnte. Als mit der Ausführung vorgegangen werden sollte, wurde indes seitens der Rendsburger Kreisvertretung der Wunsch ausgesprochen, es möge sowohl dieser, als verschiedene andere den Kreis Rendsburg berührende Lösch- und Ladeplätze mit Rücksicht auf ihre wirtschaftliche Bedeutung für das Hinterland in größeren Dimensionen hergestellt werden. Die für diesen Zweck erforderlichen Geldmittel hatte der Kreistag im voraus bewilligt. Hiernach wurde für die Lösch- und Ladestelle an der Luhnau ein neuer Entwurf bearbeitet und zur Ausführung gebracht, der das Anlegen von Schiffen bis zu 75 m Länge und 5 m Tiefgang gestattet. Die Baukosten wurden auf 65 000 \mathcal{M} veranschlagt, 53 000 \mathcal{M} höher als nach dem Plan, welcher der vorhandenen Anlage entsprechend aufgestellt und zu dessen Ausführung die Canalbauverwaltung verpflichtet war. Für den Kreis Rendsburg erwuchs daraus die Verpflichtung, die Mehrkosten im Betrage von 53 000 \mathcal{M} zu übernehmen und zu den Unterhaltungskosten der vergrößerten Anlage einen Antheil von $\frac{53}{65}$ dauernd beizutragen. In ähnlicher Weise und nach den gleichen Grundsätzen in betreff der Kostenvertheilung wurde auf Antrag der Rendsburger Kreisvertretung auch eine Vergrößerung der Lösch- und Ladeplätze bei Hohenhörn und Fischerhütte vorgenommen.

Die Jevenau war vor der Anlage des Canals bis auf ungefähr 600 m oberhalb der Kreuzungsstelle schiffbar und wurde zur Zeit der Heuernte von der Eider aus mit kleinen Fahrzeugen befahren. Um die 600 m lange Strecke, die durch den Canal von der Eider abgeschnitten wurde, schiffbar zu erhalten, mußte sie um ungefähr 1 m vertieft werden. Dieses Maß ergibt sich daraus, daß das mittlere Hochwasser der Eider, das früher bei jeder Tide in die Jevenau eintrat, auf + 20,80 liegt, während das für den jetzigen Wasserstand in dem südlichen Theil der Au maßgebende mittlere Hochwasser im Canal nur die Höhe von + 19,77 hat. Die in die Jevenau bei ihrer Einmündung in den Canal einzulegende Schleuse mußte schon aus Rücksicht auf die Entwässerung so weit und so tief angelegt werden, daß ihre Abmessungen für die Durchfahrt der erwähnten kleinen Fahrzeuge völlig ausreichen.

Bei km 58 mußte eine kleine Hafenanlage für die Dorfschaft Westerrönfeld in Form einer Ausbuchtung am südlichen Canalufer angelegt werden, als Ersatz dafür, daß das Dorf durch den Canal von der Eider abgeschnitten worden ist und eine dort vorhandene Lösch- und Ladestelle nicht mehr benutzen kann.

Die Hafenanlagen in und bei der Stadt Rendsburg sollten nach den diesseitigen Vorschlägen von der Canalanlage möglichst wenig berührt werden. Nachdem die vielen Einwendungen, die von Seiten der Stadtvertretung und von städtischen Gewerbetreibenden gegen den ersten Canalentwurf erhoben worden waren, eine Verlegung der Linie von der Nordseite nach der Südseite der Stadt und somit für diesen Theil des Canals die Aufstellung eines ganz neuen Entwurfs veranlaßt hatten, wurde dieser Entwurf so gestaltet, daß danach die Rendsburger Hafenanlagen ganz in der bisherigen Weise, und ohne daß Veränderungen daran nothwendig wurden, benutzt werden konnten. Auch ihre Verbindung mit der Untereider und ihre Zugänglichkeit von dieser Seite her blieb ganz unverändert. Um in der Obereider den bisherigen Wasserstand zu erhalten, sollte sie bei der Düngersfabrik in der sogenannten Enge an der in dem Lageplan

Abb. 1 Bl. 8 mit *a* bezeichneten Stelle, gegen den Audorfer und Schirnauer See, deren Wasserstand infolge der Durchführung des Kaiser Wilhelm-Canals gesenkt werden mußte, abgedämmt und durch Zuleitung von Wasser aus dem Wittensee gespeist werden. Für diese Wasserzuleitung war ein offener Graben in Aussicht genommen, der von der Schirnauer Mühle bis zu der eben erwähnten Abdämmung an dem nördlichen Ufer des Schirnauer und Audorfer Sees entlang geführt werden sollte. Es wurde nachgewiesen, daß die aus dem Wittensee in die Obereider abfließende Wassermenge ausreichend sein werde, nicht nur für die Rendsburger Schleuse das zur Aufrechthaltung der Schifffahrt nöthige Betriebswasser zu liefern, sondern auch die Stadt mit Trink- und Spülwasser zu versorgen. Für den Schifffahrtsverkehr zwischen Rendsburg und der Ostsee sollte an die Stelle des derzeitigen Eidercanals der Kaiser Wilhelm-Canal treten, welcher durch die bei Westerrönfeld zu erbauende, in dem Lageplan Abb. 1 Bl. 8 bei *b* angedeutete Schleuse mit der Untereider verbunden und also auch von den Rendsburger Hafenplätzen aus vermittelt dieser Schleuse zugänglich gemacht werden sollte.

Als diese Vorschläge zur landespolizeilichen Prüfung vorgelegt wurden, zeigte es sich, daß die Stadt Rendsburg, wie schon früher erwähnt, auf die unveränderte Erhaltung ihrer Hafenanlagen und des Wasserstandes in der Obereider keinen so großen Werth legte, als nach den früheren Verhandlungen angenommen werden mußte. Die Stadt hielt jetzt die unmittelbare Verbindung ihrer Hafenanlagen mit dem Kaiser Wilhelm-Canal für wünschenswerther, und deshalb wurde der vorbeschriebene Entwurf nach wiederholten Verhandlungen dahin umgeändert, daß der zur Erhaltung des Wasserstandes in der Obereider vorgesehene Damm nicht ausgeführt und die bei Westerrönfeld vorgesehene Schleuse zur Verbindung des Canals mit der Untereider nach Rendsburg verlegt wurde. Mit der Stadt wurde ein Vertrag abgeschlossen, wonach ihr als Entschädigung für die Senkung des Wasserstandes in der Obereider und die daraus sich ergebende Nothwendigkeit, für die Stadt eine neue Trinkwasserleitung und ein neues Sielsystem zur Abführung der Abwässer einzurichten, sowie für Uebernahme der Verpflichtung, gewisse aus der Senkung des Wasserspiegels in der Obereider herzuleitende Entschädigungsansprüche der Bauverwaltung von der Hand zu halten, ein Betrag von 300 000 \mathcal{M} gezahlt werden mußte.

Die Rendsburger Hafenanlagen sind Eigenthum des preussischen Fiskus. Die Canalverwaltung konnte nur verpflichtet werden, die durch die Senkung des Obereiderwasserstandes unbrauchbar werdenden Anlagen durch andere von gleicher Art und gleichem Umfange zu ersetzen. Den Wünschen der Stadt entsprechend wurde indes von der Königlichen preuss. Regierung beschlossen, die in Anlaß des Canalbaues herzustellenden neuen Hafenanlagen nicht nur für die bisherige Schifffahrt, sondern auch für den Verkehr von größeren Schiffen bis zu 5 m Tiefgang einzurichten. Deshalb wurde zwischen der Regierung und der Canalverwaltung eine Vereinbarung getroffen, wonach letztere sich verpflichtete, zu den Kosten der vergrößerten Anlage einen Beitrag in Höhe der Summe zu zahlen, die von ihr für die Ausführung der Ersatzanlagen aufzuwenden gewesen wären; von der Verpflichtung, solche Ersatzanlagen zu schaffen, wurde sie dagegen entbunden.

An der Canalstrecke von den Obereiderseen bis zum Kieler Hafen mußten noch als Ersatz für Anlagen, die am alten Eidercanal vorhanden waren, an vielen Stellen Lösch- und Ladeplätze vorgesehen werden. Soweit diese unmittelbar am Canal belegen sind, wurden sie als Ausbuchtungen

in den Ufern hergestellt. Am Flemhuder See, wo drei davon anzulegen waren, erhielten sie die Form von Ladebrücken, die über die neuen Uferböschungen des tiefer gelegten und verkleinerten Sees vorgebaut wurden. An Stelle von zwei größeren Hafentplätzen an der Mündung des alten Eidercanals, die schon unter den früheren Verhältnissen einen erheblichen Verkehr aufzuweisen hatten, wurden am Binnenhafen und Vorhafen bei der Holtenauer Schleuse massive Kaimauern aufgeführt und so eingerichtet, daß selbst Schiffe von größerem Tiefgang — im Vorhafen bis 4,5 m, im Binnenhafen bis 6,5 m — bequem dort löschen und laden können.

Außer den vorstehend beschriebenen Anlagen, die, soweit sie als Ersatz für früher vorhandene und durch den Canalbau wegfällig oder unbrauchbar gewordene gleichartige Anlagen anzusehen waren, zu Lasten des Canalbaufonds hergestellt werden mußten, sind noch mehrere Lösch- und Ladeplätze auf besonderen Antrag und für Rechnung von einzelnen Grundbesitzern oder anliegenden Gemeinden zur Ausführung gekommen. Die bedeutendsten hiervon sind ein von der Gemeinde Burg hergestellter Lösch- und Ladeplatz am nördlichen Canalufer bei der Burger Fähre und ein für Schiffe bis zu 5 m Tiefgang benutzbarer Hafentplatz südlich von der Stadt Rendsburg bei km 61. Letzterer ist für Rechnung des Kreises Rendsburg mit einem Kostenaufwand von 220 000 \mathcal{M} hergestellt worden.

7. Erdablagerungsplätze, Schutz- und Grenzstreifen. Bei dem Grunderwerb für den Canal mußte zugleich auf den Erwerb solcher Flächen Bedacht genommen werden, die zur Ablagerung der ausgeschachteten Bodenmassen passend verwendbar waren. In erster Linie wurden dafür die von verschiedenen Feldmarken oder Gutsbezirken abgeschnittenen Gebietstheile ins Auge gefaßt, die infolge der Abtrennung von den Eigentümern nicht mehr in der bisherigen Weise bewirtschaftet werden konnten und daher ohnehin von der Bauverwaltung angekauft werden mußten. Diese abgeschnittenen Grundstücke bildeten an manchen Stellen so große zusammenhängende Flächen, daß sie zur Aufnahme der in den anliegenden Canalstrecken auszuschachtenden Bodenmassen mehr als ausreichend waren.

Eine Reihe derartiger größerer Abschnitte ist aus dem Lageplan Abb. 1 Bl. 6 und 7, wo die mit den Feldmarkgrenzen zusammenfallende Kreisgrenze durch Schraffirung angedeutet ist, zu ersehen. Hiernach wurden abgeschnitten und mußten angekauft werden:

Von der Feldmark Blangenmoor, km 3,9 bis 5,5 an der Südseite des Canals, 85 ha.

Von den Feldmarken Kuden, Buchholz und Burg, km 7,8 bis 13,6, der lange schmale Streifen zwischen dem Canal und der Kreisgrenze, rund 60 ha.

Zwischen dem Canal und der Holstenau, an der Nordseite von km 19 bis 21, rund 120 ha, und an der Südseite von km 21 bis 22,5, rund 40 ha.

Aehnliche, zum Theil noch erheblich größere Abschnitte mußten auch auf den übrigen Canalstrecken übernommen werden, darunter eine zusammenhängende Fläche, die von den Feldmarken Groß- und Klein-Bornholt km 23,5 bis 29,4 abgeschnitten wurde, von 390 ha. Ganz angekauft wurde das von km 93,7 bis 96,3 in sehr ungünstiger Weise durchschnitten Gut Projensdorf mit einer Gesamt-Bodenfläche von 326 ha, wovon kaum der zehnte Theil zu dem Canal und seinen Nebenanlagen erforderlich war.

So wurden an größeren Abschnitten erworben und standen zur Erdablagerung zur Verfügung im ganzen rund 1460 ha. Dazu kommen noch viele kleinere Abschnitte, die zum Theil ebenfalls als Ablagerungsflächen passend benutzt werden

konnten. Wo zur Erdablagerung Flächen besonders angekauft werden mußten, wurden dazu, soweit möglich, minderwerthige Grundstücke ausgewählt, wie das fiscalische Reitmoor, km 41 bis 43,9, die Dünen bei Rüterbergen, km 54 bis 55, der Meckelsee, der Saatsee und der Flemhuder See. Von den an der Canal-mündung bei Brunsbüttel auszuschachtenden Bodenmassen wurde ein Theil zur Aufhöhung des Geländes zu beiden Seiten der Schleuse und des Vorhafens verwandt, der Rest mittels Klappschuten nach dem jenseitigen Elbufer abgefahren und dort außerhalb des Fahrwassers verschüttet. Ein großer Theil der an der östlichen Canal-mündung auszuhebenden Massen wurde theils mit Genehmigung, theils auf Antrag der Marine-Verwaltung am westlichen Ufer des Kieler Hafens abgelagert, ein weiterer Theil nach den Buchten außerhalb Bülk und Laboe abgefahren.

An beiden Seiten des Canals wurden Schutz- und Grenzstreifen vorgesehen und zwar je nach der Bodenbeschaffenheit von verschiedener Breite. In den moorigen Niederungen, wo zur Befestigung der Canalufer Sanddämme geschüttet werden mußten und wo infolge dessen ein starker Auftrieb der Bodenflächen nicht nur zwischen den Dämmen, sondern auch nach den Aufsenseiten hin zu erwarten war, wurden Schutzstreifen bis zu 30 m Breite ausgelegt. An der Südseite des Canals wurde der Schutz- und Grenzstreifen überall so breit angenommen, daß der Canal nöthigenfalls um 6 m verbreitert werden kann, ohne daß neue Landankäufe nöthig werden.

Hiermit ist die Aufzählung und allgemeine Beschreibung derjenigen Anlagen, über die gleich anfangs bei der Aufstellung und Prüfung der Lage- und Höhenpläne nähere Bestimmungen getroffen werden mußten, zu Ende. Es fehlen darin nur noch die für den Betrieb des Canals erforderlichen und daher vor Abschluß des Baues ebenfalls zu beschaffenden Werkstatt-, Beleuchtungs-, Telegraphen- und Fernsprechanlagen, sowie die Betriebsfahrzeuge. Diese Beschaffungen waren vorerst nicht eilig, und außerdem erschien es zweckmäßig, mit der Aufstellung der betreffenden Entwürfe zu warten, bis über die Einrichtungen des Betriebes feste Bestimmungen getroffen sein würden. An Betriebsfahrzeugen wurden zunächst außer den Dienstfahrzeugen für die Beamten nur zwei Bagger mit den zugehörigen Prähmen angeschafft, weil diese auch schon bei dem Baue passend Verwendung finden konnten. In betreff der Beleuchtungsanlagen kam noch besonders in Betracht, daß die Technik gerade in den ersten Baujahren mit Erfolg bemüht war, auf diesem Gebiete Fortschritte zu machen; ein Umstand, der für sich allein Grund genug war und es geradezu geboten erscheinen ließ, die Aufstellung der Entwürfe für diese erst am Schluß des Baues auszuführenden Anlagen möglichst lange hinauszuschieben.

f) Kostenanschläge.

Nachdem die Lage- und Höhenpläne und die Normal-Querschnitte des Canals festgestellt und genehmigt waren, konnten danach die Flächenberechnungen für den Grunderwerb und die Massenberechnungen für den Verding der Erd- und Böschungsarbeiten in kurzer Zeit aufgestellt werden. Für die Aufstellung eines zuverlässigen Kostenanschlages aber waren diese Unterlagen nicht ausreichend. Denn abgesehen davon, daß für die Schleusen, Häfen, Brücken, Fähren und alle wichtigeren Nebenanlagen des Canals noch besondere Bauentwürfe aufgestellt werden mußten, würde es auch gewagt gewesen sein, in betreff des Grunderwerbs und der Erd- und Böschungsarbeiten eine Veranschlagung der Kosten vorzunehmen, bevor über die zu zahlenden Preise einige Sicherheit gewonnen war. Denn Bauten ähnlicher Art und von ähnlichem Umfange, nach denen diese Preise hätten

Arbeitsplan für den Bau des Kaiser Wilhelm-Canals.

Baumt. Bauhah- lung	Capital des Kosten- an- schlags	Auszuführende Arbeiten im Baujahre					Bemerkungen.	
		1890/91	1891/92	1892/93	1893/94	1894/95		
Baumt. I	1	Grunderwerb beendigt.	—	—	—	—	—	
	2	Zur Herstellung des Canal- querschnitts und der Häfen sind im ganzen zu fördern: Vorhaben 521000 Binnenhafen . . . 1068000 Los I 1455000 3044000 Davon sind bis Ende des Baujahres ausgehoben: im Los I 150000 Noch zu leisten 2894000 Ein Dampfbooger mit zuge- hörigen Prälimen zur Aus- baggerung des Vorhafens ist beschafft.	In Los I (km 1,25 bis 3,87) sind zu fördern: 800000 cbm. Beginn des Erdaus- hubs im Binnenhafen.	Beendigung des Erd- aushubs im Los I 505000 cbm. Fortsetzung des Erdaus- hubs im Binnenhafen.	Im August 1892 Be- ginn der Baggerung im Vorhafen. Fortsetzung und u. U. Beendigung des Erdaus- hubs im Binnenhafen. Falls sich in den unter- ren Schichten ein starker Wasserzutritt zeigt, sind die letzten 2—3 m Tiefe erst im Jahre 1894 anzuhoben.	Fortsetzung der Bagger- arbeiten im Vorhafen.	Abtragung des Elb- deiches und Anshub des oberen Bodens der Vor- hafenstrecke zwischen dem Deich und dem Schleusen. Beendigung der Baggerarbeiten im Vorhafen.	zu 1892/93. Der Ver- ding der Thore und Be- wegungsvorrichtungen kann unmittelbar nach Abschluss der Entwürfe erfolgen. Im Jahre 1893/94 sind u. U. auch die Strom- correctionen zur Aus- führung zu bringen, und die Anlage des Betriebs- hafens nebst Slips recht- zeitig zu vollenden.
	3	Die Arbeiten zur Befesti- gung der Ufer und Bis- schungen haben noch nicht begonnen.	—	Ausführung der Stein- höschungen im Los I und Bekleid. der über Wasser liegenden Böschnungen mit Rasen oder Mutterboden.	—	—	—	—
	4	Schleusenbauarbeiten bis Ord. + 14,0 ausgehoben. Eine Lösch- und Lade- brücke nebst Kettenbahn zur Förderung von Bau- materialien eingerichtet. Ein Theil der Baumate- rialien für die Schleusen und Molten beschafft. Die Lieferung von 50 Mil- lionen Ziegelsteinen ist ver- tragsmäßig gesichert.	Fortsetzung des Erd- aushubs in der Schleusen- bauarbeit. — Rahmen der Spundwände. — Her- stellung der Betonschüt- tung für die beiden Seitenmauern und die Mittelmauer zur Hälfte. — Beginn der Ramm- arbeiten zur Herstellung der Molten des Vorhafens.	Beendigung der Beton- schüttung für die Seiten- mauern und die Mittel- mauer. Herstellung der Hälfte des aufgehenden Mauer- werks. Beginn der Be- tonierung der Böden. Fort- setzung der Moltenbau- arbeiten. Beginn der Ramm- arbeiten zur Gründung der Mauern am Binnen- hafen.	Herstellung der zweiten Hälfte des aufgehenden Mauerwerks der Schlie- sen. — Vollendung der Schleusenböden. Verling der Thore und Bewe- gungsvorrichtungen. — Vollendung der Molten im Uferhafen. Beginn der Rammarbeiten für die Ufermauern des Vor- hafens. Fortsetzung der Rammarbeiten am Bin- nenhafen. Herstellung der Dalben und Leitwerke des Binnenhafens.	Anfertigung und Ein- bringen der Thore und der Bewegungsvorrichtungen, der Schützen u. der Ver- holspille. Beginn der Mauerarbeiten zu den Molten u. Ufermauern des Vor- und Binnenhafens. Beendigung der Ramm- arbeiten am Binnenhafen. Beginn der Arbeiten zur Herstellung der Dalben und Leitwerke des Vor- hafens, sowie zur Regu- lierung der Baustelle usw. und der Bauhofsanlagen.	Vollendung der Molten und der Ufermauern des Vor- und Binnenhafens, desgl. der Dalben und Leitwerke des Vorhafens. — Bau der Anlagen zum Befestigen, sowie zum Ert- und Beladen der Fahrzeuge; Beendigung der Arbeiten zur Regu- lierung der Baustellen und Herstellung der Bauhofs- anlagen. — Herstellung der Zufahrtswege.	Im vorletzten Bau- jahre 1893/94 sind an den Telegrafen- und Fernsprechanlagen die- jenigen Abänderungen und Ergänzungen vor- zunehmen, welche zur Benutzung derselben für den Canalbetrieb notwendig sind, da- mit ihre sichere Ge- brauchsfähigkeit recht- zeitig festgestellt wer- den kann.
	5	Nichts ausgeführt.	—	Bau der Fähre bei Ostermoor.	—	—	Bau der Fähre bei Brunsbüttel.	—
	6	Die Dienstgebäude für den Hafenmeister und zwei Schleusenmeister sind fer- tig. Vier Dienstgebäude für Schleusenwärter im Bau.	Beginn des Baues des Fährwärtersgebäudes bei Ostermoor.	Beendigung des Baues des Fährwärtersgebäudes bei Ostermoor.	Entwurfstellung für die Dienstwohnungen und das Verwaltungsgebäude.	Bau der noch fehlen- den Dienstwohnungen u. des Verwaltungsgebäudes für den Hafen- und Schleusenbetrieb.	—	—
	7	Telegrafen- und Fern- sprechanlagen sind, soweit sie für Bauzwecke Verwen- dung finden sollen, aus- geführt.	—	—	—	—	Fertigstellung d. neben- bezeichneten Gebäude u. Ausrüstung der Werk- stätten. — Herstellung der Signal- und Beleuch- tungsanlagen für den Hafen und die Schleusen. U. U. I Jahr früher in den Einleitungen.	—

bemessen werden können, waren bisher unter ähnlichen Verhältnissen wie hier nicht zur Ausführung gekommen. Es wurde deshalb mit der Aufstellung der Kostenberechnungen gewartet, bis die Preise für den größten Theil der zu verwendenden Grundstücke und der auszuführenden Erdarbeiten vertragsmäßig festgestellt, auch für einen Theil der Kunst-

bauten die Entwürfe bereits bearbeitet und von den zu erbauenden Dienstwohnungen mehrere schon zur Ausführung gekommen waren. In betreff der Werkstatanlagen und Betriebsmittel, für die in eine Bearbeitung der Entwürfe zunächst noch nicht eingetreten war, wurden im wesentlichen die Beträge beibehalten, die in dem bei dem Reichstage und

dem preussischen Landtage zur Vorlage gekommenen Voranschlag von 1884 angesetzt waren; nur der Kostenansatz für Betriebsfahrzeuge wurde in der Voraussicht, daß eine größere Anzahl davon zu beschaffen sein werde, als im Voranschlage angenommen war, um eine Million Mark erhöht. Unter den Kosten der Bauausführung waren außerdem noch die Ausgaben vorzusehen, die der Bauverwaltung aus der Fürsorge für die Unterbringung und Verpflegung der Arbeiter, sowie aus den gesetzlich festgestellten Beiträgen zur Kranken- und Unfallversicherung der Arbeiter erwachsen mußten. Diese Ausgaben konnten, als nach den in den beiden ersten Baujahren gemachten Erfahrungen sowohl die Zahl der Arbeiter, für deren Unterbringung gesorgt werden mußte, als die Kosten der zu diesem Zweck zu erbauenden Baracken ungefähr zu übersehen waren, für den Rest der Bauzeit einigermassen zutreffend veranschlagt werden.

Zu Anfang des Jahres 1889 wurden hiernach besondere Kostenanschläge bearbeitet zu

Cap. 1. Grunderwerb und Nutzungs-Entschädigungen,

Cap. 2. Erd- und Baggerungsarbeiten,

Cap. 3. Befestigung der Ufer und Böschungen und Bezeichnung des Fahrwassers.

Außerdem ein als „Zusammenstellung der Einnahmen und Ausgaben für den Bau des Nord-Ostsee-Canals“ bezeichneter Hauptkostenanschlag. Dieser enthält unter Cap. 1 bis 3 die in den vorerwähnten Sonder-Anschlägen nachgewiesenen Beträge, die unter den übrigen Capiteln veranschlagten Summen konnten nach den vorerwähnten Grundlagen meist nur überschlägig ermittelt werden. Entsprechend den Capiteln und Titeln, aus denen dieser Hauptkostenanschlag sich zusammensetzt, sind auch die wirklichen Kosten und Einnahmen der Bauausführung verrechnet worden.

Die Schlußsummen für die einzelnen Capitel des Hauptkostenanschlages sind nebenstehend angegeben.

Der Gesamtkostenbetrag von 156 Millionen Mark entspricht der Summe, die durch das Reichsgesetz vom 16. März 1886 und durch das Preussische Landesgesetz vom 16. Juli 1886 für den Bau des Canals zur Verfügung gestellt worden ist.

g) Der Arbeitsplan.

Bald nach Abschluß des Kostenanschlages und nachdem in betreff des größten Theiles der Erdarbeiten zur Herstellung des Canalquerschnitts die Art und Dauer der Ausführung bereits vertragsmäßig festgestellt war, wurde ein die sämtlichen Bauarbeiten umfassender Arbeitsplan aufgestellt. Er enthielt für das Bauamt I und für jede der neun Bauabtheilungen, in welche die Bauämter II, III und IV zerlegt waren, eine in ganz allgemeinen Umrissen aufgestellte Anleitung darüber, wie die Arbeiten auf die einzelnen Jahre vertheilt werden mußten, um den Bau innerhalb der in Aussicht genommenen Bauzeit — bis zum Sommer 1895 — zu vollenden. Einen Auszug aus diesem Arbeitsplan giebt

die vorstehende Tabelle (S. 30). Es ist derjenige Theil, der sich auf die Bauausführung im Bauamt I bezieht.

Die Arbeiten sind in der Reihenfolge der Capitel des Hauptkostenanschlages, bis einschließlich Capitel 7 aufgeführt. Cap. 8 war außer acht zu lassen, weil vorausgesetzt wurde, daß die darin nach den Angaben der Militärverwaltung veranschlagten Anlagen auch von der Militärbehörde selbst ausgeführt werden würden. Capitel 9 handelt von den Kosten der Bauverwaltung und kam daher ebenfalls für den Arbeitsplan nicht in Betracht. Die nach Capitel 10 herzustellenden baulichen Anlagen zur Unterbringung und Verpflegung der Arbeiter waren zur Zeit der Aufstellung des Arbeitsplanes zum weitaus größten Theil bereits fertig, und es war mit Sicherheit darauf zu rechnen, daß die etwa noch erforderlichen Ergänzungsbauten neben den übrigen Bauarbeiten immer nach Bedarf in kürzester Frist ausgeführt werden könnten. Sie brauchten daher in dem Arbeitsplan nicht besonders erwähnt zu werden. In Capitel 11 endlich handelt es sich der Hauptsache nach um Arbeiten aller Art, die weder der Zeitfolge, noch dem Umfange nach im voraus zu übersehen waren und daher auch in dem Arbeitsplan nicht näher angegeben werden konnten. Es wurde angenommen, daß es möglich sein werde, diese Arbeiten innerhalb der in Aussicht genommenen Bauzeit auszuführen, ohne daß die in dem Arbeitsplan vorgesehenen Bauvorgänge wesentlich davon beeinflusst werden würden. Die Erfahrung hat gezeigt, daß die Annahme zutreffend war. Der Canal ist thatsächlich bis auf einige unbedeutende Restarbeiten zu der vorbestimmten Zeit fertig geworden.

Capitel		Beträge der einzelnen Capitel M
A. Einnahme:		
1	Erlöse aus dem Verkauf entbehrlcher Grundstücke, Materialien und sonstiger Gegenstände	600 000
2	Wohlfahrtseinrichtungen der Arbeiter, Beiträge der Arbeiter für ihre Unterbringung und Verpflegung, Erlös aus dem Verkauf der Baracken und des Inventars	12 001 000
3	Sonstige und unvorhergesehene Einnahmen, Verpachtung von Grundstücken und Dienstgebäuden usw.	100 000
	Gesamtbetrag	12 701 000
B. Ausgabe:		
1	Grunderwerb und Nutzungsentschädigungen	8 371 000
2	Erd- und Baggerungsarbeiten	74 595 000
3	Befestigung der Ufer und Böschungen	9 092 000
4	Hafen- und Schleusenbauwerke	31 075 000
5	Brücken und Fähren	6 135 000
6	Hochbauten	1 420 000
7	Werkstattanlagen und Betriebsmittel	3 190 000
8	Anlagen zu militärischen Zwecken	1 000 000
9	Bau- und Barackenverwaltung	5 360 000
10	Wohlfahrtseinrichtungen für die Arbeiter	14 405 000
11	Insgesamt	14 057 000
	Gesamtbetrag	168 701 000
	Gesamtbetrag der Baukosten nach Abzug der unter A. berechneten Einnahmen	156 000 000

III. Bauausführung.

Die nachstehende Beschreibung der Bauausführung schließt sich in ihrer Eintheilung den Capiteln und Titeln des Hauptkostenanschlages an. Sie enthält außer der eigentlichen Baubeschreibung ausführliche Erläuterungen der Sonder-Entwürfe für alle größeren Bauwerke, wie Schleusen, Hafenanlagen, Brücken usw., die in dem vorigen Abschnitt nur ganz all-

gemein beschrieben worden sind. Die Baubeschreibung bringt eingehende Mittheilungen sowohl über die Art und den Verlauf der Bauausführung, wie über die dabei zur Anwendung gekommenen Geräte, Arbeitsmaschinen und Betriebsanlagen, ferner über hervorgetretene besondere Schwierigkeiten und die zu ihrer Ueberwindung getroffenen Mafsnahmen, über

Rutschungen, Verdrückungen und andere bei der Bauausführung vorgekommene Unfälle, sowie endlich über die Ergebnisse der in besonderer Veranlassung vorgenommenen technischen Untersuchungen und über solche bei der Bauausführung gemachten Wahrnehmungen und Erfahrungen, deren Bekanntwerden für weitere Kreise von Interesse ist.

A. Grunderwerb und Nutzungs-Entschädigungen.

Mit den Verhandlungen über den Grunderwerb wurde vorgegangen, sobald die zu erwerbenden Landflächen auf Grund der genehmigten Lage- und Höhenpläne festgestellt und im Felde abgesteckt werden konnten. Diese Verhandlungen nach Möglichkeit zu beschleunigen, war eine der nächsten und dringlichsten Aufgaben der Bauverwaltung, weil die eigentlichen Bauarbeiten erst nach dem Abschluss des Grunderwerbsgeschäftes in Angriff genommen werden konnten. Auf dem Wege der Zwangsentziehung und unter Beobachtung der durch das Enteignungsgesetz vorgeschriebenen Formen war aber auf eine rasche Förderung dieses Geschäftes nicht zu rechnen. Es wurde daher der Versuch gemacht, den Landankauf überall im Wege gütlicher Vereinbarung herbeizuführen, und dabei ein Verfahren eingeschlagen, welches schon bei dem Bau der Moselbahn von der Königlichen Eisenbahndirection in Saarbrücken mit gutem Erfolge zur Anwendung gekommen war.

Demgemäß wurden zunächst sämtliche für den Bau zu erwerbenden Grundstücke einer sorgfältigen Abschätzung durch Sachverständige unterzogen. Die Baulinie wurde für diesen Zweck in vier Strecken abgetheilt; für jede Strecke wurden zwei erfahrene, als zuverlässig bekannte landwirtschaftliche Sachverständige gewählt und mit der Aufgabe betraut, jedes einzelne Grundstück genau in derselben Weise und nach denselben Grundsätzen abzuschätzen, als ob es sich um eine Abschätzung in dem durch das Enteignungsgesetz vorgeschriebenen Verfahren handle. Das Ergebnis der Abschätzung wurde für jedes Grundstück in eine „Veranschlagungs-Tabelle“ von nebenstehender Form eingetragen.

Diese Tabellen wurden in der Canal-Commission sorgfältig geprüft und bildeten, nachdem etwaige Zweifel und Bedenken unter Zuziehung der Sachverständigen nochmals erörtert und beseitigt waren, die Grundlagen für die Verhandlungen mit den Grundeigentümern. Geführt wurden die Verhandlungen theils von Mitgliedern der Canal-Commission, theils von den Vorstehern der vier Bauämter. Den Beteiligten wurde dabei jedesmal die von den Sachverständigen ermittelte Entschädigung zum vollen Betrage und mit einem Aufschlage von 4 v. H. angeboten, aber mit dem Hinzufügen, daß jede Mehrforderung von vorn herein zurückgewiesen werden müsse. Die Beteiligten hätten nur die Wahl, das Angebot anzunehmen oder abzulehnen. Wer sich zur Annahme nicht entschließen könne, gegen den werde unverzüglich das Enteignungsverfahren eingeleitet werden. Die Abschätzungstabellen wurden bei diesen Verhandlungen in Urschrift vorgelegt und, soweit erforderlich, erläutert. Der angebotene Aufschlag von 4 v. H. der Abschätzungssumme hatte den Zweck, die Grundeigentümer geneigter zu machen, auf den freihändigen Verkauf einzugehen. Es wurde angenommen, daß ein Kostenbetrag von ungefähr gleicher Höhe aus der Durchführung des Enteignungsverfahrens erwachsen würde und, da diese Kosten im Falle des freihändigen Ankaufs der Grundstücke erspart wurden, so konnten sie in Form eines Aufschlages zur Abschätzungssumme verausgabt werden, ohne daß eine Mehrbelastung der Baukasse dadurch herbeigeführt wurde.

Dieses Verfahren hatte den Erfolg, daß von den ungefähr 3892 ha Land, die zum Canalbau erworben werden mußten, etwa 2746 ha zum Gesamtkostenbetrage von 6 487 000 *M* frei-

Veranschlagungs-Tabelle

des

für die Herstellung des Nord-Ostsee-Canals in Anspruch
genommenen Grundstücks

des

in der Steuergemeinde

Amtsgerichtsbezirk

Kreis

Grundsteuer-Mutterrolle-Artikel:

Kartenblatt Nr. Parcellen Nr.

Gebäudesteuerrolle Nr. Litt.

Grundbuch von

Band Blatt

	Bemerkungen und Erläuterungen.
1. Culturart.	
2. Größe des ganzen Grundstücks: ha a qm	
3. Zu erwerbende Fläche: ha a qm	
4. Reiner Bodenwerth für 1 a: <i>M</i> δ	
5. Neben-Entschädigungen für den Minderwerth der Restgrundstücke durch Culturerschwer- nisse aller Art: <i>M</i> δ	
6. Neben-Entschädigungen für Feldbestellung und Fruchtverlust: <i>M</i> δ	
7. Sonstige Entschädigungen (für Bäume, Sträu- cher, Hecken, Zäune, Baulichkeiten, vom Eigenthümer zu übernehmende Anlagen, Än- derungen usw.): <i>M</i> δ	
8. Besondere Entschädigungen Nebenberechtigter (Pächter, Nutznießer, Servitut- oder Real- lasten-Berechtigter usw.): <i>M</i> δ	
9. Gesamt-Entschädigung für die abzutretende Fläche: von Nr. 4 <i>M</i> δ " " 5 <i>M</i> δ " " 6 <i>M</i> δ " " 7 <i>M</i> δ " " 8 <i>M</i> δ zus. <i>M</i> δ .	
(Unterschrift der Sachverständigen.)	

händig angekauft wurden, und daß auch alle diejenigen Eigen-
thümer, die zu den angebotenen Preisen nicht verkaufen wollten,
sich dazu verstanden, der Bauverwaltung unter Vorbehalt der
nachträglichen Feststellung der Entschädigung den Besitz ihrer
Grundstücke zu überlassen oder die Erlaubniß zu ertheilen,
mit den Bauarbeiten auf den betreffenden Grundstücken vor-
zugehen. Für diese letzteren mit einer Gesamtfläche von etwa
1146 ha wurde dann die Entschädigung nach den Vorschriften
des Enteignungsgesetzes festgesetzt. Die hiernach zu zahlen-
den Beträge waren im Durchschnitt nicht wesentlich höher,
in einzelnen Fällen sogar noch etwas niedriger, als die auf
Grund der vorhergegangenen Abschätzung gemachten Angebote.

Insgesamt stellten sich die Kosten für die 1146 ha auf rund 2616000 *M*.

Im Durchschnitt wurde für 1 ha der erworbenen Landflächen einschließlich aller Nebenentschädigungen bezahlt:

im Bauamt I, durchweg sehr fruchtbares Marschland 5100 *M*,
 im Bauamt II, zum großen Theil recht gute Wiesenländereien, im übrigen minderwerthiger Sandboden 2307 *M*,
 im Bauamt III, zum Theil recht gute Wiesen, zum Theil sandiger Ackerboden und im übrigen ganz uncultivirte Moor- und Dünenländereien 1895 *M*,
 im Bauamt IV/V, zum weitaus größten Theil fruchtbarer Ackerboden, dazwischen eingebettet kleinere Moor- und Wiesenflächen 2470 *M*.

Außer den 3892 ha, die freihändig angekauft oder im Wege der Enteignung erworben sind, mußten noch 110 ha von den zum alten Eidercanal gehörigen Land- und Wasserflächen für den Bau des neuen Canals in Anspruch genommen werden. Ueber die dafür an den preussischen Fiscus zu zahlende Entschädigung sind die Verhandlungen noch nicht abgeschlossen.

Von der so erworbenen Gesamtfläche von 3892 + 110 = 4002 ha waren zum Canal und seinen Nebenanlagen erforderlich rund 2094 ha. Der Rest von 1908 ha ist sowohl für die Unterhaltung, wie auch für den Betrieb des Canals entbehrlich und kann daher wieder veräußert werden. Er besteht theils aus Erdablagerungsflächen, theils aus unbeschütteten Trennstücken, die auf Grund des § 9 des Enteignungsgesetzes übernommen werden mußten, weil sie von den bisherigen Eigentümern nicht mehr zweckmäßig benutzt werden konnten. Aus dem Verkauf dieser Flächen, der zur Zeit noch nicht abgeschlossen ist, wird nach den bisherigen Ergebnissen ein Ertrag von etwa 1000000 *M* erzielt werden.

Außer für den eigentlichen Grunderwerb wurden sehr erhebliche Aufwendungen nöthig für Wirthschafterschwernisse und Betriebsstörungen, die entweder durch Senkung des Wasserspiegels in den vom Canal berührten Wasserläufen und Seen oder durch Senkung des Grundwasserstandes in dem durchschnittlichen Gelände herbeigeführt wurden. In den Obereiderseen hatte die Durchführung des Canals eine Wasserspiegelsenkung von 2,70 m zur Folge. Dadurch verloren drei in der Stadt Rendsburg belegene Wassermühlen ihre gesamte Betriebskraft, und dieser Verlust mußte mit zusammen 630000 *M* entschädigt werden. Im Flemhuder See, wo der Wasserspiegel durch den Canalbau um 6,84 m herabgesenkt wurde, gelang es zwar, eine Schädigung der angrenzenden Wiesen durch die Anlage des im Abschnitt II beschriebenen Ringcanals zu verhüten, aber trotzdem wurde durch gerichtliche Entscheidung eine Entschädigung von 50000 *M* dafür festgesetzt, daß das an dem See belegene Gut Groß-Nordsee durch die Senkung des Wasserspiegels in seiner landschaftlichen Schönheit Abbruch erlitten hatte.

Eine Senkung des Grundwasserstandes trat fast überall dort ein, wo der mittlere Canalwasserstand erheblich tiefer liegt, als das angrenzende Gelände, also sowohl auf dem Höhenrücken zwischen der Elbe- und Eider-Niederung, wie auf der Strecke zwischen der Untereider bei Rendsburg und dem Kieler Hafen. Infolge dieser Senkung verloren in den anliegenden Gemarkungen eine große Zahl von Brunnen und Viehtränken ihr Wasser, und wenn auch in den meisten Fällen die so Geschädigten einen Ersatz für die unbrauchbar gewordenen Anlagen rechtlich nicht beanspruchen konnten, so wurde er doch aus Billigkeitsrücksichten regelmäßig gewährt. Die vorhandenen Brunnen zu vertiefen, war ihrer mangelhaften Bauart wegen meist nicht möglich, und in manchen Dörfern mußten deshalb fast alle Brunnen durch neue ersetzt werden. In dem

auf dem Höhenrücken bei km 30 belegenen Dorfe Beldorf stellte es sich sogar als vortheilhaft heraus, als Ersatz für die ausgetrockneten Brunnen eine über das ganze Dorf sich erstreckende Wasserleitung anzulegen, wozu das Wasser aus einem in der Nähe des Dorfes erbohrten, sehr reichhaltigen und hoch gelegenen Brunnen mit natürlichem Gefälle entnommen werden konnte.

Die für Brunnen, Wasserleitungs-Anlagen und Viehtränken erwachsenen Kosten belaufen sich auf rund 530000 *M*, und noch neuerdings sind Anträge auf Herstellung ähnlicher Anlagen eingegangen, die vielleicht nicht ganz abgewiesen und also noch eine Erhöhung der Kostensumme herbeiführen können. Dazu kommt dann noch der schon im vorigen Abschnitt erwähnte Betrag von 300000 *M*, der an die Stadt Rendsburg als Abfindung dafür bezahlt wurde, daß die Stadtvertretung es übernahm, die infolge der Wasserspiegelsenkung in der Ober-Eider hervortretenden Ansprüche auf Ersatzanlagen oder Entschädigungen — mit alleiniger Ausnahme der Entschädigung an die Mühlenbesitzer für den Verlust der Wasserkraft — der Bauverwaltung von der Hand zu halten.

B. Erdarbeiten.

a) Eintheilung und Verdingung der Arbeiten.

Der Bodenaushub zur Herstellung des Canalprofils wurde in 16 Lose eingetheilt. Davon gehörten zum

Bauamt I,	Los I,	km 1,25 bis 3,87
Bauamt II, Bauabth. 1	„ II bis IV,	„ 3,87 bis 13,2
„ 2	„ V,	„ 13,2 bis 26,2
„ 3	„ VI,	„ 26,2 bis 38,0
Bauamt III,	„ 4	„ VII,
„ 5	„ VIII,	„ 38,0 bis 48,0
„ 6	„ IX und X,	„ 48,0 bis 60,0
Bauamt IV,	„ 7	„ XI bis XIII,
„ 8	„ XIV und XV,	„ 60,0 bis 69,6
„ 9	„ XVI	„ 71,5 bis 85,2
		„ 85,2 bis 95,2
		„ 95,2 bis 96,7.

Die Bauabtheilung 9 mit dem Los XVI wurde später von dem Bauamt IV abgetrennt und als Bauamt V unmittelbar der Canal-Commission unterstellt. Besondere Lose bildeten die Aushebung der Schleusenbaugruben zu Brunsbüttel und Holtenu und die Herstellung der Binnen- und Aufsenhäfen daselbst.

Mit Ausnahme der Baggerarbeiten zur Herstellung der beiden Aufsenhäfen und eines Theiles der Baggerarbeiten in den Obereiderseen bei Rendsburg, die von der Bauverwaltung durch eigene Bagger im Selbstbetrieb ausgeführt wurden, wurden sämtliche Erdarbeiten öffentlich verdingen. Das Verdingverfahren wurde eingeleitet, sobald die Grunderwerbsverhandlungen für einzelne Lose oder für eine Reihe von Losen soweit gediehen waren, daß die für den Aushub und die Ablagerung des Bodens erforderlichen Flächen den Unternehmern zur Benutzung überwiesen werden konnten. Dieser Zeitpunkt trat in einigen Bezirken erheblich früher ein, als in anderen, theils weil die Grunderwerbsverhandlungen nicht überall den gleichen Fortgang hatten, theils auch weil — wie infolge der Linienverlegung im Bauamt III — erst später damit begonnen werden konnte. So machte es sich, daß die Erdarbeiten gruppenweise ausgeschrieben wurden. Der Verdingtermin war für die Lose I und II der 28. März 1888, für die Lose III bis VI und XI bis XV der 31. August 1888 und für die Lose VII bis IX der verlegten Canalstrecke im Eidergebiet der 18. Mai 1889. Der Verding des Loses XVI wurde dadurch sehr verzögert, daß von der Kaiserlichen Marine-Verwaltung angeregt worden war, einen Theil des Erdaushubs zu einer Strandanschüttung im Kieler Hafen zwischen der Canalmündung und Friedrichs-ort zu verwenden. Es erforderte eine geraume Zeit, bis der Entwurf zu dieser Anschüttung die landespolizeiliche Genehmigung gefunden hatte und eine Einigung darüber herbeigeführt war, wie es mit der Erstattung der für die Anschüttung

erwachsenen Kosten gehalten werden solle. Deshalb konnte der Termin für den Verding dieses letzten Loses erst auf den 29. März 1890 angesetzt werden.

Die dem Verding der Erdarbeiten zu Grunde gelegten Unterlagen waren folgende:

1. Die für jedes einzelne Los aufgestellten besonderen Bedingungen nebst Verdingungsanschlag, 1 Blatt Lageplan, 1 Blatt Längenschnitt und 1 Blatt Normal-Querschnitte;
2. Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung der Bauten im Geschäftsbereiche der Kaiserl. Canal-Commission;
3. Bedingungen für die Bewerbung um Arbeiten und Lieferungen;
4. Bestimmungen betr. die Annahme der Arbeiter zum Bau des Nord-Ostsee-Canals, den mit denselben abzuschließenden Arbeitsvertrag, ihre Unterbringung und Verpflegung.

Die zu 2 und 3 genannten allgemeinen Bedingungen stimmen mit den für die Staatsbauverwaltung in Preußen geltenden überein. Den besonderen Bedingungen wurden in Form einer „Vorbemerkung zur Nachricht für den Unternehmer“ eine Reihe von Mittheilungen vorangestellt, die den Zweck hatten, den Unternehmer auf alle diejenigen besonderen Verhältnisse des Loses — wie Bodenbeschaffenheit, Vorfluthverhältnisse, Deich- und Entwässerungsanlagen usw. — aufmerksam zu machen, die für die Art der Bauausführung sowohl, wie für die Höhe der Preisforderung von Bedeutung waren. Im § 2 der Bedingungen wurde von dem Unternehmer die Einreichung eines Arbeitsplanes verlangt, mit genauen Angaben über die zu verwendenden Betriebsmittel, den Gang der Arbeiten und die Anzahl der zu verwendenden Arbeiter. Die Bauverwaltung wollte sich auf Grund dieses Arbeitsplanes in erster Linie ein Urtheil darüber bilden, ob dem Unternehmer die Fähigkeit zugetraut werden könne, die Arbeiten plangemäfs und innerhalb der festgesetzten Frist auszuführen; sie wollte aber zugleich einen Ueberblick darüber gewinnen, auf eine wie grofse Arbeiterzahl gerechnet werden müsse, um danach den Umfang der zu ihrer Unterbringung und Verpflegung erforderlichen Anlagen bestimmen zu können. Im übrigen ist in betreff der besonderen Vertragsbedingungen nur noch zu erwähnen, dafs eine Verzugsstrafe für verspätete Vollendung der Arbeiten darin nicht festgesetzt wurde. Es wurde davon abgesehen in der Erwägung, dafs eine solche Strafe, um wirksam zu sein, sehr hoch hätte bemessen werden müssen, dafs aber dann wahrscheinlich die meisten Unternehmer sich veranlafst gesehen hätten, gegen die Gefahr, in eine so hohe Strafe zu verfallen, durch eine höhere Preisforderung sich zu decken. Um sich gegen Ueberschreitungen der in den Verträgen festgesetzten Vollendungsfristen zu sichern, glaubte die Bauverwaltung mit der in den allgemeinen Vertragsbedingungen enthaltenen Bestimmung auskommen zu können, wonach sie befugt war, dem Unternehmer die Arbeit zu entziehen, wenn seine Leistungen sich als untüchtig oder hinsichtlich ihres Fortschritts als ungenügend erweisen würden. Thatsächlich hat von dieser Bestimmung in einem Falle Gebrauch gemacht werden müssen. Alle übrigen Unternehmer haben sich auch ohne Androhung einer Verzugsstrafe redlich und mit gutem Erfolge bemüht, ihre vertraglichen Verpflichtungen rechtzeitig zu erfüllen.

Die Bestimmungen über die Annahme, Unterbringung und Verpflegung der Arbeiter galten nicht nur für die bei den Erdarbeiten, sondern auch für die übrigen bei dem Canalbau beschäftigten Arbeiter. Es wurde darin allen Arbeitern, die keinen Familienhausstand mit sich führten, die Verpflichtung auferlegt, gegen Entrichtung eines nach Mafsgabe der Selbstkosten festzusetzenden Preises in den von der Bauverwaltung errichteten Baracken zu wohnen und an dem dort verabreichten Mittagessen theil zu nehmen. Von den Unter-

nehmern wurde in dieser Beziehung nichts weiter verlangt, als dafs sie den Preis für Wohnung und Mittagessen bei der Lohnzahlung in Anrechnung und Abzug zu bringen und an die ihnen bestimmte Kasse abzuführen hatten. Durch den seitens der Bauverwaltung übernommenen Bau und Betrieb der Baracken wurden demnach die Unternehmer von den Kosten der Fürsorge für die Unterbringung und Verpflegung ihrer Arbeiter entlastet, den Arbeitern aber wurde damit die Wohlthat erwiesen, dafs sie in den Baracken eine gute gesunde Wohnung und unverfälschte Lebensmittel zu möglichst billigen Preisen vorfanden und in diesen Beziehungen gegen Uebervertheilung gesichert waren.

Als Zeitpunkt für die Vollendung der Erdarbeiten wurde in Uebereinstimmung mit dem in Abschnitt II erwähnten, für die ganze Bauausführung aufgestellten Arbeitsplan das Ende des Jahres 1894 festgesetzt. Nach den vorhin angegebenen Verdingfristen standen demnach für die Ausführung der Lose I und II $6\frac{3}{4}$ Jahre, der Lose III bis VI und XI bis XV $6\frac{1}{4}$ Jahre, der Lose VII bis IX $5\frac{1}{2}$ Jahre und des Loses XVI $4\frac{3}{4}$ Jahre zur Verfügung.

b) Ausführung der Arbeiten.

Eine genaue Darstellung der Art und des Verlaufes der Bauausführung für jedes einzelne Los zu geben, würde zu weit führen und für weitere Kreise kaum von Interesse sein. Die nachstehenden Mittheilungen werden daher eine eingehende Beschreibung der Arbeiten nur für einzelne Lose bringen, in denen eigenartige Verhältnisse vorlagen oder besondere Schwierigkeiten zu überwinden waren; sie werden sich im übrigen darauf beschränken, über den allgemeinen Verlauf der Bauausführung und die in den einzelnen Jahren beschafften Gesamtleistungen einen Ueberblick zu geben.

Der schwierigste Theil der Erdarbeiten war die Durchführung des Canals durch das Gebiet der Burg-Kudenseer Niederung, km 5,6 bis 18,0. Die Strecke von km 5,6 bis 13,2 bildeten die Lose III und IV, die Strecke von km 13,2 bis 18,0 einen Theil des Loses V. Alle drei Lose waren an einen und denselben Unternehmer, die Firma C. Vering in Hannover und Hamburg verdungen. Ihre Ausführung soll daher hier in Zusammenhang eingehend beschrieben werden.

Los III bis V. Die Bodenbeschaffenheit in den Losen III bis V ist aus dem für diese Strecke besonders aufgetragenen geologischen Längenschnitt, Abb. 1 Bl. 9 u. 10, in welchem sowohl über die Art, wie über die Festigkeit der bei den Bohrungen gefundenen Bodenschichten die näheren Angaben enthalten sind, zu ersehen. In der ausgedehnten Moorniederung zwischen km 7,6 und 18,0, die noch im vorigen Jahrhundert als Sammelbecken für die der Wilstermarsch schädlichen Hochwasser der Holstenau diente und erst vor ungefähr dreifsig Jahren nach Durchführung einer geregelten Entwässerung in bessere Cultur genommen wurde, schneidet das Canalprofil fast überall bis zur vollen Tiefe in weiche, angeschwemmte Bodenschichten ein. Der alte feste Meeresgrund liegt zwischen km 8 und km 16 fast überall unter der Canalsohle, nur an den beiden Enden der Niederung um ein geringes höher.

Die hinsichtlich der Stand- und Tragfähigkeit der oberen Bodenschichten angestellten Untersuchungen hatten ergeben, dafs in der oberen Moor- und Dargschicht fast überall selbst vierfache Böschungen schon in geringer Tiefe und ohne jede seitliche Belastungen anfangen auszutreiben, sowie dafs unter einer schwachen Belastung auch der Klei sich zusammenprefste und verdrückte. Eine Belastung der Canalufer war aber unvermeidlich, weil der höchste Canalwasserstand (+20,27) um etwa 1,25 m über der mittleren Bodenhöhe der Niederung liegt und also zum Schutze der Niederung zu beiden Seiten des Canals Deiche aufgeführt werden mußten. Am ungünstigsten

lagen diese Verhältnisse von km 13,2 bis 18,0. Hier war mit Sicherheit vorzusehen, daß die weichen oberen Bodenschichten beim Einschneiden des Canals schon ohne Belastung als breiige Masse in die ausgehobene Rinne hineintreiben würden, und daß demnach die Herstellung der oben erwähnten Deiche auf diesen Bodenschichten ganz unmöglich sein würde. Zur Ueberwindung dieser Schwierigkeit wurde in Aussicht genommen, zu beiden Seiten des Canalprofils die weichen Massen durch Aufschüttung festerer Bodenarten zu verdrängen oder zu verdichten und auf solche Weise feste Dammkörper zu bilden, die imstande sein würden, die zum Schutz der Niederung nothwendigen Deiche zu tragen, und zwischen denen das Canalprofil ohne weitere Schwierigkeiten ausgehoben werden könnte. Ein zur Herstellung dieser Dämme geeigneter Sandboden stand in dem auf die Niederungsstrecke folgenden Canaleinschnitt von km 18 bis 26,2 — s. den vorerwähnten geol. Querschnitt Abb. 1 Bl. 9 u. 10 — in ausreichender Menge zur Verfügung. Beim nachfolgenden Ausbaggern des Canalprofils zwischen den Sanddämmen waren starke Bewegungen und Veränderungen, insbesondere in den canalseitigen Böschungen der Dämme zu erwarten, weshalb ihnen von vornherein eine große Breite gegeben werden mußte. Die Breite wurde auf 15 m festgesetzt und der Abstand der Dämme von der Canalachse so gewählt, daß sie den Uferdeckwerken und den unmittelbar anschließenden Canaldeichen einen festen Fuß gewährten.

In der Strecke von km 7,6 bis 13,2 war das Material zu Sanddämmen viel schwieriger zu beschaffen, auch war die oben aufliegende Moorschicht weniger dick und besser ausgetrocknet und der Kleiboden fast überall wesentlich fester. Bei einer probeweise vorgenommenen Ausschachtung bei km 11 hatten Böschungen mit zweifacher Anlage sich bis zur vollen Tiefe der Canalsole als standfähig erwiesen. Es schien daher die Herstellung des Canalprofils in dem gewachsenen Boden möglich zu sein, sofern es nur gelang, die an beiden Ufern anzuschüttenden Deiche so zu legen und zu gestalten, daß der Druck derselben auf den Untergrund keine seitlichen Verdrückungen in das Canalprofil herbeiführte. Zu diesem Zweck wurden in dem Entwurfe erstlich die Uferkanten des Canals und die an diese sich anschließenden 2,5 m breiten Bermen möglichst tief (auf den mittleren Canalwasserstand = + 19,77) und die Deiche nach der Canalseite hin mit sechsmaliger Böschung angeordnet, sodafs die auf + 22,0 liegenden Deichkronen um rund 16 m gegen die Uferkanten des Canals zurücktreten. Im Kudensee (km 7,7 bis 8,7), wo der Untergrund schlechter war, sollten diese flachen (schwimmenden) Deiche 70 m von der Canalachse abgerückt werden. (Sieh hierzu die Querschnitte Abb. 2 bis 4 Bl. 9 u. 10.)

Ausführung der Arbeiten in der Strecke von km 7,6 bis km 13,2. (Hierzu die Querschnitte Abb. 2 bis 4 Bl. 9 u. 10.) Die Arbeiten in der Strecke von km 7,6 bis 13,2 fingen damit an, daß der aus einer Trockenausschachtung zwischen km 5,8 und 6,6 gewonnene Kleiboden zur Bildung der Deiche nach km 7,6 und darüber hinaus verbracht wurde. Je mehr aber diese Deichschüttungen dem Kudensee sich näherten, desto tiefer sanken sie in den Boden ein und erzeugten rechts und links Auftreibungen, sodafs bei dem nachfolgenden Aushub Rutschungen zu erwarten waren. Da überdies nicht genug geeigneter Deichboden gewonnen werden konnte, so drängte sich bald die Ueberzeugung auf, daß es unerläßlich sein werde, den Gedanken, hier ohne eine künstliche Befestigung der Ufer durch Sanddämme auszukommen, fallen zu lassen. Weiterhin in der Strecke von km 10 bis 12, wo die oberen Moorschichten unter Trockenhaltung der Baugruben ausgehoben und seitlich abgelagert wurden, wurden ähnliche Erfahrungen gemacht. Nur an einigen Stellen waren die oberen Bodenschichten fest genug, um den planmäßig hergestellten Deich tragen zu

können, ohne daß seitliche Verdrückungen bemerkbar wurden. (Sieh den Querschnitt km 11, Abb. 4 Bl. 9 u. 10.) Sonst brachten auch hier schon geringe Belastungen überall Bewegungen hervor. Es wurde daran gedacht, die ausweichenden Moorböschungen auf etwa 3 m Breite abzutragen und dafür eine ebenso starke Kleivorlage wieder einzubringen, die bis auf die etwas unter dem Unterwasserbankett anstehende Kleischicht hinabreichen sollte. Aber es wurde hiervon abgesehen, weil befürchtet werden mußte, daß das im seitlichen Moor enthaltene und durch die Kleivorlage am Ausfluß gehinderte Wasser unter dem Drucke des Deiches Rutschungen veranlassen könnte. Man ging deshalb dazu über, eine derartige Vorlage aus Sand herzustellen. Zu diesem Zwecke mußte das Gleis, das zur Schüttung der Sanddämme auf der Strecke von km 13,2 bis 18,0 von dem bis km 26,2 reichenden Canaleinschnitt her bereits gelegt war, durch die in Rede stehende Strecke in ihrer ganzen Ausdehnung verlängert werden. Das war bei der geringen Tragfähigkeit der oberen Bodenschichten eine recht mühevollen Arbeit. Als dann mit den Sandaufschüttungen begonnen wurde, zeigte sich mit Ausnahme einiger kurzen Strecken auch der Klei als so weich, daß bald starke Verdrückungen eintraten (sieh die Querschnitte Abb. 2 bis 4 Bl. 9 u. 10) und so anstatt der beabsichtigten Böschungsverkleidungen wirkliche Sanddämme entstanden, von ähnlicher Form, wie auf der Strecke von km 13,2 bis 18,0, wo die Schüttung solcher Dämme von vornherein vorgesehen war. Nach dieser Erfahrung wurde der Versuch, die in Aussicht genommenen Böschungsvorlagen in bestimmter gleichmäßiger Breite herzustellen, aufgegeben und zur Schüttung förmlicher Sanddämme übergegangen.

In dem Abschnitt von km 10,0 bis 12,0 war das Canalprofil schon bis auf + 15,0 ausgehoben und schon etwas Deichboden aufgebracht, bevor mit der Schüttung der Sanddämme begonnen wurde. Von km 12,0 bis 13,2 und von km 10,0 bis an den Kudensee wurden die Dämme in derselben Weise hergestellt, wie in den festeren Strecken zwischen km 13,2 und 18,0, wo die Fördergleise auf die obere Bodenschicht unmittelbar verlegt werden konnten. Bezüglich der Einzelheiten der Bauausführung kann daher auf die Beschreibung des Baues der Sanddämme auf der Strecke von km 13,2 bis 18,0 verwiesen werden.

Bei der Durchdämmung des Kudensees wurde ein Schwimmgestüt benutzt (sieh Abb. 4 a und b Bl. 11 u. 12), wobei sich der Betrieb folgendermaßen gestaltete. Der in Wagen von 3 cbm Inhalt angekommene Boden wurde so weit, als die Gleisanlage es erlaubte, herangebracht und ausgekippt, dann, nachdem der Zug wieder weggefahren, von 0,5 cbm fassenden Muldenkippern aufgenommen und auf der Brücke zwischen der Dammspitze und dem Schwimmgestüt theils nach links, theils nach rechts ausgekippt. Hierzu wurden 8 bis 10 Muldenkipper verwandt, die nach ihrer Entleerung einer nach dem andern auf das zwischen Gelenk und Ankerwinde auf dem Floß befindliche Verschiebgleis fuhren. Nachdem alle Wagen entleert waren, wurden sie nach der Sandentnahmestelle zurückgebracht, und die Arbeit wiederholte sich in der beschriebenen Weise. Sobald die so erzielte Verlängerung des Sanddamms genügend tragfähig geworden war, wurde das Floß mit der Ankerwinde vorwärts gezogen, das Gleis für die großen Wagen vorgestreckt und dann wieder wie beschrieben verfahren.

Es bleibt hier noch eine eigenartige Aufgabe zu erwähnen, womit sich die Bauverwaltung zu beschäftigen hatte, bevor mit den Dammschüttungen begonnen wurde. Die Cultivirung der bei der Gewinnung von Brenntorf bis auf + 18,00 abgetragenen und dann durch Schöpfmühlen entwässerten Flächen geschieht in der Weise, daß der fruchtbare, kalkhaltige Klei, der meist in bedeutender Stärke unter der Moor- und Dargschicht lagert, aus Tiefen bis zu 10,5 m herauf-

geholt und in dünnen Lagen über die Wiesenflächen ausgebreitet wird. Dazu werden eigenartige Baggervorrichtungen, sogen. Ketscher, benutzt, durch deren Betrieb entsprechend tiefe, etwa 40 cm breite grabenartige Einschnitte mit lothrechten Wänden entstehen. Diese Einschnitte durchziehen hier und da das Deichgelände und mußten dort, wo sie nicht durch Ablagerungen genügend bedeckt wurden oder wo ihre Zusammendrückung durch die Canaldeiche nicht mit Sicherheit zu erwarten war, verbaut werden, um ein Durchtreten des höher stehenden Canalwassers in die Niederung zu verhindern. Der zu verbauende Graben wurde im Deichgelände je nach seiner Tiefe auf 6 bis 8 m Länge mit Sand ausgefüllt, und durch diese Sandausfüllung wurde dann rechtwinklig zur Längsrichtung des Grabens eine 2 bis 3 m breite und 8 bis 10 cm starke Spundwand geschlagen, die bis auf mindestens 1 m unter die Grabensohle hinabreichte. In Abb. 10 bis 13 Bl. 9 u. 10 ist der Arbeitsvorgang übersichtlich dargestellt. Die Untersuchung und Beobachtung der verbauten Gräben hat ergeben, daß der beabsichtigte Zweck erreicht worden ist.

Sanddämme der Strecke von km 13,2 bis 18,0. (Hierzu Abb. 1 und 2 Bl. 11 u. 12.) Der Arbeitsvorgang gestaltete sich verschieden, je nachdem der Sanddamm auf einer oberflächlich festen oder ganz weichen Moordecke zu schütten war. Bei fester Decke (Abb. 1 a bis e) hatten Versuche als zweckmäßig ergeben, die Moorrasendecke unter dem Sanddamm abzugraben, da bei ihrer Belassung und nur seitlichen Loslösung (durch grabenförmige Schlitz) im Verlauf der Sandschüttung gewöhnlich eine Trennung dieser „Matratze“ in zwei Hälften entstand, die, sich schräg bis senkrecht stellend, die seitliche Ausbreitung des geschütteten Sandes behinderten. Ferner erschien es zur Erzielung der günstigsten Form des Sandkörpers zweckmäßig, das tiefste Eindringen des Sandkörpers thunlichst an der canalseitigen Kante des Dammes zu bewirken. Der Arbeitsvorgang bei der Sandschüttung entwickelte sich daher bei fester Moordecke wie folgt:

- a) Abgrabung unter dem künftigen Sanddamm auf 12 bis 15 m Breite und 0,5 bis 1,0 m Tiefe;
- b) Ausfüllung dieser Auskoffnung mit Sand von dem rückwärts gelegenen fertigen Sanddamm aus mittels Handkippwagen;
- c) Vorstrecken des Hauptfördergleises (von 0,90 m Spurweite) an der canalseitigen Kante der Sandausfüllung;
- d) Kippen der 3 cbm enthaltenden Erdförderwagen nahe an dieser Kante so lange, bis der entstandene Sandkörper nicht mehr wesentlich sackte;
- e) Verbreitern dieses schmalen Sandkörpers nach außen bis zur Gewinnung der vorgeschriebenen Breite.

Auf rund 800 m Canallänge zwischen km 16 und 17, wo die Mooroberfläche ganz weich und schwimmend war, kam die vorgängige Moorabgrabung in Wegfall, dagegen war die vorbereitende Verwendung von gerammten Pfahljochen nicht zu umgehen. Der Arbeitsvorgang war dann folgender (sich Abbildung 2 a bis e Bl. 11 u. 12):

- a) Einrammen von leichten Pfahljochen in der Sanddammmitte bis in den festen Sanduntergrund und Verlegen eines Gleises von 0,60 und 0,90 m Spur (mit einer gemeinsamen Schiene) darauf;
- b) Schüttung einer Sanddecke um die Pfähle mittels Handkippwagen (von 0,6 m Spur) aus der rückwärts liegenden fertigen Sanddammstrecke während der Nacht behufs Einspannung der Pfahlköpfe und Verhinderung der Auftreibung des Moores vor dem Sanddammkopf;
- c) Vortreiben des eigentlichen Sanddammes mittels 3 cbm-Wagen (von 0,90 m Spur) in der Weise, daß die jeweilig am Kopfe des Sanddammes entladenen Wagen auf das über diesen Kopf hinausgehende, unter a erwähnte Gleis vorgeschoben wurden. Unmittelbar vor dem Kopf des Sanddammes

mußte das Gleis an Stelle der Jochpfähle, die unter der Einwirkung des vorschiebenden Dammes sämtlich nach und nach abgebrochen wurden, durch Schwellenstapel, Flöße und Oeltonnen und dergleichen unterstützt werden;

- d) Verbreitern des Sanddammes auf die volle Breite.

Durch diesen Arbeitsvorgang, besonders durch das Vorschieben der entleerten Wagen auf das von Pfahljochen getragene Gleis wurde die schnelle Entladung der Züge (von 10 bis 15 Wagen) und somit ein rasches Fortschreiten der Sanddammerschüttung erzielt. Soweit sich durch Einzelheiten im Arbeitsvorgang eine Einwirkung gewinnen liefs, wurde gestrebt, den Sanddämmen nach beiden Seiten gleichmäßig abfallende Böschungen zu geben; es wurde dies auch da, wo der Untergrund von gleichmäßiger Beschaffenheit war, erreicht. (S. den Querschnitt Abb. 6 Bl. 9 u. 10.) Ausnahmen traten da ein, wo sich im Untergrund festere Schichten von Klei mit geneigter Oberfläche oder im Obergrund alte feste Deichkörper (an Wasserläufen) fanden, oder wo bei Beginn der Schüttungen das Canalprofil schon etwas ausgeschachtet, das Deichfeld etwas belastet war. Unter diesen Umständen bildeten sich nach außen oder nach dem Canal-Innern gerichtete untere Verbreiterungen des Sandkörpers, die sich durch Mehrbelastung des letzteren nur verbreiterten, ohne tiefer einzudringen. Die erzielten Formen wurden durch zahlreiche Bohrungen festgestellt. (S. die Querschnitte Abb. 5 und 5a Bl. 9 u. 10.)

Der durch die Schüttungen verdrängte Boden hob sich links und rechts von ihnen wieder in die Höhe, sodaß ganz wilde Auftreibungen sich bildeten, die sich oft auf den ganzen Raum zwischen den beiderseitigen Dämmen erstreckten (s. die Querschnitte Bl. 9 und 10 und Text-Abb. 8) und sich bis 3,20 m über die ursprüngliche Bodenhöhe emporhoben, wonach sie bei längerer Ruhe wieder etwas zusammensackten. Die Menge des herbeigeschafften Sandes wurde nach dem Inhalt der Förderwagen, die Größe der innerhalb des Canalprofils aufgetriebenen Massen (Mehraushub gegenüber den ursprünglichen Massenberechnungen) durch wiederholte Querschnittaufnahmen festgestellt. Von km 8,2 bis 13,2 sind 590 000 cbm Sand verwandt worden; die dadurch im Canalprofil erzeugten Auftreibungen betragen 250 000 cbm. Von km 13,2 bis 18 wurden 1 216 000 cbm Sand verwandt; die Auftreibungen betragen hier 223 000 cbm. Das ungünstigere Verhältniß in der unteren Strecke rührt wohl daher, daß infolge der zwischen km 10 und 12 vorausgegangenen tieferen Ausschachtung des Canalprofils die Sandmassen mehr nach dieser hin als nach außen drängten, ferner daß die hier festeren Bodenarten sich weniger in sich selbst zusammenpressten, und daß in der oberen Strecke eine sehr reichliche Sandverwendung stattfand, deren Uebermaß keine weiteren Auftreibungen erzeugte.

Ausschachtung des Canals und Herstellung der Deiche. Vertragsmäßig durfte der Unternehmer mit der Baggerung zwischen den Sanddämmen erst nach einer sechsmonatlichen Ruhezeit beginnen; in der Wirklichkeit mußte diese Zeit in einzelnen Strecken etwas abgekürzt werden, weil sonst die vorhandenen Bagger hätten still liegen müssen. Vorher wurde mit Muldenkipperbetrieb das Canalprofil ungefähr bis zum Unterwasserbankett im trockenen ausgehoben; der ausgeschachtete Boden wurde theils in die Deiche verbaut, theils auf Ablagerungsflächen gebracht und dort zur Herstellung von Ringdeichen verwandt. In der Strecke von km 7,0 bis 12,4 kamen in Thätigkeit ein großer und ein kleiner Eimerkettenbagger und ein Pumpenbagger. Der Pumpenbagger spülte seine Massen durch eine Rohrleitung auf die Ablagerungsflächen, während die von dem Eimerkettenbagger gewonnenen Massen von zwei Hubmaschinen



Abb. 8. Mooraufreibung an der Sanddammerschüttung bei km 14,7.

nach ihrem Bestimmungsorte gebracht wurden. In der Strecke von km 14,8 bis 18,0 wurde im October 1891 ein Eimerkettenbagger mit Veringscher Schwemmvorrichtung, dann vorübergehend ein zweiter Eimerkettenbagger mit Hubvorrichtung eingestellt. Mit denselben Baggern wurde vom Sommer 1893 an auch die Strecke von km 12,4 bis 14,8 ausgehoben.

Zur Schüttung der zu beiden Seiten des Canals herzustellenden Deiche wurde ein Theil des ausgeschachteten Bodens größtentheils unmittelbar verwandt. Nur an solchen Stellen, wo nach vollständiger Aushebung des Canalquerschnittes noch Sackungen eintraten, mußte der zur Wiederherstellung des planmäßigen Querschnitts erforderliche Boden von den Ablagerungsflächen herbeigeschafft werden. In der unteren Strecke km 7,6 bis 13,2, wo trotz der nachträglich angeordneten Sanddämme der flache Deichquerschnitt beibehalten wurde, wurden die Deiche bis zur Höhe + 20,0 zur Ausgleichung der Unebenheiten des Deichgeländes aus Moorboden hergestellt; gewachsene über + 20,0 reichende Moore wurden in der Regel bis auf diese Höhe abgetragen. Hierdurch wurde für den oberen aus Klei herzustellenden Deichkörper eine gleichmäßige Unterlage geschaffen und so erreicht, daß der tragende Boden gleichmäßig belastet wurde. Die weitere Herstellung erfolgte in der Hauptsache durch eine mit stark geneigter Schüttrinne versehene Hubmaschine (sich Abb. 3 Bl. 11 u. 12), der das erforderliche Material in Prähmen, die von einem Eimerkettenbagger gefüllt wurden, zugeführt wurde. Die starke Neigung der Schüttrinne ermöglichte das Aufbringen des Baggergutes mit wenig Wasserzusatz, wodurch die Aufweichung des Deichgeländes vermieden wurde. Durch fortwährendes Hin- und Herwandern der Hubmaschine wurde darauf hingewirkt, das Deichgelände ganz allmählich und thunlichst gleichmäßig zu belasten, und daran wurde die Hoffnung geknüpft, daß es trotz des wenig tragfähigen Untergrundes gelingen werde, ungleichmäßige Sackungen, seitliche Verdrückungen und Eintreibungen in das Canalprofil zu vermeiden.

Diese Hoffnung wurde indess nicht ganz erfüllt. Wie der geologische Längenschnitt Abb. 1 Bl. 9 u. 10 ersehen läßt, wird die Strecke von km 10 bis 12 unter der Bodenoberfläche von mehreren ziemlich festen Kleirücken, zwischen denen weiche Massen eingelagert sind, durchschnitten. Bei der Schüttung der Sanddämme zeigte es sich nun, daß zunächst weder in den festeren Rücken selbst, noch in den dazwischen liegenden weicherer Bodenmassen erhebliche Verdrückungen eintraten. Die Sanddämme drangen in die unteren weichen Bodenschichten nicht ein, weil diese, so lange sie noch zu beiden Seiten der Dämme durch festere Schichten überlagert waren, nicht ausweichen konnten. Eine seitliche Verdrückung der weichen Schichten und zwar nach der Canalseite hin konnte erst eintreten, nachdem das Canalprofil in größerer Tiefe ausgebaggert war. Und so geschah es denn, daß während der Baggararbeiten in den Jahren 1893 und 1894 zwischen den festeren Kleirücken nach und nach verschiedene Rutschungen eintraten, an beiden Canalufeln bei km 10,7, 11,2 und 11,7 (Abb. 7 u. 8 Bl. 9 u. 10). Sowie der weiche Boden unter den Sanddämmen auswich und in das Canalprofil eindrang, stürzte der Sanddamm mit der darauf angelegten Uferböschung nach, und an einigen Stellen wurde auch noch ein Theil des hinter dem Sanddamm angelegten Deiches mit in die Rutschung hineingezogen.

Die Verbauung dieser Rutschungen erfolgte auf drei verschiedene Weisen:

- a) durch Nachschütten der eingesunkenen Sanddämme,
- b) durch Abflachen der Böschungen,
- c) durch Abdeckung des Ufers mit Faschinenpackwerk.

Das erste Verfahren ist in den Querschnittszeichnungen Abb. 7a bis d Bl. 9 und 10 übersichtlich dargestellt. Sie war

für den Unternehmer, der nach dem Vertrage zum Nachschütten der Sanddämme verpflichtet war, sehr kostspielig; sie war auch nur so lange ausführbar, als noch Sand vom Lose V her angefahren werden konnte, und mußte aufgegeben werden, als die Herbeischaffung von Sand nur noch mit übermäßig hohen Kosten möglich war.

Die Art der Verbauung nach dem zweiten Verfahren zeigen die Querschnitte Abb. 8a bis c Bl. 9 u. 10. Eine derartige Abflachung der Böschungen wurde bei den meisten Rutschungen mit gutem Erfolge durchgeführt. Die drei- bis fünffach abgeöschten Ufer wurden zwischen + 18,0 und + 20,5 mit Ziegelbrocken 20 bis 40 cm stark beschüttet. Dieses Verfahren machte die Zurücklegung der Deiche nothwendig. An einigen wenigen Stellen, wo sich diese nicht ausführen liefs, wurde durch den Einbau eines Faschinenpackwerks entweder die ursprüngliche Uferlinie wieder hergestellt oder doch bewirkt, daß sie nur wenig verschoben zu werden brauchte und für den Deich die im Entwurf vorgesehene Lage beibehalten werden konnte.

Durch diese verschiedenen Arten der Verbauung hat die Strecke von km 10 bis 12 ein etwas unregelmäßiges Aussehen erhalten, wovon der Lageplan Abb. 9 Bl. 9 u. 10 ein Bild giebt. Diese kleinen Unregelmäßigkeiten in den Uferlinien machen sich aber bei der Durchfahrt durch den Canal wenig bemerkbar und, was die Hauptsache ist, sie sind für den Schiffahrtsbetrieb in keiner Weise störend oder hinderlich.

Die Gesamtmasse des zwischen km 10 und 12 durch Rutschungen in das Canalprofil eingedrungenen Bodens beträgt 29800 cbm. Diese Masse vertheilt sich auf 19 verschiedene Rutschungen, jede einzelne von ihnen war demnach nur von geringer Bedeutung.

In denjenigen Strecken der Niederung, wo die Schüttung von Sanddämmen schon bei Aufstellung des Entwurfs vorgesehen und wo mit Sicherheit darauf zu rechnen war, daß die Dämme bis zu großer Tiefe in den weichen Boden eindringen würden, sind nachträgliche Verdrückungen oder Abrutschungen in das Canalprofil nicht vorgekommen. Die Sanddämme haben sich in jeder Beziehung als durchaus haltbare Uferfassungen bewährt. Weder bei ihrer Schüttung noch in ihrem späteren Verhalten bei der Aushebung des Canalprofils und Herstellung der Uferanlagen ist etwas hervorgetreten, was nicht vorhergesehen war oder was zu Bedenken oder Befürchtungen irgend welcher Art Veranlassung geben könnte.

Gewinnung und Förderung des zu den Sanddämmen erforderlichen Bodens. Der zur Herstellung der Sanddämme erforderliche Boden sollte vertragsmäßig aus dem Canaleinschnitt von km 18 bis 26,2 entnommen werden, der zusammen mit der Strecke von km 13,2 bis 18 das Los V bildete. Dieser Einschnitt enthielt mehr als 2 Millionen Cubikmeter ziemlich reinen Sandbodens, der zur Schüttung der Dämme durchaus geeignet war. Für den Trockenbaggerbetrieb, der zum Aushub des Bodens und zur Förderung in die Dämme allein in Frage kommen konnte, ergaben sich aus den örtlichen Verhältnissen, insbesondere aus der Nothwendigkeit, die von der Canallinie durchschnittenen Wasserläufe für die Dauer des Trockenbaggerbetriebs um die einzelnen Ausschachtungen herum und zwischen ihnen hindurch zu leiten, vier getrennte Arbeitsstellen:

- 1) der Steinhuder Einschnitt . . km 19,7 bis 20,75
- 2) „ Dükerswischer „ . . . „ 21,4 „ 22,5
- 3) „ Hohenhörner „ . . . „ 22,6 „ 24,3
- 4) „ Klein-Bornholter „ . . . „ 24,4 „ 26,2.

Die Bauunternehmung stellte für diesen Betrieb drei von der Lübecker Maschinenfabrik gelieferte Trockenbagger ein. Davon waren zwei nach Bauart A (Text-Abb. 9 u. 10)

für hinterfahrenden Zug, die nach Bedarf entweder mit kurzer Leiter und mit nur oben offenen Eimern (nach Art der gewöhnlichen Nafsagger) versehen und dann zur Abaggerung der über Gleichhöhe liegenden Wand verwandt wurden oder, mit langer Leiter und mit oben wie auf der Rückseite offenen Eimern ausgerüstet, unter Gleichhöhe abgruben. Ferner einen

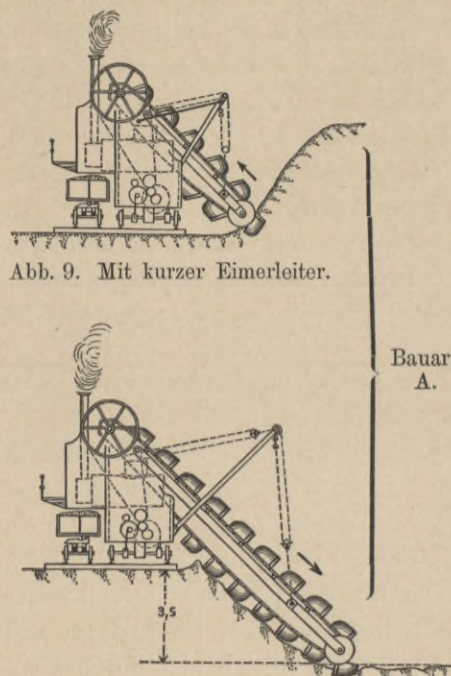


Abb. 9. Mit kurzer Eimerleiter.

Abb. 10. Mit langer Eimerleiter.

eingrichtet, hatten 3 bis $3\frac{1}{3}$ cbm Inhalt. Unter gewöhnlichen Verhältnissen beförderte eine Locomotive einen Zug von 30 Wagen, mithin 90 bis 100 cbm Boden.

Als Ausgangspunkt für den ganzen Trockenbaggerbetrieb war eine Stelle bei km 18,0 gegeben, wo die Itzehoe-Meldorfer Chaussee, die einzige für die Beförderung der schweren Arbeitsgeräte von der Eisenbahnstation Wilster oder Itzehoe her genügend tragfähige Straße zwischen Brunsbüttel und Grünenthal, den Canal auf festem Sandboden schneidet und wo für die Errichtung einer Betriebswerkstätte, von Locomotivschuppen

und dergleichen die günstigsten Verhältnisse vorlagen. Ein hier zwischen km 18,0 und 18,2 liegender kleiner Einschnitt in den nach Osten auslaufenden Rücken der Hochdonner Dünen, mit dessen Abgrabung von Hand mit Locomotivbetrieb im October 1888 begonnen wurde, lieferte den Sandboden zur Vortreibung eines vorläufigen, zur Aufnahme des Fördergleises dienenden Sanddamms an der westlichen Canalseite durch das Mooregebiet von km 18,2 bis 19,7, sodafs im März 1889 mit der Aufstellung des ersten Trockenbaggers in dem unter 1 genannten Steinhuder Einschnitt bei km 20,4 begonnen werden konnte.

In der Folge wurde stets zeitig genug, ehe in einem Einschnitt der erste Trockenbagger mit seiner Arbeit fertig wurde und zum nächsten nördlich gelegenen Einschnitt übergehen konnte, die zwischen beiden liegende Moorstrecke durch einen Gleisdamm aus geschüttetem Sand durchsetzt, auch

Trockenbagger nach Bauart B (Text-Abb. 11) mit portalartigem Ausschnitt zum Unterfahren des Zuges, nur mit langer Leiter und oben wie auf der Rückseite offenen Eimern versehen und nur unter Gleichhöhe abgrabend. Bei beiden Bauarten bewegte sich der Bagger über den stillstehenden Zug.

Die Betriebsmittel zur Erdförderung hatten 0,90 m Spurweite, die Locomotiven 100 Pferdekkräfte; die Wagen, zum Seitenkippen

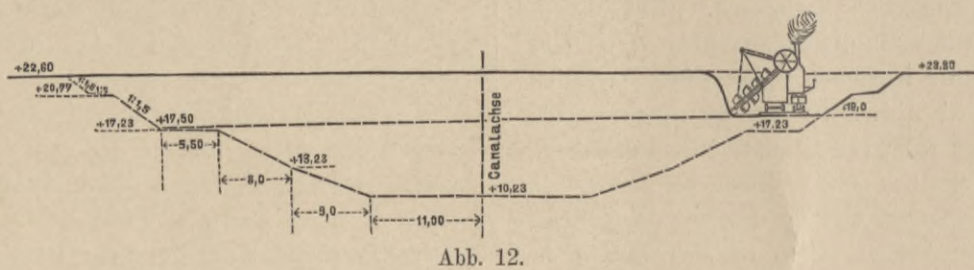


Abb. 12.

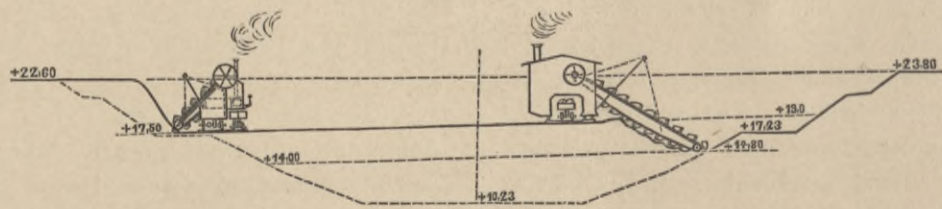


Abb. 13.

Steinhuder Einschnitt.

der Mutterboden und das den festen Boden streckenweise überlagernde Moor in genügendem Mafse abgegraben. Bei allen vier Einschnitten wurde mit dem Aushub an der östlichen Canalwand begonnen und nach der Westseite, woselbst wegen der günstigeren Steigungsverhältnisse die Fahrgleise angelegt wurden, hinübergearbeitet. Hinsichtlich der Ausführung der einzelnen Einschnitte ist folgendes mitzuteilen.

1. Steinhuder Einschnitt, km 19,7 bis 20,75. Nachdem am rechten*) Einschnittsrand durch Handladung ein

Schlitz bis auf + 19,0 m hergestellt war, begann am 17. April 1889 in diesem ein

Trockenbagger (Nr. I) nach Bauart A mit kurzer Leiter von rechts nach links hin zu arbeiten (Text-Abb. 12) und zwar auf der Strecke von km 20,25 bis

20,75, wobei die Sohle der Baugrube, dem vorhandenen Quergefälle der Bodenoberfläche folgend, von rechts nach links um etwa 1,50 m fiel. Nachdem durch diesen Bagger genügende Breite geschaffen war, trat am 25. Mai 1889 auf der Sohle + 19,0 m, wiederum rechts beginnend, ein Trockenbagger (Nr. II) nach Bauart B in Thätigkeit, der den zweiten Schnitt und zwar rechts bis im Mittel + 14,80 m, links bis + 14,0 m aushob (Text-Abb. 13). Dieser Aushub erstreckte sich von km 20,27 bis 20,74, wo reiner Sand anstand. Die Leistung beider Bagger, die nur tags arbeiteten,

betrug in zusammen 2740 zwölfstündigen Schichten 265 000 cbm, mithin im Durchschnitt 970 cbm in der Tagesschicht; der geförderte Sand wurde mittels des am linken Canalufer liegenden Fahrgleises zu den Dammschüttungen im Moor zwischen km 17,0 und 17,5 befördert. — Gegen den vollen Aushub

des Einschnittes im trockenen mittels eines dritten Schnitts sprachen folgende Gründe:

1) Die geringe Länge des Einschnitts, welche nicht nur den Baggerbetrieb selbst, sondern besonders auch die Entwicklung der Ausfahrtsrampe sehr erschwerte;

2) die Befürchtung, dafs die Wasserhaltungskosten im Verhältnifs zu dem geförderten Boden unverhältnismäfsig hoch sein würden;

3) die Nothwendigkeit, die hier verwandten zwei Trockenbagger möglichst bald nach den nördlich belegenen, den Schwerpunkt der Aufgabe bildenden Einschnitten vorrücken zu lassen, und die Möglichkeit, den Restaushub in bequemer Weise durch Nafsaggerung zu beschaffen.

*) Entsprechend den hierzu gehörigen Querschnittszeichnungen wird die östliche Uferseite fortan als die rechte und die westliche als die linke bezeichnet werden.

Der Trockenbagger I wurde daher, als er am 7. August 1889 den obersten Schnitt beendet hatte, in den nächstnördlichen Einschnitt nach km 21,7 befördert; Bagger II, der am 29. August mit dem zweiten Schnitt fertig war, stellte zunächst noch zwischen km 19,7 und 20,27 im Anschluss an den Einschnitt einen bis + 17,0 m reichenden Schlitz am rechten Ufer her, um die Herstellung der Uferdeckung und die weitere Abgrabung von Hand auf dieser in den oberen Schichten aus Moor und Mergel bestehenden Strecke im trockenem zu erleichtern, und wurde dann am 26. October 1889 nach dem nächsten Einschnitt versetzt.

Die Trockenhaltung des Einschnitts, der nur wenig Wasser lieferte und auch dies nur gleichmäßig aussickernd, nicht in Quellenform, geschah mit einer bei km 20,75 stehenden Pumpenanlage und wurde, um die hier nicht weiter zu behandelnde Abgrabung von Hand zwischen km 19,7

beginnen konnte (siehe den Querschnitt Text-Abb. 15), worin er später wieder durch Bagger III unterstützt wurde. Bagger III hatte den ihm zufallenden Theil des dritten Schnitts am 25. Februar 1890, Bagger I den zweiten Schnitt am 15. Mai 1890 beendet; beide wurden sofort in den nächstnördlichen Einschnitt übergeführt. Den vierten Schnitt, von + 14,50 m bis zu der auf im Mittel + 10,25 m liegenden Canalsole, bewirkte demnächst nach Vollendung des dritten Schnitts der Bagger II von Ende Juli bis Ende December 1890; derselbe liefs an der linken Canalwand den Streifen für sein Gleis von etwa 4,0 m Breite und der Höhenlage i. M. + 13,75 m stehen, der ursprünglich von Hand beseitigt werden sollte, jedoch wegen zu theurer Wasserhaltung später durch Nafsabgrabung beseitigt wurde. (Text-Abb. 16.)

Es sind mittels Trockenbaggerung in 7340 Arbeitsschichten eines Trockenbaggers (vorwiegend Tages-, nur ver-

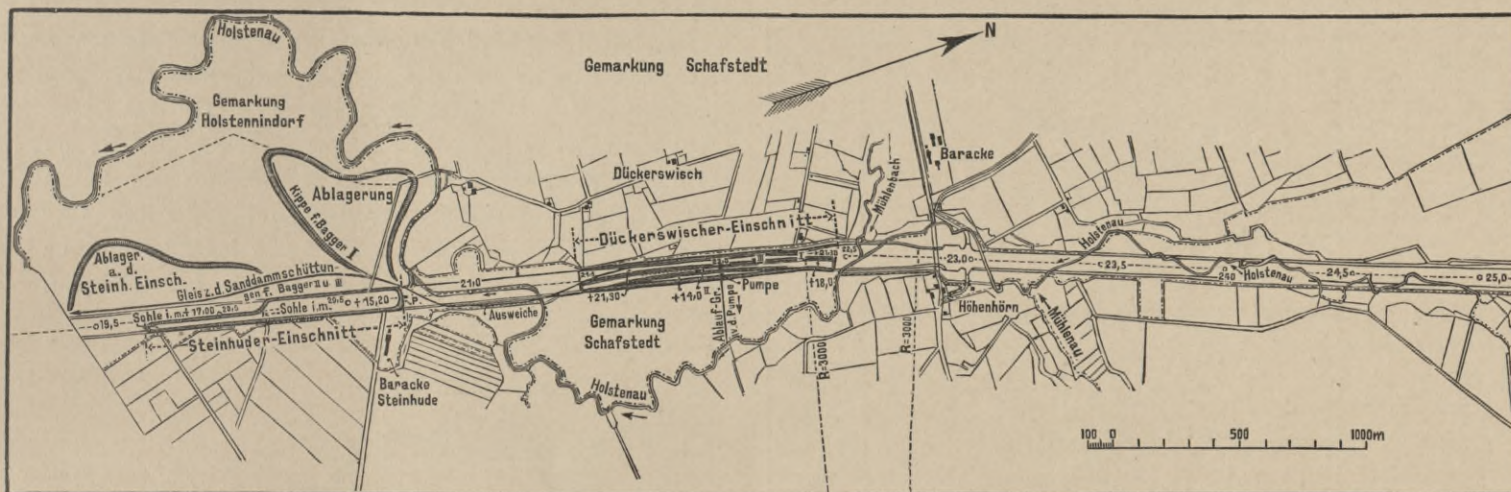


Abb. 14. Stand der Arbeiten am 1. December 1889.

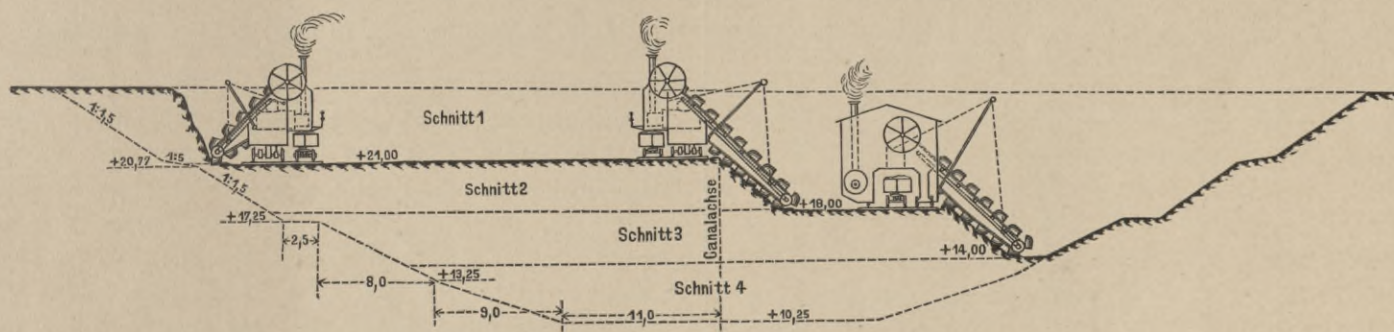


Abb. 15. Mittlerer Querschnitt des Dükerswischer Einschnitts am 1. December 1889.

und 20,2 sowie die Herstellung der Uferdeckung im trockenem zu ermöglichen, bis Ende Juli 1890 fortgesetzt.

2. Dükerswischer Einschnitt, km 21,4 bis 22,5. Hierzu der Lageplan und Querschnitt, Text-Abb. 14 und 15. Nachdem im April 1889 das Gleis auf Sandschüttung durch die Moorstrecke von km 20,8 bis 21,4 und zwar wegen der örtlichen Verhältnisse am rechten Canalrand vorgetrieben und am rechten Einschnittsrand von km 21,5 aus nach Norden mit dem Ausschachten eines Schlitzes mit der Sohle + 21,3 m begonnen war, wurde bei km 21,6 ein dritter Trockenbagger (Nr. III) nach Bauart A aufgestellt, der vom 26. Juni 1889 ab, mit kurzer Leiter auf der mittleren Höhe + 21,3 m nach links hin arbeitend, den Schlitz erweiterte und vom 23. August 1889 ab durch den aus dem Steinhuder Einschnitt kommenden Trockenbagger Nr. I unterstützt wurde (erster Schnitt). Dieser begann dann im October 1889, nach Umtausch der kurzen gegen eine lange Eimerleiter, auf 21,30 m laufend mit dem Abgraben des zweiten Schnitts (mittlere Sohle + 18,0 m), sodafs, als Mitte November 1889 der Bagger Nr. II von Steinhude hierher versetzt war, dieser auf + 18,0 m laufend den dritten Schnitt bis i. M. + 14,50 m

einzelnt Nachtschichten) 752000 cbm Boden aus diesem Einschnitt gefördert worden, mithin im Durchschnitt 1025 cbm in der Schicht. Die Vergrößerung der Leistung gegenüber der im Steinhuder Einschnitt ist der größeren Länge des Einschnitts und der besseren Schulung der Arbeitskräfte zuzuschreiben.

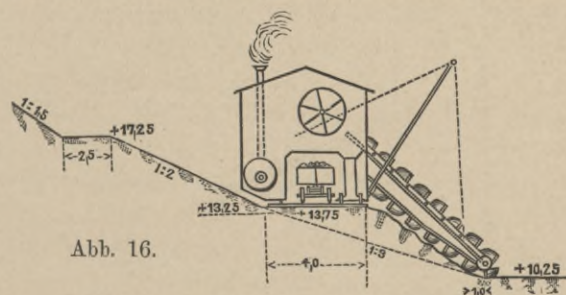
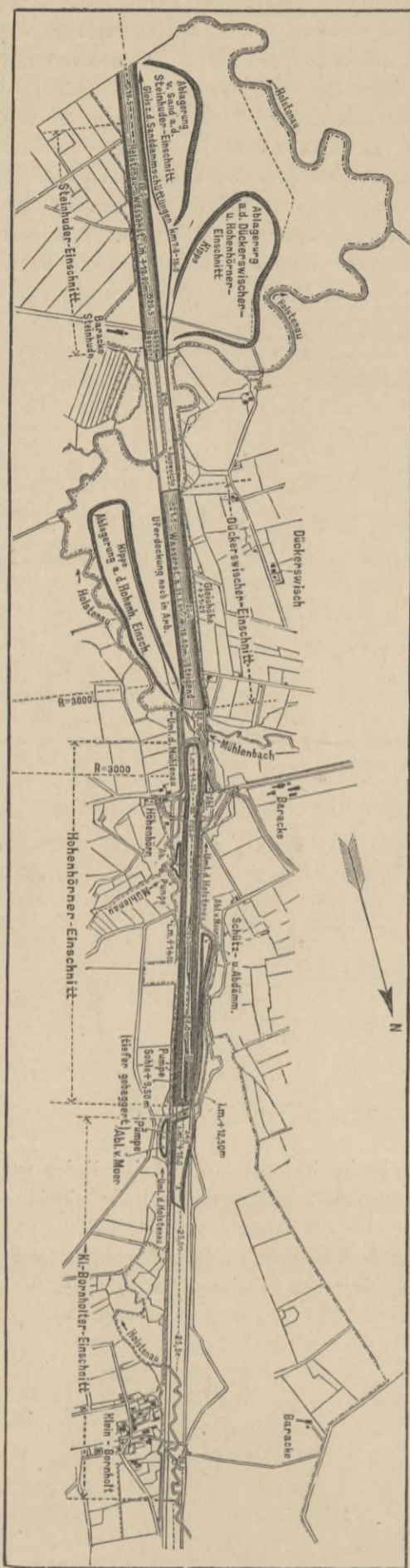


Abb. 16.

Von den geförderten Massen war etwa $\frac{1}{3}$ Mergel oder stark lehmiger Sand und wurde, weil zu den Sanddämmen nicht verwendbar, bei km 20,5 links abgelagert; der aus Sand bestehende Rest wurde zu den Dammschüttungen zwischen km 15,0 und 17,0 verwandt.

Wie aus dem den Stand der Arbeiten am 1. December 1889 darstellenden Lageplan (Text-Abb. 14) hervorgeht,

mündeten die Ausfahrngleise aus dem Einschnitt zunächst am rechten Ufer in eine bei km 21,2 liegende Ausweiche; weiter südlich bei km 20,6 theilte sich dann das Gleis in den nach Süden zu den Sanddämmen und in den nach Westen auf die Ablagerung führenden Strang. Nachdem



Stand der Arbeiten am 1. Juni 1891.

jedoch im April 1890 der linksseitige Sanddamm zwischen km 20,8 und 21,4 geschüttet und im Zuge desselben eine Brücke über die Holstenau bei km 20,8 hergestellt war, wurde, wie es beim Fortschreiten der Nafsbaggerung zweckmäßig war, die Mündung der Ausfahrngleise nach km 21,3 links in eine dort hergestellte Ausweiche verlegt, das rechtsseitige

Gleis aber für einen Theil der Förderung aus dem Hohenhörner Einschnitt noch eine Zeit lang beibehalten.

Aus dem geologischen Längenschnitt Abb. 1 Bl. 9 u. 10 sind die wechselnden Bodenarten des Einschnitts ersichtlich. Die in den Mergel eingeschlossenen Sandnester und Sandadern zwischen km 21,4 und 22,0 enthielten viel Wasser und gaben zu Ausspülungen der Böschungen Anlaß, die mit Faschinen und Steinbelastung wieder ausgebessert wurden. Die Wasserförderung erfolgte mittels zwei bei km 22,0 rechts stehender Kreiselpumpen; sie wurde Ende December 1890 eingestellt, der Einschnitt jedoch wegen der im Jahre 1891 noch fertig zu stellenden Uferdeckung nicht rasch durch Wassereinleiten von aufsen, sondern langsam durch das Grundwasser gefüllt.

3. Hohenhörner Einschnitt, km 22,6 bis 24,3. Hierzu der Lageplan Text-Abb. 17. Vor Beginn der Trockenbaggerung in diesem Abschnitt waren die auf großen Strecken im Canalprofil liegenden Wasserläufe Mühlenau und Holstenau, von denen letzterer auch das aus dem Grünenthaler Trockeneinschnitt geförderte Wasser abzuleiten hatte, aus dem Canalprofil heraus zu verlegen. Zu diesem Zweck wurde für die bei km 24,35 in einem neuen Bett vom rechten zum linken Ufer geführte Holstenau ein neuer Lauf am linken Ufer nahe der Erwerbungsgränze von km 24,35 bis 23,6 und von km 23,4 bis 22,9 hergestellt, auf letzterer hart am Ein-

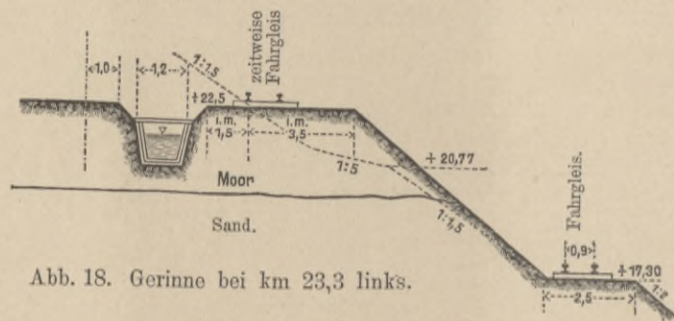


Abb. 18. Gerinne bei km 23,3 links.

schnittsrand liegenden Strecke mittels Holzgerinne (Text-Abb. 18); ferner wurde die bei km 23,05 rechts an das Canalprofil herantretende Mühlenau in einem neuen, theils vorläufigen, theils endgültigen Bett am rechten Ufer bis km 22,5 in das alte Holstenaubett abgeleitet (siehe die Lagepläne Text-Abb. 17 u. 20). Die Holzgerinne-Strecke von km 23,05 bis 23,35 links neigte bei Frost sehr zur Vereisung, wodurch die Gefahr eines Uebertritts des Wassers in den Einschnitt entstand; nach mehrfachen anderen Versuchen wurde durch Abdeckung des Gerinnes mit Stroh auf Querhölzern und darüber gespannte Drähte der Vereisung gänzlich vorgebeugt. Als weitere Vorsichtsmaßregel wurde im Bachlauf bei km 23,6 links ein Schütz mit anschließenden Dämmen errichtet, das die Möglichkeit bot, im Fall eines Undichtwerdens des Holzgerinnes das Wasser auf einige Stunden zu stauen und so die Ausbesserung eines Schadens am Gerinne zu ermöglichen. Als weitere vorbereitende Maßregel wurde der den Canal bei km 22,9 kreuzende öffentliche Weg nach Süden bis km 22,6 umgeleitet.

Das im Zuge der alten Bachbetten theilweise bis zur Tiefe +16,50 m anstehende Moor wurde in den oberen Schichten von Hand beseitigt; in den unteren Schichten bildete es eine erhebliche Erschwerung des Trockenbaggerbetriebs, da umfangreiche Sandschüttungen erforderlich waren, um ihm die für die Baggergleise erforderliche Tragfähigkeit zu verschaffen. Nach Vortreiben eines Schlitzes von Hand in den rechtsseitigen Sandanschnitt bei km 23,6 trat hier der Trockenbagger III am 3. April 1890 auf der Sohle +20,50 m, mit kurzer Leiter die darüber liegenden Massen abarbeitend, in Thätigkeit; dann auf derselben Sohle mit langer Leiter

bis + 17,0 m arbeitend, der Bagger I am 29. April 1890, wozu am 2. März 1891 der Bagger II hinzutrat. Der Arbeitsvorgang — im allgemeinen in vier Schnitthöhen — gestaltete sich dann ähnlich wie im Dükerswischer Einschnitt, nur lag die Sohle des dritten Schnittes auf einzelnen Strecken auf i. M. + 12,50 m, um dem den vierten Schnitt aushebenden Bagger II die Möglichkeit zu verschaffen, erheblich unter die Canalsohle zu greifen und hier für diejenigen Massen, besonders festen Mergels, die bei Einebnung der Böschungen von Hand abgegraben werden mußten, Raum zur Ablagerung zu schaffen. In diesem Einschnitt waren nie mehr als zwei Trockenbagger gleichzeitig in Thätigkeit, da beim Arbeitsbeginn des Baggers II der Bagger I in den Klein-Bornholter Einschnitt weiter befördert wurde.

Der Stand der Arbeiten am 1. Juni 1891 ist aus dem Lageplan Text-Abb. 17 ersichtlich. Die Trockenbaggerung war am 15. April 1892 beendet; das Profil wurde in vollem

ersichtlich. Von der Gesamtförderung aus dem Hohenhörner Einschnitt wurden rund 470 000 cbm Sand zu den Sanddämmen zwischen km 7,6 und 18,0 verwandt und 400 000 cbm rechts bei km 21,6 bis 22,4 abgelagert, der Rest nach den Ablagerungsflächen bei km 23,2 rechts, 20,5 und 24,1 links verbracht.

Die Wasserförderung, welche westlich etwa auf 1 km, östlich auf etwa 2 bis 3 km Entfernung fast alle Brunnen und Quellen versiegen ließ, war sehr erheblich und geschah zuerst mittels einer bei km 23,3 rechts errichteten Pumpenanlage, zu der später eine zweite bei km 24,2 rechts hinzutrat. Beide Anlagen wurden, als der Einschnitt sich seiner Vollendung näherte, durch eine Pumpenanlage bei km 22,7 ersetzt, die später auch das Wasser aus dem nördlichsten Einschnitt, km 24,4 bis 26,2, zu heben hatte. Zu diesem Zweck wurde der Wasserstand im Hohenhörner Einschnitt auch nach Vollendung der Erdarbeiten, zunächst während

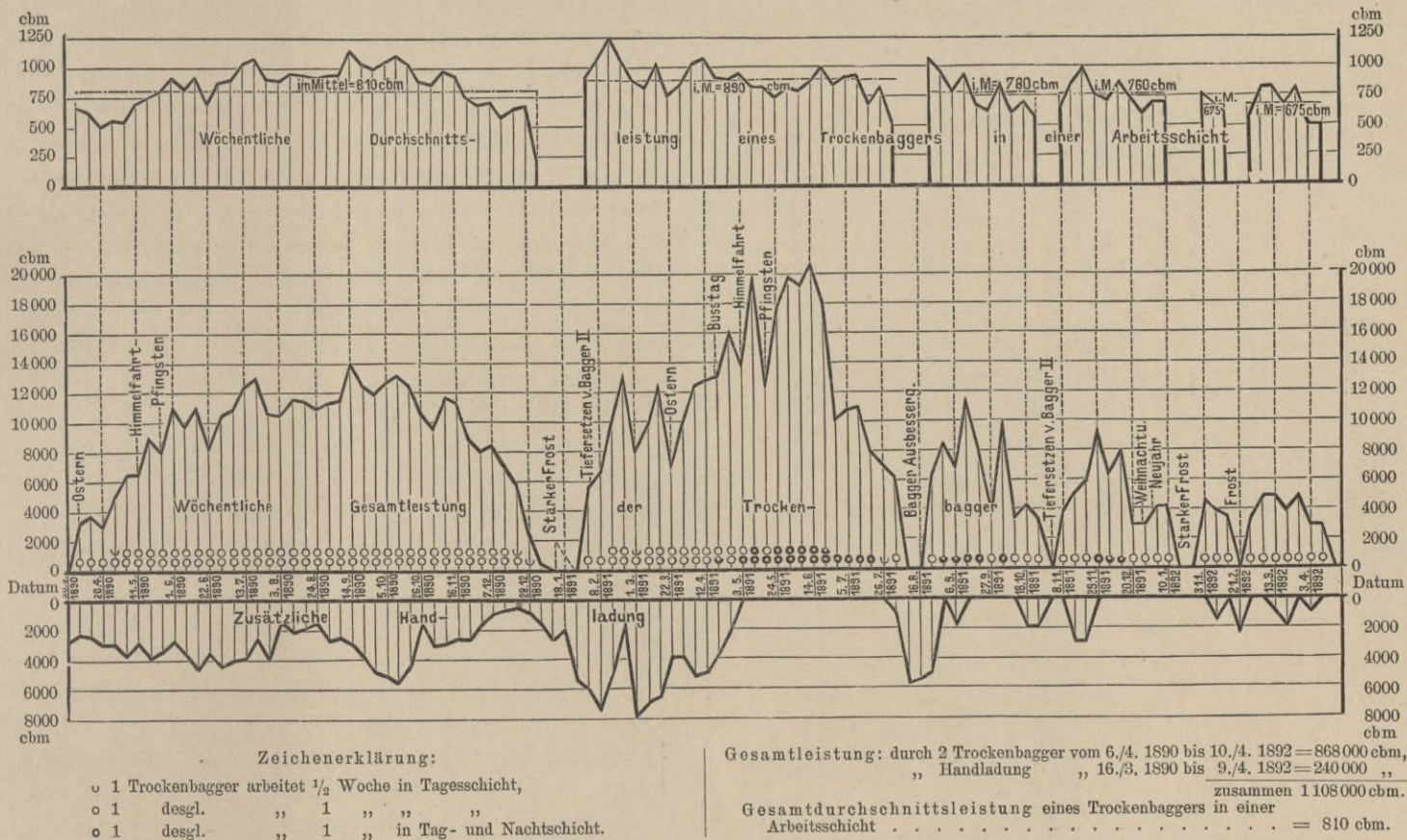


Abb. 19. Darstellung der Leistung der Trockenbagger im Hohenhörner Einschnitt, km 22,6—24,3.

Umfang ohne Rückstände ausgehoben; jedoch mußten bei der erst später als notwendig erkannten und demnächst vorgenommenen Kies- und Steinabdeckung des größten Theils der zweifachen unteren Böschungen etwa 8000 cbm überschüssigen Bodens auf der Sohle abgelagert werden, deren Beseitigung später durch Nafsbaggerung erfolgte.

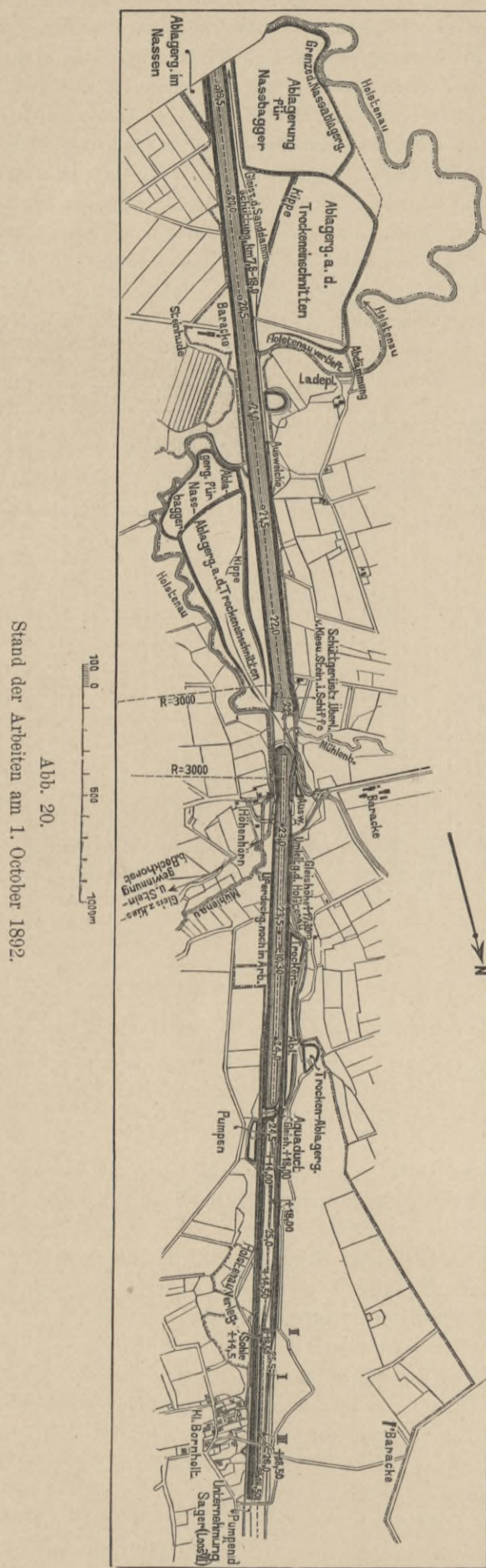
Die Gesamtleistungen der drei Bagger wie die täglichen Durchschnittsleistungen in einer Arbeitsschicht sind aus der bildlichen Darstellung Text-Abb. 19 ersichtlich. Die niedrige Durchschnittsleistung in einer Schicht ist verursacht: 1) durch die bei der Ueberführung der Bagger über Moornester sich ergebenden Verzögerungen; 2) durch schwierige Baggerung in dem über der Sohle vielfach anstehenden Mergel; 3) durch die Verwendung von Nacharbeit, da bei dieser die Tages- sowohl wie die Nachtschicht von 6 bis 6 Uhr, also nur 12 Stunden dauert, während bei Tagesbetrieb ohne Nacharbeit der Bagger meist von 5 Uhr morgens bis 7 Uhr abends arbeitet. In welcher Weise bei geringerer Leistung der Trockenbagger die Förderung durch Handladung ergänzt wurde, welchen Einfluß Frost, Feiertage und Umsetzen der Bagger auf die Leistung hatten, ist aus der Darstellung

des Jahres 1892, wo noch Abdeckungen der unteren Böschungen vorzunehmen waren, auf Sohle, dann bis Ende 1893 auf + 13,30 m gehalten.

4. Klein-Bornholter Einschnitt, km 24,4 bis 26,2. Hierzu der Lageplan Text-Abb. 20. Auch hier war, ehe mit den eigentlichen Bauarbeiten begonnen wurde, die vielfach im Canalprofil liegende Holstenau aus diesem heraus und zwar an das rechte Ufer zu verlegen. Zwischen km 24,5 und 25,0, wo ziemlich festes Moor anstand, geschah dies mittels offenen Grabens, von km 25,55 bis 26,2, wo Sand und theilweise weiches Moor die Oberfläche bildeten, mittels Holzgerinnes; ebenso wurde auch hier der den Canal bei km 25,9 schneidende öffentliche Weg nach km 26,2 umgelegt, bis er — nach Abfindung der benachbarten Gemeinden — später gänzlich aufgehoben werden konnte. Die vorgängige Beseitigung des im Arbeitsfelde vielfach anstehenden Moors fand hier ähnlich wie bei Hohenhörn mittels Handladung statt.

Die Trockenbaggerung begann am 3. Mai 1891 mit Trockenbagger I bei km 24,5, zu dem am 19. Juli 1891 der Bagger III und am 17. April 1892 der Bagger II hinzutrat. Sie wurde im südlichen Einschnittstheil, wo nach

Abräumung des Moors die Bodenoberfläche niedrig lag, in vier Schnitten, im nördlichen höheren Einschnittstheil in fünf Schnitten, sonst in üblicher Weise ausgeführt. Die Sohlen der Schnitte lagen im Mittel auf $+23,0$ bis $24,0$, auf $+18,0$ bis $19,0$, auf $+14,5$ bis $+16,0$ und auf i. M.



Stand der Arbeiten am 1. October 1892.

$+12,5$ m; zeitweise wurden auf kürzeren Strecken wegen besonderer Bodenverhältnisse noch Zwischenstufen eingeschaltet. Besondere Schwierigkeiten erwuchsen für den Bestand der Baggergleise zwischen km 25,3 und 25,6, wo sich mehrfach tiefe, mit moorig-thoniger glitschiger Masse gefüllte Mulden im Canalprofil fanden.

Die Leistungen der drei Trockenbagger im Klein-Bornholter Einschnitt sind aus der bildlichen Darstellung Text-Abb. 21 ersichtlich. Die großen Einheitsleistungen in der zweiten Hälfte des Jahres 1892 finden darin ihre Erklärung, daß damals die Bagger nur tags arbeiteten, überdies zwei in der nördlichen Einschnittshälfte in reinem Sand und vor hohen Wänden. Der Stand der Arbeiten am 1. October 1892 ist aus Text-Abb. 20 ersichtlich.

Nach Beendigung des Aushubs, wobei keinerlei Rückstände im Canalprofil verblieben, trat am 17. Mai 1893 Bagger II, dann Bagger III, am 7. Juli 1893 Bagger I endgültig außer Betrieb. Von der Gesamtleistung aus dem Einschnitt sind 770 000 cbm zu den Sanddämmen zwischen km 7,6 und 18,0 verwandt, 360 000 cbm bei km 20,0 links, 595 000 cbm zwischen km 21,6 und 22,4 rechts, der Rest nahe der Gewinnungsstelle abgelagert worden. Die Ausfahrgeleise lagen stets am linken Ufer, wobei zeitweise das auf $+17,30$ m liegende linksseitige Bankett des Hohenhörner Einschnitts für das Gleis benutzt wurde. Um dies zu ermöglichen, wurde der das Canalprofil bei km 24,35 kreuzende Bach mittels eines 20,0 m im lichten weiten Aquaducts in Holzfachwerk über das Gleis geführt.

Die Wasserförderung erstreckte ihre Wirkung noch weiter, als die im Hohenhörner Einschnitt, und war dementsprechend sehr erheblich; sie geschah zuerst durch zwei, dann durch drei bei km 24,45 rechts stehende Pumpen; dieselben warfen ihr Wasser zuerst bis auf $+24,5$ m in das Holstenaubett, später, als der Hohenhörner Einschnitt vollendet und bis $+13,30$ m mit Wasser gefüllt war, mittels eines durch die Erdrippe bei km 24,35 getriebenen Stollens in diesen Einschnitt, von wo es dann die bei km 22,70 stehenden Pumpen soweit hoben, daß es frei abfließen konnte.

Allgemeine Bemerkungen zur Herstellung des Einschnitts von km 18 bis 26,2. Die Füllung der Einschnitte mit Wasser geschah zuerst beim Steinhuder und beim Dükerswischer Einschnitt langsam durch Steigenlassen des Grundwassers. Nachdem sich jedoch bei letzterem Einschnitt gezeigt hatte, daß der sehr feine Sandboden von etwa 0,30 m über bis etwa 1,50 m unter dem jeweiligen Wasserstand eine weiche, fast breiartige Beschaffenheit annahm, sodafs unbedeutende äußere Ursachen Rutschungen hervorriefen, wurde bei den beiden letzten Einschnitten die Wasserfüllung thunlichst beschleunigt (beim Hohenhörner Einschnitt allerdings mit der oben erwähnten Zwischenstufe $+13,30$ m), um diese gefahrvolle Uebergangszeit abzukürzen. Sobald der Sand 1,5 bis 2,0 m Wasser über sich hatte, wurde er wieder fester.

Die Beseitigung der zwischen den einzelnen Einschnitten verbliebenen Erdkörper erfolgte durch Nafsbaggerung und bot nichts bemerkenswerthes.

Bei Beurteilung der Leistungen der Trockenbagger ist in Betracht zu ziehen, daß fast der ganze zu den Sanddamm-schüttungen geeignete Sand auch dazu verwandt, Lehm, Mergel und Moor dagegen hiervon ausgeschlossen werden mußten. Hieraus erwuchsen manche Behinderungen und somit Minderleistungen des Trockenbaggerbetriebes. Bei der häufig wechselnden Bodenbeschaffenheit mußte durch wiederholte Verschiebungen und Versetzungen der Trockenbagger, Aenderungen in den Entladestellen der Züge und dergl. dafür gesorgt werden, daß die Sandabfuhr für diese Dämme stets möglichst gleichmäßig blieb und jedenfalls nicht unterbrochen wurde; denn bei den großen, von den Sandzügen zu durchmessenden Wegelängen (bis zu 15 km) und der nur eingleisigen, südlich von km 21,4 in Abständen von 3 bis 4 km mit Ausweichen versehenen Förderbahn mußte jede

bei einem einzelnen Zug vorkommende Störung nachtheilig auf den ganzen Betrieb einwirken.

Die Möglichkeit, die Trockenbagger der Bauart A sowohl mit kurzer als mit langer Leiter benutzen zu können, gewährte manche Vortheile. Die Arbeit mit kurzer Leiter war bei Frost, wo die steile Erdwand erst spät gefriert, und besonders beim obersten Schnitt in stark wechselnden Bodenhöhen, wie sie hier vielfach vorkommen, vortheilhaft, da in solchem Fall für das Gleis der Bagger mit langer Leiter die Bodenmulden erst ausgefüllt werden müssen, während die Arbeit des Baggers mit kurzer Leiter nahezu unabhängig ist von der Höhe der anstehenden Wand. Dagegen hatte die gleichzeitige Verwendung der Bauarten A und B wegen der Spürverschiedenheit manche Unbequemlichkeit im Gefolge. Als

des meist unter dem Druck höheren Grundwassers stehenden Sandes an solchen Stellen, wo er auf undurchlässigen Schichten lagert, schon gegeben, so wurde sie noch vergrößert durch die meist sehr feine Beschaffenheit des Sandes. Von drei in der fraglichen Canalstrecke vorkommenden Arten von Sand, die auf ihre Feinheit durch Sieben geprüft wurden, sind nachstehend in Abb. 22 die Ergebnisse aufgetragen. Nr. 1 ist der gröbste, Nr. 3 der feinste. Vorwiegend vorkommend und auch die meisten Rutschungen aufweisend ist der Sand Nr. 2; er besteht aus weissen rundlichen Quarzkörnern und hat nur etwa 1 v. H. Thontheile. Nr. 3 hat neben etwa 3 v. H. Thontheilen eine erhebliche Beimengung von Glimmer. Zum Vergleich diene, dafs der zur Prüfung von Portland-Cement vorgeschriebene normengemäfs

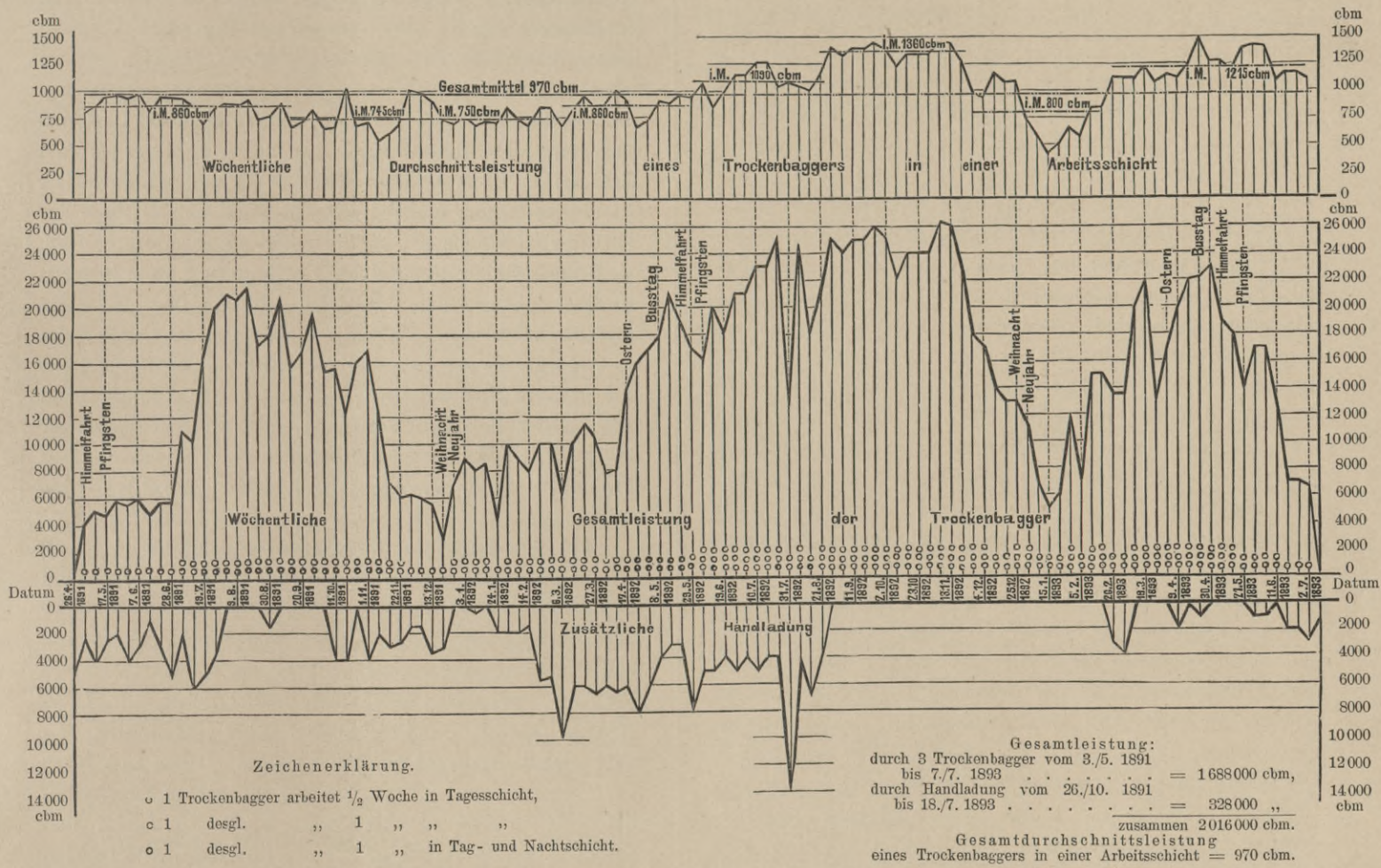


Abb. 21. Darstellung der Leistung der Trockenbagger im Kl.-Bornholter Einschnitt, km 24,4—26,2.

zweckmässigstes Geräth erscheint ein Bagger nach Bauart B, der sowohl mit kurzer wie mit langer Leiter arbeiten kann.

Rutschungen in den Trockeneinschnitten des Loses V und Verbauung derselben. Die vier im trocknen hergestellten Theilstrecken des Loses V schneiden in den unteren Schichten überall in diluviale Bodenarten ein und zwar vorwiegend in Sand, der jedoch häufig und mannigfaltig von Nestern und Bänken von Lehm, Thon und Mergel, ohne irgend welche ausgesprochene Schichtung, durchsetzt wird und anscheinend überall, wenn auch meist erst unterhalb der Canalsole, auf einer durchgehenden mächtigen Schicht von grauem festen Mergel aufsitzt. War durch diese Verhältnisse die Gefahr von Abrutschungen

Sand zwischen 60 und 120 Maschen auf 1 qcm liegen soll.

— Von den hier vorgekommenen Rutschungen zeigten die meisten eine ausgeprägte Muldenform, theilweise rechtwinklig zu den Canalufeln ansetzend. Bei diesen Muldenrutschungen ist die Ursache anscheinend immer ein infolge vermehrten Grundwasseraustritts entstandenes schnelles Austreiben des feinen und fast reibungslosen Sandes auf einer ganz oder annähernd undurchlässigen Schicht. Angekündigt wurden die Rutschungen mehrfach durch Aufsteigen von Gischt an der Rutschstelle beim ersten Eintritt der Bewegung; vergrößert wurde die durch sie veranlasste Zerstörung meist dadurch, dafs die den unteren Theil der Uferdeckung bildenden Betonplatten, auch nachdem schon

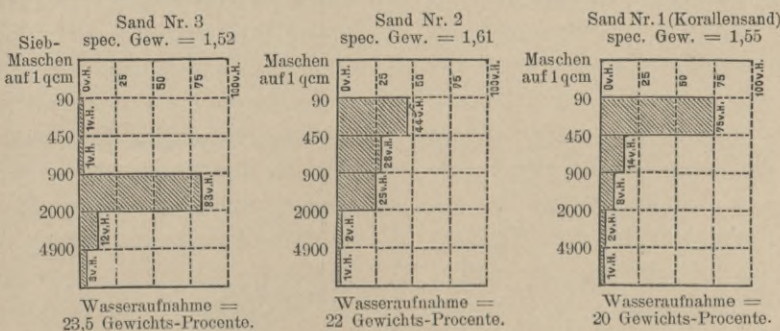


Abb. 22.

erhebliche Mengen des unter ihnen liegenden Sandes abgeflossen waren, meist nicht nachbrachen, sondern sich auf größere Längen (15 m und mehr) vermöge ihrer Verspannung frei tragend hielten, sodafs eine rechtzeitige Abdeckung des Kerns der Rutschung durch die herabstürzenden Uferdeckungs-materialien nicht erfolgte.

Bei einer zweiten, nur vereinzelt eingetretenen Art von Rutschungen kam während der Wasserfüllung des bis dahin trockenen Einschnitts oder kurze Zeit darauf die Uferdeckung und fast nur diese, ohne dafs erhebliche Erdmassen der Canalwandung mit absanken, zum Abrutschen. Diese Flachrutschungen, die ausschliesslich auf Strecken mit nur 2,5 m breitem Unterwasserbankett und in reinem gleichmäßigen Sand vorkamen, sind im wesentlichen darauf zurückzuführen, dafs der im trockenen Zustand feste Sand des Unterwasserbanketts durch die Sättigung mit Wasser seine Festigkeit verloren hatte und zu einer fast adhäsionslosen Masse geworden war, die unter dem durch die schwere Uferdeckung auf das Unterwasserbankett ausgeübten Druck, trotzdem dies Bankett nebst der darunter liegenden zweifachen Uferböschung meist mit Kies und Grand gedeckt und somit etwas gestützt war, nach dem Canal-Innern hin auswich, sobald eine geringfügige von aussen kommende Mehrbelastung (Regen, steigender Grundwasserstand usw.) das vorher schon fast labile Gleichgewicht in ungünstigem Sinne beeinflusste. Diese Flachrutschungen sind, offenbar nicht zufällig, fast nur auf solchen Strecken eingetreten, wo die Uferdeckung über dem unteren Betonstreifen aus Granitpflaster von 0,50 m Stärke bestand (0,25 m Pflaster auf 0,25 m Kies und Grand), während auf Strecken mit ganz ähnlichem Sandboden, wo jedoch der obere Theil der Uferdeckung aus schwächerem und leichterem Klinkerpflaster bestand, meistens zwar ein geringes Absacken der Uferdeckung, nicht aber eine Zerstörung eintrat.

Während der Bauausführung sind so innerhalb der Trockeneinschnitte des Loses V 18 Rutschungen eingetreten, sie waren indes alle von geringem Umfange, wie am besten daraus hervorgeht, dafs der Gesamthalt der abgerutschten und der zur Abflachung der Böschungen an den Rutschstellen abgetragenen Bodenmassen nur gegen 18000 cbm betrug. Die Beseitigung der abgerutschten Massen geschah zum Vertragspreis, 0,95 \mathcal{M} für 1 cbm; die Erneuerung der Uferdeckung in den Rutschungen einschliesslich kräftigen Vorfulses von Kies und Grand hat im Durchschnitt rund 80 \mathcal{M} für 1 m abgerutschtes Ufer gekostet.

Los I und II. In Los I und II, km 1,25 bis 5,60, liegt das Canalprofil durchweg in Kleiboden, der stellenweise mit dünnen Moorschichten überlagert und durchsetzt ist. Diese Bodenschichten waren sowohl im Trockenbetrieb als durch Schwimmbagger leicht zu lösen. Erschwerend für den Trockenbaggerbetrieb war nur der Umstand, dafs der an sich wenig feste Kleiboden bei regnerischer Witterung in den oberen Lagen stark aufweichte und dafs in diesem aufgeweichten Boden sowohl die Gleise für den Bagger wie die Fördergleise, besonders die an den Entladungsstellen — Kippen — schwer zu halten waren. Bei dem Trockenbaggerbetrieb in Los I kamen auch stellenweise in den unteren Schichten starke Quellen zum Aufbruch, welche Abrutschungen an den Böschungen verursachten und daher den Trockenaushub bis zur vollen Tiefe nicht überall rätlich erscheinen liessen. Eingestellt waren ein Trockenbagger für Los I, km 1,25 bis 3,87, und ein Nafs-bagger für Los II, km 3,87 bis 5,60. Als in Los I an den Böschungen des trocken gehaltenen Canalprofils die ersten Anzeichen von Rutschungen eintraten, wurde Wasser eingelassen und der nicht sehr erhebliche Rest des Bodenaushubs ebenfalls durch den Nafs-

bagger bewerkstelligt. Letzterer war ein Eimerkettenbagger mit Schwemmvorrichtung, von dem das Baggergut durch eine 120 m lange Rohrleitung unmittelbar auf die seitlichen Ablagerungsflächen geprefst wurde.

Los VI. Los VI, km 26,2 bis 38, mit einer Bodenbewegung von rund 14 Millionen Cubikmeter umfasst den Durchstich des Höhenrückens zwischen dem Elbe- und Eidergebiet und eine ungefähr 5 km lange Canalstrecke in der Gieselau-Niederung. Die ausserordentliche Gröfse der in dem Höhenrückens zu bewirkenden Ausschachtung — der größte Querschnitt misst ungefähr 2900 qm — wies von vornherein auf einen grofsartigen Trockenbaggerbetrieb hin, und dieser wurde denn auch von der Bauunternehmung sofort eingerichtet. Nach dem genehmigten Arbeitsplan sollten sechs Trockenbagger und vier Nafs-bagger eingestellt werden. Der Unternehmer zog es aber vor, anstatt der sechs Trockenbagger deren acht zu beschaffen, und die Arbeiten wurden damit so gefördert, dafs von den in Aussicht genommenen vier Nafsbaggern einer entbehrt werden konnte. Die Ausschachtung des Höhenrückens machte trotz ihrer grofsen Tiefe bis zu 32 m keinerlei besondere Schwierigkeiten. Der Grundwasserzufluss wurde zwar mit zunehmender Tiefe der Baugrube allmählich ein recht starker, er konnte aber doch mit Hülfe kräftiger Pumpen ohne allzugrofse Kosten jederzeit bewältigt und so das Canalprofil bis zu voller Tiefe im trocknen ausgehoben werden. Nur an einer Stelle, bei km 29, trat, als der Bagger schon im letzten Schnitt arbeitete, eine größere Rutschung ein, zuerst an der rechten, dann auch an der linken Uferböschung, die bei sehr langsamer Bewegung der Bodenmassen allmählich einen solchen Umfang annahm, dafs der Trockenbaggerbetrieb eingestellt werden mußte.

Auf der fraglichen Rutschstrecke, km 28,9 bis 29,3, war die Trockenbaggerung am 10. Juni 1894 in der rechten Profilhälfte etwa bis + 12,50 m gediehen und hatte in dieser Tiefe eine Schicht mergelhaltigen sehr feinen Sandes von rund 2 m Mächtigkeit angeschnitten; die rechtsseitige obere Böschung war fertig eingeebnet und begrünt, die Uferdeckung daselbst — Basaltplaster über Betonplatten — fertig gestellt. Am Abend des 10. Juni stellten sich Risse

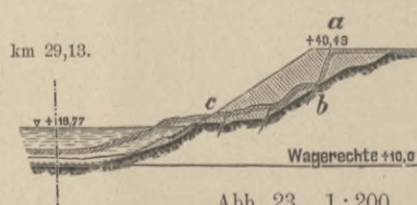


Abb. 23. 1:200.
Rutschung rechts.

am rechten Einschnittsrande bei *a* ein, und im Laufe der folgenden Tage sank dann der Erdkeil *abc* ganz allmählich bis zu der in nebenstehender Abb. 23 angedeuteten Tiefe herab, während gleichzeitig die Sohle sich hob und der untere Böschungstheil mit der Uferdeckung, letztere bis zu 9 m, in das Canalprofil hinein nahezu wagrecht verschoben wurde. Am 13. Juni abends erreichten die Bewegungen in dieser rechtsseitigen Rutschung ihr Ende. Es wurde dann mit der Beseitigung der vorgeschobenen Massen sofort begonnen und, um weitere Bewegungen zu vermeiden, die $1\frac{1}{2}$ fache Einschnittsböschung um rund 15 m zurückverlegt.

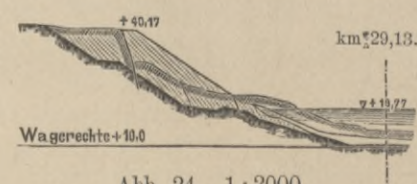


Abb. 24. 1:2000.
Rutschung links.

Die aufgetriebene Canalsohle wurde mittels Trockenbaggerung wieder auf im Mittel + 11,50 vertieft.

Bei Erreichung dieser Tiefe zeigten sich jedoch am 19. September 1894 an der linken Uferseite derselben Canalstrecke die Anfänge einer neuen Rutschung. Zuerst stieg die Bagger-

sohle auf, dann senkte sich der linksseitige Einschnittsrand, und gleichzeitig trat eine seitliche Verschiebung der unteren Böschungstheile ein, ganz ähnlich wie früher an der gegenüberliegenden rechten Uferseite (Text-Abb. 24). Die tiefste Senkung betrug ungefähr 7 m, die größte Verschiebung 6 m. Ende September hörten die Bewegungen auf. Sie dehnten sich aus über eine Uferstrecke von 430 m Länge.

Beide Rutschungen hatten ihre Ursache in der schon erwähnten zwischen + 11,0 und + 13,0 auf einer Schicht festen Mergels liegenden mergel- und stark wasserhaltigen Sandschicht. Diese Bodenschicht quoll, nach Störung des Gleichgewichts infolge des Profilaushubes, in der Canalsohle aus und brachte so die oberen Böschungstheile zum senkrechten Absturz, die unteren zur Verschiebung. Am linken Ufer traten die Bewegungen später ein, weil dort noch größere Baggerstücke standen und so die Gesamtböschung flacher war, als an der rechten Seite; erst durch die weitere Aufräumung des Canalprofils wurde das bis dahin noch bewahrte Gleichgewicht auch an dieser Seite aufgehoben.

Die Entlastung erfolgte an der linken Uferseite ebenso wie an der rechten durch Zurückverlegung der oberen Einschnittsböschung um 15 m. Der Boden wurde in den oberen Theilen mittels Trockenbagger in zwei Schnitten von je 7 m senkrechter Tiefe, nahe über Wasser von Hand abgetragen. Die spätere volle Vertiefung des Profils geschah mittels Nafsbaggerung, wobei die Böschungen unter Wasser durchweg eine dreifache Anlage erhielten. Zur Verhütung von größeren Abbrüchen des gerutschten, meist aus feinem Sand bestehenden Materials mußten während der Nafsbaggerung sehr bedeutende Mengen Kies und Grand angeschüttet werden; nur dadurch wurde es möglich, bis zu dem für die Canaleröffnung festgesetzten Tage ein zur Noth ausreichendes Fahrwasser zu schaffen.

Die zuerst nur bis km 29,4 ausgeführte linksseitige Entlastung wurde nach nebenstehendem Profil (Abb. 25) noch im Juni 1895 bis km 29,62 fortgesetzt, als sich Ende Mai zwischen km 29,5 und 29,6 neue Risse in der oberen Böschung gezeigt hatten.

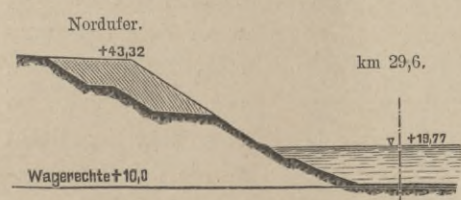


Abb. 25. 1:2000.

Eine Abrutschung von Bodenmassen wurde hier vermieden.

Die nach vorstehendem außerhalb des normalen Canalprofils ausgehobenen Massen betragen rund 380 000 cbm.

Weitere besondere Arbeiten wurden erforderlich zur Wiederherstellung und Sicherung der rechtsseitigen Unterwasserböschung zwischen km 28 und 28,25. Die Böschung war hier nicht eigentlich abgerutscht, sondern durch langsames Ausfließen des feinen, schwach mergelhaltigen und stark wasserführenden Sandes zerstört worden. Trotz zahlreich eingelegter Sickeranäle, die sich immer wieder verstopften und so das Wasser nicht dauernd abführten, floß der Sand bis zum Fusse der zweifachen Böschung herunter in so starkem Maße ab, daß ein Nachrutschen der oberen begrüntten Böschung befürchtet werden mußte. Für eine Abtragung dieser oberen Böschung lagen die Betriebs- und örtlichen Verhältnisse sehr ungünstig. Es wurde deshalb, wie in der nebenstehenden Abb. 26 angedeutet ist, die ausgespülte Böschung durch eine bis zum Unterwasserbankett hinaufgehende Faschinenpackung mit Kies und Steinbelastung und mit Sandhinterfüllung wieder hergestellt. Diese Art der Verbauung hatte den Erfolg, daß ein weiteres Ausfließen von Sand nicht mehr stattfand und Nachrutschungen aus der oberen Böschung vermieden wurden. Auch die $1\frac{1}{2}$ fache

Steinböschung konnte über dem Faschinenpackwerk planmäßig hergestellt werden.

Lose VII und VIII. Die Lose VII, km 38 bis 48, und VIII, km 48 bis 60, mit rund $5\frac{1}{4}$ und 7 Millionen Cubikmeter Erdbewegung, wurden zum weitaus größeren Theil im Nafsbaggerbetrieb ausgeführt. Sie liegen fast in ihrer ganzen

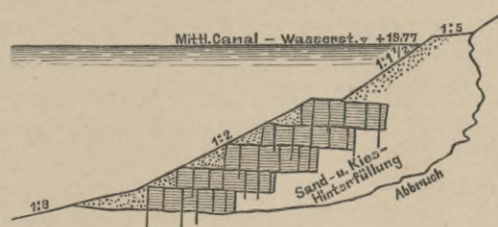


Abb. 26.

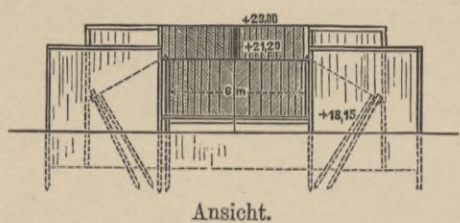
Länge in den Niederungen der Eider und ihrer Nebenflüsse, sodafs die Bagger von der Eider aus im Lose VII durch die Gieselau und Haalerau, im Lose VIII durch die Luhnau und Jevenau fertig zusammengebaut und ausgerüstet an die Arbeitsstellen gelangen konnten. Im Lose VII, wo die Gieselau und Haalerau durch die Schleusen von nur 5 bis 6 m Weite, die eine Durchfahrt der Bagger nicht gestatteten, von der Eider abgeschlossen sind, mußten freilich, um die Bagger-schiffe von der Eider in die genannten Flußläufe hineinzubringen, besondere Umläufe hergestellt, oder — wie das in einem Fall geschehen ist — der Bagger auf hölzernen Gleitbahnen, die eigens für den Zweck hergestellt wurden, neben der Schleuse über den Deich gebracht werden. Aber die Arbeiten waren in wenigen Wochen auszuführen, und auch die Kosten waren ohne Zweifel geringer, als die Kosten, die daraus erwachsen wären, wenn der Bagger in seinen einzelnen Theilen hätte an die Baustelle gebracht und dort zusammengebaut werden müssen.

Beschäftigt wurden im Los VII bis zum Jahr 1892 drei Nafsbagger und für die Dauer von sechs Monaten ein Trockenbagger. Im September 1892 wurde ein vierter und im Juli 1893 ein fünfter Nafsbagger eingestellt. Im Laufe des Jahres 1894 wurde außerdem noch mit zwei Trockenbaggern gearbeitet.

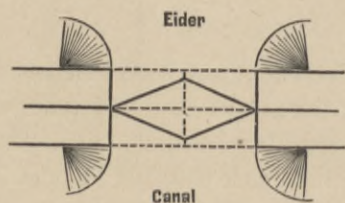
Im Los VIII arbeiteten zuerst vier, dann vom Jahr 1890 an sieben Nafsbagger, die alle so eingerichtet waren, daß sie sowohl in Schuten baggern, als auch durch Spülung mit oder ohne Druck das Baggermaterial unmittelbar auf die seitlichen Ablagerungsflächen bringen konnten. Von diesen sieben Baggern wurde einer im Juli 1892, ein zweiter im Juli 1893 außer Dienst gestellt. Ein Trockenbagger arbeitete neun Monate lang in dem leichten sandigen Boden am Ende des Loses bei km 60.

Im Los VII mußten zur Durchführung des Canals durch das sog. Reitmoor, km 41 bis 46,5, in ähnlicher Weise wie im Gebiet der Burg-Kudenseer Niederung an beiden Ufern Sanddämme geschüttet werden. Da indes die Moorschicht höchstens 4 m dick und in größerer Tiefe überall fester tragfähiger Boden vorhanden war, so war die Herstellung dieser Dämme weder schwierig noch sehr zeitraubend. In Los VIII wurden die Baggerarbeiten im ersten und zweiten Baujahr dadurch erschwert und zeitweilig gestört, daß durch die offene Verbindung mit der Luhnau und Jevenau und durch diese mit der Eider nicht nur der regelmäßige Wechsel der Ebbe- und Fluthwasserstände, sondern auch die durch Stürme erzeugten Hochfluthen in das Canalgebiet übertragen wurden. Die Bauunternehmung mußte es sich deshalb angelegen sein lassen, den Canal baldmöglichst gegen Zufüsse aus der Eider abzuschließen, und dies geschah im Laufe des Jahres 1891 dadurch, daß der am nördlichen Canalufer herzustellende hochwasserfreie Deich in seiner ganzen Länge

durchgeführt und die den Canal mit der Eider verbindenden Wasserläufe durch Sperrschleusen geschlossen wurden. Eine gröfsere Schleuse von 6 m Lichtweite mit Stau- und Fluththoren (s. nachstehende Abb. 27) kam in einem bei km 54,7 hergestellten Durchstich zur Ausführung, um zu Zeiten des Wasserspiegelausgleiches zwischen der Eider und dem Canal das Durchschleusen von Fahrzeugen und Baggern zu ermög-



Ansicht.



Oberansicht.

Abb. 27. Schiffahrt-Schleuse.

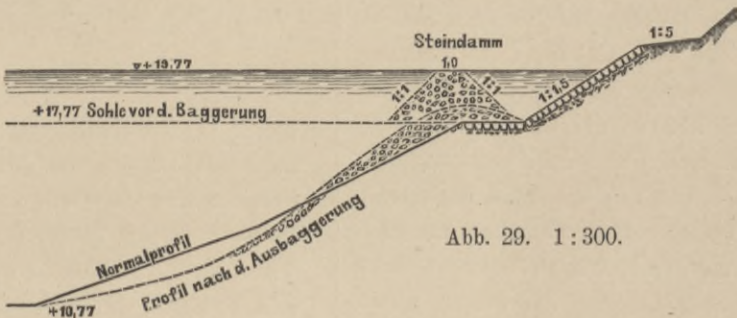
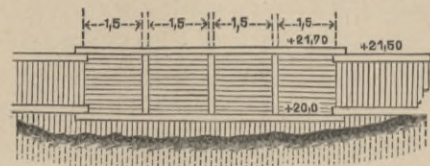
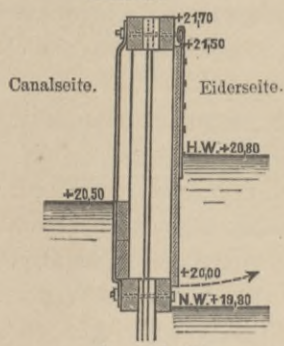


Abb. 29. 1:300.



Ansicht.



Querschnitt.

Abb. 28. Klappen-Siel.

lichen. An der Jevenau und Luhnau wurden einfache, durch Strebpfähle gestützte Spundwände gerammt, mit je vier Ausschnitten von 1,5 m Weite für den Wasserabfluss zur Zeit der Ebbe und mit Klappenverschlüssen gegen das Fluthwasser. (Vergl. obenstehende Abb. 28.) Diese Einrichtungen bestanden bis zum Sommer 1893. Dann wurden die Jevenau und Luhnau durch feste Dämme geschlossen, und der Abfluss des Binnenwassers geschah durch die bei km 54,7 erbaute vorläufige Schleuse so lange, bis im Jahre 1894 die letzten Dämme zwischen Los VIII und den Ober-eiderseen beseitigt waren und die Ent-

wässerung durch den Canal und die Holtenauer Schleuse nach dem Kieler Hafen hin erfolgen konnte. Hierauf konnte dann auch die Hilfsschleuse beseitigt und diese letzte Lücke in dem Deich zwischen dem Canal und der Eider geschlossen werden.

Lose IX bis XI. In den Losen IX bis XI, km 60 bis 75,4, wurde der obere Theil des Profils ungefähr bis zur Höhe des Unterwasserbanketts (+ 17,77) größtentheils durch Trockenbagger, der Rest durch Nafs-bagger ausgehoben. Bei dem meist sehr feinen und im Wasser leicht zerfließenden Sandboden, der in diesen Losen vorherrschend war, kamen bei der Ausbaggerung in größerer Tiefe viele kleine Rutschungen in den Canalböschungen vor, von ähnlicher Art, wie im Lose V, nachdem dort die Trockenschächte mit Wasser angefüllt waren. Diese Rutschungen wurden hier in derselben Weise wie im Lose V durch Anschüttung von Kies und Grand und Erneuerung der Uferdeckung verbaut. Auf einer 350 m langen Strecke von km 60 bis 60,35, wo nach den

Bodenverhältnissen und den an anderen Stellen bereits gemachten Erfahrungen auf besonders viele und ausgedehnte Rutschungen gerechnet werden mußte, wurde der Versuch gemacht, die Uferdeckung durch Vorschüttung von Steindämmen gegen Rutschungen zu sichern. Die Art, wie das geschah, ist aus nachstehender Abb. 29 zu ersehen. Die Steindämme bestanden zum größten Theil aus kleinen Findlingen von

Faust- bis Kopfgröße, im übrigen aus gesiebtm Grand von Ei- bis Faustgröße. Bis zur Tiefe von + 17,77 war das Profil im trockenen ausgehoben und zugleich auch die Uferdeckung hergestellt worden. Bei der weiteren Ausbaggerung des Profils rollten die vorgeschütteten Steindämme allmählich auf die untere Böschung herab, die dadurch bis zu einer Tiefe von 4 bis 5 m unter dem Unterwasserbankett mit Steinen abgedeckt und so standfähig gemacht wurde, daß Rutschungen nirgends hervortraten und die obere Uferdeckung vollständig erhalten blieb.

Zwischen km 71,5 und 74,0, wo der Canal eine mit we-

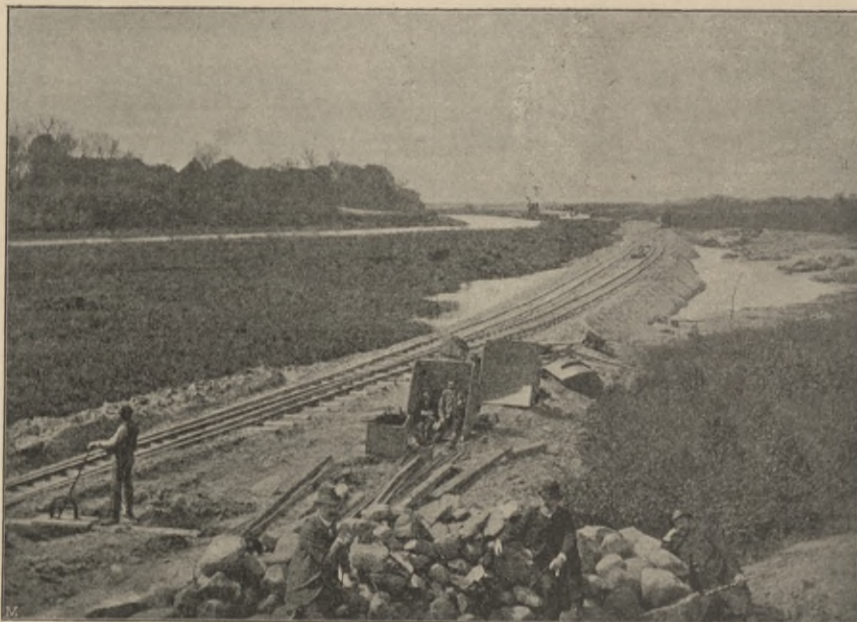


Abb. 30.

chem Moor ausgefüllte tiefe Thalmulde durchschneidet, mußten zur Einfassung des Canalprofils Sanddämme geschüttet werden, die stellenweise noch tiefer, als in den tiefsten Sümpfen der Burg-Kudenseer Niederung in den Grund eindringen. Die Text-Abb. 30 giebt das Bild eines solchen Dammes während der Schüttung. Die Art der Herstellung, sowie das Verhalten der Dämme während und nach der Schüttung war hier im allgemeinen ähnlich so, wie für die Lose IV und V eingehend beschrieben und dargestellt worden ist. Nur an einer Stelle, zwischen km 71,8 und 72,4, wo die oberen Schichten ganz besonders weich waren und der feste Untergrund zum Theil mehr als 20 m unter der Bodenoberfläche lag, wurde ein anderes Verfahren angewandt. Hier wurde zunächst das Moor in der ganzen Dammbreite bis auf 2,5 m Tiefe unter dem derzeitigen Wasserstand weggebaggert und in die so gebildete Rinne der Sandboden durch Klappschuten verschüttet. Dadurch gelang es, den Damm, dessen Krone allerdings erst nach der späteren

Senkung des Wasserspiegels zum Vorschein kam, rasch, gut und sicher herzustellen. In welcher Breite und Tiefe sich dieser Damm in den weichen Boden eindrückte, läßt sich einigermaßen daraus ermessen, daß seine Herstellung streckenweise für 1 m Länge mehr als 600 cbm Sand erforderte.

Lose XII bis XVI. In den Losen XII bis XVI, km 75,4 bis zum Binnenhafen vor der Holtenauer Schleuse km 96,7, wurde die Bauausführung sehr beeinflusst und erschwert durch die der Bauverwaltung auferlegte Verpflichtung, die Schiffbarkeit des Eidercanals während der ganzen Dauer der Bauzeit thunlichst aufrecht zu erhalten. Mit Rücksicht hierauf wurde programmäßig festgestellt, daß der Wegfall der beiden obersten, die Scheitelstrecke des Eidercanals begrenzenden Schleusen und die Senkung des Wasserstandes auf dieser Strecke um die Stauhöhe der beiden Schleusen — 2,5 m — im Laufe des Winters 1891/92, und der Wegfall der vier übrigen Schleusen, sowie die Senkung des Wasserstandes um weitere 4,5 m bis auf den mittleren Ostseewasserspiegel im Winter 1892/93 vorgenommen werden sollte. Dadurch wurde es nothwendig, schon vom Frühjahr 1892 ab auf der Strecke zwischen Projensdorf und Königsförde die Schiffahrt an denjenigen Stellen, wo die Linie des neuen Canals mit dem Eidercanal nicht zusammenfiel, durch die neuen Einschnitte des Kaiser Wilhelm-Canals zu leiten. Diese mußten also bis dahin mit Wasser gefüllt sein, und auf den übrigen Strecken, wo der Kaiser Wilhelm-Canal mit dem Eidercanal zusammenfiel, mußte bereits eine entsprechende Vertiefung des Eidercanalbettes durch Baggerung mit Schwimmbaggern ausgeführt sein. Das gleiche galt vom Frühjahr 1893 ab für die ganze Canalstrecke zwischen Holtenau und Rendsburg bezüglich der zweiten Senkung, sodafs von diesem Zeitpunkt ab der Eidercanal überhaupt zu bestehen aufhörte und durch den im Bau begriffenen Canal ersetzt wurde. Es ergab sich aber hieraus, daß auf der erstgenannten Strecke, welche die Lose XIII und XIV ganz, das Los XV größtentheils und vom Lose XII einen kleineren Theil umfaßte, die Bodenförderung im trockenem mit dem Frühjahr 1892 und auf der ganzen übrigen Strecke mit dem Frühjahr 1893 der Hauptsache nach ihr Ende erreicht haben mußte, und daß von diesen Zeitpunkten ab die Massenbewegung, abgesehen von einigen seitlich über Wasser stehenden gebliebenen Bodenklötzen und den bei der Böschungsregulirung abfallenden Bodenmassen, nur noch mit schwimmendem Baggergeräth möglich war. Daraus ergab sich ferner für die ersten vier Baujahre eine erheblich größere Jahresleistung, als für die dann noch übrig bleibende Bauzeit.

Gemäß dem vorstehend in allgemeinen Zügen angegebenen Arbeitsplan wurden in den ersten vier Baujahren bis zum Mai 1893 gefördert:

in Los XII mit vier Trockenbaggern, von denen drei je vier Jahre und einer zwei Jahre gearbeitet hatten, also in 14 Jahresleistungen eines Trockenbaggers rund	cbm	5 800 000
--	-----	-----------

in Los XIII und XIV mit sieben Trockenbaggern, von denen einer vier Jahre und sechs im Durchschnitt je 2½ Jahre gearbeitet hatten, ferner mit sechs Nafsbaggern, die durchschnittlich je 3½ Jahre im Betrieb gewesen waren, also in 19 Jahresleistungen eines Trockenbaggers und 21 Jahresleistungen eines Nafsbaggers zusammen rund		9 800 000
--	--	-----------

in Los XV mit zwei Trockenbaggern, die beide rund drei Jahre im Betrieb gewesen waren, also in 6 Jahresleistungen eines Trockenbaggers und in 1 Jahresleistung eines Nafsbaggers zus. rund		3 200 000
--	--	-----------

Seitenbetrag 18 800 000

Uebertrag 18 800 000

in Los XVI in 3 Jahresleistungen eines Trockenbaggers und 1¾ Jahresleistungen eines Nafsbaggers zusammen rund	1 400 000
für die vier Lose zusammen	20 200 000,
demnach mittlere Jahresleistung	5 050 000.

Für die beiden letzten Baujahre blieben als Rest:

im Lose XII rund	700 000 cbm
in den Losen XIII und XIV	3 500 000 „
im Lose XV	800 000 „
im Lose XVI	400 000 „
zusammen	5 400 000 cbm.

Demnach war die zu beschaffende mittlere Jahresleistung 2 700 000 cbm.

Die Durchführung der Bestimmung, daß die Schiffahrt auf dem Eidercanal durch die Bauarbeiten möglichst wenig gestört werden durfte, war besonders erschwerend für die Arbeitseintheilung in den Losen XIII und XIV, erstlich weil hier der Eidercanal die Linie des neuen Canals in vielen Windungen hin und her kreuzte und stellenweise auch mit dem neuen Canalbett zusammenfiel, ferner weil der Eidercanal hier seine Scheitelstrecke hatte, die sich über die ganze Länge der beiden Lose ausdehnte, und in welcher der Wasserspiegel um 7 m über dem zukünftigen Canalwasserstande lag, also während der Bauausführung um dieses Maß gesenkt werden mußte. Durch die vielen Windungen des Eidercanals wurde das Arbeitsfeld für Trockenbagger in eine große Zahl meist kleiner Abschnitte zerlegt, die nicht nur eine häufige Versetzung der Bagger erforderlich machten, sondern auch bei ihrer geringen Ausdehnung und unregelmäßigen Form den ganzen Arbeitsbetrieb, insbesondere die Anlegung der Fördergleise für die Abfuhr des Baggerbodens ungemein erschwerte. Diese Erschwerungen waren doppelt empfindlich und machten die Anschaffung einer großen Anzahl von Baggern und anderem Arbeitsgeräth erforderlich, weil, wie schon erwähnt, die Hauptbodenmasse in den ersten vier Jahren, also in einer verhältnißmäßig kurzen Zeit und auch so aufgehoben werden mußte, daß eine für die Eidercanal-Schiffahrt genügende Fahrrinne überall und — abgesehen von einigen vorher bestimmten kurzen Unterbrechungen — jederzeit erhalten blieb.

Dazu kamen noch einige besondere Schwierigkeiten. Als solche sind hier zu erwähnen und etwas eingehender zu beschreiben:

- die Dammschüttungen im Warleberger Moor und im Flemhuder See,
- die Durchführung der vertieften Fahrrinne durch die Eisenbahndrehbrücke bei Neu-Wittenbek,
- der Umbau der alten Eidercanalschleuse bei Holtenau und der Bau einer Hülfschleuse daselbst,
- der Bau einer Drehbrücke für ein Arbeitsgleis im Lose XVI.

Zu a. Auf der Strecke von km 88,0 bis 89,1, wo der neue Canal den südlichen Rand des bis zu 15 m tiefen Warleberger Moors anschneidet, mußte das nördliche Canalufer wie in den anderen Mooren durch einen in das Moor hineingeschütteten Sanddamm gebildet werden. Geeignetes Material dafür fand sich in den benachbarten Einschnitten nicht vor. Der Sand wurde daher aus dem östlichen Theile des Einschnittes von Grofs-Nordsee km 84 geholt, wo er von einem Schwimmbagger in für Elevatorenbetrieb geeignete Prähme hineingebaggert und auf dem Eidercanal an Ort und Stelle befördert wurde, um dort vermittelst Elevatoren in den Damm geschüttet zu werden.

Im Flemhuder See mußte aus den bei der Beschreibung des Bauentwurfs näher dargelegten Gründen ein Ringdamm hergestellt werden. Die Schüttung dieses Dammes begegnete anfangs großen und unvorhergesehenen Schwierigkeiten. Da der Boden zur Herstellung des Dammes mehrere Kilometer weit herangeschafft werden mußte, und da sehr bedeutende Bodenmassen erforderlich waren, so konnte die Heranschaffung nur mit schwerem Geräth, mit 3 cbm-Wagen in langen Zügen erfolgen. Hiermit konnte aber das Vortreiben des Dammes vor Kopf, wie es in dem offenen Wasser nöthig war, nicht ohne weiteres bewerkstelligt werden. Den aus den großen Wagen seitwärts ausgeschütteten Boden noch einmal mit kleinen Muldenkippern nach vorne zu schaffen, wie es in der Burg-Kudenseer Niederung und bei Sehestedt in reinem Sande gemacht worden war, war hier in dem schweren Mergelboden, der für die Dammschüttung ausschließlich zur Verfügung stand, nicht möglich, weil der Mergel durch die mehrfache Bewegung, besonders bei nassem Wetter, sich in eine breiige und wenig tragfähige Masse auflöste. Auch

Hängestangen an einem in der Höhe quer darübergelegten Hängewerksträger aufgehängt war, der seinerseits wiederum auf zwei seitlich von dem bereits fertigen Dammkopfe schwimmenden Prähmen aufgelagert war. Eine aus sehr starken, 8 m langen Hölzern bestehende Uebergangsbrücke bildete die Verbindung zwischen dem bereits festen Dammkopfe und dem schwimmenden Gerüst. Dieses war noch durch geeignete Aussteifungen in sich so verspreizt, daß es als ein festes Ganzes an den nach vorn ausgebrachten Ankern vorgezogen werden konnte, je nachdem der Fortschritt der Schüttung dies erforderlich machte, und daß dabei die erwähnte Verbindungsbrücke auf dem inzwischen fertig gestellten Theile der Dammkrone nachgeschleppt wurde. Von diesem schwimmenden Gerüst aus konnten jedesmal acht 3 cbm-Wagen gleichzeitig in das Wasser hinein entleert werden, sodafs die in Längen von 16 oder 24 Wagen ankommenden Erdförderzüge, die auf einer dem Schüttgerüst allmählich nachfolgenden Weichenanlage in zwei oder drei Abtheilungen zerlegt wurden, in kürzester Zeit abgefertigt werden konnten.

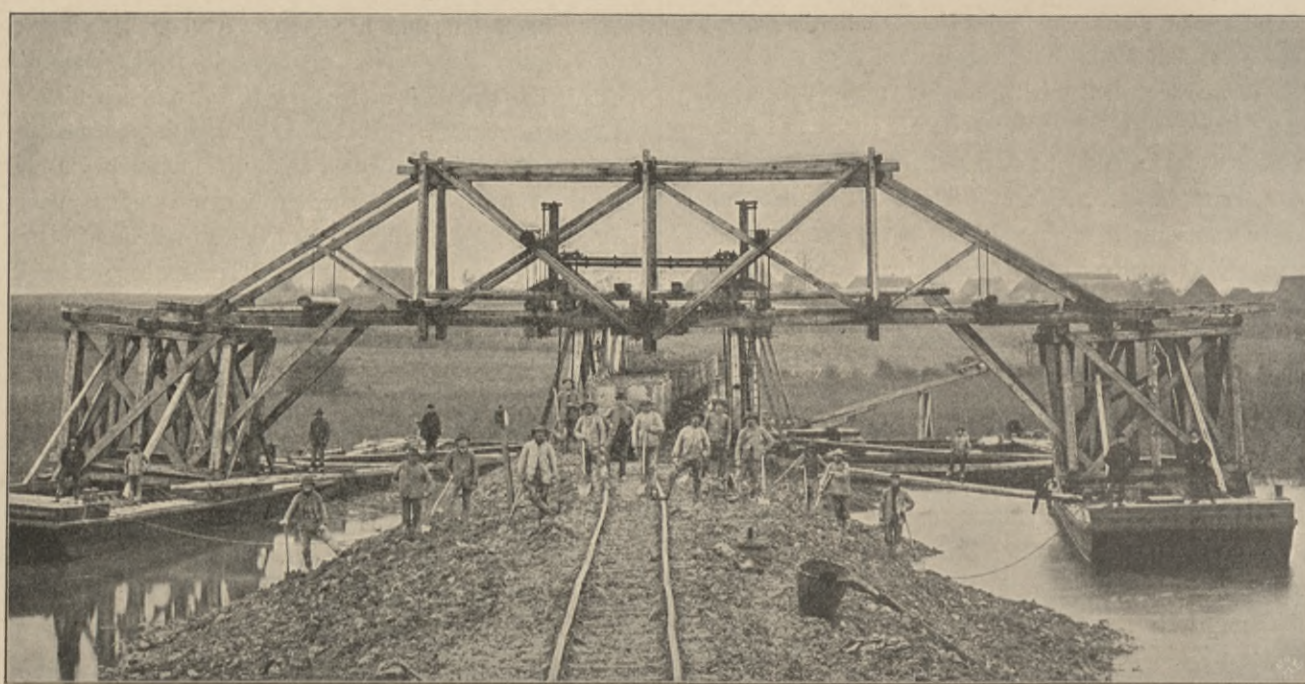


Abb. 31. Schüttgerüst des Ringdammes im Flemhuder See. November 1890.

würde mit diesem Verfahren der mehrere Kilometer lange Damm viel zu langsam fortgeschritten sein, um rechtzeitig fertig gestellt werden zu können. Ein hölzernes, festes Schüttgerüst von einer für so schwere Locomotiven und Wagen ausreichenden Tragfähigkeit, dessen Tragepfähle nach der Verschüttung hätten verloren gegeben werden müssen, wäre bei der großen Länge des Dammes und den stellenweise sehr großen Moortiefen, die durchdämmt werden mußten, viel zu kostspielig geworden.

Ein Versuch, mit zwei eigens hierfür beschafften schwimmenden Elevatoren einen schmalen und niedrigen Damm bis über den Wasserspiegel herauf vorzuschütten, auf welchem dann die Gleise für den weiteren Ausbau des Dammes hätten vorgestreckt werden können, scheiterte an der ungünstigen Beschaffenheit des zu hebenden Bodens, da Sand hierfür nur in geringer Menge zur Verfügung stand und der beim Heben zum zweiten Mal bewegte Mergel im Wasser keine genügende Tragfähigkeit mehr erlangte.

So kam man denn schließlich nach mancherlei anderen Versuchen dazu, ein schwimmendes Schüttgerüst herzustellen, dessen Einrichtung in den nebenstehenden Abb. 31 u. 32 dargestellt ist. Es bestand aus einem etwa 25 m langen hölzernen Hängewerksträger, dessen vorderes Ende auf einem quer vor dem Kopf des zu schüttenden Dammes liegenden Prahm auflagerte, während das hintere Ende mit eisernen

Natürlich wurde auf diese Weise nur die für das Vorstrecken eines Gleises erforderliche Dammbreite hergestellt, während für die weitere Verstärkung des Dammes noch andere Kippstellen weiter rückwärts im Betrieb waren. Dies war auch schon deshalb erforderlich, um den Trockenbagger-

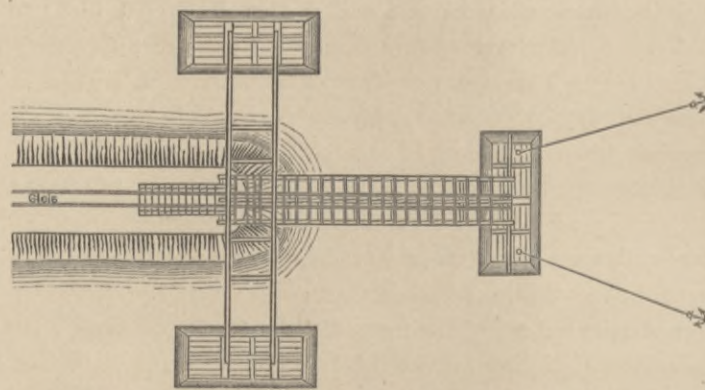


Abb. 32. Grundriß des Schüttgerüsts für den Ringdamm im Flemhuder See.

betrieb, der die Bodenmassen für die Dammschüttung lieferte, nicht von dem Maße des Fortschreitens der Kopfschüttung des Dammes abhängig zu machen.

Bei festem Untergrunde gelang es mit Hilfe dieses Schüttgerüsts, den Damm in 2 m Wassertiefe bis zu 20 m Länge

täglich vorzutreiben. Es kamen aber auch Moorstrecken von solcher Tiefe vor, daß der Damm mehr als 1000 cbm Boden auf 1 m Länge verschlang und täglich nur ein bis zwei Meter fortschritt, wobei es sich häufig ereignete, daß das vor dem Kopfprahm des Schwimmgerüsts bis über Wasser aufgetriebene Moor das Vorziehen des Gerüsts verhinderte, und daß erst wieder ein Schwimmbagger herbeigeholt werden mußte, um den Weg für das Schüttgerüst freizubaggern. Glücklicherweise erschienen diese Mooraufreibungen gewöhnlich in so großer Entfernung vor dem Kopf und zu beiden Seiten des Damms, daß dazwischen genügend tiefes Wasser blieb, um die drei Prähme des Schüttgerüsts flott zu erhalten. Doch kam es ausnahmsweise auch vor, daß diese Prähme auf den aufgetriebenen Moormassen aufsaßen, wodurch die Schwierigkeit des Wiederfreimachens wesentlich erhöht wurde.

Mit Hilfe dieses Schüttgerüsts war der Damm von seinem nördlichen Uferanschlusse auf der Ostseite des Sees aus um das Südende des Sees herum gegen 3 km weit vorgeschritten, als im Januar des Jahres 1892 wegen der zu dieser Zeit im Gange befindlichen ersten Senkung des Wasserspiegels der Einschnitt, der bis dahin die trockenen Bodenmassen zur Herstellung des Damms geliefert hatte, behufs Benutzung für die Schifffahrt voll Wasser gelassen werden mußte, und damit diese Art der Dammschüttung ihr Ende erreichte. Da gleichzeitig sich vor dem Kopfe des Damms auf der Grenze zwischen den Gemarkungen Klein-Nordsee und Groß-Nordsee ein sehr tiefes Moor befand, dessen Durchdämmung großen Schwierigkeiten begegnet wäre, und weil andererseits weiterhin an dem westlichen Seeufer nur höhere Ackerländereien liegen, für deren Ertragsfähigkeit die Erhaltung des bisherigen Wasserstandes nicht von wesentlicher Bedeutung ist, so wurde die Weiterschüttung des Damms aufgegeben und auf die Herstellung der nördlichen Hälfte des ursprünglich geplanten westlichen Ringdamms verzichtet.

Zu b. Auf Blatt 13 ist dargestellt: Abb. 1, ein Lageplan der Brücke und der Fahrrinne für die Zeit bis Ende des Jahres 1891 mit dem Wasserstande + 26,84; Abb. 2, ein Querschnitt der Schifffahrtsrinne zwischen den Brückenpfeilern nach der ersten Senkung des Wasserspiegels für das Jahr 1892 mit dem Wasserstande + 24,35; Abb. 3, derselbe Querschnitt für die Jahre 1893 und 1894 mit dem Wasserstande + 19,77; Abb. 4 u. 5, ein Grundriß der zur Herstellung der letzteren Rinne einzubauenden Spundwände und Leitwerke nebst einem Längenschnitt der abgedämmten Baugrube. Die beiden Querschnitte zeigen, daß die Brückenpfeiler tief genug gegründet waren, um eine der ersten Wasserspiegel-senkung entsprechende Vertiefung der Canalsole ohne weiteres aushalten zu können. Aber es mußte doch schon vor der ersten Vertiefung eine theilweise Entlastung des nördlichen Landpfeilers vorgenommen werden, weil dieser einen größeren Erddruck nicht aufnehmen konnte. Zu diesem Zwecke wurden im Winter 1891/92 die an den massiven nördlichen Pfeiler anschließenden Hilfsjoche gerammt. Bei Vornahme der hierzu erforderlichen Rammarbeiten und offenbar infolge der Seitenpressungen des durch das Einrammen der Pfähle verdrängten Bodens hatte sich der steinerne Pfeiler in Auflagerhöhe allmählich um 21 cm in der Richtung der Bahnachse nach Süden geneigt, sodaß um die Brücke öffnen und schließen zu können, das über der Auflagerhöhe liegende Mauerwerk nach und nach in dieser Dicke abgestemmt werden mußte. Weitere Bewegungen, die auf den Betrieb der Brücke störend hätten einwirken können, traten sodann im Laufe des Jahres 1892 nicht mehr ein.

Nicht geringe Schwierigkeiten und Bedenken erhoben sich aber bei der im Winter 1892/93 vorzunehmenden zweiten Vertiefung der Fahrrinne, die entsprechend der zweiten Wasser-

spiegelsenkung 4,5 m betragen mußte. Die Sohle der Fahrrinne erhielt dadurch eine Tiefenlage von 2,4 m unter der Grundmauersohle der Brückenpfeiler, und es kam zur Frage, ob eine solche Vertiefung ohne wesentliche Gefährdung der Brücke überhaupt ausgeführt werden könne und im Bejahungsfalle, in welcher Weise das geschehen könne. Nachdem die Bodenuntersuchungen ergeben hatten, daß die unteren Schichten aus festem Lettenboden bestanden, in welchem eine Auflockerung durch Quellbildungen oder Sandausspülungen nicht zu befürchten war, wurde die Durchführung der Rinne in der in den Abb. 3 und 4 Bl. 13 dargestellten Weise für möglich und unbedenklich gehalten. Es sollte danach:

1. der Boden um den Drehpfeiler der Brücke soweit abgetragen werden, daß dadurch eine vermehrte Sicherheit gegen Abrutschungen nach der vertieften Fahrrinne hin gewonnen wurde, an dem Pfeiler selbst aber nichts vorgenommen werden,
2. der steinerne nördliche Auflagepfeiler abgebrochen und durch einen aus tiefeingerammten Pfählen bestehenden Holzpfeiler ersetzt werden,
3. die Fahrrinne in der für die Eider-Canal-Schifffahrt genügenden Breite von 9,50 m an beiden Seiten mit Spundwänden und Leitwerken eingefasst werden.

Im December 1892 wurde mit den Arbeiten zum Ersatz des steinernen nördlichen Auflagepfeilers durch einen hölzernen Pfeiler begonnen und gleichzeitig mit dem Fortgang der Senkung des Wasserspiegels die Abtragung der hinter dem Drehpfeiler und dem Landpfeiler lagernden Erdmassen vorgenommen. Die folgenden Bauarbeiten für Herstellung der Seitenwände der Rinne mußten mit Rücksicht auf die Bauarbeiten in anderen Canalstrecken bei einem Wasserstande von + 22,35, zur Ausführung kommen; daher war zur Trockenlegung der Baugrube eine beiderseitige Durchdämmung des Canals bis über + 22,35 erforderlich. Das Auspumpen und die Trockenhaltung der Baustelle konnten dann ohne Schwierigkeit bewirkt werden.

Die Ausschachtung der Baugrube erfolgte in zwei Stufen und zwar zuerst bis Ordinate + 18,20, sodann nach Fertigstellung der Spundwände und Leitwerke bis Ordinate + 15,77. Bis Ordinate + 18,20 ging sie ohne Störung vor sich, sodaß mit der Herstellung der Seitenwände der Rinne begonnen werden konnte. Wenige Tage nach Beginn der Rammarbeiten traten indes in der nordseitigen Böschung hinter dem Auflagerpfeiler der Brücke Risse und an einer Stelle östlich von dem Pfeiler auch eine kleine Rutschung ein. Letztere wurde durch das Austreten von Grundwasser aus den oberen sandigen Bodenschichten veranlaßt. Um das Abrutschen größerer Bodenmassen zu vermeiden, wurden Steinsickerungen zwischen dichten Holzwänden eingelegt, durch die das Wasser unschädlich abgeführt wurde. Die Risse an der Nordseite der Baugrube pflanzten sich allmählich von Osten nach Westen fort, sodaß zuletzt eine Abwärtsbewegung der ganzen nördlichen Böschung eintrat, und hatten die größte Ausdehnung angenommen unmittelbar nach Fertigstellung der Rammarbeiten für die Seitenwände der Schifffahrtsrinne, am 20. März 1893, als die Erdausschachtung zwischen den Spundwänden fast vollendet war. Sie hatten die im Grundriß (Abb. 4 Bl. 13) angedeutete Lage und eine größte Weite von 15 cm; ihre Tiefe betrug, soweit dies durch Messung festgestellt werden konnte, mindestens 3 m.

Durch den Druck der an der nordseitigen Böschung abgerissenen Bodenmassen wurden die in und über der Böschung aufgebauten Joche sowohl, wie der an Stelle des massiven Auflagerpfeilers hergestellte Holzpfeiler in der Richtung der Brückenachse verschoben. Die Verschiebung betrug in Auflagerhöhe 40 cm. Der Pfeiler wurde dadurch so fest gegen die Eisenconstruction der Drehbrücke geprefst, daß ein Oeff-

nen der Brücke unmöglich wurde. Es war augenscheinlich, daß nur die sich gegenstimmende Eisenconstruction der Drehbrücke ein weiteres Ausweichen des Holzpfeilers verhinderte.

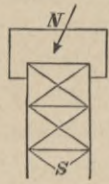


Abb. 33.

Die Richtung der Schubkraft war die nebenstehend in Abb. 33 durch einen Pfeil bezeichnete. An den Auflagerstühlen konnte eine Bewegung des Pfeilers nach Süden in der Richtung der Bahnachse, um 40 mm und eine Bewegung desselben nach Westen, senkrecht zur Bahnachse um 20 mm gemessen werden. Der Seitenschub hatte die östlichen Hauptträger der Eisenconstruction an dem provisorischen Landpfeiler 12 mm hoch von den Auflagerplatten emporgehoben, während die westliche Tragwand in ihrer senkrechten Lage unverändert geblieben war.

Die fertiggestellten Seitenwände der Rinne hatten zunächst gegen die Bodenbewegungen standgehalten, wenigstens konnte eine Abweichung aus dem Loth nicht festgestellt werden. Nach den bisherigen Erfahrungen waren jedoch auch hier Bewegungen noch zu befürchten. Um diesen vorzubeugen und den eisernen Brückenoberbau wieder zu entlasten und frei beweglich zu machen, sowie um die ganze Anlage gegen fernere Verschiebungen in verstärktem Maße zu sichern, wurde zunächst durch Abtragung eines Theiles der in Bewegung gerathenen Erdmassen eine weitere Abflachung der nordseitigen Böschung vorgenommen. Außerdem wurde durch Einbringung von Spannriegeln und Streben zwischen den Spundwänden, durch stärkere Verstrebung der Brückenjoche und durch die in den Abb. 3 u. 4 Bl. 13 angedeuteten Verankerungen eine sehr wirksame Vermehrung der Standfähigkeit der Holzeinbauten herbeigeführt.

Nachdem alle diese Arbeiten vollendet waren, wurden die Unterzüge für die Schwellenträger des neuen Auflagerpfeilers, die sich gegen die Eisenconstruction der Drehbrücke verschoben und fest angepreßt hatten, soweit abgestemmt, daß die Brücke wieder frei bewegt werden konnte. Dann wurden die beiden Sperrdämme weggebagert, und damit hatten die Arbeiten zur Vertiefung der Schiffahrtsrinne unter der Brücke ihren Abschluß gefunden.

Ausgeführt wurden die Arbeiten in den Wintermonaten von December 1892 bis April 1893. Der Eisenbahnverkehr konnte während der ganzen Dauer der Bauzeit aufrecht erhalten werden.

Zu c. An der östlichen Grenze des Loses XVI lag die Holtener Schleuse, durch welche die unterste Haltung des Eidercanals um 2,16 m über dem mittleren Wasserstande im Kieler Hafen angestaut wurde. Sie mußte nach der letzten Senkung des Canalwasserstandes noch bestehen bleiben, um bis zur Vollendung der neuen Ostseeschleusen den im Bau begriffenen Canal gegen das Eindringen von Hochfluthen aus der Ostsee zu schützen; sie mußte aber während dieser Zwischenzeit auch noch für die Schifffahrt benutzt werden. Um diesen doppelten Zweck erfüllen zu können, mußte erstlich der Oberdremmel der Schleuse beseitigt werden; ferner mußte dann durch den Einbau neuer Thore nicht nur ein sicherer Abschluß gegen die Hochfluthen der Ostsee hergestellt, sondern auch dem Umstande Rechnung getragen werden, daß der Wasserstand der Ostsee bald höher, bald niedriger sein werde, als der gesenkte Canalwasserstand.

Es war aber vorauszusehen, daß der Schiffsverkehr in der östlichen Endstrecke des Eidercanals in den Jahren 1893 und 1894 theils wegen der Verschiffung von Baggerboden aus den Losen XV u. XVI, theils wegen der umfangreichen Bauhätigkeit an den Schleusen- und Hafenwerken der östlichen Canalöffnung ein sehr starker sein und die umgebaute Schleuse allein dafür nicht ausreichen werde. Deshalb wurde beschlossen, neben dieser noch eine zweite Schleuse für die

beiden letzten Baujahre herzurichten. Der Bau derselben wurde zuerst in Angriff genommen und so gefördert, daß die Schleuse nach Beendigung der Wasserspiegelsenkung im Eidercanal sofort in Betrieb genommen werden konnte.

Die Lage der beiden Schleusen zu einander und ihre Grundriffsformen sind aus dem Lageplan Abb. 1 Bl. 14 zu ersehen. Die zweite Schleuse wurde unter Benutzung einer zu Anfang dieses Jahrhunderts wegen Baufähigkeit verlassenen alten Schleuse und des damit verbundenen alten Canalarms als Kesselschleuse mit nach der Ostsee kehrenden Thoren gebaut. Nach innen gerichtete Thore wurden nicht vorgesehen, weil davon ausgegangen wurde, daß die Schleuse zur Zeit des Niedrigwasserstandes im Kieler Hafen regelmäßig offen stehen und das Wasser aus dem Canal frei ausfließen solle. Dadurch wurde in dem Canal ein möglichst tiefer Wasserstand herbeigeführt, wie er zur Vollendung der Uferdeckwerke gewünscht werden mußte; ferner wurde auch die Leistungsfähigkeit der Schleuse für die Schifffahrt sehr erhöht, weil bei offenstehender Schleuse die Zeit für die Schleusung erspart werden konnte. Thatsächlich fuhren durch die Kesselschleuse während ihres Bestehens im Durchschnitt täglich über 100, an einzelnen Tagen sogar 160 bis 180 Fahrzeuge. Von den beiden Häuptern der Kesselschleuse wurde das eine in der verlassenen alten Schleuse hergerichtet, das zweite in Holzwerk neu gebaut. Der zwischen den beiden Häuptern liegende Theil des alten Canalarms bildete die Kesselkammer mit einer nutzbaren Länge von 74 m. Die Breite in den Häuptern betrug 7,27 m, die Tiefe unter Mittelwasser 3,52 m. Der Bau der Schleuse wurde in der Zeit vom Ende September 1892 bis Anfang Mai 1893 mit einem Kostenaufwande von 87500 \mathcal{M} ausgeführt.

Die umzubauende Eider-Canal-Schleuse war auf einen Pfahlrost gegründet und hatte Seitenmauern aus Stein. Der Oberdremmel lag rd. 3,5 m unter dem früheren Oberwasser und 1,34 m unter Mittelwasser Ostsee, der Unterdremmel rd. 3,70 m unter Mittelwasser Ostsee. Hätte man die Schleuse nach dem Abbruch des Oberdremmels durch den Einbau von Doppelthoren im Binnen- und Außenhaupt so einrichten wollen, daß das Durchschleusen der Schiffe in beiden Richtungen ermöglicht wurde, so hätte bei der geringen Länge des Bauwerks entweder ein gesondertes zweites Haupt neu hergestellt, oder die Schleuse entsprechend verlängert werden müssen. Da beides recht kostspielig geworden wäre, und eine überschlägige Berechnung zu der Annahme geführt hatte, daß der Umbau billiger zu beschaffen sein werde, wenn anstatt der Stemthore Schiebethore verwandt würden, so wurde der Einbau von Schiebethoren nach einem darüber aufgestellten Entwurf genehmigt.

Die ganze Länge des Oberhauptes, dessen Seitenmauern, wie aus dem Querschnitt *GH* (Abb. 4 Bl. 14) ersichtlich, auf einem hohen Pfahlrost stehen, konnte für den Umbau nicht nutzbar gemacht werden; nach Tieferlegung des Oberdremmels wurden die Seitenmauern in der angedeuteten Weise durch Bohlwände, Streben und Steinpackung vor dem Unterspülen und Vornüberneigen gesichert. Für die Anordnung der Schiebethore stand also nur die Länge der Kammer und des Unterhauptes zur Verfügung; trotzdem konnte die nutzbare Kammerlänge der Schleuse durch den Umbau von 28,37 auf 32,96 m, also um rd. 4,60 m vergrößert werden. Die allgemeine Anordnung ist aus den Abb. 2 u. 3 Bl. 14 ersichtlich. Für die Schiebethore wurden seitlich von der Schleuse, nachdem Schlitze durch die Seitenmauern gestemmt waren, hölzerne Kammern angelegt, in welche die Thore beim Öffnen der Schleuse hineingerollt wurden. Längenschnitt und Querschnitt der Kammern sind in den Abb. 5 und 7 Bl. 14 dargestellt. Die Einrichtung der Schiebethore ist in den Abb. 5, 6 und 8 Bl. 16 ersichtlich gemacht. Mit Rücksicht

darauf, daß für die ganze Anlage nur eine etwa einjährige Betriebsdauer in Aussicht genommen war, wurde von der Herstellung der Thore in Eisen Abstand genommen und dieses nur in dem unteren, die Schützöffnungen enthaltenden Theile und an den Thorstirnen verwandt. Das Thor lief unten mit kleinen Flanschrädern auf einer Schiene, während es oben durch kleine wagerechte Rollen in einem Γ -förmigen Träger geführt wurde. Dieser Träger wurde beim Schließen des Thores zunächst über die Schleuse gerollt und festgestellt. Dann erst folgte das Thor, oben und unten sicher geführt, sodaß es selbst von stark strömendem Wasser nicht aus seiner Lage gebracht werden konnte. Der Antrieb von Führungsträger und Thor erfolgte mit der gleichen Handwinde, jedoch unter Ausschaltung eines Vorgeleges bei dem Hinüberrollen des leicht zu bewegenden Führungsträgers. Das Füllen der Schleusen geschah durch Schützöffnungen, die im unteren Theil der Thore angebracht waren. Schützen und Schützenwinden wurden von den in Wegfall gekommenen alten Stemmtoren entnommen.

Ueber einige wichtige Einzelheiten sei noch folgendes bemerkt:

1. Die untere und obere Thorführung (Text-Abb. 34—36). Bei der hier gewählten Anordnung trugen die unteren Räder das Gewicht des ganzen Thores. Da letzteres aus vollen Holzbalken hergestellt war, wechselte der Raddruck mit dem Wasserstand erheblich. Ein Thor wog etwa 21500 kg; bei Mittelwasser ruhten 11900 kg, bei hohem, bis zur Oberkante des Thores reichendem Wasserstande noch 2900 kg auf den Rädern. Stellt man bei einer dauernden Anlage die Schiebethore aus Eisen her, indem man ihnen im unteren Theile wasserdichte, mit kleinen Lenzpumpen ausgerüstete Kasten giebt und über dem niedrigsten Wasserstande das Wasser frei in die Thore ein- und austreten läßt, so erreicht man den für die leichte Bewegung sehr wesentlichen Vortheil, daß das Thor stets mit annähernd der gleichen und zwar gering zu bemessenden Last auf den Rädern ruht.

Bei der hier zur Ausführung gebrachten Anordnung war nur eine Schiene vorhanden, auf der vier mit doppelten Flanschen versehene Räder, paarweis durch Waagebalken verbunden, liefen. Ursprünglich waren zwei ein 0,55 m weites Gleis bildende Schienen vorgesehen, auf denen sich das Thor mit Doppelrädern auf gemeinsamer Achse bewegen sollte. Auf den Vorschlag der ausführenden Maschinenfabrik wurde die einfache Schiene gewählt, jedoch zum Nachtheil des Betriebes. Das auf Doppelschienen laufende Thor hätte beim Schleusen, bei welchem die Thorbewegung in ruhigem Wasser stattfindet, ohne Benutzung des Führungsträgers ein- und ausgefahren werden können, und die Zeit zum Hinüberrollen des Trägers würde dadurch erspart worden sein. In Thätigkeit würde dieser dann nur getreten sein, wenn die Schleuse bei ausströmendem Wasser hätte geschlossen, oder eines der Thore bei vorhandenem einseitigen Wasserüberdruck hätte geöffnet werden sollen. Selbst bei der zur Ausführung gekommenen Anordnung sind die Thore mehrfach bewegt worden, wenn der Führungsträger nur so weit vorgeschoben war, daß er dem völlig ausgefahrenen Thore im hinteren Theile eine kurze Stütze bieten konnte. Bei künftigen ähnlichen Anlagen wird es sich vielleicht als thunlich und vortheilhaft erweisen, den Führungsträger ganz fortzulassen und dem unteren Fahrgeleise eine solche Weite zu geben, daß die Standfestigkeit des Thores auf alle Fälle gewahrt ist. Von einer derartigen Anordnung wurde im vorliegenden Falle Abstand genommen, weil alsdann ein erheblich breiterer Schlitz in das alte sehr feste Mauerwerk hätte gebrochen werden müssen, und weil bei der Neuheit der ganzen Sache ein oberer Führungsträger immerhin eine vermehrte Betriebssicherheit verbürgte. Die

Anordnung der wagerechten Rollen, mit denen das Thor im Träger geführt wurde, ist aus der Text-Abb. 35 ersichtlich.

2. Die Druckübertragung und die Dichtigkeit (Text-Abb. 37—39). Die Uebertragung des Wasserdrucks vom eingefahrenen Thor auf die Schleusenmauern erfolgte ganz unabhängig von der Dichtung. Sowohl das an der Schleuse gelegene Ende der Thorkammer (Abb. 6 Bl. 14), wie der in die gegenüberliegende Schleusenmauer hineingearbeitete Einschiebeschlitz (Text-Abb. 37) waren keilförmig gestaltet und mit schiefen Winkeleisen eingefast.

In diese keilförmigen Schlitz wurde das Thor so weit hineingefahren, bis die an beiden Thor-Enden angebrachten senkrechten eisernen Abschlüsse überall fest anlagen und so imstande waren, den auf das Thor kommenden Wasserdruck auf die Winkeleisen der Nischen zu übertragen. Die Dichtung geschah durch die in den Text-Abb. 37 bis 39 dargestellten Holzleisten, die mittels Lederstreifen beweglich am Thor angebracht waren und sich beim Eintreten von Ueberdruck gegen Eisen oder Mauerwerk anlegten. Bei der Grunddichtung an der Thorkammer und am Einschiebeschlitz legten sich Lederstreifen gegen Holzleisten. Die Dichtung hat sich gut bewährt. Die Wasserverluste, auf die es übrigens im vorliegenden Falle wenig ankam, waren nicht erheblich.

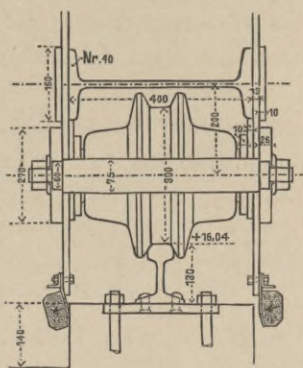


Abb. 34. Anordnung der unteren Räder. 1:20.

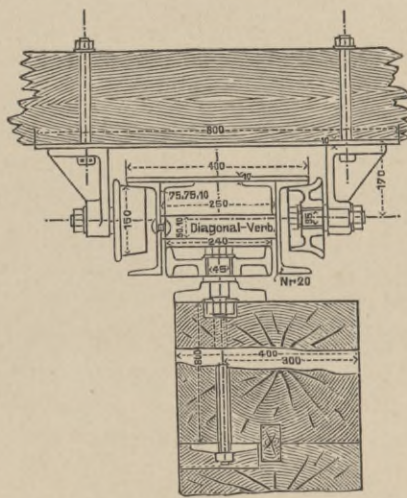


Abb. 35. Anordnung des Führungsträgers. Querschnitt. 1:20.

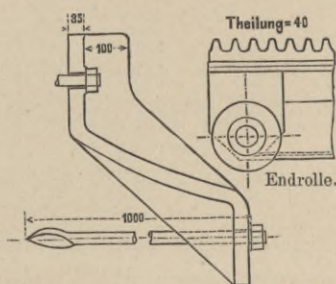


Abb. 36. Eiserner Schuh in der südlichen Schleusenwand zur Feststellung des Führungsträgers. 1:20.

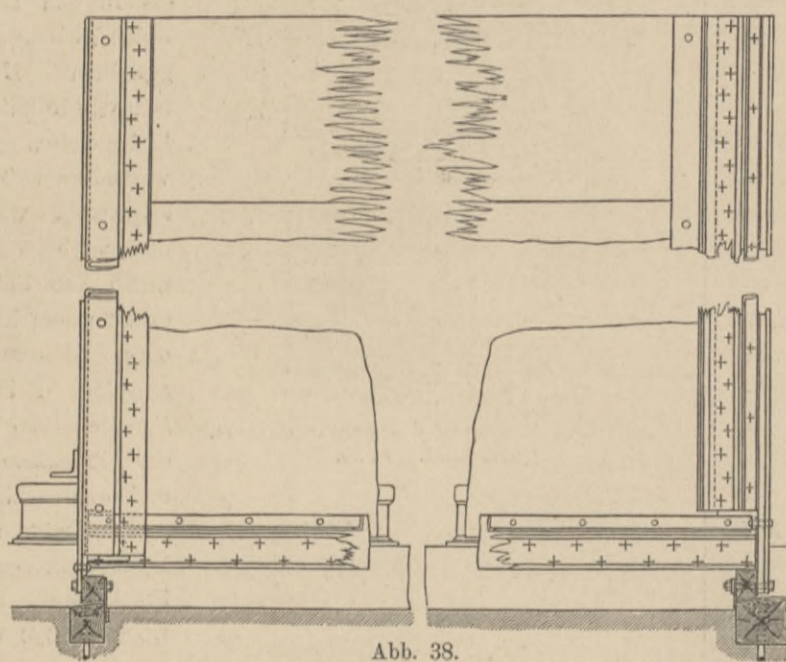
Die Umbaukosten haben 49000 \mathcal{M} betragen, wovon 18000 \mathcal{M} auf die beiden Thore und die Bewegungsvorrichtung, Winden usw. entfallen. Die Schiebethorschleuse war vom 17. September 1893 bis zum 1. Juni 1894 im Betrieb und wurde während dieser Zeit von zusammen 1167 Fahrzeugen benutzt. Der Verkehr durch die Schleuse war ein so geringer, weil die Durchschleusung durch die mit Stemmtoren versehene Kesselschleuse viel weniger Zeit in Anspruch nahm, und weil überdies bei der Schiebethorschleuse verschiedene Betriebsstörungen vorkamen. Diese wurden wiederholt dadurch herbeigeführt, daß die Fahrschiene eingesandet war. Das Canalwasser führte bei ausgehendem Strom eine große Menge meist durch die Baggararbeiten aufgewühlter Sinkstoffe mit, von denen sich Theile an der Fahrschiene ab-

lagerten und so der Thorbewegung hinderlich wurden. Um die Thore gangbar zu erhalten, mußte die Fahrschiene in jeder Woche zwei bis dreimal mit Hilfe einer indischen Schaufel gereinigt werden, und zweimal wurde es nöthig, einen Taucher dazu heranzuziehen. Das canalaufwärts gelegene Thor hatte unter diesem Uebelstande am meisten zu leiden. Der Erwartung, daß Schiebethore bei strömendem Wasser sicher geschlossen werden können, hat die Anlage entsprochen. Für den Betrieb der Schleuse war bestimmt worden, daß die Thore geschlossen werden sollten, sobald sich in der Schleuse eine Wassergeschwindigkeit von 0,80 m einstellte, und bei dieser Geschwindigkeit wurden die Thore jederzeit anstandslos, allerdings unter starker Anstrengung der beiden Schleusenknechte, geschlossen.

Ein Mangel der Schiebethorschleuse war dagegen, abgesehen von den durch die Einsandung der Fahrschiene ver-

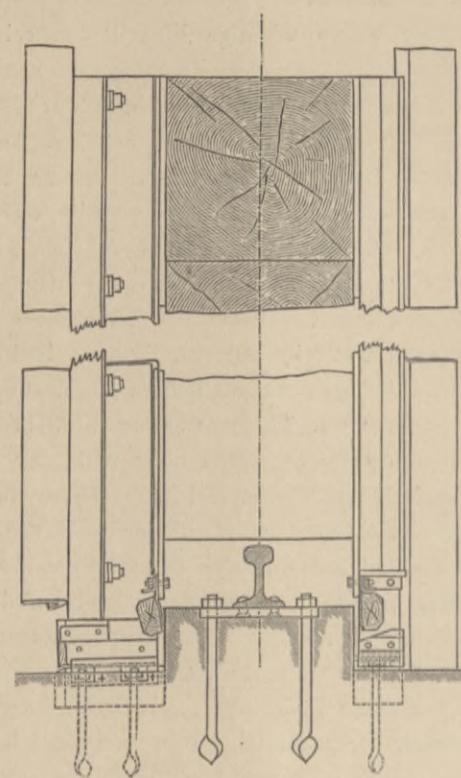
Ein flotter Betrieb der Schiebethorschleuse ist nie eingetreten, er wäre nur durch die Verdopplung der Zahl der Schleusenknechte möglich gewesen, und trotzdem hätte noch nicht annähernd die Hälfte der Schleusenungen wie mit der Kesselschleuse vorgenommen werden können.

Irgend welche Vorzüge der Schiebethorschleuse gegenüber einer Schleuse mit Stemmthoren sind bei der vorbeschriebenen Anlage nicht hervorgetreten. Daß die Schiebethore bei durchgehender Strömung geschlossen werden können, ist als ein Vorzug nicht anzusehen, seitdem durch den Bau und Betrieb der beiden Endschleusen des Kaiser Wilhelm-Canals nachgewiesen worden ist, daß ein Schließen bei durchströmendem Wasser auch durch zweckentsprechend eingerichtete Stemmthore geschehen kann. Auch in den Kosten ist durch die Anlage der Schiebethorschleuse kaum etwas erspart worden. Insbesondere die Herstellung der Thorkammern



Dichtung an der Ansicht des Schiebethors.

anlaßten Betriebsstörungen, daß das Ein- und Ausfahren der Thore sehr viel Zeit in Anspruch nahm. Bei Mittelwasser erforderte die Bewegung eines Thores $4\frac{1}{2}$ bis 5 Minuten; da das Verschieben oder Zurückziehen des Führungsträgers überdies noch etwa $1\frac{1}{2}$ Minuten Zeit beanspruchte, so waren für die vollständige Thorbewegung etwa 7 Minuten erforderlich. Bei Niedrigwasser, oder wenn die Bewegung durch Sand- oder Schlickablagerungen neben der Fahrschiene erschwert wurde, dauerte die Arbeit oft erheblich länger. Das war im Vergleich zu der Zeitdauer des Oeffnens und Schließens der Stemmthore in der nebenbelegenen Kesselschleuse, die höchstens 2 Minuten betrug, sehr viel. Ueberdies konnte auch der flotteste Betrieb der Kesselschleuse durch zwei Schleusenknechte ohne jede Ueberanstrengung aufrecht erhalten werden, während das Bewegen der Schiebethore die Kräfte der Mannschaften derartig in Anspruch nahm, daß sie nur ausnahmsweise eine Thorbewegung in einem Zuge bewirken konnten; zumeist mußten sie eine Ruhepause eintreten lassen, wenn das Thor etwa seinen halben Weg zurückgelegt hatte.



Ansicht der Dichtung an der Thor-kammer am Einschiebeschlitz.

Abb. 39.

erwies sich als recht schwierig und kostspielig, sodaß der für den Umbau veranschlagte Gesamtbetrag von 30 000 \mathcal{M} um 19 000 \mathcal{M} überschritten wurde. Immerhin können aber Fälle eintreten, wo die Verwendung von Schiebethoren an Stelle von Stemmthoren zweckmäßig und vortheilhaft ist, und es ist zu hoffen, daß dann die bei der vorbeschriebenen einseitigen Anlage hervorgetretenen Mängel vermieden werden.

Zu d. Bei dem Trockenbaggerbetrieb im Lose XVI mußte ein großer Theil des ausgehobenen Bodens nach einer Ablagerungsstelle gefördert werden, die auf der entgegengesetzten Seite des Eidercanals lag (s. die Text-Abb. 40). Daraus erwuchs die Nothwendigkeit, das Fördergleis über den Canal zu führen und zwar, damit die Schifffahrt auf dem Canal aufrecht erhalten werden konnte, mittels einer beweglichen Brücke. Die in dieser Veranlassung von den Unternehmern Degen und Wiegand erbaute Dreh- oder Schwenkbrücke war so eigenartig und dabei sowohl im Bau als im Betrieb so einfach und zweckentsprechend, daß sie eine kurze Beschreibung verdient.

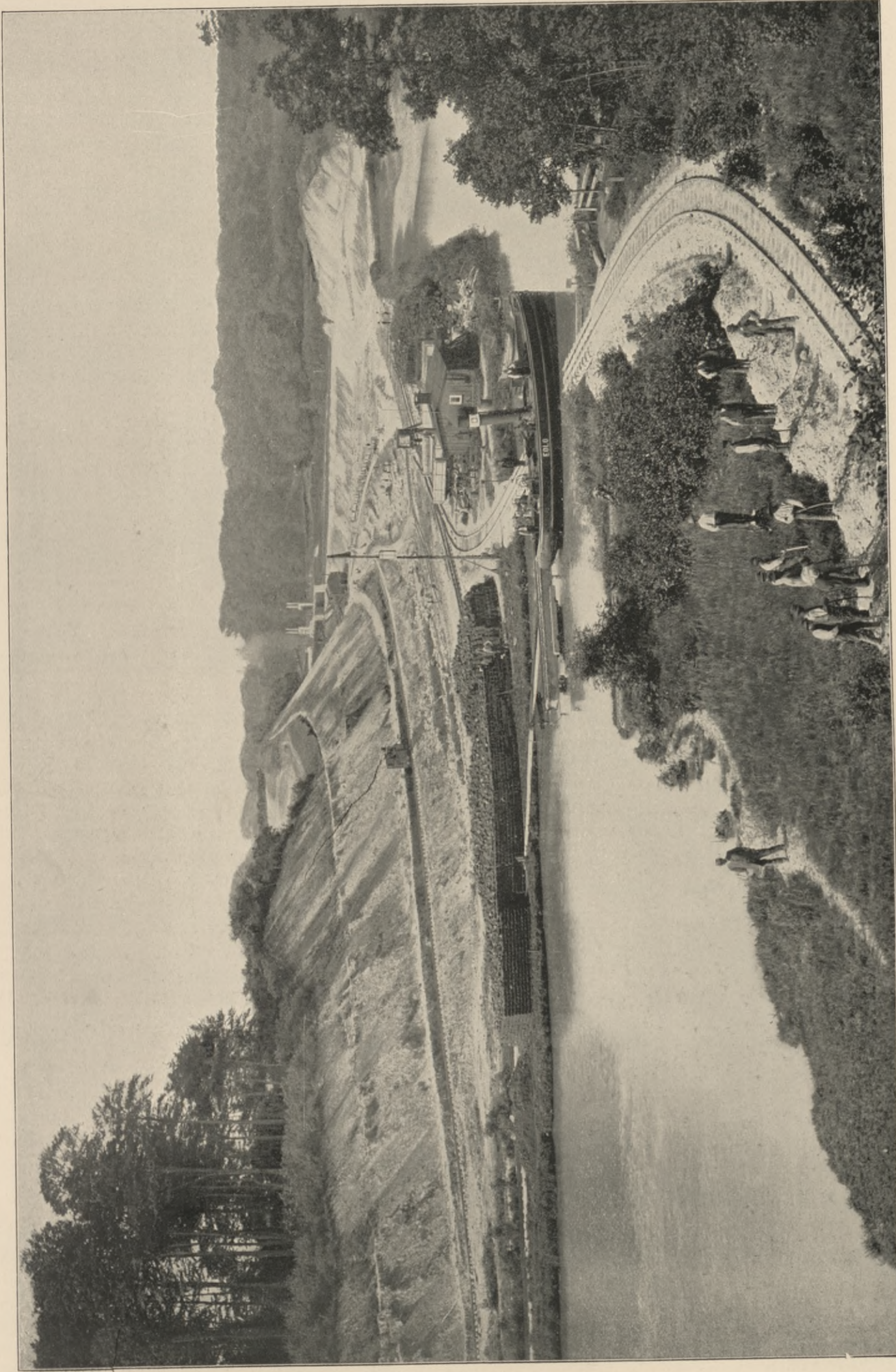


Abb. 40. Einschnitt bei km 95. August 1892.

Die in den Text-Abb. 41 bis 44 dargestellte Brücke führte in schräger Richtung über den Canal; sie liefs in geöffnetem Zustande eine, rechtwinklig zur Canalachse gemessen, 12 m breite Fahrrinne frei und ruhte im geschlossenen Zustande beiderseits auf Pfahljochen. Die bewegliche Brückenfahrbahn bestand aus zwei vollwandigen genieteten I-Trägern von 15 m Länge und 13,85 m Stützweite, auf welchen die Schienen mittels Unterlags- und Klemmplatten gelagert waren. Zur Versteifung gegen Seitenbewegungen dienten drei Querverbände, an den Enden und in der Mitte, sowie ein über diesen liegender Diagonalverband. Mit dem linksseitigen Auflagerjoch war die Brückenfahrbahn durch einen Drehzapfen verbunden, um den sie sich beim Ein- und Ausschwenken wagerecht bewegte. Unter der Fahrbahn war, wie die Text-Abb. 41, 42 und 44 ersehen lassen, ein eiserner Schwimm-

dem Auflager zur Folge. Die untenstehende Curve (Text-Abb. 45) veranschaulicht den Vorgang. Die Abscissen stellen den Weg des Schwimmkörpers in der Längenrichtung der Brücke dar, die Ordinaten den jeder Abscisse zukommenden Auflagerdruck des freien Brücken-Endes, der von 1 bis 0,5 des Brückeneigengewichts abnimmt, ersteres im Schwerpunkt der Brücke, letzteres am Ende des Trägers. Die Linie *cd* giebt die Größe des Auftriebs des Schwimmkörpers bei einem unveränderlichen niedrigen Wasserstande an. Der Druck auf das Auflager wird gleich Null, wenn der Schwimmkörper im Schnittpunkte *f* steht. Eine weitere Bewegung desselben nach rechts bewirkt das Abheben aus den vertieften Auflagern, und die Schwenkung kann vorgenommen werden.

Da der Wasserstand im Canal nicht völlig unveränderlich war, sondern um 0,30 m über den niedrigsten Stand ansteigen

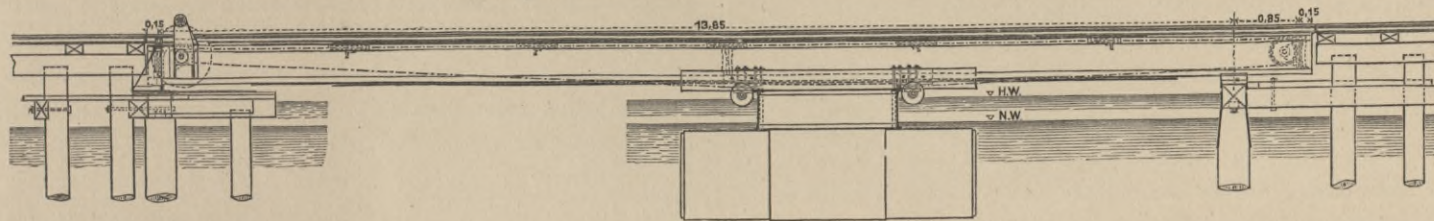


Abb. 41. Ansicht.

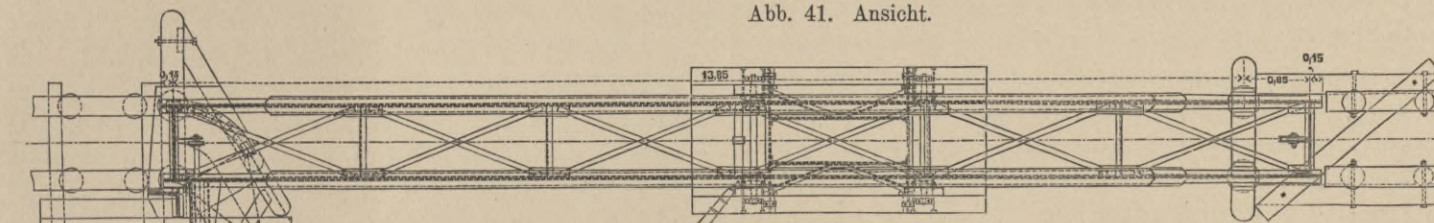


Abb. 42. Grundriss.

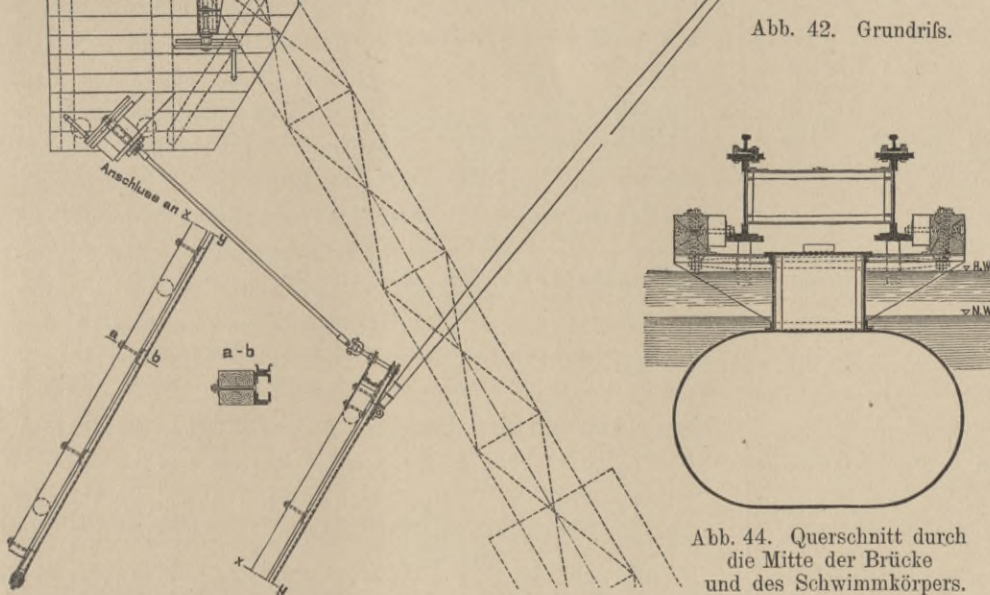


Abb. 44. Querschnitt durch die Mitte der Brücke und des Schwimmkörpers.

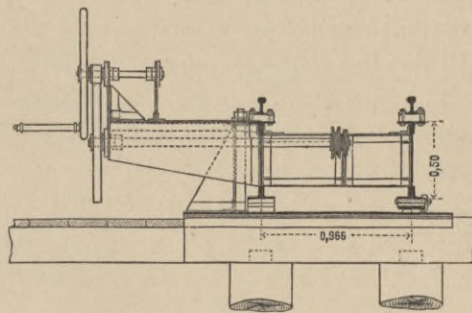


Abb. 43. Querschnitt am Drehzapfen und Winde zur Bewegung des Schwimmkörpers.

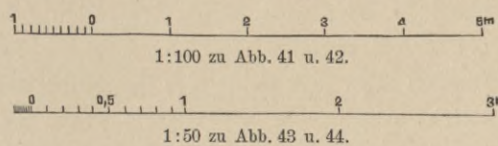


Abb. 41—44. Ponton-Drehbrücke.

körper (Ponton) angebracht, der das freie Ende der Fahrbahn trug, wenn die Brücke ausgeschwenkt wurde, und durch den auch das Abheben der beiden Träger von dem rechtsseitigen Auflager, sowie nach Schluß der Brücke das Wiederabsenken auf dieses Auflager in einfacher Weise bewirkt wurde.

Der Schwimmkörper bestand aus einem wasserdichten Kessel mit ovalförmigem Querschnitt und aufgenietetem eisernen Kasten. Er stemmte sich mit vier Rädern gegen die Untergurtung der Brückenträger und suchte durch seinen Auftrieb die Brücke abzuheben. Der Auftrieb betrug, wenn der ovalförmige Kessel vollständig eingetaucht war, ungefähr $\frac{7}{10}$ des Brückeneigengewichts, war also so bemessen, daß er, im Schwerpunkt der Brücke angreifend, nicht imstande war, diese aufzuheben. Wurde dagegen der Schwimmkörper nach dem Auflager zu verschoben, auf welches ja die Brücke nur mit der Hälfte ihres Gewichts drückte, so gelangte er bald an eine Stelle, wo Auftrieb und Auflagerdruck gleich waren. Eine fernere Bewegung des Schwimmkörpers in gleicher Richtung hatte dann das Abheben des Brücken-Endes von

konnte, mußte dafür gesorgt werden, daß bei hohem Wasserstande, also tief eingetauchtem Schwimmkörper, der Auftrieb desselben nicht größer werden konnte, als das Gewicht der Brücke. Aus diesem Grunde wurde der Schwimmkörper oben, soweit der Wasserspiegel schwankte, in seinem Horizontalschnitt stark eingeschränkt, sodafs bei steigendem Wasser der Auftrieb nur um ein geringes zu-

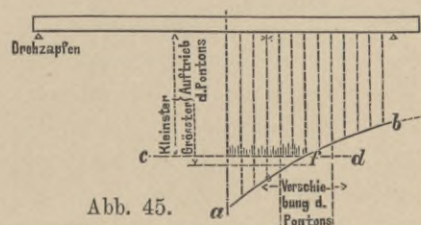


Abb. 45.

nehmen konnte. Er betrug beim höchsten Wasserstande nur ungefähr das 1,06fache des Auftriebes bei dem niedrigsten Wasserstande, sodafs ein Ab-

heben der Brücke, so lange der Schwimmkörper ungefähr unter der Brückenmitte sich befand, nicht stattfinden konnte.

Die Bedienung der Brücke erfolgte vom Drehzapfen-Ende der Brücke aus. Zur Hin- und Herbewegung des Schwimmkörpers behufs Abhebens und Senkens der Brücke

diente eine auf einer Auskragung aufgestellte Winde, die mittels Kettenrad eine Kette ohne Ende bewegte, in die der Schwimmkörper eingeschaltet war. Für das Aus- und Einschwenken der Brücke war auf der verbreiterten Plattform des Drehzapfenauflegers eine zweite Winde mit zwei Vorgelegten verschiedener Uebersetzung aufgestellt. Durch diese wurde mittels Universalgelenks ein Gasrohr in Umdrehung gesetzt, an dessen anderem Ende die Welle eines Kettenrades angeschlossen war. Letzteres war auf dem einen Ende einer auf Pfählen befestigten und am jenseitigen Ende mit einer Rolle versehenen Gleitbahn aufgestellt. Ueber das Rad und die Rolle lief eine endlose Kette, in die der Gleitschuh eines die Brücke in halber Länge angreifenden Drehbaumes eingeschaltet war. Mittels der beschriebenen Vorrichtungen konnte ein Mann, je nach Witterungs- und Strömungsverhältnissen, die Brücke in $2\frac{1}{2}$ bis 5 Minuten abheben und ausschwenken.

Die Kosten der Brücke betragen frei Fabrik, ohne Ramm- und Aufstellungs-Arbeiten, die von den Unternehmern der Erdarbeiten selbst ausgeführt wurden, 6000 *M*.

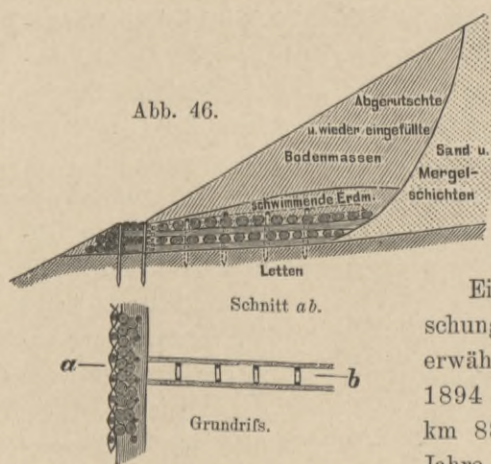
Rutschungen in den Losen XII bis XVI. Bei der Herstellung des Canalprofils in den Losen XII bis XVI sind größere Rutschungen nur an wenigen Stellen vorgekommen, Dieselben traten auf:

1. wenn die angeschnittenen Bodenschichten an und für sich wenig Standfähigkeit besaßen, wie in manchen moorigen Geländen, woselbst auf eine 1,5 bis 2 m starke Moorschicht ein fetter und sehr weicher Wiesenmergel in einer Mächtigkeit von etwa 2 bis 3 m folgte;

2. wenn unter festen Bodenschichten, wie blaue Lette, Sandschichten gelagert waren, die starke Quellen führten. Hierbei trat vielfach weniger ein Abrutschen der Letteschichten ein, vielmehr sackten diese dadurch in sich zusammen, daß die die Unterlage bildende Sandschicht durch die Quellen ausgespült oder gelockert wurde;

3. bei größeren Lagern von stark wasserführendem feinen Saugsand und feinem mit Wasser stark durchsetztem Sandmergel.

Wenn die Rutschungen durch starke, in der Sohle der Baugrube zu Tage tretende Quellen verursacht waren, kamen die Böschungen erst dann zur Ruhe, wenn die Sandausspülung nachließ, oder wenn durch Wassereinlassen in die Baugrube ein entsprechender Gegendruck geschaffen wurde. Wenn Quellen über der Sohle der Baugrube des Canals zu Tage traten, wurden zur Vorbeugung gegen weitere Rutschungen sowie zur Wiederinstandsetzung der Böschungen Stein- und Faschinenpackungen nach nebenstehender Abb. 46 mit Erfolg



eingebaut. Kleinere Wasseradern, insbesondere bei stark wechselnden Schichten, wurden durch Drainleitungen abgeführt. Eine eigenartige Rutschung ist hier noch zu erwähnen, die im August 1894 an einer Stelle bei km 88 eintrat, wo drei Jahre früher zur Befestigung des nördlichen Canalufers ein Sanddamm durch das Warleberger Moor geschüttet worden war. Zur Zeit der Rutschung war das Canalprofil neben derselben bis auf ungefähr $1\frac{1}{2}$ m über der planmäßigen Sohle ausgehoben. Der Sanddamm hatte bis dahin sowohl diesen Bodenaushub

wie die zweimalige Senkung des Wasserstandes im Canal ausgehalten, ohne daß erhebliche Verdrückungen oder Formveränderungen eingetreten waren. Am 16. August rutschte dann plötzlich eine 50 m lange Strecke dieses Dammes nicht etwa in den Canal, sondern nach der entgegengesetzten Seite in das weiche Moor hinein ab, und durch die so entstandene Lücke drang dann der weiche flüssige Moorboden in das Canalprofil ein. Die eingedrungene Bodenmasse füllte das wasserhaltende Profil des Canals fast vollständig aus, an der Südseite blieb nur eine kleine Rinne von 15 m Breite und 2 m Wassertiefe offen. Art und Umfang der Bodenbewegungen sind aus der Text-Abb. 47 und dem Lageplan und Querschnitt (Text-Abb. 48 und 49) zu ersehen. Daß die Rutschung erst eingetreten ist, nachdem sich drei Jahre lang in dem fertigen Damm keine Bewegungen gezeigt hatten, ist nur dadurch zu erklären, daß der Schwerpunkt des Dammquerschnitts durch die im Sommer 1894 kurz vor der Rutschung ausgeführten Einebnungsarbeiten mehr nach links verschoben worden ist. Bei der querschnittmäßigen Herstellung des oberen Theiles der Canalböschung wurde der Theil *abcf* des Sanddammes (Abb. 49) an dessen linksseitiger Böschung abgelagert; die Hauptmasse des Dammes lag hiernach noch mehr als früher über dem stark abschüssigen festen Untergrund, und wenn der Gegendruck der weichen flüssigen Moormasse vielleicht den früheren Dammquerschnitt nur noch eben im Gleichgewicht halten konnte, so war er dazu dem neuen Querschnitt gegenüber nicht mehr imstande, und so glitt denn der Damm bis auf einen kleinen Theil am Fuß der canalseitigen Böschung auf dem ungefähr 1 : 5 geneigten festen Untergrunde ab. Der an der Canalseite stehen gebliebene Theil wurde von dem durch die Lücke in den Canalquerschnitt eindringenden Moorboden mit fortgerissen und lagerte sich, wie der Querschnitt Abb. 49 zeigt, auf der Canalsohle ab.

Irgend welche besondere Schwierigkeiten oder erhebliche Störungen erwachsen durch die Rutschung nicht. Der Dammbruch wurde durch Einkarren von Sandboden aus den anschließenden Dammstrecken leicht geschlossen. Eine für den Eidercanalverkehr genügende Schiffahrtsrinne wurde binnen zwei Tagen wieder hergestellt, und die Gesamtmasse des in den Canalquerschnitt eingedrungenen Bodens — etwa 25 000 cbm — konnten in etwa 14 Tagen ausgebaggert werden.

Die Abführung des Wassers bei der ersten Senkung des Wasserspiegels. Bei der ersten Senkung des Wasserspiegels im Winter 1891/92 handelte es sich um Tieferlegung der Scheitelstrecke des Eidercanals zwischen der Königsförder und der Rathmannsdorfer Schleuse von Ord. 26,84 auf 24,35, also um 2,49 m. Die zu senkende Wasserfläche, bestehend aus dem Flemhuder See innerhalb des Ringdammes (200 ha), der Eidercanalstrecke zwischen Königsförde und Rathmannsdorf (40 ha) und den inzwischen voll Wasser gelassenen neuen Einschnitten des Kaiser Wilhelm-Canals (40 ha), hatte eine Größe von 280 ha = 2 800 000 qm. Um diese Fläche täglich um 5 cm zu senken, mußten also $\frac{2\,800\,000}{100} \cdot 5 = 140\,000$ cbm täglich, oder ungefähr 1,6 cbm/sec

mehr abgelassen werden, als der natürliche Zufluß betrug. Da das Freigerinne der Königsförder Schleuse drei Schützöffnungen von je 1 m lichter Weite hatte, die bis zu 1,30 m lichter Höhe aufgezogen werden konnten und deren Unterkante in der Höhe der Canalsohle lag, so bot die Abführung dieser — im Verhältniß zu den (bis zu 10 cbm/sec) regelmäßig abzuführenden Hochwassermengen — nur geringfügigen Wassermasse keine besonderen Schwierigkeiten. Die Senkung begann am 15. December 1891 und war am 1. Februar 1892 so weit beendet, daß an diesem Tage die Schleusenthore

der Rathmannsdorfer und Königsförder Schleuse geöffnet werden konnten.

Für die Eröffnung der Schifffahrt war dann noch die Herstellung einer Verbindung zwischen dem alten Canal unterhalb Königsförde und dem Einschnitt des Kaiser Wilhelm-Canals bei Königsförde, die Durchstechung des östlichen Abschlussdammes des Königsförder Einschnittes und die Durchstechung des westlichen Abschlussdammes des Projensdorfer Einschnittes, nachdem diese beiden Einschnitte inzwischen mit Wasser gefüllt waren, erforderlich. Die beiden erstgenannten Durchbaggerungen vollzogen sich ohne besondere Schwierigkeit, während die Beseitigung des letztgenannten Abschlussdammes, auf dem die verkehrsreiche

Kiel-Eckernförder Chaussee den Canal kreuzte, deren Verkehr nicht unterbrochen werden durfte, etwas längere Zeit in Anspruch nahm. Hier mußte zuvor etwas

weiter östlich einstweilen eine Hilfsbrücke über den im trockenen ausgehobenen Canaleinschnitt hergestellt werden, deren Pfähle so tief eingeschlagen wurden, daß sie auch für die bei der zweiten Senkung erforderliche Vertiefung des Canalbettes um 4,5 m noch tief genug im Boden steckten. Zur Herstellung der Brücke wurden die Brückenklappen nebst der Aufzugvorrichtung der ganz in der Nähe über den alten Eidercanal führenden Chausseebrücke benutzt, einer Portalbrücke von 8,5 m lichter Weite. Die Fahrbahn der neuen Brücke kam auf Ord. 30,80 zu liegen, während die Canalsohle unter der Brücke nach

canals von Kluvensiek nach Königsförde und von Knoop nach Rathmannsdorf entfielen.

Die Senkung der infolge der ersten Senkung entstandenen neuen Scheitelhaltung begann am 15. December 1892 bei dem Wasserstande von 24,35 und war bei andauernd starkem Frostwetter und daher sehr geringen Zuflüssen bis zum 7. Februar 1893 so weit gediehen, daß der Wasserstand der östlichen Endhaltung Knoop-Holtenau, Ord. 22,09, erreicht war. Gleichzeitig war auch der Wasserspiegel der westlichen Endhaltung Rendsburg-Kluvensiek, deren Normalstand 22,48 betragen hatte, bis auf diese Höhe heruntersenkend. Am

7. Februar wurde wegen des schon früher beschriebenen Umbaus der Eisenbahnbrücke bei Neuwittenbek der Canal an dieser Stelle zugebaggert, sodafs von diesem Zeitpunkte ab die östlich davon belegene Canalstrecke nur nach Osten, die westliche nur nach Westen hin

entwässern konnte. — In der östlichen Canalstrecke wurde dann der Wasserstand bis zum 23. April ungefähr auf derselben Höhe gehalten, um die noch erforderliche Durchbaggerung einer Schifffahrtsrinne neben der Knooper Schleuse in bequemer Weise vornehmen und für die Fortschaffung des Baggerbodens die bisherige Holtenauer Schleuse benutzen zu können, deren hochliegende Oberdrempe bei weiterer Absenkung des Wassers den Durchgang beladener Baggerschuten nicht mehr zugelassen hätte. In der westlich von der Eisenbahnbrücke gelegenen Canalstrecke war man, da der Osterrader Einschnitt zwischen

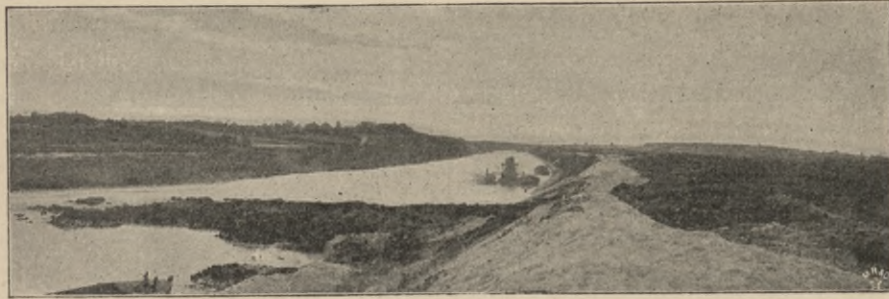


Abb. 47. Rutschung bei km 88. August 1894.

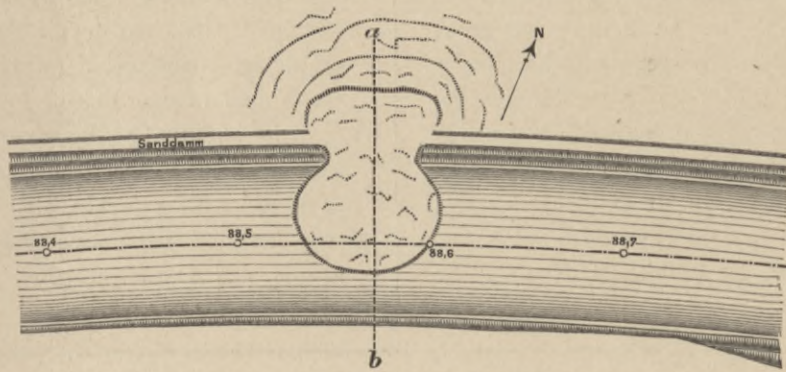


Abb. 48. Lageplan. 1:4000.

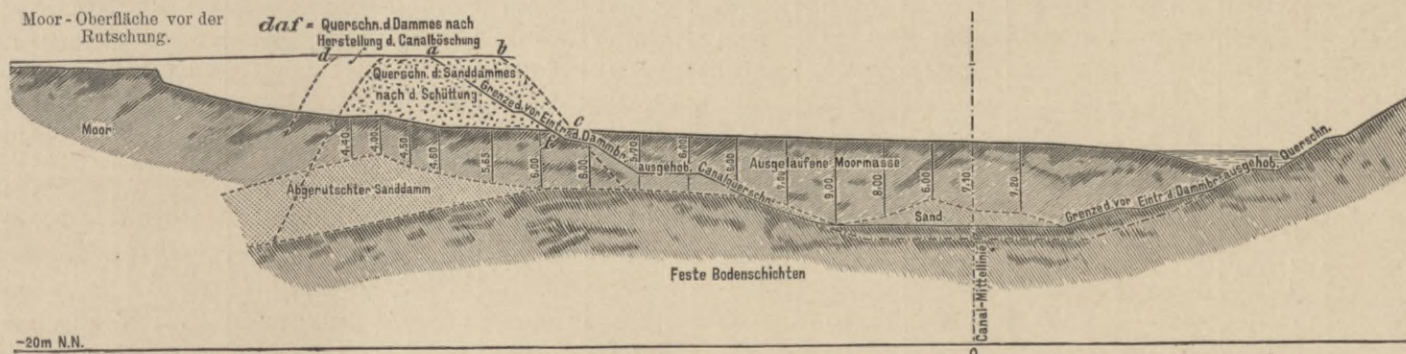


Abb. 49. Querschnitt ab.

der zweiten Senkung auf Ord. 15,77 liegen sollte. Die die Klappen tragenden Brückenpfeiler mußten also eine freistehende Höhe von 15 m erhalten. Die Ausbildung der hölzernen Pfeiler bietet nichts besonders bemerkenswerthes.

Die Abführung des Wassers bei der zweiten Senkung des Wasserspiegels. Bei der zweiten Senkung des Wasserspiegels war anfangs mit einer zu senkenden Wasserfläche von 306 ha zu rechnen, wovon 180 ha auf den durch die erste Senkung verkleinerten Flemhuder See, 110 ha auf die Strecke des Kaiser Wilhelm-Canals zwischen Königsförde und Knoop und 16 ha auf die beiden Strecken des Eider-

Sehstedt und Königsförde noch nicht so weit fertig gestellt war, um schon jetzt voll Wasser gelassen zu werden, auf die Entwässerung durch die bereits geöffnete Kluvensieker Schleuse und den 4 km langen alten Eidercanal oberhalb der Schleuse angewiesen. Da diese Canalstrecke jedoch nach der Senkung auf + 22,09 nur noch einen sehr kleinen Abflußquerschnitt aufwies (die Canalsohle lag auf + 21,15), so war sie nicht imstande, größere Wassermassen abzuführen. Als daher nach der Abdämmung des Canals an der Eisenbahnbrücke vom 7. Februar ab bei reichlich liegender Schneedecke plötzlich starkes Thauwetter in Verbindung mit hef-

tigen Regengüssen eintrat, fing das Wasser in der mittleren Canalstrecke und im Flelhuder See wieder an zu steigen und erreichte bis zum 20. Februar den Stand von 22,70, den es bis zum 7. März ungefähr beibehielt. Nach dem 7. März folgte eine für diese Jahreszeit sehr ungewöhnliche anhaltende Trockenheit, während der bis Anfang Mai gar keine Niederschläge vorkamen, und dies bewirkte, daß das Wasser bis zum 14. April, an welchem Tage die Abdämmung an der Eisenbahnbrücke wieder beseitigt wurde, wieder annähernd auf den früheren Stand zurückgegangen war, sodafs die Durchbaggerung an der Eisenbahnbrücke bei beiderseitig ziemlich gleich hohem Wasserstande vorgenommen werden konnte.

Vom 23. April an geschah die weitere Absenkung des Wasserstandes lediglich nach Osten hin durch die Holtenauer Schleuse mit durchschnittlich täglich 10 cm, sodafs in den Tagen vom 11. bis 13. Mai der noch verbliebene Rest des Wassers zur Füllung des Osterrader Einschnittes benutzt und am 14. die Holtenauer Schleusen, sowohl die bisher im Betriebe befindliche wie auch die neue Hilfsschleuse geöffnet werden konnten. Nachdem inzwischen auf der westlichen Endhaltung des Canals von Sehestedt bis Rendsburg der Wasserstand ebenfalls bis auf die normale Höhe von 19,77 abgesenkt war, was nur durch den andauernden Ostwind und dadurch verursachten niedrigen Wasserstand der Untereider möglich geworden war, konnte am 13. und 14. Mai auch der westliche Abschlufsdamm des Osterrader Einschnittes bei beiderseitig gleichem Wasserstande durchgebaggert werden. Am 15. Mai wurde dann die Schifffahrt wieder eröffnet, zunächst allerdings nur für Schiffe bis zu 2,30 m Tiefgang; tiefer gehende Schiffe bis zu dem früheren normalen Canalmafs von 2,68 m konnten erst acht Tage später durchgehen.

Die durch die beiden Wasserspiegelsenkungen verursachten Unterbrechungen der Schifffahrt auf dem Eidercanal fielen größtentheils in die Wintermonate, in denen der Schiffverkehr ohnehin meist durch Eis unterbrochen wird. Darüber hinaus dauerte die Unterbrechung im Frühjahr 1892 ungefähr

einen Monat, im Frühjahr 1893 ungefähr zwei Monate. Weitere anhaltende Störungen sind während der ganzen Dauer der Bauzeit nicht vorgekommen.

Die Ausbaggerung der Binnenhäfen und der an die Schleusen sich anschließenden Theile der Vorhäfen zu Brunsbüttel und Holtenau wurde in Verbindung mit den Hafen- und Schleusenbauten verdungen und ausgeführt. An eigenen Baggern wurden von der Bauverwaltung nur zwei angeschafft, mit dazu gehörigen sieben Prähmen. Sie sind während der Bauzeit zur Ausbaggerung der äußeren Theile der beiden Endhäfen und zur Herstellung der planmäßigen Tiefe in den Obereiderseen bei Rendsburg benutzt worden und sollen künftig bei den Unterhaltungsarbeiten im Canal Verwendung finden.

Zusammenstellung der geförderten Massen und der Kosten. Die zur vollständigen Herstellung des Canals ausgeführte Bodenbewegung und die dafür gezahlten Preise sind in der nachstehenden Tabelle übersichtlich zusammengestellt.

Der Durchschnittspreis für den Bodenaushub stellt sich danach für 1 cbm auf rd. 0,87 \mathcal{M} . In diesem Preise sind enthalten die Kosten für alle Dammschüttungen, die zur Herstellung haltbarer Ufer und Böschungen in den Mooren und moorigen Niederungen erforderlich waren, und für die Einhebung der Böschungen des Canalprofils. Es sind aber nicht darin enthalten die Kosten für Abdeckung der Böschungen mit Mutterboden, sowie die zu ihrer Befestigung erforderlich gewesen Steinabdeckungen, Drainirungen und andere ähnliche Arbeiten, die sämtlich unter Cap. III vorgesehen und verrechnet sind. Auch die Kosten für die in den durchschnittlichen Niederungen an beiden Canalufern hergestellten Deiche sind in dem obigen Preise nicht mit enthalten.

Die auf 82177000 cbm festgestellte Gesamt-Aushubmasse umfaßt aufer der Bodenmasse, die zur Herstellung des normalen Canalprofils, einschließlic der beiden Endhäfen, sowie zu den planmäßigen Erbreiterungen in den Krümmungen und Ausweichstellen auszuheben war, erstlich die

Los Nr.	km		Jährlich — vom 1. April bis 1. April — geförderte Bodenmasse in Millionen Cubikmetern							Gesamt- Aushubmasse in Millionen cbm	Preis für 1 cbm \mathcal{M}	Gesamt- kosten des Bo- denaushubs \mathcal{M}
	von	bis	1888/89	1889/90	1890/91	1891/92	1892/93	1893/94	1894 bis Ende des Baues			
I u. II	1,25	5,60	0,200	0,050	0,450	0,630	0,460	0,250	0,340	2,380	0,92	2 193 629
III bis V	5,60	26,20	0,300	1,550	1,950	2,070	2,800	2,050	1,934	12,654	0,95	12 021 449
VI	26,20	38,0	—	1,950	2,400	2,700	2,800	2,700	1,640	14,190	0,72	10 237 193
VII	38,0	48,0	—	0,150	0,950	1,150	1,050	0,850	1,172	5,322	0,95	4 991 696
VIII	48,0	60,0	—	0,250	1,450	2,050	1,350	1,100	1,097	7,297	0,77	5 618 940
IX	60,0	65,5	—	0,500	0,650	0,600	0,500	0,550	1,289	4,089	0,83	3 383 948
X	65,5	68,4	—	—	—	—	—	—	—	0,473	—	354 516
X a u. b	65,5	68,0	—	0,120	0,163	—	—	—	—	0,283	0,84	237 384
XI	71,5	75,4	0,150	0,750	1,100	1,050	0,300	0,200	0,664	3,853 0,162 0,199	0,72 0,50 0,35	2 925 073
XII	75,4	82,0	0,100	1,000	1,400	1,750	1,500	0,400	0,429	6,579	0,96	6 320 800
XIII u. XIV	82,0	92,7	0,200	2,050	3,300	2,450	1,800	1,900	1,747	13,447	0,97	13 043 300
XV	92,7	95,2	0,150	1,200	0,850	0,750	0,150	0,500	0,344	3,944	0,73	2 879 000
XVI	95,2	96,7	—	—	0,250	0,550	0,650	0,200	0,175	1,825	1,19	2 174 010
Binnenhafen und ein Theil des Vorhafens in Brunsbüttel	—	—	—	—	—	—	0,269	0,575	0,189	0,840	0,95	797 905
desgl. in Holtenau	—	—	—	—	—	—	0,030	0,300	0,371	0,701	1,245	871 000
Baggerungen im Selbstbetrieb in der Obereider und an beiden Mündungen	—	—	—	0,110	0,265	0,380	0,430	0,516	0,927	2,628	0,469	1 232 000
Baggerungen im Selbstbetrieb durch Bagger Wodan u. Hercules	—	—	—	—	0,105	0,173	0,077	0,074	0,025	0,454	0,485	220 489
Baggerungen mit gemiethetem Veringschen Bagger im Bruns- bütteler Vorhafen	—	—	—	—	—	—	—	—	0,148	0,148	0,57	84 600
Kosten für die von der Bauverwaltung beschafften 2 Bagger und 7 Prähme nebst Zubehör	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	867 350
Für sonstige Erdarbeiten (Rutschungen, Verdrückungen, Herstellung von Lös- und Ladeplätzen usw.)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,700	—	1 030 619
Zusammen Cap. II Tit. 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	82,177	—	71 484 901

sämtlichen durch die Schüttungen der Sanddämme verursachten Moorauftreibungen innerhalb des Canalprofils und ferner die abgerutschten, sowie die zur Herstellung haltbarer Böschungen an den Rutschstellen abgetragenen Bodenmassen.

Außer den Kosten für den Erdaushub zur Herstellung des Canalprofils und der Häfen sind unter Cap. II des Hauptkostenanschlages noch verrechnet die Kosten für Herstellung von Brücken- und Fähr Rampen, für Strafsen- und Eisenbahnverlegungen, für Verlegung und Neuanlage von Entwässerungsgräben, für Gewinnung von Steinen, Thon und anderen Materialien, sowie für Herstellung der an beiden Seiten des Canals aufgeführten Deiche und der zur Abgrenzung des Canalgebiets erforderlich gewordenen Scheidegräben. Diese Nebenkosten der Erdarbeiten haben im ganzen 4169490 *M* betragen und vertheilen sich wie folgt:

a) für Bedeichungen, Ent- und Bewässerungs- und Scheidegräben	1682500 <i>M</i>
b) für Bodenaushub zur Vorbereitung von Kies- und Sandschüttungen	106660 „
c) für Aussonderung von Ziegelerde, Mauer- sand, Kies, Steinen, Thon und Mutterboden	401755 „
d) für Wege- und Eisenbahnverlegungen, Herstellung von Brücken- und Fähr Rampen, sowie von Verbindungs- und Zuleitungscanälen zu den an den Canalufem erbauten Schleusen und Durchlässen usw.	1978575 „

Die unter c genannten Materialien wurden aus den im trockenen ausgehobenen Bodenmassen des Canalquerschnittes ausgesondert, um bei den baulichen Anlagen am Canal zweckentsprechend verwandt zu werden. Aus der Ziegelerde wurden in eigens dazu hergerichteten Ziegeleien in Brunsbüttel und Königsförde 90 Millionen Backsteine gebrannt, die zum größten Theil zu den Schleusenbauten in Brunsbüttel, Holtenau und Rendsburg, im übrigen zum Bau von Brücken und Dienstwohnungen und zu den Uferdeckungen Verwendung fanden. Kies, Steine, Thon und Mutterboden wurden zu den Uferdeckungen und Böschungsbekleidungen, der Mauer- sand zum Theil ebenfalls zu den Uferdeckungen, im übrigen zu verschiedenen Schleusen- und Brückenbauten verwandt.

Die unter d aufgeführten Kosten sind zu einer so beträchtlichen Höhe angewachsen, weil darunter die Kosten der Förderung von ungefähr 2 Millionen cbm Boden zur Herstellung der auf die Levensauer Hochbrücke führenden Schleusen- und Eisenbahnrampen mit enthalten sind.

c) Die zur Erdförderung verwandten Bagger-
maschinen und Fahrzeuge.

Die Anschaffung und Unterhaltung der zahlreichen Arbeitsmaschinen, Geräte und Einrichtungen, die zum Aushub des Canalbettes und zur Förderung der Bodenmasse auf die Ablagerungsplätze erforderlich waren, lag, wie schon in Abschnitt a, Seite 34, erwähnt worden ist, den Unternehmern der Erdarbeiten ob. Diese waren nach den für den Verding der Arbeiten aufgestellten Bedingungen verpflichtet, schon bei Einreichung ihrer Angebote einen Arbeitsplan vorzulegen und darin die zu verwendenden Betriebsmittel genau zu bezeichnen. Nach diesen Arbeitsplänen waren für die Herstellung des Canals mit Ausschluss der beiden Endhäfen — die unter Verwendung zweier von der Canalverwaltung zu beschaffenden Bagger großentheils im Selbstbetrieb ausgehoben werden sollten — zusammen 22 Trockenbagger und 34 Nafs-bagger vorgesehen. Zur Bestimmung der Anzahl der für die einzelnen Lose erforderlichen Bagger war die Tagesleistung eines Trockenbaggers von einigen Unternehmern zu 1200 bis 1500 cbm, von anderen zu 2000 cbm und zum Theil in der Absicht, Tag- und Nachtbetrieb einzuführen,

noch höher angenommen worden. Bezüglich der Nafs-bagger schwankte die angenommene Tagesleistung, je nach der Größe und Maschinenstärke der Betriebseinrichtungen, zwischen 600 und 1800 cbm. Bei der Ausführung stellte sich indes die mittlere Tagesleistung insbesondere der Trockenbagger meist etwas niedriger, als bei Aufstellung der Arbeitspläne angenommen war, und es ergab sich daraus für verschiedene Lose die Nothwendigkeit, zeitweilig eine größere Zahl von Baggern einzustellen, um die nach den Arbeitsplänen zu beschaffenden Jahresleistungen erreichen zu können. Ihre Gesamtzahl stieg deshalb bis zum Jahre 1891 auf 28. Dann mit zunehmender Tiefe des Canalbettes wurde der Trockenbaggerbetrieb allmählich eingeschränkt, weil der Aushub der unteren Bodenmassen meist zweckmäßiger und billiger durch Nafs-bagger zu bewerkstelligen war. Nur einige Strecken in den Losen V, VI und XII wurden durch Trockenbaggerbetrieb ganz, oder annähernd bis zur vollen Tiefe ausgehoben. Die Zahl der Trockenbagger nahm daher von 1891 an allmählich ab, wohingegen die der Nafs-bagger erst in den Jahren 1891 und 1892 ihre volle Höhe erreichte und dann bis zur Canalöffnung ziemlich unverändert blieb.

Die Fortschaffung des ausgehobenen Bodens geschah bei dem Trockenbaggerbetrieb regelmäßig mittelst Eisenbahn-Kippwagen, die von den Baggern unmittelbar beladen und durch Locomotiven nach den Ablagerungsplätzen gefördert wurden. Die Einrichtung dieser Wagen war die zur Zeit bei größeren Erdarbeiten allgemein übliche. Ihre Anzahl betrug in der Zeit des stärksten Betriebes rund 2500, die Zahl der gleichzeitig eingestellten Locomotiven 90. Bei dem Nafs-baggerbetrieb erforderte die Fortschaffung des ausgehobenen Bodens je nach der Lage und Art der Ablagerungsflächen verschiedenartige Einrichtungen. Einige von den Baggern waren so eingerichtet, daß der Boden von ihnen unmittelbar auf die zur Seite des Canals belegenen Ablagerungsflächen gefördert werden konnte. Sie waren zu dem Zweck mit Schwemmeinrichtungen versehen, die entweder durch die eigene Maschinenkraft des Baggers, oder durch besondere Maschinen, die auf einem neben dem Bagger liegenden Prahm aufgestellt waren, betrieben wurden. Bei allen übrigen Baggern wurde der Boden in Prähme verladen und in diesen fortgeschafft. Lagen die Ablagerungsplätze, die den in Prähme verladenen Boden aufnehmen sollten, über Wasser, so wurden an geeigneten Stellen neben ihnen Elevatoren eingestellt, durch die der Baggerboden aus den Prähmen entnommen und weiter bewegt wurde. Wo dagegen für die Bodenablagerung Wasserflächen in nicht allzu großen Entfernungen und von genügender Tiefe zur Verfügung standen, da kamen Prähme mit Bodenklappen zur Verwendung, durch welche der Baggerboden unmittelbar an die Ablagerungsstellen gebracht und dort verschüttet werden konnte. Zur Zeit des stärksten Betriebes waren 8 Elevatoren und mehr als 100 Prähme in Thätigkeit. Ihre Einrichtung soll ebenso wie die der Bagger nachstehend in soweit näher beschrieben werden, als nöthig ist, um über ihre Betriebsart und Leistungsfähigkeit, wie über die Zweckmäßigkeit ihrer Verwendung eine klare Anschauung zu gewinnen.

1. Trockenbagger.

Von den zur Verwendung gekommenen 28 Trockenbaggern waren gebaut:

- 24 von der Lübecker Maschinenbaugesellschaft in Lübeck,
- 3 von der Firma A. F. Smulders in Utrecht,
- 1 von der Borsigschen Maschinenbauanstalt in Berlin.

Die Lübecker Bagger waren meist solche, bei denen der Erdwagengzug unter dem Bagger steht (Bauart B der Lübecker Fabrik, vgl. Abb. 11 S. 38). Der Bagger, der den Zug über-

brückt, stützt sich auf ein breites Schienengleis, zwischen welchem das Gleis des Erdwagenzuges liegt. Einige der Bagger waren nach Bauart A (vgl. Abb. 10 S. 38) gebaut, bei der sich der Erdwagenzug hinter dem Bagger befindet, wie bei den Baggern nach der Couvreuxschen Anordnung.

Die Bagger mit einer Durchfahrtsöffnung für den Zug haben gegenüber den nach hinten ausschüttenden, auf schmaler Grundfläche ruhenden Baggern den Vortheil wesentlich größerer Standsicherheit und geringerer Belastung der Böschungskante. Sie fahren auf breitem Gleise, und alle schweren Theile, als Dampfkessel, Maschine, Rädervorgelege, sind möglichst nach hinten hinausgelegt, sodafs sie ein wirksames Gegengewicht gegen die weitausladende Eimerkette bilden. Die große Standsicherheit der Bagger gestattet bei tragfähigem Untergrund die Verwendung langer und schwerer Eimerleitern, somit die Erreichung großer Baggertiefen und die Bewältigung schwer zu lösenden Bodens. Dabei ist die Gesamtbreite des Gleises trotz der weiten Spur des Trockenbaggers geringer als bei der Couvreuxschen Anordnung.

In der Text-Abb. 50 und den Abb. 1 bis 3 Bl. 4 u. 5 ist ein Trockenbagger, Bauart B der Lübecker Fabrik dargestellt. Das aus Blechen, Winkeleisen und Trägern ausgeführte Wagen-gestell ruht auf zwölf Stahl-gufrädern, von denen acht auf einem Gleise von 90 cm Spurweite die Hauptlast tragen, während die vier anderen als Stützräder für das Hintergestell und das Gegengewicht dienen und auf einer Schiene laufen. Die Laufradachsen sind aus Stahl und ruhen in Lagern, die mit Blattfedern und Wagebalken versehen sind, um die Lasten gleichmäfsig auf alle Räder zu vertheilen. Die Eimerkette der auf eine

Tiefe von 6 m arbeitenden Bagger enthält 25 Eimer von etwa 0,23 cbm Fassungsraum. In der Minute gelangen 15 bis 17 Eimer zur Entleerung, sodafs die rechnerische stündliche Fördermenge 207 bis 234 cbm beträgt. Die Bewegung der Eimer erfolgt in der aus der Abb. 1 Blatt 4 und 5 ersichtlichen Richtung. Die Eimer haben keinen Boden, sie bestehen aus weichem Stahlblech von 9 und 7 mm Stärke, sind mit harten Stahlschneiden von 175/15 mm Stärke versehen und mit den Kettengliedern fest vernietet. Die Gelenkbolzenlöcher sind mit Stahlbuchsen ausgefüttert und die 40 mm starken Bolzen aus gehärtetem Stahl mit breiten, das Drehen verhindernden Köpfen ausgeführt. Zur Unterstützung der Eimerkette dienen Rollen aus Schalenhartgufs; aus gleichem Stoff ist die obere Trommel (Turas) hergestellt und zwar zweitheilig, sodafs die Auswechslung einer abgenutzten gegen eine neue in wenigen Stunden geschehen kann; die untere Trommel besteht aus Stahlgufs und liegt in verschiebbaren Lagern, um die Kette nach eingetretenen Abnutzungen der Gelenke nachspannen zu können.

Die Eimerleiter wird gebildet durch zwei an den Aufhängepunkten durch Flacheisen verstärkte C-Eisen von 300 mm Höhe, die mittels Quer- und Kreuzstreben aus Winkeleisen und Flacheisen mit einander verbunden sind. Um die Uebertragung der beim Baggern in schwerem Boden entstehenden Stöße auf das Baggergeräth abzuschwächen, ist die Eimerleiter an ihrem oberen Drehpunkt mit zwölf Pufferfedern versehen, und ebensolche Pufferfedern sind in die Aufhängeketten eingeschaltet. Gegen seitliche Schwankungen der Eimerleiter wirkt eine besondere, aus doppeltem Winkeleisen und Zugstangen gebildete Stützvorrichtung, die am Wagengestell drehbar gelagert ist, während ihr äufseres, mit Schlitten versehenes Ende die Eimerleiter umfaßt und beim Heben und Senken der Leiter auf dieser sich verschiebt. Der Ausleger

zum Tragen der Eimerleiter besteht aus C-Eisen, die durch Holzbalken versteift und durch Rundeisen-Zugstangen gehalten sind.

Für sämtliche beim Betriebe vorkommenden Bewegungen ist nur eine Maschine vorhanden, eine Hochdruck-Zwillingsmaschine von 200 mm Cylinder-Durchmesser und 310 mm Hub, die bei 240 Umdrehungen in der Minute rund 45 Nutz-Pferdekkräfte entwickelt. Von der Kurbelwelle werden die Kräfte durch Uebersetzungen auf die einzelnen Getriebe übertragen, und zwar erfolgt der Antrieb durch Vermittlung von Reibungskupplungen, die je nach Bedarf während des Ganges der Maschine ein- und ausgeschaltet werden. Zur Uebertragung der Kraft auf die Eimerkette dient eine Reibungskupplung, deren Flächen mittels Druckwasser an einander geprefst werden. Der Druck wird vom Dampfkessel entnommen und die Kupplung durch Umdrehen

eines Dreiweghahnes in und aufer Thätigkeit gesetzt; sie dient gleichzeitig als Sicherheitsvorrichtung, da sie bei plötzlich eintretenden Stößen der Eimerkette gleitet. Die Eimerleiter wird mit Hilfe eines mehrfachen Rädervorgeleges gehoben, das durch Keilscheibenräder in und aufer Eingriff mit der Maschine gesetzt wird; das Senken der Eimerleiter geschieht durch Herunterbremsen. Die Fahrbewegung des Baggers auf dem Gleise wird durch Vermittlung von Galleischen Gelenkketten mit entsprechenden Rädervorgelegen und durch ein kegelförmiges Reibungs-Wendegetriebe bewirkt. Um trotz der großen Spurweite mit Sicherheit kleine Curven durchfahren zu können, namentlich bei der Baggerung über der Gleisebene ist in das Fahrtriebwerk ein Differentialräderwerk eingeschaltet, durch welches den auf den verschiedenen Schienen laufenden Rädern verschiedene Geschwindigkeiten ertheilt werden können, je nach dem Wege, den die einzelnen Rädergruppen zurückzulegen haben. Die Hebel zur Bedienung der Druckwasserkupplung, des Leiterhebwerks und des Fahrtriebwerks sind an einem gemeinsamen Steuer-

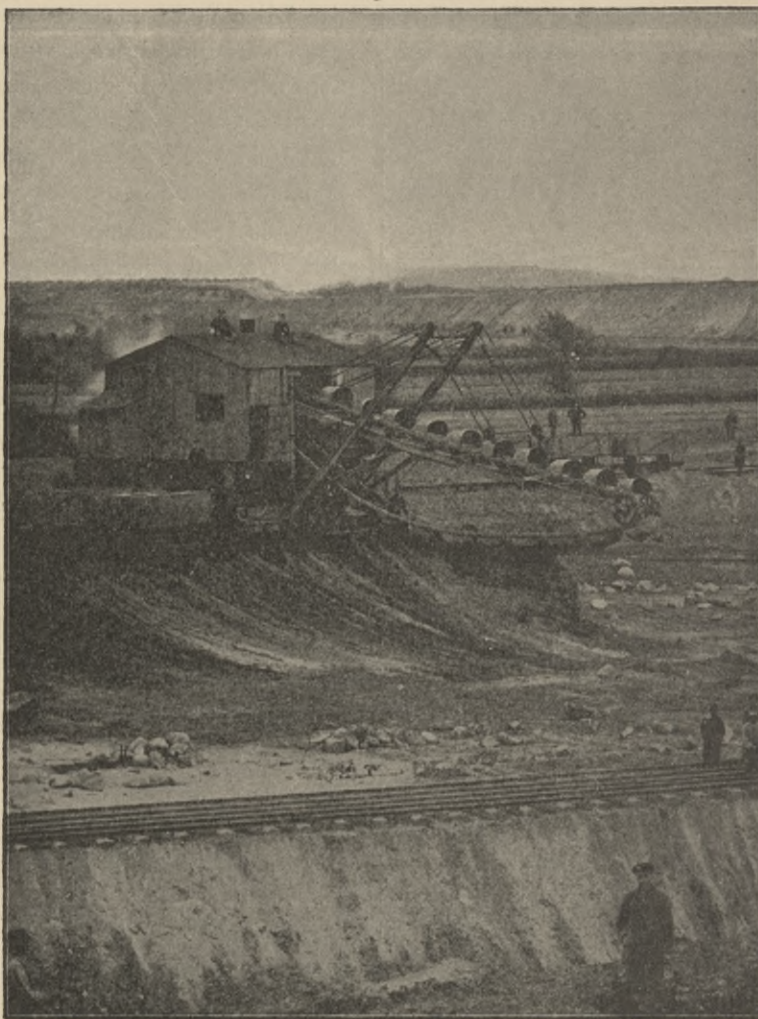


Abb. 50. Trockenbagger, Bauart B, der Lübecker Maschinenbau-gesellschaft in Lübeck.

ständer vereinigt und werden durch den Baggerführer, der von seinem Standpunkt aus sowohl die Eimerkette als die Erdkippwagen, die Maschine und den Kessel übersehen kann, gehandhabt.

Die Vorrichtungen zum Vertheilen des Baggergutes in die Förderwagen sind so eingerichtet, daß der zwischen den Wagenkasten befindliche Zwischenraum durch eine am Bagger angebrachte Schüttklappe überbrückt wird, sodafs ein Wagenkasten nach dem anderen durch den langsam dahinfahrenden Bagger gefüllt wird, ohne daß viel Boden auf das Gleise fällt und ohne daß es nöthig ist, den Zug zu bewegen. Fahrgeschwindigkeit und Förderungen des Baggers entsprechen dem Fassungsraum und der Länge der Wagen. Das Becherwerk schüttet, wie neben-

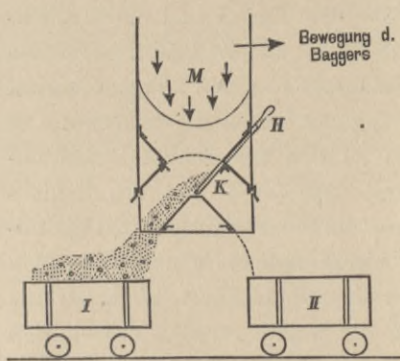


Abb. 51.

stehende Abb. 51 zeigt, das Baggergut in die Schüttrinne *M*, aus der es je nach der Stellung der Klappe *K*, die durch den Hebel *H* umgelegt wird, in den Wagen *I* oder *II* fällt. Auf diese Weise wird die Baggararbeit unabhängig von der schwer zu regelnden Bewegung des Zuges.

Das Umlegen der Schüttklappen erfordert einen oder zwei Arbeiter, die von ihrem Stande die Wagen von oben übersehen können.

Der Dampfkessel, ein liegender Röhrenkessel mit Innenfeuerung, hat 38,5 qm Heizfläche und arbeitet mit 7,5 Atmosphären Spannung. Die Reinigung der Heizröhren erfolgt von außen; zu diesem Zweck ist die Rauchkammer durch die Wand des Gehäuses hindurchgeführt. Unterhalb der Heizplattform befinden sich zwei Speisewasserbehälter von zusammen 1600 Liter Inhalt. Das Ganze ist durch ein Gehäuse von Wellblech auf hölzernem Ständerwerk umschlossen. Zu dem Stande des Baggerführers und dem der Schüttklappensteller führen zwei eiserne Wendeltreppen hinauf.

Für die Baggarerung in der Seitenentnahme (Hochbaggarerung) muß der vorbeschriebene Bagger mit einer anderen Eimerkette und entsprechender Eimerleiter ausgerüstet werden und die Eimerkette die entgegengesetzte Bewegungsrichtung erhalten. Die Anordnung dieser Baggarer zeigt Abb. 4 Bl. 15 u. 16. Die Eimer haben die Gestalt der bei den Nafsbaggern verwandten, jedoch sind die Kettengelenke wesentlich kürzer, und auf den den Eimern vorausgehenden Gelenken sind Vorbleche angebracht, die verhindern, daß der von den Eimern aufgenommene Boden herabfällt, wenn die Füllung der Eimer größer ist als ihr Fassungsraum, oder die Neigung der Leiter sehr flach ist. Die Eimer haben 0,21 cbm Fassungsraum, sind aus Stahlblechen von 11 und 6 mm hergestellt und mit einer Stahlschneide und zwei verstellten Zähnen versehen.

Die Lübecker Baggarer arbeiten sowohl in leichtem als auch in schwerem Boden mit großer Regelmäßigkeit. Die Füllung eines aus 30 Wagen bestehenden und 90 bis 100 cbm fassenden Zuges dauerte bei leichtem und nicht sehr steinigem Boden etwa 24 Minuten. An Bedienungsmannschaften sind erforderlich: 1 Mann am Steuerständer, 1 Heizer, 1 Maschinist und 1 bis 2 Mann an der Schüttklappe. Zum Verlegen der Baggarer- und Förderwagengleise sind außerdem je nach der Bodenbeschaffenheit 15 bis 20 Mann nebst einem Aufseher erforderlich. Das Gewicht des betriebsfähig ausgerüsteten Baggarers mit langer Leiter beträgt rund 65 000 kg.

Die Abb. 5 bis 7 Bl. 15 u. 16 stellen einen von der Firma A. F. Smulders in Utrecht (Holland) nach der Couvreuxschen Anordnung gebauten Trockenbagger dar. Von diesen waren zwei im Lose VI und einer im Lose XI in Thätigkeit. Der in dem letzteren Lose beschäftigte Bagger arbeitete bei dem dort vorhandenen leichten Boden — ganz feiner und fast steinfreier Sand — sehr vortheilhaft, seine tägliche Leistung in diesem Boden betrug in zwölf Arbeitsstunden bis 2600 cbm. Im Los VI waren die Leistungen in leichtem Boden ebenfalls zufriedenstellend. Bei den holländischen Trockenbaggern befindet sich der Erdwagengzug hinter dem Bagger. Dieser ruht auf einem nach Art der Eisenbahnfahrzeuge gebauten Wagengestell. Der Wagen hat vier Achsen, jede mit zwei Haupträdern für ein Gleis von 1,5 m Weite von Mitte zu Mitte Schiene; drei Achsen haben außerdem noch ein drittes Rad, das auf einer dritten Schiene läuft, die nach der Leiterseite zu um 500 mm von der nächstliegenden absteht. Diese dritte Schiene giebt dem Bagger eine breitere Grundlage und damit eine größere Standsicherheit. Das auf dem Wagen befestigte Gestell besteht aus zwei mit Winkeleisen umrandeten und durch \perp -Eisen versteiften Blechwänden, deren lichter Abstand von einander 1380 mm beträgt. Oben an der einen Seite des Gestells ist ein Blechkasten ausgebaut behufs Aufnahme von Ballast, als Gegengewicht zu der auf der anderen Seite des Gestells liegenden Eimerleiter. Die beiden Blechwände sind aufser durch starke Querverbindungen noch durch eine eiserne Platte und durch einen Blechcylinder mit einander verbunden. Die Platte bildet eine parallel zur tiefsten Stellung der Eimerkette geneigte Rinne, von welcher die aus den Eimern vor ihrer Entleerung herabfallenden Bodenmassen aufgefangen und so abgeleitet werden, daß das Gleis nicht davon verschüttet wird; der Blechcylinder bildet eine Ummantelung des durch beide Blechträger hindurchgehenden Dampfkessels.

Die Eimerleiter, die oben am Gestell nachstellbar aufgehängt ist, hat eine größte Länge von 9120 mm; je nach der Tiefe und Neigung der Böschung wird sie länger oder kürzer gemacht. Die Kettenscheiben, über welche die Ketten laufen, sind sechskantig; auf jeder zweiten Umfangsfläche derselben sitzt ein Daumen, der zwischen die Kettenschaken greift. Die Eimerkette wird über fünf Tragrollen geführt, sie hat 21 Stahlblecheimer mit je 0,20 cbm Fassungsraum. In der Minute kommen 25 bis 30 Eimer zur Entleerung. Die Eimer sind an der Mündung mit schweren messerkantigen Stahlbändern zum Aufschneiden des Bodens versehen. Die Bewegung der Eimerkette, also das Lösen und Heben des Baggarergutes, wird durch eine stehende umsteuerbare Zwillingmaschine bewirkt, die durchschnittlich 95 Umdrehungen in der Minute macht und dabei 110 Pferdekräfte indicirt. Sie ist auf dem Wagen neben den Blechwänden aufgestellt. Mittels eines Riemens an jeder Seite des Gestells und eines Paares Gufstahlräder mit Winkelzähnen treibt die Maschine die obere Trommel. Zum Fortbewegen des Baggarers dient eine zweite kleinere stehende Zwillingmaschine mit Umsteuerung, die mittels Schneckenradübersetzung und Gallescher Ketten zwei der vier Achsen in Umlauf bringt. Diese Maschine steht neben der Betriebsmaschine und leistet bei 150 Umdrehungen in der Minute 26 indicirte Pferdekräfte. Das Heben und Senken der Leiter wird von Hand mittels einer Winde bewirkt, die auf der der Maschine entgegengesetzten Seite des Gestells untergebracht ist. Der Dampfkessel ist ein Locomobilkessel von 40 qm Heizfläche. Er ist, wie schon erwähnt, durch das Gestell hindurchgeführt und liegt, um dem Ganzen mehr Standsicherheit zu geben, auf der der Leiterseite entgegengesetzten Seite. Maschinenführer und Heizer haben an derselben Seite des Gestells ihren Stand

und können sich gegenseitig aushelfen. Die verschiedenen Hebel zum Ingangsetzen des Baggers sind in unmittelbarer Nähe des Maschinenführers vereinigt.

Die bewegliche Schüttrinne wird mittels Handwinde auf- und niedergelassen. Der Scherenkrahnen für das Heben und Senken der Leiter hat einen sechsfachen Flaschenzug und stützt sich mit den Füßen unten auf das Gestell, während er oben mittels zweier Zugstangen mit dem oberen Theil des Gestells verbunden ist.

Zur Bedienung sind erforderlich: 1 Maschinist, 1 Heizer, 1 Baggermeister am Becherwerk, 1 Arbeiter ebendasselbst, 1 Rottenführer und 12 bis 16 Mann zum Verschieben der Gleise. Während der Arbeit rückt der Bagger mit einer Geschwindigkeit von etwa 2 m in der Minute auf dem Gleise vor.

Nach denselben Grundsätzen, wie die vorstehend beschriebenen und von diesen nur in einigen unwesentlichen Einzelheiten abweichend, war auch der von der Borsigschen Maschinenbauanstalt in Berlin gelieferte Trockenbagger gebaut. Er arbeitete in den Jahren 1890 bis 1893 im Los I, wo er in dem leicht zu lösenden und wenig tragfähigen Kleiboden dem schwereren Lübecker Bagger vorgezogen wurde.

2. Nafsbagger.

Unter den zur Verwendung gekommenen Nafsbaggern befand sich ein Pumpenbagger, alle übrigen waren Eimerkettenbagger. Von den letzteren war ein Theil mit Schwemmeinrichtungen ausgerüstet, durch die das verdünnte Baggergut unmittelbar auf die seitlichen Ablagerungsflächen gepresst wurde. Die übrigen baggerten in Prähme, in denen der Boden nach den entfernt liegenden Ablagerungsplätzen geschafft und dort entweder verschüttet, oder mittels Elevatoren gehoben und weiter gefördert wurde. Hiernach sind zu unterscheiden und sollen nachstehend näher beschrieben werden:

- a) Eimerkettenbagger mit Bodenausschüttung in Prähme
 1. von der Schiff- und Maschinenbaugesellschaft vorm. Gebr. Schulz in Mannheim,
 2. von der Schiff- und Maschinenbau-Actiengesellschaft „Germania“ in Berlin und Kiel,
 - b) Eimerkettenbagger theils in Prähme ausschüttend, theils mit Schwemmeinrichtung arbeitend, von der Firma A. F. Smulders in Utrecht,
 - c) Eimerkettenbagger mit Schwemmeinrichtung von der Lübecker Maschinenbaugesellschaft in Lübeck,
 - d) Pumpenbagger der Firma C. Vering in Hannover und Hamburg,
- dazu kommen dann noch
- e) zwei ihrer besonderen Einrichtung wegen zu erwähnende kleine Bagger, die zur planmäßigen Herstellung der mit Steinen abzudeckenden Böschungen über der Unterwasserberme benutzt wurden.

a 1) Eimerkettenbagger der Schiff- und Maschinenbau-Actiengesellschaft vorm. Gebr. Schulz in Mannheim. Die Firma Gebr. Schulz in Mannheim lieferte in den Jahren 1889/90 für den Erdaushub beim Kaiser Wilhelm-Canal an die Unternehmer Ph. Holzmann u. Co. fünf und später an die Unternehmer Kintzel u. Lauser in Cassel einen Bagger; ein weiterer für die Unternehmer Degen u. Wiegand bestimmter Bagger ging auf der Fahrt vom Rhein nach der Verwendungsstelle in der Nordsee bei einem Sturme verloren. Diese Bagger waren vornehmlich für schweren Boden bestimmt und hatten sämtlich fast gleiche Bauart und gleiche Abmessungen. Der in den Abb. 8 bis 10 Bl. 15 u. 16 dargestellte Bagger „Achilles“ ist einer der neuesten, an dem die sämtlichen Erfahrungen, die mit den früher gelieferten während des Betriebes gemacht wurden, berücksichtigt sind. Angaben über die Hauptabmessungen des Baggerschiffes und der

Maschine sind den Abbildungen hinzugefügt. Das Deck des Schiffes besteht aus Blechen von 6 mm Stärke. Ueber dem Kessel sind die Deckbalken derartig ausgewechselt, daß der Kessel durch die Oeffnung bequem herausgenommen werden kann. In den beiden Schiffstheilen an den Seiten des Schlitzes für die Eimerleiter sowie am Abschluss dieses Schlitzes und hinter dem Kessel sind eiserne Schotte wasserdicht in den Schiffskörper eingebaut. Alle diese Schotte sind ohne Thüröffnungen, die Verbindung zwischen den einzelnen Räumen geht über Deck. Als Berghölzer laufen zwei starke, aus Kiefernholz hergestellte Gänge an beiden Längsseiten her, das obere in Deckhöhe, das untere 200 mm über Wasser. Beide Berggänge sind durch senkrechte Reibhölzer mit einander verbunden. Im Innern hat das Baggerschiff durchweg einen aufnehmbaren Holzboden, nur vor dem Kessel und in der Werkstatt sind eiserne Flurplatten verwandt. Zu beiden Seiten des Kessels befinden sich Kohlenbunker von 4 m Länge und etwa 1,5 m Breite. Die Eintheilung der Räume ist folgende: Der Theil vom Hintersteven bis zu den die Schlitz-Enden abschließenden Schotten nimmt den Kessel mit den Kohlenbunkern, die Windenantriebe, die Uebertragungen und die Betriebsmaschine auf; in den hieran nach vorn anschließenden Schlitz-Enden liegen auf der einen Seite Abort, Werkstatt und Leuteraum, auf der anderen die Kajüte für den Maschinisten und den Baggermeister, sowie Vorrathsräume. Sämtliche Räume sind reichlich groß, gut beleuchtet und gelüftet.

Das Hauptgerüst ist in seinem vorderen Theile fortlaufend mit den Schlitzwänden aufgebaut, der hintere Theil ist bis zum Schiffsboden heruntergeführt und mit den Kielschweinen vernietet. Das ganze Gerüst ist aus starken Blechen und Winkeleisen ausgeführt und mit der Stirnwand des Schlitzes und dem daselbst vorhandenen Schott verbunden. Eine gute seitliche Versteifung erhält das Gerüst durch die festen Schüttrinnen, die mit 30° Neigung nach der Bordwand zu abfallen. Die Stützen dieser Rinnen sind mit Rücksicht hierauf besonders kräftig ausgebildet und mit dem eisernen Deck des Baggers vernietet. Durch diese Anordnungen ist die Festigkeit und Standsicherheit des Hauptgerüsts auf ein hohes Maß gebracht.

Der die vordere Leiterhebwinde tragende Bock ist in inniger Verbindung mit dem Schiffskörper aufgebaut und bildet infolge seiner kastenförmigen Anordnung eine kräftige Versteifung der beiden vorderen Schlitz-Enden. Die beweglichen Schüttrinnentheile können durch Maschinenantrieb mittels Riemen und Schnecke gehoben, gesenkt und eingezogen werden. Sie laden 2,7 m über die Bordwand des Baggers hinweg aus, dabei beträgt die Ausschüthöhe über Wasser 1,2 m.

Das obere Vorgelege zum Antrieb der Eimerkette wird von der Maschine aus mittels Riemen zu beiden Seiten angetrieben. Die Weiterübertragung der Bewegung auf die obere Trommelwelle erfolgt durch zweiseitigen Stirnräderantrieb. Die Stirnräder haben Winkelverzahnung und sind aus Stahlgufs hergestellt. Aus dem gleichen Material besteht die obere als Fünfkant und die untere als Sechskant ausgebildete Trommel. Die Geschwindigkeit des oberen Vorgeleges ist so gewählt, daß bei regelmäßigem Betriebe etwa 16 Eimer in der Minute zur Entleerung kommen. Die Eimerleiter besteht aus zwei genieteten Blechträgern, die gegen seitliche Verbiegungen hinreichend versteift sind. An dem oberen Ende trägt die Eimerleiter angenietete Lager, mit welchen sie um eine am Hauptgerüst gelagerte Achse drehbar aufgehängt ist. Das untere Ende trägt die Lagerung für das Sechskant. Bei den ersten vier Baggern befanden sich diese Lager an starken schmiedeeisernen Schiebarmen, die durch Spannwinden verschoben werden konnten, um je nach Bedarf die Eimerkette zu verlängern oder zu verkürzen. Diese Einrichtung hat sich jedoch nicht

bewährt, und deshalb sind beim Bagger „Achilles“ die Lager der unteren Trommel mit der Eimerleiter fest verbunden worden. Die 23 m lange Eimerleiter hat in der Mitte zwei herausnehmbare Theile von je 2,80 m Länge, um bei geringer Baggertiefe die Leiter verkürzen zu können. An der Oberkante der Leiter ist beiderseitig eine Spritzwand angebracht, die das seitlich von den Eimern herausströmende Wasser vom Deck abhält. Die Eimerkette besteht aus einer Anzahl einfacher und doppelter Gelenke. Die einfachen Gelenke haben einen Querschnitt von 55/140 mm, die doppelten 27/140 mm. Die Bolzenlöcher der Gelenke sind mit Stahl ausgebuchtet und haben 60 mm Durchmesser. Die Länge der Gelenke von Mitte zu Mitte der Bolzen beträgt 700 mm. Die Eimer haben ungefähr 0,30 cbm Fassungsraum und sind bis auf die an der Außenkante rings herum laufenden Stahlschneiden ganz aus Schmiedeeisen hergestellt. Sie hatten bei den ersten Baggern eine gerade Form, bei den zuletzt ausgeführten haben sie eine ausgekragte Form erhalten, wodurch ein Freischneiden der unteren Trommelscheiben erzielt und so die Seitenbewegung erleichtert wurde. Zum Tragen des auflaufenden Kettenendes mit den gefüllten Eimern sind auf den Eimerleitern in Entfernungen von 1,5 m Tragerollen angebracht. Dieselben sind mit Rändern zur seitlichen Kettenführung versehen und zur Herstellung einer harten Oberfläche in Schalen gegossen. Die Eimerleiterwinde ist im vorderen Gerüst eingebaut, sie wird von einer besonderen Dampfmaschine mittels Schneckenantriebes und Stirnräder-Uebersetzung betrieben. Die Eimerleiter wird ohne Flaschenzugübersetzung mittels starker Ketten durch diese Winde gehoben und gesenkt.

Zur Vorwärtsbewegung des Baggers während des Betriebes dient eine an Deck hinter dem Hauptgerüst befindliche kräftige Vorkettenwinde; sie wird durch offene und gekreuzte Riemen, sowie durch Schnecke und Schneckenrad angetrieben und ist mit Reibungs-Einschaltung und Ausschaltung, sowie — außer dem Maschinenantrieb — noch mit Handantrieb versehen. Die Hinterkettenwinde ist eine einfache Handwinde mit doppeltem Vorgelege. Die vier Seitenkettenwinden sind alle gleich und von ähnlicher Einrichtung wie die Vorkettenwinde. Sämtliche Kettenwinden haben je zwei neben einander liegende wagerechte, mit Riemen versehene Trommeln, um welche die Ketten mit mehreren Windungen herumgeschlagen werden. Durch den bei allen Winden vorgesehenen Schneckenantrieb wird das bei anderen Anordnungen so häufige und lästige Nachrücken der Ketten beim Ein- und Auslösen vermieden. Die Vor- und Seitenkettenwinden sind an Deck von einem gemeinsamen Stellbock aus zu bedienen.

Zum Verholen der Baggerprähme während des Füllens derselben ist eine doppelseitige Winde ähnlichen Antriebes wie die vorstehenden angebracht. Dieselbe bewegt an beiden Längsseiten des Baggers hinlaufende endlose Ketten, an welche die Prähme in jeder Stellung angehängt werden können. Sämtliche Winden sind für Rechts- und Linksgang eingerichtet.

Zum Bewegen der Winden und der Eimerkette dient eine nach Art der Hammermaschinen angeordnete Verbundmaschine mit Einspritz-Condensation. Der Hochdruckcylinder hat 280 mm, der Niederdruckcylinder 520 mm Durchmesser, der Kolbenhub beträgt 360 mm. Beide Cylinder arbeiten auf einer gemeinschaftlichen Achse, deren Kurbeln um 90° gegen einander versetzt sind. Die Maschine macht bei regelmäßigem Betriebe 150 Umdrehungen in der Minute. Sie kann auch ohne Condensation arbeiten und den Dampf unmittelbar ins freie abführen. Die Maschine treibt eine Lenz- und eine Speisepumpe, sie ist mit Coulisenumsteuerung und einem Ventil zum Einlassen von frischem Dampf in den Niederdruckcylinder ausgerüstet. Der zur Erzeugung des Dampfes

von 8 Atmosphären Ueberdruck erforderliche Kessel ist liegend angeordnet. Seine Heizfläche beträgt 53 qm. Der äußere Durchmesser beträgt 2300 mm, die Länge 2900 mm, die Wellrohrfeuerbüchse hat Abmessungen von 1000/1100 mm. Der Kessel hat 88 Heizrohre, die mit angeschweißten gedrehten Ringen in die Rohrplatten hineingeschlagen sind. Als Aushülfspeisevorrichtung dient eine Dampfpumpe, die auch zum Waschen des Decks und als Feuerspritze benutzt werden kann. Außerdem ist noch eine Handpumpe vorhanden, die zum Füllen und Proben des Kessels dient. Sämtliche Saugrohre gehen von einem gemeinschaftlichen Wasserkasten ab, der mit Verbindung nach aufsen am Schiffsboden angebracht ist und ein Sieb zum Abhalten grober Unreinlichkeiten enthält. Der Kasten ist so hoch, daß er über den äußeren Wasserspiegel reicht, und ist mit einem Deckel verschlossen. Auf dem Hauptgerüst und dem Vordergerüst ist je ein kräftiger Krahn angebracht. Zu den hochgelegenen Theilen führen Treppen mit eingelegten Podesten.

Die Gesamtleistungen der Bagger sind nach den Aufzeichnungen der Unternehmer Ph. Holzmann u. Co. in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Die Leistungen sind für den Zeitraum vom 1. Januar 1893 bis 1. Januar 1894 angegeben. Die Bagger arbeiteten in den Losen XIII und XIV zwischen km 82 und km 92,7, meist in schwerem, mit Steinen durchsetztem Lettenboden. Die Einheiten sind große Schuten von 75 cbm Inhalt und kleine Schuten von 50 cbm Inhalt.

Die durchschnittliche tägliche Leistung dieser fünf Bagger betrug demnach bei Tag- und Nachtbetrieb

$$\frac{1310000}{1239}$$

= rund 1060 cbm in Schuten gemessenen Boden. An einzelnen Tagen und bei leichtem Boden wurden von einem Bagger in 24stündiger Schicht 30 große Schuten mit einem Gesamtinhalt von 2250 cbm gefördert.

Außer den vorstehend beschriebenen Baggern lieferte die Schiff- und Maschinenbau-Actiengesellschaft in Mannheim für die Firma Ph. Holzmann u. Co. noch einen kleinen Bagger, der lediglich zur planmäßigen Herstellung und Einhebung der oberen Böschungstheile und der Unterwasserberme verwandt wurde. Das Baggerschiff hatte eine größte Länge über Deck von 16,75 m, eine Breite von 5,6 m und einen Tiefgang von 0,9 m. Die größte Baggertiefe betrug 3 m. Der Schiffskörper wurde in der Fabrik in zwei Theilen fertig gestellt, die dann, auf Eisenbahnwagen verladen, nach der Baustelle geschafft und dort zusammengebaut wurden. Die Maschineneinrichtungen stimmten hinsichtlich ihrer Bauart mit denen der vorbeschriebenen großen Bagger größtentheils überein.

In den Losen XIII und XIV arbeiteten endlich noch zwei ältere, ebenfalls von der Schiff- und Maschinenbau-Actiengesellschaft in Mannheim gebaute Eimerkettenbagger, die zuerst bei den Kaibauten in Zürich verwandt und dann für den Kaiser Wilhelm-Canal umgebaut worden waren. Ihre Einrichtung war im wesentlichen dieselbe wie die der neu angelieferten Bagger.

a 2) Eimerkettenbagger der Schiff- und Maschinenbau-Actiengesellschaft Germania in Berlin und Kiel. Von diesen Baggern wurden für eigene Rechnung der Bauverwaltung zwei gebaut. Sie hatten den Zweck, zunächst an verschiedenen Stellen beim Bau und später bei der Unterhaltung des Canals verwandt zu werden. Sie arbeiten bis auf 12,5 m Tiefe unter Wasser; ihre stündliche Leistung beträgt bei 9 bis 10 m Tiefe in leichtem Boden 150 bis 200, in schwerem Boden 100 bis 120 cbm, im Prahm gemessen. An Bedienungsmannschaften sind erforderlich: 1 Baggermeister, 1 Steuermann, 5 Matrosen, 1 Maschinist, 1 Maschinisten-Assistent, 1 Heizer, 1 Koch.

richtige Stellung gebracht. Das Baggergut fiel nunmehr durch den Rost und eine etwas gegen die Lothrechte geneigte Rohrleitung in einen nahe über dem Schiffsboden liegenden kastenförmigen Raum, wurde hier von dem Saugstrahl einer Kreiselpumpe erfasst und durch die Pumpe hindurch in und durch die mit dem Bagger verbundene schwimmende Rohrleitung nach den Ablagerungsflächen geprefst. Die Rohrleitung hatte eine ähnliche Einrichtung, wie sie später bei dem Pumpenbagger der Firma C. Vering beschrieben werden wird. Die Pumpe war aus Gufseisen und Stahl gefertigt. Der Flügel wurde mittels eines Riemens von der Hauptmaschine aus getrieben und machte in der Minute 180 Umdrehungen. Die Pumpe war imstande, bei geeignetem Boden — Moor, Sand und leichtem sandigen Thonboden — in der Stunde 200 cbm Bodenmasse bis zu einer Entfernung von 150 m und auf eine Höhe von 4 bis 5 m zu drücken. Der in der Oeffnung der Schüttrinne befindliche Rost hatte den Zweck, Steine und andere feste Gegenstände vor dem Eintritt in die Rohrleitung zurückzuhalten und das Baggergut zu zerkleinern.

Die Maschine war eine liegende Verbund-Dampfmaschine mit Oberflächen-Condensation; sie indicirte 175 Pferdekräfte

zu können, wurden die Schiffskörper so eingerichtet, daß sie in zwei getrennte Prähme zerlegt werden konnten, die dann einzeln nach der Verwendungsstelle geschafft und dort zusammengebaut wurden.

Die Bagger schütten nach hinten aus und arbeiteten meist in Verbindung mit einer in einem Prahm aufgestellten Kreiselpumpe, durch die das ausgeschüttete und durch Zuführung von Wasser stark verdünnte Material in ähnlicher Weise, wie bei den vorhin beschriebenen holländischen Baggern, in schwimmender Rohrleitung auf die seitlichen Ablagerungsflächen geschwemmt wurde. Die Eimerleiter greift in gehobenem Zustande weit genug über das Schiff hinaus, um ein Arbeiten durch festes Land zu gestatten. Die Zerlegbarkeit des Schiffskörpers und die Massenvertheilung machten es erforderlich, daß auf der einen Schiffshälfte Dampfmaschine und Bewegungsvorrichtungen, auf der anderen Dampfkessel, Kohlenbehälter, ferner Wohnraum, Küche usw. und Ballast untergebracht wurden. Die ganze Anordnung ist möglichst einfach gehalten, für sämtliche Arbeitsleistungen ist nur eine Maschine vorhanden, und ein Mann steuert den ganzen Bagger.

Jeder der beiden Prähme, aus denen der Bagger zusammengesetzt ist, hat 20,8 m Länge, 3,2 m Breite und

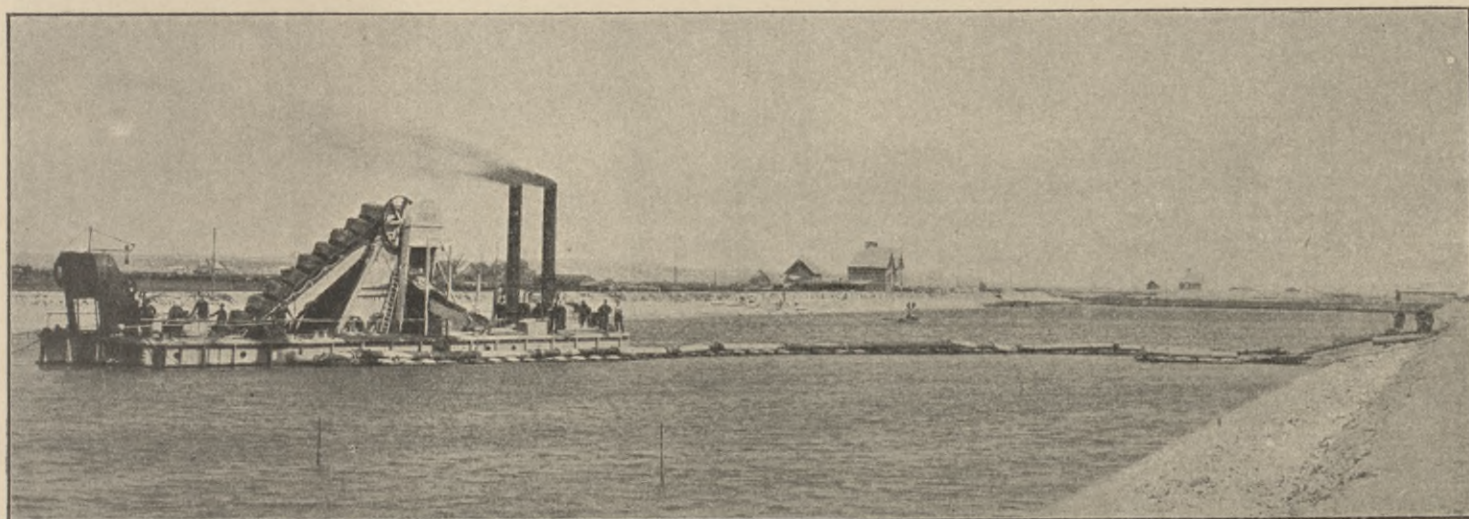


Abb. 52. Eimerkettenbagger der Firma A. F. Smulders in Utrecht, bei km 5,4 bis 5,7.

und setzte sowohl die Eimerkette als auch die Prefspumpe in Bewegung. Die beiden Dampfkessel hatten eine Gesamtheizfläche von 130 qm und arbeiteten mit 6 Atmosphären Ueberdruck.

Die Bagger der vorstehend beschriebenen Art haben auch an allen den Stellen, wo unter Benutzung der Schüttrinnen in Prähme gebaggert wurde, tüchtiges geleistet. In leichtem Boden wurden in zwölfstündiger Arbeitsschicht bis zu 2500 cbm, in schwerem Boden bis zu 1000 cbm gefördert. Ein solcher Bagger beseitigte kurz vor der Canaleröffnung innerhalb eines Monats bei Tag- und Nachtbetrieb einen an der alten Holtenauer Schleuse im Canalquerschnitt stehen gebliebenen Damm, der einen Inhalt von rund 45000 cbm hatte und aus schwerem mit Steinen durchsetzten Thonboden bestand.

c) Eimerkettenbagger der Lübecker Maschinenbaugesellschaft in Lübeck. Die Abb. 11 u. 12 Bl. 15 u. 16 stellen einen der vier von der Lübecker Maschinenbaugesellschaft gebauten Bagger dar, wie sie in den Baulosen III bis V der Firma C. Vering in Thätigkeit waren. Zwei dieser Bagger mit je 1000 cbm berechneter Tagesleistung waren bereits vor dem Beginn des Canalbaues geliefert, zwei von je 1800 cbm berechneter Tagesleistung bei 10 m Baggertiefe wurden nach obigen Abbildungen für die Arbeiten am Kaiser Wilhelm-Canal besonders gebaut. Um für das Ueberführen der Bagger an ihre Verwendungsstellen die zum Theil sehr engen Gewässer, die dafür zur Verfügung standen, benutzen

2,6 m Höhe. Sie sind ganz in Eisen gebaut, mit Riffelblechen abgedeckt und an den Enden so mit einander verbunden, daß sie einen Mittelschlitz von 1600 mm freilassen. Die vordere Verbindung besteht aus dem in Fachwerk ausgeführten Vorderbock, die hintere aus lothrechten und wagerechten Blechen mit Winkeleisen-Versteifungen und Anschlüssen.

Die Eimer haben 0,21 cbm Fassungsraum und sind mit Vorblechen gegen Herausfallen des Bodens versehen, sodafs bei günstiger Leiterstellung und geeignetem Boden eine wesentlich gröfsere Menge gehoben werden kann. Eimerrückenwand und Kettengelenke bestehen aus einem Stück Stahlgufs, der Mantel aus weichem Stahlblech von 9 mm und der Boden aus 6 mm Börtelblech. Das Stahlmesser hat 113/13 mm Stärke, die Gelenkbolzen haben 50 mm Durchmesser. Letztere drehen sich in Stahlbuchsen, mit denen die Bolzenlöcher in den Eimern und den Zwischenschaken ausgefüttert sind. Zur Unterstützung der Eimer auf der Eimerleiter dienen Rollen aus Hartgufs, deren Achsen an ihren Enden mit gufseisernen Muffen versehen sind, die in Stahlschalen laufen. Obere und untere Trommel sind in Stahlgufs hergestellt, die untere Trommelle ist an ihren Laufzapfen mit gufseisernen Buchsen versehen. Das untere Trommellager ist zum Hinausschieben eingerichtet, um die Eimerkette nachspannen zu können. Die Eimerleiter ist aus zwei Blechträgern von 24 m Länge gebildet, die durch Quer- und Schräg-Verband vereinigt sind.

Sie schwingt um eine hohle gusseiserne Welle und ist in sechsfachen, 26 mm starken calibrirten Ketten aufgehängt.

Zum Betriebe des ganzen Baggers ist nur eine Maschine vorhanden und zwar eine Verbund-Maschine mit Oberflächen-Condensation. Der Hochdruckcylinder hat 268 mm, der Niederdruck 475 mm Durchmesser, der Hub beträgt 570 mm. Bei 150 Umdrehungen in der Minute leistet die Maschine 95 indicirte Pferdekräfte. Die doppeltgekröpfte Kurbelwelle setzt sich nach beiden Seiten hin fort und treibt hinten die Vorgelege und Uebersetzungen zur Bewegung der Eimerkette, der hinteren Seitenketten und des Hintertaues, vorn die Winden für die vorderen Seitenketten und das Vortau, sowie die Leiterhebelwinde. Sämtliche Getriebe werden durch Reibungskupplungen in und aufer Eingriff mit der Antriebsmaschine gebracht, und zwar das Vorgelege für die Bewegung der Eimerkette mittels Druckwasser-Reibungskupplung, die übrigen Triebwerke durch kegelförmige Reibungskupplungen mit

Für die aus Baggermeister, Maschinist, Heizer und ein oder zwei Hilfsarbeitern bestehende Besatzung befinden sich im Schiff einfach ausgestattete Wohnräume nebst Küche und Abort.

Die Text-Abb. 54 und die Zeichnungen Abb. 13 bis 16 Bl. 15 u. 16 zeigen die in einem besonderen Prahme aufgestellte Schwemmeinrichtung nebst schwimmender Rohrleitung, durch die, wie erwähnt, das Baggergut von den vorbeschriebenen Baggern auf die seitlichen Ablagerungsflächen gefördert wurde. Der aus Eisen gefertigte Prahm ist 18 m lang, 5,40 m breit und 2,50 m tief. Er hat 1,45 m Tiefgang und ist ausgerüstet mit zwei Kreiselpumpen, die jede von einer besonderen Dampfmaschine betrieben werden. Durch die eine der beiden Pumpen, mit 31,5 cm weitem Druckrohre, wird das zur Auflösung und Verdünnung der Baggermasse erforderliche Wasser zugeführt, die andere, mit 40 cm weitem Druckrohre, dient zur Abführung des verdünnten Baggerbodens durch die zwischen dem Prahm und der Ab-

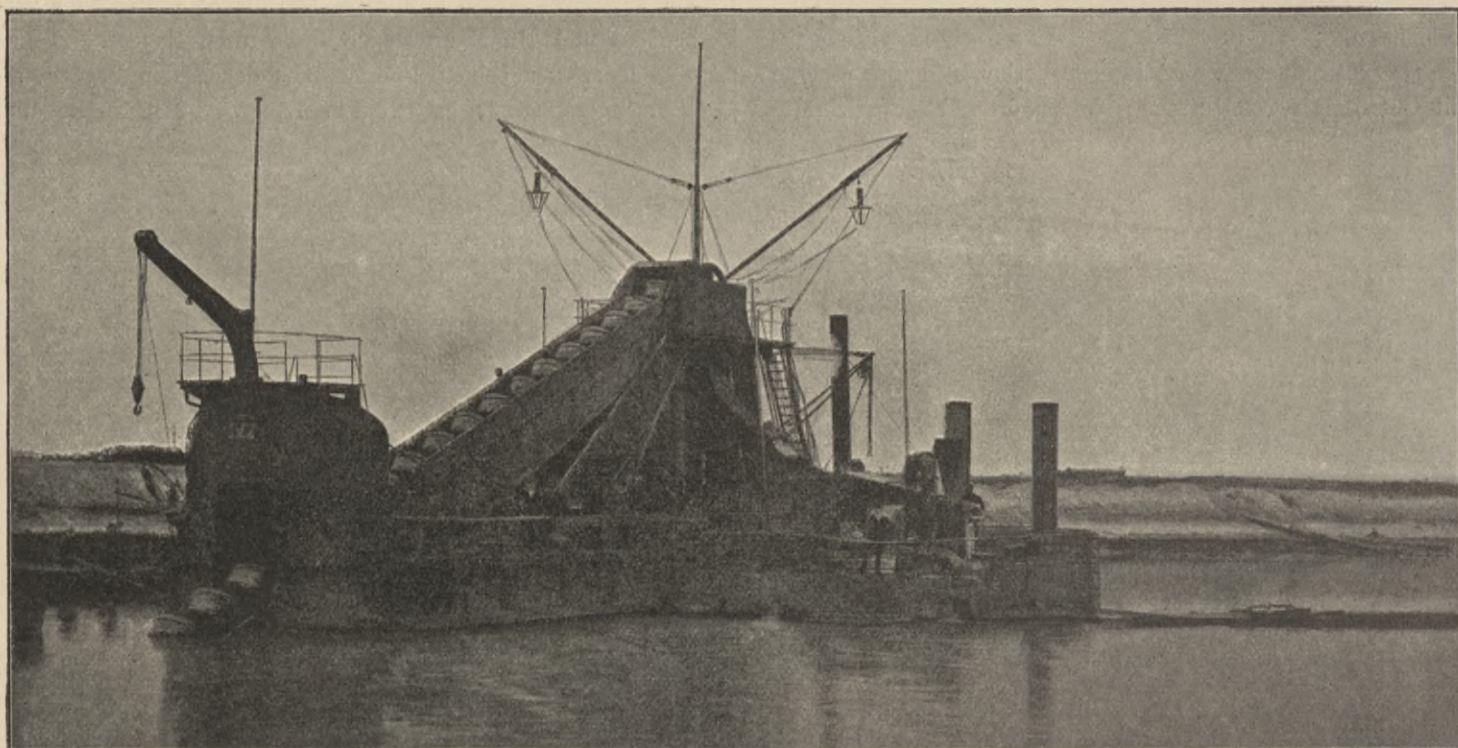


Abb. 54. Schwimmbagger mit Spüleinrichtung bei km 39,0.

Wendegetrieben für Vor- und Rückwärtsgang. Die Druckwasser-Kupplung dient gleichzeitig als Sicherheitsvorkehrung gegen übermäßige Beanspruchung der Eimerkette; als Druck zum Anpressen der Reibungsflächen wird der Kesseldruck benutzt, die Kupplung wird durch Umdrehen eines Dreiwahnes in und aufer Thätigkeit gesetzt. Die Seitenkettenwinden und die Vor- und Hintertauiwinde haben Schneckenradvorgelege, die Leiterhebewinde ein mehrfaches Vorgelege ohne Schnecken. Die Spillköpfe der Seitenkettenwinden sitzen lose auf ihren Achsen und werden durch Sperrkegel mitgenommen; außerdem sind sie mit Bremsvorrichtungen versehen, mittels welcher sie solange am Rücklaufen verhindert werden können, bis die ablaufenden Ketten die gewünschte Spannung haben. Die von den Spillköpfen sich abwickelnden Ketten fallen in Kettenkästen unter Deck.

Der Dampfkessel ist ein liegender Cylinder-Röhrenkessel mit Innenfeuerung; er hat 38,5 qm Heizfläche und ist für 7,5 Atmosphären Spannung gebaut. Der Dampf wird durch ein über den Schlitz und die Eimerleiter hinüberführendes, gut gegen Abkühlung geschütztes Kupferrohr zur Maschine geleitet; ebenso das Speisewasser von der Maschine zum Kessel. Zur Auswechslung von Eimern, Herausnehmen von Steinen usw. ist ein Bockkrahm mit Laufkatze und Differentialflaschenzug vorhanden.

lagerungsfläche eingelegte Rohrleitung. Der Prahm wird entweder, wie in der Textabbildung dargestellt ist, längsseit oder, wenn die Bagger, wie die vorbeschriebenen, nach hinten ausschütten, am Heck des Baggerschiffes derartig vertaut, daß die Schüttrinne des Baggers mit ihrer Mündung über dem Mischtrichter der Schwemmeinrichtung liegt. Die durch die Schüttrinne abgeführten Bodenmassen werden durch das im Mischtrichter befindliche Messerwerk, sowie durch den starken von oben einfallenden Wasserstrahl aufgelöst und fließen so, in stark verdünntem Zustande, durch zwei kurze Verbindungsrohre dem Förderkreisel zu, durch den sie dann in die Druckrohrleitung und durch diese auf die Ablagerungsflächen gefördert werden. Das im Mischtrichter befindliche Messerwerk besteht, wie aus den Abb. 13 u. 16 Bl. 15 u. 16 ersichtlich, aus neun auf derselben Welle aufgekeilten, eigenthümlich geformten Doppelmessern mit stumpfen Schneiden, die von rechts nach links umlaufen. Zwischen den einzelnen Messern liegen feste Roststäbe. Durch die drehende Bewegung der Messer werden größere Körper — Steine, Holz oder andere feste Gegenstände —, die durch die Zwischenräume der Roststäbe nicht hindurchfallen, zur Seite geschoben, wo sie von Arbeitern mittels hakenförmiger Gabeln entfernt werden können.

Die zwischen den Roststäben sich bewegenden Messer sind bei den Schwemmeinrichtungen der unter b) beschriebenen

holländischen Bagger nicht vorhanden. Ihr Nutzen ist insofern unzweifelhaft, als sie den einen Zweck, grössere feste Gegenstände von dem Rost zu entfernen, vollauf erfüllen. Bis zu einem gewissen Grade tragen sie auch dazu bei, dem in den Trichter einfallenden Wasserstrahl die Auflösung des Bodens zu erleichtern. Mit Hilfe der Messer können noch Bodenarten abgeschwemmt werden, bei denen die holländische Einrichtung schon versagt; aber bei ganz schwerem Thonboden ist es auch mit der Veringschen Einrichtung nicht gelungen, den Schwemmbetrieb ohne Störungen aufrecht zu erhalten.

In betreff der Einzelheiten der schwimmenden Rohrleitung wird auch hier auf die unter d) folgende Beschreibung des Veringschen Pumpenbaggers verwiesen.

d) Pumpenbagger der Firma C. Vering in Hannover und Hamburg. Der in der Text-Abb. 55 und in Abb. 17 bis 19 Bl. 15 u. 16 dargestellte Pumpenbagger ist von der Schiffbau-Gesellschaft „Weser“ in Bremen gebaut und hat in den Jahren 1890 bis 1895 in der im Gebiet der Burg-Kudenseer Niederung gelegenen Canalstrecke gearbeitet.

Umdrehungen in der Minute und zerschneidet den zu baggern den Boden. Dieser kann nunmehr von der Kreiselpumpe, die durch eine Maschine von 200 Pferdekräften getrieben wird, mit der ungefähr zehnfachen Wassermenge vermischt angesogen und durch eine theils auf Tonnen schwimmende, theils auf dem Uferlande liegende 40 cm weite Rohrleitung nach der Ablagerungsfläche gedrückt werden.

Die Rohrleitung ist, wie in der Abbildung 24 Bl. 15 u. 16 dargestellt, mit Gelenken versehen, die so angeordnet sind, daß der Bagger sich 30 m in der Canalrichtung und innerhalb dieser Strecke beliebig über die Canalbreite bewegen kann, ehe eine Verlegung der schwimmenden Leitung nöthig wird.

Der Arbeitsvorgang ist in Abb. 25 Bl. 15 u. 16 dargestellt; der Bagger nimmt, quer über den Canal gehend, den ersten Schnitt, dann wird der Baggerarm um die Schnitthöhe gesenkt und in umgekehrter Richtung der zweite Schnitt genommen, dann in der Richtung des ersten Schnittes der dritte Schnitt und so weiter bis zur Sohle. Hierauf rückt der Bagger vor und baggert wieder, immer quer über den

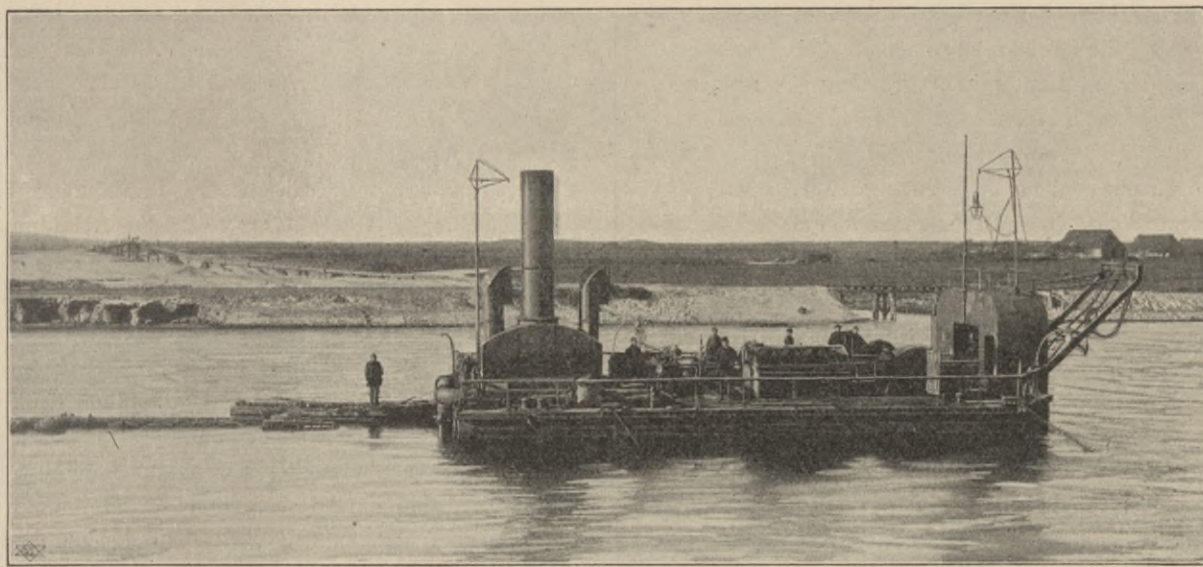


Abb. 55. Pumpenbagger der Firma C. Vering in Hannover und Hamburg.

Sein Schiffskörper ist in der durch die Text-Abb. 56 angedeuteten Form aus drei Theilen zusammengesetzt. Theil 1 enthält den Kesselraum, in dem ein Dampfkessel von 100 qm Heizfläche aufgestellt ist; Theil 2 den Raum für die Förderpumpe und die zugehörige Maschine; Theil 3 den die Maschine für den Winden- und Messerwerk-Antrieb enthaltenden Raum.

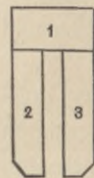


Abb. 56.

Zwischen den Räumen 2 und 3 hängt der aus schmiedeeisernen, durch Quer- und Kreuzstreben versteiften Gitterträgern gebildete Baggerarm. Derselbe trägt die 40 cm im lichten weite Saugeleitung der Förderpumpe und endigt in einem Gufsstück, dem Saugekopf, der zugleich als Lagerung für die Messerwelle dient. In den Abb. 17 u. 18 auf Bl. 15 u. 16 ist der Saugekopf nach einer älteren Ausführungsart dargestellt; die Abbildungen 20 bis 23 Bl. 15 u. 16 zeigen die nach den Erfahrungen des Betriebes gewählte Anordnung, die sich besser bewährt hat, als die frühere. Danach besteht das Messerwerk aus zwei Gruppen von je acht Messern, die auf einer gemeinschaftlichen Welle befestigt sind. Die Welle wird durch eine Gelenkkette angetrieben, die ihrerseits durch ein Stirnräder-Vorgelege von einer auf dem Baggerarm gelagerten Welle in Bewegung gesetzt wird. Diese Welle wird durch die im Theil 3 des Schiffskörpers aufgestellte Maschine von 35 Pferdekräften getrieben, die zugleich zum Antrieb der Winden des Baggers dient. Das Messerwerk macht zwölf

Canal gehend, von oben nach unten. Die Leistungsfähigkeit des Baggers nimmt nach unten zu ab. Ungefähr alle 10 m müssen die Landanker (*b*) versetzt werden.

Das Hauptgelenk der Rohrleitung, das sogenannte Wendeknie (Abb. 26 Bl. 15 u. 16), wird von einer Schute getragen, die überdies so eingerichtet ist, daß acht Baggerarbeiter darauf wohnen können. Die Form und Zusammensetzung der übrigen Gelenke ist aus der Text-Abb. 55 zu ersehen. Jeder der bezeichneten drei Theile, aus denen das Baggerschiff zusammengesetzt ist, bildet ein Schiffsgefäß für sich und zwar von solchen Abmessungen, daß es mit den eingebauten Maschinen und sonstigen Einrichtungen durch die nur 5,76 m weite Büttler Schleuse in den Büttler Canal und durch diesen in den Kaiser Wilhelm-Canal gebracht werden konnte. Hier, in unmittelbarer Nähe der Arbeitsstelle, wurden dann die Theile zusammengebaut und die betriebsmäßige Ausrüstung des Baggers vollendet.

Zur Bedienung des Baggers sind erforderlich: 1 Baggermeister, 2 Maschinisten, 2 Heizer, 1 Steuermann, 2 Mann zur Beaufsichtigung, Versetzung und Instandhaltung der Land-Verankerungen, 1 Mann zum Heranschaffen von Kohlen, 1 Mann zum Heranschaffen von Oel und Putzwolle und für kleinere Nebenarbeiten, 1 Koch, 2 Mann zur Beaufsichtigung und Instandhaltung der Rohrleitung; zusammen 13 Mann.

Der Pumpenbagger läßt sich mit Vortheil nur in weichem Boden, Schlick, Moor, Darg und Klei verwenden; Sand-

boden bewirkt einen außerordentlich starken Verschleiß, besonders der am Saugkopfe liegenden Theile, und bleibt leicht in der Druckrohrleitung liegen.

Als größte Leistung wurden bei Tag- und Nachtbetrieb (20 Arbeitsstunden) 2800 cbm durch Peilung im Canalquerschnitt gemessen. Der geförderte Boden war weicher Schlick in 2 bis 4 m Wassertiefe, die Förderhöhe über Wasser betrug hierbei ungefähr 1 m. Die mittlere Leistung beim Arbeiten in Moor, Darg, Klei und leichtem Sand ergab sich zu ungefähr 1000 cbm in zwei Schichten (20 Arbeitsstunden). Die größte Förderhöhe über Wasser betrug 4 m; bei dieser Höhe und bei 700 m Druckrohrlänge konnte der Bagger noch Moor, Darg und ganz weichen Klei fördern, er versagte aber beim Eingreifen in festen Klei.

Der Pumpenbagger hat gegenüber dem Eimerkettenbagger den Vortheil, daß er verhältnißmäßig wenig Bedienungsmannschaft, wenig Feuerungsmaterial und — wegen des Wegfalles der Bodenförderung mit Schleppdampfern und Schuten und des Elevatorbetriebes — geringere Unterhaltungskosten erfordert. Dagegen müssen als Nachteile bezeichnet werden: Versagen beim Antreffen von schwerem Boden, Abhängigkeit von der Lage der Ablagerungsfläche, kostspielige Unterhaltung der die Ablagerungsflächen umschließenden Deiche, wegen der großen mitzuführenden Wassermenge, die, wenn die Deiche nicht sehr sorgfältig unterhalten werden, oft Durchbrüche veranlaßt und die außerdem, wenn die Ablagerungsflächen nicht groß genug sind, sodaß das Wasser auf dem Wege vom Ausfluß aus der Druckrohrleitung bis zum Ausflußgerinne nicht genügend Zeit findet, sich möglichst vollständig abzuklären, einen erheblichen Rücklauf von mechanisch gelöstem Boden und dadurch eine bedeutende Aufschlickung ausgebagelter Strecken zur Folge hat. Diese letzteren Uebelstände — Abhängigkeit von der Lage der Ablagerungsflächen, Schwierigkeit der Deichunterhaltung und Aufschlickung durch die in dem rückfließenden Wasser noch schwebenden Bodentheile — theilt der Pumpenbagger mit allen denjenigen Baggern, die sich zur Fortschaffung des Bodens einer Schwemmeinrichtung mit Druckrohrleitung bedienen. Er steht in diesen Beziehungen gegen die früher erwähnten Eimerkettenbagger, die derartige Schwemmeinrichtungen haben, nur in sofern zurück, als diese nöthigenfalls auch in Prähme baggern können und also auch dann verwendbar sind, wenn der Boden auf weit entfernte Ablagerungsflächen geschafft werden muß, wohingegen der Pumpenbagger in solchen Fällen von der Verwendung ausgeschlossen ist.

e) Böschungsbagger. Die Text-Abb. 57 u. 58 stellen in den Hauptzügen die Einrichtung eines Baggers

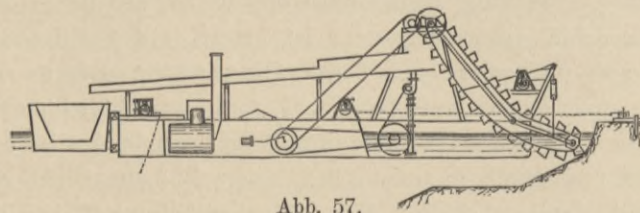


Abb. 57.

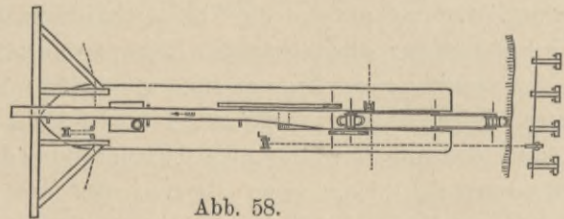


Abb. 58.

Böschungsbagger. 1:500.

dar, der im Lose VIII ausschließlich für den Aushub des Bodens und die planmäßige Herstellung der Uferböschungen über der Unterwasserberme verwandt wurde. Er war ur-

sprünglich als Pumpenbagger eingerichtet, konnte aber als solcher in dem meist sehr feinen mergelhaltigen Sandboden des Loses nicht mit Nutzen verwandt werden. Um ihn als Böschungsbagger benutzen zu können, wurde er, wie die Abbildungen ersehen lassen, als Eimerbagger umgebaut und mit Spüleinrichtung versehen. Die Eimerleiter war in ihrem oberen Theil fest, im unteren beweglich. Um das Heben und Senken der Eimerkette und damit zugleich die genaue Einhaltung der vorgeschriebenen Querschnittslinien zu erleichtern, wurde der bewegliche Theil der Leiter nur so lang gemacht, als zur Herstellung der Berme und der Uferböschung erforderlich war. Das Baggergut wurde, weil der Bagger senkrecht gegen die Uferlinie arbeitete, in eine über Deck in der Längsachse des Baggers hergestellte Holzrinne geschüttet und durch eingepumptes Wasser nach hinten in die Förder-schuten gespült. Zum bequemen Anlegen der Schuten war vor dem Bug und rechtwinklig zur Längsachse des Baggerschiffes ein Holzender angebracht. Um den Bagger in richtigem Abstand vom Ufer zu halten, wurde er mit Kette und Leitrolle an einer am Ufer verankerten Schiene geführt.

Ein zweiter Böschungsbagger ist in den Abbildungen 5 u. 6 Bl. 17 dargestellt. Er arbeitete im Lose XVI, war eigens zum Zwecke der Herstellung der Uferböschungen und der Unterwasserberme für Rechnung der Bauunternehmer Degen u. Wiegand von der Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft gebaut und verdient seiner einfachen und zweckmäßigen Bauart wegen besondere Beachtung. Das Gerüst, das den Bagger trägt, fährt, wie die Abbildungen zeigen, mit dem einen Ende auf einer am Ufer parallel mit der Uferkante verlegten Schiene und stützt sich mit dem anderen Ende auf zwei unter einander verbundene schwimmende Prähme. Entsprechend den Schwankungen in der Höhe des Wasserspiegels ist diese letztere Unterstützung mittels Schrauben verstellbar. Die Eimer, von je 30 Liter Fassungsraum, werden in der Eimerleiter zwangläufig geführt. Die Führungsrollen sind derartig angebracht, daß, wenn die Eimerleiter so tief abgesenkt ist, daß die beiden unteren Rollen in gleicher Höhe liegen, sowohl die Berme wie die darüber liegende Böschung genau nach Vorschrift hergestellt wird. Das Heben und Senken der Eimerleiter geschieht durch Maschinenkraft mittels Wendegetriebes und Schneckenrades, der Betrieb der Fahrräder ebenso, während die Trommel durch ein Rädervorgelege mit Riemenbetrieb unter Vermittlung einer während des Ganges lösbaren Reibungskupplung in Umdrehung gesetzt wird. Die Dampfmaschine ist stehend angeordnet und entwickelt 8 Perdekräfte. Der Kessel ist ein stehender Quersiederkessel mit 4,2 qm Heizfläche und 6 Atmosphären Dampfspannung.

Damit der Bagger während des Verschiebens der Rollwagen, in welche die Eimer ausschütten, weiter arbeiten kann, ist ein mit einer Bodenklappe versehener Schüttkasten angebracht, der, wenn die Klappe geschlossen wird, für einen kurzen Zeitraum den gebaggerten Boden aufnehmen kann. Durch Oeffnen der Bodenklappe wird der Inhalt des Schüttkastens in den untergeschobenen Rollwagen entleert.

3. Elevatoren.

Die zur Verwendung gekommenen Elevatoren waren meist auf Prähmen zusammengebaut, sodaß sie schwimmend von einem Ablagerungsplatz zum anderen verlegt werden konnten. Nur an zwei Stellen, im Lose VII bei km 44,8 und im Lose VIII bei km 54,3, wo große zusammenhängende Ablagerungsflächen zur Verfügung standen und deshalb von einer Stelle aus größere Bodenmengen abgeschwemmt werden konnten, wurden Elevatoren auf festen, am Canalufer aufgebauten Holzgerüsten hergestellt.

Von den schwimmenden Elevatoren waren fünf von der Firma A. F. Smulders in Utrecht gebaut. Sie arbeiteten in den Losen VI und VIII, ihre Einrichtung ist in Abb. 1 bis 4 auf Bl. 17 dargestellt. Die beiden Prähme, die den Elevator tragen, sind je 25 m lang, 4,50 m breit und 2,7 m hoch. Sie sind durch kräftige eiserne Kupplungsbalken, deren Unterkanten 4 m über Wasserspiegel liegen, derartig mit einander verbunden, daß zwischen ihnen eine Fahrinne von 6,75 m lichter Weite frei bleibt. In diese werden die zu entleerenden Baggerprähme eingefahren. Die beiden hinteren Kupplungsbalken liegen 6,9 m auseinander und haben kastenförmigen Querschnitt. Die Verbindung dieser Balken mit den Prähmen geschieht durch in Blech und Winkeleisen ausgeführte Ständer, die bis zu dem Schiffesboden heruntergeführt sind. Ständer und Kupplungsbalken sind durch kräftige Eckversteifungen verbunden. Auf diese Kupplungsbalken setzt sich das aus vier schrägen Ständern bestehende und in sich versteifte Eimerleitergerüst auf. Die Eimerleiter ist zweitheilig. Der obere Theil ist mit dem Gerüst fest

Schneckenrad. Das Gewicht des beweglichen Leitertheils ist zum Theil durch Gegengewichte ausgeglichen. Zum Weiterücken der zu entleerenden Schuten befindet sich auf dem Backbordprahm am vorderen Ende eine stehende zweicylindrige Dampfmaschine von 150 mm Kolbendurchmesser und

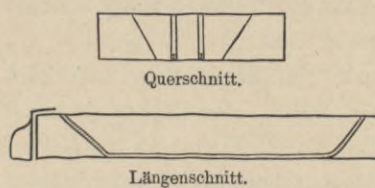


Abb. 59. Baggerschute mit Bodenschienen.

200 mm Hub, die ihre Bewegung auf eine auf dem vorderen Bock befindliche wagerechte Welle mit zwei Seiltrommeln überträgt.

Das Ein- und Ausrücken der Kupplungen geschieht durch Reibung; der Schute

wird je nach dem darin enthaltenen Boden verschiedene Geschwindigkeit ertheilt und zwar in einfacher Weise vermittelt der Maschine. Das Heben der Leiter und das Vorziehen der Schute geschieht also durch zwei von einander getrennte Maschinen. Die Eimerkette läuft unterhalb des oberen Theils der Leiter über ein am Gerüstbock gelagertes

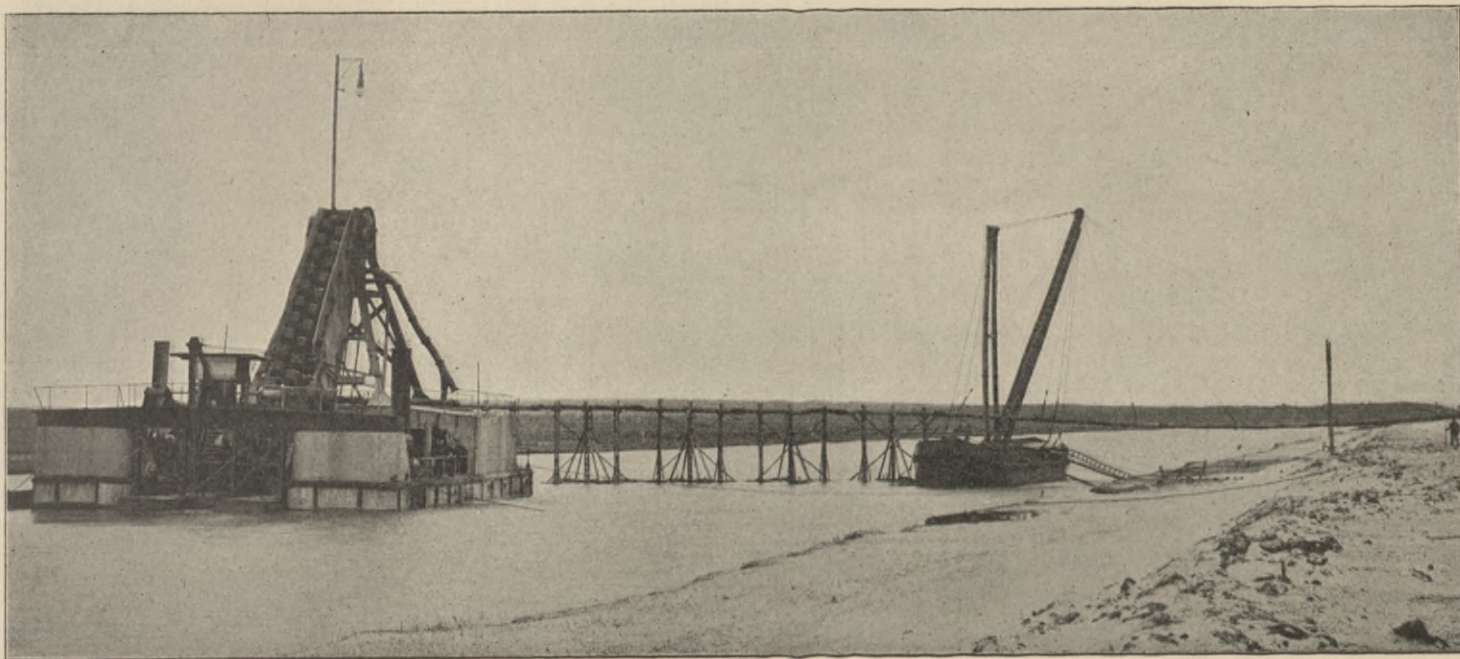


Abb. 60. Bagger-Elevator bei km 53,7.

verbunden; an ihm ist der untere Theil drehbar aufgehängt. Die Vorder-Enden der Schiffe sind gleichfalls durch einen Kupplungsbalken verbunden.

Der Elevator hat zwei Eimerketten, die auf der gemeinsamen Eimerleiter über Rollen geführt werden. Das obere Vierkant, das untere Sechskant und auch die Führungsrollen haben doppelte Laufflächen für die Ketten. Letztere sind gegen einander verschoben, sodafs bei jeder Viertel-Umdrehung des oberen Vierkants ein Eimer entleert wird. Der Vorzug der doppelten Eimerkette gegenüber einer einfachen Kette mit doppelt so großen Eimern liegt darin, daß bei der jedesmaligen Entleerung eines Eimers eine kleinere Bodenmenge in die Schüttrinne gebracht und so der ausgeschüttete Boden von dem — später zu beschreibenden — Wasserstrom leichter fortgeschafft wird. Die Anordnung der doppelten Eimerkette ist der Firma patentirt. Der Antrieb der oberen Vorgelegewelle geschieht durch eine in dem Steuerbordprahm aufgestellte Verbund-Dampfmaschine von 100 indicirt. Pferdestärken mittels einseitig angeordneter Treibriemen. Die Weiterübertragung der Bewegung auf das obere Vierkant erfolgt durch ein einseitiges Stirnräderpaar mit Winkelverzahnung. Zum Heben der Leiter befindet sich auf dem vorderen Kupplungsbalken eine liegende Zwillingsmaschine von 120 mm Kolbendurchmesser und 200 mm Hub. Der Antrieb der Seiltrommel geschieht durch Schnecke und

Paar großer Ablenkrollen. Die ganz aus Blech hergestellten Eimer haben einen Fassungsraum von 0,16 cbm. Je nach der Bodenart kommen in der Minute 35 bis 45 Eimer zur Entleerung. Die Schuten, aus denen die Eimer schöpfen, haben auf dem Boden und an den schrägen Endflächen zwei Schienen, damit die Eimer den Schutenboden beim Arbeiten nicht beschädigen. (Text-Abb. 59.)

Das geförderte Baggergut fällt in den oberen Theil der Schüttrinne, wird dort durch einen ständig zugeführten Wasserstrom erfasst und fließt so theils als stark verdünnte Masse, theils in größeren Stücken von dem kräftigen Wasserstrom getrieben durch die 50 m lange geneigte Rinne nach den Ablagerungsstellen ab. Die Neigung der Rinne beträgt etwa 1 : 10, sie kann jedoch vergrößert und verkleinert werden. Die Rinne wird durch Drahtseile, die an einem festen Gestell befestigt sind, gehalten. Das Gestell steht auf dem Backbord-Prahm und ist mit dem Steuerbord-Prahm durch Rückhalt-Drahtseile verankert. (Abb. 4 Bl. 17.)

Das zum Abschwemmen des Baggergutes dienende Wasser wird durch zwei 250 mm weite Kreiselpumpen in den oberen Theil der Schüttrinne geführt und zwar so, daß ein Theil des Wassers durch den Boden der Schüttrinne eintritt, während der Rest hinter dem fallenden Baggergut angreift. Hierdurch wird eine leichtere Fortschaffung des Materials erzielt. Die Antriebsmaschine für die Kreiselpumpen

pumpen ist eine liegende Verbund-Dampfmaschine von 150 indicirten Pferdekraften. Es sind zwei Dampfkessel vorhanden, einer von 46 qm Heizfläche zum Speisen der Eimerkettenmaschine und einer von 80 qm Heizfläche zum Betrieb der Pumpmaschinen und der übrigen kleineren Maschinen. Beide Kessel sind als Schiffskessel mit rückkehrender Flamme für 6 Atmosphären Ueberdruck gebaut.

Diese Elevatoren haben sich für Sand, Moor und nicht zu schweren Thonboden gut bewährt. Sie leisten je nach der zu fördernden Bodenart bis zu 2500 cbm in zwölfstündiger Schicht. An Bedienungsmannschaften sind erforderlich: 1 Maschinist und 1 Heizer für jede der beiden Maschinen, außerdem 1 Baggermeister und 2 Arbeiter für die Eimerleiterwinde und die Schute.

Die Text-Abb. 60 auf S. 67 stellt einen der vorstehend beschriebenen Elevatoren dar, der durch Verlängerung der Eimerleiter und Eimerkette in den Stand gesetzt war, den zu hebenden Boden anstatt aus Prähmen unmittelbar aus dem Canalbett zu entnehmen und also wie ein gewöhnlicher

von diesem durch eine biegsame Rohrleitung nach den Ablagerungsflächen gedrückt. Die bei dem schwimmenden Elevator vorhandene hochgelegene Schüttrinne war demnach ersetzt worden durch eine auf dem Kupplungsbalken, in Höhe von 4,5 m über Wasserspiegel liegende geschlossene Rohr-

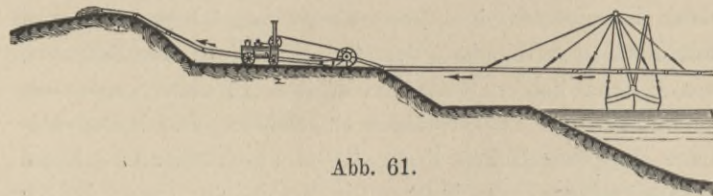


Abb. 61.

leitung, die, wie die Text-Abb. 60 ersehen läßt, von schwimmenden Holzgerüsten und einem auf einem Prähm errichteten Gestell aus Drahtseilen getragen, in möglichst wagerechter Lage ans Ufer und von dort weiter bis zur Ablagerungsfläche geführt wurde. An einer Stelle, wo die Ablagerungsfläche für den Baggerboden 9 m über dem Canal-Wasserspiegel lag, mußte in die Spülrohrleitung eine zweite

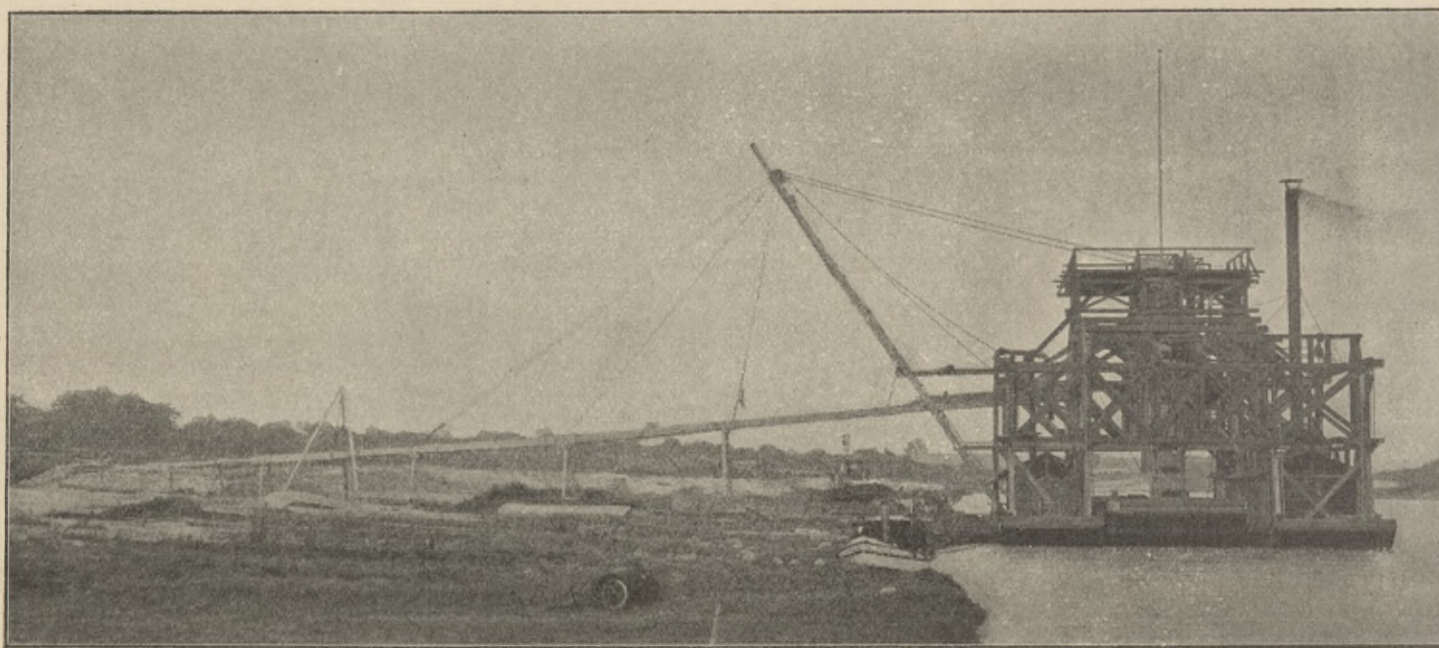


Abb. 62. Elevator der Firma Ph. Holzmann. Warleberger Moor.

Eimerkettenbagger zu arbeiten. Um die vermehrte Belastung, welche die den Elevator tragenden Prähme infolge dieser Verlängerung aufzunehmen hatten, auszugleichen, wurde, wie die Abbildung ersehen läßt, in den 6,75 m weiten Zwischenraum, durch den bei dem Elevatorbetrieb die zu entleerenden Baggerchuten ein- und ausfahren, an jeder Seite der Eimerleiter ein kleiner Prähm eingeschoben und mit den beiden Hauptprähmen an den Stellen, wo das Gerüst für die Eimerleiter aufgebaut ist, fest verkuppelt. Die Breite der beiden kleinen Prähme war so bemessen, daß zwischen ihnen noch genügender Raum für die Bewegung der Eimerleiter frei blieb. Nachdem diese Einrichtungen getroffen und dann ferner noch die zur Fortbewegung des ganzen Schiffskörpers erforderlichen Vor-, Hinter- und Seitenketten mit den zugehörigen Winden hinzugekommen waren, konnte die Hebemaschine als gewöhnlicher Nafsbagger arbeiten. Die Eimer schütteten das Baggergut in einen unter dem oberen Vierkant befindlichen Schüttkasten. Hier wurde es getroffen von dem Strom des durch die eine der beiden Kreiselpumpen geförderten Wassers, fiel alsdann durch zwei im Boden des Kastens befindliche Oeffnungen, vor denen sich zum Auffangen größerer Steine ein schräg gestellter Rost befand, in eine senkrechte Rohrleitung, wurde am Fuß dieser Leitung empfangen von dem Strom des durch die zweite Kreiselpumpe geförderten Wassers und

Kreiselpumpe eingeschaltet werden, wie in vorstehender Text-Abb. 61 angedeutet ist. Als Motor für diese zweite Pumpe diente eine 16pferdige Locomobile.

Die Vortheile, die diese Anordnung gegenüber der der festen Rinne hat, sind leicht zu übersehen. Sie bestehen erstlich darin, daß die zweite Pumpe das Wasser etwa 6 m weniger hoch zu pumpen hat als bei der früheren Einrichtung und demnach weniger Maschinenkraft erfordert; ferner darin, daß das Baggergut auf größere Entfernungen weggedrückt werden kann und dabei keine Pumpen zu durchlaufen hat. Der Verschleiß der Pumpen ist daher sehr gering.

Die oben beschriebenen Hebemaschinen, die der Firma A. F. Smulders patentirt sind, können nur bei geeignetem Boden, Moor, Schlick und nicht zu festem Thonboden verwandt werden. Die Leistungen sind dann sehr gute.

Die Text-Abb. 62 stellt einen der Firma Ph. Holzmann gehörigen Elevator dar, der zur Schüttung der Sanddämme im Warleberger Moor verwandt wurde. Von diesen Elevatoren waren zwei ursprünglich zur Schüttung der Ringdämme im Flemhuder See bestimmt. Sie sind indes dort nur kurze Zeit in Betrieb gewesen, weil bei der größtentheils sehr moorigen Beschaffenheit des Seegrundes durch den eingeschütteten Boden so starke Verdrückungen bewirkt wurden, daß weder die Schiffsgefäße der Elevatoren, noch die zu entleerenden Prähme flott erhalten werden konnten.

Der Elevator besteht aus zwei hölzernen Prähmen von 31 m Länge und 4 bzw. 3,50 m Breite, die in einem Abstände von 6 m durch kräftiges Gerüstwerk mit einander verbunden sind. Die Gerüste haben sechs Querträger, auf welchen vier dreieckförmige, fachwerkartig versteifte Längsträger befestigt sind. Oberhalb dieser Längsträger befindet sich die Plattform zur Aufnahme der Antriebe für die obere Trommel. Auf einem der beiden Prähme ist eine Locomobile von etwa 40 Pferdekraften aufgestellt, die eine Zwischenübertragung treibt, von der aus sämtliche Maschinenteile mittels Riemen in Bewegung gesetzt werden. Der Antrieb der Eimerleiterwinde, die auf dem Gerüst in den mittleren Querträgern aufgestellt ist, erfolgt mittels eines Riemens von der Zwischenübertragung aus. Die Weiterübertragung der Bewegung auf die beiden über einander liegenden Kettentrommeln erfolgt durch Reibungskegel und Stirnräder. Zum Vorschieben der Prähme dient eine auf der Querverbindung des Gerüsts aufgestellte doppelseitige Winde, mit an jeder Seite wagerecht neben einander liegenden Ketten-

Ein ebenfalls auf hölzernen Prähmen aufgebaute Elevator mit hölzernen Gerüsten ist in Abb. 3 Bl. 11 u. 12 im Längen- und Querschnitt dargestellt. Seine Einrichtung ist der Hauptsache nach aus den beiden Abbildungen zu ersehen. Er wurde von der Firma C. Vering nach eigenen Entwürfen zusammengebaut und meist zur Schüttung der in der Burg-Kudenseer Niederung herzustellenden Deiche benutzt. Er zeichnet sich, wie die Abbildungen ersehen lassen, durch große Einfachheit aus, kostete daher verhältnismäßig wenig und hat sich gleichwohl in jeder Beziehung als durchaus zweckentsprechend erwiesen.

Die hier beigefügte Text-Abb. 63 veranschaulicht einen der beiden schon erwähnten festen Elevatoren. Er war in Los VIII bei km 54,3 aufgestellt und stimmte hinsichtlich seiner Maschinen-Einrichtungen mit dem in Abb. 1 bis 4 Bl. 17 dargestellten schwimmenden Elevator genau überein. Die Prähme des schwimmenden Elevators waren hier durch feste, in die Canalböschung eingerammte Pfahlroste ersetzt,

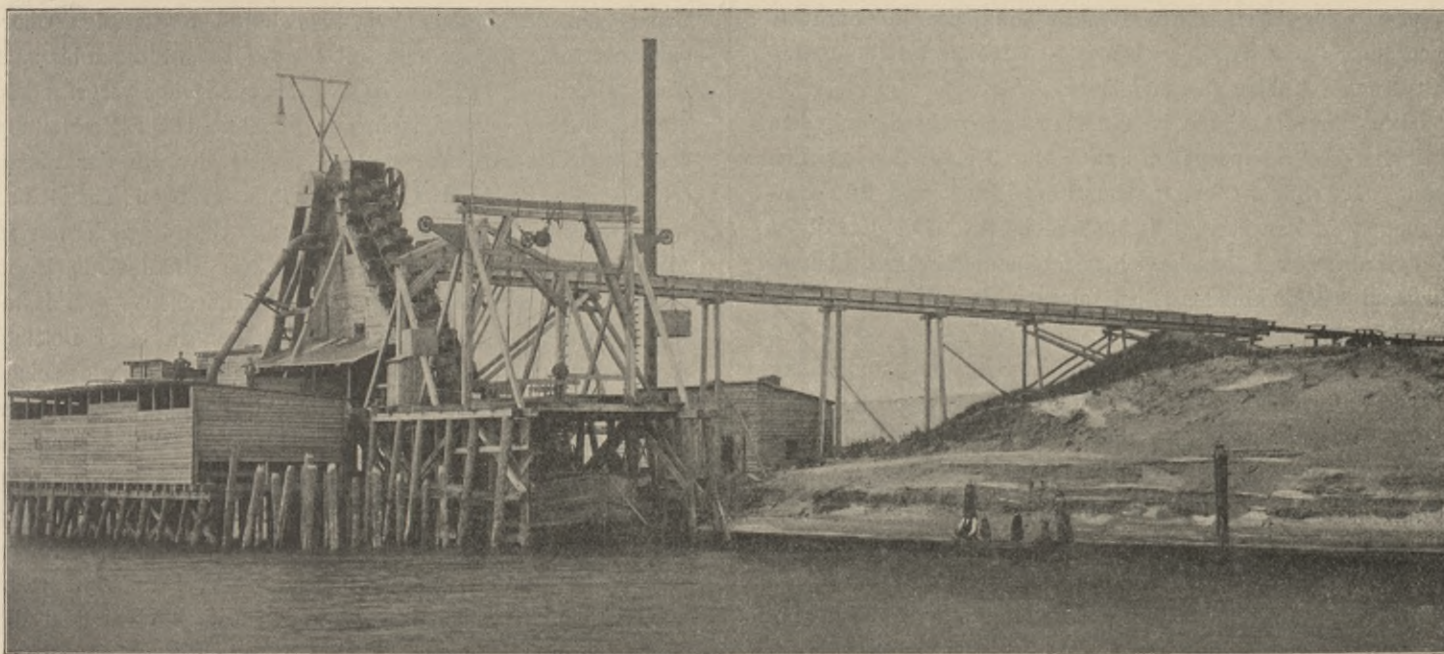


Abb. 63. Fester Elevator bei km 54,3.

trommeln. Der Antrieb dieser Winde erfolgt durch Riemen und Stirnräder. Die Winde ist derart eingerichtet, daß mittels Stellung der Reibungskegel in einem oder anderem Sinne der Prähm mit der einfachen, der Entleerung entsprechenden Geschwindigkeit gegen die Eimerkette herangeholt wird, dagegen mit erhöhter Geschwindigkeit wieder zurückgeholt werden kann. Die Bewegung des Prähms erfolgt durch beiderseitiges Anhängen desselben an endlose Ketten, die mit 4 bis 5 Windungen um die Kettentrommel-paare der Vorschubwinden geschlungen und vorn und hinten über Rollen geführt sind. Sämtliche Maschineneinrichtungen werden von dem auf der untersten Plattform des Gerüsts gelegenen Führerstande aus bedient.

Die Schüttrinne hatte ursprünglich nur eine Ausladung von 5,20 m und war so stark geneigt, daß das Baggergut ohne Zusatz von Wasser abrutschte. Bei der Arbeit im Warleberger Moor wurde sie soweit verlängert, daß ihr Ausfluß-Ende über der Krone des zu schüttenden Sanddammes lag. Ihre Neigung wurde aber dadurch, wie die Text-Abb. 62 ersehen läßt, eine so schwache, daß das Baggergut nur in stark verdünntem Zustande darin zum Abfluß gebracht werden konnte, und es mußte, um diese Verdünnung zu bewirken, eine Kreiselpumpe in Betrieb gesetzt werden, durch die dem oberen Theil der Schüttrinne die erforderliche Wassermenge zugeführt wurde.

und auch die Gerüste zum Tragen der Eimerleiter wie der Antriebsmaschinen und Pumpen waren durchweg in Holz ausgeführt. Durch die flachgeneigte hölzerne Abflusrinne wurde der stark verdünnte Baggerboden über einen hart am Canalufer liegenden Dünenrücken geleitet, hinter welchem eine sehr ausgedehnte und tiefliegende Ablagerungsfläche zur Verfügung stand, sodafs von dem einen Punkte aus eine große Bodenmenge dorthin abgeführt werden konnte.

4. Baggerprähme.

Von seiten der Bauverwaltung sind in den Jahren 1889/90 sieben Dampfprähme beschafft worden. Sie hatten die Aufgabe, das von den Baggern der Bauverwaltung geförderte Baggergut aufzunehmen, mittels eigener Dampfkraft in See oder in die Elbe zu bringen und dort an geeigneten Stellen zu verklappen. Die Prähme wurden von der Bremer Schiffbau-Gesellschaft vorm. H. F. Ulrichs in Bremen nach eigenen Entwürfen gebaut. Der Lieferungspreis frei Rendsburg oder Holtenau betrug für jeden Prähm 60 500 \mathcal{M} . Die Länge der Schiffe ist 36,27 m, die Länge in der Wasserlinie 34,18 m, die Breite 7,30 m, die Tiefe 3,05 m und ihr Tiefgang, beladen, 2,3—2,8 m. Der Laderaum ist oben 14,4 m lang und 4,8 m breit, unten 13,2 m lang und 2,1 m breit; sein Inhalt beträgt 150 cbm. Die Geschwindigkeit des beladenen Prähms beträgt sieben Knoten, des leeren acht Knoten.

Zur selbstthätigen Entleerung des Baggergutes dienen acht Klappen, die mit starken schmiedeeisernen Gelenken an dem Mittelträger befestigt sind und mittels Drahttau, Stangen und Ketten über Rollscheiben durch zwei Klappwinden gesenkt und gehoben werden können. Die Klappen treten, wenn sie herunterhängen, um 0,80 m unter den Schiffsboden vor; bei einem Tiefgange des Schiffes von 2,3 bis 2,8 m ist demnach zur Entleerung des Prahms eine Wassertiefe von ungefähr 3,5 m erforderlich. Der Prahm hat fünf wasserdichte Schotten. Im vordersten Raum vor dem Sicherheitsschott befindet sich das Kabelgatt und der Kettenkasten. Der Raum zwischen dem Sicherheitsschott und dem vorderen Schlitzschott enthält die Kammern für den Schiffsführer und den Maschinisten, Unterkunftsraum für drei Mann, die Küche und den Vorrathsraum. In der Mitte der Seitenräume ist zur Erhöhung der Sicherheit des Prahms ein wasserdichtes Schott eingebaut. Sämtliche Schlitzräume sind durch Mannlöcher zugänglich. Hinter dem letzten Schlitzschott befindet sich der Maschinen- und Kesselraum, der gegen den hinteren Schiffstheil ebenfalls durch ein eisernes Schott abgegrenzt ist. Zu beiden Seiten des Kessels sind die Kohlenräume angeordnet, deren Größe so bemessen ist, daß sie für 40 Betriebsstunden Kohlen fassen können.

Die Dampfmaschine ist als Hammermaschine nach dem Zweicylinder-Verbundsystem mit Oberflächen-Condensation gebaut. Sie indicirt bei 8 Atm. Kesseldruck und 200 Umdrehungen in der Minute 185 Pferdekkräfte. Der Kessel ist ein cylindrischer Röhrenkessel mit einem gewellten Flammrohr und rückkehrenden Siederohren. Die Heizfläche beträgt 65 qm.

Die Entleerung des Laderaumes geht glatt und sicher von statten. Nachhülpen durch Stangen oder Schaufeln sind bei den meisten Bodenarten nicht erforderlich.

Von ganz ähnlicher Größe und Einrichtung, wie die vorbeschriebenen, waren vier Dampfprähme, die von den Bauunternehmern Degen u. Wiegand in den Losen XV und XVI verwandt wurden. Sie waren von der Firma A. F. Smulders in Utrecht gebaut, haben mit eigener Dampfkraft die Ueberfahrt von Rotterdam durch die Nordsee nach ihrem Bestimmungsort Kiel-Holtenau zurückgelegt und sich dabei als vollkommen seetüchtig bewährt.

Außer den Dampfprähmen ist für den Baggerbetrieb auf dem Canal noch eine große Zahl von Klapp-Prähmen ohne eigene Dampfmaschinen zur Verwendung gekommen. Diese waren aber weder nach ihrer Größe noch nach ihrer Einrichtung von den auch sonst gebräuchlichen Prähmen der Art wesentlich verschieden, und es wird daher von einer näheren Beschreibung hier abgesehen.

C. Befestigung der Ufer und Böschungen.

Schon vor dem Verding der Erdarbeiten zur Herstellung des Canals war die Frage erwogen worden, ob es nicht zweckmäßig sei, die zur Sicherung der Uferböschungen gegen den Wellenschlag herzustellenden Deckwerke mit den Erdarbeiten zusammen zu verdingen. Es war vorauszu sehen, daß für den Bau der Uferdeckwerke ein besonderer Unternehmer schwer zu gewinnen sein werde, weil dieser in seinem Arbeitsbetrieb immer in einem gewissen Grade von dem nicht im voraus zu übersehenden Fortschritte der Erdarbeiten und von den Betriebseinrichtungen des Unternehmers der Erdarbeiten abhängig sein mußte. Aber gegen den gemeinschaftlichen Verding der beiden Arbeitsausführungen erhob sich das Bedenken, daß es gewagt sein werde, die Einzelheiten der Uferdeckwerke und ihrer Ausführungsweise festzusetzen, bevor über die Beschaffenheit und das Verhalten der abzudeckenden Böschungen ein klarer Einblick gewonnen

und die verschiedenen Arten der in Frage kommenden Abdeckungen sorgfältig erprobt waren. Dieses Bedenken wurde für so überwiegend gehalten, daß von dem gemeinschaftlichen Verding abgesehen wurde. Es wurde darauf gerechnet, daß es gelingen werde, die Uferdeckwerke später an die Unternehmer der Erdarbeiten freihändig zu übertragen. In ihren Angeboten auf die Erdarbeiten hatten diese zunächst nur Einheitspreise für das von der Bauverwaltung etwa verlangte Heranschaffen von Uferdeckungsmaterialien abzugeben. Ueber die Lieferung dieser Materialien und ihre Verarbeitung wurde erst in Verhandlungen eingetreten, nachdem über die Ausführung der Deckwerke in allen ihren Einzelheiten feste Bestimmungen getroffen waren, und diese Verhandlungen hatten dann mit wenigen Ausnahmen den gewünschten Erfolg. Nur in den Losen I und VIII und in Theilen der Lose VI, XV und XVI wurden die Deckwerke theils in Selbstbetrieb, theils von besonderen Unternehmern, sonst überall von den Unternehmern der Erdarbeiten ausgeführt.

Natürliche Steine, die zur Ausführung von Uferdeckwerken geeignet waren, wurden bei der Ausschachtung des Canals auf der Strecke von Brunsbüttel bis zu den Ober-eiderseen sehr wenige und auf der weiteren Strecke bis zum Kieler Hafen nur stellenweise in größerer Menge vorgefunden. Sie reichten nirgends auch nur annähernd zur Herstellung der Uferdeckwerke aus, und es mußte deshalb der hierzu erforderliche Steinbedarf zum weitaus größten Theile aus weiterer Entfernung bezogen werden. Ursprünglich war in Aussicht genommen worden, sämtliche Uferdeckungen in Form von sogenannten Steinschlag-Steindecken — Pflasterungen aus schweren gespaltenen Steinen in einer Bettung von Grand oder Steinbrocken — herzustellen, wie solche zur Abdeckung der Flufs- und Meeresufer vielfach mit gutem Erfolge zur Anwendung gekommen sind. Dazu wäre aber nach einer überschlägigen Berechnung ein Material-Aufwand von etwa 600 000 cbm Steine erforderlich gewesen, und es war zu befürchten, daß die Beschaffung einer so großen Steinmenge unter den vorliegenden Verhältnissen recht schwierig und kostspielig werden würde. So entstand die Frage, ob nicht, um den Bedarf möglichst herabzudrücken, für einen Theil der Uferdeckungen künstliche Baustoffe zur Verwendung kommen könnten. Als solche kamen in Betracht erstlich wetterbeständige Ziegelsteine und ferner Sandbeton, zu dessen Herstellung der erforderliche Sand an manchen Stellen unmittelbar aus dem Canalquerschnitt entnommen und im übrigen aus nicht allzugroßer Entfernung leicht herangeschafft werden konnte. Aber weder über Böschungsabdeckungen von Ziegelsteinen, noch über solche von Sandbeton lagen genügende Erfahrungen vor, um danach ihre Brauchbarkeit für den vorliegenden Zweck mit Sicherheit beurtheilen zu können. Die Bauverwaltung war deshalb darauf angewiesen, sich durch eigene Versuche hierüber die nöthige Aufklärung zu verschaffen.

Mit Ziegelsteinen, die in halbhoher Kante auf einer Kiesunterbettung gepflastert waren, war eine kurze Böschungstrecke am alten Eidercanal schon im Jahre 1884 — zwei Jahre vor dem Beginn der Arbeiten am Kaiser Wilhelm-Canal — versuchsweise abgedeckt worden, und diese Deckung hatte sich sowohl über als unter Wasser gut gehalten. Weitere Probepflasterungen aus Ziegelsteinen in verschiedenen Ausführungsarten und zugleich auch lose Steinschüttungen wurden im Herbst 1889 an einer Uferstrecke des alten Eidercanals bei Holtenau ausgeführt, um danach festzustellen, welche Art der Ziegelpflasterung als die zweckmäßigste sich erweisen und ob es zulässig sein werde, an Stelle der Pflasterungen aus gespaltenen Steinblöcken oder Ziegeln lose Schüttungen aus Grand und kleinen Sammelsteinen zur Anwendung zu bringen.

Die Ziegelpflasterungen wurden auf $1\frac{1}{2}$ bis 2 facher Böschungsanlage in zwölf Abtheilungen hergestellt; theils in parallel, theils in rechtwinklig zur Uferlinie verlegten Schichten, theils in Schichten von einem vollen, theils von einem halben Stein Stärke, theils auf einer Bettung von Lehm, von Kies, von reinem grobkörnigen Sand oder von feinem Sand. Sie waren bei dem derzeit sehr lebhaften Verkehr auf dem Eidercanal einer starken Wellenbewegung ausgesetzt, und es zeigten sich bald in den auf Sandbettung liegenden Pflasterstrecken starke Senkungen, weil der Sand durch die Fugen der Pflasterung herausgespült wurde. Die auf Lehm und Kies liegenden Strecken erwiesen sich dagegen als haltbar, namentlich die auf gut gesiebt, nicht zu feinkörnigem Kies. Bei einer derartigen Unterbettung zeigten sich die $\frac{1}{2}$ Stein starken Pflasterungen auch fast ebenso haltbar, als die 1 Stein starken.

Nach diesen Versuchsergebnissen war als festgestellt zu erachten:

1. dafs eine haltbare Abdeckung der $1\frac{1}{2}$ fachen Uferböschungen des Canals durch eine Abpflasterung mit wetterbeständigen Ziegelsteinen in 1 Stein oder $\frac{1}{2}$ Stein Stärke erzielt werden könne;
2. dafs es sich empfehle, die Steine in parallel zur Uferlinie laufenden Schichten einzupflastern;
3. dafs überall da, wo die Böschungen aus festem, zähem Lehm- oder Kleiboden bestehen, es unbedenklich sei, die mit möglichst engen Fugen einzupflasternden Steine unmittelbar auf die Böschungsflächen zu verlegen;
4. dafs dagegen auf sandigen Böschungen die Ziegelpflasterung eine Kiesunterbettung erhalten müsse und zwar, je nachdem die Böschungen aus reinem oder thonhaltigem Sande oder aus sandigem Thon bestehen, in einer Stärke von etwa 15, 10 oder 5 bis 6 cm.

Die mit losen Steinschüttungen gemachten Proben erwiesen sich ebenfalls als recht gut haltbar, wenn sie auf Böschungen von nicht weniger als zweifacher Anlage hergestellt wurden. Auf $1\frac{1}{2}$ fachen Böschungen sind sie nicht haltbar. Die Proben ergaben ferner, dafs es sich empfiehlt, solche Schüttungen in nicht weniger als 45 bis 50 cm Stärke herzustellen und dafs, um das Ausspülen des Erdreichs zu verhindern, die untere Lage dieser Schüttungen aus feinerem Material — Kies von etwa 2 bis 30 mm Korngröße — bestehen mufs. Zur oberen Lage sind am zweckmäfsigsten Steine im Gewicht von etwa 2 bis 10 kg zu verwenden, die, um nicht durch Wellenbewegung ins Rollen gebracht zu werden, möglichst kantig sein müssen. Findlinge, die meistens sehr abgerundete Kanten haben, sind daher vor ihrer Verwendung mindestens einmal zu spalten.

Ueber Böschungsabdeckungen mit Sandbeton wurden die ersten Versuche in den Trockenausschachtungen des Loses V angestellt. Im Juli 1889 wurde der Versuch gemacht, einzelne Blöcke aus Sandbeton in der Mischung 1:10 herzustellen. Die Stärke sollte 25 cm betragen, und Länge und Breite so bemessen werden, dafs das Versetzen durch höchstens zwei Mann bequem bewerkstelligt werden konnte. Die

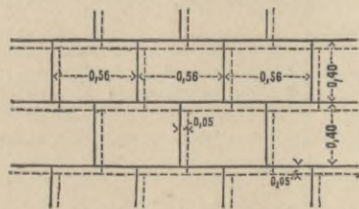


Abb. 64. Oberansicht.

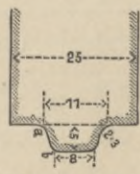
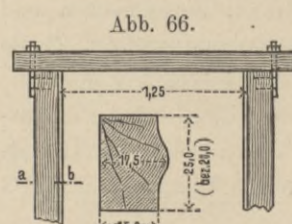


Abb. 65. Querschnitt.

Fugen zwischen den einzelnen Blöcken sollten zwar dem Grundwasser den Ausfluss gestatten, dagegen den Durchgang des feinen Untergrundsandes verwehren. Demgemäss erhielten die Blöcke eine Länge von 56 cm und eine Breite von

40 cm; je zwei zusammenstossende Seiten erhielten Federn, die zwei anderen Nuthen, wie in den Text-Abb. 64 und 65 dargestellt ist. Das Einformen geschah in leicht zu zerlegenden Holzkästen mit der Sichtfläche nach unten, das Einstampfen von der Auflagerfläche aus durch geriffelte Stampfer mittels einer von Hand bewegten Maschine, die bereits bei dem Bremer Freihafen zum Stampfen von Sparbeton verwandt worden war. Bei diesem Verfahren ergaben sich indes verschiedene Uebelstände. Erstlich waren Feder und Nuth mit 5 cm zu tief angenommen; die Flächen *a*, *b*, Text-Abb. 65, verzehrten zu viel von dem Stampferdruck, der untere Theil der Betonkörper erhielt daher an den Aussen-seiten zu wenig Pressung, und es zeigten sich Risse bei *a*. Ferner waren die verwandten Holzformen zu nachgiebig und mufsten in sehr grosser Zahl vorhanden sein, um die Blöcke nicht der Gefahr aussetzen zu müssen, beim Herausnehmen wegen noch ungenügender Erhärtung zerstört oder stark beschädigt zu werden. Endlich war das ganze Verfahren wegen der vielen Formen und der Maschinen, wegen des nothwendigen Schutzes der noch nicht genügend erhärteten Blöcke gegen Witterungseinflüsse und wegen der doppelten Förderbewegung ziemlich kostspielig und umständlich.

Es wurde deshalb von einer Verwendung der Blöcke sehr bald Abstand genommen und dazu übergegangen, Betontafeln unmittelbar auf der zu deckenden Böschung herzustellen. Zu dem Zweck wurde die Böschung sorgfältig eingeebnet, genäfst und gestampft und, nachdem der in der Unterwasserberme gelegene, noch näher zu beschreibende Vorfuß gesetzt war, der Raum für die in 1,25 m Breite herzustellenden Betontafeln durch zwei seitliche mit Nuth und Feder ver-

Abb. 66.
Querschnitt *ab*.

sehe Rahmhölzer und durch ein oberes glattes, leicht abnehmbares Querholz begrenzt. (Siehe hierzu die Text-Abb. 66 und 67.) Der im Verhältniß von 1 Theil langsam bindendem Cement zu 8 Theilen Sand gemischte Beton wurde von unten nach oben eingebracht, von Hand mittels Holzstampfern geschlagen und schliesslich mit einer Mischung 1:6 mittels Richtscheit und Kelle abgeglichen. Nach etwa zweitägigem Erhärten wurden die Rahmen abgenommen und nach weiteren sechs Tagen in die zwischen je zwei zuerst angefertigten Tafeln verbliebenen Zwischenräume von ebenfalls 1,25 m Breite ganz in derselben Weise, wie in die Holzrahmen Betontafeln eingestampft. Vor dem Einbringen dieser letzteren erhielten die Seitenflächen der älteren Tafeln einen Lehm-anstrich, um ein festes Aneinanderhaften in den Fugen zu verhindern und die einzelnen Tafeln soweit beweglich zu erhalten, dafs sie den nicht immer zu vermeidenden kleinen Verdrückungen oder Setzungen in den Böschungen, wenn solche noch nach der Herstellung der Betondecke eintraten, folgen konnten. Gegen die Witterungseinflüsse wurden die Tafeln, solange das Canalbett noch nicht mit Wasser angefüllt war, durch eine übergebrachte Sandschicht gedeckt. Die Putzschicht in der Mischung 1:6 wurde bald weggelassen, weil sie sich mit dem unteren Körper von der Mischung 1:8 schlecht verband, daher bei langem Trockenliegen der Böschung leicht abblätterte, und weil auch der Beton im Mischungsverhältniß 1:8 schon nach wenigen Wochen so hart geworden war, dafs das Abputzen der Oberfläche mit einem besseren Mörtel augenscheinlich keinen Nutzen haben konnte. Um Kosten zu ersparen, wurde die anfänglich zu 25 cm angenommene Stärke der Betontafeln später auf 20 cm herabgesetzt.

Angaben über den Materialbedarf bei Anfertigung der Betonplatten nach Einzelfeststellungen, mit denen die all-

gemeinen Beobachtungen übereinstimmen, enthält die nachstehende Tabelle.

Die Kosten der 20 cm starken Betonplatten stellten sich auf 3,5 bis 4,4 *M* für 1 qm, je nachdem der Sand unmittelbar an der Verwendungsstelle entnommen werden konnte oder aus größerer Entfernung herbeigeschafft werden mußte. Zu so billigem Preise konnte keine der früher beschriebenen Abdeckungen hergestellt werden, weder die Pflasterung aus gespaltenen Steinen oder Ziegeln, noch die Schüttung aus Grand und kleineren Findlingen. Die Betonabdeckung hat im Vergleich mit diesen letzteren Abdeckungsarten nur den Nachtheil, daß sie nicht wetterbeständig und daher an den über Wasser liegenden Böschungsflächen füglich nicht zu verwenden ist. Ihre Verwendung mußte deshalb auf die unter dem niedrigsten Canalwasserstande liegenden Flächen beschränkt werden, und für diese wurde sie in der Folge — mit ganz geringen Ausnahmen — überall da angeordnet, wo die abzudeckenden Böschungen in ihrer ganzen Höhe durch Trockenausschachtung freigelegt waren.

Welche Stoffe zu den über Niedrigwasser gelegenen Theilen der Uferdeckwerke verwandt werden sollten, hing ab von ihrer Verfügbarkeit und von der Zugänglichkeit der einzelnen Baustellen zur Zeit der Ausführung. Für die Pflasterungen kamen in Betracht: Klinker aus Oldenburg, von der oberen Elbe und aus einigen Ziegelsteinen der Provinz Schleswig-Holstein, Granitfindlinge aus dem Canal selbst, sowie aus seiner näheren Umgebung und aus der Ostsee, wo sie in großen Mengen gefischt wurden, Granitbruchsteine und Sandsteine aus Sachsen, Basaltbruchsteine vom Rhein. Die zur Unterbettung der Pflasterungen und zu den Schüttungen erforderlichen Baustoffe — Kies, Grand, Ziegelbrocken und kleinere Findlinge — konnten zum weitaus größten Theile aus der näheren Umgebung des Canals beschafft werden.

Die hiernach in den verschiedenen Baustrecken zur Ausführung gekommenen Uferdeckungen lassen sich in fünf Grundquerschnitte zusammenfassen, die in den Textabbildungen 68 bis 72 dargestellt sind.

Text-Abb. 68 zeigt eine ganz aus Ziegelsteinen hergestellte Pflasterung. Sie ist in dem Lose I, zwischen dem Brunsbütteler Binnenhafen und km 3,87 zur Ausführung gekommen, wo der zur Herstellung von Betonplatten erforderliche Sand nur mit großen Kosten hätte herbeigeschafft werden können, die an Stelle der Platten verwandten Ziegelsteine dagegen in der neben der Schleusenbaustelle errichteten Ziegelei zu einem billigen Preise zur Verfügung standen.

Die Text-Abb. 69 u. 70 zeigen die Böschungsabdeckungen, deren unter Niedrigwasser liegende Theile aus Betonplatten und deren obere Theile entweder aus einer Klinkerpflasterung oder aus einer Pflasterung von gespaltenen Steinen besteht. Die Betonplatten wurden, wie in den Zeichnungen angegeben ist, im allgemeinen unmittelbar auf die geebnete oder durch eine dünne Sandschicht abgegliche Böschungsfläche verlegt. Ihre fast gänzliche Undurchlässigkeit gegen Wasser machte es indes nothwendig, bei ihrer Herstellung auf die Grundwasserhältnisse gebührend Rücksicht zu nehmen und Vor-sorge zu treffen, daß das Grundwasser unter den Platten

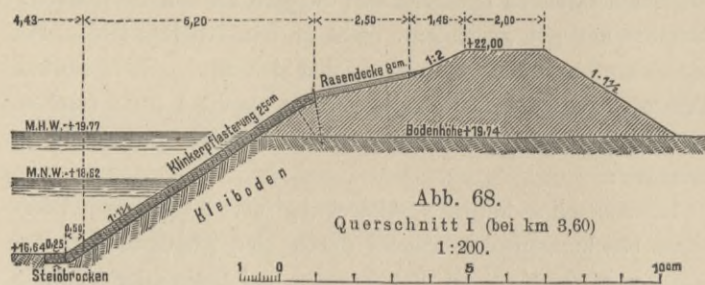


Abb. 68.
Querschnitt I (bei km 3,60)
1:200.

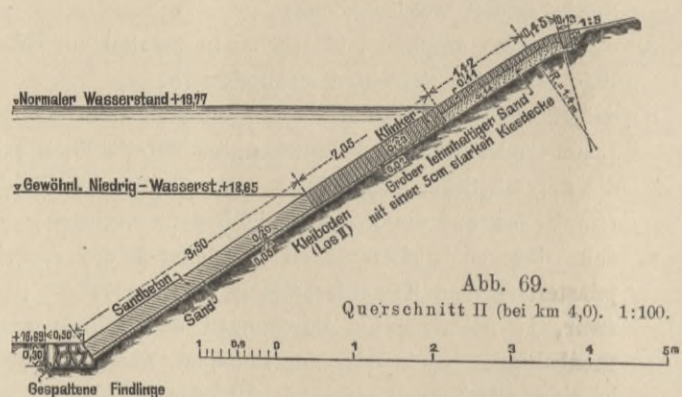


Abb. 69.
Querschnitt II (bei km 4,0). 1:100.

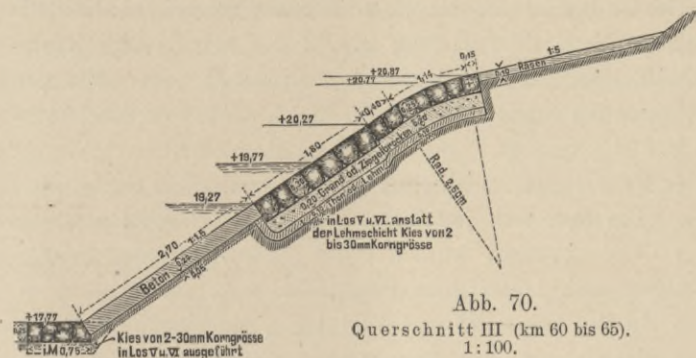
unschädlich abfließen kann. An Stellen, wo noch während der Ausführung der Tafeln reichlich Grundwasser ausströmte, auf dessen späteres Versiegen dann auch nicht mehr zu rechnen war, hätten die Tafeln eine Kiesunterbettung erhalten müssen, durch die das Wasser in den aus gespaltenen Findlingen hergestellten Vorfuß abfließen konnte. Zur größeren Sicherheit wurde die Betonabdeckung an solchen Stellen meist ganz weggelassen und durch eine Steinpackung oder Pflasterung ersetzt. An anderen Stellen, wo das Grundwasser nur mälsig und in Form einzelner kleiner Quellen ausfloß, wie z. B. da, wo Sand auf einer Thon- oder Mergelschicht ruhte, wurden nach Bedarf Sickerungen eingelegt und bis zu dem Steinvorfuß hinabgeführt. Aber auch im reinen Sand, wo bei der

Materialien-Verbrauch

bei der Bereitung von Sandbeton [1:8] für die Uferdeckung bei km 23,8.

Tag	Hergestellter fester Beton		Cementverbrauch Portland-Cement von Alsen				Sandverbrauch [in Mefskasten gemessen] cbm	Loser Beton [in Muldenkippen gemessen, annähernd] cbm	1 cbm fester Beton erfordert			Bemerkungen
	a Platten zu 0,783 cbm	b Feste Masse cbm	Säcke zu i. M. 86,5 kg Reingew.	Cementlose im Kasten gemessen cbm	mithin wiegt 1 cbm loser Cement kg	Cement kg			Sand cbm	losen Beton cbm		
22. 6. 1891	17 1/8	13,57	33	2855	2,01	1420	16,10	18,0	210	1,18	1,33	{ Betonbereitung mit Mörteimaschine } außerdem 17 Tagesschichten desgl. 18 „ desgl. 18 „ desgl. 17 „ Durch mehrfache Arbeitsunterbrechungen Verlust an Beton.
24. 6. 1891	16	12,53	33	2855	1,95	1464	15,57	17,2	228	1,24	1,37	
29. 6. 1891	14	10,96	30	2595	1,92	1352	15,36	15,3	237	1,40	1,40	
3. 7. 1891	19	14,88	36	3114	2,33	1337	18,67	18,4	209	1,25	1,24	
zusammen im Mittel	66 1/8	51,94	132	11419	8,21	—	65,70	68,9	884	5,07	5,34	
	16,58	12,99	33	2855	2,05	1392	16,43	17,23	221	1,27	1,34	
									= 0,159cbm	1,27 cbm	1,34 cbm	
										1:8		

Ausführung der Platten alles Grundwasser verschwunden war, mußte darauf gerechnet werden, daß es später wieder auftreten konnte. Es mußte dann seinen Ausweg ebenfalls durch den Vorfuß nehmen, und dieser, der bei den ersten Ausführungen überall nur aus groben Steinen hergestellt wurde, erhielt später zur Vergrößerung des Ausflußquerschnittes und um das Austreten von Sand zu verhüten, stellenweise noch eine Unterbettung aus Kies, wie in dem Querschnitt, Text-Abb. 70, angedeutet ist.



Die vorstehend beschriebene Betonabdeckung hat sich im allgemeinen gut gehalten. Nur in dem Lose II zwischen km 4,8 und 5,4 zeigte sich schon während der Bauzeit, daß bei einer größeren Anzahl der hier ausgeführten Platten nur die Oberfläche erhärtet, die übrige Masse dagegen nach Jahresfrist größtentheils noch vollkommen weich und von teigartiger Beschaffenheit war, sodafs der Beton gänzlich weggeräumt und durch eine Steinschüttung ersetzt werden mußte. Der Grund für diese Erscheinung wird darin liegen, daß aus der mit Moorschichten durchsetzten Böschung, auf welche die Platten unmittelbar verlegt wurden, humussäurehaltiges Wasser ausgetreten und in den Beton eingedrungen ist. Auf eine derartige ungünstige Einwirkung von humus- oder torfartigen Stoffen auf die Erhärtung von Cementmörtel wird schon in der von dem Verein Deutscher Cement-Fabrikanten herausgegebenen Druckschrift: „Der Portland-Cement und seine Anwendung im Bauwesen“ Berlin, Ernst Toeche 1892, hingewiesen. Es wird dort, S. 60, zur näheren Erklärung dieser Einwirkung gesagt, daß die Humussäuren des Torfes mit dem Kalk des Cements eine weiche Kalkhumusseife bilden und daß 4 bis 5 v. H. Humus oder Torf genügen, um die Erhärtung des Cements zu verhindern. — In der Strecke von km 30,9 bis 32,7 bei Grünenthal war ein Theil der hergestellten Deckwerke während des Winters 1890/91 ohne Wasserbedeckung dem Frost ausgesetzt. Dabei wurden die Betonplatten da, wo sie auf Mergelboden auflagen, etwas gehoben und erhielten, weil sie am unteren Ende durch den Vorfuß fest eingespannt waren, wagerechte oder wenig geneigte Risse. Nach völligem Aufthauen gingen indes die Platten wieder zurück und die Risse schlossen sich, sodafs sie für die fernere Haltbarkeit der Abdeckung völlig unschädlich waren.

In den über Wasser liegenden Theilen der vorbeschriebenen Abdeckungen haben sich sowohl die Klinkerpflasterungen, wie die Pflasterungen aus gespaltenen Findlingen und Bruchsteinen im allgemeinen gut gehalten. Einige Beschädigungen sind nur vorgekommen in dem Klinkerpflaster an solchen Stellen, wo die Steine ohne oder mit nur schwacher Kiesunterlage verlegt worden waren, und in dem Pflaster aus natürlichen Steinen auf einigen aus Sandboden bestehenden Böschungsstrecken, wo zur Unterbettung nur größerer Grand verwandt worden war und die zur Verhütung von Sandauspülungen bestimmte Lehm- oder Kiesschicht fehlte. Es zeigte sich in diesen Strecken sehr bald, daß bei sandigen Böschungen die Lehm- oder Kiesabdeckung zur Herstellung einer haltbaren Steindecke unentbehrlich ist. In der Klinker-

pflasterung waren nennenswerthe Beschädigungen nur vorgekommen im Los I, wo das Pflaster unmittelbar auf der Böschung lag und wo die Böschung zum Theil aus sehr sandigem Klei bestand. Hier wurde in den Winterstürmen 1894, als der Canal schon mit Wasser angefüllt war, der sandige Klei durch die Einwirkungen des Wellenschlags stellenweise derartig ausgewaschen, daß die Steine in größeren Gruppen versackt waren. Sie mußten deshalb an solchen Stellen aufgenommen und, um ähnliche Beschädigungen für die Zukunft zu verhüten, mit einer Kiesunterlage neu verlegt werden. Wo die Böschung aus fettem — wenig sandhaltigem — Klei bestand, waren solche Beschädigungen nicht eingetreten. Im Laufe der Zeit haben sich noch die Fugen in dem Pflaster durch Moos und Pflanzenwuchs so dicht geschlossen, daß damit eine weitere Sicherheit gegen Bodenausspülungen unter der Pflasterdecke gewonnen ist. — In den Losen II und III, wo die Klinkerpflasterungen ebenfalls auf Kleiböschungen liegen, waren in den ersten Jahren nach ihrer Herstellung kleinere Beschädigungen dadurch verursacht worden, daß die Pflasterungen sich bei starkem Frost durch das Aufrieren des Kleibodens gehoben hatten, in ähnlicher Weise, wie vorhin schon bezüglich eines Theils der Betonplatten-Abdeckung erwähnt worden ist. Die Pflasterungen waren nach dem Aufthauen des Bodens zwar wieder zurückgegangen, aber es waren dabei doch einzelne Steine und mitunter auch kleinere Gruppen von Steinen versackt. Doch waren diese Beschädigungen ebenso wie bei den aufgefrorenen Betonplatten so unbedeutend, daß irgend welche Ausbesserungsarbeiten meist nicht für nöthig gehalten wurden.

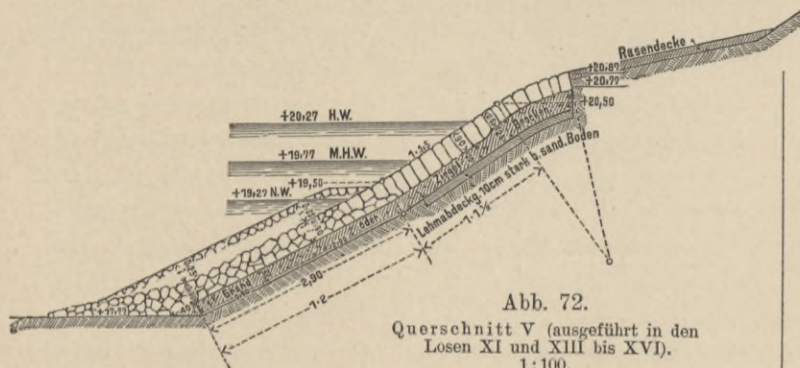
Die Text-Abb. 71 und 72 stellen Uferabdeckungen dar, die entweder ganz oder zum Theil aus losen Steinschüttungen bestehen. Sie kamen zur Anwendung auf den



Strecken, in denen die abzudeckenden Böschungen erst fertig wurden, nachdem der Canal schon mit Wasser angefüllt war; die Abdeckung nach Text-Abb. 71 in der Burg-Kudenseer Niederung, sowie in den Niederungen der Gieselau und der Eider, die nach Text-Abb. 72 im Gebiete des alten Eidercanals. Die aus losen Steinschüttungen zu deckenden Böschungen erhielten überall eine zweifache Anlage, weil, wie schon früher erwähnt wurde, die angestellten Versuche ergeben hatten, daß solche Abdeckungen in steilerer Böschung nicht haltbar sind. Die Gesamtstärke der Schüttungen wurde überall zu 0,50 m angenommen. Bei Querschnitt V wurde aber, wie in der Text-Abb. 72 angedeutet ist, theils schon während, theils unmittelbar nach der Ausführung noch eine Berme in 25 bis 30 cm Stärke vorgeschüttet, um den Fuß der Pflasterung in verstärktem Mafse gegen Unterspülungen zu sichern. Der Beschaffenheit des Bodens, aus dem die zu deckende Böschung bestand, wurde durch besondere Auswahl des Deckmaterials Rechnung getragen. Auf sandigem Grunde, wie an den Sanddämmen, die durch die Moorniederungen geschüttet waren, und in größeren Strecken des Gieselauthales und des Eiderthales bestand die Decke, wie Text-Abb. 71 zeigt, aus drei Lagen: einer unteren Lage Kies von 2 bis 30 mm Korngröße, oder aus grobkörnigem, mit kleinen

Steinen gemischten Sand, einer mittleren Lage Grand von 10 bis 120 mm Korngröße und einer oberen Lage von gespaltenen Steinen von 0,5 bis 8 l Inhalt. Auf moorigem Grunde, wie im unteren Gieselauthal, oder auf Lehmboden, wie im Gebiet des alten Eidercanals, wurde die Kieslage, die im wesentlichen den Zweck hatte, sandige Böschungen gegen Ausspülungen zu sichern, weggelassen und die Schüttung nur aus zwei Lagen, aus Grand und gespaltenen Steinen gebildet.

Die in Text-Abb. 72 dargestellte Decke, die nur in dem unter Niedrigwasser liegenden Theil aus losen Steinschüttungen und im übrigen aus Pflasterung besteht, wurde in dem Gebiet des alten Eidercanals überall da ausgeführt, wo die Herstellung und Abdeckung der Böschungen im trockenen nach dem Verlauf der Erdarbeiten zur Herstellung des Canalquerschnittes nicht möglich war. Viele Böschungstrecken in diesem Theil des Canals und darunter



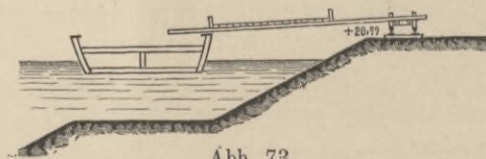
mehrere von großer Ausdehnung waren nach den Querschnitten Abb. 69 und 70 im trockenen abgedeckt worden, unten mit Betonplatten, oben mit einer Pflasterung aus Klinkern oder gespaltenen Steinen. Um nun in den über Niedrigwasser liegenden, meist sichtbaren Theilen der Abdeckungen keine allzugroße Unregelmäßigkeit hervortreten zu lassen, wurde die Pflasterung des oberen Theils der Böschungen auch in den Zwischenstrecken durchgeführt, wo mit der Herstellung der Deckwerke erst vorgegangen werden konnte, nachdem der Canal schon mit Wasser angefüllt war. Der Arbeitsvorgang vollzog sich in der Weise, daß, sobald eine Böschungstrecke planmäßig abgeglichen war, zunächst die Schüttung bis zur Niedrigwasserhöhe und dann die Pflasterung hergestellt wurde. Die Schüttungen konnten unabhängig von der jeweiligen Höhe des Canalwasserstandes vorgenommen werden, die Verlegung des unteren Theiles der Pflasterung bis zur Mittelwasserhöhe erforderte dagegen einen niedrigen Canalwasserstand, wie solcher dadurch herbeigeführt werden konnte, daß die unter Capitel III, B, Abschnitt b Seite 49 u. f. erwähnte, neben der Eidercanalschleuse bei Holtenau erbaute zweite Schiffahrtsschleuse zugleich als Entwässerungsschleuse eingerichtet war und als solche benutzt wurde. Jeder niedrige Wasserstand im Kieler Hafen hatte deshalb eine entsprechende Senkung des Wasserstandes im Canal zur Folge, und diese Senkungen erreichten nicht selten solche Tiefe, daß der Fuß der Pflasterung wasserfrei wurde und die unteren Steine bis zur Mittelwasserhöhe im trockenen verlegt werden konnten. Die Herstellung der Pflasterung über Mittelwasser hatte keinerlei Schwierigkeiten, weil Wasserstände von solcher Höhe, daß diese Arbeiten dadurch gestört wurden, selten eintraten und jedenfalls nur von kurzer Dauer waren.

Das Verschütten der Steine in die unter Wasser herzustellenden Deckungen wurde von schwimmenden Gerüsten aus bewerkstelligt. Diese Gerüste waren in den verschiedenen Losen, wo sie zur Anwendung kamen, hinsichtlich ihrer Zusammensetzung ungleich gestaltet, sie stimmten aber alle darin überein, daß sie mit einem aus lose zusammengesetzten

Bohlen hergestellten und mit einem Bretterrahmen umfaßten Boden ausgestattet waren, auf dem das zu verschüttende Material — und zwar jede Sorte für sich — in der vorgeschriebenen Stärke ausgebreitet und dann durch Umkanten der einzelnen Bohlen abgestürzt wurde. In den Abb. 7 bis 10 Bl. 17 ist ein solches auf leeren Fässern schwimmendes Schüttgerüst dargestellt; es wurde benutzt im Gebiet der Burg-Kudenseer Niederung. Die Höhe des Bretterrahmens, mit dem der Gerüstboden eingefasst war, entsprach der planmäßigen Stärke der einzelnen Schüttungslagen, sodafs die richtige Materialverwendung sowohl der Art als dem Rauminhalte nach jederzeit leicht zu überwachen war. Mit den Schüttungen wurde, wie Abb. 10 Bl. 17 zeigt, vom Böschungsfuß aus begonnen. Die das Material anfahrenen Schuten oder Ewer legten unmittelbar an die canalseitige Gerüstkante an. Die über dem jeweiligen Wasserstand liegenden Theile des Uferdeckwerkes wurden durch Anwurf aus den Förderschiffen nach Lattenlehren hergestellt.

In den Losen VI und VIII lagen die Kästen, in denen das Material vor der Verschüttung ausgebreitet und abgemessen wurde, auf Balkenträgern, die von den Schuten oder Ewern, in denen das Material angefahren wurde, nach den Ufern gestreckt und dort entweder unmittelbar auf die Böschungskante, oder auf einen mit Laufrädern versehenen Holzrahmen gelegt waren. Letzterer wurde, wie in Text-Abb. 73 angedeutet ist, auf einem unmittelbar hinter der Böschungskante verlegten Gleis fortbewegt. Die Art der Schüttung war im übrigen ganz dieselbe, wie bei dem vorher beschriebenen Gerüst.

In den ganz aus losen Steinschüttungen hergestellten Deckwerken blieb die oberste Lage, soweit sie bei Niedrigwasser sichtbar wird, theils in dem rauhen Zustand liegen, wie sie durch Schüttung und Anwurf hergestellt worden war, also größere und kleinere Steine durcheinander, theils wurde noch eine Einebnung der Oberfläche in der Weise vorgenommen, daß die in der obersten Lage vorhandenen größeren Steine ausgesondert und fest zusammengepackt wurden. Diese Deckwerke bekamen dadurch ein ähnliches Aussehen, wie die aus größeren gespaltenen Steinen hergestellten Pflasterungen. Von einer derartigen Behandlung der oberen Lage wurde überall da abgesehen, wo nach der Beschaffenheit des Untergrundes noch auf eine längere Zeitdauer Setzungen zu erwarten waren, und deshalb darauf gerechnet werden mußte, daß zur ordnungsmäßigen Unterhaltung der Steindecke sehr bald Nachschüttungen erforderlich sein würden. Unter solchen Verhältnissen würde eine Einebnung der Oberfläche in der gedachten Weise nicht nur keinen Werth gehabt, sondern nur dazu geführt haben, die Unterhaltungsarbeiten zu erschweren und zu vertheuern.



Größere Beschädigungen sind bisher an den geschütteten Steindecken so wenig vorgekommen, wie an den gepflasterten; sie alle haben in den anderthalb Jahren, die nun schon seit der Eröffnung des Canalbetriebes verflossen sind, die Probe auf ihre Haltbarkeit gut bestanden. Die schon bei den Erdarbeiten erwähnten Abrutschungen der Ufer, die an verschiedenen Canalstrecken durch Aufquellen und Austreiben des feinen Untergrundes herbeigeführt wurden und die, wie es nicht anders sein konnte, eine Zerstörung der bereits fertig hergestellten Abdeckungen zur Folge hatten, waren von der gewählten Art der Uferdeckung im wesent-

lichen unabhängig, und die eingetretenen Zerstörungen können daher nicht als Folgen der ungenügenden Haltbarkeit der Deckungen angesehen werden. Dasselbe gilt von den hin und wieder eingetretenen kleineren Senkungen und Abrutschungen, die dadurch entstanden sind, daß die Berme am Fuße der Steindecken da, wo sie aus feinem Sand oder anderen leicht beweglichen Bodenarten bestand und vor der Betriebseröffnung nicht oder nicht genügend mit Grand oder Steinen abgedeckt war, durch die bei der Durchfahrt größerer Schiffe entstehenden Uferströmungen weggespült wurde. Die Steindecken verloren dadurch am Fuße ihren Stützpunkt und mußten deshalb abrutschen oder allmählich nachsinken; in welcher Art und aus welchem Material sie hergestellt waren, kam dabei wenig in Betracht. Wo solche Bewegungen eintraten, wurde die Berme durch Grand- und Steinschüttungen wiederhergestellt und dadurch zugleich gegen weitere Abspülungen gesichert.

Auch an den Betonplatten sind außer den Zerstörungen, die schon während der Bauzeit durch das Eindringen von Moorwasser herbeigeführt worden waren, und den Abrutschungen oder Senkungen, die ebenso wie bei anderen Arten der Uferdeckungen theils vor, theils nach der Betriebseröffnung durch Rutschungen oder Abspülungen in den Erdböschungen veranlaßt sind, bisher keinerlei Beschädigungen bemerkt worden. Insbesondere ist gegenüber der von verschiedenen Seiten laut gewordenen Befürchtung, es könne das durch den Canal fließende salzhaltige Ostseewasser zerstörend auf die Platten einwirken, noch zu bemerken, daß bisher keinerlei Anzeichen hervorgetreten sind, die diese Befürchtung als begründet erscheinen lassen.

Demnach können alle vorstehend näher beschriebenen Arten der Uferdeckung unter ähnlichen Verhältnissen, wie am Kaiser Wilhelm-Canal, für spätere Bauausführungen empfohlen werden. Nach den gemachten Erfahrungen ist nur, wie hier noch einmal kurz hervorgehoben werden soll, zu beachten:

- a) bei den Abdeckungen mit Betonplatten, daß diese thunlichst gegen Einwirkungen des Frostes, ganz besonders aber gegen Eindringen von Moorwasser (Humussäure) geschützt werden, und daß durch Einlegung von Sicherungen oder nöthigenfalls durch eine Kiesunterbettung Vorsorge getroffen wird, daß austretendes Grundwasser unter den Platten unschädlich abfließen kann,
- b) bei den Klinkerpflasterungen, daß sie auf Böschungen von Sand oder sandhaltigem Thon- oder Kleiboden eine Kiesunterlage erhalten, damit ein Auswaschen von Sand durch die Fugen des Pflasters verhindert wird,
- c) bei den Pflasterungen aus Bruchsteinen oder gespaltenen Findlingen, daß sie auf sandigen Böschungen außer dem gröberen Material, in welches die Pflastersteine verlegt werden — Grand, Steinschlag oder Ziegelbrocken —, noch eine etwa 10 cm starke Thon- oder Kiesunterbettung erhalten müssen, ebenso und aus demselben Grunde, wie die Klinkerpflasterungen,
- d) daß diese Thon- oder Kiesabdeckung auf Sandböschungen auch bei den aus geschütteten Steinen hergestellten Deckwerken nicht fehlen darf.

Die Länge der am Kaiser Wilhelm-Canal in der vorstehend beschriebenen Weise abgedeckten Uferböschungen beträgt mit Ausschluß der Böschungen in den beiden Endhäfen rd. 179 km, ihre lothrechte Höhe schwankt zwischen 4,35 und 3,10 m, ihre Breite zwischen 7,80 und 6,20 m. Die abgedeckte Böschungsfläche mißt im ganzen rd. 1200 000 qm. Die Kosten haben insgesamt rd. 9 380 000 *M* betragen, sie stellen sich mithin im Durchschnitt für 1 m Böschungs-

länge auf 52,40 *M* und für 1 qm abgedeckte Böschungsfläche auf 7,82 *M*.

Schon während des Erdaushubs zur Herstellung des Canalquerschnittes trat an verschiedenen Stellen die Nothwendigkeit hervor, zur Sicherung der Böschungen weitere Steinabdeckungen vorzunehmen, als ursprünglich vorgesehen waren. Die vorstehend beschriebenen, von vornherein als nothwendig erkannten Abdeckungen bis herab auf die Unterwasserberme hatten nur den Zweck, die Ufer gegen Zerstörungen durch den Wellenschlag zu schützen, und waren, wie des näheren dargelegt worden ist, dafür auch genügend. Es zeigte sich aber bald, nachdem der Canal bis auf größere Tiefen ausgehoben war, oder bei einigen im trockenen ausgehobenen Strecken, nachdem Wasser eingelassen war, daß auch die unter der Unterwasserberme liegenden Böschungen zum großen Theil einer Abdeckung bedurften. Dies war insbesondere da der Fall, wo die Böschungen aus einem sehr feinkörnigen Sande bestanden, wie auf langen Strecken in den Losen V und VI zwischen km 18 und 32, in den Losen VIII und IX zwischen km 48 und 65 und in dem Einschnitt bei Sehestedt km 73 bis 76. In diesem Boden konnte der Canalquerschnitt im trockenen meist ohne Schwierigkeiten ausgehoben werden, unter Wasser aber wurde der Sand in seinen oberen Schichten völlig breiartig, sodaß er in zweifacher Böschung nicht mehr stand und schon durch die geringste Wellenbewegung oder Strömung zum Ausfließen gebracht wurde. Daraus entstanden dann die schon erwähnten kleinen Abrutschungen, die eine Zerstörung der Unterwasserberme und oft auch ein Nachsinken der bereits fertigen Uferdeckung zur Folge hatten. Die ersten Vorkommnisse dieser Art traten schon ein, als auf dem Canal nur noch die kleinen zum Arbeitsbetriebe gehörigen Fahrzeuge verkehrten und keine Strömung vorhanden war. Sie mußten daher, wenn man sich die starken Wasserbewegungen vergegenwärtigte, die nach der Betriebseröffnung bei der Durchfahrt großer Schiffe und aus der planmäßigen Wasserabführung durch die Brunsbütteler Schleuse entstehen würden, ernste Bedenken erregen und führten sehr bald zu der Erkenntniß, daß zur Erhaltung der zweifachen Böschungen und der als Stützpunkt für den Fuß der Uferdeckung unentbehrlichen Berme sehr umfangreiche Abdeckungen dieser Querschnitttheile nicht zu vermeiden sein würden. Nach den gemachten Erfahrungen wurde als feststehend angesehen, daß überall da, wo der feinkörnige Sand in den Einschnitten anstand, die ganze Unterwasserberme und die an diese sich anschließende zweifache untere Böschung unter allen Umständen abgedeckt werden müsse. In den Trockenausschachtungen, wo die Schichtenlinien an den Böschungen deutlich erkennbar waren, wurde die Abdeckung in der Regel bis an die in sehr ungleicher Tiefe anstehende Mergelschicht hinuntergeführt, sodaß der Fuß der Abdeckung theils in der zweifachen, theils erst in der untersten dreifachen Böschung auslief. Wo in dieser letzteren Wasseradern austraten, oder der Mergel erst auf oder dicht unter der Canalsohle anstand, wurde die dreifache Böschung in ihrer ganzen Breite abgedeckt. Der Mergel selbst war in der Regel so fest, daß er keiner Abdeckung bedurfte. In den Strecken, die ganz oder größtentheils durch Nafs-bagger ausgeschachtet wurden, war selbstverständlich eine so genaue Abgrenzung der abzudeckenden Flächen, wie bei dem Trockenaushub nicht möglich. Hier konnte nur durch sorgfältige Untersuchung des ausgebaggerten Bodens und durch Peilungen streckenweise festgestellt werden, ob die Unterwasserberme und die zweifache Böschung im großen und ganzen ohne Abdeckung genügend haltbar waren, oder nicht. Wo hier noch eine Abdeckung nöthig war, wurde sie in der Regel der Breite nach über die ganze

Berne und die ganze zweifache Böschung ausgedehnt, sodafs der Fuß der Abdeckung noch in den oberen Theil der dreifachen Böschung einschneit.

Als Material für die vorgedachten Abdeckungen wurden Kies und Grand verwandt, von derselben Beschaffenheit, wie zu den beiden unteren Lagen der nach Text-Abb. 71 hergestellten Uferdeckwerke, der Kies als untere, der Grand als obere Lage. Der Kies war ebenso wie bei den Uferdeckungen auf sandigen Böschungen unentbehrlich, um bei dem Austritt von Grundwasser den Sand zurück zu halten; der den Kies überdeckende gröbere und schwerere Grand war nöthig, um der Böschung eine vermehrte Sicherheit gegen Abrutschungen und einen wirksamen Schutz gegen Stromangriffe zu geben. In den Trockenausschachtungen, wo die Abdeckung überall genau in der vorgeschriebenen Stärke hergestellt werden konnte, wurde für jede der beiden Lagen eine Stärke von 12 bis 15 cm für ausreichend gehalten und nur an einzelnen Stellen, wo starke Wasseradern austraten, oder wo Abrutschungen besonders zu befürchten waren, darüber hinausgegangen. In den mit Nafsbaggern ausgehobenen Strecken dagegen, wo die Abdeckungen unter Wasser hergestellt werden mußten und daher nicht so sorgfältig wie in den Trockenausschachtungen ausgeführt werden konnten, wurde die Stärke der Kieslage zu 15, die der Grandlage zu 25 cm angenommen. Jede der beiden Lagen wurde von den Prähmen aus, in denen das Material angeliefert wurde, in ähnlicher Weise verschüttet, wie der Kies und Grand zu den nach Text-Abb. 71 hergestellten Uferdeckungen. Der Schütt-

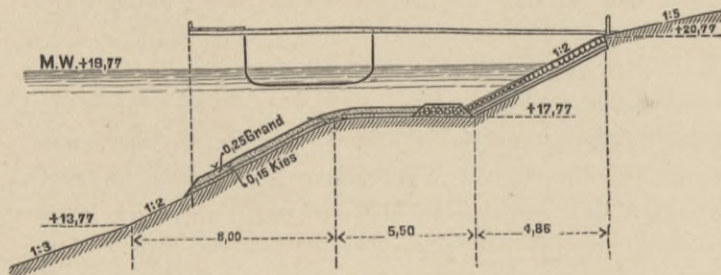


Abb. 74.

kasten mit dem aus losen Brettern bestehenden Boden lag, wie die Text-Abb. 74 zeigt, auf den um 1,25 bis 1,50 m überstehenden Enden von Trägern, die quer über den Prahm gestreckt waren. Das Material wurde in dem Kasten in der vorgeschriebenen Stärke ausgebreitet und durch Umkanten der einzelnen Bretter herabgestürzt. Um die Lage der Abstützstelle jederzeit bequem bestimmen zu können, war zwischen dem Prahm und dem Ufer eine mit Mafseintheilung versehene Holzverstrebung angebracht.

Für die so hergestellte Abdeckung der aus feinkörnigem Sande oder anderen leichten Bodenarten bestehenden Berme und Böschungen sind im ganzen rd. 2 485 000 \mathcal{M} aufgewandt worden. In den Strecken, wo diese Abdeckungen ausgeführt werden mußten, stellten sich die Kosten für 1 m Canallänge, also für die Abdeckungen an beiden Ufern zusammen auf etwa 70 bis 100 \mathcal{M} , an einzelnen Stellen, wo wegen austretender Quellen oder aus anderen Gründen die Abdeckung verstärkt wurde, noch höher.

Das waren sehr erhebliche Kosten, aber sie waren unter den obwaltenden Verhältnissen unvermeidlich. Wären die Deckungen nicht ausgeführt worden, so hätten für die Beseitigung von Rutschungen, die dann ohne Zweifel in großer Zahl und großer Ausdehnung eingetreten wären, und für die Wiederherstellung der dadurch zerstörten Uferdeckungen noch sehr viel größere Kosten aufgewandt werden müssen. Ganz sind diese Rutschungen trotz der Abdeckungen nicht vermieden worden, insbesondere an solchen Stellen, wo wie in den Trockenausschachtungen die Kies- und Granddecke nur

eine Stärke von zusammen 25 bis 30 cm erhalten hatte, und es mag zweifelhaft sein, ob es nicht zweckmäßiger gewesen wäre, die Abdeckung hier ebenso wie an anderen Stellen in einer Stärke von nicht unter 40 cm auszuführen. Im voraus liefs sich das aber mit einiger Sicherheit nicht übersehen, und da die ohnehin schon sehr hohen Kosten dieser im Anschlage nicht vorgesehenen Arbeiten sich mit jedem Centimeter, um welches die Abdeckung verstärkt wurde, um etwa 70 bis 80 000 \mathcal{M} erhöhten, so mußte mit aller Sorgfalt Bedacht darauf genommen werden, bei der Abmessung der Stärke der Abdeckung nicht über das durchaus notwendige Mafs hinauszugehen. Und dafs in dieser Beziehung das richtige wenigstens einigermaßen getroffen ist, geht daraus hervor, dafs in den 1 $\frac{1}{2}$ Jahren nach der Betriebsöffnung für die Unterhaltung und Verstärkung der Uferdeckungen und für Nachschüttungen an den Rutschstellen nur ein Gesamt-Kostenbetrag von rd. 200 000 \mathcal{M} verausgabt worden ist. Das sind ungefähr 1,7 v. H. der Gesamt-Anlagekosten für die Steinabdeckungen und etwa 8,4 v. H. der Kosten, die für die Abdeckungen zum Schutz der Berme und der unteren Böschungen erwachsen sind. Mit einem solchen Betrage hätten die unteren Abdeckungen um höchstens etwa 3 cm verstärkt werden können, und es ist nicht anzunehmen, dafs mit einer so geringen Verstärkung für die Haltbarkeit dieser Abdeckungen etwas Erhebliches gewonnen worden wäre. Jedenfalls wären auch dann spätere Abrutschungen nicht ausgeschlossen gewesen, und es wäre von den 200 000 \mathcal{M} in den bisherigen Unterhaltungskosten sicher nur ein kleiner Theil erspart worden. Nach den seit der Betriebsöffnung gemachten Erfahrungen ist ferner anzunehmen, dafs die Kosten für Unterhaltung der Uferdeckungen künftig sehr viel geringer sein werden, als sie bisher gewesen sind, und dafs selbst in den Strecken, wo die aus dem leicht zerfließenden Sande bestehenden Böschungen nur eine 25 bis 30 cm starke Abdeckung bekommen haben, Rutschungen nur noch selten eintreten werden. Denn die meisten und größten Rutschungen traten gleich in den ersten Monaten nach der Betriebsöffnung ein; sie sind nach und nach immer weniger geworden, und im vergangenen Herbst ist selbst bei der Durchfahrt der größten Panzerschiffe der Kaiserlichen Marine nicht die geringste Beschädigung an den Uferdeckungen mehr vorgekommen.

Für die Befestigung der Ufer und Böschungen sind aufer den Kosten der vorgeschriebenen Steinabdeckungen noch folgende Ausgaben erwachsen:

1. für Bekleidung und Besamung der Böschungen über der Wasserlinie, rd. 461 000 \mathcal{M}
2. für Ableitung von Quellen und Wiederherstellung der im Verlaufe der Bauausführung durch Rutschungen zerstörten Böschungsbekleidungen und Steindecken 933 000 „
3. für Flechtzäune und sonstige Arbeiten zur Befestigung der Böschungen über der Wasserlinie 109 000 „
4. für Herstellung von Hecken, Verwallungen und sonstigen Einfriedigungen 34 000 „
5. für Unterhaltung der Böschungsbekleidungen und Uferdeckungen während der Bauzeit 54 000 „

Diese Beträge und die schon früher genannten Ausgaben für Steinabdeckungen der Ufer- und Unterwasserböschungen von 9 380 000 und 2 485 000 \mathcal{M} ergeben als Gesamtkostenbetrag für Ufer- und Böschungsbefestigungen die Summe von 13 456 000 \mathcal{M} .

Das Bekleiden und Einsäen der Einschnittsböschungen, einschliesslich der Herbeischaffung des seitlich ausgesetzten

Mutterbodens und Lieferung des Samens wurde ebenso, wie das Bekleiden der Deich- und Dammschüttungen mit Rasen oder Mutterboden an die Unternehmer der Erdarbeiten verdungen, die unter 2 bis 5 bezeichneten Arbeiten dagegen größtentheils im Selbstbetrieb ausgeführt. Die Kosten der Arbeiten zu 1 stimmen mit den anschlagsmäßigen und nach den gewöhnlichen Einheitssätzen berechneten fast genau überein. Für die Arbeiten unter 2 sind die Kosten zu einem verhältnismäßig hohen Betrage angewachsen, einestheils weil die Ableitung von Quellen und kleinen Wasserläufen und ihre Einführung in den Querschnitt stellenweise recht umfangreiche und kostspielige bauliche Anlagen erforderlich machten, andertheils weil durch die während der Bauzeit eingetretenen Rutschungen ein Theil der bereits fertigen Böschungsbekleidungen und Uferdeckwerke zerstört wurde, zu deren Wiederherstellung ebenfalls beträchtliche Kosten aufgewandt werden mußten. Abgesehen von diesen Rutschungen sind, wie der unter 5 angegebene Betrag erkennen läßt, für die Unterhaltung der Ufer- und Böschungsabdeckungen während der Bauzeit nur verhältnismäßig geringe Ausgaben erforderlich geworden. Auch die unter 3 aufgeführten Kosten von 109 000 *M* für Flechtzäune, Steinpackungen und ähnliche Arbeiten zur Befestigung der Böschungen über der Wasserlinie haben sich, wenn man die Größe der Böschungsflächen in Betracht zieht, in sehr mäßigen Grenzen gehalten. Ihr Flächeninhalt beträgt insgesamt rd. 250 ha, die Kosten der Befestigung stellen sich also für das Hektar auf 436 *M*.

D. Schleusen und Hafenanlagen.

Die in diesem Abschnitt zu beschreibenden Anlagen zerfallen in fünf Gruppen:

- a) die Schleuse nebst Vor- und Binnenhafen bei Brunsbüttel,
- b) die Schleuse nebst Vor- und Binnenhafen bei Holtenau,
- c) die Schleuse bei Rendsburg zwischen dem Canal und der Eider,
- d) die als Nebenanlagen des Canals herzustellenden kleineren Schleusen,
- e) kleinere Hafenanlagen.

In der nachfolgenden Beschreibung wird jede dieser Gruppen in der obigen Reihenfolge eine besondere Abtheilung bilden.

a) Die Schleuse nebst Vor- und Binnenhafen bei Brunsbüttel.

Ueber die Lage der Schleuse, wie über die Umriss sowohl des Vorhafens als des Binnenhafens giebt die Abb. 4 auf Bl. 6 u. 7 ein übersichtliches Bild. Der von der Schleuse bis an das Fahrwasser der Elbe sich erstreckende Vorhafen ist in der Mittellinie 550 m lang; er ist an seiner Mündung beiderseits durch Molen, weiterhin bis an die Schleusen durch Ufermauern eingefast. Die Breite beträgt zwischen den Molenköpfen 310 m, zwischen den Ufermauern von den Wurzelenden der Molen bis zu dem Punkt, wo die Leitwerke für die Schleuseneinfahrt beginnen, 100 m. Der an die Schleuse unmittelbar sich anschließende Binnenhafen bildet in seiner Grundfläche ein Rechteck von 430 m Länge und 180 m Breite, dessen Längsachse mit der Mittellinie des Canals zusammenfällt. Eine trichterförmig sich verengende Strecke von 200 m Länge vermittelt den Uebergang von dem Hafen in den normalen Canal-Querschnitt. Die Uferbefestigungen des Binnenhafens bestehen nur an der südöstlichen Langseite und im beiderseitigen Anschluß an die Schleuse aus massiven Stützmauern, im übrigen aus gepflasterten Böschungen. Die Bauausführung wurde in zwei Losen öffentlich verdungen. Zuerst der Bau der Schleuse in Verbindung mit den Arbeiten zur Herstellung des Binnenhafens, später die Molen und Ufer-

bauten des Aufsenhafens. Beide Ausführungen wurden demselben Unternehmer, der Firma C. Vering in Hannover und Hamburg übertragen.

1. Der Bau der Schleuse.

Hierzu die Abb. 1 bis 4 Bl. 18 u. 19 und die Abb. 1 bis 5 Bl. 20 u. 21.

Allgemeine Anordnung. Die für die allgemeine Anordnung der Schleuse maßgebenden Verhältnisse sind schon in dem Abschnitt II dieser Denkschrift unter c und e näher dargelegt worden. Danach muß die Schleuse imstande sein, den Canal sowohl gegen das Hochwasser als auch gegen das Niedrigwasser der Elbe abzuschließen und in beiden Fällen das Durchlaufen von Schiffen zu gestatten. Sie muß ferner mit einer Einrichtung versehen sein, die es ermöglicht, sie bei ausgehender Strömung zu schließen, wenn dies zur Erhaltung eines bestimmten Canalwasserstandes nöthig wird.

Zur Erfüllung der ersten Aufgabe mußten sowohl im Aufsen- als im Binnenhaupt doppelte Thorpaare vorgesehen werden, die gegen das Hochwasser der Elbe wirkenden Fluthore und die bei tiefen Aufsenwasserständen den Canalwasserstand haltenden Ebbthore. Die Fluthore sind in ihrer Höhe und Stärke so bemessen, daß jedes Thorpaar für sich allein einen sicheren Abschluß gegen die höchsten Sturmfluthen der Elbe bietet, obgleich immer die Möglichkeit gegeben ist, die Schleusenkammer als eine mittlere Haltung auszunutzen, durch welche die aus dem Höhenunterschied zwischen dem Aufsen- und Binnenwasser sich ergebende Druckhöhe auf beide Fluthorpaare gleichmäßig vertheilt werden kann.

Zum Abschließen der Schleuse bei durchgehender Strömung dienen die in der Mitte der Schleusenkammer liegenden sog. Sperrthore. Sie sind, um das beim Schließen entstehende Druckmoment thunlichst abzuschwächen, mit ungewöhnlich großen Schützöffnungen versehen, die während des Schließens offen stehen und erst geschlossen werden, nachdem die Thorflügel den Dremplenschlag erreicht haben. Daß der Verschluss in dieser Weise ohne Gefahr, und ohne daß die dabei zu verwendenden Rückhaltketten oder Stangen allzusehr in Anspruch genommen werden, ausführbar sein werde, wurde vor Aufstellung des Bauentwurfs durch Versuche an den Ebbthoren einer Entwässerungsschleuse von 5,7 m Weite festgestellt. In Uebereinstimmung mit dem Betriebsplan waren solche Sperrthore ursprünglich nur zum Abschluß der Schleuse bei ausgehender Strömung für solche Fälle vorgesehen, wenn der Wasserstand in der Elbe bis unter die mittlere Niedrigwasserhöhe absinkt. Im Verlauf der Bauausführung wurde aber der Gedanke angeregt, daß gewisse Umstände — wie u. a. die Zerstörung eines Fluthores durch ein gegenfahrendes Schiff, oder nicht rechtzeitiges Schließen der Thore infolge einer Unachtsamkeit der Schleusenwärter — auch ein zeitweiliges Einströmen von Fluthwasser durch die Schleuse herbeiführen könnte und daß deshalb auf die Möglichkeit Bedacht genommen werden müsse, die Schleuse in einem solchen Nothfalle auch bei eingehendem Strom abschließen zu können. Diese Erwägung führte dazu, daß nachträglich noch ein gegen den Fluthstrom gerichtetes zweites Sperrthorpaar angeordnet wurde.

Die Schleuse hat, um einem lebhaften Schiffsverkehr genügen zu können, zwei neben einander liegende Durchfahrtsöffnungen erhalten, von denen die eine — die östliche — in der Regel zur Einfahrt und die andere — die westliche — zur Ausfahrt zu benutzen ist. Jede dieser Oeffnungen hat eine lichte Weite von 25 m und eine nutzbare Länge von 150 m. Die Drempel liegen auf +9,8. Die Wassertiefe über den Drempeeln beträgt daher bei mitt-

lerem Niedrigwasser (= + 18,5) der Elbe 8,7 m, bei gewöhnlichem Hochwasser (= + 21,29) 11,49 m. — Die beiden Schleusenhäupter haben ebenso, wie die seitlichen Anschüttungen, die Kronenhöhe des Elbdeiches = + 26,5 und liegen um 1,49 m höher, als der Wasserstand der höchsten bekannten Sturmfluth (+ 25,01). Die Seitenwände der Kammern liegen dagegen mit ihrer Oberkante nur auf + 23,0. Bei Feststellung dieser Höhe wurde davon ausgegangen, daß der Wasserstand in den Schleusenkammern das Maß von + 22,3 niemals überschreiten werde, weil höhere Wasserstände in der Elbe nur bei schweren westlichen Stürmen eintreten und dann Rücksichten auf die Sicherheit der Schleuse dazu zwingen, den Betrieb zeitweilig einzustellen. Auch die Stirn-Enden an beiden Häuptern sind nicht bis zur vollen Höhe des Elbdeiches hinaufgeführt, sondern so angelegt worden, daß sie über das gewöhnliche Hochwasser nicht mehr hervortreten, als für ihre Bestimmung nothwendig ist. Für die Stirnmauern am Binnenhafen wurde hiernach die Höhe von + 23,0 gleich der der Kammerwände, für die am Vorhafen, wo das mittlere Hochwasser um 1,52 m höher liegt, als im Binnenhafen, die Höhe von + 24,5 angenommen.

Baugrund- und Grundwasserverhältnisse. Zur Feststellung der Bodenverhältnisse sind im Jahre 1888 und in den Monaten Januar und Februar 1889 in der Grundfläche der Schleuse und im Gebiet des Vor- und Binnenhafens 37 Bohrungen vorgenommen worden, von denen 9 auf die Schleusenbaustelle entfallen. Die Ergebnisse dieser Bohrungen und die Lage der Bohrlöcher sind aus der zeichnerischen Darstellung Abb. 1 Bl. 18 u. 19 zu ersehen. Zwei dieser Bohrungen (bei Nr. 5 und 25 des Lageplans) sind bis zu größerer Tiefe und mit genaueren Angaben über die Beschaffenheit und Festigkeit der durchbohrten Schichten, sowie über die Grundwasserverhältnisse ausgeführt worden, die eine im Vorhafen in nächster Nähe der Schleuse, die andere im Binnenhafen. Das allgemeine Urtheil über die Bodenverhältnisse in dem untersuchten Gebiet wurde in dem Bericht des Beamten, der die Bohrungen geleitet hatte, in folgenden Sätzen zusammengefaßt:

„Die Reihenfolge der Schichten scheint auf dem ganzen Hafengebiet, von einigen kleinen Unregelmäßigkeiten abgesehen, gleichmäßig zu sein, Stärke und Höhenlage dagegen etwas verschieden. Auf die durchschnittlich 3 m starke Ziegelerde mit zwischenliegender Torfschicht folgt eine etwa 16 m starke Schicht Marschklei mit mehr oder weniger durchweg feinem Sande. Der hierunter liegende theilweise mit etwas Klei vermischte, theilweise reine mittelgrobe Sand, der sich nesterweise auch in höheren Schichten findet, ist südlich vom Binnenhafen und in der Mitte desselben auf etwa + 2,0 angetroffen, bei der Hälfte der Bohrlöcher jedoch überhaupt nicht erreicht worden. Wie Nr. 3, 5, 25 und 26 erkennen lassen, ist diese obere Sandschicht nur von geringer Mächtigkeit, ebenso die darauf folgende Schicht, die aus sehr festem mergelartigen Letten besteht. Aus Nr. 3, 5 und 25 ergibt sich, daß auf den Letten eine aus reinem grobkörnigen, mit zahlreichen Geschieben gemengtem Sand bestehende Schicht folgt, die bei Nr. 25 rund 9 m Mächtigkeit besitzt und bei Nr. 5 mit 9 m noch nicht vollständig durchfahren war. Die unterste nur an einer Stelle, bei Nr. 25, auf 1 m Tiefe angebohrte Schicht besteht aus sehr festem Geschiebemergel. Der als „Klei mit Sand“ bezeichnete Boden, in welchem die Baugruben unterhalb + 17,5 auszuheben sind, ist ein Gemenge von Thonerde mit feinem Sand und Glimmer in wechselnden Verhältnissen, mit organischen Resten bis zur größten Tiefe durchsetzt. In manchen Lagen, besonders in der oberen 3 m starken, im westlichen Theile auch

in den unteren Lagen hat das Gemenge vorherrschend sandigen Charakter, in anderen Lagen ist es sehr fett. Zuweilen gehen die fetten und mageren Schichten unmerklich in einander über, zuweilen sind sie scharf gegen einander abgegrenzt, sodafs wagerechte äußerst dünne Sandschichten mit etwas stärkeren Kleischichten regelmäßig wechseln. Bei allen Bohrungen hat sich ergeben, daß der Klei dem Eindringen des Bohreräths erheblich größeren Widerstand entgegengesetzte, als die sandigen Schichten. Ferner blieb bei fast allen Bohrungen das Bohrloch bis in große Tiefen frei, nur ganz ausnahmsweise trat schon in den über + 5,0 gelegenen Schichten Versandung ein. Der Klei ist daher als fester, theilweise sogar sehr fester Boden zu bezeichnen, der jedoch wie jedes Gemenge von Thonerde und Sand bei unvorsichtiger Behandlung und mangelhafter Entwässerung aufgeweicht werden kann, in welchem Falle er stark drängt und zu Rutschungen neigt.“

Gründung und Mauerwerk. Nach diesen Bohrergebnissen wurde angenommen, daß die unteren Bodenschichten an sich tragfähig genug seien, um das aus Beton herzustellende Grundmauerwerk der Schleuse unmittelbar aufnehmen zu können. Es mußte freilich darauf gerechnet werden, daß die zunächst unter der Betonsohle liegende, im Mittel etwa 4 m dicke Kleischicht, obgleich sie in dem Bericht über die Bohrungen als fest bezeichnet war, doch bis zu einem gewissen Grade unter der Belastung des Schleusenmauerwerks werde zusammengepreßt werden. Um diesem Umstände Rechnung zu tragen, war die Bauausführung so gedacht, daß zunächst die beiden Seitenmauern und die Mittelmauer der Schleuse jede für sich zwischen eingerammten und gehörig ausgesteiften Spundwänden betonirt und bis zu ihrer vollen Höhe aufgeführt werden sollten und daß erst, nachdem diese sich völlig gesetzt haben würden, mit der Betonirung und Herstellung der Kammerböden vorgegangen werden solle. Es wurde nur als zweifelhaft angesehen, ob es möglich und unbedenklich sein werde, den Beton im trockenen einzubringen, oder ob die Schüttung unter Wasser werde vorgenommen werden müssen. Ein für den letzteren Fall aufgestellter Arbeitsplan ging davon aus, daß der Wasserstand in der Baugrube während der Schüttung mindestens auf + 14,0 werde gesenkt werden können.

Dementsprechend wurde der Entwurf für das Beton-Grundmauerwerk und die dasselbe begrenzenden und theilenden Spundwände aufgestellt, er war für beide Arten der Bauausführung gleich. Es wird auf ihn jedoch nicht näher eingegangen, da sich im Verlauf der Bauausführung herausstellte, daß die aus den Bohrungs-Ergebnissen gezogenen Schlüsse nicht zutreffend waren und deshalb die bisherigen Baupläne als unausführbar aufgegeben werden mußten. Zur Ausführung gelangte aus den bei der Erörterung der Bauvorgänge später angegebenen Gründen ein dem ganzen Schleusenbauwerk gemeinschaftliches Betonbett, wie es die Abbildungen auf Bl. 18 bis 21 zeigen.

Der Querschnitt des Betonbetts ist unter den Thorkammern und Drepeln ein anderer, als unter den übrigen Theilen der Schleuse. Unter jenen hat er — abgesehen von den Unterschneidungen bei den Spundwänden — die Form eines rechteckigen wagerechten Balkens, die obere und untere Begrenzung des Betonkörpers bilden der Oberfläche der Thorkammerböden entsprechend wagerechte Linien; in den Schleusenkammern dagegen ist die Betonsohle so angelegt worden, daß sie überall ungefähr gleichen Abstand von der gewölbten Schleusensohle und das ganze Grundmauerwerk für jede der beiden Kammern die Form eines umgekehrten Gewölbes hat.

Ueber die Gestaltung und die Abmessungen des aufgehenden Mauerwerks und der Drepel, wie über die Art

der Uebermauerung des Betons in den Schleusen- und Thorkammern ist aus den Abb. 2 bis 4 Bl. 18 u. 19 und den Abb. 1 bis 5 Bl. 20 u. 21 alles nähere zu ersehen. Das aufgehende Mauerwerk ist hauptsächlich aus Ziegeln ausgeführt, die in der Nähe der Baustelle aus dem dazu geeigneten Theil des Aushubbodens gebrannt wurden. Alle vorspringenden Kanten, sowie solche Mauertheile, zu denen besondere Formsteine nothwendig gewesen wären, und die Abdeckungen der Schleusenmauern sind aus Werksteinen von bayerischem Granit hergestellt; im übrigen sind die sichtbaren Flächen des Mauerwerks mit Klinkern verblendet, die aus Schweden bezogen, von ungewöhnlicher Festigkeit und in der Form sehr gleichmäßig sind. Auch zu den Uebermauerungen des Betons in den Schleusen- und Thorkammern wurden Klinker verwandt. Als Bindemittel kam größtentheils Cementmörtel zur Verwendung, für gewöhnliches Ziegelmauerwerk im Mischungsverhältnis von 1 Theil Cement zu 3 Theilen Sand, für das Klinker- und Quadermauerwerk in den Verhältnissen 1:2 und 1:1. Ein Theil des Mauerwerks wurde, um einen beim Betonieren übrig gebliebenen Rest von Trafs zu verbrauchen, in einem Gemisch von Cement- und Trafmörtel ausgeführt, bestehend aus 1 Raumtheil Cement, 1 Theil Trafs, $\frac{2}{3}$ Theile gelöschtem Kalk und 4 Theilen Sand.

Sämtliche Thore, Fluth-, Ebbe- und Sperrthore sind als eiserne Stemthore hergestellt. Um für den Fall, daß ein Thor beschädigt wird, längere Betriebsstörungen zu vermeiden, ist für jedes der vorbezeichneten Arten der Thore ein vollständiges Ersatzthor angefertigt worden, das zur jederzeitigen Verwendung bereit gehalten wird. Für größere Ausbesserungen an der Schleuse, die eine Trockenlegung erfordern, sind Dockthore mit schiffartigem Querschnitt beschafft worden, die so eingerichtet sind, daß sie für beide Endschleusen benutzt werden können. Die Bauart der einzelnen Thorgattungen wird später in einem besonderen Abschnitt näher beschrieben werden.

Umlauf- und Spülcanäle. Zum Füllen und Entleeren der Schleusenkammern dienen die aus den Abb. 1, 3 und 4 Bl. 20 u. 21 ersichtlichen Umlaufcanäle, für jede der beiden Kammern von je 7,6 qm Durchflußöffnung. Sie haben aus Rücksichten auf die Standfestigkeit der Mauern einen eiförmigen Querschnitt erhalten. Ihre Mündungen in den Häuptern liegen zwischen der Thorkammer und dem Pontonfalz. In die Schleusenkammern führen von jedem Umlauf 12 Stichcanäle von je 1 qm Querschnitt, die unmittelbar über den Kammerböden ausmünden, sodafs durch die ein- und austretende Strömung eine kräftige Spülung dieser Böden bewirkt wird. Durch die Vertheilung auf eine große Anzahl sich gegenüber liegender Ausmündungen der Stichcanäle wird trotz der starken Strömungen, die an den Mündungsstellen eintreten, eine möglichst ruhige Lage der Schiffe während der Ausspiegelung erzielt. Die Ausspiegelungszeit beträgt bei den unter mittleren Verhältnissen vorkommenden größten Wasserstands-Unterschieden von 21,29—19,77 = 1,52 m rund 4 Minuten und bei den größten Unterschieden von 22,30—19,27 = 3,03 m rund 5 Minuten. Zum Verschluss der Umläufe dienen hölzerne Rollenschützen, von denen sowohl im Aufsenhaupt als im Binnenhaupt für jeden Umlauf zwei angebracht sind. Sie sind ähnlich eingerichtet, wie die Schützen der Sperrthore. Ueber ihre Bauart wird bei der Beschreibung der Thore und der Bewegungsvorrichtungen der Schleusen alles nähere mitgetheilt werden.

Im Zusammenhang mit der Anordnung der Schützen steht die Einrichtung zum Spülen der Thorkammerböden für die Fluth- und Ebbethore, die aus den Abb. 1, 3 und 5 Bl. 20 u. 21 ersichtlich ist. Auf beiden Seiten der Thorkammern sind in den Schleusenmauern unter den Umläufen

80 cm weite Rohre wagerecht verlegt, von denen je zehn fächerartig angeordnete kleinere Rohre von 25 cm Durchmesser abzweigen und am Fufs der Thornische unmittelbar über dem Boden der Thorkammern ausmünden. In den äußeren Fluththorkammern sind die Mündungen dieser kleinen Rohre durch selbstthätige eiserne Klappen geschlossen, die derartig angeordnet sind, daß sie nicht höher aufschlagen können, als daß das Schleusenthor sich noch frei über der geöffneten Klappe bewegen kann. Die 80 cm weiten Rohre sind mit den Umläufen durch Abfallschächte verbunden, von denen der eine zwischen den beiden Umlaufschützen, der andere hinter denselben, nach der Schleusenkammer zu, angeordnet ist. Der zwischen den beiden Schützen liegende Schacht führt in dem Aufsenhaupt nach den Spülrohren für die Fluththorkammer, im Binnenhaupt nach den Spülrohren für die Ebbethorkammer, während der hinter den Schützen liegende Schacht im Aufsenhaupt mit den Spülrohren für die Ebbethorkammer und im Binnenhaupt mit denen für die Fluththorkammer in Verbindung steht. Im Aufsenhaupt wird eine Spülung der Fluththorkammer dadurch bewirkt, daß bei Niedrigwasser in der Elbe und gefüllter Schleusenkammer das innere Schütz gezogen wird, während das äußere geschlossen bleibt. Die Ebbethorkammer des Aufsenhauptes wird gespült, wenn bei Hochwasser in der Elbe und einem mit dem Canalwasserspiegel ausgeglichenen Wasserstand in der Schleuse beide Schützen gezogen werden. Die Spülung dieser Kammer erfolgt mithin jedesmal, wenn zur Füllung der Schleuse von aufsen Wasser eingelassen wird. In ganz ähnlicher Weise ist beim Spülen der Thorkammern des Binnenhauptes zu verfahren. Der Boden der Sperrthorkammern wird beim jedesmaligen Füllen der Schleusenkammer gespült. Die Spülcanäle wirken hier in gleicher Weise, wie die aus den Umläufen abzweigenden Stichcanäle.

Anlagen zur Aufnahme der Maschinen-Betriebs-einrichtungen. Die zum Betriebe der Schleusen erforderlichen Bewegungen der Thore, der Schützen in den Umläufen und Sperrthoren und der Spille werden durch Druckwasser bewirkt. Im oberen Theil der Schleusenmauern liegen die geräumigen Maschinenkammern, in denen die Druckwassermotoren aufgestellt sind, und zwischen diesen Kammern die zur Durchführung der Wasserdruckrohre, der Heizrohre und elektrischen Leitungen dienenden Laufgänge. In Abb. 4 Bl. 18 u. 19 sind diese Anlagen unter Angabe der Lage der einzelnen Maschinen übersichtlich dargestellt. Weitere Mittheilungen über die Einrichtung der Maschinen und die Art der Kräfte-Uebertragung werden sich an die in einem besonderen Abschnitt nachfolgende Beschreibung der Schleusenthore anschließen. Die Maschinenkammern und Laufgänge haben eine lichte Höhe von 1,9 m, ihre Sohle liegt 2,2 m unter der Oberkante der Schleusenmauern. Der Grundriß der Kammern ist lediglich dem Raumbedürfnis für die aufzustellenden Maschinen angepaßt worden. Die Decke besteht in den Kammern aus Monier-Gewölben, die zwischen eisernen Trägern eingespannt und mit einer 3 cm starken Gufasphaltschicht überdeckt sind, in den Laufgängen aus Granitplatten. Sämtliche Räume werden durch Glühlampen elektrisch beleuchtet.

In das Betonbett der Schleusen sind drei quer zur Schleusenachse gerichtete Tunnel eingebaut, die durch Einsteigeschächte von rechteckigem Querschnitt mit den Maschinenkammern im oberen Theil der Schleusenmauern in Verbindung stehen. Zwei dieser Tunnel, der eine unter dem Aufsenhaupt, der andere unter dem Binnenhaupt, sind im lichten 1,4 m hoch und 1,8 m weit, der Tunnel unter dem Sperrthorhaupt sollte die gleichen Abmessungen erhalten, ein Theil davon wurde jedoch aus später zu erörternden Gründen aus einem eisernen Rohr von 60 cm Lichtweite hergestellt.

In diese Tunnel und Schächte sind außer den Druckwasserleitungen für die Bewegungs-Vorrichtungen der Schleusen noch die Dampfrohre der Heizungsanlagen für die Maschinenkammern, die Kabel für die elektrische Beleuchtungsanlage, die Rohre einer Trink- und Kesselspeise-Wasserleitung, sowie Telegraphen- und Fernsprech-Leitungen eingelegt.

Einrichtungen zur Erleichterung der Ein- und Ausfahrt, sowie zum Anlegen und Befestigen der Schiffe. Im Außen- und Binnenhafen sind im unmittelbaren Anschluss an die Schleuse hölzerne Leitwerke angeordnet, die den Zweck haben, den ein- und ausfahrenden Schiffen als Führung zu dienen. Ihre Lage ist in der Abb. 4 auf Blatt 6 und 7 angedeutet. Sie sind 100 m lang und bestehen aus hölzernen Schwimmflößen, die sich gegen mächtige Pfahlbündel legen. (Siehe Abb. 5 bis 9 Bl. 18 u. 19.) Die Pfahlbündel haben von Mitte zu Mitte einen Abstand von etwa 18 m. Sie sind aus einem nur bis zur Mittelwasserhöhe hinaufreichenden und daher der Fäulnis wenig ausgesetzten Grundbau und einem weniger dauerhaften Ueberbau zusammengesetzt. Die unteren Theile bestehen aus je 32 lothrecht eingerammten Pfählen von 50 cm mittlerem Durchmesser, die nur in ihren Köpfen durch einen aufgezapften Schwellrost verbunden und so imstande sind, die Stöße der gegenfahrenden Schiffe elastisch aufzunehmen. Ueber Mittelwasser, wo die Hölzer in bestimmten Zeitabschnitten verfaulen und deshalb ausgewechselt werden müssen, tragen die Pfahlbündel starke Ständerwerke, in denen die einzelnen Hölzer sowohl unter sich, als mit dem Schwellrost durch Kreuz- und Querstreben, sowie durch eiserne Bänder, Bügel

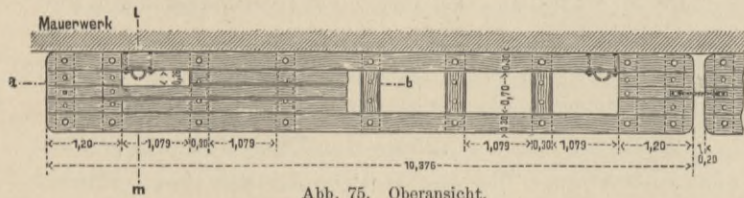


Abb. 75. Oberansicht.



Abb. 76. Längenschnitt nach a b.

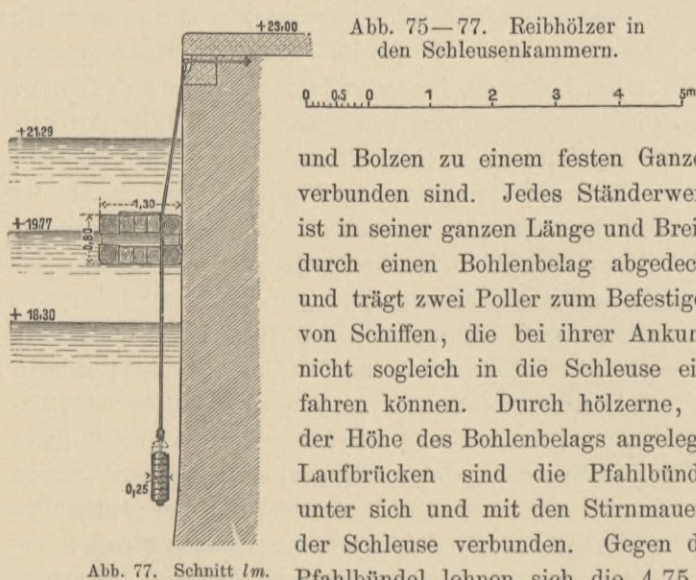


Abb. 77. Schnitt im.

und Bolzen zu einem festen Ganzen verbunden sind. Jedes Ständerwerk ist in seiner ganzen Länge und Breite durch einen Bohlenbelag abgedeckt und trägt zwei Poller zum Befestigen von Schiffen, die bei ihrer Ankunft nicht sogleich in die Schleuse einfahren können. Durch hölzerne, in der Höhe des Bohlenbelags angelegte Laufbrücken sind die Pfahlbündel unter sich und mit den Stirnmauern der Schleuse verbunden. Gegen die Pfahlbündel lehnen sich die 4,75 m breiten, aus kräftigen kiefernen Balken und Rundhölzern hergestellten Schwimmflöße derartig, daß sie mit 2,25 m Breite zwischen die Pfahlbündel eingreifen und mit 2,5 m Breite vor denselben liegen. Die Flöße sind sehr kräftig angeordnet, da sie die Stöße der Schiffe aufzunehmen und auf die Pfahlbündel zu übertragen haben. Sie heben und senken sich mit dem wechselnden Wasserstande und werden in ihrer Lage zu den Pfahlbündeln durch Ketten gehalten, die oben an den Pfahlbündeln befestigt sind, durch eine Aussparung der Flöße hindurchgehen und unterhalb derselben durch Gewichte be-

lastet sind. Aehnliche Flöße von wesentlich geringeren Abmessungen liegen an beiden Wänden jeder Schleusenöffnung. Ihre Anordnung ist aus den Text-Abb. 75 bis 77 zu ersehen. Sie haben den Zweck, das Anstoßen von Schiffen an die Schleusenmauern zu verhindern, und können für den Fall, daß die Ausnutzung der vollen Schleusenbreite einmal nothwendig werden sollte, jederzeit von ihren Festhalteketten ohne Schwierigkeit abgelöst und ausgefahren werden.

Zum Ein- und Ausholen der Schiffe, sowie zu ihrer Befestigung während des Durchschleusens sind auf den Schleusenmauern Spille und Poller aufgestellt. (S. Abb. 1 bis 5 Bl. 20 u. 21.) Die Spille sind so eingerichtet, daß sie sowohl durch Druckwasser als von der Hand bewegt werden können. Eiserne Steigeleitern, die in den Kammerwänden angebracht sind und von der Krone der Schleusenmauern bis zum Wasserspiegel hinunterführen, dienen zur Erleichterung des Verkehrs mit den in der Schleuse liegenden Schiffen.

Ausführung der Gründungs- und Maurerarbeiten. Nachdem der vorstehend beschriebene Bauentwurf in allen wesentlichen Theilen festgestellt und nur noch eine Entscheidung über die Art der Herstellung des Betonbettes vorbehalten war, wurden die Gründungs- und Maurerarbeiten im Juni 1890 öffentlich verdungen. Bei diesem Verding wurden für die Betonierungsarbeiten zwei Preise eingefordert, sowohl für den Fall der Ausführung im trockenen, als auch bei Vornahme der Schüttung unter Wasser. Mit der Ausschachtung der Baugrube, die in den Text-Abb. 78 u. 79 im Grundriß und Querschnitt dargestellt ist, war schon ein Jahr früher, im Sommer 1889 begonnen worden. Der Aushub geschah theils durch Handarbeit, theils mittels eines Trockenbaggers zunächst bis zur Tiefe von + 14,0. Dabei war der Wasserandrang ein sehr geringer. Und da die angeschnittene, aus Klei mit Sand bestehende Bodenschicht noch bis zur Tiefe von im Mittel etwa + 2,0 hinabreichte, so erschien es unter Berücksichtigung der bei den Bohrungen ermittelten Grundwasserverhältnisse unbedenklich, die Ausschachtung noch auf weitere 3 m Tiefe, bis zu + 11,0 fortzusetzen. Von dieser Sohle ab sollten dann erst die zur Umfassung des Betonbettes vorgesehenen Spundwände eingerammt werden.

Als die Tiefe von + 11,0 zum Theil hergestellt war, brachen in der Sohle der Baugrube zwei Quellen (I u. II) auf, deren Lage aus der Text-Abb. 78 ersichtlich ist. Bezüglich der Quelle I wurde festgestellt, daß sie mit einem der zur Bodenuntersuchung hergestellten Bohrlöcher zusammenfiel; ob die Quelle II und die später aufgebrochene Quelle III ebenso entstanden sind, liefs sich mit Sicherheit nicht ermitteln. Die beiden Quellen gaben zusammen soviel Wasser, daß mit einer sechspferdigen Locomobile ungefähr ein Drittel des Tages gepumpt werden mußte bei einer Förderhöhe von reichlich 10 m. Die Quelltrichter reichten bis auf die etwa in der Höhe von + 2,0 liegende Sandschicht hinab. Um den anfangs starken Sandauftrieb zu verhindern, wurde in die eine Quelle Kies geworfen. Da sich hierdurch aber die Oeffnung im Boden sichtlich erweiterte, wurde bei der zweiten Quelle Abstand davon genommen. Bei beiden wurde, nachdem sich in dem Kleiboden ein Quelltrichter gebildet hatte, der Sandauswurf unerheblich.

Im Juni 1890, als die Gründungs- und Maurerarbeiten verdungen wurden, war der Aushub bis zur Tiefe von + 11,0 beendet. Den Verdingungs-Unterlagen war ein Baubetriebsplan beigelegt, wonach in erster Linie eine trockene Gründung der Schleuse ins Auge gefaßt war und zur Gründung unter Wasser nur dann übergegangen werden sollte, wenn die erstere sich als nicht durchführbar erweisen würde. Die eigentlichen Bauarbeiten begannen mit dem Rammen der den Betonkörper umfassenden 30 cm starken Spundwände im

October 1890. Beschäftigt waren dabei drei unmittelbar wirkende Dampfmaschinen, mit denen täglich im Mittel 30 m Wand fertiggestellt wurden. Die Oberkante dieser äußeren Spundwände lag in der derzeitigen Sohlenhöhe der Baugrube, auf + 11,0. Bezüglich der inneren Spundwände, die nach dem ursprünglichen Bauplane zu schlagen waren, um die drei Schleusenmauern in getrennten Baugruben aufzuführen zu können, wurde eine Ermäßigung der Höhe auf + 9,5 in Aussicht genommen. Dazu mußte die Baugrube in den Theilen, wo die inneren Wände zu rammen waren, entsprechend vertieft werden, und mit dieser Vertiefung wurde zunächst in der Breite des Betonbetts für die Mittelmauer vorgegangen. Aber schon bald nach dem Beginn dieser Arbeit entstand in der Nähe der Quelle I, nur etwa 30 m von ihr entfernt, ein weiterer Quellenaufbruch (Quelle III in Text-Abb. 78). Dieser brachte zwar nicht mehr Wasser als die beiden ersten Quellen, kündigte sich aber dadurch als gefährlich an, daß sich hier kein fester Trichter bildete und die Ausflusstelle innerhalb eines gewissen Umkreises von Tag zu Tag wechselte. Es mußte deshalb in dem an dieser Stelle ziemlich sandigen Kleiboden eine Auflockerung des Grundes in größerem Umfange befürchtet werden.

Schon vor dem Aufbruch dieser Quelle war versucht worden, neben der zur Trockenstellung der Baugrube an der Vorhauseite hergestellten Pumpenanlage (s. Text-Abb. 78) einen

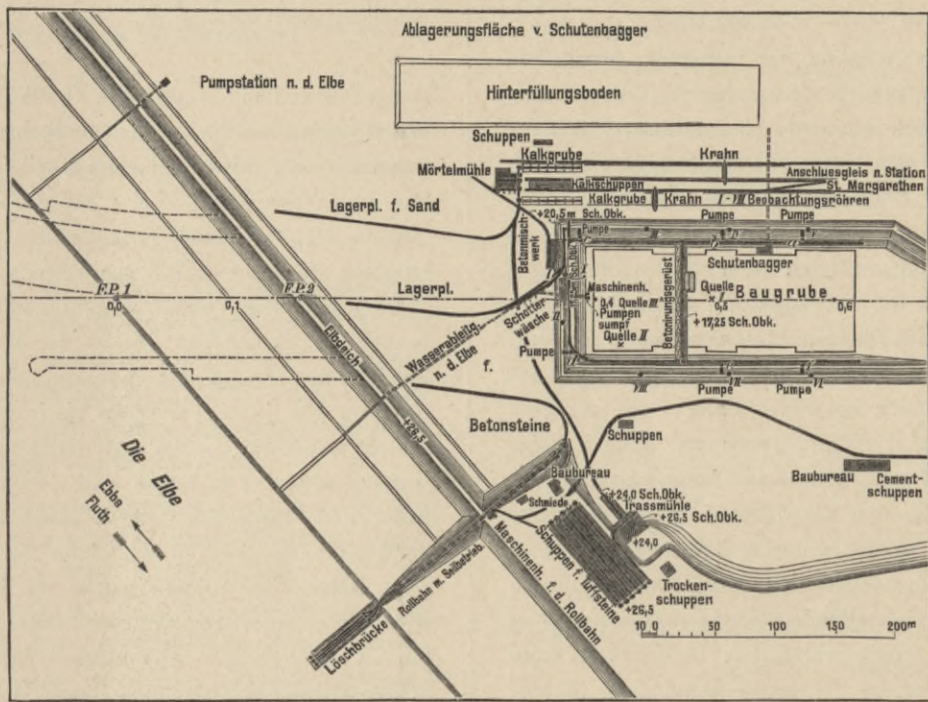


Abb. 78. Lageplan der Schleusenbaustelle während der Betonirung. Sommer 1891.

hölzernen Brunnenschacht abzuteufen und durch Abpumpen von Wasser aus der unteren Sandschicht eine Verminderung des Grundwasserdrucks herbeizuführen. Nachdem der Brunnen bis auf + 4,5 trocken ausgeschachtet war, ohne daß sich ein erheblicher Wasserandrang gezeigt hatte, wurde in demselben ein 40 cm weites eisernes Rohr bis in die untere Sandschicht eingetrieben. Beim Eintreiben des Rohres fand sich in der Tiefe von + 0 bis etwa - 1,6 die auch schon bei den Bohrungen vorgefundene sehr feste Lettenschicht, die den Aufbruch des Wassers im Rohr völlig verhinderte. Nach Durchdringung dieser Schicht stieg das Wasser mit großer Gewalt in dem Rohre auf und strömte über den auf + 12,0 liegenden oberen Rand aus. Der Ausfluß betrug anfänglich etwa

2,5 cbm in der Minute; weil aber das Wasser viel Sand führte, mußte, um eine Auflockerung des Grundes in größerem Umfange zu vermeiden, Kies und Grand eingeschüttet werden, wodurch sich der Ausfluß auf rund 1 cbm in der Minute verringerte. Von dem oberen Ende des Rohres wurde dann ein 2,5 m langes Stück abgenommen, damit das Wasser in der Höhe von + 9,5 ausfließen konnte, eine erhebliche Zunahme der Abflusmenge wurde aber

dadurch nicht herbeigeführt. Gleichzeitig mit der Herstellung des Brunnens wurden zur Beobachtung des in der unteren Sandschicht vorhandenen Wasserdruckes an den in der Text-Abb. 78 mit I bis VIII bezeichneten Stellen eiserne Röhren eingetrieben, in denen die dem jeweiligen Grundwasserdruck entsprechenden Wasserstände abgelesen werden konnten. In der Zeit vom 5. bis 9. November wurde nun das Wasser im Brunnenschacht mittels einer Kreiselpumpe fortwährend so

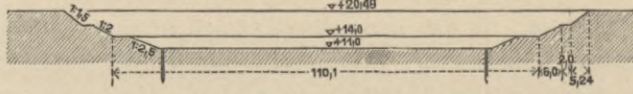


Abb. 79. Querschnitt der Schleusen-Baugrube.

tief gehalten, daß das in dem 40 cm weiten Brunnenrohr aufsteigende Wasser über den in Höhe von + 9,5 liegenden oberen Rand frei abfließen konnte. Es wurden dann in den Beobachtungsrohren und in der Elbe gleichzeitige Wasserstandsbeobachtungen vorgenommen, aus deren Ergebnissen die nebenstehenden Zahlen übersichtlich zusammengestellt worden sind.

Mittlerer Höhenunterschied also

zwischen Elbe und Rohr I: 1,31 m,
" " " " II: 1,37 m.

Es hat danach infolge der Ausströmung durch das Rohr im Pumpenschacht eine Senkung stattgefunden

im Rohr I von 0,31 m,
" " II " 0,32 m.

Eine erheblich stärkere Senkung wurde auch dadurch nicht erreicht, daß das Rohr aus dem Brunnenschacht ganz her-

Beobachtete Wasserstände

	in der Elbe			im Rohr I			im Rohr II		
	Hochwasser	Niedrigwasser	Mittel	Hochwasser	Niedrigwasser	Mittel	Hochwasser	Niedrigwasser	Mittel
Nov. 5.	21,43	18,97	20,20	18,55	17,93	18,24	18,46	17,82	18,14
" 6.	21,00	18,50	19,75	18,41	17,75	18,08	18,31	17,71	18,01
" 7.	20,54	18,12	19,33	18,28	17,59	17,94	18,17	17,55	17,86
" 8.	21,13	18,23	19,68	18,42	17,82	18,12	18,32	17,81	18,06
" 9.	20,89	18,08	19,49	18,35	17,54	17,95	18,25	17,63	17,94
Summen	104,99	91,90	98,45	92,01	88,63	90,33	91,51	88,52	90,01
Mittel	21,00	18,38	19,69	18,40	17,73	18,07	18,30	17,70	18,00

Mittlerer Höhenunterschied	zwischen Elbe und Rohr I	zwischen Elbe und Rohr II
bei Hochwasser	2,60 m	2,70 m
" Niedrigwasser	0,65 "	0,68 "
im Mittel	1,62 "	1,69 "

Am 22. October, als durch das Rohr im Pumpenschacht noch kein Wasser abfloß, wurde beobachtet:

	in der Elbe	im Rohr I	im Rohr II
Hochwasser	21,12	18,80	18,74
Niedrigwasser	18,40	18,09	18,04
Mittel	19,76	18,45	18,39

ausgezogen und der Wasserspiegel im Brunnen durch stärkeres Pumpen bis auf $+4,0$ abgesenkt wurde. Sobald dagegen das Rohr im Brunnen geschlossen und dadurch der Wasserauslauf gehindert wurde, stieg das Wasser in den zunächst gelegenen Beobachtungsröhren I und II sofort wieder auf seine frühere Höhe von im Mittel ungefähr $+18,5$ an. Auf die weiter entfernten Beobachtungsröhre III bis VIII hatte die Wasserspiegelsenkung im Brunnen, selbst wenn sie tagelang ununterbrochen fortgesetzt wurde, keinen merklichen Einfluss.

Nach diesen Versuchen und Beobachtungen wurde es als erwiesen angesehen, daß es entweder überhaupt nicht möglich oder doch nur mit sehr umfangreichen und kostspieligen Einrichtungen erreichbar sein würde, durch Abpumpen von Wasser aus größerer Tiefe eine Senkung des Grundwasserstandes, oder eine Abnahme des Druckes, unter dem die Quellen hervortraten, in dem Maße herbeizuführen, daß die Baugrube unbedenklich bis zur planmäßigen Tiefe im trockenen ausgehoben werden konnte. Daraus ergab sich dann die Nothwendigkeit, die beabsichtigte Trockengründung aufzugeben und zur Gründung unter Wasser überzugehen. Es konnte aber unter diesen Umständen auch an dem Plan, jede der drei Schleusenmauern für sich allein zu gründen und aufzuführen, nicht festgehalten werden. Denn nachdem die Versuche gezeigt hatten, daß das Abpumpen von Wasser aus der unteren Sandschicht auch bei Einrichtung einer größeren Anzahl von Brunnen und Pumpenanlagen nur eine mäßige Abschwächung des Grundwasserdrucks zur Folge haben werde, erschien es nicht zulässig, den Wasserstand in der Baugrube während der Ausbaggerung der unteren Bodenschichten und während des Betonirens erheblich unter der Höhe des in den Beobachtungsröhren sich darstellenden Grundwasserstandes zu halten. Nur bei einem wenig unter dem Grundwasserstand liegenden Wasserspiegel in der Baugrube konnte mit Sicherheit darauf gerechnet werden, daß weitere Quellbildungen in der Sohle und Auswaschungen des Betons vermieden werden würden. Bei einem so hohen Wasserstande war es, wenn nicht unmöglich, so doch gewiß sehr schwierig und kostspielig, die zur Einfassung getrennter Baugruben erforderlichen Spundwände haltbar herzustellen; diese Wände und die zu ihrer Versteifung erforderlichen Querverbindungen würden außerdem sowohl den Erdaushub, wie die Betonirungs- und Maurerarbeiten in hohem Grade erschwert haben. Um allen diesen Schwierigkeiten zu entgehen, wurde auf die Durchführung des ursprünglichen Arbeitsplanes verzichtet und dazu übergegangen, für das ganze Bauwerk ein gemeinschaftliches Betonbett herzustellen. — Die Stärke des Betonbettes wurde bei dieser Art der Ausführung erheblich größer, als nach dem früheren Bauplan, im Durchschnitt zu rund $4,20$ m angenommen; einestheils, weil nicht darauf gerechnet werden konnte, daß der in einer Wassertiefe von 8 bis 12 m geschüttete Beton hinsichtlich seiner Güte einem im trockenen oder bei geringer Wassertiefe eingebrachten Beton völlig gleichkommen werde, andernteils um die in ganzer Breite der Schleuse durchgehende Betonplatte geeigneter zu machen, die aus der ungleichen Belastung durch die Schleusenmauern und der Nachgiebigkeit des Baugrundes entstehenden Spannungen aufzunehmen.

Gleich nachdem die Gründung bei hohem Wasserstande beschlossen war — Anfang December 1890 —, wurden die dazu nöthigen Vorbereitungen schleunigst in Angriff genommen. Zunächst galt es, die für das Betonbett bereits hergestellten Umfassungs-Spundwände gegen den Erddruck zu sichern, den sie nach vollständiger Ausbaggerung der Baugrube so lange aushalten mußten, bis sie durch den Gegendruck des eingeschütteten Betons entlastet wurden. Zu diesem Zwecke

wurden in Abständen von 3 m die in der Text-Abb. 80 dargestellten Anker eingebracht. Sie bestanden aus 40 mm starken Rundeisenstangen, die von 12 m langen und 35 cm starken Bockpfählen gehalten wurden. Die Eisenstangen hatten an einem Ende ein verstärktes Schraubengewinde mit Mutter, an dem anderen gestauchte Köpfe, die nebst der Unterlagscheibe in die Spundwand eingelassen wurden, um ein Untergreifen der Baggererimer zu vermeiden. Aus

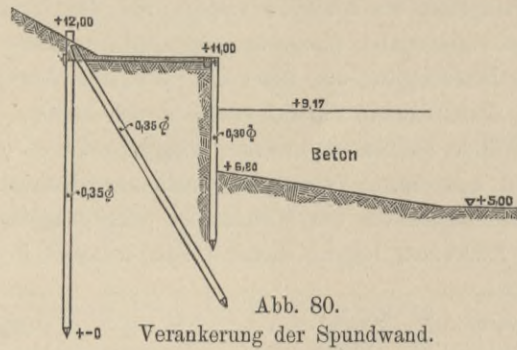


Abb. 80.
Verankerung der Spundwand.

demselben Grunde wurde das Gurtholz an der Rückseite der Wand angeordnet und jede Spundbohle mit diesem durch einen Schraubbolzen mit halbrundem Kopf verbolzt. Ferner wurden, um den Wasserstand in der Baugrube jederzeit in ungefähr gleicher Höhe mit dem Grundwasserstande halten und diesen letzteren vielleicht noch etwas weiter, als durch Abpumpen von Wasser aus dem Versuchsbrunnen möglich gewesen war, absenken zu können, an den in der Text-Abb. 78 mit a bis f bezeichneten Stellen um die Baugrube sechs eiserne Röhrenbrunnen von je 50 cm Weite bis in die wasserführende Sandschicht abgesenkt. Jedes Rohr hatte zum Einlassen des Grundwassers einen 3 m hohen von $-9,0$ bis $-6,0$ reichenden Filter und wurde am unteren Ende, um das Eintreiben von Sand zu verhindern, durch einen Betonpfropfen verschlossen. Zum Heben des Wassers wurde für jedes Rohr eine 210 mm weite, von einer 16 pferdigen Locomobile betriebene Kreiselpumpe aufgestellt. Abgeführt wurde das Wasser in die Schleusenbaugrube und aus dieser durch drei Kreiselpumpen von 260 mm Weite, die durch eine 30 - und eine 75 pferdige Maschine getrieben wurden, nach Bedarf weiter gefördert. Sämtliche Wasserhaltungs-Anlagen wurden bis zum April 1891 vollendet; sie hatten aber für die Senkung des Grundwasserstandes wenig Erfolg, weil die Filter sich durch den feinen Sand verstopften und nur geringe Wassermassen durchließen. Die geförderte Wassermenge wurde auch, wie durch Versuche festgestellt wurde, nicht größer, wenn die Brunnenrohre unten offen blieben. Es mußte dann, um starken Sandauftrieb zu verhüten, Kies eingeschüttet werden, und dadurch wurde dann der Wasserzufluß wieder sehr vermindert. Ebenso wenig wurde damit erreicht, daß neben die bis auf $-9,0$ abgesenkten Röhre noch solche ohne Filter nur bis zur Tiefe von im Mittel $-3,0$ eingetrieben wurden. Obgleich sämtliche Brunnen seit April 1891 in Betrieb waren, wurde damit eine weitere Absenkung des Grundwasserstandes, als bei den im Herbst 1890 angestellten Versuchen nicht erreicht. Und es mag hier gleich noch erwähnt werden, daß auch durch zwei größere gemauerte Brunnen, die noch im Laufe des Sommers 1891 — der eine im alten Schürfloch im Binnenhafen, der andere jenseits der Baugrube im Vorhafen — abgesenkt wurden, ein nennenswerther Erfolg nicht erzielt werden konnte.

Als unter diesen Umständen mit der Ausbaggerung der Baugrube bis zur planmäßigen Tiefe vorgegangen werden mußte, entstand die Frage, ob es nöthig sein werde, den Wasserstand der Baugrube während der Baggerarbeiten in völlig gleicher Höhe mit dem in den Beobachtungsröhren erkennbaren Grundwasserstande, auf rd. $+18,5$ zu halten. Bei diesem Wasserstande mußte der zu verwendende Bagger eine Greiftiefe von $13,5$ m haben, ein so tiefgreifender Bagger stand aber nicht zur Verfügung und war auch, weil er eigens für den Zweck gebaut werden mußte, in kurzer Zeit nicht

zu beschaffen. Deshalb war eine etwas geringere Höhe des Wasserspiegels in der Baugrube wünschenswerth. Die hierüber angestellten näheren Erwägungen führten dahin, daß die planmäßige Vertiefung bis auf +5,0 bei einem Wasserspiegel in Höhe von +16,0 noch unbedenklich vorgenommen werden könne. Dies ergibt sich aus der Thatsache, daß die Baugrube bis zur Tiefe von +11,0 trocken ausgeschachtet worden war, ohne daß sich, abgesehen von den früher erwähnten Quellen, irgendwelche Bodenaufbrüche gezeigt hatten. Das Gewicht des über der wasserführenden Sandschicht liegenden Kleibodens hatte hiernach ausgereicht, dem Auftrieb des Grundwassers das Gleichgewicht zu halten. Die Dicke dieser Kleibodenschicht hatte bei der Sohlentiefe von +11,0 rund 9 m, die dem Grundwasserauftrieb entgegenwirkende Belastung also, bei Annahme eines specifischen Gewichts des Kleibodens von 1,7

$$9 \cdot 1,7 = 15,3 \text{ t/qm}$$

betragen. Nach der Ausbaggerung bis auf +5,0 und bei einem Wasserstande in der Baugrube von +16,0 betrug dagegen die Belastung

$$3 \cdot 1,7 + 11 \cdot 1,0 = 16 \text{ t/qm},$$

also noch 0,8 t/qm mehr, als während und nach Beendigung der Trockenausschachtung. Wie hiernach nicht anders zu erwarten war, wurde noch, nachdem ein Theil der Baugrube bis zur vollen Tiefe ausgehoben war, durch einen Taucher festgestellt, daß keinerlei neue Quellen entstanden und sogar die früheren Quellaufbrüche versandet waren.

Für die Ausführung der Baggerarbeiten wurde ein Eimerbagger verwandt, der vom Elbufer aus auf einem eigens dazu hergerichteten Helling über den Elbdeich in die Baugrube geschafft wurde. Durch einen Elevator, der an der einen Langseite der Baugrube aufgestellt war, wurde der Boden aus den Baggerprähen bis +25,4 gehoben und dann unter Wasserzusatz auf die in der Nähe der Baugrube zur Verfügung stehenden Ablagerungsflächen gespült. Das am äußersten Ende der Ablagerungsfläche sich sammelnde noch ziemlich schlickhaltige Wasser wurde durch eine dort aufgestellte Kreiselpumpe über den Deich in die Elbe abgeführt. Während der Ausbaggerung der Baugrube wurden die umfangreichen Betonierungsarbeiten derart vorbereitet, daß sie unter Innehaltung des Arbeitsplanes noch vor Eintritt des Winters 1891/92 vollständig ausgeführt werden konnten.

Zum Löschen der Baumaterialien, bei deren Anfuhr man vorzugsweise auf den Wasserweg angewiesen war, hatte die Bauverwaltung schon im Sommer 1889 eine Ladebrücke gebaut, und unter Benutzung dieser Brücke war auch ein Theil der zur Herstellung des Betons erforderlichen Materialien in den Jahren 1889 und 1890 bereits angeliefert worden. Die Brücke lag am Elbufer in unmittelbarer Nähe der Baustelle (s. Text-Abb. 78), sie wurde mit drei Dampfkränen ausgerüstet und mit einer Rollbahn verbunden, auf der die gelöschten Materialien auf die an der Baugrube vorhandenen Lagerplätze gefördert werden konnten. Von dem Bauunternehmer Vering wurde außerdem noch eine mit vier Handkränen ausgerüstete Ladebrücke im alten Brunsbütteler Hafen angelegt und mit der Baustelle durch ein rund 2 km langes Fördergleis verbunden.

Da das Mahlen der Tuffsteine zu Trafs vorschriftsmäßig auf der Baustelle zu bewirken war, wurde in der Nähe der über den Elbdeich führenden Rollbahn (s. Text-Abb. 78) eine Trafmühle errichtet, bestehend aus einem Steinbrecher und vier von der Firma Löhnert in Bromberg bezogenen Kugelmühlen. Jede dieser Mühlen hatte 2 m Durchmesser, war 1 m breit und erforderte zum Betriebe 12 Pferdekräfte. Die vier Mühlen lieferten in 24 Stunden durchschnittlich 130 cbm

Trafsmehl von völlig hinreichender Feinheit. Die vorgenommenen Siebversuche ergaben im Durchschnitt

beim 60 Maschen-Sieb einen Rückstand von 0,4 v. H.	
„ 600 „ „ „ „ „	28,4 „ „
„ 900 „ „ „ „ „	37,0 „ „
„ 4900 „ „ „ „ „	51,0 „ „

Ein Hauptvorzug der Kugelmühlen ist die fast gänzliche Vermeidung des Staubes, der bei den alten Kollergängen nicht nur für die Arbeiter unangenehm und gesundheitsschädlich ist, sondern auch einen nicht unerheblichen Stoffverlust verursacht. Unbedingt erforderlich ist es aber, daß die Tuffsteine vor dem Vermahlen gut ausgetrocknet sind, weil sonst die Siebe sich sogleich verstopfen. Bei dem feuchten Klima an der Unterelbe war es daher geboten, die Steine in einem Holzschuppen abzulagern.

In der Nähe der Kalkgruben und der Sandlagerplätze war ein Mörtelwerk angelegt (s. Text-Abb. 78). Es bestand aus zwei Schlickeisenschen Apparaten, die durch eine 25pferdige Maschine betrieben wurden. Die Mischwerke lagen in einer kellerartigen Vertiefung unter dem Gelände, sodafs die Zufuhrgleise ohne Steigung herangeführt und die Materialien bequem in die zum Mörtelwerk führenden Trichter hinabgeworfen werden konnten. Der fertige Mörtel wurde durch zwei Becherwerke wieder gehoben und gelangte durch Schüttrinnen in die Muldenkipper, durch die er zur Beton-Mischanlage ab-

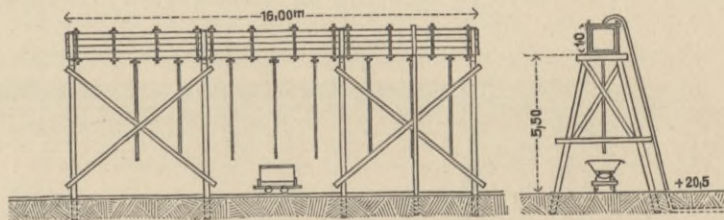


Abb. 81. Schotterwäsche.

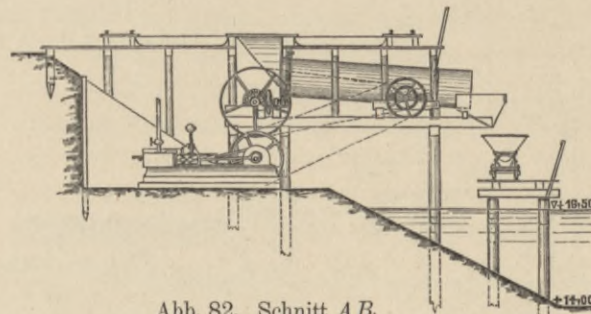


Abb. 82. Schnitt AB.

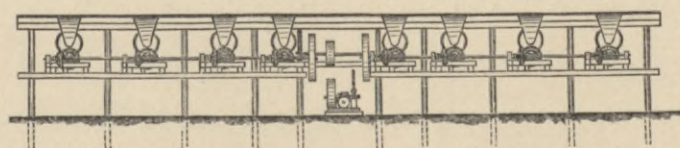


Abb. 83. Schnitt CD.

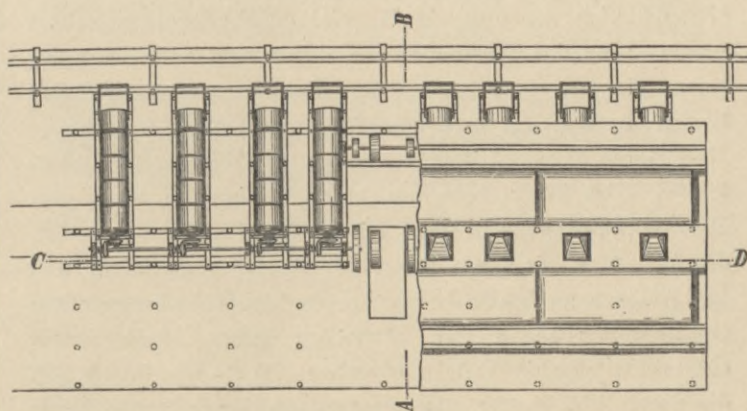


Abb. 84. Grundriß.

Abb. 82—84. Betonmischanlage.

gefahren wurde. Die vorschriftsmäßige Abmessung der Materialien, aus denen der Mörtel zusammengesetzt wurde, erfolgte durch die in entsprechender Größe hergerichteten Zufuhrwagen. Aus diesen wurden die einzelnen Stoffe schaufelweise in die Mischwerke hinabgeworfen.

Der Betonschotter war zwischen der Baugrube und dem Elbdeich gelagert. Er wurde unter Verwendung des aus der Baugrube gepumpten Wassers sorgfältig gewaschen. Das Wasser wurde in einen 5,5 m über dem Erdboden liegenden Behälter (s. Text-Abb. 81) geleitet, an dem acht Schläuche angebracht waren. Der Schotter wurde in Muldenkippern, die siebartige Böden hatten, unter den Wasserbehälter gefahren und hier dem vermittelst der Schläuche zugeführt, unter 5 m Druck stehenden Wasserstrahl so lange ausgesetzt, bis das Wasser aus den Böden der Förderwagen klar abfloß.

dem Quergestüt bei den Betontrömmeln und den zwischen beiden liegenden Theilen der Langseiten-Gerüste ein geschlossenes Rechteck bildete. An dieser Schwimmbrücke entlang wurde das ebenfalls schwimmende eigentliche Versenkungsgerüst quer über die Baugrube hin- und hergeführt. Mit Hilfe der beiden Bewegungsvorrichtungen konnte jeder Punkt der Baugrube mit dem Versenkgerüst bequem erreicht und die Schüttung des Betons mit der größten Genauigkeit und Regelmäßigkeit bewerkstelligt werden. Das in den Text-Abb. 85 und 87 dargestellte Versenkgerüst enthielt acht Schüttkasten von je 1 cbm Inhalt. Jeder Kasten hing an einem Drahtseil, das über einer Rolle nach einer Winde führte, hier einige Mal um die Trommel geschlagen war und dann über eine zweite Rolle laufend ein an der Rückseite des Gerüsts aufgehängtes Gegengewicht trug. Dieses Gegen-

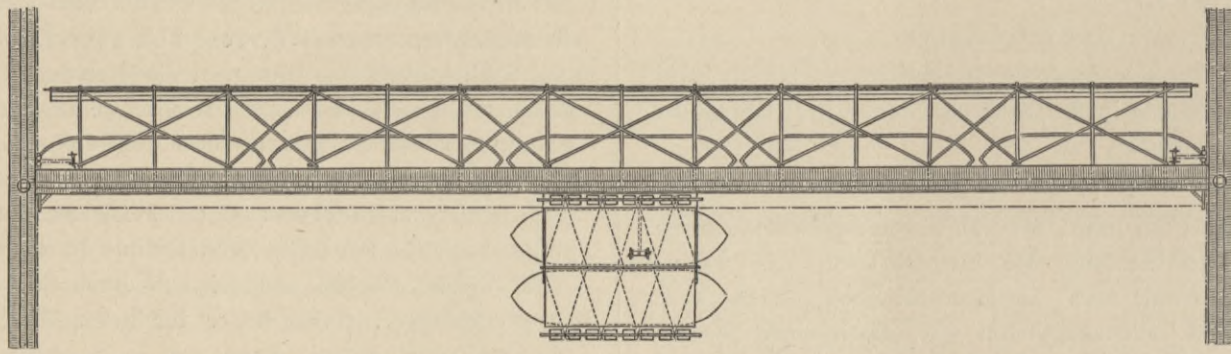


Abb. 85. Grundriss der Schwimmbrücke, der anschließenden festen Förderbrücken und des Versenkgerüsts.

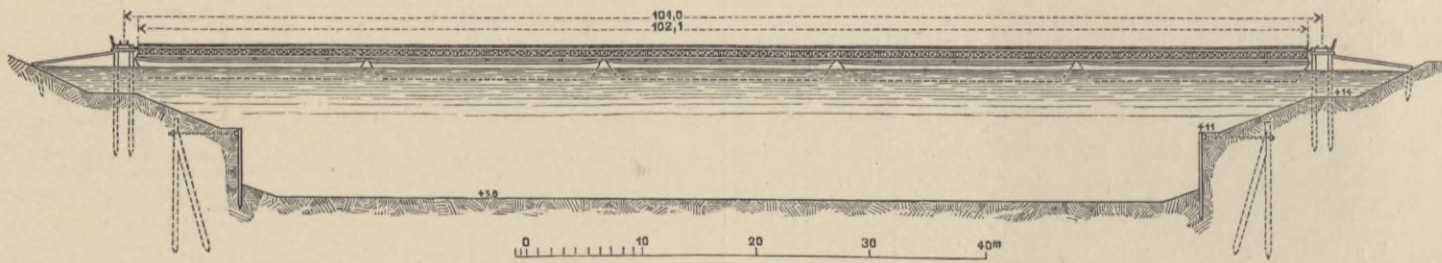


Abb. 86. Querschnitt durch die Baugrube und Ansicht der Schwimmbrücke.

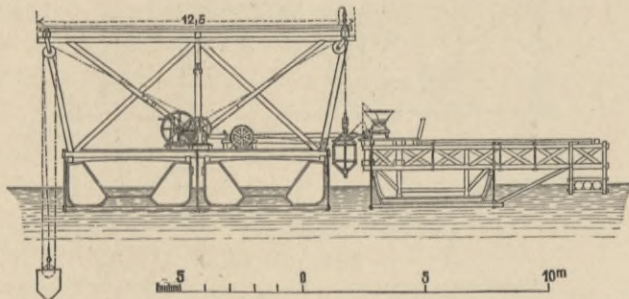


Abb. 87. Querschnitt durch Versenkgerüst und Schwimmbrücke.

Abb. 85—87. Betonversenkungsanlage.

Die Beton-Mischanlage ist in den Text-Abb. 82 bis 84 dargestellt. Der fertige Mörtel und der gewaschene Schotter wurden von einer bei den Mischtrömmeln angelegten Bühne aus nach dem vorgeschriebenen Mischungsverhältnis in Trichter eingeschaufelt, durch die das Material den Trömmeln zugeführt wurde. Aus den Trömmeln, von denen acht neben einander lagen, die von einer 25 pferdigen Maschine gemeinschaftlich bewegt wurden, gelangte die fertige Mischung in die zur Weiterförderung nach dem Versenkgerüst bestimmten Muldenkipper. Das hierzu benutzte Abfuhrgleis lag 3 m unter dem Material-Zufuhrgleis in Höhe von + 17,25 auf einem Gerüst, das sich über die ganze Breite der Baugrube ausdehnte und mit gleichen an beiden Langseiten der Baugrube hergestellten Gerüsten verbunden war. Zwischen diesen letzteren war eine schwimmende Brücke eingebaut (Text-Abb. 85 bis 87), die durch Winden über die ganze Länge der Baugrube derart fortbewegt werden konnte, daß sie immer genau rechtwinklig zur Längsachse der Baugrube lag und in jeder Lage mit

gewicht war leichter als der gefüllte Betonkasten und wurde beim Absenken des Kastens in die Höhe gezogen; es war dagegen schwerer als der entleerte Betonkasten und konnte daher diesen durch sein Eigengewicht wieder heraufziehen. Die Winde diente nur dazu, die Bewegung in der einen oder anderen Richtung zu regeln, was von einem Arbeiter bequem bewerkstelligt werden konnte. Die Bewegung der Kippwagen, in denen der Beton von den Mischtrömmeln nach dem Versenkgerüst gefördert wurde, erfolgte stets in einer und derselben Richtung. Jeder Wagen enthielt 0,5 cbm, sodafs immer zwei Wagen zur Füllung eines Schüttkastens erforderlich waren. Die vorbeschriebenen Einrichtungen wurden von dem Bauunternehmer H. Vering nach eigenen Entwürfen ausgeführt. Sie erwiesen sich als durchaus und in jeder Beziehung zweckentsprechend. Der Betrieb dauerte vom 8. August bis zum 3. December, und während dieser Zeit wurden in 185 zehnstündigen Arbeitsschichten rund 67000 cbm Beton versenkt, also in jeder Schicht durchschnittlich 360 cbm. Die größte Tagesleistung betrug (bei 20 stündiger Arbeitszeit) rund 1000 cbm. Der Beton bestand aus einer Mischung von neun Raumtheilen Schotter und sechs Raumtheilen Traßmörtel. Der Mörtel war aus einem Raumtheil Traß, $\frac{2}{3}$ Raumtheilen Kalk und einem Raumtheil Sand zusammengesetzt. Die Schüttung des Betons erfolgte mit ungefähr 1:4 geneigter vorderer Böschung derart, daß überall gleich die volle planmäßige Höhe hergestellt wurde. An den Stellen, wo die Tunnel durchgeführt werden sollten, wurden in einer dem Tunnel-Querschnitt entsprechenden Breite und Tiefe Rinnen ausgespart. Während der Schüttung wurde der Wasserstand in der Baugrube in

der Höhe von $+ 16,5$ gehalten, um $0,5$ m höher, als während der Baggerarbeiten. Ihn bis zur vollen Höhe des in den Beobachtungsröhren angezeigten Grundwasserstandes ansteigen zu lassen, war ohne eine wesentliche Erschwerung der Betonierungsarbeiten nicht thunlich und, nachdem festgestellt war, daß während der Baggerarbeiten nirgends neue Quellbildungen hervorgetreten waren, auch nicht notwendig. Die drei Quelltrichter, die schon während des Trockenausbaus entstanden waren, wurden vor dem Beginn der Schüttung durch einen Taucher bis zur Sohle der Baugrube mit Grand verfüllt. In den Grand wurde dann ein 20 cm weites, mit einem Filter versehenes Brunnenrohr eingerammt, durch welches das während der Betonschüttung etwa noch aufsteigende Quellwasser unschädlich abfließen konnte (s. Text-Abb. 88). Eine Blechtafel von 2 m Seitenlänge, die in der

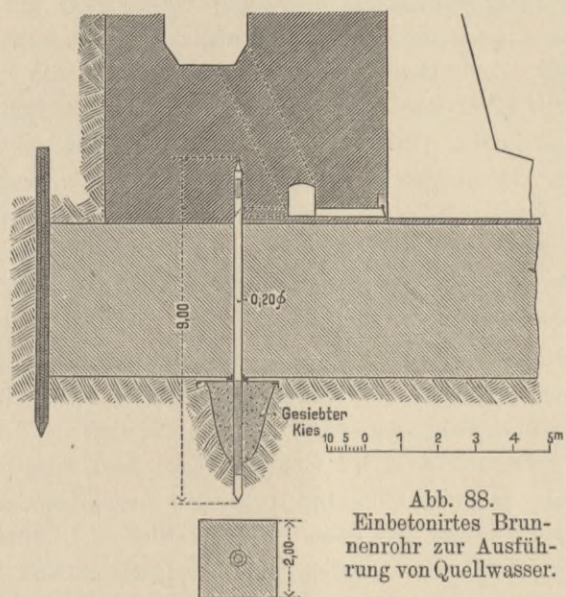


Abb. 88.
Einbetonirtes Brunnenrohr zur Ausführung von Quellwasser.

Höhe der Baugrubensohle um das Rohr gelegt und dicht mit ihm vernietet wurde, hatte die Bestimmung, einestheils das Empordringen von Wasseradern im Beton am Umfange des Rohrs zu verhindern und andertheils das Rohr während des Einbetonirens gegen Umfallen zu schützen. Um während der Schüttung das Hineinfallen von Beton zu verhüten, war das Rohr oben mit einem Holzpfropfen verschlossen, es hatte aber gleich unter dem Pfropfen eine Anzahl seitlicher Löcher, durch die das etwa aufsteigende Quellwasser austreten konnte. Nach Vollendung der Gründungsarbeiten sollte das unter der einen Seitenmauer der Schleuse befindliche Rohr (Quelle II) durch ein aufgesetztes Kniestück in ein Zuleitungsrohr für die Spülung der Thorkammerböden geführt werden, um so jederzeit unschädlich abfließen zu können. Bei den Quellen I und III unter der Mittelmauer war eine ähnliche Verbindung mit den aus den Umläufen abzweigenden Stichcanälen vorgesehen.

Es wurde auch die Möglichkeit ins Auge gefaßt, daß das Grundwasser von den vorhandenen Quellen aus die Bodenschicht unmittelbar unter dem Betonbett in größerer Ausdehnung durchdringen und so das Betonbett nach Trockenlegung der Baugrube unter starken Auftrieb setzen könnte. Um für solchen — bei der Bodenbeschaffenheit allerdings wenig wahrscheinlichen — Fall einem Aufbrechen des Betons entgegenzuwirken, wurde in der Achse jeder der beiden Schleusenöffnungen und in gleichen Abständen acht Löcher von je 20 cm Weite durch den Beton gebohrt; gleichsam als Sicherheitsventile, durch die das Wasser bei starkem Ueberdruck austreten konnte und deshalb vorkommendenfalls eine Verminderung des Auftriebs herbeigeführt werden mußte. Die Bohrung der Löcher wurde bei dem Wasserstande von $+ 16,5$ von Flößen aus bewerkstelligt. Um bei starkem Wasserausfluß ein Mitreißen von Sand aus den

unteren Bodenschichten zu verhindern, wurden die Löcher gleich nach ihrer Herstellung durch einen Taucher mit Kies verfüllt.

Am 21. Februar 1892, nachdem der zuletzt geschüttete Beton fast drei Monate Zeit gehabt hatte zu erhärten, wurde mit dem Auspumpen des Wassers aus der Baugrube behufs Trockenlegung des Betonbetts begonnen; die Arbeit wurde, um Rutschungen in den Böschungen zu vermeiden, langsam betrieben und erst bis Ende März vollendet. Die Oberfläche des Betonbetts lag im großen und ganzen durchaus in der planmäßigen Höhe, zeigte aber überall kleine Erhöhungen, die ungefähr in der Größe und Form von Maulwurfshügeln reihenweise neben einander lagen, wie dies nach der Art der Schüttung nicht anders erwartet werden konnte. Diese kleinen Unebenheiten machten die Reinigung der Oberfläche von dem darauf lagernden Schlamm recht schwierig und kostspielig; später, nachdem die Reinigung beschafft war, wurden sie mit Cementbeton abgeglichen. Nach der Freilegung des Betons zeigten sich Undichtigkeiten und Quellen zunächst nur da, wo früher die Quellaufbrüche in der Sohle der Baugrube gewesen und eiserne Rohre eingesetzt waren. Diese Quellen brachten jedoch im allgemeinen wenig Wasser. Nur an einer Stelle, in der Nähe des alten Sohlaufbruches II, war der Ausfluß etwas stärker, und es war damit auch ein geringer Sandauswurf verbunden. Aus den in das Betonbett eingepfosten Löchern floß nirgends, aus den eingesetzten Röhren nur bei den Quellen I und II Wasser aus, aus dem ersteren wenig, aus dem zweiten etwas mehr. Ueberall, wo Wasser austrat, konnten in der Regel auch Gasausströmungen bemerkt werden.

Die Bewältigung dieser Quellen machte nirgends Schwierigkeiten. Die austretenden geringen Wassermengen konnten bei der Uebermauerung überall leicht in kleinen Abflusrröhren gefaßt und unschädlich abgeleitet werden. Mancherlei Schwierigkeiten erwachsen dagegen aus einer Quelle, die erst acht Tage nach beschaffter Trockenlegung des Betonbetts, am 29. März, in einer Ecke der Spundwand hinter der westlichen Mauer des Sperrthorhauptes aufbrach (s. Text-Abb. 89). Die Entstehung dieser Quelle ist nur durch die Annahme zu erklären, daß die wasserführende Sandschicht hier stellenweise so hoch liegt, daß die Spundpfähle die

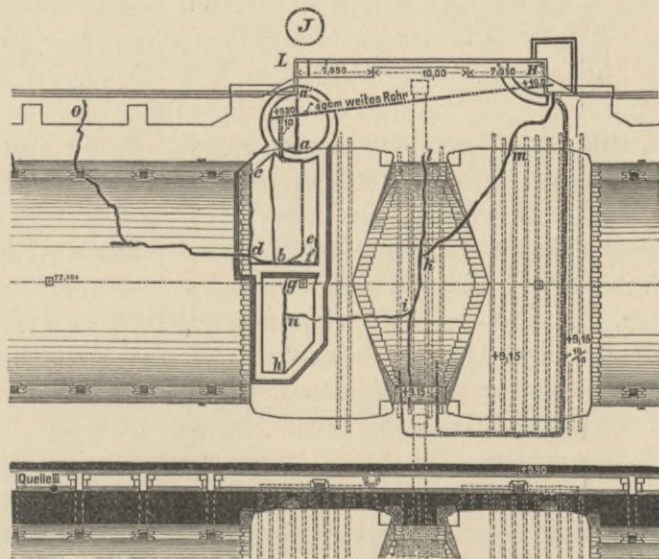
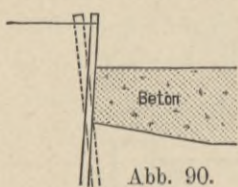


Abb. 89. Grundriß des Sperrthorhauptes mit Angabe der durch den Quellaufbruch herbeigeführten Risse im Beton.

Kleischicht vollständig durchdrungen haben und bis in die Sandschicht hinabreichen. An die Möglichkeit, daß an der Spundwand Quellen entstehen könnten, war schon bei der Bearbeitung des Bauentwurfs gedacht worden. In dem Entwurf lag die Unterkante der Spundwand anfänglich auf $+ 2,0$; sie wurde aber mit Rücksicht darauf, daß die

wasserführende Sandschicht nach den Bohrungen stellenweise schon in der Tiefe von + 2,6 angetroffen war, auf + 3,5 festgestellt, zu dem ausgesprochenen Zweck, um die aus der vollständigen Durchdringung der Kleischicht in Beziehung auf Quellbildungen entstehenden Gefahren thunlichst zu vermeiden. Alle Wahrscheinlichkeit spricht dafür, daß an der Stelle, wo die Quelle zum Aufbruch kam, dieser Zweck infolge einer Verwerfung der Sandschicht nicht erreicht worden, das unter hohem Druck stehende Grundwasser daher nach und nach an der Pfahlwand aufgestiegen und zum Durchbruch gekommen ist. Als die Quelle bemerkt wurde, strömte das Wasser gleich mit großer Gewalt aus und führte sehr beträchtliche Sandmengen mit sich. Um den Sand zurückzuhalten, wurde über der Ausflusstelle schleunigst ein großer Kieshaufen aufgebracht und damit die weitere Sandauftriebung wenn nicht ganz verhindert, so doch wesentlich abgeschwächt. Trotzdem zeigten sich in der Nähe der Quelle sehr bald Zerklüftungen des Betonbettes, die offenbar in einer durch den Sandauftrieb herbeigeführten Lockerung des Untergrundes ihre Ursache hatten und die wiederum neue Quellen und Austreibungen von Sand mit sich brachten. Die unschädliche Ableitung dieser Quellen, wie die Beseitigung der durch sie entstandenen Schäden erforderten viel Sorgfalt und eine Reihe von schwierigen und kostspieligen Arbeiten, die hier gleich im Zusammenhang kurz geschildert werden sollen.

Die infolge des Quellaufbruchs bei *H* (s. Text-Abb. 89) eingetretenen Risse ließen darauf schließen, daß sich unter der Betonsohle nicht etwa ein gewöhnlicher Quelltrichter gebildet hatte, sondern daß der in den unteren Bodenschichten vorhandene feine Sand sich aus größerer Entfernung nach der Quelle hingezogen hatte und dadurch in größerem Umfange eine Verschlechterung des Baugrundes eingetreten war. Beweis dafür waren einmal die vielen Risse im Betonbett, die nach und nach hier entstanden, und sodann auch die im Juni 1892 hervorgetretene Erscheinung, daß die Spundwand von *L* bis *H* in ihrer ganzen Länge derartig verdrückt wurde, wie in der Text-Abb. 90 angedeutet ist. Endlich deutet



noch ein am 25. Juni erfolgter trichterförmiger Erdrutsch bei *J* (Text-Abb. 89) darauf hin, zu dessen Ausfüllung nach und nach 70 cbm Sand eingebracht werden mußten. Daß dieser Erdrutsch mit den Quellen in Verbindung stand, ging mit voller Sicherheit daraus hervor, daß der Wasserabfluß vorübergehend, offenbar durch die Bodenverschiebungen verstopft, sehr nachließ und erst nach und nach wieder in der früheren Stärke auftrat. Die nächste sichtbare Folge der Quelle war der Riß *a a*₁ im Betonbett (Text-Abb. 89), gerade unter der aufzuführenden Mauer. Derselbe erweiterte sich rasch und ließ so große Wasser- und Sandmengen ausströmen, daß er schleunigst mit einem großen Kieshaufen überdeckt werden mußte, um den Sandauftrieb zurückzuhalten. Zur Bewältigung der Quellen wurde zunächst bei *H* hinter der Spundwand, die den Beton umschließt, ein mit Spundwänden eingefasster Pumpensumpf hergestellt, der bis zum 26. Mai 1892 vollendet wurde. Um Sandauftrieben zu vermeiden, wurde seine Sohle ausbetonirt. In die das Betonbett der Schleuse umschließende Spundwand wurde sodann ein Loch gehauen, sodaß das bei *H* austretende Quellwasser in den Pumpensumpf abfließen konnte und von der eigentlichen Baugrube abgehalten wurde. Sodann wurde die Quelle, wie die Text-Abb. 89 zeigt, in Bogenform ummauert, um in dem so hergestellten Schacht zwischen der Mauer und der Spundwand das Wasser so hoch ansteigen zu lassen, daß der Auftrieb

von Sand aufhörte. Die Spundwand mußte hierzu um 3 m, bis auf + 14,0 erhöht werden; durch starke eiserne Bänder wurde die aufgesetzte Wand mit dem gemauerten Brunnen theil verbunden. Gleichzeitig — Mitte Juni — wurde der Riß *a a*₁ durch einen kreisförmigen Brunnen ummauert. Das Wasser stieg hierin nur bis zur Höhe von + 12,25 an, weil es durch außerhalb des Brunnens befindliche Risse noch seitlich entweichen konnte, und fiel bei Niedrigwasser in der Elbe um ungefähr 0,30 m. Der Riß wurde dann von einem Taucher durch Einbringen von Cementmörtel gedichtet. Vorher wurden vier eiserne Röhren von 10 cm Durchmesser eingesetzt, um den Wasserabfluß nicht ganz zu versperren und den Wasserdruck auf das Betonbett und namentlich auf die eingebrachte Dichtung nicht unnötig zu erhöhen. Als der Brunnen trocken gelegt war, zeigte sich die Dichtung vollkommen gelungen; Wasser floß nur noch aus den eingesetzten Röhren, in reichlicher Menge zwar, aber sandfrei. Zur Ableitung dieses Wassers wurde das in dem Grundriß (Text-Abb. 89) angedeutete 40 cm weite Rohr verlegt und in den Pumpenschacht hinter der Spundwand eingeführt. In gleicher Weise wurde der über der ursprünglichen Quelle bei *H* hergestellte Brunnen, nachdem der Wasserstand in ihm in Höhe von + 13,0 zur Ruhe gekommen und der Abfluß nach dem Pumpenschacht vorübergehend abgeschlossen war, durch den Taucher gereinigt und nach Einsetzung eines Abflußrohres gedichtet.

Schon bei der Bewältigung der Quelle innerhalb des kreisförmigen Brunnens stellte sich heraus, daß der Riß im Beton zuerst von *a* nach *b* sich verlängerte, und bald darauf, im Juni und Juli 1892, trat er in all den Abzweigungen hervor, die in der Text-Abb. 89 angedeutet sind. Ihre Entstehung ist offenbar lediglich auf den Quellaufbruch bei *H* zurückzuführen. Die Verdrückung der Spundwandstrecke *HL*, die Bodensenkung bei *J* und der zuerst in der Nähe von *L* und *J* entstandene Riß *a'a* lassen darauf schließen, daß die Quelle bei *H* ihren Hauptzufluß von *L* aus hatte und daß durch diesen Grundwasserzufluß nicht nur der Boden am Fuß der Spundwand, sondern auch in der Richtung *Lab* aufgelockert worden war. So erklärt sich die im Betonbett eingetretene Senkung, die sich zuerst und am meisten durch die Risse in der Richtung *ab* bemerkbar machte und an der einen Seite bis an die Quelle *H*, an der anderen Seite bis *O* ausdehnte. Von dem durch die Mitte der Senkung gehenden Hauptriß wurde zuerst die Strecke *ab* und später auch die weitere Fortsetzung *gh* in ähnlicher Weise mit Brunnen schächten ummauert und sodann abgedichtet, wie dies bei dem Riß *a'a* schon vorher mit Erfolg geschehen war. Aus den übrigen Rissen trat nur an einzelnen Stellen Wasser hervor und auch hier meist nicht in dem Maße, daß zur Abdichtung und Ableitung ähnliche Maßnahmen, wie bei dem gedachten Hauptriß erforderlich wurden. Bezüglich des Risses *ikl*, der gerade in der Richtung des zwischen den Maschinenkammern der Sperrthore herzustellenden Tunnels lag, ist nur noch zu bemerken, daß er für die Ausführung des Tunnels auf dieser Strecke erhebliche Schwierigkeiten befürchten ließ, und daß deshalb beschlossen wurde, den gemauerten Tunnel hier durch ein eisernes Rohr zu ersetzen. Die Weite dieses Rohres wurde auf das für die Durchführung der Wasserdruckrohre noch genügende Maß von 60 cm festgesetzt. In den beiden letzten Baujahren 1893 und 94 brachen die Risse infolge der durch die Aufführung der Schleusenmauern herbeigeführten Spannungen und Setzungen zum Theil wieder auf, und wenn auch diese Aufbrüche weniger erheblich waren, als im ersten Baujahr, so zwangen sie doch dazu, daß noch wiederholt Abdichtungsarbeiten in der vorbeschriebenen Art vorgenommen werden mußten.

Das Einbauen des eisernen Tunnelrohrs und die Herstellung des Dremel-Mauerwerks konnte im Herbst 1893 ohne Schwierigkeit bewerkstelligt werden. Während der Aufstellung der Thore, die in den Monaten Mai bis August 1894 ausgeführt wurde, machte die Trockenhaltung der Kammer für die Fluthsperrthore wegen einiger Undichtigkeiten, die in dem alten Hauptriß auf neue hervortraten, zeitweilig recht erhebliche Schwierigkeiten. Zur Abdichtung einer Quelle bei *a* (Text-Abb. 89) hatte im Anschluß an das Mauerwerk der Thornische noch ein Brunnenschacht aufgeführt werden müssen, der erst nach Fertigstellung der Thore, Anfang September abgebrochen wurde. Am 11. September waren alle Arbeiten soweit vollendet, daß Wasser in die Schleuse eingelassen werden konnte. Bevor dies geschah, wurden die früher erwähnten Rohrleitungen, in denen das aus den verschiedenen Quellen zugeleitete Wasser nach dem Pumpensumpf vor dem Aufsenhaupt der Schleuse abgeführt wurde, sorgfältig geschlossen. Damit diese Leitungen für den Fall einer späteren Trockenlegung der Schleuse wieder wirksam werden können, haben die Rohre Ansatzstutzen erhalten, die in die Spülcanäle der Thorkammern einmünden und mit selbstthätigen Klappverschlüssen versehen sind. Eine Quelle, die in der Thorkammer bei *b* noch in der letzten Minute vor dem Wassereinlassen aufbrach, wurde nicht mehr gedichtet oder abgeleitet, weil mit Sicherheit darauf gerechnet werden konnte, daß sie beim Ansteigen des Wassers gleich versiegen und damit unschädlich werden würde.

Vor dem Beginn der Maurerarbeiten zur Herstellung der Schleusenmauern und der Sohlenabdeckungen wurden zur Verstärkung der Thorkammerböden und Dremel die aus dem Grundriß und Längenschnitt Abb. 1 und 2 Bl. 20 u. 21 ersichtlichen Holzschwellen eingelegt. Es war, wie schon früher erwähnt worden ist, bei der Beschaffenheit des Baugrundes vorauszusehen, daß die Belastung des Betonbettes durch die schweren Schleusenmauern eine ungleichmäßige Zusammenpressung des kleihaltigen Untergrundes zur Folge haben und deshalb in dem Theil des Betonbettes, der zwischen den Schleusenmauern liegt, ein Biegemoment entstehen werde, wobei die oberen Fasern auf Zug, die unteren auf Druck beansprucht werden mußten. Wie bekannt, sind auf diese Weise bei vielen auf Beton gegründeten Schleusen mit nicht ganz festem Untergrunde Risse erzeugt worden, die sich der Länge nach durch die Sohle hinziehen. Solche Risse mußten auch hier befürchtet werden, und es lag daher nahe, Bedacht darauf zu nehmen, wie ihre Entstehung und Ausbildung, wenn nicht ganz verhindert, so doch auf ein unschädliches Maß beschränkt werden könne. Zweierlei Maßnahmen waren es, die zu dem Zweck angeordnet wurden: erstlich die Einlegung der vorerwähnten Holzschwellen und später im weiteren Verlauf der Bauausführung die Belastung der Sohlen der beiden Durchfahrtsöffnungen durch Erddämme.

Der Einlegung von Holzschwellen in die obere Schicht des Betonbettes lag der Gedanke zu Grunde, daß dadurch die Widerstandsfähigkeit des Betonkörpers gegen Durchbiegung wesentlich gesteigert werden könne. Nach den angestellten Untersuchungen war die Druckfestigkeit des Betons etwa sechsmal so groß, als die Zugfestigkeit. Wenn angenommen wird, daß eine Beanspruchung auf Zug für Beton von 3 kg/qcm und für Holz von 100 kg/qcm zulässig ist, so läßt sich die durch Einlegung von Holzschwellen zu erzielende Verstärkung in folgender Weise annähernd ermitteln. Das Betonbett allein von rund 4 m Stärke vermag auf 1 m Länge, in der Schleusenachse gemessen, ein Biegemoment aufzunehmen von (siehe Text-Abb. 91)

$$\frac{200 \cdot 100 \cdot 3}{2} \cdot \frac{2}{3} (200 + 200) = 8000000 \text{ cm/kg.}$$

Wird dagegen in die obere Schicht eine Holzschwelle von 30/30 cm Stärke eingelegt, so berechnet sich das Biegemoment, unter Vernachlässigung der Zugfestigkeit des Betons, auf (s. Text-Abb. 92)

$$90000 (185 + \frac{2}{3} \cdot 200) = 28650000 \text{ cm/kg.}$$

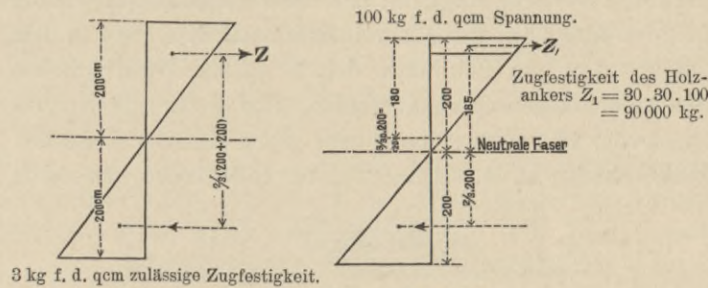


Abb. 91.

Abb. 92.

Die eingelegte Schwelle erhöht mithin nach vorstehender Berechnung die Festigkeit des Betonbalkens auf mehr als das dreifache. Zu einem ähnlichen Ergebnis führte eine Anzahl von Versuchen, die zur Ermittlung der Tragfähigkeit von Betonbalken mit eingelegten Schwellen und ohne solche angestellt und in folgender Weise ausgeführt worden sind. Entsprechend den Maßverhältnissen der Thorkammerböden, wo der Abstand zwischen den Schleusenmauern 28 m beträgt und der Beton eine gleichmäßige Stärke von rund 4 m hat, wurden in $\frac{1}{20}$ der natürlichen Größe Betonbalken hergestellt. Diese Balken, die bei den Belastungsversuchen auf 28:20 = 1,4 m frei lagen, wurden in 1,60 m Länge und mit 20/20 cm Querschnitt angefertigt; sie bestanden aus einem Beton von 2 Theilen Ziegelschotter und 1 Theil Mörtel, der Mörtel war aus 3 Theilen Sand und 1 Theil Cement zusammengesetzt. Die 21 Tage alten Probekörper wurden durch Gewichte, die in der Mitte der Balken angehängt wurden, so lange belastet, bis der Bruch eintrat. Das Eigengewicht eines Balkens ohne Anker betrug bei zwei Versuchskörpern 84,4 und 83,1 kg auf 1 m Länge. Ein Riß, der sofort den vollständigen Bruch des Balkens zur Folge hatte, zeigte sich bei einer Belastung von 250,5 und 265,5 kg. Die Festigkeit berechnet sich darnach zu 8,13 und 8,19 kg/qcm.

Die Holzschwellen von 30/20 = 1,5 cm im Geviert waren nach nebenstehender Text-Abb. 93 in den Betonbalken eingelegt und an den Enden durch kräftige Eisenbänder verankert. Das Eigengewicht des Balkens betrug auf 1 m Länge 78,85 kg. Die ersten Haarrisse zeigten sich bei einer Belastung von 543,5 kg, die Zerstörung erfolgte bei einer Belastung von 865,5 kg. Die Beanspruchung berechnet sich hiernach zu 15,72 kg/qcm beim Eintritt der ersten Haarrisse, zu 24,17 kg/qcm bei der Zerstörung, also auf ungefähr das dreifache der Beanspruchung des Balkens ohne Anker. Aehnliche Ergebnisse brachten Probekörper, bei denen die Holzschwellen durch Eisenstäbe ersetzt waren, und auch solche, bei denen die Holzschwellen nicht an den Enden verankert, sondern nach

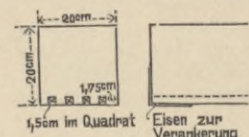


Abb. 93.

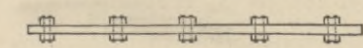


Abb. 94.

vorstehender Text-Abb. 94 durch angeschraubte, über die ganze Länge des Balkens vertheilte Leisten gegen eine Lösung und Verschiebung im Betonkörper gesichert waren.

Auf Grund dieser Versuchsergebnisse wurde mit der Einlegung von Schwellen in die Thorkammerböden und Dremel vorgegangen. Es kamen dazu hölzerne Balken zur Verwendung, die in diesem Falle einer Eisen-Einlage vorgezogen wurden, weil das Eintreten von Haarrissen in der oberen Betonlage doch nicht ausgeschlossen war und also darauf gerechnet werden mußte, daß es nicht möglich sein werde, eingelegte Eisenstäbe gegen Rost zu schützen. In die Thor-

kammerböden wurden je neun und in die Drempele je vier Balken von 30/30 cm Stärke eingelegt. Ihre feste Verbindung mit dem Betonbett wurde, ähnlich wie bei den Versuchen durch die eingelegten Leistenstäbe, durch Ausklinkungen herbeigeführt, die auf die ganze Länge der Balken vertheilt und nach dem Verlegen sorgfältig mit Beton ausgestampft wurden (s. Text-Abb. 95). Besondere Aufmerksamkeit mußte zu dem Zweck, dem die Schwellen dienen sollten, noch auf die Stofsverbindungen verwandt werden. Wie in der Text-Abb. 95 angedeutet ist, wurden die stumpf gegen einander stossenden Balken-Enden an beiden Seiten durch Riffelbleche, die durch

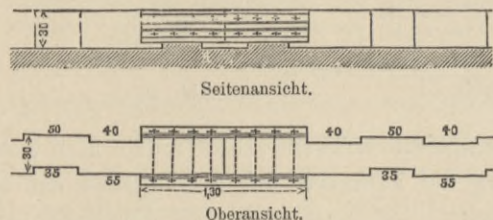


Abb. 95. Holzschwellen zur Verstärkung der Thorkammerböden.

aufgelegte Winkeleisen und stark angezogene Schraubbolzen fest in die Holzfasern eingepreßt wurden, mit einander verlascht. Um ein festes Anliegen der Bolzen gegen die Lochwandungen in den Winkeleisen und Blechen zu erzielen, wurden eichene Keile mit schwerem Hammer in die Stofsungen eingetrieben.

Die Belastung der Sohlen der beiden Durchfahrtsöffnungen durch aufgeschüttete Erddämme wurde im Herbst und Winter 1892 nach dem in der Text-Abb. 96 dargestellten Querschnitt ausgeführt. Als die Kammermauern der west-

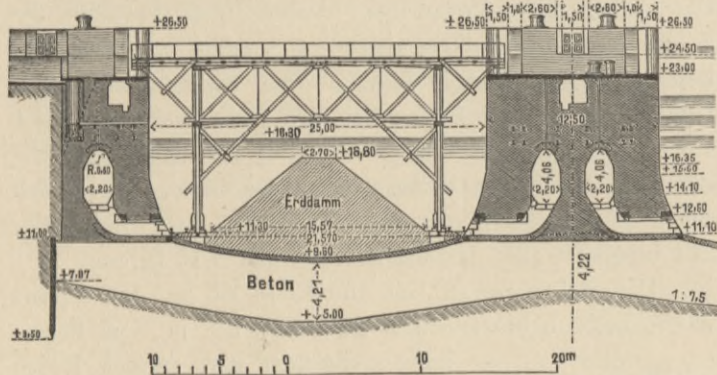


Abb. 96. Schnitt durch die Schleusenkammer mit dem zur Sohlenbelastung aufgeschütteten Erddamm und dem fahrbaren Gerüst zum Versetzen der Werksteine.

lichen Oeffnung bis auf ungefähr +14,0 aufgeführt waren, zeigten sich in dem fertigen Sohlengewölbe zwischen dem Aufsenhaupt und der Sperrthorkammer zwei feine Längsrisse, die offenbar schon eine Folge von ungleichmäßigen Setzungen des Betonbettes waren. Aehnliche feine Risse stellten sich bald darauf auch in den übrigen Theilen der Kammersohlen ein. Sie verliefen im allgemeinen gleichlaufend mit der Längsachse der beiden Durchfahrtsöffnungen in etwa 5,5 m Abstand von ihr. In den wesentlich ungünstiger beanspruchten, aber durch die eingelegten Holzschwellen verstärkten Thorkammerböden traten Risse zwar auch auf, aber die Rißbildung war erheblich schwächer als in den Schleusen-kammerböden. Um einer Erweiterung und Fortsetzung der Risse thunlichst vorzubeugen, wurde mit der schon früher in Aussicht genommenen Belastung der Schleusenböden unverzüglich vorgegangen, wobei der zu den Dämmen erforderliche Boden aus dem Binnenhafen entnommen wurde. Die Arbeit wurde thunlichst dem Fortschritt der Maurerarbeiten entsprechend gefördert und Mitte Januar 1893 beendet. Herausgenommen wurde der Boden aus den Thorkammern schon im Sommer und Herbst 1893, weil derzeit mit dem Einbauen der Schleusenthore begonnen werden mußte, im

übrigen erst kurz vor der völligen Fertigstellung der Schleuse, im Sommer 1894.

Die Maurerarbeiten zur Herstellung der Schleusenmauern, der Drempele und der Kammerböden, wie auch der in das Betonbett eingelegten Tunnel wurden der Hauptsache nach in der Zeit vom 11. April 1892 bis zum 1. October 1893 ausgeführt. Die Tunnel wurden nach dem aus den Abb. 4 u. 5 Bl. 20 u. 21 zu ersehenden Querschnitte in Klinker-Mauerwerk hergestellt. Um sie gegen das Eindringen von Wasser thunlichst abzudichten, wurde das ganze Tunnel-Mauerwerk von außen mit Blei-Asphalt-Pappe umkleidet, derart, daß die Pappe auf den noch frischen Cementputz gelegt und fest angedrückt wurde. Die Drempele und die Uebermauerung der Kammerböden konnten — mit alleiniger Ausnahme der westlichen Sperrthorkammer, wo die Ausführung durch die schon erwähnten Quellaufbrüche sehr erschwert und verzögert wurde — überall ohne Schwierigkeit hergestellt werden. Bei dem Aufbau der Mittelmauer und der beiden Seitenmauern wurde immer nach Möglichkeit darauf gehalten, daß die Arbeiten überall gleichmäßig fortschritten, sodafs die drei Mauern sowohl unter sich, als in ihrer ganzen Länge jederzeit annähernd die gleiche Höhe hatten. Die Seitenmauern wurden überall gleich bis zu ihrer vollen jeweiligen Höhe hinterfüllt. Nachdem das so hergestellte Mauerwerk die Höhe von ungefähr +18,0 erreicht hatte, Ende September 1892, wurde in jeder der drei Mauern eine Anzahl von Querrissen bemerkt, die alle an solchen Stellen entstanden waren, wo der Mauerquerschnitt durch die Abfluscanäle aus den Umläufen geschwächt ist. Sämtliche Risse waren Haarrisse, eine Weite nicht meßbar. Zu diesen Rissen traten im Laufe des Winters, nachdem die Maurerarbeiten des Frostes wegen schon eingestellt waren, noch einige andere. Anfang Januar waren in der westlichen Seitenmauer 9, in der östlichen 8 und in der Mittelmauer 5 solcher Risse vorhanden. Einige von ihnen erstreckten sich nach oben hin durch die ganze Mauer und anscheinend auch in das Betonbett hinein, weil aus den Sohlenrissen Wasser ausspritzte. Die meisten begannen aber erst über der Sohle der Stichcanäle und endigten in der Höhe von +14 bis +16, also unterhalb des Gewölbes der Umläufe. Nur drei von ihnen hatten eine meßbare Weite, von 0,5 bis 3,2 mm.

Das Entstehen dieser Risse dürfte theils auf Zusammenziehung des Mauerwerks durch Frost, theils auf ungleichmäßige Sackungen in der Längenrichtung der Schleuse zurückzuführen sein. In der Annahme, daß die erstere Ursache überwiegend war, würde es zu erklären sein, daß sich die Risse mit wenig Ausnahmen nur auf den unteren Theil des Mauerwerks erstreckten. Dieser war meist bei hohen Wärmegraden ausgeführt, während der obere Theil des Mauerwerks erst im Herbst bei kühlerer Witterung hergestellt war. Auch wurde festgestellt, daß bei dem Eintritt wärmerer Witterung im Monat Februar die Weite des größten Risses von 3,2 auf 2,7 mm zurückging. Zum Theil sind die

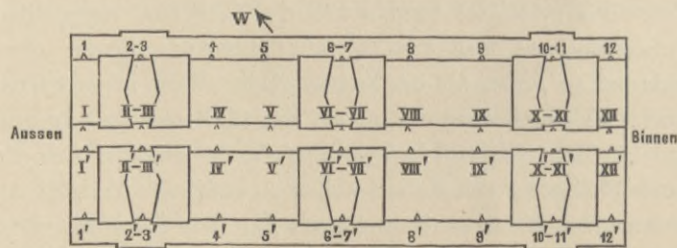


Abb. 97.

Risse aber wohl sicher auf ungleichmäßige Zusammenpressungen des Untergrundes zurückzuführen. Daß diese schon zu Anfang des Winters ein recht bedeutendes Maß erreicht hatten, läßt

die nachstehende Tabelle erkennen, worin die bis zum 13. Januar 1893 am Fuße der Mauern eingetretenen Senkungen übersichtlich zusammengestellt sind. Die Lage der in der Tabelle angegebenen Punkte, an denen die Senkungen gemessen waren, ist in der Text-Abb. 97 ersichtlich gemacht.

Punkt	Senkung in mm	Punkt	Senkung in mm	Punkt	Senkung in mm	Punkt	Senkung in mm
1	79	I	65	I'	55	1'	92
2—3	87	II—III	69	II'—III'	66	2'—3'	73
4	66	IV	55	IV'	50	4'	58
5	101	V	40	V'	50	5'	56
6—7	91	VI—VII	52	VI'—VII'	67	6'—7'	94
8	72	VIII	55	VIII'	58	8'	63
9	89	IX	65	IX'	75	9'	88
10—11	107	X—XI	124	X'—XI'	100	10'—11'	85
12	128	XII	145	XII'	150	12'	130

Es war vorauszusehen, daß bei weiterer Erhöhung der Mauern die Senkungen noch zunehmen würden, denn es fehlte in den Kronen der Häupter noch 8,5 m, bei den Kammern noch 5,0 m an der vollen Mauerhöhe. Von diesen zunehmenden Senkungen mußte aber auch eine weitere Ausbildung der Risse befürchtet werden, und es drängte sich demnach die Frage auf, was zu thun sei, um eine Erweiterung der Risse und ihre Fortpflanzung bis in die oberen Theile des Mauerwerks zu verhüten. Zwei Maßnahmen wurden zu diesem Zwecke angeordnet und durchgeführt, erstlich eine zeitweilige Belastung des Mauerwerks durch aufgeschichtete Ziegelsteine und ferner eine Verstärkung des Mauerwerks gegen die in der Längsrichtung etwa auftretenden Zugspannungen durch Einlegung von Ankern.

Durch die Belastung der Mauern sollten die unvermeidlichen weiteren Sackungen thunlichst schon zu der Zeit herbeigeführt werden, in der die Maurerarbeiten des Frostes wegen unterbrochen werden mußten, weil angenommen wurde, daß, wenn bei der Aufführung der oberen Theile des Mauerwerks keine erheblichen Sackungen mehr eintreten würden, auch die Gefahr, daß die Risse sich bis oben fortpflanzen könnten, entsprechend herabgemindert werden würde. Die Belastung wurde in der Weise ausgeführt, daß die auf ungefähr +18,0 liegenden Mauerkronen in ihrer ganzen Länge und Breite bis zur Höhe von +20,8 mit Ziegelsteinen bepackt wurden. Dazu waren 8 Millionen Steine erforderlich. Sie wurden in den Monaten December und Januar aufgebracht und im Frühjahr kurz vor dem Wiederbeginn der Maurerarbeiten wieder beseitigt. Die infolge der Belastung eingetretenen Senkungen betragen im Durchschnitt etwa 40 mm, eine bemerkbare Erweiterung der Risse hatte nicht stattgefunden.

Die Einlegung von Ankern in die Schleusenmauern hatte einen ganz ähnlichen Zweck, wie die früher erwähnte Einlegung von Holzschwellen in die Schleusenböden; jede der drei Mauern sollte dadurch in den Stand gesetzt werden, größere Zugspannungen, wenn solche infolge der ungleichmäßigen Setzungen eintreten würden, mit Sicherheit aufnehmen zu können. Rund 7000 m alte Eisenbahnschienen, die bei der durch den Bau der Grüenthaler Brücke notwendig gewordenen Eisenbahnverlegung gewonnen waren, standen hierfür zur Verfügung. In die Mittelmauer wurden 12, in jede der beiden Seitenmauern 8 Schienenstränge eingelegt, die eine Hälfte in der Höhe von +18, die andere in der Höhe von +19 (Text-Abb. 96). Jeder Strang wurde, an den Stößen ebenso wie im Eisenbahngleis durch Laschen verbunden, in der ganzen Länge der Mauer durchgeführt. An einzelnen Stellen, wo wegen der in den Mauern vorhandenen Schlitz- und Schächte die geradlinige Durchführung nicht möglich war, wurden zur Verstärkung noch kurze laschenähnlich

wirkende Schienenstränge besonders eingelegt. Um die Laschenbolzen zum festen Anlegen an die entsprechenden Lochwandungen zu bringen, wurden beim Verlegen der Schienen Stahlkeile in die Stöße eingetrieben. Zur Erzielung einer möglichst festen Verbindung mit dem Mauerwerk wurden durch die Stege der Schienen in Abständen von je 1 m Löcher gebohrt und in diese Löcher Bolzen von 2,5 cm Stärke und 50 cm Länge eingeschlagen. Das Einmauern der Schienen geschah in der Weise, daß zunächst ein kleiner Canal mit Einschlitzungen in den Seitenwandungen um die Schienen ausgespart und dann mit Cementmörtel vergossen wurde. Mit dem Einlegen der Anker wurde gleich nach dem Wiederbeginn der Maurerarbeiten Ende März 1893 vorgegangen. Die Arbeit wurde rasch beschafft, und in der Folge hatten denn auch die Maurerarbeiten solchen Fortgang, daß am 1. August sowohl die Mittelmauer, als die beiden Seitenmauern überall annähernd bis zur vollen Höhe hergestellt waren. Bis zum 10. October wurde das Mauerwerk in der Hauptsache vollendet. Es fehlten nur noch einige Ergänzungsarbeiten an dem Mauerwerk in den Maschinenkammern, sowie die Monierdecke über den Maschinenkammern und rund 450 cbm Abdeckplatten. Die Arbeiten in den Maschinenkammern konnten erst im Winter 1894 im Zusammenhang mit dem Einbau der Betriebsmaschinen und Rohrleitungen hergestellt werden. Die Monierdecken kamen noch im Herbst zur Ausführung. Die Verlegung der erst im Winter 1893/94 angelieferten Abdeckplatten erfolgte gleichzeitig mit anderen kleineren Restarbeiten am Mauerwerk und mit dem Einbau der Spille und Poller in den Monaten März bis Juli 1894.

Soweit zu dem Mauerwerk Cementmörtel zur Verwendung kam, wurde er in dem schon beim Betonieren bewährten Mörtelwerk trocken gemischt. Das erforderliche Wasser, zu dessen Herbeischaffung eine über die ganze Schleuse verlegte Wasserleitung mit zahlreichen Anschlußstellen eingerichtet war, wurde von den Mauern unmittelbar vor der Verarbeitung des Mörtels zugesetzt. Der zu einem Theil des Mauerwerks verwandte Cement-Trafs-Mörtel wurde in dem Mörtelwerk fertig hergestellt. Feste Gerüste wurden bei der Aufführung der Schleusenmauern nicht verwandt. Zum Versetzen der Werksteine dienten fahrbare Krahe, in jeder der beiden Schleusenöffnungen zwei, deren Einrichtung in der Text-Abb. 96 dargestellt ist. Die in derselben Abbildung angedeuteten Gleise zwischen den Laufschiene für die Krahe und den Schleusenmauern dienten zur Anfuhr der Werksteine; sie standen durch Gleise, die auf der noch nicht bis zur vollen Tiefe ausgehobenen Sohle des Binnenhafens verlegt waren, mit den am Binnenhafen gelegenen Lagerplätzen in Verbindung. Die Zufuhrgleise für Ziegelsteine und Mörtel lagen hinter den Seitenmauern — die, wie bereits erwähnt, dem Fortschreiten der Maurerarbeiten entsprechend immer gleich hinterfüllt wurden — auf dem angeschütteten Boden; bis dahin konnten die Ziegelsteine jederzeit durch Locomotivbetrieb herangeschafft werden. Beim Mittelpfeiler mußte das Zufuhrgleis auf der Mauer selbst liegen. Um dahin zu gelangen, wurde zuerst vom Vorhafen aus, später als die Kammermauern schon fast ihre volle Höhe erreicht hatten, über die Mitte der beiden Schleusenöffnungen eine Laufbrücke angelegt.

Zu den Arbeiten, die im letzten Baujahr, vom August 1893 bis dahin 1894 zur Ausführung gebracht wurden, gehören außer den vorhin erwähnten Restarbeiten am Mauerwerk auch die Aufstellung und der Einbau der Thore. Mit der Anlieferung der zur Bewegung der Thore erforderlichen Maschineneinrichtungen war schon im Herbst 1892 begonnen worden und zwar unter Berücksichtigung des Fortschritts der Maurerarbeiten, sodafs die einzumauernden Theile immer rechtzeitig zur Stelle waren. Sobald die Maschinenkammern im

Mauerwerk fertig ausgebaut waren, im August und September 1893, wurde denn auch mit der Aufstellung der Motoren begonnen. Diese Arbeiten wurden gleichzeitig mit der Maschineneinrichtung für die Centralanlage, in der das Druckwasser zum Betriebe der Motoren und der Dampf für die Heizung der Maschinenkammern erzeugt wird, so gefördert, daß die ganze Anlage im September 1894 bis auf einige kleinere Nacharbeiten vollendet war. Es fehlten derzeit zur vollständigen planmäßigen Ausstattung der Schleuse nur noch die Leitwerke, die zur Erleichterung der Einfahrt an beiden Stirnenden vorgesehen waren. Ihre Herstellung konnte bequemer von schwimmenden Rüstungen aus, also zu einer Zeit ausgeführt werden, wenn der Vor- und Binnenhafen schon mit Wasser angefüllt war, und wurde deshalb bis zum Frühjahr 1895 verschoben. Am 11. September wurde damit begonnen, Wasser in die fertige Schleuse einzulassen und die Dämme wegzuräumen, durch welche die Schleuse nach außen gegen die Elbe, nach innen gegen den bereits mit Wasser angefüllten Canal abgeschlossen war. Diese Arbeiten wurden in wenigen Wochen soweit beschafft, daß am 27. October das erste Schiff durchgeschleust werden konnte. In Gegenwart einer größeren Zahl von Beamten der Canalbauverwaltung, wie von den beim Bau beschäftigten Unternehmern und Arbeitern, die sich zur Feier des Tages bei der Schleuse versammelt hatten, fuhr der stattliche hamburgische Dampfer „Blankenese“ von der Elbe aus, unter den Klängen des Liedes

„Deutschland, Deutschland über Alles“ in die Schleuse ein. Er wurde dann durchgeschleust, um im Binnenhafen zu wenden und gleich darauf die Schleuse zum zweiten Mal durchfahrend wieder auf den offenen Elbstrom zurück zu kehren.

In den vorstehenden Mittheilungen ist schon auf die Schwierigkeiten hingewiesen worden, die sich bei dem Bau der Schleuse einestheils aus den Grundwasserverhältnissen und andertheils aus der über Erwarten großen Nachgiebigkeit des Untergrundes ergeben haben. Es sind auch die Maßnahmen erörtert worden, die getroffen sind, um die hervorgetretenen Schwierigkeiten zu überwinden und die für die Standfestigkeit des Bauwerks entstandenen Gefahren abzuwenden. Zur Vervollständigung dieses in technischer Beziehung weitaus bemerkenswerthesten Theiles der Baubeschreibung, soll hier noch kurz mitgetheilt werden, wie die bereits erwähnten, aus der Nachgiebigkeit des Grundes hervorgegangenen Setzungen des Bauwerks sich bis zur Beendigung des Baues gestaltet und in wie weit die aus Anlaß dieser Setzungen getroffenen Anordnungen sich als wirksam erwiesen haben.

Die Setzungen der Schleusenmauern wurden während der ganzen Dauer der Bauausführung von zehn zu zehn Tagen an verschiedenen Punkten gemessen. Die Ergebnisse dieser Messungen sind für die Mittelmauer und die östliche Seitenmauer des Binnenhauptes, wo nach der Zusammenstellung auf S. 89 die Setzungen am größten waren, in der Text-Abb. 98 zeichnerisch dargestellt. Die Zeiten sind hier als Abscissen, die

beobachteten Senkungen als Ordinaten eingetragen. Zwischen den Höhenlinien finden sich kurze Angaben über die Vorgänge, durch welche die Senkungen der Hauptsache nach veranlaßt worden sind. Eine nähere Betrachtung dieser übersichtlichen Darstellung läßt erkennen, daß allmählich ein Gleichgewichtszustand eintrat, wenn die Belastung längere Zeit unverändert blieb, daß aber jede Zunahme der Belastung sogleich wieder neue Bewegungen zur Folge hatte. Die stärksten Senkungen traten ein in den Monaten Juli bis November 1892, als die Mauern in verhältnißmäßig kurzer Zeit von +14 auf +18 erhöht und gleichzeitig die Sohlenbelastungen eingebracht wurden, ferner im Spätherbst 1892 und im Winter 1893, als das Mauerwerk bis +20,8 mit Ziegelsteinen belastet und die planmäßige Belastung des Schleusenbodens beendet wurde.

Bezüglich der Seitenmauer ist zu bemerken, daß auch die fortschreitende Hinterfüllung regelmäßig neue Bewegungen des Mauerwerks herbeiführte. Dies trat am deutlichsten hervor in den Monaten Juni und Juli 1893, wo bei ungefähr gleichem Fortschritt der Maurerarbeiten die Senkung der Mittelmauer nur 8 mm, die der gleichzeitig hinterfüllten Seitenmauer dagegen 31 mm betrug. Auch die weiteren Senkungen der Seitenmauer bis zu dem Zeitpunkt, da Wasser in die Schleuse eingelassen wurde (10. Sept. 1894) sind zum größten Theil dem Umstande zuzuschreiben, daß während des Herbstes 1893 erst die Hinterfüllung der Mauer vollendet und später

der hinter der Mauer liegende Deich (s. Abb. 4 Bl. 20 u. 21) hergestellt wurde. Dieser Einfluß der Hinterfüllung auf die Senkungen des Mauerwerks erklärt sich dadurch, daß bei der Zusammendrückbarkeit der unteren Bodenschichten die Wirkung einer aufgetragenen Last sich immer auf einen größeren Umkreis bemerkbar macht. Aus demselben Grunde ist auch, wie durch Beobachtung festgestellt wurde, die östliche Ufermauer am Vorhafen, die völlig gesondert von der Schleuse auf einem Pfahlrost gegründet ist, in der Nähe der Schleuse gleichmäßig mit dieser gesackt; die Senkung läuft auf eine Länge von ungefähr 25 m aus, in weiterer Entfernung von der Schleuse ist nirgends eine Senkung bemerkt worden. Unter diesen Umständen war es geboten, die Hinterfüllung der Mauern mit besonderer Vorsicht auszuführen. Vor dem Füllen der Schleusenkammern mit Wasser wurde sie daher überall, auch in dem Deichanschluß hinter den Häuptern, nur bis zur Höhe von +23,0 hergestellt. Die weitere Schüttung erfolgte erst im Herbst und Winter 1894/95, als der Schleusenboden schon durch das eingelassene Wasser belastet und durch diese Belastung eine weitere Senkung des Mauerwerks — in der Mittelmauer um 25 mm, in der Seitenmauer um 21 mm — herbeigeführt worden war. Um das Gewicht des Hinterfüllungsbodens in dem hinter den Häuptern noch fehlenden oberen Theil, der hier zugleich den Deichanschluß bildet, thunlichst herabzumindern und damit weiteren Sackungen entgegen zu wirken, wurde die Hinterfüllung in 3 m Höhe — von +23,0 bis +26,0 — aus einem sehr leichten

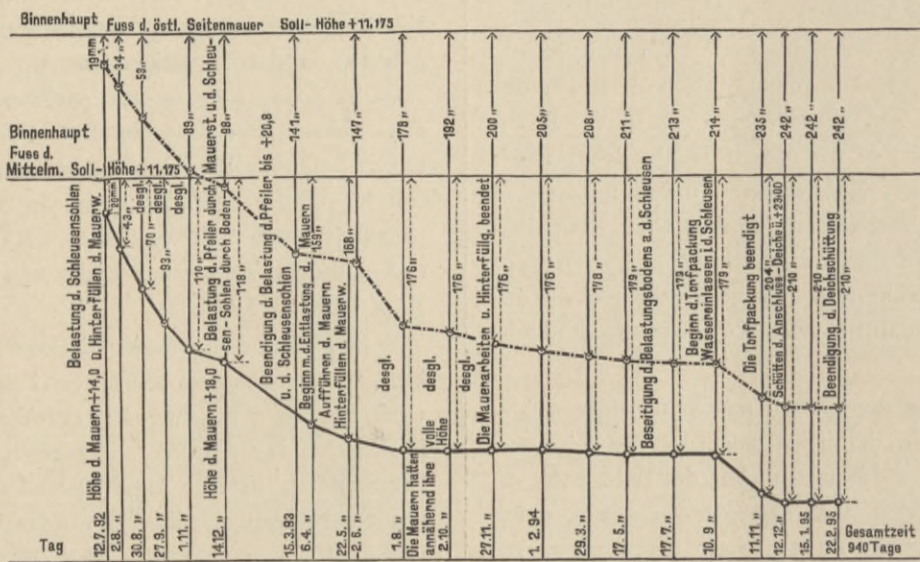


Abb. 98. Zeichnerische Darstellung der beobachteten Senkungen der östlichen Seitenmauer und der Mittelmauer.

porösen Torf hergestellt. Bei einem spezifischen Gewicht des mäßig durchfeuchteten Torfes von 0,3 stellt sich das Gewicht von 1 qm Torfpackung in 3 m Höhe auf $3 \cdot 0,3 \cdot 1000 = 900$ kg, während das Gewicht der gleichen Masse Kleiboden etwa 5100 kg betragen hätte. Die Böschungen zu beiden Seiten der Torfpackung sind ebenso wie die weiter zurückliegenden Deichböschungen, aus gutem Kleiboden hergestellt, auch die Krone ist in 0,5 m Höhe mit Klei abgedeckt.

Der auf solche Weise hergestellte Deichanschluß hat, wie die Text-Abb. 98 ersehen läßt, meßbare Sackungen nicht mehr zur Folge gehabt. Denn die nach dem Einlassen von Wasser in die Schleuse während eines Zeitraums von drei Monaten noch eingetretenen Bewegungen haben bei der durch die Deichschüttung nicht beeinflussten Mittelmauer reichlich

den Thorpfeilern von 25,0 m auf 25,18 m erweitert. Der Schleusenboden hatte sich trotz der Verstärkung durch die eingelegten Holzschwellen und trotz der aufgebrachtten Belastung nur um 110 mm gesenkt, 100 mm weniger als die Mittelmauer und 132 mm weniger als die Seitenmauer. Eine unausbleibliche Folge davon war die weitere Ausbildung der schon früher erwähnten Längsrisse in der Schleusensole. Nachdem der Belastungsboden herausgeschafft und die Sohle überall wieder freigelegt war, zeigte sich, daß die Risse in der ganzen Schleusenlänge durchgingen und eine obere Weite bis zu 2 cm erreicht hatten. Wasser floß jedoch nicht aus, nur an einigen Stellen zeigte sich etwas Schwitzwasser. Danach war anzunehmen, daß das Betonbett nicht in ganzer Stärke gerissen war, und diese Vermuthung wurde dadurch bestätigt, daß die Risse schon in den Sohlen der Tunnel, die

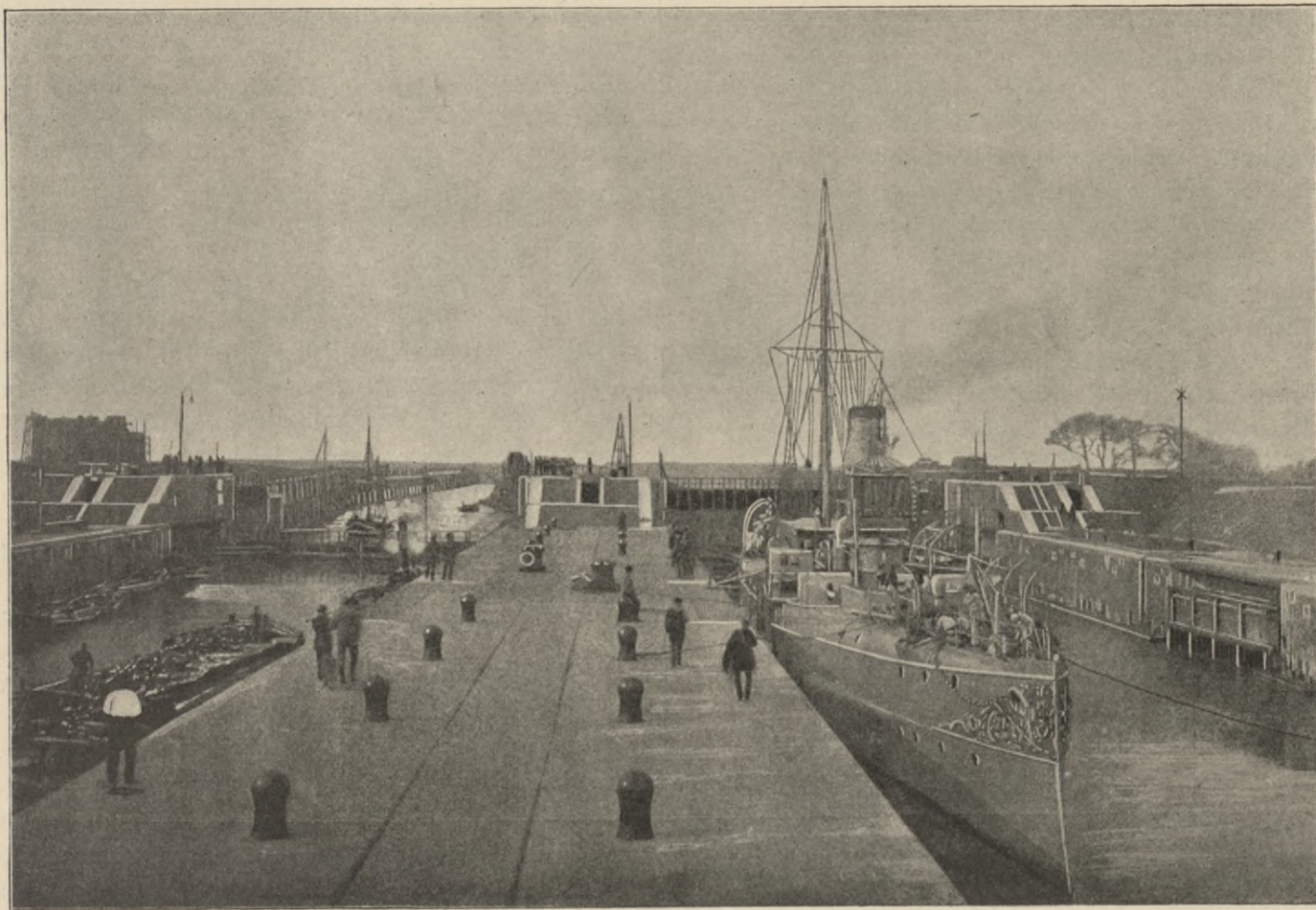


Abb. 101. Brunsbütteler Schleuse. S. M. Aviso „Jagd“.

dasselbe Maß erreicht, wie bei der Seitenmauer, bei der ersten 31, bei der letzteren 28 mm. In der Zeit nach dem 12. December 1894 sind keine weiteren Bewegungen beobachtet worden.

Die Querschnittsskizze, Text-Abb. 99, läßt ersehen, welchen Einfluß die Setzungen des Mauerwerks auf die Gestaltung des Querschnitts der Schleusenöffnung gehabt haben. Bei der auf der Mitte des Betonbalkens stehenden Mittelmauer hatten sich die Senkungen in der Breitenrichtung immer derart gleichmäßig vollzogen, daß ein Ueberweichen der Mauer nach der einen oder anderen Seite hin nicht eingetreten war; die auf dem Ende des Betonbalkens stehende und noch durch die Zusammenpressung des Untergrundes durch die Hinterfüllungserde beeinflusste Seitenmauer hatte dagegen mit der Senkung zugleich eine Neigung nach hinten angenommen. Infolge davon hatte sich die Schleusenöffnung oben zwischen

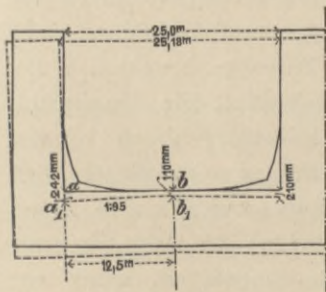


Abb. 99.

dem Ende des Betonbalkens stehende und noch durch die Zusammenpressung des Untergrundes durch die Hinterfüllungserde beeinflusste Seitenmauer hatte dagegen mit der Senkung zugleich eine Neigung nach hinten angenommen. Infolge davon hatte sich die Schleusenöffnung oben zwischen

um 2,4 m über der Betonsohle liegen, nicht mehr sichtbar waren. Durch die Gewölbe der Tunnel zogen sich aber die Risse noch hindurch, und hier mußten sie, damit die Möglichkeit gewahrt blieb, die Tunnel später unter dem Druck des in der Schleuse stehenden Wassers trocken zu halten, sorgfältig gedichtet werden. Bei der Wahl der Dichtungsart war zu berücksichtigen, daß nach dem Einlassen von Wasser in die Schleuse noch kleine Bewegungen aufs neue eintreten würden. Die einzubringende Dichtung mußte daher thunlichst so hergestellt werden, daß sie feine neu eintretende Risse selbstthätig zu schließen vermochte. Zu diesem Zweck wurden, wie in der Text-Abb. 100 angedeutet ist, die Risse im Tunnel-Mauerwerk zunächst 10 cm tief mit keilförmiger Verengung nach unten ausgestemmt und dann theils mit Torfmull, im übrigen mit Cementmörtel 1:1, dem zerkleinerte Eisengulspäne beigemischt waren, ausgefüllt. Der Mörtel wurde möglichst steif angemacht und mit aller Sorgfalt fest eingestemmt. Außerdem wurden, um den Wassereintritt gleich von oben thunlichst abzuschneiden,



Abb. 100.

auch die Risse auf der Schleusensole in ganzer Länge bis auf 3 cm Weite ungefähr 10 cm tief eingestemmt, sorgfältig gereinigt und dann zunächst mit dünnflüssigem Cementmörtel bis auf 8 cm unter der Oberfläche vergossen, hierauf in 4 cm Höhe mit Torfmull ausgestampft und endlich in den oberen 4 cm mit Cementmörtel, wieder unter Beimengung von Eisengufsspänen ausgestrichen und verstemmt. Diese Dichtung hat sich sehr gut bewährt. Die Tunnel konnten, nachdem die Schleuse mit Wasser gefüllt war, mit Leichtigkeit trocken gehalten werden. In 24 Stunden sammelten sich nicht über 10 cbm Wasser an und dieses drang nicht etwa besonders durch die gedichteten Risse ein, sondern es schwitzte an verschiedenen Stellen und in großen Flächen aus dem Mauerwerk aus. Immerhin empfiehlt es sich, um die Dichtungen nicht mehr als nöthig zu beanspruchen, die Tunnel in der Regel voll Wasser zu halten und sie nur im Bedarfsfalle trocken zu legen.

Die zur Sicherung der Schleusenmauern gegen Spannungen in der Längenrichtung eingelegten Verankerungen haben sich als durchaus wirksam erwiesen. Nach ihrer Einlegung haben sich weder die vorhin erwähnten feinen Risse in dem unteren Theil des Mauerwerks erweitert oder nach oben hin verlängert, noch sind irgend welche neue Risse hervorgetreten.

Die Text-Abb. 101 ist nach einer photographischen Aufnahme der fertigen Schleuse vom 23. April 1895 hergestellt. Sie zeigt die Durchschleusung S. M. Aviso „Jagd“, der den Canal noch vor seiner Vollendung als erstes Schiff der deutschen Kriegs-Marine durchfahren hat.

2. Der Bau der Ufermauern am Binnen- und Vorhafen.

Hierzu die Abb. 10 bis 13 Bl. 18 u. 19 und Abb. 1, 2, 3 u. 5 auf Bl. 22 u. 23.

Die Entwürfe zu den Ufermauern. Die Ufermauern des Binnenhafens sind zusammen rund 550 m, die des Ausenhafens rund 800 m lang. Während für den Ausenhafen mit seinen großen Wasserstandsschwankungen und zeitweilig auch starken Wellenbewegungen eine durchgehende Mauer gewählt wurde, die durch starke Rückenpfeiler verstärkt ist, sind die Mauern des Binnenhafens aus 3 m breiten, 7,25 m tiefen Pfeilern mit dazwischen gespannten Gewölben von gleicher Tiefe, 5,83 m Lichtweite und $2\frac{1}{2}$ Stein Stärke gebildet. An der dem Hafen zugekehrten Seite tragen die Gewölbe und die Pfeiler eine durchgehende Stirnmauer, die ebenso wie die Ufermauer am Vorhafen mit Granitplatten von 1,20 m Breite und 0,37 m Stärke abgedeckt ist. Für die Gründung der Ufermauern sind, wie die Abbildungen ersehen lassen, sowohl am Binnen- als am Vorhafen Pfahlroste zur Anwendung gekommen. Eine Brunnen- oder Luftdruckgründung war bei der tiefen Lage des festen Baugrundes und den bekannten Grundwasserverhältnissen der großen Kosten wegen ausgeschlossen. Bei Anwendung von Pfahlrosten war nach der durch die Bohrungen in den Jahren 1888/89 festgestellten Beschaffenheit der über dem Sandgrunde lagernden Kleinschichten anzunehmen, daß die nöthige Tragfähigkeit schon durch eine mäßige Länge der Pfähle werde erzielt werden können und daß es jedenfalls nicht nöthig sein werde, die Pfähle bis in den festen Sandgrund hinein zu treiben. Bei der Aufstellung der Entwürfe war zunächst darauf Bedacht zu nehmen, daß die von dem einzelnen Pfahl aufzunehmende Last nicht zu groß wurde und daß die Pfähle thunlichst gleichmäßig belastet wurden.

Zu diesem Zwecke sind erstlich die Pfahlroste so hoch hinauf geführt worden, daß die Mauerhöhe sich im Binnen-

hafen auf 5,3 m, im Vorhafen auf 6,5 m beschränkt und dementsprechend auch das Gewicht der Mauern nur gering ist; ferner sind die Pfahlroste im Verhältniß zur Mauerhöhe sehr breit — beide auf rund 7 m — angelegt worden. Bei dieser großen Breite steigt, wie die Querschnitte Abb. 2 u. 3 Bl. 22 u. 23 ersehen lassen, der gewachsene Boden in flacher Böschung von der Hafensohle bis an die Unterkante des Rostbelages hinauf; die hinter dem Rost angebrachte Spundwand steht daher unterhalb des Rostbelages ganz in gewachsenem Boden und hat also bei dem in ganzer Länge durchgehenden Rost der Vorhafenmauer einen Erddruck nicht aufzunehmen, bei der Binnenhafenmauer nur in dem Theil, der zwischen den Pfeilern und über der Höhe des Rostbelages die Bogenfelder abschließt. Als Schubkraft kommt daher bei beiden Mauern nur der Druck der über der hinteren Rostkante liegenden Hinterfüllungserde zur Wirkung, bei der Mauer am Binnenhafen in Höhe von rund 6 m, bei der im Vorhafen von rund 7,5 m. Hiernach stellt sich bei beiden Mauern die Schubkraft im Verhältniß zu dem Gewicht des Mauerwerkes und der über dem Rost und dem Mauerwerk lagernden Erdschüttung sehr gering, ungefähr im Verhältniß 1:3,5; die daraus sich ergebende Mittelkraft geht fast genau durch die Mitte des Rostbelages, sodafs alle Pfähle annähernd gleich belastet sind.

Wird das Gewicht von 1 cbm Ziegelmauerwerk zu 2000 kg, von 1 cbm Hinterfüllungserde zu 1700 kg und der Reibungswinkel der Hinterfüllungserde zu 17° angenommen, wird ferner angenommen, daß der Wasserstand im Hafen so tief liegt, daß von dorthin ein Gegendruck nicht stattfindet, daß aber gleichzeitig auch die Hinterfüllungserde nicht überlastet ist, so haben die Rostpfähle bei der Mauer am Binnenhafen eine Durchschnittsbelastung von 13,0 t, bei der Mauer am Vorhafen von 11,6 t aufzunehmen. Der in Höhe der Pfahlköpfe angreifende wagerechte Schub stellt sich bei der Mauer am Binnenhafen für die 44 Pfähle eines Pfeilerrostes und die drei Schrägpfähle in der Bogenöffnung auf 148 t, für die 71 Pfähle eines 8 m langen Theiles der Vorhafenmauer auf 214 t.

Um volle Sicherheit darüber zu gewinnen, daß die Pfähle imstande sein würden, die rechnungsmäßig aufzunehmenden Belastungen zu tragen, wurden vor dem Beginn der Bauausführung in dieselben Bodenschichten, in welche die Rostpfähle der Ufermauer am Binnenhafen einzurammen waren, Probepfähle eingeschlagen und versuchsweise belastet. Von diesen Pfählen wurden vier mit einer Rammtiefe von 6 m gemeinschaftlich belastet; sie wurden mit I, II, III und IV bezeichnet und standen auf den Ecken eines Gevierts von 3 m Seitenlänge. Die vier anderen Pfähle (A, B, C und D) mit Rammtiefen von 6, 7, 8 und 9 m wurden einzeln belastet. Sämtliche Pfähle waren im mittleren Durchmesser 35 cm stark. Zum Schlagen diente eine unmittelbar wirkende Dampfhammer mit einem Bärgewicht bei sechs Pfählen von 1400, bei zwei Pfählen von 1150 kg. Auf die Pfähle I bis IV wurde zur Aufnahme der aus Erdboden bestehenden Belastung ein hölzerner Kasten aufgesetzt, die Einzelpfähle wurden mit Spundbohlen und Eisenbahnschienen belastet. Die Lasten wurden mittels eines Krahnens so aufgebracht, daß Erschütterungen thunlichst vermieden wurden. Um zu ermitteln, ob und in wie weit die Art der Anspitzung der Pfähle auf ihre Tragfähigkeit von Einfluß ist, wurde von den 6 m tief eingerammten Pfählen der eine (Pfahl B) mit der Neigung 1:1 angespitzt, während die übrigen die meist übliche Neigung 1:1 $\frac{1}{2}$ erhielten.

In der nachstehenden Tabelle ist für jeden Pfahl das Maß der Einsenkung angegeben, das beim Rammen in den letzten fünf Schlägen beobachtet wurde.

	Ramm-tiefe m	Bär-gewicht kg	Fallhöhe m	Mafs der Ein- senkung cm	Bemerkungen.
Pfahl I	6	1400	1,00	60	—
" II	6	1400	1,00	38	—
" III	6	1400	0,80	17	Die Pfähle III u. IV drangen schief ein und wurden deshalb bei den letzten Schlägen mit Stangen und Knebeltau festgehalten.
" IV	6	1400	0,80	36	
" B	6	1400	1,00	25	
" A	7	1400	1,20	30	
" D	8	1150	1,00	38	
" C	9	1150	1,00	14	

Sämtliche Pfähle hatten demnach in den letzten Schlägen noch sehr erheblich gezogen, und wenn ihre Tragfähigkeit nach den von Brix, Redtenbacher u. A. aufgestellten Formeln berechnet wurde, in denen die zulässige Belastung aus dem Einsinken des Pfahls in den letzten Schlägen hergeleitet wird, so führte das zu dem Ergebnis, dass die Pfähle von 6 m Rammtiefe höchstens etwa 2 t und der 9 m tief eingerammte Pfahl etwa 4 t aufnehmen konnte. Aber es wurde schon beim Rammen beobachtet, dass ein Pfahl (A), der bei ununterbrochenem Schlagen und bei einer Fallhöhe des Bären von 1 m noch in fünf Schlägen 68 und 50 cm gezogen hatte, nach einer Ruhepause von nur 32 Minuten anfänglich in gleichen fünf Schlägen nur 9 cm einsank. Dementsprechend zeigten sich denn auch die Pfähle bei den nachfolgenden Probelastungen sehr viel tragfähiger, als nach den vorerwähnten Berechnungen angenommen werden konnte. Die Endergebnisse dieser Belastungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

	Ramm-tiefe m	An-spitzung	Dauer der Belastung Tage	Größte Belastung Tonnen zu 1000 kg	Größte Senkung cm
Pfahl I	6	1:1 1/2	58	20	13,5
" II	6	1:1 1/2	58	20	14,10
" III	6	1:1 1/2	58	20	16,75
" IV	6	1:1 1/2	58	20	15,85
" B	6	1:1	58	20	7,55
" A	7	1:1 1/2	42	20	7,8
" D	8	1:1 1/2	31	20	1,5
" C	9	1:1 1/2	36	25	1,2

Die 6 m tief gerammten Pfähle I bis IV drangen beim Aufbringen einer 5 t für den Pfahl überschreitenden Last fortdauernd und sehr erheblich tiefer ein. Der ebenfalls 6 m lange Pfahl B senkte sich unter der Last von 5 t, stand dann aber mehrere Tage still und bewegte sich fortdauernd weiter erst beim Aufbringen einer Last von 10 t und mehr. Indes traten größere Senkungen erst ein, als die Belastung über 15 t gesteigert wurde. Das günstigere Verhalten im Vergleich zu den übrigen Pfählen mit 6 m Rammtiefe dürfte seinen Grund in der stumpferen Anspitzung haben. Der 7 m lange Pfahl senkte sich ebenfalls schon bei 10 t Belastung, in größerem Mafse erst bei 15 t und mehr. Der 8 m lange Pfahl, der sofort mit 12 t und dann mit 20 t belastet wurde, erreichte in 22 Tagen die größte Senkung von 1,5 cm und blieb sodann bis zum Schluss der Beobachtung — 9 Tage lang — ohne weitere Bewegung. Der 9 m lange Pfahl endlich senkte sich mit der Last von 25 t im ganzen nur 1,2 cm und erreichte nach 25 Tagen Stillstand.

Durch diese Belastungsergebnisse und die bei dem Einrammen der Probpfähle gemachten Beobachtungen wird die auch sonst schon bekannte Thatsache bestätigt, dass bei Rammen im Kleiboden die Pfähle durch schnell auf einander folgende Schläge leicht eingetrieben werden, dass sie aber nach einer Ruhepause bald eine sehr viel größere Festigkeit annehmen und dann nicht nur dem tieferen Einrammen einen

erheblich größeren Widerstand entgegensetzen, sondern auch eine ziemlich bedeutende ruhende Last aufnehmen können.

Aufser den vorstehend erörterten Belastungsversuchen wurden auch noch ein paar Versuche darüber angestellt, welche wagerechte Zugkraft ein in den fraglichen Kleiboden eingerammter, einzeln stehender Pfahl, sowie ein Bockpfahl an seinem Kopf-Ende aufzunehmen vermag. Die ausgeübte Zugkraft wurde dabei durch einen Kraftmesser gemessen, der für Spannungen bis zu 3000 kg eingerichtet und in einen

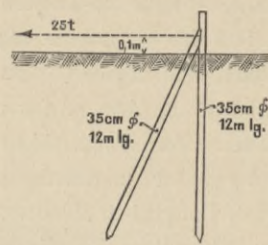


Abb. 102.

Flaschenzug so eingeschaltet war, dass eine 12fache Kraftübertragung erreicht wurde. Bei dem nebenstehenden Bockpfahl (Text-Abb.102) wurde bei einer Zugkraft von 25 t, die 0,1 m über dem Boden angriff, eine größte Ausbiegung von 41 mm beobachtet. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass der senkrechte Pfahl um 26 mm verhältnismäßig rasch überwich, weil er von vornherein nicht fest genug gegen den Schrägpfahl angepresst war. Sobald der Bock als solcher voll zur Wirkung kam, trat nur noch eine Vorwärtsbewegung von 15 mm ein. Nach dem Aufhören der Zugkraft behielt der senkrechte Pfahl eine dauernde Ueberweichung von 9 mm. Auf einen einzelnen 7 m tief eingerammten Pfahl wurde sodann eine Zugkraft bis zu 9 t ausgeübt. Der Pfahl wich dabei um 40 mm über und behielt nach Aufhören des Zuges eine dauernde Verschiebung von 8 mm.

Auf Grund der vorstehend mitgetheilten Versuchsergebnisse wurden die Abmessungen der Pfahlroste der beiden Ufermauern bestimmt. Für die Längen der Pfähle war dabei die Forderung maßgebend, dass nach planmäßiger Fertigstellung der Mauern und der Bodenböschungen unter ihnen jeder Pfahl auf 9 m Länge im gewachsenen Boden stecken sollte.

Die Bauausführung der Ufermauern. Die Bauausführung der Ufermauern des Vorhafens gestaltete sich dadurch sehr langwierig, dass sowohl die östliche wie die westliche Mauer in drei Theilen hergestellt werden musste. Im Jahre 1892 wurden die Mauertheile außerhalb des Elbdeiches im Schutze eines zu diesem Zweck besonders angeschütteten Ringdeiches hergestellt. Die Krone desselben lag auf + 24,00, die Kronenbreite betrug 2,00 m, die Außenböschung war unter 1:3, die Innenböschung unter

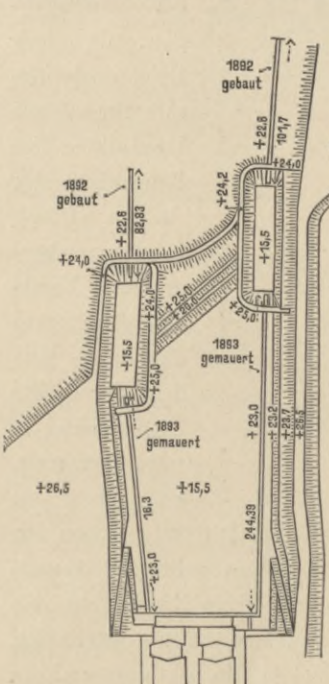


Abb. 103.

1:1 1/2 geneigt. Die Sicherung der Außenböschung gegen den Angriff des Wassers geschah theils durch Strohbestückung, theils durch eine Spreulage von Fashinen, die auf einer mäßig dicken Schicht von Haidekraut ausgebreitet und durch eingeschlagene Pfähle und Draht befestigt wurde. Letztere Sicherung hat sich am besten bewährt. Die innerhalb des Elbdeiches gelegenen Theile der Vorhafenmauern wurden bis auf einen geringfügigen Rest an Maurerarbeiten im Jahre 1893 hergestellt, die Deichstrecken konnten jedoch erst 1894 in Angriff genommen werden, da der Elbdeich so lange vollständig in seinem Bestande erhalten werden musste, bis die betriebsfertig hergestellte Schleuse an seiner Stelle den

Schutz der hinter dem Deiche liegenden reichen Landschaft während der gefährlichen Herbst- und Winter-Hochwasser übernehmen konnte. Da die vollständige Fertigstellung der Schleusen mit Sicherheit im Früh-Herbst 1894 zu erwarten war, so gestatteten die Deichbehörden bereits im Juni 1894 eine theilweise Abtragung und die Durchbrechung des Elbdeiches. Der Deich durfte jedoch zunächst nur um 1,5 m erniedrigt werden, nämlich von + 26,50 auf + 25,00, und die gleiche Höhe mußte den die Baugruben der Ufermauern binnenwärts des Elbdeiches abschließenden Ringdeich-Theilen gegeben werden. Aus der Text-Abb. 103 ist die Gestaltung der Baustelle während der Monate August und September zu ersehen. Die Ringdeiche jeder der beiden Baugruben mußten zweimal über die bereits fertig gestellten Ufermauerstrecken hinübergeführt werden. Da die Deiche unter ungünstigen Umständen einen Elbwasserstand von den Baugruben abhalten mußten, der 8 m über die Sohlen derselben ansteigen konnte, so war besondere Vorsorge zu treffen, daß sich das Wasser nicht längs der Ufermauern oder unter denselben einen Weg in die Baugruben bahnen konnte. Zu diesem Zweck waren bei den außerhalb des Elbdeiches gelegenen Ufermauerstrecken an den Stellen, wo die Deichüberführung stattfinden mußte, zwei Querspundwände in 9 m Entfernung von einander angeordnet worden, die um 0,5 m über die Vorderkante und um 1,0 m über die Hinterkante des Pfahlrostbelages hinausgeführt waren und um 0,5 m über die Oberkante desselben hervorragten. Der Raum zwischen diesen Spundwänden war bis zur Unterkante des Bohlenbelages sorgfältig mit Lehm unterstampft, und das gleiche war noch in einigen Pfahlreihenfeldern vor der elbseitigen Spundwand geschehen. Damit das Wasser an der glatten Vorderfläche nicht so leicht entlang laufen konnte, waren auf jedem Querholm des Pfahlrostes kleine in Kalkmörtel gemauerte, vor die Mauerflucht vortretende Pfeiler angeordnet. An der Hinterseite der Mauern wurden besondere Maßnahmen nicht für nöthig gehalten, da hier die Rückenpfeiler den glatten Verlauf der Mauerflucht unterbrachen, jedoch wurde die Hinterfüllung mit Ziegelbrocken, die in den übrigen Strecken für den unteren Theil zur Anwendung kam, weglassen. Diese Anordnung hat sich durchaus bewährt. Bei der Ueberführung der binnendeichs gelegenen Schutzdeich-

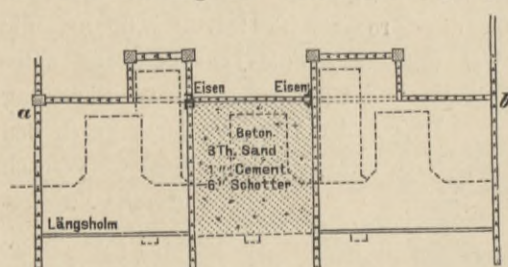


Abb. 104. Grundriß.

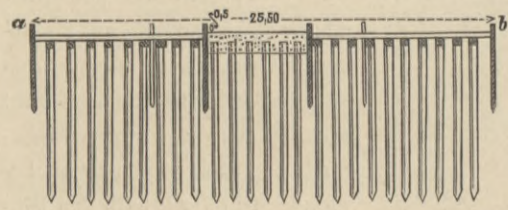


Abb. 105. Schnitt ab.

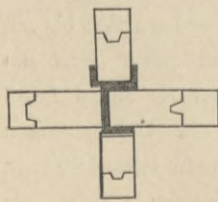


Abb. 106.

Text-Abb. 104 bis 106 zu ersehen ist. Zwischen die beiden mittleren Spundwände wurde der freie Raum unterhalb des Bohlenbelages mit Beton ausgefüllt, während zwischen die mittleren und die End-Spundwände ein Thonschlag eingebracht wurde. An der Vorderflucht der Mauern wurden wiederum kleine Pfeiler aufgemauert, an der Rückseite wurde

in der auf der Text-Abb. 104 ersichtlichen Weise für eine weitgehende Unterbrechung des Verlaufes etwa sich bildender Wasseradern Sorge getragen.

Als die Entscheidung getroffen wurde, daß auch innerhalb des Elbdeiches die Anlage von Schutzdeichen stattzufinden habe, war bei der westlichen Ufermauer bereits ein Theil der hinter dem Pfahlrost angeordneten Spundwand gerammt. Für die beiden mittleren Querspundwände mußte die Längswand durchbrochen werden. Dieses geschah mit Hilfe des aus Text-Abb. 106 ersichtlichen, aus zwei U-Eisen zusammengesetzten schmiedeeisernen Pfahles. Auch die in dieser zweiten Weise hergestellte Dichtung hat sich durchaus bewährt.

Bei der Ausführung sämtlicher Ufermauerstrecken des Vorhafens ereigneten sich erwähnenswerthe Zwischenfälle nicht, die Arbeiten nahmen vielmehr überall einen regelrechten Verlauf. Nach der Hinterfüllung der Mauern zeigten sich an mehreren Stellen Querrisse, dieselben waren jedoch sämtlich so unbedeutend, daß sie zu Bedenken keinen Anlaß boten. Ein Theil der Risse wurde in den Anschlüssen an die Schleusen dadurch hervorgerufen, daß die bei der Beschreibung des Schleusenbaues erwähnte Zusammenpressung des Untergrundes unter den Schleusen auch auf die nächste Umgebung einwirkte, andere entstanden infolge der zeitweilig sehr ungleichen Belastung an den Stellen, wo die Schutzdeiche über die Mauern geführt worden waren.

Die Kosten der Ufermauer, deren Höhe über der Hafensohle 13,5 bis 14,2 m beträgt, haben für 1 m Länge rund 1800 *M* betragen.

Für die Ufermauern am Binnenhafen gestaltete sich die Ausführung wesentlich günstiger, als für die des Außenhafens. Sie konnten in der trocken gehaltenen Baugrube des Hafens erbaut werden und wurden im Laufe des Jahres 1892 bis auf die Hinterfüllung fertiggestellt. Diese geschah in den Monaten April und Mai 1893. So standen die Mauern bis Ende Juli, ohne daß sich irgend welche Bewegungen gezeigt hatten. Dann trat ein Ereigniß ein, durch welches ein beträchtlicher Theil der die Südostseite des Hafens begrenzenden Mauer innerhalb weniger Stunden zerstört wurde. Die Umstände, unter denen dies geschah, und die Ursachen, die die Zerstörung herbeigeführt haben, sollen nachstehend näher erörtert werden.

Einsturz eines Theils der Ufermauer am Binnenhafen. Theils vor, theils während des Baues der Ufermauer war der Binnenhafen überall bis auf eine Tiefe von + 14 bis + 15 trocken ausgebagert worden, und im Juli 1893 wurde damit begonnen, eine weitere Schicht bis zur Tiefe von + 11 in gleicher Weise auszuheben. Nach den beim Aushub der Schleusenbaugrube gemachten Erfahrungen war anzunehmen, daß dies weder in irgend einer Weise schwierig noch bedenklich sein werde. Um die etwa entstehenden Quellenaufbrüche soweit von der Mauer abzuhalten, daß deren Standfestigkeit davon nicht beeinflusst werden konnte, wurde, wie die Abb. 10 auf Bl. 18 u. 19 zeigt, mit der Vertiefung erst in 7,5 m Abstand von dem Fulse der Mauer begonnen. Am 27. Juli hatte die neue Ausschachtung bereits eine ziemlich erhebliche Ausdehnung erreicht, ohne daß sich irgend etwas bedenkenerregendes gezeigt hatte. An diesem Tage, kurz nach 6 Uhr morgens, wurde nun zunächst hinter der Ufermauer in dem Hinterfüllungsboden eine Senkung bemerkt, die langsam aber stetig zunahm, während gleichzeitig die bis auf + 11,40 m ausgebagerte Hafensohle vor der Mauer sich langsam hob. Bis 1 Uhr mittags war an der Mauer selbst noch keine Bewegung zu beobachten. Auch um 3¹/₄ Uhr nachmittags, nachdem das Absinken der Hinterfüllungserde immer noch langsam zugenommen hatte, liefs sich an der

Mauer nur noch eine geringe Senkung wahrnehmen. Dann aber trat plötzlich eine starke und sehr umfangreiche Bewegung ein, derart, daß nicht nur die Hinterfüllungserde, sondern der ganze Erdkörper, in dem die Mauer stand, nach der Hafenseite hin abrutschte. Eine Mauerstrecke von ungefähr 170 m Länge wurde dadurch in weniger als einer Minute bis zu 3 m herabgedrückt und bis zu 2,8 m vorgeschoben. Sämtliche Pfahlroste waren bei dieser Bewegung in sich und im Verhältnis zu der aufliegenden Mauer völlig unzerstört geblieben, auch waren die Zerstörungen im Mauerwerk selbst im Verhältnis zu der großen Verschiebung des ganzen Bauwerks nicht sehr erheblich. Einigermassen starke Zertrümmerungen

waren nur am nördlichen Ende der Rutschstelle eingetreten, wo der Uebergang von der stehengebliebenen Mauer zu der gerutschten ein ziemlich plötzlicher war. Der eine Pfahlrost stand hier noch unverändert, während der benachbarte schon fast die größte Verschiebung zeigte (Text-Abbild. 107).

Am südlichen Auslauf der Rutschung fand der Uebergang von der stehengebliebenen Mauer bis zu dem tiefsten Punkte ganz allmählich auf eine größere Länge statt. Große Zerstörungen des Mauerwerks waren daher hier nicht eingetreten.

Was nun die Ursachen der Zerstörung anbetrifft, so wurde sofort vermuthet, daß die über dem festen Sandgrunde lagernden, mehr oder weniger Sand haltenden Kleischichten nicht durchweg fest sein konnten, daß vielmehr in größerer Tiefe eine weiche schlammartige Bodenschicht

Bohrer dann wieder um ein Meter hinunter gedreht. Dabei stellte es sich heraus, daß der Boden in den unteren Schichten zum Theil so weich war, daß der Bohrer allein durch das Gewicht des Gestänges — 5 kg auf 1 m Länge — ohne Auflast und ohne Drehen hineingedrückt wurde und daß der Inhalt des Bohrlöffels bei dem Aufziehen herausfloß. Diese weiche schlammige und dabei sehr fette Schicht lagert nahe über der Sandschicht in einer mittleren Stärke von etwa 1 m, also in einer Tiefe, daß die Pfähle des Pfahlrostes nicht hineinreichten. Ueber dieser schlammartigen Schicht liegt eine etwas festere, aber immerhin noch ziemlich weiche Kleischicht von verschiedener Mächtigkeit, die ebenfalls sehr fett, ohne

nennenswerthe Sandbeimischungen ist und sich fast auf die ganze Länge der Kai-mauer erstreckt.

Bei diesen Bodenverhältnissen und unter Berücksichtigung der unmittelbaren vor und während der Rutschung gemachten Wahrnehmungen ist es nicht schwer, eine klare Anschauung darüber zu

gewinnen, wie die Rutschung entstanden ist. Der Vorgang ist hiernach und mit Beziehung auf den Querschnitt, Text-Abb. 108, folgendermaßen zu erklären.

Das in der Sandschicht unter dem Kleiboden geführte Grundwasser stand, wie bei dem Schleusenbau festgestellt worden ist, unter einem Druck, der das Wasser, wenn es in offenen Röhren austreten konnte, bis zur Höhe von im Mittel +18,5 ansteigen liefs. Der über der Sandschicht liegende Kleiboden hatte also einen diesem Druck entsprechenden Auf-

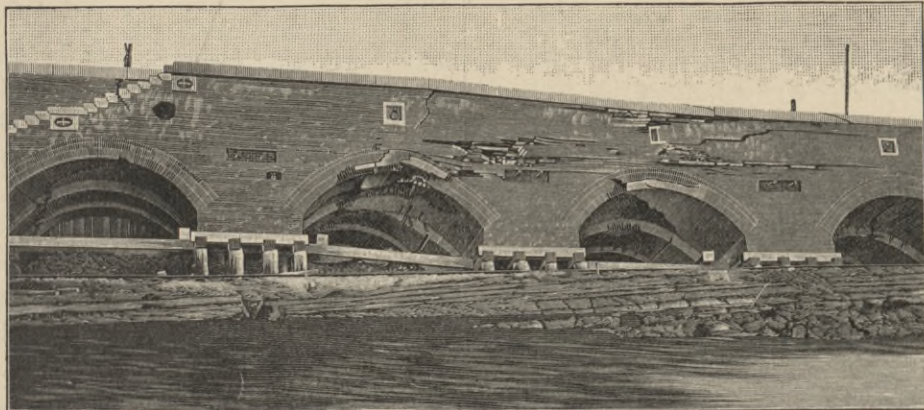


Abb. 107. Südöstliche Ufermauer des Binnenhafens in Brunsbüttelharfen nach der Rutschung.

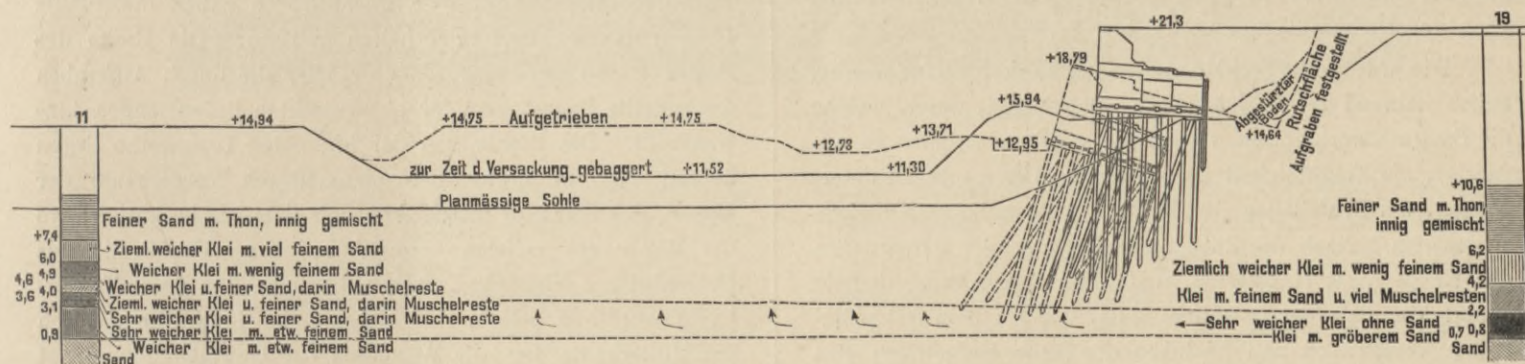


Abb. 108. Querschnitt durch den Binnenhafen mit der versackten Ufermauer. (1:500.)

vorhanden sein müsse. Zur Klarstellung der Sache wurden vor und hinter der gerutschten Mauerstrecke neue Bohrungen ausgeführt, die das in Abb. 10 Bl. 18 u. 19 dargestellte Ergebnis hatten. Der Grad der Festigkeit des Bodens wurde dabei theils nach den mit dem Bohrlöffel herausgeholtten Proben, theils nach dem leichteren oder schwereren Eindringen des Bohrers bemessen. Um jederzeit ein reines Bohrloch zu haben, wurden Futterrohre von 75 mm Weite eingetrieben und in ihrer vollen Länge von Boden frei gebohrt, sodaß der Bohrer bis zur Unterkante des Rohrs eine reine Oeffnung vorfand und in die zu untersuchende Bodenschicht unter dem Rohr frei eindringen konnte. Die Untersuchung fand von Meter zu Meter statt; war eine Bodenschicht von 1 m Stärke untersucht, so wurde das Futterrohr nachgerammt, im unteren Theil durch Ausbohren des beim Nachrammen eingedrungenen Bodens gereinigt und der

trieb auszuhalten, und so lange die Hafensohle auf +14 bis +15 lag, konnte es keinem Zweifel unterliegen, daß das Gewicht des Kleibodens dazu mehr als ausreichend war. Auch eine Vertiefung der Hafensohle bis auf +11 mußte sowohl rechnermäßig als nach den bei dem Aushub der Schleusenbaugrube gemachten Erfahrungen als unbedenklich angesehen werden. Die Oberfläche der wasserführenden Sandschicht liegt unter der Hafensohle im Mittel auf ungefähr ± 0 , bei einer Tiefenlage der Sohle auf +11 hatte also die Kleischicht eine Dicke von rund 11 m. Diese Dicke war zur Verhütung eines Aufbruches schon völlig genügend, wenn das spezifische Gewicht des nassen Kleibodens nur zu 1,7 angenommen wird. Und die Schleusenbaugrube hatte in der gleichen Tiefe von +11 Monate lang trocken gelegen, ohne daß ein Aufbruch erfolgt war. Aber in dem Theil des Hafens, wo der Aufbruch der Sohle und infolge dessen die

Abrutschung des Ufers stattfand, trat zu dem Grundwasser-Auftrieb noch eine zweite in gleicher Richtung wirkende Kraft, auf die nach den damals vorliegenden Angaben über die Bodenverhältnisse nicht gerechnet werden konnte.

Die von dem Beginn der Bodenbewegung an gemachte Beobachtung, daß die über neun Stunden dauernde langsame Senkung des Bodens hinter der Mauer von einem gleichzeitigen und ebenfalls langsam fortschreitenden Aufsteigen des Hafengrundes vor der Mauer begleitet war, liefs klar erkennen, daß beide Bewegungen mit einander in Verbindung standen. Und nachdem durch die später vorgenommenen Bohrungen festgestellt worden ist, daß sich über dem Sande eine ganz weiche schlammartige Kleischicht befindet, kann es ebensowenig zweifelhaft sein, daß diese weiche Schicht es war, durch welche die Verbindung zwischen den beiden Bewegungen vermittelt wurde. Durch sie wurde der Druck, den das in der Höhe von + 21,3 hergestellte Hafenufer auf den Untergrund ausübte, nach Abzug des Grundwasser-Auftriebes, hydrostatisch fortgepflanzt, wie in dem Querschnitt, Text-Abb. 108, durch Pfeile angedeutet ist; so entstand unter der Hafensohle ein zweiter Auftrieb, der in Verbindung mit dem Grundwasser-Auftrieb an einer Stelle, wo die Sohle bis auf + 11,4 vertieft war, einen Aufbruch veranlafte. Nachdem dieser eingetreten war, mußte selbstverständlich die der Belastung durch das Ufergelände entsprechende Spannung in der weichen Kleischicht sich vermindern, und daraus ergab sich dann die weitere Folge, daß die weniger gespannte Kleischicht ihre Auflast nicht mehr tragen konnte, daß deshalb die Uferstrecke in der Nähe der Aufbruchstelle in die weiche Schicht absank und die schlammige Masse mehr und mehr nach der Aufbruchstelle hin verdrückte. So entstand zunächst die langsame Bewegung, die sich in dem Sinken des Geländes hinter der Mauer und in dem Aufsteigen der Hafensohle vor der Mauer kundgab, bis nach Verlauf von reichlich neun Stunden der ganze Bodenkörper, in den die Mauer eingebaut war, in einer durchschnittlichen Breite von etwa 20 m sich von dem weiter zurückliegenden Erdkörper abgelöst hatte und plötzlich in weniger als einer Minute nach der Hafensohle hin abrutschte.

Die Wiederherstellung der versackten Ufermauer. Schon während der Ausführung der Bohrungen, durch welche die Baugrundverhältnisse festgestellt wurden, erschien es angezeigt, die Tragfähigkeit der versackten Ufermauer zu untersuchen, um Grundlagen für die Wiederherstellungs-Entwürfe zu schaffen. Nach der Rutschung waren weitere Bewegungen der Mauer nicht eingetreten, und diese Beobachtung deutete darauf hin, daß der gewaltige Stofs, der bei dem fast plötzlichen Verschieben und Absinken der Mauer aufgetreten sein mußte, eine feste Lagerung der in Bewegung gewesenen Bodenmengen herbeigeführt hatte. Um hierüber Gewißheit zu erhalten, wurde an der stärksten versackten Stelle der Mauer die Hinterfüllung wieder hergestellt und, als sich keinerlei Bewegung zeigte, auch eine Ueberschüttung von 1 m Höhe über der planmäßigen Oberkante der Mauer ausgeführt. Trotzdem die Gewölbe an der belasteten Stelle in ganzer Tiefe mit weit klaffender Fuge gebrochen waren, traten Senkungen oder Verschiebungen der Pfeiler nicht ein, und daraufhin wurde der Entschluß gefafst, die gesackte Mauer als Unterbau für eine neue Stirnmauer zu benutzen und diese nicht nur bis zur planmäßigen Höhe + 21,3 hinaufzuführen, sondern sie auch in allen über dem niedrigsten Wasserstande des Binnenhafens gelegenen Theilen genau dem früheren Plane entsprechend auszubilden. Es wurde jedoch für nöthig gehalten, zwei Mafsnahmen zu treffen, die einer Wiederholung des eingetretenen Unfalles vorbeugen sollen. Wie oben bereits dargelegt wurde, ist der

Mauereinsturz dadurch herbeigeführt, daß die schlammartige Bodenschicht unter der Mauer nach Aufbruch der Hafensohle seitwärts entweichen konnte und dadurch der darüber lagernde, die Ufermauer tragende Boden seine Unterstützung verlor. Um die Bewegung der schlammigen Masse nach dem Binnenhafen hin unmöglich zu machen oder wenigstens, soweit erreichbar, zu erschweren, ist vor der Mauer, und zwar in der ganzen Länge, soweit die Bohrungen das Vorhandensein weicher Schichten ergeben haben, eine Pfahlwand niedergerammt und so dicht hergestellt worden, als sich irgend erreichen liefs. Die Pfähle haben 25 bis 30 cm Durchmesser und sind so tief eingerammt, daß sie überall mindestens 1 m in den festen, unter den weichen Schichten liegenden Sandboden eingreifen. Da sie oberhalb der weichen Schichten auf 5 bis 6 m Höhe in festeren Bodenarten stehen, so sind sie imstande, einen einseitigen Ueberdruck der schlammigen Massen auszuhalten und damit die hydrostatische Fortpflanzung des Druckes, der durch das Gewicht der Mauer und des Geländes hinter der Mauer auf diese Massen ausgeübt wird, nach der Hafenseite hin zu verhüten. Die Pfahlwand wurde so nahe an die Mauer herangerückt, wie es die vortretenden Schrägpfähle des Pfahlrostes gestatteten, um die Gefahr eines Sohlensaufbruches zwischen der Pfahlwand und der Mauer thunlichst einzuschränken. Die Köpfe der Pfähle sind auf die Höhe + 9,0, also 0,5 m unter die planmäßige Hafensohle gelegt worden, um die späteren Baggararbeiten nicht zu behindern.

Durch die zweite Mafsnahme wird eine Entlastung der weichen Bodenschicht angestrebt und zwar durch Uebertragung des Gewichtes der hinter der Mauer lagernden Bodenmengen auf den festen Sanduntergrund. Zu diesem Zweck ist hinter der Mauer ein Pfahlrost mit der aus der Abb. 1 Bl. 22 u. 23 ersichtlichen Anordnung hergestellt. Die Oberkante des 15 cm starken Bohlenbelages liegt auf + 15,6, sodaß der auf ihm lastende Boden eine Höhe von 5,7 m hat. Die Pfähle haben 35 cm Durchmesser und sind so lang, daß sie überall mindestens 1 m in dem festen Sanduntergrund stehen. Da die Höhenlage des Sandes sehr wechselt, so haben die Pfähle Längen bis zu 20,7 m erhalten müssen. Die Breite des Rostes ist so bemessen, daß er über die durch Aufgraben festgestellte Begrenzung der abgerutschten Bodenmengen hinweggreift. Die Pfahlmitten der hintersten Längsreihe liegen überall 13,5 m hinter der planmäßigen Vorderkante der Mauer, der Pfahlrost wurde demnach dort am breitesten, wo die Mauer am meisten vorgeschoben ist. Die Breite des Bohlenbelages schwankt zwischen 6,6 und 9,5 m, seine Vorderkante wurde so gelegt, daß sie mit der Lothrechten durch die Hinterkante der zum Abschluß der Gewölbe-Oeffnungen dienenden Spundwände zusammenfällt. In der Richtung längs der Mauer beträgt der Pfahlabstand durchgängig 1,47 m, in der Richtung quer zur Mauer stehen hinter den nicht vorgeschobenen Theilen der Mauer fünf Pfähle in gegenseitiger Entfernung von 1,5 m. Hinter den vorgeschobenen Theilen wächst diese Entfernung auf 1,64 m an, und auf 100 m Länge ist den fünf Pfählen noch ein sechster hinzugefügt. In den vier hinteren Längsreihen stehen die Pfähle senkrecht, in der vorderen Reihe bezw. auf 100 m Länge der Mauer in den beiden vorderen Reihen haben sie eine Neigung 10:1 erhalten. Um dem Pfahlrost einen größeren Widerstand gegen den Schub des Erddrucks, der bei einer etwa wieder eintretenden Bewegung der Mauer auf ihn zur Wirkung gelangen würde, zu verleihen, sind auf die vorhin erwähnten 100 m Länge hinter jedem Pfeiler noch vier Pfähle mit der Neigung 3:1 angeordnet. Diese Pfähle sind an ihrem oberen Ende mit Längsholmen verbunden, die unter den Querholmen liegen, die den Bohlenbelag des Rostes tragen.

Die Abb. 1 auf Bl. 22 u. 23 stellt denjenigen Querschnitt der Mauer dar, in welchem sowohl die größte Verschiebung wie die größte Senkung eingetreten ist. Aus ihm ist zu entnehmen, welche Maurerarbeiten für die Wiederherstellung auszuführen waren. Die dunkel schraffirten Flächen stellen das Mauerwerk dar, das von dem ursprünglichen Querschnitt benutzt wurde, die gerissen schraffirten Flächen den abzubrechenden Theil und die hell schraffirten den Querschnitt der neuen Stirnmauer. Aus der Abbildung ist auch ersichtlich, daß in dem dargestellten Querschnitt der vordere Theil des Pfahlrostes entfernt werden mußte. Die vier Pfähle der vordersten Pfahlreihe des Pfeilers wurden dicht über dem Boden abgeschnitten, die Querholme gekürzt und der äußere Längsholm entfernt. Zur Zeit des Unfalles waren die vor jedem Pfeiler vorgesehenen starken Streichpfähle noch nicht gerammt. Nach dem Unfall gestatteten die unteren, stark vorgeschobenen Theile mehrerer Pfeiler nicht, die Pfähle mit der Neigung 5:1 vor die Mauer zu rammen. Es hätten die

her. Die oben beschriebene Anordnung der Streichpfähle wurde nur bei den am meisten vorgeschobenen Pfeilern nöthig. Bei anderen Pfeilern konnten die Pfähle bis zum Pfahlrost heruntergeführt und mit der vordersten Langschwelle derselben verbunden werden; bei den am wenigsten vorgeschobenen Pfeilern konnten die Pfähle planmäÙig vor die Mauer gerammt werden, nur mußte ihre Neigung auf 5:1 verstärkt werden. Den Streichpfählen vor den nicht vorgeschobenen Theilen der Mauer wurde der GleichmäÙigkeit halber dieselbe Neigung gegeben.

Die nach der Zerstörung der Ufermauer ausgeführten Bodenuntersuchungen und die Bearbeitung des Wiederherstellungs-Entwurfs hatten den Rest des Jahres 1893 und auch noch die ersten Monate des Jahres 1894 in Anspruch genommen. Mit den Rammarbeiten für den Entlastungspfahlrost und die Pfahlwand wurde Ende April 1894 begonnen, nachdem vorher die Hinterfüllung der Mauer beseitigt worden war. Das Rammen der Pfähle des Pfahlrostes machte theil-

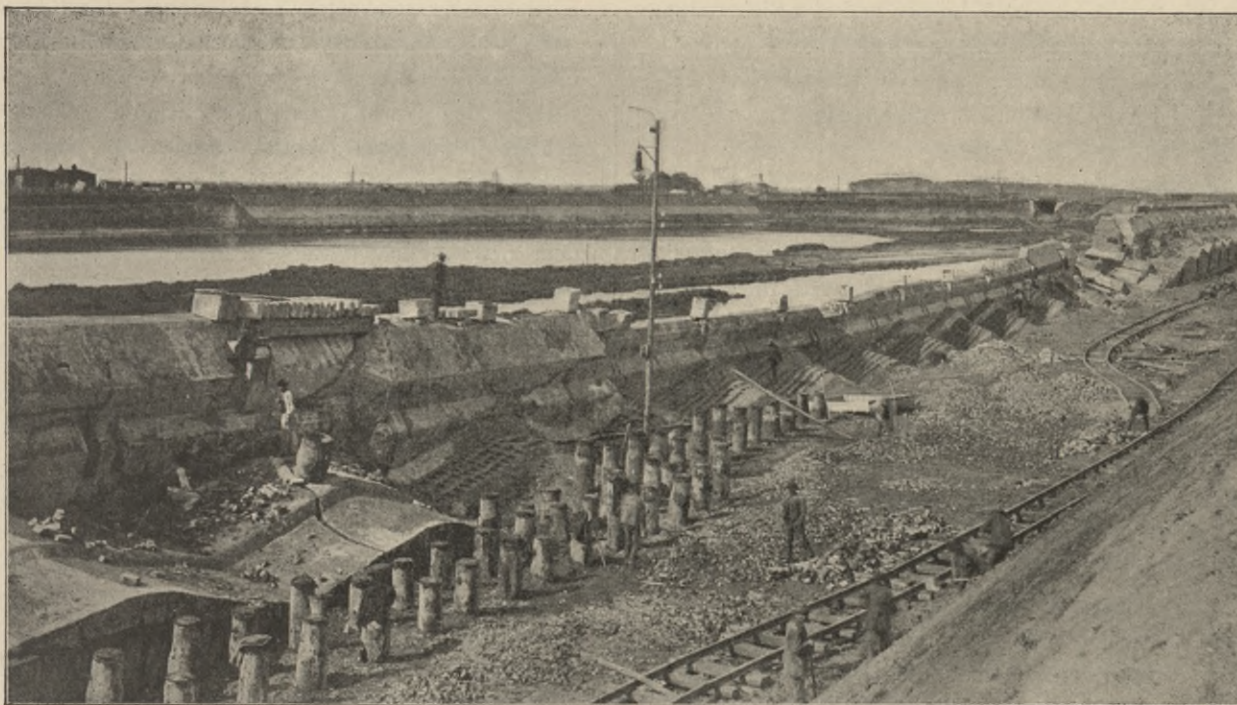


Abb. 109. Wiederherstellung der Ufermauern am Binnenhafen in Brunsbüttel.

Pfähle bei den am meisten vorgeschobenen Pfeilern eine wesentlich stärkere Neigung erhalten müssen, wenn sie in der vor dem Unfall beabsichtigten Weise vor der Mauer eingerammt worden wären. Die UngleichmäÙigkeit in der Pfahlneigung hätte nicht nur einen wenig schönen Eindruck gemacht, sondern auch den Unfall nach Beendigung der Wiederherstellungsarbeiten und dem Einlassen des Wassers in den Binnenhafen erkennen lassen. Deshalb wurde die aus der Abb. 1 Bl. 22 u. 23 ersichtliche Anordnung gewählt. Auf jedem Querholm des Pfahlrostes wurde ein 30×30 cm starker Stiel aus Kiefernholz in einem 10 cm tiefen Schlitz im Mauerwerk aufgestellt. Auf die vier Stiele jedes Pfeilers wurde eine gleich starke Schwelle, deren Oberkante auf +17,0 liegt, aufgezapft und mit dem Pfeilermauerwerk durch drei kräftige Steinschrauben verbunden. Auf diese Schwelle stützt sich der aus 40 cm starkem eichenen Rundholz bestehende Streichpfahl derartig, daß er mit einem Blatt hinter die Schwelle greift. Im unteren Theil seiner Länge befindet er sich ebenso wie die Stiele in einem durch Ausstemmen hergestellten Mauerschlitze; dicht unter dem niedrigsten Binnenhafen-Wasserstand, also dicht unter der Höhe +18,5, ist er in eichenen Sattelhölzern gelagert. Ein kräftiger schmiedeeiserner verzinkter Bügel und zwei Steinschrauben stellen die Verbindung mit dem Pfeilermauerwerk

weise insofern Schwierigkeiten, als die Pfähle bis 20,7 m lang wurden und die Rammen hierauf nicht eingerichtet waren. Es blieb nichts anderes übrig, als mit einer Jungfer zuerst ein etwa 3 m tiefes Loch herzustellen, in das der Pfahl hineingesteckt wurde. Die Jungfer erhielt nach verschiedenen Versuchen an dem unteren Ende eine Wulst, die die Reibung während des Ausziehens vermindern sollte. In der Wulst waren zwei Ausschnitte vorgesehen, um der Luft einen Weg unter die Jungfer zu bieten. Von vornherein war anzunehmen gewesen, daß durch das Einrammen der Pfähle Bewegungen im Mauerwerk entstehen würden, weil die Ufermauer durch die in den Boden eindringenden Pfähle gleichsam vorgekeilt wurde. Die Bewegungen sind auch nicht ganz ausgeblieben, sie haben sich aber in engen ungefährlichen Grenzen gehalten. An zwei Stellen ist die Mauer um 2 bis 3 cm vorgetrieben, wobei gleichzeitig in den Gewölben einige Haarrisse entstanden. Die Herstellung der Pfahlwand vor der Mauer wurde dadurch etwas ungewöhnlich, daß der Binnenhafen an der Mauer nur bis +14,5 ausgeschachtet war, während die Oberkante der Pfähle nicht über +9,0 liegen durfte. Sämtliche Pfähle mußten daher 5,5 m hintergejungfert werden. Schwierigkeiten sind dabei nicht aufgetreten. Das Abbrechen des zu beseitigenden Mauerwerks begann zugleich mit den Rammarbeiten, das neue Mauerwerk

wurde jedoch erst nach der Fertigstellung des Rostes aufgeführt, nachdem sämtliche Risse in den Mauern sorgfältig mit Cementmörtel vergossen und die beiden am meisten beschädigten Gewölbe durch neue ersetzt worden waren. Die Hinterfüllung der Mauer wurde ganz allmählich und gleichzeitig mit dem inzwischen eingeleiteten Steigen des Binnenhafens-Wasserstandes derart bewirkt, daß die Oberkante der Hinterfüllung ständig etwa 1 m über dem jeweiligen Wasserstande lag. Die letzte 1 m hohe Schicht der Hinterfüllung wurde erst im Jahre 1895 aufgebracht, nachdem vorher der Binnenhafen in voller Tiefe ausgebaggert war. Dann wurden auch erst die Streichpfähle vor der Mauer eingerammt. Bewegungen sind in der Mauer seit ihrer Wiederherstellung nicht beobachtet worden, und heute vermag selbst das Auge des Kundigen nichts zu entdecken, was darauf hinweist, daß die Mauer einst einen so bedeutsamen Unfall erlitten hat, vielmehr zeigen die sämtlichen Mauern des Binnenhafens, ob sie von dem Unfall betroffen worden sind oder nicht, durchweg dasselbe Aussehen.

Die Kosten der Wiederherstellungs- und der Sicherungsarbeiten haben für 1 m Mauerlänge rund 870 *M* betragen. Die Text-Abb. 109 zeigt nach einer photographischen Aufnahme den Stand der Arbeiten am 30. Mai 1894.

Die Binnenhafen-Ufermauer westlich von der Schleuse. Auf der Südwestseite des Binnenhafens schließt sich an die Schleuse eine 49,7 m lange Ufermauer an, die von der Schleuse nach dem Betriebshafen zu führt (vgl. Abb. 4 Blatt 7 u. 8). Diese Ufermauer hat fast dieselbe Bauweise wie die an der Südostseite des Binnenhafens, sie unterscheidet sich von ihr nur dadurch, daß der Bohlenbelag des Pfahlrostes um 1 m höher liegt, weil die Hafensohle hier nur bis zur Höhe +12,5 ausgebaggert wurde. Bei dem ersten Pfeiler neben der Schleuse waren jedoch besondere Vorsichtsmaßregeln erforderlich. Die Rostpfähle dieses Pfeilers stehen nämlich in der bis +11,0 ausgeschachtet gewesenen Schleusenbaugrube, deren Sohle hier überdies durch ausfließendes Wasser noch weiter vertieft worden war. Zudem wird gerade dieser Theil der Mauer durch die Bodenansättungen an die Schleuse besonders belastet. Aus diesem Grunde wurden die Pfähle nicht nur um 1 m länger angenommen als bei den übrigen Pfeilern, sondern es wurde außerdem das erste Gewölbe um 4,5 m nach hinten verbreitert. Diese Maßnahmen haben sich bewährt, Bewegungen im Mauerwerk sind nicht bemerkt worden.

Gepflasterte Böschungen am Binnenhafen. Am Betriebshafen, am nordwestlichen Ufer des Binnenhafens und an den Ufern der Uebergangsstrecke zur planmäßigen Canalbreite ist theils mit Rücksicht auf den Kostenpunkt, theils um spätere Erweiterungen der Hafenanlagen nicht zu erschweren, von der Anlage von Ufermauern abgesehen worden. Die Uferbefestigung beschränkt sich hier auf eine Befestigung der Böschungen in ähnlicher Weise, wie sie in der Canalstrecke zur Ausführung gekommen ist. Diese Befestigung besteht von der auf +16,55 liegenden Unterwasser-Berne bis zur Niedrigwasserlinie (+18,5) aus einem 25 cm starken Ziegelpflaster; darüber ist eine Pflasterung aus Säulenbasalt von im Mittel 24 cm Stärke auf einer 22 cm hohen Schicht von Ziegelbrocken ausgeführt. Die Böschungsdeckungen wurden in den Jahren 1893 und 1894 im wesentlichen im Selbstbetrieb hergestellt. Dabei kostete die Anfertigung von 1 qm Ziegelpflaster 0,85 *M*, von Basaltpflaster 1,80 *M* Arbeitslohn einschl. der Einbringung der Unterbettung. 1 m Uferböschung kostete einschl. aller Materialien durchschnittlich 66,75 *M*.

3. Der Bau der Molen.

Hierzu die Abb. 4 Bl. 6 u. 7 und die Abb. 4 bis 9 Bl. 22 u. 23.

Der Entwurf. Die südöstliche Mole verläuft parallel zur Schleusenachse, sie hat einschl. des 19 m langen Kopfes eine Länge von 131,44 m und ist soweit in die Elbe hineingeführt, daß ihr Kopf mit der Tiefenlinie zusammenfällt, die 5 m unter dem Niedrigwasser der Elbe liegt. Die nordwestliche Mole ist erheblich länger. Sie ist im Anschluß an die Ufermauer des Vorhafens nach einem Halbmesser von 750 m gekrümmt und hat eine Länge von 247,67 m. Der ebenfalls 19 m lange Kopf setzt an der Hafenseite diese Krümmung fort und endet in der natürlichen 10 m Tiefenlinie.

Bei Aufstellung des Entwurfes für den Bau der Molen wurde zuerst eine Bauweise in Aussicht genommen, die bei den preussischen Ostseehäfen mehrfach zur Anwendung gekommen ist und von Hagen in seinem Seeufer- und Hafenbau, dritter Band, § 57, sehr empfohlen wird: zwischen zwei unter sich verankerten Pfahlwänden, die bis zur Höhe des mittleren Wasserstandes hinaufreichen, eine Steinschüttung und darüber eine aus Mauerwerk hergestellte Krone. Gegen diese Bauweise erhoben sich aber bei den in Brunsbüttel vorliegenden Verhältnissen erhebliche Bedenken, die dazu geführt haben, den ursprünglichen Plan dahin abzuändern, daß zwar die Pfahlwände und der obere Mauerkörper beibehalten worden sind, sodafs der Bau sich äußerlich von dem ursprünglichen Entwurf nicht unterscheidet, daß aber erstlich zur Ausfüllung zwischen den Pfahlwänden nicht ausschließlich Steine, sondern Faschinensenkstücke und Steine, zum Theil auch Senkfaschinen vorgesehen worden sind, ferner, daß der obere Mauerkörper auf einen Pfahlrost gestellt und dadurch von den Bewegungen des Füllmaterials zwischen den Pfahlwänden unabhängig gemacht worden ist.

Die Umschließung von Hafendämmen mit Pfahlwänden wird in neuerer Zeit ziemlich allgemein als eine sichere und in vielen Fällen auch als die zweckmäßigste und billigste Bauart angesehen. Dagegen gehen die Meinungen aus einander bezüglich der Frage, mit welchem Material der Raum zwischen den Pfahlwänden ausgefüllt werden soll. Nach diesseitigem Dafürhalten liegt die Sache so, daß hierauf eine allgemeingültige Antwort nicht gegeben werden kann, die Frage vielmehr für jeden einzelnen Fall besonders geprüft und entschieden werden muß. Hierbei werden in der Regel die Belegenheit des Dammes, die Höhe desselben und die Beschaffenheit des Baugrundes ausschlaggebend sein. Uebermauerte Steinschüttungen zwischen Pfahlwänden sind nach dem vorhin angeführten Capitel in Hagens Seeufer- und Hafenbau zuerst in Stolpmünde, später auch in Swinemünde, Rügenwaldermünde und in Pillau ausgeführt worden. Die so hergestellten Hafendämme, vor Stolpmünde gelegen, stürzten — angeblich wegen der großen Ueber-eilung des Baues und ungenügender Verankerung der Pfahlwände — während eines heftigen Sturmes theilweise ein, bei den späteren Bauten dagegen sind derartige Unfälle nicht vorgekommen. Hagen hält es nach den Erfahrungen in Stolpmünde für ein unbedingtes Erforderniß, die fertige Schüttung einige Jahre hindurch liegen zu lassen, bevor mit der Uebermauerung begonnen wird, damit einestheils der Wellenschlag bei starken Stürmen die einzelnen Steine so lange bewegt, bis sie eine feste Lage annehmen, vorzugsweise aber, damit die durch den Damm veranlaßten Aenderungen in den Strömungen zur vollen Wirksamkeit kommen und neben dem Damm sich diejenigen Vertiefungen dauernd oder vorübergehend eingestellt haben, die ein tieferes Herabsinken der Steine in den Untergrund veranlassen könnten.

Aber selbst, wenn diese Vorsicht nicht aufser acht gelassen wird, so sind doch die Verhältnisse bei Brunsbüttel in mehrfacher Beziehung so wesentlich andere, als bei den genannten Ostseehäfen, dafs es immer noch sehr gewagt sein würde, eine Bauart, die sich dort als haltbar bewährt hat, hierher zu übertragen. Schon der Umstand, dafs der Untergrund bei Brunsbüttel aus Kleiboden besteht, der eine wesentlich geringere Festigkeit hat, als der sandige Meeresgrund vor den genannten Ostseehäfen, läfst eine lose Steinschüttung als Unterlage für einen Mauerkörper bedenklich erscheinen. Denn wenn man auch annehmen wollte, dafs eine solche Steinschüttung sich nach und nach so tief in den Grund hineindrücken und so fest ablageren würde, dafs keine weiteren Bewegungen zu erwarten wären, so würde doch diese Ablagerung eine sehr geraume Zeit erfordern und der Ruhezustand nur so lange dauern, als keine neuen Belastungen hinzutreten. Die Zunahme der Belastung durch das über der Schüttung herzustellende Mauerwerk würde jedenfalls neue und vielleicht sehr ungleichmäfsige Bewegungen zur Folge haben, erhebliche Risse und Zerstörungen im Mauerwerk würden demnach unausbleiblich sein. Eine fernere Schwierigkeit sowohl für den Bau als auch für die Unterhaltung eines solchen Hafendammes würde bei Brunsbüttel daraus erwachsen, dafs die Zwischenräume zwischen den geschütteten Steinen sich bei der grofsen Schlickhaltigkeit des Elbwassers in kürzester Zeit mit einer weichen Schlickmasse ausfüllen würden, die fast so glatt ist wie Seife und die Wirkung haben würde, den ohnehin schon starken Druck der Steine auf die Pfahlwände noch zu erhöhen. Keinesfalls wird es für die Gröfse dieses Druckes ohne Bedeutung sein, ob die Zwischenräume mit reinem Meeressand, wie an den Ostseehäfen, oder mit weichem Schlick ausgefüllt sind. Um bei gleicher Höhe und Breite des Damms auch den gleichen Grad von Sicherheit zu erzielen, würden also sowohl die Pfahlwände wie deren Verankerungen bei Brunsbüttel entsprechend stärker angeordnet werden müssen, als bei den Ostseehäfen. Mit der Zunahme des Druckes gegen die Pfahlwände wachsen aber zugleich die Schwierigkeiten und Kosten einer Ausbesserung des Damms für den Fall, wenn das Pfahlwerk beschädigt wird. Und diese Schwierigkeiten sind, wie Hagen in seinem vorerwähnten Handbuche mittheilt, schon bei der Wiederherstellung der beschädigten Stolpmünder Dämme sehr erheblich gewesen. Zur Vermehrung der vorerwähnten Schwierigkeiten trägt auch noch der Umstand bei, dafs die Brunsbütteler Hafendämme höher sind, als an den Ostseehäfen. Die ersteren liegen mit der Oberkante der Pfahlwände 11 m über der Hafensohle, die Hafendämme bei Stolpmünde, bei Swinemünde und Rügenwaldermünde nur 6 bis 7 m, bei Pillau 9 bis 10 m. Die Uebermauerung ist, abgesehen von den Brustmauern, bei Brunsbüttel reichlich 4 m hoch, in den vorgenannten Ostseehäfen 2 bis 3 m.

Endlich ist noch hervorzuheben, dafs ein Zusammenrütteln der Steine durch das Gegenschlagen der Wellen, worauf Hagen ein besonderes Gewicht legt, bei Brunsbüttel völlig ausgeschlossen ist. Hagen sagt, beim Gegenschlagen der Wellen wird die Schüttung so lange in Bewegung gesetzt, bis sie eine geschlossene Lage angenommen hat. Das mag für die Ostseeküste richtig sein, trifft aber für Brunsbüttel nicht zu. Denn erstlich ist die Wellenbewegung in der Elbe bei Brunsbüttel nicht so stark, als an der offenen Ostsee, und ferner bilden sich bei Brunsbüttel gröfsere Wellen nur bei den durch auferordentliche Stürme erzeugten Hochfluthen; dann aber würde die nur bis auf 1 m über das gewöhnliche Niedrigwasser hinaufgeführte Schüttung so tief unter der Wasseroberfläche liegen, dafs sie von der Wellenbewegung gar nicht berührt würde. Es würde deshalb bei

Brunsbüttel kaum jemals ein Stein, geschweige denn die ganze Schüttung durch den Wellenschlag in Bewegung gesetzt werden. Den besten Beweis hierfür geben die an dem Brunsbütteler Elbufer zahlreich vorhandenen Buhnen, die alle mit einer Lage lose zusammengelegter Steine abgedeckt und zum Theil ebensoweit, wie die in Rede stehenden Hafendämme, in das Strombett der Elbe hineingebaut sind. Von diesen Decksteinen wird im Winter bei Eisgang oft ein Theil heruntergeschoben, die Wellen aber gehen selbst bei den schwersten Stürmen in der Regel spurlos über sie hinweg. Demnach mufs angenommen werden, dafs die zwischen Pfahlwänden geschütteten Steine bei Brunsbüttel in demselben losen Zusammenhang, den sie unmittelbar nach der Schüttung haben, so lange liegen bleiben würden, bis sie einmal durch ein anfahrendes oder gegentreibendes Schiff in Bewegung gesetzt werden. Selbst wenn dabei die Pfahlwand nicht beschädigt würde, so läge doch die Gefahr sehr nahe, dafs die lose zusammenliegenden, zum Theil in weichem Schlick eingebetteten, im übrigen mit einer dünnen glatten Schlickhaut überzogenen Steine infolge der Erschütterung sich verschieben und in der Schüttung theilweise Senkungen eintreten würden. Ein Nachsinken des oberen Mauerwerks würde dann nicht lange ausbleiben.

Alle diese Schwierigkeiten und Gefahren werden umgangen, wenn, wie nach dem zur Ausführung gekommenen Entwürfe, die Steinschüttung durch eine Faschinenpackung ersetzt und die Uebermauerung auf einen Pfahlrost gestellt wird. Der Faschinenkörper übt gegen die umschliessenden Pfahlwände fast gar keinen Druck aus, es wird also jede Gefahr für die Haltbarkeit der Pfähle und der Verankerungen damit beseitigt. Wird die Pfahlwand einmal von aufsen derart beschädigt, dafs einzelne Pfähle durch neue ersetzt werden müssen, so ist diese Auswechslung ohne jede Schwierigkeit und mit geringen Kosten zu bewerkstelligen. Es ist dabei weder ein Nachstürzen des Füllmaterials noch eine Beschädigung des oberen Mauerkörpers zu befürchten. Die Faschinenpackung hat gegenüber der Steinschüttung noch den Vorzug, dafs sie weit dichter ist als diese und daher den Hafen gegen seitliche Durchströmungen vollständiger abschliesst, sowie dafs sie nach den Materialpreisen an der Unterelbe etwa um die Hälfte billiger wird. Als einen Mangel der Faschinenpackung pflegt man wohl anzuführen, dafs sie einer allmählichen Zusammenpressung unterliegt und daher zur Erhaltung ihrer Höhe hin und wieder mit einer neuen Decklage versehen werden mufs. Aber das ist immer nur nach einer längeren Reihe von Jahren nöthig und in der Regel weder schwierig noch kostspielig.

Um bei den Brunsbütteler Hafendämmen die Krone der Faschinenpackung überall zugänglich zu machen, ist der Mauerwerkskörper im unteren Theil aus zwei in der Längsrichtung der Molen verlaufenden getrennten Mauern gebildet, deren 4 m breiter Zwischenraum durch ein Gewölbe überspannt wird. Von den so hergestellten Hohlräumen aus kann die Aufhöhung des Faschinenkörpers ohne sonderliche Schwierigkeiten bewerkstelligt werden. Zugänglich sind diese Hohlräume durch mehrere die Gewölbe durchdringende Einsteigeschächte, die in der Molenkrone mittels gitterförmiger Platten abgedeckt sind und zugleich dazu dienen, bei steigendem Wasser die Luft aus den Hohlräumen entweichen und bei fallendem Wasser wieder eintreten zu lassen.

Die Pfähle der den Faschinenkörper umschliessenden Pfahlreihen haben in der Längsrichtung der Molen einen Abstand von 0,5 m von Mitte zu Mitte. In dem Pfahlrost, der das Mauerwerk trägt, beträgt der Abstand der in der Querrichtung durchgehenden Joche 1,25 m. Die Pfähle sind im übrigen so angeordnet, dafs jeder mit höchstens 4,5 cbm

Mauerwerk, also mit etwa 9 t belastet wird. Die Verankerungen zwischen den beiden äußeren Pfahlwänden sind in Abständen von 5 zu 5 m eingelegt und schliessen sich den in ganzer Breite des Mauerwerks durchgehenden Querholmen des Pfahlrostes an. In betreff der Verankerung dieser Wände, soweit sie die Köpfe der Molen einschliessen, ist aus der Abb. 5 Bl. 22 u. 23 alles nähere zu ersehen.

Im Anschluß an die Ufermauern des Vorhafens sind die Molen auf kürzeren Strecken hinterfüllt, ihr Unterbau mußte hier derartig ausgebildet werden, daß er dem recht beträchtlichen Erddruck Widerstand leisten konnte. Aus Abb. 5 u. 8 Bl. 22 u. 23 ist zu ersehen, wie diese Aufgabe gelöst worden ist. Bei der südöstlichen Mole ist die dementsprechend ausgebildete Molenstrecke 28, bei der nordwestlichen Mole 40 m lang.

Die Krone der Molen liegt im Mittel + 23,5 und die Oberkante der 1,5 m starken Brüstungsmauer auf + 24,7, also 3,41 m über dem gewöhnlichen Hochwasser der Elbe und etwa 2,4 m über dem höchsten Elbe-Wasserstande, bei dem das Einlaufen von Schiffen in den Vorhafen und die Schleusen noch als statthaft angenommen wird. Die Ansichtsflächen der Molen sind mit Basaltsäulen durchschnittlich 40 cm stark verblendet. Vor den Molen stehen je 8 m von einander entfernte kräftige Streichpfähle, die mit den Gurtbälzern der Schrägpfahlwände verbunden sind, bis + 23,0 hinaufreichen und mit halbkugelförmigen, verzinkten gußeisernen Kappen abgedeckt sind.

Die Bauausführung. Mit der Ausführung der Molen wurde im April 1893 begonnen und zwar zunächst an der Südost-Mole. Nachdem die Sohle der Baugrube durch einen Nafsbagger in 15 m Breite auf + 11,0 hergestellt worden war, wurden zunächst die beiden mittleren Jochpfähle des Pfahlrostes der Mauer durch zwei unmittelbar wirkende Dampfzrammen von 1400 kg Bärgegewicht und 1,4 m Hub, die gemeinsam auf einem Prahm in der planmäßigen Entfernung von 4,30 m aufgestellt waren, gerammt. Die Pfähle waren 2 m länger beschafft worden, als für den fertig gestellten Bau nöthig gewesen wäre, und ragten deshalb, da sie nur bis zur planmäßigen Tiefe niedergeschlagen waren, mit ihren Köpfen bis + 21,3, schnitten also mit dem gewöhnlichen Hochwasser ab. Sobald diese Pfähle gerammt waren, wurde auch mit dem Herstellen und Versenken der den größten Theil des Faschinenkörpers bildenden Sinkstücke begonnen. Die Sinkstücke waren zumeist 20 m lang, zwischen 8 und 9 m breit und 1,5 m hoch, sodafs zur Herstellung der vollen Höhe des Faschinenkörpers fünf Lagen Sinkstücke über einander nöthig waren. An den Molen-Köpfen wo die Breite des Faschinenkörpers bis zu 13 m beträgt, wurden auch die Sinkstücke entsprechend verbreitert. Angefertigt wurden die Sinkstücke auf einem an den schon gerammten beiden Pfahlreihen aufgehängten Gerüst. Dieses wurde für jedes einzelne Stück besonders hergestellt und zwar in der Weise, daß zur Ebbezeit, nachdem das Wasser bis auf ungefähr 1,5 m unter die Pfahlköpfe abgefallen war, sogenannte Schlitten zwischen die in der Längsrichtung der Molen um 1,25 m von einander entfernten Jochpfähle geflüßt und in genau gleicher Höhenlage an vier eisernen Klammern aufgehängt wurden. Die Schlitten bestanden aus je vier mit einander verbundenen, 20 cm hohen und 15 cm breiten Balken, deren Länge reichlich so groß war, als die untere Breite der Sinkstücke. Die Klammern wurden im Hirnholz der gerammten Pfähle befestigt. Jede Trosse war mit der einen Klammer fest verbunden, während sie an der anderen einen leicht zu lösenden Knoten hatte (Text-Abb. 110). Auf dem so hergestellten Gerüst wurde zunächst der untere Rost des Sinkstückes angefertigt. Zu demselben wurden nicht, wie meist üblich, Faschinenwürste

verwandt, sondern Eisenbänder, die aus zwei Drähten von je $3\frac{1}{2}$ mm Durchmesser zusammengeflochten wurden. Statt der Luntleinen wurde $1\frac{1}{2}$ mm starker, geglühter und verzinkter Draht gebraucht. Sobald der untere Rost fertig war, wurde mit dem Aufbringen der Faschinen begonnen. Diese Arbeit, sowie die Herstellung des oberen Rostes und das Verbinden der beiden Roste mußte derartig beschleunigt werden, daß das Sinkstück vor Eintritt des nächsten Hochwassers versenkt werden konnte, da es sonst die zwischen den Rammpfählen angebrachten Verbindungshölzer abgerissen hätte, bei größeren Hochfluthen auch wohl über die Rammpfähle hinweggehoben und fortgetrieben wäre. Die Text-Abbildung 111 läßt einen Einblick in den Verlauf der Arbeiten gewinnen. Die schnelle Herstellung der Sinkstücke wurde dadurch begünstigt, daß die Schiffe mit dem erforderlichen Buschwerk und den Belastungssteinen dicht neben dem Sinkstück liegen konnten, sodafs alle Materialien unmittelbar zur Hand waren. Der obere Rost wurde genau so hergestellt wie der untere. Sobald das Sinkstück fertig

gebunden war, wurde an dem äußeren Rande entlang eine Faschinenwurst befestigt, um das Herunterfallen der Beschwerungs-Steine zu verhüten, und nunmehr war das Stück für das Versenken bereit. Im allgemeinen nahmen die Arbeiten soviel Zeit in Anspruch, daß bereits wieder die Fluth eingetreten war und das fertig gestellte Sinkstück zu schwimmen begann.

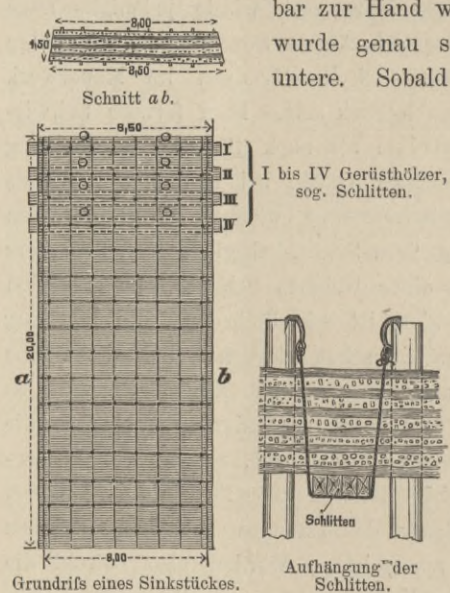


Abb. 110.

und das fertig gestellte Sinkstück zu schwimmen begann.

Vor dem Aufbringen der Beschwerungs-Steine wurden sämtliche lösbaren Knoten der Trossen, in denen die Schlitten hingen, auf einmal gelöst und dann die Schlitten unter dem Sinkstück seitwärts herausgezogen. Dieses gelang stets ohne große Mühe, die Schlitten wurden zwischen die Pfahljoche geflüßt, wo das nächste Sinkstück hergestellt werden sollte, und nunmehr mit dem Absenken des fertigen Stückes begonnen. In dieser Weise sind bei der Südost-Mole 35, bei der Nordwest-Mole 77 Sinkstücke hergestellt und versenkt worden. Der Inhalt der Sinkstücke betrug zusammen 32000 cbm.

Nachdem die Sinkstücke für eine Molenstrecke vollständig fertig gestellt waren, wurde mit den weiteren Rammarbeiten begonnen. Dazu wurden die bisher gerammten Pfähle verholmt und auf den Holmen ein Gleis verlegt, auf dem eine Doppelramme lief. Diese schlug zunächst die beiden senkrechten Pfahlreihen für den Unterbau des Molenmauerwerks. Dadurch, daß die Pfähle durch den 7,5 bis 8 m starken Buschkörper hindurchgerammt werden mußten, wurde die Arbeit verlangsamt, weitere Schwierigkeiten entstanden jedoch nicht, nicht einmal die Verwendung von eisernen Schuhen oder sonstiger Hilfsmittel wurde nothwendig. Der Doppelramme, die die senkrechten Pfähle rammte, folgte eine zweite Doppelramme für die Schrägpfähle des Pfahlrostes und dieser endlich eine dritte für die beiden äußeren Schrägpfahlwände. Diese letztere Ramme (Text-Abb. 112) hatte Bären von 1800 kg Gewicht bei 1,7 m Fallhöhe und war ebenso wie die übrigen Rammern unmittelbar wirkend. Nach Beendigung der Ramm-

arbeiten wurden noch die beiden mittleren Pfahlreihen mit ihren Köpfen auf dieselbe Höhe niedergeschlagen, wie die übrigen Pfähle des Pfahlrostes, sie stecken also 2 m tiefer im Boden als diese und als im Entwurf vorgesehen war. Bei der Südost-Mole waren die Arbeiten bis zum August 1893 so weit vorgeschritten, daß in der Mitte dieses Monats mit dem Verholmen der Pfähle und demnächst mit dem Aufbringen des Rostbelages begonnen werden konnte. Bei der Nordwest-Mole geschah dieses erst im Anfang März des Jahres 1894. Das Verholmen zog sich sehr in die Länge, da es nur bei Niedrigwasser zur Zeit der Ebbe und auch dann nur bei günstigen Winden vorgenommen werden konnte; es gelang jedoch, an der Südost-Mole am Ende des März 1894 und bei der Nordwest-Mole Anfang Mai mit den Maurerarbeiten zu beginnen und dieselben in allen wesentlichen Theilen vor Eintritt des Winters 1894/95 zu vollenden. Während der Verholmungsarbeiten sollte auch der Zwischenraum zwischen

lichen Bewegungen den Zusammenhang der einzelnen Ziegelsteine lockerten. Bessere Erfolge wurden durch eine dichte Abdeckung des frischen Mauerwerks mit Ziegelsteinen erzielt, und zwar war diese Maßnahme dann besonders wirksam, wenn die Wellenbewegung durch schwimmende, in der Nähe der Molen verankerte Fender ermäßigt wurde.

Die vollständige Fertigstellung der Molen erfolgte im Frühjahr 1895. Bald nachher zeigten sich in der nordwestlichen Mole drei feine Querrisse und in der südöstlichen ein Riß, die sämtlich nur im hafenseitigen Theil des Mauerquerschnittes sichtbar waren. Zunächst wurden diese Risse auf innere Spannungen des Mauerwerks infolge der Wärmeunterschiede während der Bauausführung zurückgeführt. Da die Risse allmählich an Breite zunahm und überdies die Wahrnehmung gemacht wurde, daß sie sich bei Hochwasser schlossen, während sie bei Niedrigwasser größer wurden, so mußte ihr Entstehen der starken Aufschlickung zugeschrieben

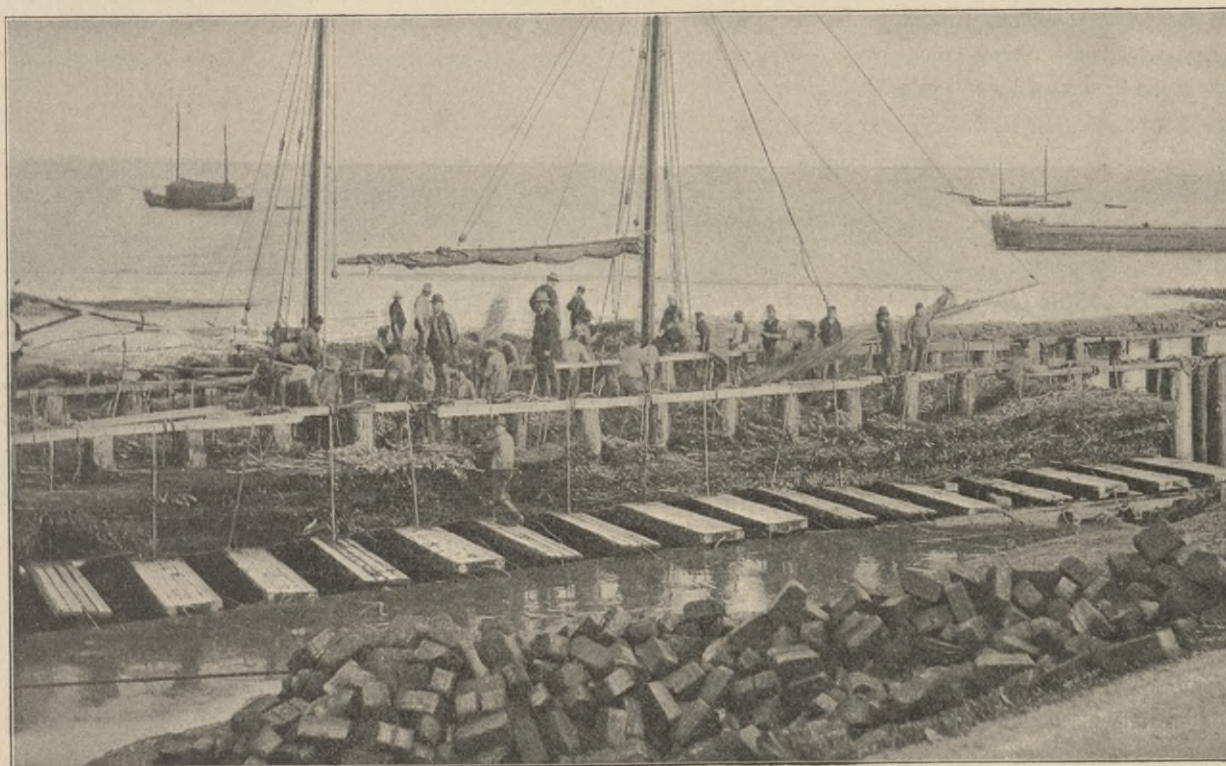


Abb. 111. Herstellung eines Sinkstückes.

den Sinkstücken und den Schrägpfahlwänden mit Senkfaschinen und Steinen ausgefüllt werden. Dieses konnte jedoch nicht geschehen, weil beide Molen an der Hinterseite bis etwa zur Höhe +19,0 vollständig verschlickt waren. Auch an der Vorderseite der Molen war mit Ausnahme einer kurzen Strecke am Westmolenkopf eine so starke Schlickablagerung eingetreten, daß selbst nach erfolgter Baggerung und trotz heftiger, durch die Schraubenflügel eines Dampfers erzeugter Wasserbewegung der zwischen der Pfahlwand und dem Sinkstück abgelagerte Schlick nicht herausfallen wollte. Es blieb nichts übrig, als den Schlick durch Verstürzen von Steinen nach Möglichkeit zu verdrängen und auf diese Steine die Senkfaschinen zu packen und kräftig zu belasten.

Der für das Mauerwerk verwandte Mörtel bestand aus 1 Raumtheil Cement, 1 Theil Trafs, $\frac{2}{3}$ Theilen Kalkbrei und 4 Theilen Sand. Er hat sich ganz besonders dort bewährt, wo das Mauerwerk in Tidearbeit hochgeführt und bald nach seiner Fertigstellung überfluthet wurde. Ein Ausspülen der Fugen kam nicht sehr häufig vor und auch dann nur an der Oberfläche. Bei starkem Wellengange wurden allerdings nicht unbeträchtliche Mengen neu hergestellten Mauerwerks zerstört. Ein Abdecken desselben durch Persenninge, die mit Steinen und Eisenbahnschienen beschwert wurden, hat sich nicht bewährt, da die schweren Persenninge durch ihre unvermeid-

werden, die hinter den Molen im Schutze derselben stattgefunden hatte. Es war hier ein Watt entstanden, dessen

Oberfläche allmählich bis auf +20,5 angewachsen war. Eine genauere Untersuchung des Pfahlrostes unter dem Molenmauerwerk ergab, daß sich die Querholme von den beiden nach dem Vorhafen zu gelegenen senkrechten Pfählen an mehreren Stellen abgehoben hatten und, nur noch auf dem Schrägpfahl aufliegend, daselbst mehr oder weniger beschädigt waren. Hieraus mußte gefolgert werden, daß die Molen unter der Einwirkung des von der Schlickablagerung erzeugten, nach dem Vorhafen zu gerichteten wagerechten Schubes in Bewegung gerathen seien. Hierbei mußte der hafenseitige Schrägpfahl des Pfahlrostes

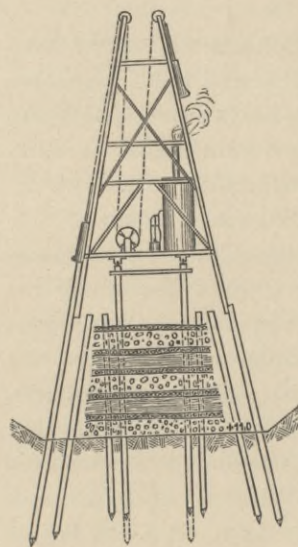


Abb. 112.

unter dem Mauerwerk aus seiner geneigten Lage in eine mehr der Lothrechten sich nähernde Stellung gekommen sein und den Querholm von den senkrechten Pfählen abgehoben haben.

Weitere Beobachtungen der Molen bestätigten diese Anschauung und ergaben, daß die Molen sich unter der Einwirkung der wechselnden Wasserstände ständig in Bewegung befanden. Bei Ebbe neigten sich die Molen etwas über, bei Fluth richteten sie sich wieder auf. Um diesem Uebelstande abzuwehren wurde die in der Text-Abb. 113 dargestellte Verankerung eingelegt. Es wurden hinter der Südost-Mole 11, hinter der Nordwest-Mole 24 solche Verankerungen hergestellt, die hinter den Molentheilen, wo die Risse entstanden und die Bewegungen der Mole am lebhaftesten waren, 4 m, in den zwischen liegenden und anschließenden Strecken 8 m Entfernung von einander haben. Jede Verankerung besteht aus einem Bock, der aus zwei 13 m langen senkrechten und zwei 15 m langen, mit der Neigung 2:1 eingerammten kiefernen Pfählen von 35 cm Durchmesser hergestellt ist. Von dem Kopf dieser Böcke führt je ein 6 cm starker schmiedeeiserner verzinkter Anker, der mit einem Spanschloß versehen ist, nach einem Querholm des Pfahlrostes unter dem Molenmauerwerk. Diese Verankerungen wurden im Winter 1895/96 hergestellt, und seitdem sind weitere Bewegungen der Molen nicht mehr beobachtet worden.

Die Bewegungen hätten durch eine zweckentsprechende Anordnung von Schrägpfählen unter dem Pfahlrost der Molen verhindert werden können. Bei der Entwurfbearbeitung wurde in Hinblick auf die große Breite des Faschinenkörpers eine solche Maßnahme gegen eine seitliche Verschiebung nicht für nöthig erachtet. Die Erfahrung hat aber gezeigt, daß unter ähnlichen Verhältnissen, wie hier, wo durch den weichen Schlick, der sich in kurzer Zeit und bis zu großer Höhe hinter den Molen ablagerte, ein sehr starker einseitiger Druck gegen den Faschinenkörper ausgeübt wurde, eine Aussteifung durch Schrägpfähle, wie bei Pfahlrosten unter Ufermauern, sehr zu empfehlen ist.

Vor dem Kopf der nordwestlichen Mole zeigten sich zuerst im Frühjahr 1895 Anskolkungen, die bei weiterer Zunahme eine Unterspülung des Faschinenkörpers und der Rostpfähle befürchten ließen. Es wurde deshalb die zur Sicherung des Molenfußes planmäßig hergestellte Steinschüttung an dieser Stelle soweit verstärkt, als nöthig war, um eine weitere Annäherung der Tiefe an den Molenkopf zu verhindern.

b. Die Schleuse nebst Vor- und Binnenhafen in Holtenau.

Hierzu die Abb. 5 auf Bl. 6 u. 7 und die Abb. 10 bis 12 auf Bl. 22 u. 23.

Die Gründe für die Wahl von Holtenau als östliche Mündung des Kaiser Wilhelm-Canals sind bereits früher angegeben und ebenso ist bereits dargelegt, daß die Schleuse in Holtenau zumeist geöffnet sein wird und nur vorübergehend in Wirksamkeit zu treten hat. An die Schleuse schließt sich ebenso wie in Brunsbüttel seewärts ein Vorhafen, landwärts ein Binnenhafen an. Der Vorhafen erweitert sich von der Schleuse an allmählich und erreicht erst in 200 m Entfernung von ihr seine volle Wasserspiegelbreite von 150 m. Von diesem Punkte an laufen beide Ufer zu einander und zur Schleusenachse parallel, das südliche Ufer hat jedoch nur eine Gesamtlänge von rund 320 m, während das nördliche Ufer rund 700 m lang ist. Die Wassertiefe im Aufsenhafen beträgt durchweg 10 m. Dieselbe Tiefe ist auch von dem Vorhafen bis zu den größeren Wassertiefen der Kieler Förde überall hergestellt worden. Der Binnenhafen erreicht bereits in 100 m Entfernung von der Schleuse seine größte Breite, dieselbe beträgt im Wasserspiegel 120 m. Auf weitere 450 m verlaufen dann die Ufer unter sich und mit der Schleusenachse parallel und darauf folgt das ungefähr 200 m lange

Uebergangsstück zur normalen Canalbreite. Die Tiefe des Binnenhafens beträgt innerhalb der ersten hundert Meter von der Schleuse 10 m unter dem mittleren Canalwasserspiegel, dann hebt sich die Sohle mit einem Gefälle von 1:800 bis zur normalen auf +10,77 gelegenen Canalsohle, entsprechend einer Tiefe von 9 m unter Mittelwasser.

Auf der Südseite des Binnenhafens ist eine 295 m lange Ufermauer, deren Krone 2,5 m über dem mittleren Canalwasserspiegel liegt, hergestellt. Die Wassertiefe vor dieser Mauer beträgt 7,0, damit auch größere Dampfer an ihr löschen und laden können. Auf der Nordseite des Binnenhafens zweigt sich von ihm ein kleiner Betriebshafen ab, der den Baggern und Prähmen sowie den Schleppdampfern der Canalverwaltung als Liegeplatz dient. Für diesen Betriebshafen ist eine Strecke des alten Eidercanals benutzt, die etwas verbreitert und auf 4,5 m vertieft worden ist. Das südöstliche Ufer des Hafens ist mit einer Ufermauer versehen, deren Oberkante 1,5 m über dem gewöhnlichen Canalwasserspiegel liegt, das nordwestliche Ufer ist bis zur Niedrigwasserhöhe mit Betonplatten, darüber mit einer gepflasterten Böschung gedeckt. Ueber und vor dieser

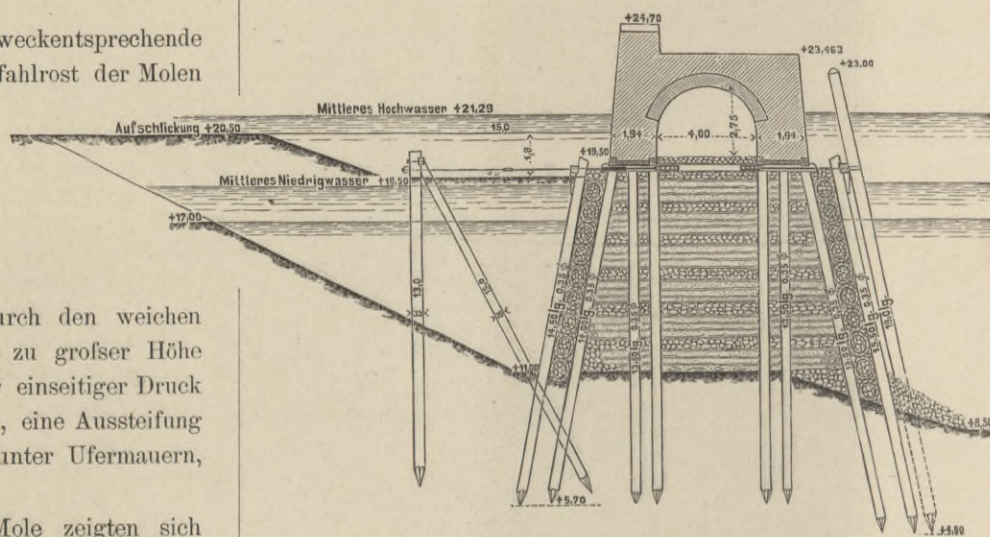


Abb. 113. Verankerung der Molen in Brunsbüttel.

Böschung sind vier hölzerne Lös- und Ladebrücken angeordnet, die das Löschen und die Beförderung der Kohlen auf den hinter dieser Böschung liegenden Kohlenlagerplatz der Canalverwaltung erleichtern und das Einnehmen von Kohlen seitens der Betriebsfahrzeuge bequemer gestalten sollen. Die Ufer des Binnenhafens und ebenso des Uebergangsstückes sind mit Böschungsabdeckungen versehen. Ueber dem niedrigsten Wasserstande bestehen dieselben durchweg aus einem Pflaster von gesprengten Granitfindlingen, unter diesem Wasserstande sind für die Strecken der Böschungen, die im trockenen hergestellt werden konnten, Betonplatten verwandt worden, in den übrigen Strecken ist eine Steinschüttung gewählt.

Nahe dem westlichen Ende des Uebergangsstückes ist die sehr verkehrsreiche Landstraße von Kiel nach der Marine-Festung Friedrichsort mit einer Pontonbrücke, der sogenannten Prahmdrehbrücke, über den Canal geführt. Diese Brücke ersetzt den früher in Benutzung gewesenen Uebergang über die Holtenauer Schleusen des alten Eidercanals. Ueber die Anordnung der Prahmdrehbrücke werden später, bei der Besprechung der Brückenbauten, eingehende Mittheilungen gemacht werden.

Im Zusammenhange mit den Schleusen- und Hafenanlagen in Holtenau ist südlich vom Aufsenhafen ein Kohlenhafen für die deutsche Kriegsmarine erbaut. Derselbe liegt vor dem durch Anschüttung aus dem Erdaushub des Binnenhafens und der Schleusenbaugrube vorgeschobenen Ufer der Kieler Förde im Schutze einer Mole, die auf der Seeseite 10 m Wassertiefe vor sich hat. Auf der Nordseite des Vorhafens ist eine 280 m lange Ufermauer erbaut, die dem Lös- und Lade-

verkehr der Ortschaft Holtenau und des zugehörigen Hinterlandes dient und deshalb nur für kleinere Schiffe eingerichtet ist. Die Wassertiefe vor ihr beträgt bei mittlerem Ostseewasserstande 4,0 m, die Oberkante der Mauer liegt 1,5 m über dem Wasserspiegel. Die übrigen Uferstrecken des Vorhafens sind durch abgeplasterte Steinböschungen gesichert, die in ihrer Anordnung mit den Uferdeckungen des Canals übereinstimmen, jedoch mit Rücksicht darauf, daß sie zeitweilig einen starken Wellenschlag auszuhalten haben, aus schwereren Steinen und mit einer etwas stärkeren Grandbettung hergestellt sind.

Mit Ausnahme des Bodenaushubes für den Binnenhafen und der Zuschüttung des alten Eidercanals sind sämtliche Arbeiten zur Herstellung der Schleusen- und Hafenanlagen in Holtenau im Wege des öffentlichen Verdinges vergeben worden. Bei den vorerwähnten Leistungen wurde eine Ausnahme gemacht, weil sie mit den Erd- und Maurer-Arbeiten für den Schleusenbau innig zusammenhängen, und es deshalb vortheilhaft erschien, die Ausführung dieser Arbeiten in die Hand einer und derselben Unternehmung zu legen.

1. Die Schleuse.

Allgemeine Anordnung. Die Schleuse hat ebenso wie in Brunsbüttel zwei nebeneinander liegende, nur durch eine gemeinsame Mittelmauer von einander getrennte Durchfahrtsöffnungen von 25 m Lichtweite und 150 m nutzbarer Länge. Die Drempe konnten in Holtenau etwas höher gelegt werden als in Brunsbüttel, da die Niedrigwasserstände in der Ostsee nicht so tief liegen wie in der Elbe. Die Oberkante der Drempe ist auf die Höhe + 10,2 gelegt, sodafs bei mittlerem Ostsee-Wasserstande eine Fahrtiefe von 9,57 m über ihnen vorhanden ist. Das tiefste bekannte Niedrigwasser hat auf + 17,68 gelegen, aber ein Absinken des Ostseewassers um mehr als 1 m unter den gewöhnlichen Stand tritt nur sehr selten und nur bei schweren, lang andauernden Stürmen ein, die die Benutzung der Schleusen so gefährlich machen, daß sie dann wohl kaum jemals in Frage kommen wird. Die Häupter der Schleuse liegen auf + 23,77, das ist 4,0 m über dem gewöhnlichen und 0,83 m über dem höchsten bekannten Ostsee-Wasserstand. Die Oberkante der Kammermauern ist auf + 22,27 gelegt, wobei angenommen ist, daß bei höheren Ostsee-Wasserständen als etwa + 21,57 wegen der dann herrschenden starken Stürme nicht geschleust werden wird.

Gründung der Schleuse. Der Bearbeitung des Entwurfs für die Schleusengründung gingen umfangreiche Bodenuntersuchungen voraus. Ueber die Schleusenbaustelle wurde ein 300 m langes und 200 m breites Liniennetz derartig gelegt, daß in gegenseitigen Abständen von 75 m fünf Querschnitte und in Abständen von 50 m fünf Längenschnitte gewonnen wurden. Die außerhalb des späteren Bauwerks liegenden Bohrlöcher wurden, wenn Hinderungen z. B. durch große Steinblöcke nicht eintraten, bis zur Tiefe — 24,0 hinabgetrieben, die innerhalb des eigentlichen Bauwerks befindlichen aber nur bis zur voraussichtlichen Betonsohle, um Quellenbildungen unter der Gründungssohle zu vermeiden.

Die Bodenuntersuchungen ergaben, daß die Schichten sehr verworfen waren. Im allgemeinen fand sich unter der Ackerkrume gelber Lehm in Mächtigkeit bis zu 5 m und darunter, zuweilen, überlagert von Sand- und Kiesschichten, eine starke Lettenschicht. Diese Lettenschicht war mehrfach durch Sand- und Geröllschichten unterbrochen, sie wurde jedoch von keinem der Bohrlöcher durchsunken. Erst in den Jahren 1894 und 95, als nach Betriebswasser für die Central-Maschinenanlage gebohrt wurde, ist die Lettenschicht ganz durchfahren worden und ihre Unterkante in der Tiefe von

— 45,0, also mehr als 50 m unter der Gründungssohle der Schleusen gefunden worden. Der Baugrund erwies sich fast durchweg als fest, selbst ein auf der Südseite in Gründungstiefe erbohrtes Torflager zeigte sich bei der späteren Ausschachtung sehr fest und nur mit der Hacke lösbar. Lediglich dort, wo die nördliche Flügelmauer am Aufsenhaupt herzustellen war, fand sich Moor in solcher Tiefe vor, daß ein Theil des Flügels auf einen Pfahlrost gegründet werden mußte.

Wasserzudrang fand sich hauptsächlich in zwei Sandschichten, von denen die eine, indes sehr unregelmäßige etwa in der Höhe + 10,0, die andere etwa in Höhe $\pm 0,0$ auftrat, bald einige Meter höher, bald tiefer. Die obere Sandschicht führte wenig Wasser, die untere dagegen viel und zwar unter so starkem Drucke, daß das Wasser in den Bohrröhren vielfach bis etwa 3 m über Mittelwasser der Ostsee, also bis zu + 22,77 emporstieg und an den tiefergelegenen Landflächen in Form artesischer Brunnen zu Tage kam. Diese Verhältnisse waren sehr ungünstig. Wollte man die Schleusenbaugrube bis zur Gründungssohle im trocknen ausheben und die Baugrube während des Einbringens des Betons trocken erhalten, dann stand zu befürchten, daß die Lettenschicht zwischen der Gründungssohle und der wasserführenden Sandschicht nicht stark genug sein würde, um dem Druck des Grundwassers Widerstand zu leisten. Um Sohlensaufbrüche oder Quellbildungen und die daraus für die Bauausführung sich ergebenden Gefahren und Schwierigkeiten zu vermeiden durfte der Bodenaushub in der Baugrube nur bis zu solcher Tiefe unter Trockenhaltung ausgeführt werden, daß die verbleibende Lettenschicht dem Grundwasserdruck gegenüber stark genug blieb. Von der so erreichten Baugrubensohle aus könnten die Umfassungspundwände des Betonbettes gerammt werden, dann aber mußte Wasser in solcher Höhe in die Baugrube eingelassen werden, daß es die nach dem Aushub der noch zu entfernenden Bodenmengen verbleibende Lettenschicht in ausreichendem Mafse belastete, um sie vor Aufbrüchen des Grundwassers zu bewahren. Das wäre eine Bauausführung gewesen, wie sie in Brunsbüttel unter dem Zwang der Verhältnisse zur Anwendung gekommen ist. Aus den bei der Darstellung des Brunsbütteler Schleusenbaues angegebenen Gründen walteten dagegen erhebliche Bedenken ob, und es wurde deshalb ebenso, wie es bei Brunsbüttel ohne nennenswerthen Erfolg versucht worden ist, in Aussicht genommen, den Druck des Grundwassers durch Entwässerung der wasserführenden Sandschicht mit Hilfe von Pumpwerken derart zu vermindern, daß die wasserdichte Thonschicht auch nach ihrer Verschwächung in der Lage war, ihm Widerstand zu leisten. Unter der Annahme, daß diese Druckverminderung in ausreichendem Mafse gelingen würde, ist der Entwurf der Schleusengründung so bearbeitet worden, wie er aus den Abbildungen 10 bis 12 Blatt 22 und 23 ersichtlich ist. Danach ist die ganze Schleusenbaugrube von einer 25 cm starken und 6 bis 8 m hohen Spundwand umgeben und durch vier zur Längsachse der Schleusen parallele Spundwände von 20 cm Stärke in fünf langgestreckte Abtheilungen getheilt, von denen die beiden äußeren und die mittlere das Betonbett der Schleusenmauern und die beiden anderen das Betonbett der Kammersohlen aufgenommen haben. Die Oberkante der Spundwände wurde auf der Höhe + 10,77 angenommen. In seiner Form entspricht das Betonbett vollständig derjenigen der Schleuse zu Brunsbüttel, es hat jedoch durchweg geringere Stärken als dieses.

Bei der Bearbeitung des Entwurfs für die Gründung und auch noch bei der Ausschreibung der Arbeiten wurde als zweifelhaft angesehen, ob der Erdaushub zwischen den Spundwänden und die Einbringung des Betons im trockenen oder unter Wasser werde erfolgen müssen; es sei hier jedoch vor-

weg bemerkt, daß die Druckverminderung des Grundwassers nicht nur soweit gelang, daß Aufbrüche der Lettenschicht nicht vorkamen, sondern sogar in solchem Maße, daß das gesamte Schleusenmauerwerk in einer vollständig trockenen Baugrube hergestellt werden konnte. Ueber die zu diesem Zweck getroffenen Maßnahmen wird bei der Erörterung der Bauausführung eingehend berichtet werden.

Das Mauerwerk der Schleusen. Das Mauerwerk der Schleusen zeigt gegenüber Brunsbüttel nur geringe Abweichungen. Außer der durch die verschiedene Höhenlage der Drempele und der Oberkanten der Mauern bedingten Verschiedenheiten ist nur zu erwähnen, daß in den Mauern etwa 7500 cbm Sparbeton (8 Raumtheile Sand, 1 Raumtheil Cement) als Ersatz für das theurere Ziegelmauerwerk Verwendung gefunden haben. In Brunsbüttel war eine Ersparnis damit nicht zu erzielen, weil dort der Sand sehr viel theurer, die Ziegelsteine dagegen billiger waren als in Holtenau.

Ueber die Bezugsquellen der Baustoffe zum Schleusenmauerwerk seien hier folgende Angaben gemacht. Die Hintermauerungssteine wurden aus einer von der Bauunternehmung Ph. Holzmann u. Co. bei Rosenkranz (km 83) am Canal erbauten Ziegelei bezogen, die aus dem Canalaushub ausgesonderte geeignete Thonmassen verarbeitete. Die Verblendziegel

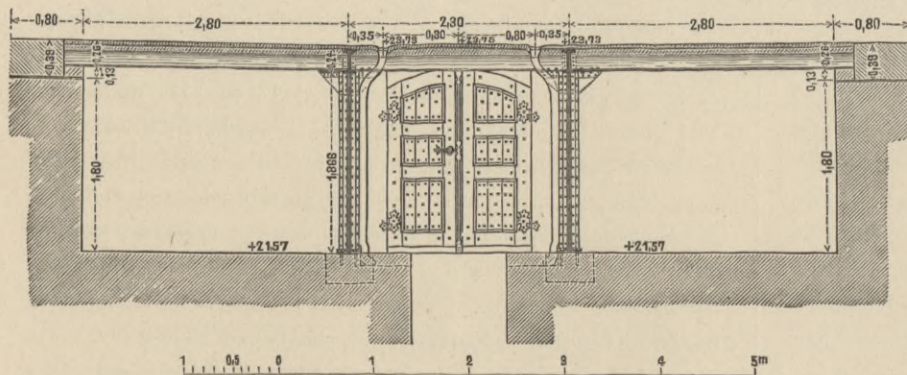


Abb. 114. Querschnitt durch die Maschinenkammern im Außen- und Binnenhaupt der Schleusen-Mittelmauer in Holtenau.

wurden ebenso wie für Brunsbüttel von der Ziegelei Stromsberge in Schweden geliefert, die Abdeckplatten und Treppenstufen bestanden aus Basaltlava von Niedermendig und Mayen, sämtliche übrigen Werksteine aus Granit, der bei Christiania und bei Frederiksstad in Norwegen gebrochen war und in vorzüglicher Beschaffenheit und tadelloser Bearbeitung angeliefert wurde. Der verwandte, schwach hydraulische Fettkalk wurde von Lengerich in Westfalen, der Cement aus den Alsenschen Portland-Cement-Fabriken in Itzehoe und der Trafs aus den Tuffsteinbrüchen bei Andernach bezogen. Der Mauer sand stammte etwa zur Hälfte aus dem Projensdorfer Einschnitt (km 94 des Canals), zur anderen Hälfte aus einem in der Nähe von Kiel gelegenen Sandberge.

Die Decken der Maschinenkammern. Um die Maschinen für die Bewegunsvorrichtungen der Schleusen in gedeckten Räumen aufstellen zu können, wurden im oberen Theil der Schleusenmauern, ebenso wie in Brunsbüttel, ausreichend große Räume ausgespart. Der Fußboden dieser Maschinenkammern mußte im Außen- und Binnenhaupt eine solche Höhenlage haben, daß die Maschinen und die Triebleitungen auch bei dem höchsten Wasserstande, bei dem geschleust werden wird, noch zugänglich sind, und wurde deshalb auf die Höhe +21,57 gelegt. Hieraus ergab sich, ebenso wie in Brunsbüttel, daß zwischen dem Fußboden der Maschinenkammern und der Oberkante des Schleusenmauerwerks am Außen- und Binnenhaupt nur eine Höhe von 2,2 m zur Verfügung stand. Es mußte also für die Abdeckung der Maschinenkammern eine Anordnung gewählt werden, die einen möglichst geringen Theil der vorhandenen

Höhe in Anspruch nahm. Auf Grund umfangreicher Versuche mit verschiedenartig hergestellten Decken wurden zwischen eiserne Träger gespannte Betonplatten mit Eisen einlage wegen ihrer großen Tragfähigkeit bei geringer Stärke gewählt. Die ein Netzwerk mit quadratischen Maschen bildenden Eisendrähle hatten 6 mm Durchmesser und wurden an den Kreuzungstellen durch Bindendraht mit einander verbunden. Der aus 2 Raumtheilen besonders scharfen grobkörnigen Sandes und 1 Raumtheil Cement hergestellte Beton erhielt eine Stärke von 7 cm. Ueber der so hergestellten Mauerdecke wurde eine bis 3 cm starke Ausgleichschicht ausgeführt und auf diese der 3 cm starke Gulsasphaltbelag aufgebracht. Der Asphalt liegt bündig mit den Abdeckplatten des Schleusenmauerwerkes und zeigt die planmäßigen Gefälle zur Abführung des Wassers von den Schleusen. Die Seitenmauern wässern nach der Hinterfüllung ab, von der Mittelmauer wird das Regenwasser mit Hilfe von Abfallrohren durch die Maschinenkammern bzw. die Verbindungsgänge hindurch in die Umlaufcanäle abgeführt.

Die Monierdecken stützen sich auf eiserne Träger, die die Maschinenkammern der Seitenmauern freitragend überspannen, in den Kammern im Außen- und Binnenhaupt der Mittelmauer jedoch durch zwei Reihen, im Sperrthor-

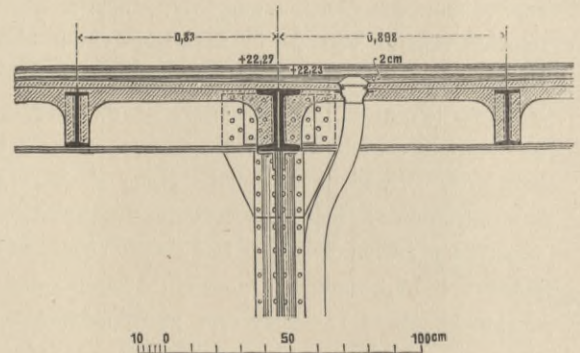


Abb. 115. Längenschnitt durch die Decke der Maschinenkammern in der Mittelmauer der Schleuse in Holtenau.

haupt durch eine Reihe von Säulen mit Unterzügen unterstützt werden. Bei der Anordnung der Deckenträger wurde überall besonderer Werth darauf gelegt, daß die Schützen der Umlaufcanäle und die schweren Maschinenteile, die durch die Eingangsthüren zu den Maschinenkammern, nicht hindurchgehen, bei eintretendem Bedürfnis nach Entfernung möglichst geringer Theile der Decken aus den Maschinenkammern herausgehoben werden können. Die Text-Abbildungen 114 und 115 zeigen die Anordnung der Decken und ihrer tragenden Theile. Die Säulen bestehen aus vier Phönixeisern mit zwischengenieteten Flacheisen, sie stehen mittels gußeiserner Schuhe auf kleinen Granitunterlagsteinen. Um die Kraftübertragung zwischen den Säulen und den Schuhen möglichst gleichmäßig zu gestalten, ist zwischen den Berührungsf lächen eine Zwischenlage von Kupfer angeordnet. Die Monierplatten ruhen auf den Trägerflanschen mittels senkrecht heruntergeführter Schenkel, wie besonders deutlich aus der Text-Abb. 115 hervorgeht. Dadurch wurde es möglich, die Höhe zwischen dem Fußboden der Maschinenkammern und den Monierdecken von der Höhe der Träger unabhängig zu machen. In den Maschinenkammern des Sperrthorhauptes liegen die Fußböden auf der Höhe +20,07, während die Oberkante der Decken auf +22,27 liegt; es beträgt also auch hier die Höhe 2,2 m. Die Höhenlage des Fußbodens ist ausreichend, weil die hier aufgestellten Maschinen usw. nur bei Wasserständen bis +20,27 in Betrieb zu nehmen sind. Bei diesem Wasserstande ist zwar der Fußboden 20 cm hoch vom Wasser überfluthet, aber sämtliche Maschinenteile liegen über dem Wasserspiegel.

Thore und Betriebseinrichtungen. Die Thore und Betriebseinrichtungen stimmen im wesentlichen vollständig mit Brunsbüttel überein. Hierauf wurde bei der Bearbeitung der Schleusenentwürfe besonderer Werth gelegt, um die Ersatzthore zum Theil für beide Schleusen benutzen zu können. Abweichungen sind nur vorhanden, soweit sie durch die verschiedene Höhenlage der Mauertheile nothwendig wurden. In Holtenau konnten überdies die Spüleintrichtungen für die Thorkammerböden in Wegfall kommen, weil das

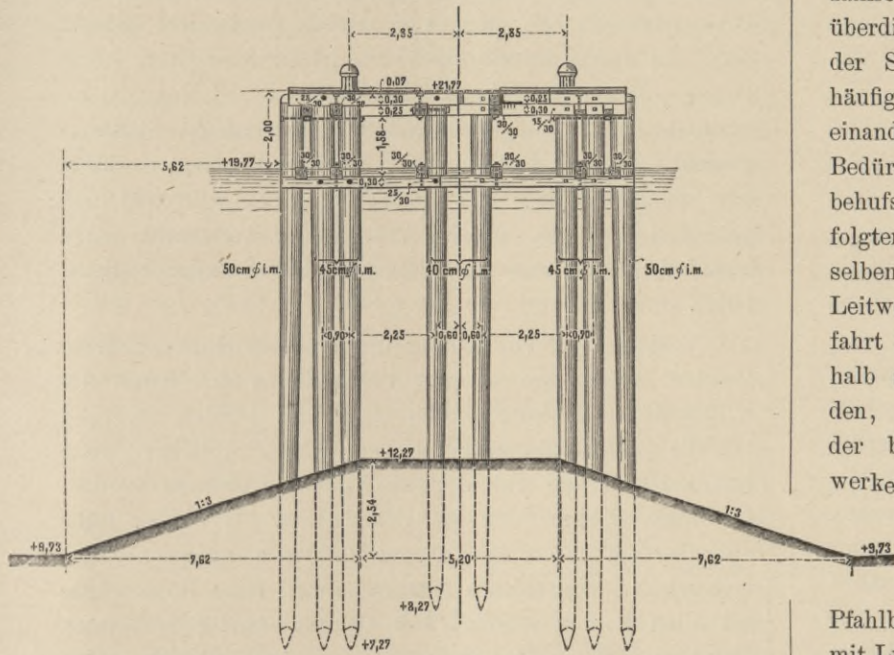


Abb. 116. Querschnitt durch das mittlere Leitwerk im Binnenhafen Holtenau.

durch die Schleuse ein- und ausströmende Wasser so wenig Sinkstoffe enthält, daß ein Verschlickten oder Versanden der Böden hier nicht zu befürchten ist.

Leitwerke. Die Leitwerke bestehen ebenso wie in Brunsbüttel aus Pfahlbündeln mit dazwischen liegenden Schwimmflößen. Die Pfahlbündel haben in der Längsrichtung der Mauern 18 m Abstand von Mitte zu Mitte, sie sind in solcher Zahl hergestellt, daß in der Richtung jeder Mauer durch Einbringen der Schwimmflöße zwischen und vor die Pfahlbündel sowohl im Außen- wie im Binnenhafen ein Leitwerk von 100 m Länge, im Außen-

hafen in der Richtung der nördlichen Schleusenöffnung ein noch 100 m längeres, also 200 m langes Leitwerk gebildet wird. Die Schwimmflöße wurden jedoch nur in solcher Zahl beschafft, daß den Schiffen das Einfahren vom Außenhafen aus in die nördliche Schleuse rechts durch ein 200, links durch ein 100 m langes Leitwerk, das Einfahren vom Binnenhafen aus in die südliche Schleuse auf beiden Seiten durch ein 100 m langes Leitwerk erleichtert wurde. Bei dieser Maßnahme wurde von der Erwägung ausgegangen, daß jede der beiden Schleusen bei gewöhnlichem Canalbetriebe nur in einer Fahrtrichtung benutzt werden würde, also die Südschleuse nur von Schiffen, die den Canal verlassen, und die Nordschleuse nur von Schiffen, die aus See

kommen und in den Canal einfahren. Bei Aufserbetriebsetzung einer oder beider Schleusen sollten die Schwimmflöße umgelegt werden, sodafs dann die zweite Schleuse auf beiden Seiten mit vollständigen Leitwerken versehen war und das Einfahren von Schiffen in jeder der beiden Fahrtrichtungen gleichmäfsig erleichtert wurde. Die Voraussetzung wegen der Benutzung der Schleusen hat sich beim Betrieb des Canals wohl als im allgemeinen zutreffend erwiesen; es hat sich jedoch herausgestellt, daß besonders in Brunsbüttel zahlreiche Ausnahmen von der Regel vorkommen und es überdies erwünscht ist, möglichst frei über die Benutzung der Schleusen verfügen zu können. Es kommt nämlich häufig vor, daß mehrere Schiffe in einer Richtung kurz auf einander folgen, während in der anderen Richtung keinerlei Bedürfnis zum Schleusen vorliegt. In solchen Fällen wird behufs rascher Abwicklung des Verkehrs von der sonst befolgten Regel abgegangen und mit beiden Schleusen in derselben Richtung geschleust. Außerdem haben sich die Leitwerke als ein vorzügliches Mittel bewährt, die Einfahrt der Schiffe in die Schleusen zu erleichtern, und deshalb sind nachträglich soviel Schwimmflöße beschafft worden, daß sowohl in Brunsbüttel wie in Holtenau jede der beiden Schleusen beiderseitig mit vollständigen Leitwerken ausgerüstet ist.

In Brunsbüttel, wo Fluth und Ebbe regelmäfsig sehr erhebliche Wasserstandsschwankungen verursachen, bestehen, wie früher gezeigt wurde, die Pfahlbündel in ihren oberen Theilen, soweit sie abwechselnd mit Luft und Wasser in Berührung kommen und daher einer baldigen Fäulnis ausgesetzt sind, aus aufgesetzten Ständerwerken, die leicht und ohne grofse Kosten abgenommen und erneuert werden können. In Holtenau wurde bei der ersten Anlage auf eine derartige Zweitheilung verzichtet, einestheils weil im Kieler Hafen erfahrungsmäfsig von Zeit zu Zeit der Bohrwurm auftritt und deshalb nicht mit gleicher Sicherheit, wie bei Brunsbüttel, darauf gerechnet werden kann, daß die unteren Theile der Pfähle die über Wasser liegenden erheb-

lich überdauern werden, anderntheils weil in Holtenau die aus dem Höhenunterschied zwischen dem mittleren u. höchsten Wasserstand sich ergebende Höhe der Pfahlbündel über Mittelwasser erheblich geringer ist, als in Brunsbüttel, sodafs hier — im Gegensatz zu

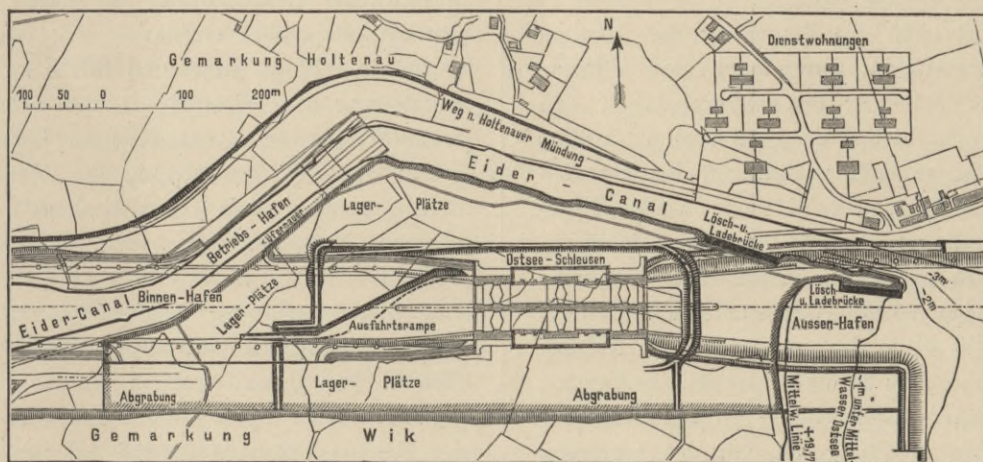


Abb. 117. Lageplan der Schleusenbaustelle in Holtenau. Ende 1890.

Brunsbüttel — die Ramppfähle bis zur vollen Höhe der Bündel durchgehen konnten, ohne daß sie allzu lang und theuer wurden. Sollte es sich später, wenn die oberen Theile der Pfähle verfault sind, zeigen, daß unter Wasser keine Zerstörungen eingetreten sind, so wird es dann an der Zeit und auch möglich sein, die verfaulten oberen Enden abzuschneiden und durch Ständeraufsätze von ähnlicher Bauart, wie bei Brunsbüttel, zu ersetzen. Die Lage der Leitwerke ist aus Abb. 5 Bl. 6 u. 7 zu ersehen, die Text-Abb. 116 zeigt die Anordnung der Pfahlbündel vor der Mittelmauer. Die Schwimmflöße und ebenso die Fenderflöße an den Schleusenmauern stimmen mit denen für Brunsbüttel überein. Im Außen- und Binnenhafen sind noch kräftige Dalben in größerer Zahl hergestellt worden.

Die Bauausführung. Während der Bearbeitung des Entwurfs für die Schleusen und während der Ausführung der vorhin erwähnten Bohrungen war ein Theil der Erdarbeiten zur Herstellung der Schleusenbaugrube bereits bewirkt worden. Die Schleusenbaustelle lag südlich von dem Eidercanal, dessen Betrieb durch den Bau des Kaiser Wilhelm-Canals thunlichst wenig beschränkt werden sollte. Sie bestand in der Nähe des alten Canals aus Wiesen auf moorigem Untergrunde, die bei Hochwasser überfluthet wurden. Etwa mit der Längsachse der Schleusen und des Binnenhafens sowie eines kurzen Stückes des Aufsenhafens beginnend, stieg das Gelände nach Süden zu allmählich an, sodafs es an der südlichen Grenze des Schleusengeländes erheblich höher lag als die planmäfsig herzustellende Oberfläche desselben. Die hier erforderliche Abgrabung und der Aushub der Schleusenbaugrube bis zur Höhe +13,77 wurde im Jahre 1889 ausgeführt. Der gewonnene Boden wurde z. Th. zur Herstellung der die Schleusenbaugrube gegen das Eindringen der Ostsee-Hochfluthen sichernden Schutzdämme verwandt, deren Lage aus der Text-Abb. 117 (Seite 105) ersichtlich ist. Ein anderer Theil des Bodens wurde auf dem Gelände zwischen der Schleuse und dem Eidercanal abgelagert. Die Aufschüttung sollte hier solche Höhe erhalten, dafs ihr nach Fertigstellung und Inbetriebnahme der Schleusen der Boden für die Zuschüttung des alten Eidercanals entnommen werden konnte. Der Untergrund war jedoch dort so weich, dafs er unter der Belastung durch die aufgeschütteten Bodenmengen seitlich auswich und theilweise in den Eidercanal eindrang. Die nöthige Tiefe und Breite mußte in demselben durch Baggerungen wiederhergestellt und die Ablagerung von Boden nördlich von der Schleuse in später sehr unliebsam empfundenem Mafse eingeschränkt werden. Der weitaus größte Theil des ausgeschachteten Bodens wurde am Ufer der südlich vom Canal bei dem Orte Wik gelegenen Bucht der Kieler Förhde abgelagert. Hier wurde später auch der aus dem Binnenhafen durch Trockenaushub gewonnene Boden verbaut, wodurch eine beträchtliche, zu Hafenanlagen sehr geeignete Geländefläche hergestellt worden ist.

Als im Spätherbst 1890 die Vergebung der Arbeiten für den Schleusenbau stattfand, waren auch zwei hölzerne Ladebrücken nahe der Mündung des Eidercanals in den Kieler Hafen schon hergestellt und die oben bereits erwähnte 100 m lange Ufermauer an dem zukünftigen Betriebshafen näherte sich ihrer Vollendung. Diese Mauer sowie die Ladebrücken waren dazu bestimmt, das Löschen der zu Schiff ankommenden Baustoffe zu erleichtern. Die Ausschreibung für den Schleusenbau umfafste die Erdarbeiten unterhalb +13,77, die Herstellung je eines 40 m langen Theiles des Aufsen- und Binnenhafens im Anschluß an die Schleusen, die Ramm-, Betonirungs- und Maurer-Arbeiten, die Hinterfüllung der Schleusen und die Wasserhaltung einschl. der Lieferung sämtlicher Materialien mit Ausnahme der Ziegel, des Cements und der Tuffsteine. Die Ausführung dieser Leistungen wurde an die Baugesellschaft Wittkop, Förster, Cordes u. Sönderop, die das niedrigste Angebot gemacht hatte, übertragen. Der Baugesellschaft konnten wesentliche Theile der zur Entwässerung der unter der Schleusensole befindlichen wasserführenden Schicht getroffenen Einrichtungen bereits übergeben werden. Die vorbereitenden Versuche für diese Anlage waren bereits im Jahre 1889 vorgenommen worden, und zwar war 60 m südlich von der Schleusenmitte ein hölzerner Probeschacht von 6 m Länge und 2 m Breite aus starken Gespärren mit wagerechter Schalung hergestellt worden. Als dieser Schacht bis +8,22 abgesenkt war, erfolgte am 26. September 1889 ein starker Wassereinbruch von unten, der — wie später ermittelt wurde — aus der Tiefe von

+5,4 kam. Die Quelle warf so viel Sand von unten herauf, dafs die zum Zweck der Wasserbewältigung im Schacht aufgestellte Dampf-Universalpumpe sich verstopfte und damit der Schacht innerhalb weniger Stunden bis zur Höhe +21,5 voll lief. Durch Inbetriebnahme einer 25 pferdigen Locomobile und zweier Kreiselpumpen von 20 cm Rohrdurchmesser gelang es, den Schacht wieder trocken zu legen. Eine weitere Vertiefung desselben in der bisherigen Weise war jedoch ausgeschlossen, da bei dem Einbruch viele Gespärre im unteren Theil des Schachtes zerstört worden waren und die Sohle desselben mit einer 4 m starken Sandschicht bedeckt war. Es wurde deshalb ein 35 cm im lichten weites, 7,5 m langes eisernes Rohr durch Wasserspülung und Rammen im Schacht bis in die wasserführende Sandschicht hinuntergesenkt. Diese Arbeit war sehr beschwerlich, und da überdies die Beschaffung und Aufstellung der Locomobile und der Kreiselpumpen manche Verzögerung verursacht hatte, war der Schacht erst um Mitte März 1890 wieder betriebsfertig.

Während der Herstellung des Probeschachtes waren in gleicher Weise, wie bei der Beschreibung des Baues der Brunsbütteler Schleuse bereits mitgetheilt worden ist, rund um die Schleusenbaustelle eiserne, 7 cm im lichten weite Rohre bis in die untere Sandschicht eingetrieben worden. In diesen Rohren stieg das Grundwasser bis zu der Höhe an, die dem in der Sandschicht an der betreffenden Stelle vorhandenen Wasserdruck entsprach, und diese Höhe wurde bei allen Rohren während der Bauzeit ständig beobachtet. Durch die Wasserförderung aus dem Probeschacht senkte sich der Stand in den Beobachtungsrohren, und zwar betrug die Senkung des Wasserstandes bereits im April 1890, also nur kurze Zeit nach der Inbetriebnahme des Probeschachtes, bei einem in 36 m Entfernung vom Schacht gelegenen Rohr mehr als 2 m, bei einem 75 m entfernten Rohr mehr als 1 m, trotzdem die Wasserförderung aus dem Schacht nur 600 cbm täglich betrug. Da der Senkung des Wasserstandes in den Beobachtungsrohren eine Verminderung des auf die wasserdichte Lettenschicht von unten wirkenden Wasserdruckes entsprechen mußte, so war das Ergebnifs der Versuche ein sehr günstiges und führte zu dem Entschlufs, die Herstellung der Gründung in der oben bereits erwähnten Ausführungsweise in Aussicht zu nehmen. Da zu hoffen war, dafs die Verminderung des Wasserdrucks unter der Schleusensole durch Inbetriebnahme mehrerer Schächte in höherem Mafse gelingen werde, als bei Anlage nur eines Schachtes, so wurde noch im Frühjahr 1890 beschlossen, an vier Stellen steinerne Brunnen bis in die wasserführende Schicht abzusenken und mit kräftigen Pumpwerken auszurüsten. Von diesen Brunnen wurden jedoch nur drei ausgeführt, da der vierte — wie hier vorweg bemerkt wird — der überaus günstigen Erfolge der Brunnen wegen entbehrt werden konnte. Die Brunnen wurden außerhalb der zur Umschließung der Baugrube später herzustellenden Spundwände abgesenkt, und zwar zwei südlich der Schleuse, der dritte nördlich derselben. Die Brunnen hatten 5,04 m äußeren und 3,5 m inneren Durchmesser und wurden von der damals auf +13,77 liegenden Baugrubensohle niedergetrieben. Um die Belästigung durch Grundwasser und namentlich um beim Erreichen der unteren Sandschicht den beim hölzernen Probeschacht so unliebsam eingetretenen Sandeintrieb zu verhindern, wurden die Brunnen durch Arbeiten unter Prefsluft abgesenkt. Nachdem die wasserführende Schicht erreicht und die Brunnen etwa 2 m in dieselbe eingedrungen war, wurde mit dem Absenken aufgehört und der untere glockenförmige Innenraum der Brunnen, der nach oben durch eine versteifte eiserne Decke abgeschlossen ist, mit einem rund

3 m hohen Filter aus Sand und Steinen angefüllt. Der Filter verhindert, daß der Sand der wasserführenden Schicht beim Pumpen mitgerissen wird; er besteht unten aus grobem Sand, dem nach oben hin Lagen von Kies, feinem Steinschlag, grobem Steinschlag und als oberste Lage große Beschwerungssteine folgen. Die Herstellung der Brunnen war der Bauunternehmung Ph. Holzmann u. Co. in Frankfurt a. M. übertragen; sie bot insofern Schwierigkeiten, als sich die Brunnen in dem überaus festen Thon sehr schlecht senkten. Sie hatten in dem unteren, 5 m hohen Theil der Außenwände einen geringen Anzug erhalten; der Durchmesser betrug nämlich in Höhe der Schneide 5,2 m, 5 m darüber 5,04 m, im übrigen Theil aber waren die Brunnen cylindrisch geformt. Diese Verjüngung erwies sich für die vorliegenden Bodenverhältnisse zu gering bemessen, da alle drei Brunnen schwer niederzubringen waren. Der zweite Brunnen hing sich sogar im oberen Theil auf, als er bis $-0,41$ abgeteuft war. Der untere Theil senkte sich weiter, und so entstand trotz der kräftigen Verankerung ein Riß im Brunnen, der das Weitersinken gefährlich machte. Da es gelang, durch eine große Anzahl von Bohrrohren, die im Innern des Brunnens bis in die hier 4 bis 7 m unter Null liegende Sandschicht hinabgebracht wurden, die letztere hinreichend gut zu erschließen, so wurde von dem Versuch einer weiteren Senkung abgesehen und der Brunnen in dieser Lage in Betrieb genommen. Nach diesem Vorkommniß wurden beim dritten Brunnen die Verankerungen noch verstärkt und überdies der cylindrische Theil mit einem Rücksprung von 10 cm gegenüber dem kegelförmigen aufgeführt. Dieser Brunnen senkte sich erheblich besser, als die beiden anderen. Die Unterkanten der Brunnen liegen in den Höhen $-2,13$ bzw. $-0,41$ und $+0,47$.

Die Kosten der drei Brunnen mit allen Nebenausgaben haben ohne die für die Pumpenanlagen verwandten Geldmittel nicht ganz 100000 \mathcal{M} betragen. Im Herbst 1890 waren die Brunnen fertig gestellt und wurden, da unterdessen die Bauausführung an die Baugesellschaft Wittkop, Förster, Cordes u. Sönderop vertraglich übertragen war, dieser Unternehmung überwiesen. Der zuerst fertig gestellte Brunnen war mit den für den Probeschacht beschafften Kreiselpumpen mit lothrechter Welle bereits versehen, für die beiden anderen Brunnen wurden seitens der Unternehmung je zwei Kreiselpumpen mit wagerechten Wellen beschafft. Die Kreiselpumpen des Versuchsschachtes hatten sich insofern nicht recht bewährt, als sich die langen lothrechten Wellen, die von der Locomobile in sehr einfacher Weise durch ein Rädervorgelege in Drehung versetzt wurden, leicht warm liefen, und deshalb wurden bei den neuen Pumpenanlagen wagerechte Wellen verwandt. Die gesamte Hubhöhe betrug etwa 20 m, da das Wasser über den mit seiner Oberkante auf $+23,77$ liegenden Abschlußdamm der Schleusenbaugrube in die Kieler Förde gedrückt wurde. Eine Pumpe konnte die ganze Hubhöhe nicht gut allein überwinden, und deshalb wurden zwei Pumpen über einander angeordnet, von denen die untere der oberen das Wasser unmittelbar in geschlossener Rohrleitung zuhob, sodafs das Druckrohr der unteren Pumpe der oberen als Saugerohr diente. Auch die von der Bauunternehmung beschafften Pumpen hatten 20 cm Durchmesser. Die untere Pumpe wurde durch einen fast senkrechten Treibriemen von einer oben angeordneten Triebwelle mit Riemenscheibe angetrieben.

In den Monaten Januar bis März 1891 kamen die Brunnen nach einander in Betrieb, und sofort zeigte sich ein sehr erhebliches Absinken des Wasserstandes in den Beobachtungsrohren. In den ersten Monaten ging die Senkung naturgemäfs am schnellsten vor sich, später vollzog sie sich

langsamer. Am 1. April 1892, d. h. nach etwa $1\frac{1}{4}$ Jahr andauernden Pumpenbetriebes, hatte sich der Stand in den Rohren, wenn man den ursprünglichen Stand vor Einleitung aller Versuche zu durchschnittlich $+22,0$ annimmt und wenn man von zehn um die Baugrube herum abgesehenen Rohren drei als ungeeignet zu genaueren Beobachtungen ausscheidet, um rund 10,25 m, d. h. auf $+11,75$ oder rund 8 m unter den mittleren Ostsee-Wasserstand gesenkt. Drei unter der Mittelmauer nachträglich niedergetriebene Bohrrohre zeigten durchschnittlich einen $+7,0$ nicht erreichenden Stand, sodafs also der Druck des Grundwassers im Innern der Baugrube um mehr als 15 m vermindert und der Rohrwasserstand hier bis etwa 13 m unter das Mittelwasser der Ostsee abgesenkt war. Die Folge der Wasserentziehung des Untergrundes war eine fast vollkommen trockene Baugrube, in welcher die Lettenschicht gar kein Wasser und die an einzelnen Stellen blofsgelegte untere Sandschicht nur sehr wenig Quellen unter sehr geringem Druck durchliessen. Als in der zweiten Hälfte des März 1891 mit der Weiterführung des Bodenaushubes in der Schleusenbaugrube begonnen wurde, liefsen sich die günstigen Wirkungen der Grundwasser-Entwässerung noch vollständig übersehen. Dafs jedoch die Absenkung des Grundwasserstandes bis mindestens zur Höhe $+13,77$ gelingen würde, konnte mit Sicherheit angenommen werden. Es wurde deshalb beschlossen, einstweilen nur den für die Gründung der Mauern erforderlichen Erdaushub bis zur Höhe $+10,77$ zu bewerkstelligen, zwischen den Mauern aber Erddämme in der Höhe $+13,77$ stehen zu lassen. Von der Sohle $+10,77$ sollten dann die Spundwände gerammt werden, und nach ihrer Herstellung und Verpreizung sollte mit dem Bodenaushub zwischen ihnen begonnen werden. Jeder der so entstehenden drei Gräben konnte dann nach Bedarf durch örtliche Wasserförderung — neben der unterirdischen durch die Pumpenbrunnen — trocken oder einzeln bis auf höchstens $+13,77$ mit Wasser gefüllt gehalten werden.

Begonnen wurde mit dem Aushub für die nördliche Seitenmauer, ihr sollte die Südmauer und endlich die Mittelmauer folgen. Inzwischen zeigte die Grundentwässerung jedoch so günstige Fortschritte, dafs von der Beibehaltung der Trennungsdämme über $+10,77$ Abstand genommen und die Baugrube bis zur Höhe $+10,77$ im wesentlichen wagerecht mittels Trockenbaggers abgegraben werden konnte. Unter den Mauern wurde sogar die Leiter des Trockenbaggers so tief wie möglich gesenkt, um den schwierigeren Handaushub zwischen den später zu schlagenden Spundwänden thunlichst zu verringern. Das Rammen der Spundwände konnte infolge dessen von der durchweg auf der Höhe $+10,77$ gelegenen Baugrubensohle erfolgen. Die 0,20 bis 0,25 m starken und bis 9 m langen Spundwände wurden anfangs mit Dampfkunstrammen von 1200 kg Bärgewicht hergestellt. Soweit reiner, wenn auch sehr fester Lettenboden vorhanden war, zogen die paarweise gekuppelten Pfähle ziemlich gut, bei Widerständen durch Sand- und Kiesschichten waren die Rammen indes nicht ausreichend. Deshalb wurden zwei unmittelbar wirkende Dampfstrammen mit 1400 bzw. 1800 kg schwerem Bär von Menck und Hambrock in Hamburg-Altona beschafft. Diese Rammen konnten in zehnstündiger Schicht 30 qm Spundwand aus 25 cm starken, 7,5 m langen, ganz in den Boden einzurammenden Pfählen herstellen, während die früher beschafften Rammen nur die Hälfte hiervon leisten konnten. Stellenweise verhinderten große Findlinge oder ganze Bänke von solchen das Hinabtreiben der Spundpfähle. Soweit die Steine bis etwa 2 m unter der zeitigen Baugrubensohle lagen, wurden sie durch Ausgraben beseitigt; lagen sie tiefer, dann wurden die betreffenden Pfähle einstweilen in

ihrer Höhe belassen. Bei den die gesamte Baugrube umfassenden Spundwänden wurden die hochstehenden Pfähle nach Fertigstellung des Erdaushubes für das Betonbett und Wegräumung der hinderlichen Steine nachgerammt, sodafs in diesen Wänden die Spundpfähle überall bis unter die Betonsole hinunterreichen. Bei den wieder zu beseitigenden Längsspundwänden wurde dies jedoch nicht für nothwendig gehalten, und hier lagen die Spitzen einzelner Pfähle über der Betonsole. Da die Rammarbeiten durch den festen Boden sehr erschwert wurden, so wurde auch ein Versuch gemacht, die Arbeiten durch Zuhülfenahme von Wasserspülung zu beschleunigen. In den Sandschichten wurde dadurch etwas erreicht, in den Lettenschichten ergab sich jedoch kein nennenswerther Nutzen. Im allgemeinen zeigte sich, dafs in dem festen Lettenboden schwere Bären mit grofser Hubhöhe trotz der dadurch bedingten langsamen Schlagfolge, bei Sand dagegen schnell folgende Schläge mit geringer Hubhöhe die besten Ergebnisse lieferten. Die zum Theil verwandten eisernen Pfahlschuhe haben sich in Sand und Kies von Nutzen gezeigt, während sie Steinen gegenüber vollkommen wirkungslos waren.

Nachdem bei der zuerst in Angriff genommenen Nordmauer die östliche Querwand und eine ausreichende Länge der an dieselbe anschließenden Längsspundwände gerammt war, wurde sofort mit dem Bodenaushub zwischen den Spundwänden begonnen. Die Lösung des Bodens geschah von Hand und konnte dank der überaus günstigen Wirkung der Grundwasser-Entwässerung ganz im trockenen erfolgen. Selbst als die Sohle der Baugrube erreicht war und es sich zeigte, dafs die wasserführende Schicht so stark verworfen war, dafs sie theilweise in der Baugrubensohle blofsgelegt war, traten doch nur sehr wenig Quellen auf und diese standen unter so geringem Druck, dafs sie keinerlei Auflockerung des Untergrundes herbeiführten. Diese Wahrnehmung führte dazu, die für die Begrenzung der Mittelmauer der Baugrube vorgesehenen, von der Unternehmung noch nicht beschafften Spundwände von 20 cm Stärke durch Streichwände von 10 cm Stärke zu ersetzen, da diese Wände nunmehr weder dicht zu sein brauchten, noch einen gröfseren Erddruck auszuhalten hatten.

Um das durch die Quellen austretende, sowie das während der Bauzeit von aussen in die Baugrube der Nordmauer anderweitig hineinfließende Wasser abzuleiten, wurde unter der ganzen Länge des Betonbettes der Nordmauer und zwar in der Mitte desselben ein 25 cm im lichten weites glasirtes Thonrohr mit offenen Fugen in Kies verlegt und durch ein 30 cm Thonrohr mit dem hinter der Nordmauer gelegenen Pumpenbrunnen verbunden. Gleiche Rohrstränge sind auch unter der Südmauer und der Mittelmauer und später auch in der Mitte der beiden Schleusen unter dem Betonbett der Kammern verlegt worden (sich Abb. 10 bis 12 auf Blatt 22 u. 23). Zwei 30 cm weite Querstränge verbinden diese fünf Rohrleitungen mit einander und mit den drei Pumpenbrunnen, sodafs ein vollständiges Drainagenetz unter der Schleusensohle vorhanden ist. Diese Anlage ermöglichte es, dafs der hinter der Südmauer nahe am Binnenhaupt befindliche Pumpenbrunnen bereits nach einjähriger Benutzung aufser Betrieb gesetzt werden und zeitweise die Entwässerung sogar durch nur einen Brunnen erfolgen konnte.

Die Förderung des zwischen den Spundwänden der Mauern ausgeschachteten Bodens geschah in Wagen von 3 cbm Inhalt auf zum Theil stark geneigten Ebenen mit Locomotiven. Während und nach dem Ausschachten des Bodens wurden die Spundwände der Seitenmauern durch starke, 1 bis 1,5 m von einander entfernte Hölzer sehr sorgfältig gegen einander abgespreizt, damit namentlich die hohen Böschungen der Schleusenbaugrube die Spundwände nicht einwärts drückten.

An den Schleusenstirnen wurden die Endquerspundwände durch wagerechte Sprengwerke gegen die Längsspundwände gestützt. Es sei hier gleich mit erwähnt, dafs die Querspundwände der Stirnen des Mittelpfeilers nach innen und unten gegen den Baugrund durch Hölzer abgestützt wurden, die beim Betonieren allmählich beseitigt wurden. Das gleiche Verfahren wurde beim Herstellen der Schleusenböden an den Stirnen derselben beobachtet.

Am 6. Juli 1891 waren die Arbeiten an der Nordmauer soweit gefördert, dafs an diesem Tage mit dem Einbringen des Betons begonnen werden konnte. Der Beton ist aus 0,9 Raumtheilen Schotter und 0,5 Raumtheilen Trafsmörtel, die zusammen 1,06 Raumtheile Beton ergaben, zusammengesetzt. Trafsmörtel wurde gewählt, weil er sich etwas billiger stellte als Cementmörtel (1:3), und weil bei der Ausschreibung der Baumaterialien noch nicht übersehen werden konnte, ob die Betonschüttung im trockenen oder unter Wasser zu erfolgen haben werde. Bei Schüttung unter Wasser aber verdient der Trafsmörtel den Vorzug, weil er weniger leicht ausgespült wird und weniger Schlamm bildet als Cementmörtel. Im Laufe der Ausführung erwies sich der Trafsmörtel insofern als sehr zweckmäfsig, als unbedenklich bei schlechtem Wetter und an Sonn- und Festtagen die Betonschüttung unterbrochen werden konnte. Der frische Beton band ohne jede Fuge an den vor 24 Stunden geschütteten, noch nicht völlig abgeordneten Beton an. Aus diesen beiden Gründen wurde auch für den in den Jahren 1892 und 1893 hergestellten Beton der Kammersohlen wieder Trafsmörtel gewählt, trotzdem die Trockenschüttung alsdann feststand. Die verwandte Mischung hat im allgemeinen einen dichten Beton gegeben.

Die Herstellung des Betons erfolgte in Trommeln, die Bereitung des Mörtels, der ebenso wie bei der Betonschüttung für die Brunsbütteler Schleuse aus 1 Raumtheil Trafs, $\frac{2}{3}$ Raumtheil Föttkalk und 1 Raumtheil Sand zusammengesetzt war in Kollergängen. Die Vortheile der Kollergänge werden später im Zusammenhange mit der Besprechung der Mörtelbereitung für die Herstellung des Ziegelmauerwerks eingehend besprochen werden. Die Betonschüttung wurde bei Tag und Nacht — bei elektrischem Bogenlicht — fortgesetzt, nur an den Sonn- und Feiertagen und bei sehr regnerischer Witterung wurde die Arbeit unterbrochen. Die höchste Leistung betrug in 24 Stunden 360 cbm Beton. Die Zufuhr vom Betonwerk nach der Verwendungsstelle erfolgte in Seitenkippwagen von 0,75 und 1 cbm Inhalt. Der Beton wurde sofort in ganzer Stärke geschüttet und nur an der Oberfläche mit Holzstampfen leicht abgestampft. Bei den beiden Seitenmauern lagen die Gleise für die Kippwagen auf den Aussteifungshölzern der Spundwände, bei der Mittelmauer waren solche Hölzer nicht vorhanden, die Gleise wurden hier auf den fertigen Beton gelegt, wobei an den frisch geschütteten Stellen Bohlen als Unterlage benutzt wurden. Der Kopf der Schüttgleise wurde durch Böcke gestützt, die in die Baugrube gestellt und wieder beseitigt wurden, sobald sie ganz umschüttet waren. Als das Betonbett der Nordmauer fertiggestellt war, waren auch die Ramm- und Erdarbeiten an der Südmauer soweit vorgeschritten, dafs dort unverzüglich mit der Betonirung begonnen werden konnte, und als die Schüttung an dieser Mauer beendet war, wurde die Mittelmauer in Angriff genommen. Auf diese Weise gelang es bis zum 21. November 1891 die Betonbetten für alle drei Schleusenmauern fertig zu stellen. Dazu war im ganzen die Bereitung und der Einbau von etwa 30 000 cbm Beton erforderlich.

Bei der Nordmauer war bereits am 7. September 1891 mit der Herstellung des Mauerwerks begonnen worden, bei

den beiden anderen Mauern konnte diese Arbeit erst später in Angriff genommen werden, trotzdem gelang es aber, die Häupter auch dieser Mauern vor Eintritt des Frostes so weit hoch zu führen, daß die in den Mauern belegenen Theile der Rohrtunnel während des Winters unter einem Dache bei Koksheizung ausgeführt werden konnten. Hierauf wurde besonderer Werth gelegt, weil diese Mauertheile schwierig herzustellen waren und nach der Unterwassersezung der Schleusen sowohl starken Beanspruchungen ausgesetzt sind, wie auch besonders wasserdicht sein müssen. Es erschien deshalb angebracht, diese Arbeiten von besonders tüchtigen und zuverlässigen Maurern unter sorgfältiger Ueberwachung ohne Eile herstellen zu lassen, und dazu war im Winter während des Ruhens der meisten übrigen Bauarbeiten die beste Gelegenheit. Nach Wiederaufnahme der Maurerarbeiten im Frühjahr 1892 wurden zunächst die Seitenmauern bis zur Höhe der Umlaufcanal-Unterkante + 13,47 aufgeführt und dann mit der Hinterfüllung dieser Mauern begonnen. Die Zufuhr der Materialien geschah während dieser Zeit mittels Locomotivbetriebes zunächst nach den noch nicht ausgehobenen Kammersohlen und von hier aus weiter durch Menschenkraft zu den Mauern. Als später die Ausschachtung für die Betonbetten der Kammersohlen in Angriff genommen wurde und die Höhe der Mauern soweit zunahm, daß die Förderung der Materialien in der eben beschriebenen Weise Schwierigkeiten begegnete und zu hohen Kosten verursachte, wurde an jeder Seiten-

mauer je eine Rüstung aufgestellt. Die beiden Rüstungen fanden am Außenhaupt ihre Fortsetzungen bis zu dem die Schleusenbaugrube gegen das Eindringen der Ostsee-Hochwasser sichernden Schutzdamm in Pfahljoch-Brücken und waren außerdem über die Mittelmauer hinweg durch Brücken mit einander verbunden.

Bei der Herstellung der Mauern wurde besonderer Werth darauf gelegt, daß jede einzelne Mauer in ihrer ganzen Längenerstreckung möglichst gleichmäßig hochgeführt wurde, sodaß die Belastungen des Untergrundes nicht wesentlich verschieden waren und dadurch der Bildung von Querrissen vorgebeugt wurde. Im allgemeinen wurde die Seitenmauer zuerst hochgeführt und die Mittelmauer sodann aufgemauert. Dies geschah, weil die Seitenmauern erst nach ihrer Hinterfüllung den vollen Druck auf den Untergrund ausüben, während die Mittelmauer denselben je nach der Höhe ihrer Aufmauerung voll belastet. Bereits im Juli waren die Hochführung und die Hinterfüllung der südlichen Seitenmauer soweit vorgeschritten, daß mit dem Bodenaushub für die Schleusensole der Südkammer begonnen werden konnte. Der Aushub geschah mit Handbetrieb, die Förderung der gelösten Bodenmengen in Wagen von 3 cbm Inhalt mittels Locomotiven. Die Ausschachtung bis zur Gründungssole wurde gerade so schnell betrieben, daß die Betonirung ihr in einer Entfernung von etwa 10 m folgen konnte. Vor dem

Einbringen des Betons mußten zunächst die Längsspundwände der Mauerfundamente entfernt werden. Zu diesem Zweck wurden längs der Spundwände der Seitenmauern etwa 50 cm tiefe Gräben ausgehoben und die einzelnen Spundpfähle auf der Sohle dieser Gräben mit der Axt abgehauen. Darauf wurde der Graben mit weichem Boden wieder verfüllt, damit ein Aufsetzen des Betons auf die feststehende Spundwand unter allen Umständen vermieden werde. Bei der Mittelmauer konnten die Streichwände ohne jede Schwierigkeit ausgezogen werden. Nach Beseitigung der Spund- und Streichwände stellte es sich heraus, daß der Beton in der unmittelbaren Nähe derselben an einzelnen Stellen ziemlich porös und undicht war. Solche Stellen wurden so tief ausgestemmt, bis der dichte Beton erreicht war, und die so entstandenen Löcher wurden entweder mit ausbetonirt oder mit Trafmörtel und Steinresten ausgemauert. Bei diesen Arbeiten zeigte es sich, daß der fertige Beton bereits eine so bedeutende Festigkeit erlangt hatte, daß das Ausstemmen

mit großen Schwierigkeiten verbunden war. Demgemäß wurden im weiteren Verlauf der Betonirungsarbeiten auch die geringsten Vertiefungen im Betonbett stets vorher ausgespart, um die kostspieligen Stemmarbeiten zu vermeiden. An manchen Stellen hatten die an der Spundwand gelegenen Beton-Flächen eine so glatte Oberfläche erhalten, daß sie zum besseren Anbinden des neuen Betons aufgeraut werden mußten. Das Einbringen des Betons in die Sohlen wurde in ähnlicher



Abb. 118. Herstellung des Betonbettes der Schleusen-kammer-Sohlen.

weise wie bei den Betonfundamenten der Wände ausgeführt. Für die Beförderung des Betons von den Trommeln nach der Verwendungsstelle wurden nunmehr jedoch die unterdessen aufgestellten Rüstungen benutzt. Von den Trommeln gelangten die Betonwagen zunächst auf die obere, auf + 21,12 gelegene Fahrbahn der Rüstungen. Sie wurden hier nach sogenannten Rutschen befördert, die in die Rüstung eingebaut wurden, und mittels derselben in Wagen entleert, die auf der zweiten, in Höhe von + 18,6 gelegenen Fahrbahn der Rüstungen liefen. Von letzteren wurde der Beton und zwar wiederum mittels Rutschen in Wagen umgeladen, welche auf einer Schiebebühne, die die ganze, etwa 18 m breite Sohle überspannte, bewegt wurden. Die Anordnung der Schiebebühne und der Vorgang der Betonirung ist aus der Text-Abb. 118 ersichtlich. Die Gleise, auf welchen sich die Schiebebühne bewegte, lagen auf dem Theil des Betonfundaments der Mauern, der über das bereits zur Ausführung gelangte Mauerwerk derselben nach der Schleusenmitte zu hinausragte. Dieses Gleis wurde überall in derselben Höhe verlegt, sodaß die Oberkante des Betonbettes in stets gleichbleibender Tiefe unter der Schiebebühne lag. Für die wagrecht liegenden Oberflächen der Thorkammern wurden in Abständen von 2 bis 3 m herabhängende Latten an der Schiebebühne befestigt, die als Lehren bei Herstellung des Betonbettes dienten; für die gewölbten Strecken der Kammer-

sohlen wurden Stichbogen an der Schiebebühne angebracht. Das Betonbett wurde wie bei den Mauern über die ganze Breite der Baugrube und in voller Stärke durchgetrieben. Besondere Sorgfalt ist aufgewandt worden, um ein inniges Anbinden des neuen Betons an das Grundmauerwerk der Wände herbeizuführen. Zu diesem Zweck wurde zum Anschluß stets Beton mit etwas größerem Mörtelgehalt verwandt, der überdies sorgfältig gestampft wurde. Das Betonbett in der Südschleuse wurde im Jahre 1892 ganz fertig gestellt, in der Nordschleuse gelang die Vollendung der Schüttung in diesem Jahre jedoch nicht. Wegen Eintritts harten Frostes mußten vielmehr die Arbeiten frühzeitig unterbrochen und etwa 5000 cbm Beton konnten erst im Jahre 1893 eingebracht werden.

Die Aufführung der Mauern und die Abdeckung der Schleusenböden wurde im wesentlichen in den Jahren 1892 und 1893 bewirkt; in dem letzteren Jahr wurde auch noch der größte Theil der Mauerdecken für die Maschinenkammern hergestellt. Der Rest aller dieser Arbeiten wurde im Frühjahr und im Sommer 1894 ausgeführt. Am 25. Septbr. 1894 waren auch die Thore und die Bewegungsvorrichtungen soweit fertig gestellt, daß an diesem Tage die Schleuse in Holtenau in Betrieb genommen werden konnte. Vier festlich geschmückte Dampfer, besetzt mit den Beamten der Kaiserlichen Canal-Commission, mit den bei den Bauten in Holtenau und der nächstgelegenen Canalstrecke beschäftigten Unternehmern und zahlreichen eingeladenen Gästen waren die ersten Schiffe, die die neuen Schleusen benutzten. Auf ein an Seine Majestät den Kaiser, der dem Schleusenbau in Holtenau bei seiner Anwesenheit in Kiel jederzeit ein besonders lebhaftes Interesse gewidmet hatte, gerichtetes Telegramm, durch welches Seiner Majestät die erste Durchfahrt durch die Schleuse gemeldet wurde, lief die folgende huldvolle Antwort ein:

„Nach Eröffnung der Ostseeschleusen, dieses wichtigen Theiles des großen nationalen Bauwerkes, rufe ich den Beamten, Unternehmern und Arbeitern ein herzliches „Glück auf“ zu. Möge das Werk die Meister loben, doch der Segen kommt von oben.“

Ueber Einzelheiten bei Ausführung der Maurerarbeiten sei das folgende mitgetheilt. Der gesamte beim Schleusenbau verwandte Mörtel mit Ausnahme eines kleinen beim Beginn der Maurerarbeiten verbrauchten Theiles ist in Kollergängen hergestellt. Ein Kollergang kam zuerst im Jahre 1890 bei der Ausführung der kleinen am Betriebshafen hergestellten Ufermauer zur Bereitung des Mörtels für einen Theil des Betons und des Ziegelmauerwerks in Anwendung. Bei der Ausführung dieser Mauer wurde eine Reihe von Versuchen angestellt, um die für den Schleusenbau zweckmäßigsten Mörtelmischungen und Mörtelbereitungsweisen herauszufinden, und zu diesem Zweck wurde für den Beton sowohl Cement wie Trafmörtel verwandt. Der Kollergang war zunächst beschafft worden, weil sich durch ihn die Aufstellung einer Trafmühle ersparen liefs. Wird ihm der Trafs in Stücken zugeführt, die in ihrer Größe etwa dem Chaussee-Steinschlag entsprechen, dann erhält man ein Mehl von außerordentlicher Feinheit. Vielfach angestellte Siebversuche haben ergeben, daß besonders die Rückstände mit dem 600- und dem 900-Maschensieb kaum so groß waren wie bei Trafmehl, das in einer guten Kugelmühle für den Bau der Kohlenhafens-Mole hergestellt worden war.

Bei der Mörtelbereitung für die Ufermauer wurde zunächst nur Trafmörtel in dem Kollergang hergestellt und durch Versuche festgestellt, daß die Mischung 1 Raumtheil Trafs, $\frac{2}{3}$ Raumtheile Fettkalk und 1 Raumtheil Sand bessere Festigkeiten ergibt als die Mischung 1 Trafs, 1 Kalk und

1 Sand. Aus einer größeren Versuchsreihe wurde die mittlere Zugfestigkeit der erstgenannten Mischung zu 15,6 kg/qcm nach 28 Tagen und 20 kg/qcm nach 90 Tagen gefunden. Von wesentlichem Einfluß auf die Güte des Mörtels erwies sich dabei die Dauer der Durcharbeitung im Kollergang. Bei einer Umlaufzeit von 10 Minuten erlangte der Mörtel bereits annähernd seine höchste Festigkeit; ein noch länger währendes Mischungsverfahren führte zwar eine weitere Steigerung derselben herbei, aber der Gewinn erwies sich als so gering, daß er die Verminderung der Leistungsfähigkeit des Kollerganges nicht aufzuwiegen vermag. Zahlreiche Versuche ergaben, daß der Mörtel bei einer Umlaufzeit von

6 Minuten	12,3 kg/qcm	Zugfestigkeit
10 „	17,5 „	„
15 „	18,5 „	„

nach 90 Tagen hatte. Hierbei war es nicht gleichgültig, in welcher Reihenfolge die Materialien in den Kollergang gegeben wurden. Die höchsten Festigkeiten wurden erzielt, wenn das durch einen Steinbrecher vorgebrochene Tuffgestein in dem Kollergang zunächst eine Minute allein gemahlen und dann der Kalk zugegeben wurde. Nachdem diese beiden Materialien sechs Minuten lang gemischt waren, durfte der Sand zugefügt werden, und die Mischung war dann noch drei Minuten fortzusetzen. Der so gewonnene Mörtel zeigte bei einer Versuchsreihe nach 90 Tagen eine mittlere Zugfestigkeit von 20,3 kg/qcm. Auf Grund dieser Versuche wurde das Mischungsverhältniß für den Trafbeton der Schleusen zu 1 Raumtheil Trafs, $\frac{2}{3}$ Raumtheile Kalk und 1 Raumtheil Sand festgesetzt, und die Unternehmer des Schleusenbaues entschlossen sich zu einer Anlage von Kollergängen.

Für das aufgehende Mauerwerk der kleinen Ufermauer am Betriebshafen war ein Mörtel aus 1 Raumtheil Cement und 3 Raumtheilen Sand vorgesehen; der Betrieb des Kollerganges bot jedoch Gelegenheit, Vergleiche über das Verhalten dieses Mörtels je nach seiner Erzeugung in einer Mörteltrommel oder in einem Kollergang anzustellen, und dabei erwies sich, daß der Mörtel aus dem Kollergang erheblich höhere Festigkeiten hatte als der in der Trommel gemischte. Bei einem Mischungsverhältniß von 1 Raumtheil Cement zu 3 Raumtheilen Sand wurde nach 28 Tagen Erhärtungszeit für in 4 Minuten Umlaufzeit hergestellten kellgerechten Mörtel aus dem Kollergang eine Zugfestigkeit von 16,6 kg/qcm, für trocken hergestellten Mörtel aus der Trommel von 12,7 kg/qcm und für kellgerecht hergestellten Mörtel aus der Trommel von nur 10,8 kg/qcm als Mittel von je 10 Zerreißkörpern gefunden. Diese Versuchskörper waren nicht nach den Normen für die Prüfung von Cement hergestellt, sondern der Mörtel war nur mit Hilfe eines Spatels in die Zugformen gefüllt, etwas eingestampft und dann geglättet worden. Aehnliche Ergebnisse zeigte die Mischung von 1 Gewichtstheil Cement und 3 Gewichtstheilen Sand, die genau nach den Normen zu Probekörpern verarbeitet wurde. Der Mörtel aus dem Kollergang hatte 31,3 kg, der in der Trommel trocken gemischte nur 26,4 kg/qcm mittlere Zugfestigkeit. Ein zu gleicher Zeit in der Versuchsstation von Hand hergestellter Satz Probekörper ergab 27,3 kg, der Mörtel aus dem Kollergang war also nicht unerheblich fester, als der in der Versuchsstation von durchaus geübtem Personal genau nach den Prüfungsbestimmungen angefertigte. Die Erklärung hierfür wird wohl zu einem Theil darin zu suchen sein, daß im Kollergang die innigste Mischung der Materialien stattfindet, zum anderen Theil wohl aber darin, daß Sand und kleine Steine im Kollergang gebrochen und dadurch scharfkantig gemacht werden. Das Fehlen von kleinen Steinen in diesem Mörtel

ist ein Nebenvorteil, der von den Maurern sehr angenehm empfunden wurde, weil er sie der sonst häufiger vorkommenden Nothwendigkeit enthob, einzelne Ziegelsteine wieder aufzunehmen, um in dem Mörtelbett befindliche Steine zu entfernen. Die Erwägung, daß die Dichtigkeit des mit Cementmörtel hergestellten Mauerwerks zu wünschen übrig läßt, und die Befürchtung, daß der Cementmörtel besonders im heißen Sommer durch theilweises Abbinden vor seiner Verwendung an Erhärtungsfähigkeit verlieren könnte, gaben die Veranlassung, auch Versuche über die Festigkeit von Kalkcementmörteln zu machen. Es wurden besonders die Mischungen 1 Raumtheil Cement, $\frac{1}{2}$ Raumtheil Kalk und 4 Raumtheile Sand, sowie 1 Cement, 1 Kalk, 6 Sand geprobt. Bei den Versuchen stellte sich heraus, daß der Mörtel aus 1 Cement, $\frac{1}{2}$ Kalk, 4 Sand, wenn er im Kollergang während einer Umlaufzeit von 10 Minuten hergestellt war, durchschnittlich eine etwas höhere Festigkeit hatte, als der in der Trommel hergestellte Mörtel aus 1 Raumtheil Cement und 3 Raumtheilen Sand. Da der Kalkcementmörtel etwas billiger war als der Cementmörtel und die für die Mörtelbereitung nöthigen Kollergänge vorhanden waren, so ist für den größten Theil des Schleusenmauerwerks der aus 1 Cement, $\frac{1}{2}$ Kalk und 4 Sand gemischte Mörtel zur Verwendung gelangt.

Das Mörtelwerk lag auf dem Gelände zwischen der Schleuse und dem alten Eidercanal. Es war mit acht Kollergängen und vier Betontrommeln ausgerüstet und konnte bei 14 stündiger wirklicher Arbeitszeit — von 5 Uhr morgens bis 9 Uhr abends mit 2 Stunden Pause — 150 cbm Mörtel liefern, die zur Herstellung von 300 cbm Beton oder 550 cbm Mauerwerk ausreichten. Das Mörtelwerk war durch Gleise mit allen Lagerplätzen und sämtlichen Verbrauchsstellen von Mörtel oder Beton verbunden. In dem Maschinenhause war eine Dynamomaschine aufgestellt, die den nöthigen Strom für die Beleuchtung der Baustelle zu Zeiten, in denen Nachtbetrieb stattfand, z. B. während der Betonierungs-Arbeiten, erzeugte. Auch versorgte eine daselbst aufgestellte Dampf-pumpe mit Hilfe eines Hochbehälters ein über die ganze Baustelle verzweigtes Rohrnetz mit Wasser.

Der zur Verwendung gelangte Sparbeton, rund 7500 cbm, bestand aus einer Mischung von 1 Theil Cement und 8 Theilen Sand. Er wurde in 40 cm hohen Schichten in die im Mauerwerk ausgesparten kastenartigen Hohlräume eingebracht und mit Holzstampfern von 25×25 cm Grundfläche festgestampft. Ein Versuch, zum Einstampfen eine für diesen Zweck besonders hergestellte Maschine nach Art der im Bremer Freihafengebiet bei den dortigen Mauern gebrauchten zu verwenden, führte nicht zu befriedigenden Ergebnissen. Mit der Handramme wurde der Beton fester eingestampft, er lief viel weniger Wasser durch, als der mit den Maschinen gefertigte. Ueberdies war die Maschine auf den Mauern sehr schlecht zu bewegen und zu bedienen. Nach der Anfüllung jedes Kastens wurde der Beton acht Tage lang unter Wasser gehalten.

Bei dem Versetzen der Quadern mußte davon Abstand genommen werden, sie in ein Mörtelbett hineinzusetzen, da die Quadern meistens nach mehreren Seiten hin fluchtgerecht versetzt werden mußten und es sich als unmöglich erwies, die genauen Höhen und Fluchten auf der beweglichen Mörtellage zu erhalten. Die Quadern wurden deshalb auf Holzkeilen verlegt und nach dem Einrichten mit aus 1 Theil Cement und 1 Theil Sand bestehendem Mörtel vergossen. Wie mehrfach vorgenommene Untersuchungen ergeben haben, lassen sich auch bei dieser Art der Ausführung volle Lagerfugen erzielen.

Die zum Mauerwerk verwandten Hintermauerungssteine waren zumeist erst kurz vor ihrer Anlieferung aus den Oefen

der Ziegelei in Rosenkranz gekommen und infolge dessen sehr trocken. Das Annässen erforderte deshalb sehr viel Wasser. Die mit den Ziegelsteinen beladenen Wagen wurden auf dem Wege zur Verwendungsstelle bei einer besonders zu diesem Zweck eingerichteten Wasserstation gehörig durchtränkt. In der heißen Jahreszeit genügte indessen dieses Annässen nicht völlig, vielmehr mußten die Steine vor ihrer Verwendung wiederholt mit Wasser begossen werden. Anders verhielten sich die auf der Baustelle bereits längere Zeit lagernden Steine, bei ihnen genügte das Annässen bei der Wasserstation vollständig. Die schwedischen Klinker, die zur Verblendung des Mauerwerks verwandt wurden, nahmen fast gar kein Wasser auf und durften nur in geringem Maße angenästet werden, weil sie sonst auf ihrer Mörtelfuge schwammen und in ihrer Stellung nicht zu halten waren, selbst wenn der Cementmörtel sehr steif angemacht war. Sämtliche Quadern sind vor dem Versetzen sorgfältig mit Wasser abgospült worden. Vor dem Vergießen derselben mit dem an der Verwendungsstelle angemachten Cementmörtel wurden zunächst in die Vergußfugen gehörige Mengen von Wasser hineingegossen, das durch die Keillöcher usw. wieder abgelassen werden konnte.

Die Sohlen der Schleusenammern und der Umlaufcanäle sind mit auf die Kopffläche gestellten Klinkern, also 25 cm hoch, abgepflastert. In den Maschinenammern und den Verbindungsgängen derselben ist die Sohle mit einer Rollschicht, also 13 cm stark, abgedeckt. Die auf die Kopffläche gestellten Steine haben sich nicht mit vollen Mörtelfugen vermauern lassen. Wie Versuche gezeigt haben, haftete der Mörtel nicht genügend an den Klinkern; er verlief und lief die 25 cm hohen Fugen vielfach leer. Deshalb sind diese Steine unter Verwendung von dünnen, 1 cm starken Latten, die den richtigen Abstand der Steine von einander herbeiführten, auf einer Mörtellage versetzt worden, in die sie etwa 3 cm hineinragten, und später mit dünnem Cementmörtel vergossen worden. Diese Arbeit war allerdings zeitraubend, aber sie führte zu günstigen Ergebnissen. Mehrere aufgebrochene Stellen haben gezeigt, daß die Fugen vollkommen ausgefüllt waren. Weil Trafmörtel an Trafbeton besser anbindet als Cementmörtel, wurde die erste Schicht der Untermauerung des Pflasters auf dem Beton in Trafmörtel hergestellt.

Besondere Sorgfalt mußte, ebenso wie in Brunsbüttel, auf die Herstellung der im Beton ausgesparten Rohrtunnel verwandt werden, damit diese bei dem später eintretenden Wasserdruck möglichst dicht waren. Da erfahrungsmäßig sowohl Beton als auch das mit bestem Cementmörtel ausgeführte Mauerwerk, namentlich wenn es nur geringe Stärke hat, nie völlig dicht ist, so wurde das Mauerwerk der Tunnel auch in Holtenau mit einer Isolirung umgeben. Die 1 m breiten und dem Umfang des Tunnelmauerwerks entsprechend langen Isolirungsplatten wurden von A. Siebel in Düsseldorf bezogen. Sie bestehen aus zwei dünnen Lagen Dachpappe, zwischen denen sich eine schwache Bleiplatte befindet. Das Ganze ist sehr biegsam und vermag sich daher scharfen Krümmungen gut anzuschließen. Anfänglich wurden die sauber abgeputzten Mantelflächen der Tunnel mit einem Anstrich von Holzcement versehen und durch diesen die Isolirungsplatten an das Mauerwerk geklebt. Später stellte sich jedoch heraus, daß das Ankleben mit frischem Mörtel erheblich bessere Ergebnisse lieferte, und deshalb wurde die Verwendung des Holzcements zu diesem Zweck aufgegeben. Die einzelnen Isolirungsplatten überdecken sich gegenseitig um 5 cm und greifen mit ihren Lagen derartig in einander ein, daß die Bleiplatten auf einander zu liegen kommen. Jede einzelne Lage wurde durch Holzcement mit der zugehörigen

benachbarten verklebt und der ganze Stofs mit einem heissen Bügeleisen fest zusammengedrückt. Diese Isolirung hat sich im allgemeinen wohl bewährt. Die Tunnel sind nicht ganz dicht und füllen sich im Laufe der Zeit allmählich mit Wasser an, wenn sie nicht durch die eingebauten Druckwasser-Elevatoren gelenzt werden, aber der weitaus grösste Theil des eindringenden Wassers findet seinen Weg in die Tunnel durch die besonders in der Höhe der Umlaufcanäle verhältnismässig recht schwachen Umfassungswände der Einsteigeschächte, die nicht mit Dichtungseinrichtungen versehen worden sind.

Zum Schutz gegen die Erdfeuchtigkeit wurden die oberen Theile der Hinterflächen der Seitenmauern bis etwa 1 m unter der Sohle der Maschinenkammern und Gänge zunächst mit dem bei der Mauerung verwandten Mörtel berappt, dann mit Cementmörtel glatt abgeputzt und, nachdem der Putz völlig erhärtet und ausgetrocknet war, mit einem heissen Goudronanstrich versehen.

Die Hinterfüllung der Seitenmauern wurde dem Fortschritt der Maurerarbeiten entsprechend in 40 cm starken Lagen ausgeführt, sodafs sie bei Fertigstellung der Seitenmauern ebenfalls vollendet war. Der erforderliche Boden wurde zum grössten Theil dem Aushub des Binnenhafens entnommen, der der Bauunternehmung für die Schleusen nachträglich übertragen worden war. Dabei wurde besonderer Werth darauf gelegt, dafs zu der Hinterfüllung möglichst sandiger Boden zur Verwendung kam. Da solches Material in dem Binnenhafen zeitweise nicht in genügender Menge gefördert wurde, mußte ein Theil aus weiter entlegenen Fundstellen angekauft und herbeigeschafft werden. Oberhalb der Mittelwasserlinie wurde die Hinterfüllung mit dem Boden bewirkt, wie er gerade bei den Ausschachtungsarbeiten im Binnenhafen gewonnen wurde.

Die vorstehend beschriebenen Arbeiten waren am Ende des Jahres 1893 in allen wesentlichen Theilen fertig gestellt, das Bauprogramm war innegehalten worden. Zur vollständigen Fertigstellung des Mauerwerks der Schleusen fehlte nur noch das Verlegen des grössten Theiles der Abdeckplatten und die mit der Aufstellung der Thore und der Bewegungsvorrichtungen der Schleusen zusammenhängenden Maurerarbeiten.

Im Laufe des Frühjahrs und des Sommers 1894 wurden auch diese Restarbeiten erledigt. Beim Verlegen der Abdeckplatten stellten sich mancherlei Vorkommnisse ein, die die Wahl von Basalt-Lava für diese Platten als keine besonders glückliche erscheinen liessen. Zunächst fehlte es häufiger an den benötigten Platten, weil es dem Lieferanten Schwierigkeiten machte, die erforderliche Menge von bedingungsgemäfsen Platten zu beschaffen. Dann mußten die Mafse der Platten bis auf 60×80 cm eingeschränkt werden, weil gröfsere Platten nur ausnahmsweise hergestellt werden konnten, und die infolge dessen vorhandene grofse Zahl von Fugen wirkt auf das Aussehen der abgedeckten Flächen sehr ungünstig ein. Endlich ist das Material sehr spröde, sodafs trotz der beim Transport und beim Verlegen der Platten aufgewandten Sorgfalt doch viele Kanten beschädigt worden sind. Allen diesen Nachtheilen steht als Vortheil allein gegenüber, dafs die Basalt-Lava eine sehr rauhe Oberfläche besitzt, die auch an solchen Stellen, wo sie viel begangen wird, nicht glatt wird. Dieser Vortheil ist für Abdeckplatten von Schleusen indes nicht sehr hoch anzuschlagen, da bei dem verhältnismässig geringen Verkehr auf den Schleusenmauern auch Granitplatten in dieser Beziehung genügenden Widerstand besitzen. In Holtenau war für die Wahl des Materials wesentlich der Umstand mit bestimmend, dafs die Basalt-Lava aus dem Inlande — vom Rhein — geliefert wurde. Granitplatten konnten zu denselben Preisen nur aus Schweden bezogen werden.

Die Senkungen der Schleusenmauern. Nachdem die Mauern der Schleuse hochgeführt und die Seitenmauern hinterfüllt waren, wurde durch Höhenmessung festgestellt, dafs sich beide Seitenmauern am Aufsenhaupt zwischen 2 und 3 cm gesenkt haben, während die ganze Mittelmauer und die Binnenhäupter der Seitenmauer ihre Höhenlage unverändert behalten haben. Das Setzen der Seitenmauern in den Aufsenhäuptern wird darauf zurückzuführen sein, dafs der im Untergrunde vorhandene Lettenboden etwas zusammengeprefst worden ist, während der in den Binnenhäuptern aus grobem, fest abgelagertem Sand bestehende Baugrund nicht nachgegeben hat. Dafs die Mittelmauer nicht entsprechend den Seitenmauern heruntergegangen ist, wird darin seinen Grund haben, dafs diese Mauer bei verhältnismässig geringerer Belastung eine gröfsere Grundfläche aufweist und dafs infolge des Fehlens der Hinterfüllung eine fast gleichmäfsige Belastung des Untergrundes eintritt. Risse haben sich infolge der Setzung der Seitenmauern nicht gezeigt, zum Entstehen derselben lag auch keine Veranlassung vor, weil die Senkung vom Aufsenhaupt nach dem Binnenhaupt nahezu geradlinig verläuft, wie die Höhenmessung ergeben hat. Im Aufsenhaupt der Mittelmauer wurde ein Haarrifs entdeckt, dessen Breite nicht mefsbar war. Er zeigte sich unmittelbar am Anschlufs der Thornische an das Pontonhaupt auf der Nordseite der Mauer. Er wurde im Frühjahr 1893 zum ersten Mal bemerkt, begann etwa 1 m über der Betonsohle und hatte eine lothrechte Länge von etwa 4 m. Aenderungen irgend welcher Art hat er während der fast $1\frac{1}{2}$ Jahr, die von seiner Entdeckung bis zum Einlassen des Wassers in die Schleuse vergingen, nicht gezeigt, und deshalb ist es nicht gelungen, eine Erklärung für sein Auftreten zu finden.

Die Vollendungsarbeiten in Holtenau. Nach der Inbetriebnahme der Schleuse waren in Holtenau aufser den ziemlich umfangreichen Pflasterungs-, Chaussirungs- und Einbnungsarbeiten und der Wegbaggerung der Schutzdämme im Aufsen- und Binnenhafen noch die Leitwerke und Dalben herzustellen. Des ferneren mußte eine gröfsere Länge des alten Eidercanals hochwasserfrei zugeschüttet werden und der Abbruch der alten Eidercanal-Schleusen sowie die Herstellung der planmäfsigen Tiefe an dieser Stelle erfolgen. Mit dem Abbruch der auf Seite 50 u. ff. beschriebenen, mit Schiebethoren ausgerüsteten Schleuse war bereits im Sommer 1894 begonnen worden. Zu dem Zweck war oberhalb und unterhalb der Schleuse je ein Damm durch den alten Canal geschüttet und dann die Abbruchsarbeit in der so gebildeten Baugrube unter Wasserhaltung vorgenommen worden. Dabei hatte die Entfernung der den Pfahlrost der Schleuse bildenden Pfähle recht erhebliche Schwierigkeiten gemacht. Die Pfähle standen auf ihre ganze, rund 5 m betragende Länge im schwersten blauen Thon, sie bestanden aus Buchenholz und waren theilweise nicht vollständig gerade gewachsen. Wie sie seiner Zeit bei dem Bau der Schleuse mit vieler Mühe — und nebenbei bemerkt, weil der Boden schon an sich fest genug war, ganz überflüssiger Weise — eingerammt worden sind, so boten sie auch dem Ausziehen einen sehr beträchtlichen Widerstand und verzögerten ihrer grofsen Zahl wegen — etwa 1100 Stück — den Fortgang der Arbeiten erheblich. Es gelang jedoch, den Abbruch zugleich mit der Fertigstellung der ersten Durchdämmung des alten Canals zu vollenden, und da nunmehr die alten Schleusen bzw. die Abschlufsdämme der Schiebethorschleusen-Baugrube die landeinwärts gelegene Canalstrecke nicht mehr gegen die Hochfluthen der Ostsee zu sichern brauchten, konnten die Abschlufsdämme entfernt, die Schifffahrt über die Stelle, wo die Schiebethorschleuse gestanden hatte, geleitet und mit dem Abbruch der Kesselschleuse begonnen werden. Dieser

vollzog sich ebenso wie vorhin beschrieben, der Pfahlrost bestand jedoch sogar aus rund 1900 Pfählen, und überdies waren die Arbeiten bei außerordentlich ungünstiger Winter-Witterung durchzuführen. Dank der überaus umsichtigen und thatkräftigen Leitung der Arbeiten durch den Unternehmer des Schleusen-Abbruchs wurde die Arbeit trotzdem bis Anfang Mai 1895 zu Ende geführt. Es waren dann noch rund 50 000 cbm schwersten blauen Thons wegzubaggern. Wie bereits auf Seite 63 erwähnt worden ist, gelang es, diese Arbeit mit einem Bagger bis auf geringfügige Bodenmengen, die außerhalb der tiefen Fahrrinne des Canals lagen und später beseitigt wurden, in der bis zur festgesetzten Canal-Eröffnung noch zur Verfügung stehenden Zeit von vier Wochen zu bewältigen. Unterdessen waren auch die übrigen Arbeiten durchgeführt, sodafs am Tage der Eröffnung des Canals sämtliche Arbeiten an der Schleuse sowie am Binnen- und Aufsenhafen vollendet waren. Eine Ausnahme machte nur die Zuschüttung des Eidercanals, sie hatte wegen Mangel an Boden bis dahin nicht planmäfsig ausgeführt werden können.



Abb. 119. Pegelthurm bei Holtenau.

Die Pegelthürme in Brunsbüttel und Holtenau. Von Wichtigkeit für den Schleusenbetrieb sind die Massnahmen, die getroffen worden sind, um den Schleusenwärtern jeder Zeit die Wasserstände im Binnen- und Aufsenhafen vor Augen zu führen. Zu diesem Zweck ist sowohl in Brunsbüttel wie in Holtenau ein Pegelthurm errichtet, der mit drei Zifferblättern von je 3 m Durchmesser versehen ist, von denen je eins von jeder Stelle der Schleusen, des Aufsen- und des Binnenhafens deutlich gesehen werden kann. Die Zifferblätter haben zwei concentrische Theilungen, von denen die äufsere dem Wasserstand im Aufsenhafen, die innere dem Wasserstand im Binnenhafen entspricht. Vor dem Zifferblatt bewegen sich unabhängig von einander zwei Zeiger, ein gröfserer für die Aufsen-, ein kleinerer für die Binnenwasserstände. Die Text-Abb. 119 zeigt den Pegelthurm in Holtenau nach einer photographischen Aufnahme zu einer Zeit, wo die Thore offen standen und infolge dessen im Binnen- und Aufsenhafen gleiche Wasserstände vorhanden waren, die Zeiger sich also gegenseitig decken mußten. In der Text-Abb. 120 ist das Zifferblatt des Pegelthurms in Holtenau in gröfserem Mafsstabe dargestellt. Der grofse Zeiger giebt an, dafs im Aufsenhafen der Wasserspiegel 0,4 m über dem mittleren Wasserstande der Ostsee liegt, während aus der Stellung des kleinen Zeigers zu ersehen ist, dafs der Wasserstand im Binnenhafen 0,4 m unter diesem Mittel liegt. In Holtenau brauchte die innere Theilung nur für Wasserstände zwischen $+ 0,5$ und $- 0,5$ M. W. eingerichtet zu werden,

in Brunsbüttel sind die vorkommenden Wasserstandsverschiedenheiten gröfser, auch bezüglich der Aufsenwasserstände, und deshalb mußte dort die Theilung anders werden. Die Zeiger werden mit Hilfe von Drähten durch Schwimmer in

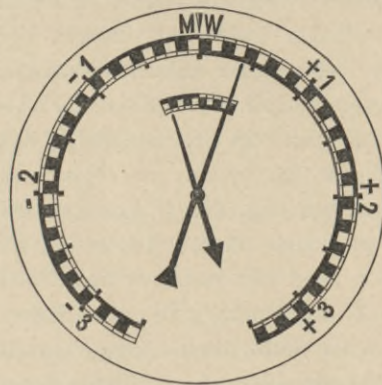


Abb. 120. Zifferblatt des Pegelthurms in Holtenau.

Bewegung gesetzt. Diese befinden sich in Brunnen, die hinter den Stirnmauern der Schleuse angeordnet sind und durch Rohrleitungen mit dem Aufsen- und Binnenhafen in Verbindung stehen. Die Brunnen haben etwa 110 m Entfernung vom Pegelthurm, die Drähte liegen in unterirdischen Canälen, in denen sie über Rollen geführt werden. Der Einfluß der Längenänderungen der Drähte infolge von Temperaturschwankungen ist durch eine Ausgleichvorrichtung derart beseitigt, dafs die Pegelwerke von der Drahtverlängerung nicht beeinflusst werden. In den Pegelthürmen ist aufser dem Zeigerwerk auch ein selbstthätiger curvenzeichnender Controlpegel, System Seibt-Fuess, aufgestellt, der jedoch nur mit dem Aufsenwasser in Verbindung steht und zur ununterbrochenen Aufzeichnung der Stände desselben dient. Beim Eintritt derjenigen Wasserstände, die für den Schleusenbetrieb von besonderer Wichtigkeit sind, kommen in dem Obergeschofs der Pegelthürme aufgestellte Glocken zum Ertönen; sie werden auf elektromotorischem Wege durch Schliessen von Contacten, die an den Zeigerwerken angebracht sind, in Betrieb gesetzt. Bei Nacht werden die Zifferblätter durch elektrisches Glühlicht beleuchtet. Die ganze Betriebsausrüstung der Pegelthürme ist von dem Feinmechaniker K. Fuess in Steglitz bei Berlin hergestellt. Von ihm sind auch für jede Schleuse vier Seibtsche eiserne Präcisionspegel mit auswechselbarer Porcellantheilung geliefert, von denen je zwei im Binnenhafen und im Aufsenhafen an dem Schleusenmauerwerk angebracht worden sind.

2. Der Bau der Ufermauern am Binnen- und Aufsenhafen.

Hierzu die Abb. 5 auf Blatt 6 u. 7 und die Abb. 1 bis 13 auf Blatt 24.

Ueber die Lage der Ufermauern und den Verkehr, dem sie dienen sollen, ist bereits früher das erforderliche gesagt, es kann also hier sogleich in die Beschreibung der einzelnen Mauern und ihrer Bauausführung eingetreten werden.

Die Ufermauer am Betriebshafen und die nördliche Ufermauer am Aufsenhafen. Beide Ufermauern haben dieselben Wassertiefen vor sich, liegen mit ihrer Oberkante in derselben Höhe über dem mittleren Wasserspiegel und stehen auf ungünstigem Baugrund. Sie haben infolge dessen dieselbe Querschnittsanordnung und auch fast genau dieselben Abmessungen erhalten. In der Text-Abb. 121 ist der Querschnitt der nördlichen Ufermauer am Aufsenhafen dargestellt. Die grofse Breite des Beton-Grundbaues ist in Rücksicht auf den ungünstigen Baugrund gewählt. Die Ufermauer am Betriebshafen wurde — wie bereits früher erwähnt — schon im Jahre 1890 ausgeführt, einmal um Gelegenheit zu Versuchen über die zweckmäfsigsten Mörtelmischungs- und Mörtelbereitungsweisen zu haben und ferner, weil die Ufermauer während des Baues zu Löschezwecken verwandt werden sollte, was auch in sehr erheblichem Mafse geschehen ist. Zu den das Betonbett der Mauer einschließenden Spundwänden wurden versuchsweise auch buchene Spund-

eisernen Hauben abgedeckt sind. Hinter jedem dritten Reibholz ist an der Vorderkante der Stirnmauer ein gußeiserner Poller

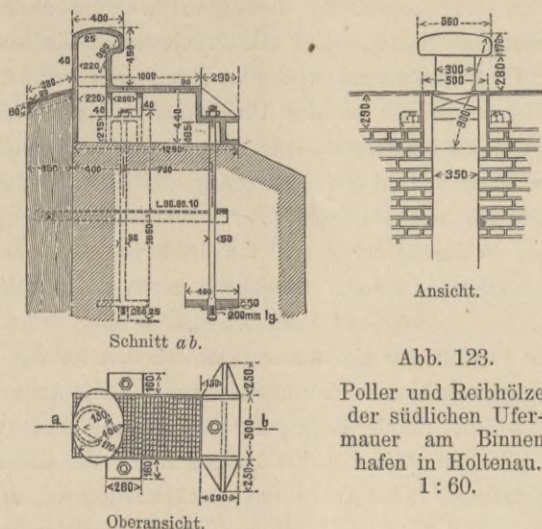


Abb. 123.
Poller und Reibhölzer
der südlichen Ufer-
mauer am Binnen-
hafen in Holtenau.
1:60.

angeordnet, dessen Form und Befestigung aus der Text-Abb. 123 zu ersehen ist. Zwischen den Pfeilern der Mauer ist die mit $1\frac{1}{2}$ facher Neigung abgeboßte Hinterfüllungserde mit einer Steindecke aus gespaltenen Granitfindlingen auf Grundunterbettung abgedeckt, deren Fuß sich auf die Krone der unteren Sandbeton-Stützmauer setzt. Der Abschluss der Gewölbe nach hinten wird durch eine Trockenmauer mit Ziegelbrocken-Hinterfüllung gebildet, die vermöge ihrer Wasserdurchlässigkeit eine jederzeitige gute Entwässerung der Hinterfüllungserde gewährleistet. Die gesamte Anordnung der Mauer hat sich durchaus bewährt. Bisher sind weder irgendwelche Risse in der Mauer noch Versackungen in der Hinterfüllung bemerkt worden, dabei haben die Kosten der 9,5 m hohen Mauer nur 710 \mathcal{M} für 1 m Länge betragen.

Die Ausführung der Mauer erfolgte in der Zeit vom September 1892 bis Juni 1893 in einzelnen Absätzen in der Weise, daß zunächst der Erdaushub für eine Anzahl Pfeiler und die zwischenliegenden Stützmauern ausgeführt und dann sofort die Klinkerverblendung und der Sandbeton für die Stützmauer und den unteren Theil der Pfeiler hergestellt wurde. Die hierbei beschäftigt gewesen Arbeiter nahmen nach der Vollendung dieses Theils der Mauer eine neue Pfeilergruppe in Angriff, während der weitere Aufbau der Pfeiler, die Einwölbung und die Herstellung der Stirnmauer sowie daran anschließend die Verlegung des Böschungspflasters und die Herstellung der Trockenmauer gleichfalls gruppenweise und dem Fortschreiten der vorhergehenden Arbeitsabschnitte folgend durch andere Arbeitskräfte ausgeführt wurden. An beiden Enden der Mauer wurden die Arbeiten durch den Aufbruch je einer stark wasserführenden Quelle und dadurch hervorgerufene Rutschungen der in ihrem Fuß unterwaschenen Böschungen behindert. Nachdem diese Quellen gefast und abgeleitet waren, konnte jedoch auch hier die Ausführung

der Mauer ohne wesentliche Störungen bewirkt werden. Am östlichen Ende, wo die Quelle etwas seitlich vom hinteren Theil eines der Mauerpfeiler lag, geschah die Fassung mittels eines aus eingerammten Bohlen hergestellten, $1,2 \times 1,2$ m weiten und 2,5 m tiefen Brunnens, dessen Sohle mit einer nach oben zu allmählich gröber werdenden Kies- und Steinschüttung bedeckt wurde, um das weitere Auswerfen von Sand zu verhindern. Am westlichen Ende lag die Quelle gerade unter einem Pfeiler. Hier wurde ein 1,5 m weiter, gemauerter Brunnen bis auf die aus grobem, mit Steinen durchsetztem Sand bestehende wasserführende Schicht, die etwa 2 m unter der Gründungssohle lag, abgesenkt und durch ein Kugelgewölbe abgedeckt, über welchem der Betonkörper des Pfeilers eingestampft wurde. Von beiden Brunnen führten Thonrohre das aufsteigende Wasser vor den Fuß der Mauer, von wo es in einem offenen Graben der Wasserhaltung der Schleusenbaugrube zugeführt wurde.

Die Text-Abbildung 124 zeigt das westliche Ende der Ufermauer zu der Zeit, als die Abdeckplatten der Stirnmauer verlegt wurden. Auch fehlt auf dem Bilde noch die erst später hergestellte Steinpackung vor dem Fuß der Pfeiler und der unteren Stützmauer.

Die Mole südlich vom Aufsenhafen in Holtenau. Die Herstellung einer Mole mit einem in ihrem Schutze liegenden Hafen war in dem Bauplane des Canals nicht vorgesehen, vielmehr sollte für Zwecke der Marine eine Ufermauer von rund 270 m Länge und 10 m Wassertiefe erbaut werden. Erst nachdem diese Mauer bis

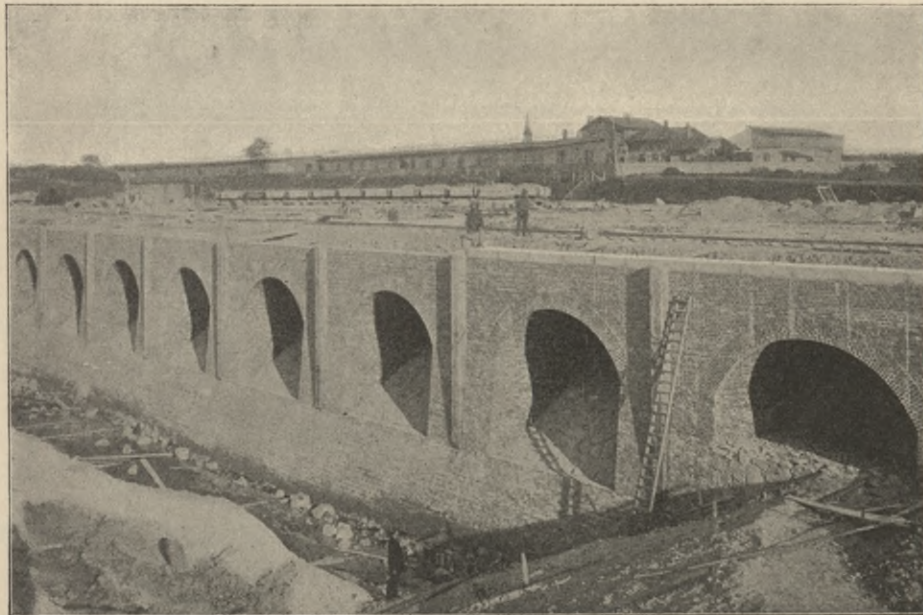


Abb. 124. Südliche Ufermauer am Binnenhafen in Holtenau.

auf die Hinterfüllung fertig gestellt war, tauchte der Gedanke auf, sie in eine Mole umzubauen und hinter ihr einen Hafen anzulegen. Veranlassung hierzu gaben in erster Linie die örtlichen Verhältnisse. Die Mauer hatte wegen der großen Tiefe, die vor ihr vorhanden sein sollte, in solcher Entfernung von dem durch Anschüttung gewonnenen Gelände frei in die Kieler Förhrde erbaut werden müssen, daß zwischen der Mauer und dem Ufer eine Wasserfläche von etwa 40 m Breite verblieb. Als im Herbst 1893 die Mauer nebst ihrem Flügel am Nord-Ende bis über das Mittelwasser der Ostsee hinaus aufgemauert worden war, zeigte es sich, daß das hinter ihr liegende, nunmehr nur noch nach der Südseite offene Wasserbecken vollkommen gegen nördliche und östliche Winde und gegen Seegang geschützt war, und daß Bau- und Betriebsfahrzeuge mit Vorliebe diese geschützte Stelle als Liegeplatz aufsuchten. Diese Beobachtung und die Erwägung, daß durch Erhaltung und weiteren Ausbau des Beckens ohne besondere Schwierigkeiten Liegestellen für kohlennehmende Schiffe in fast der dreifachen Längenausdehnung wie vor der Ufermauer allein gewonnen werden könnten, führte zu der Aufstellung vergleichender Anschläge über die Kosten, die einerseits für die Hinterfüllung der Ufermauer, andererseits für ihren Umbau zu einer Mole und den Ausbau des hinter ihr liegenden Beckens zu einem Hafen aufzuwenden wären. In-

folge der bedeutenden für die Hinterfüllung zu verwendenden Bodenmengen und der verhältnismäßig hohen Kosten, die durch die umfangreiche, im Entwurf der Mauer vorgesehene Verwendung von Ziegelbrocken und Sand zur Hinterschüttung des unteren Mauertheils verursacht wurden, ergaben die Veranschlagungen, daß der Ausbau der Mauer nur um einen in Ansehung der zu erreichenden Vortheile geringfügigen Betrag theurer werden würde als ihre Hinterfüllung, und deshalb wurde im Herbst 1894 nach Vereinbarung mit den Marinebehörden der Umbau der Mauer zur Mole und die Herstellung des Hafenbeckens hinter ihr beschlossen. Da sowohl die Aufstellung des Entwurfs wie die Ausführung der Mauer ohne jede Rücksicht auf die später durchgeführte Umwandlung in eine Mole erfolgt sind und manches bemerkenswerthe bieten, so wird im folgenden zunächst die Herstellung der Mauer nach ihrer ursprünglichen Bestimmung als Ufermauer erörtert werden.

Die Mauer wurde gebaut auf Anforderung der Kaiserlichen Marine-Verwaltung. Sie sollte einen für die Marine bestimmten Kohlenlagerplatz begrenzen und war deshalb so einzurichten, daß die tiefgehendsten Kriegsschiffe unmittelbar davor anlegen konnten. Der Kohlenlagerplatz war ursprünglich am südlichen Ufer des Außenhafens geplant. Weil aber bei dieser Lage des Platzes befürchtet wurde, daß die vor der Mauer an- und abliegenden Schiffe den Verkehr der durch die Schleuse ein- und ausgehenden Schiffe behindern würden, so wurde die ganze Anlage nach der Anschüttung südlich

von der Hafenumündung verlegt. Für die Entfernung des nördlichen Endes der Mauer von der Uferlinie des Außenhafens war der Umstand maßgebend, daß erst an der gewählten Stelle der Baugrund tragfähig wurde, während er in größerer Nähe vom Außenhafen moorig war. Die Fluchtlinie der Mauer durfte, um auch für die An- und Abfahrt auf der Nord- oder Canalseite überall genügende Wassertiefe zu behalten, nur um etwa 5 m hinter den auf + 9,7 liegenden Fuß der an die Mauer nach Norden zu anschließenden Uferböschung zurückgelegt werden. Infolge dessen lag die Mauer bei dem zu Beginn ihrer Herstellung vorhandenen Zustand der Anschüttung — wie schon oben erwähnt — in einer Entfernung von 30 bis 50 m vom Ufer im offenen Wasser. Dieser Umstand war für die Wahl der Bauweise, in der die Mauer ausgeführt wurde, von ausschlaggebender Bedeutung. Bei der großen Höhe der Maueroberkante über der Hafensohle, 13 m, mußten die Herstellungskosten der Mauer sehr beträchtlich werden. Um sie möglichst einzuschränken, wurde der in Abb. 6 auf Bl. 24 dargestellte Querschnitt gewählt. Demnach besteht die Mauer in ihrem unteren, unter der Höhe + 18,5, also 1,27 unter Mittelwasser der Ostsee gelegenen Theile aus Beton, im oberen Theile aus Ziegelmauerwerk mit Klinkerverblendung und einer Abdeckung aus Basaltlavaplatten. In dem Ziegelmauerwerk sind mit Sandbeton ausgefüllte Aussparungen, sowie ein Gang für Rohrleitungen vorgesehen. Von der Anordnung einer Spundwand längs des Fußes der Mauer konnte hier ebenso wie bei der Ufermauer im Binnenhafen Abstand genommen

werden, weil die Hafensohle aus blauem, mit Steinen durchsetztem und sehr festem Letten besteht, der dem Angriff des durch die Schiffsschrauben bewegten Wassers ausreichenden Widerstand bietet. Zur Sicherheit wurde jedoch auch hier eine Steinschüttung vor der Mauer angeordnet. Der Anschluß der Mauer an das Ufer wird auf der Nordseite durch einen gemauerten Flügel von ähnlicher Ausbildung wie die Mauer selbst bewirkt. Am südlichen Ende sollte der Anschluß mit Rücksicht auf eine etwa später vorzunehmende Verlängerung durch ein hölzernes Bohlwerk vermittelt werden. Dasselbe ist jedoch nicht zur Ausführung gelangt.

Vor Beginn der eigentlichen Bauarbeiten an der Mauer war die Hafensohle an der Stelle, wo die Mauer errichtet werden sollte, durch Baggerung bis auf + 8,7 vertieft worden, die Bauarbeiten selbst begannen mit der Herstellung der Baurüstung. Die Anordnung der Rüstung ist aus den Abb. 6 u. 7 auf Bl. 24 ersichtlich, es sei nur dazu bemerkt, daß die in zweiter Reihe — von See aus gerechnet — stehenden Schrägpfähle gleich in solcher Neigung eingerammt wurden, daß sie nach Fertigstellung der Mauer als Streichpfähle dienen konnten. Die senkrechten Pfähle der dritten

Reihe begrenzten die Mauer nach hinten. Nach Anbringung der Quer- und Längsverbindungen an den Pfählen der ersten und zweiten Pfahlreihe einerseits und an denen der dritten und vierten Reihe andererseits wurden die so gebildeten beiden Jochbrücken durch Spreizen und eiserne Zugstangen zu einem gegen seit-

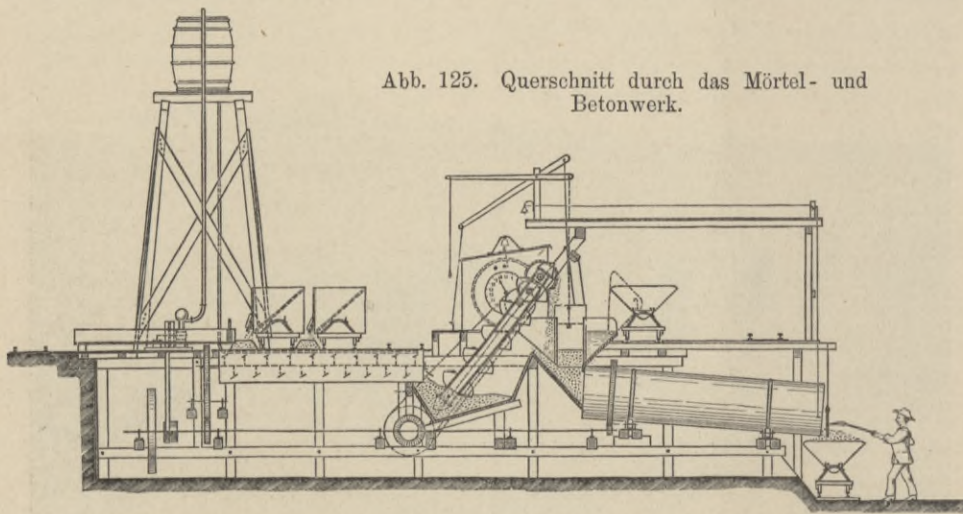


Abb. 125. Querschnitt durch das Mörtel- und Betonwerk.

liche Schwankungen möglichst gesicherten Gerüst verbunden. Nach Fertigstellung des Gerüsts, das auch eine Bohlenabdeckung auf Längsschwellen erhielt, wurde, da sich auf der freigelagerten Bausohle nachträglich stellenweise wieder eine Schicht weichen Bodens abgelagert hatte, zunächst ein Greifbagger in Thätigkeit gesetzt, der die Schlamm- und Schicht entfernte und zugleich die aus der Abb. 6 auf Bl. 24 ersichtliche Rille in der Gründungssohle herstellte. Diese Rille war in dem Entwurf nicht vorgesehen; sie wurde nachträglich angeordnet, weil der bei der Aushebung der Baugrube verwandte Bagger über die Vorderflucht des Betonfundaments hinweggegriffen hatte, sodaß die feste Bodenwand, gegen die sich der Mauerfuß entwerfungsgemäß lehnen sollte, grotzentheils fehlte und die nöthige Sicherheit gegen eine seitliche Verschiebung der Mauer anderweit geschaffen werden mußte. Um ein weiteres Eintreiben von Boden, der an der Uferböschung hinter der Mauer abgespült wurde, zu verhindern und überdies dem Betonfuß der Mauer eine seitliche Begrenzung zu geben, wurde dann ein Theil der aus Ziegelbrocken herzustellenden Hinterfüllung und des vorderen Steinwurfs verstärkt. Aus der Abb. 7 auf Bl. 24 ist der Umfang dieser Schüttungen zu ersehen. Nach Erledigung dieser vorbereitenden Arbeiten konnte mit der Ausführung des Betonkörpers begonnen werden. Der Beton wurde in einem mittels einer Locomobile betriebenen, auf dem angeschütteten Hafengelände gelegenen Mörtel- und Betonwerk hergestellt. Die Text-Abb. 125 stellt einen Querschnitt durch die Anlage dar. Die Mörtelmulde und die Betontrammel

lagen annähernd in derselben Höhe. Der fertig gestellte Mörtel wurde durch ein Becherwerk gehoben und in den Zuführungstrichter der Betontrommel verstürzt. Die beiden lothrechten Seitenwände dieses Trichters hatten je eine Oeffnung, die durch einen Schieber verschlossen werden konnte. Hinter den Seitenwänden lag je ein Behälter für den Betonschotter. Die Gestalt der Behälter war derartig gewählt, daß der Schotter nach Oeffnung des Schiebers selbstthätig oder mit ganz geringer Nachhilfe in den Zuführungstrichter der Betontrommel abließ. Jeder der beiden Behälter faßte $\frac{2}{3}$ cbm Schotter; während der Schieber des einen Behälters geöffnet war, wurde der andere Schieber geschlossen gehalten und der Behälter wieder mit Schotter gefüllt. Die Becher des Becherwerks hatten eine solche Größe, daß dem Inhalt eines Schotter-Behälters

durch Verstürzen von 17 Bechern diejenige Mörtelmenge zugeführt wurde, die dem vorgeschriebenen Mischungsverhältniß des Betons entsprach. Durch die beschriebene Einrichtung war es möglich, der Betontrommel den für die Bereitung des Betons erforderlichen Mörtel in einzelnen kleinen, genau abgemessenen Mengen und den Schotter in einem beständigen Strome zuzuführen, und dadurch wurde eine sehr innige und gleichmäßige Mischung erreicht, außerdem aber auch die Leistung der Anlage auf eine hohe Stufe gebracht. Es war nur eine Mörtelmulde und nur eine Betontrommel vorhanden, trotzdem wurden an einigen Tagen in 14 wirklichen Arbeitsstunden 550 cbm Beton hergestellt. Um dem die Schieber der Schotterbehälter bedienenden Arbeiter jederzeit anzuzeigen, wieviel Mörtel in die Beton-

trommel gefördert war, und ihm damit einen Anhalt für die Regelung der Schotterzuführung zu geben, wurde von dem Getriebe des Becherwerks aus ein Zeiger vor einem Zifferblatt bewegt, das mit einer von 1 bis 17 reichenden Bezifferung versehen war; außerdem wurde beim Verstürzen jedes siebzehnten Bechers eine Glocke zum Ertönen gebracht.

Der so hergestellte Beton wurde mittels einer aus drei nebeneinander hängenden Trichtern bestehenden Schüttvorrichtung, die auf einem Wagen ruhend in der Längsrichtung der Mauer zwischen den beiden seitlichen Jochbrücken verschoben werden konnte, versenkt. Zunächst wurde der unterste seitlich abgeböschte Betonkörper bis zur Höhe + 12,0 mit einer Kronenbreite von 8,3 m in drei Lagen, von denen die unterste 1,3 m, die beiden anderen je 1 m Höhe hatten, hergestellt. Die Anordnung der Trichter und des sie tragenden Wagens ist in den Abb. 9 bis 12 auf Bl. 24 dargestellt. Die bei Beginn der Schüttung rd. 12 m langen Trichter waren aus einzelnen kegelförmigen, aus Eisenblech hergestellten Ringen zusammengesetzt, von denen die

beiden untersten je 1 m, die folgenden 0,7 m hoch waren, während der oberste, etwa 3,5 m hohe Theil der Trichter aus einem Stück bestand. Die obere Oeffnung der Trichter hatte einen lichten Durchmesser von 80 cm, die Wandung einen Anzug von $\frac{1}{20}$, um mit der Trichtermündung einen möglichst breiten Streifen der in der untersten Lage 10 m breiten Schüttfläche bestreichen und die seitliche Begrenzung des vorderen Trichters möglichst nahe und gleichlaufend mit der unter 10:1 geneigten Außenfläche der Mauer anordnen zu können. Das Einsetzen der Trichter in ihre auf dem Wagen angebrachten Lager geschah im ganzen unter Benutzung eines von der Marine-Verwaltung für diesen Zweck zur Verfügung gestellten schwimmenden Dampfkrahns. Die Text-Abbildung 126 zeigt den Krahn mit den hochgehobenen Trichtern.

Wie aus dieser Abbildung zu ersehen ist, war der eine Trichter, und zwar der hinterste, um einen Schuß kürzer als die anderen. Diese Anordnung mußte wegen der Ziegelbrockenschüttung an der Landseite der Mauer gewählt werden. Die Verkürzung der Trichter nach der Schüttung einer Betonschicht wurde in der Weise bewirkt, daß durch Taucher die Flanschverbindungen der untersten Ringe gelöst und diese dann entfernt wurden. Die kegelförmige Erweiterung der Trichter erwies sich bei der Schüttung des zum unteren Theil des Betonkörpers verwandten Trafsbetons von der Zusammensetzung 9 Raumtheile Grand auf 5 Theile Trafmörtel (1 Trafs, $\frac{2}{3}$ Kalk und 1 Sand) recht vorthellhaft, indem ein sehr gleichmäßiges Abfließen der Trichter beim allmählichen Vorschieben des Wagens erzielt wurde, und auch

insofern, als die Trichterfüllung, wenn sie während der Nachtstunden gestanden hatte, sich doch beim Wiederbeginn der Arbeit am Morgen ohne weiteres gleichmäßig absenkte. Dagegen zeigte sich bei der Verwendung von mit Cementmörtel 1:3 hergestelltem Beton, wie er für den Theil der Mauer zwischen + 12,0 und + 18,0 vorgesehen war, infolge der allmählichen Erweiterung der Trichter der Nachtheil, daß die absinkende Betonmasse sich, wohl infolge des schnelleren Abbindens des Cementmörtels, von der Innenwand der Trichter löste, worauf dann von unten Wasser durch die so entstehende Fuge in den Trichter aufstieg, den Beton ausspülte und aufweichte und dadurch zum plötzlichen Auslaufen brachte. Dieser Uebelstand war beseitigt, als der Mörtel durch Zusatz von hydraulischem Kalk in der Mischung 1 Cement, $\frac{1}{2}$ Kalk und 4 Sand hergestellt wurde. Dadurch wurde er sowohl dichter wie geschmeidiger und band auch nicht mehr so schnell ab. Ueber Nacht durfte jedoch auch der so hergestellte Beton nicht in dem Trichter stehen bleiben, vielmehr war am Schluß jeder Tages-

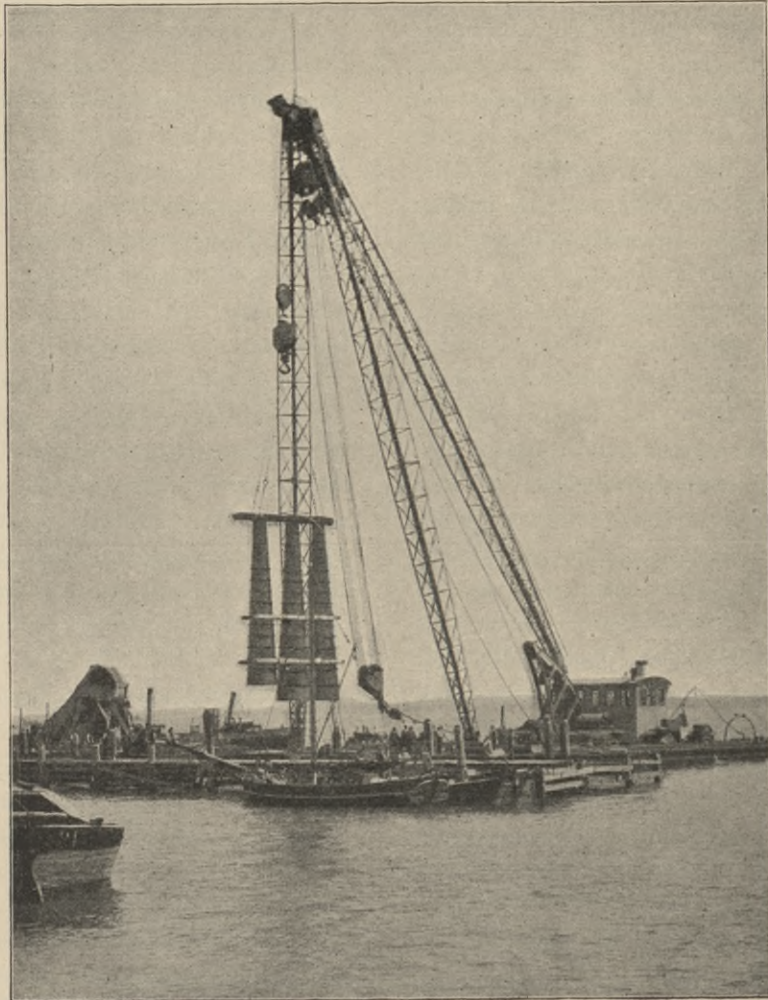


Abb. 126. Einsetzen der Trichter in ihre Lager auf dem Trichterwagen.

schicht das Auffüllen des Trichters mit Trafsbeton erforderlich.

Die einzelnen Betonschichten wurden in der vollen Ausdehnung der Mauer hinter einander fertig gestellt. War der Trichterwagen dabei an dem nördlichen Ende der Mauer angekommen, dann wurde der bisherige unterste Ring entfernt und der Wagen wieder nach dem Süd-Ende der Mauer zurückgefahren. Hier wurden die Trichter mit Beton-Senkkästen bis zum Rande angefüllt und dann mit dem Verfahren des Trichterwagens wieder begonnen. Die Zufuhr des Betons von der Bereitungsanstalt nach den Trichtern erfolgte mittels kleiner, etwa $\frac{2}{3}$ cbm Beton enthaltender, auf Schienen laufender Wagen, die auf einem Gleise nach dem Trichterwagen gefahren, mittels Drehscheiben auf denselben heraufgebracht, nach Entleerung auf der anderen Seite des Wagens in gleicher Weise wieder heruntergeschafft und auf einem zweiten Gleise nach dem Betonwerk zurückgefahren wurden. In dem unterhalb der Höhe + 12,0 gelegenen Theile der Mauer böschten sich die einzelnen 1 m hohen Betonschichten seitlich nach dem Reibungswinkel ab, in dem oberhalb + 12,0 gelegenen Theile erfolgte die Schüttung des Betons bis zur Höhe + 18,0 zwischen 5 cm starken Bohlentafeln, die an den inneren Pfahlreihen der beiden Jochgerüste angebracht wurden. Da die Entfernung von einem Pfahljoch zum anderen 4,0 m betrug, so wurde die Tafelbreite unter Berücksichtigung der erforderlichen Ueberdeckung zu 4,30 m gewählt. Das Anbringen der 6 m hohen, aus gespundeten kiefernen Bohlen von 5 cm Stärke zusammengesetzten und durch 10/15 cm starke Leisten versteiften Tafeln geschah in der Weise, daß dieselben zunächst auf dem Wasser schwimmend an ihre Verwendungsstelle geflößt wurden. Hier wurde am oberen Ende der Tafel die Windekette eines Auslegerkrahns befestigt, der zu dem Zweck durch Aufstellung eines Zweibocks auf einem außerhalb des Gerüsts liegenden Prahme hergestellt worden war. Etwas unterhalb des Schwerpunktes der Tafel wurde dann leicht lösbar ein eiserner Rammbar befestigt, der mit einer zweiten auf dem Prahm aufgestellten Krahn-Windevorrichtung gehoben und gesenkt werden konnte. Unter der Einwirkung des Bärgeewichtes stellte sich die Tafel im Wasser senkrecht, sodaß sie unter entsprechendem Nachlassen der sie haltenden Winde durch Andrücken mittels Bootshakens leicht in ihre richtige Lage zu den Pfählen gebracht werden konnte. An diesen wurden sie durch Taucher mit 25 cm langen Nägeln befestigt. Unter die Köpfe der Nägel wurden dabei kleine Unterlagsscheiben gelegt, um ein Durchreißen derselben durch die vom Seegang und von den Bugwellen schnell fahrender Kriegsschiffe in Bewegung gebrachten Bohlentafeln zu verhindern. Die Herstellung des Betonkörpers zwischen den Tafeln bietet außer dem oben bereits gesagten nichts erwähnenswerthes. Als sie beendet war, lag die Oberkante des Betonkörpers noch 1,77 m unter dem mittleren Wasserspiegel der Ostsee. Für die weitere Ausführung der Mauer wurden hölzerne rechteckige Kästen ohne Böden von 7,5 m lichter Länge, 5 m Breite und 2,5 m Höhe auf den Betonkörper gesetzt und in 50 cm Höhe mit Beton gefüllt. Nach der Erhärtung dieser Betonschicht konnten die Kästen leer gepumpt werden und so entstand in jedem von ihnen ein trockener Arbeitsraum, in welchem ein Theil des Mauerwerks planmäßig aufgebaut wurde. Die Abstände zwischen den so hergestellten Mauerkörpern erhielten eine gleichmäßige Weite von 0,8 m. Nach Entfernung der Kästen wurden diese Zwischenräume durch Gewölbestücke, die aus Stampfbeton nach Schablonen hergestellt und unter Wasser eingesetzt wurden, überbrückt. Ihre Oberkante reichte ebenso wie die Oberfläche der in den Kästen hergestellten Mauertheile etwas über Mittelwasser hinaus, sodaß die weiteren

Maurerarbeiten bei gewöhnlichen Wasserständen unbehindert ausgeführt werden konnten.

Die Aufmauerung war bis auf das Verlegen der Abdeckplatten beendet, als die bereits oben dargelegten Beobachtungen und Erwägungen den Gedanken des Umbaus der Ufermauer zu einer Mole erzeugten. Es verging fast das ganze Baujahr 1894, ehe die Entscheidung über den Umbau und die Ausgestaltung der Mole getroffen wurde. Dem nach der Entschliessung aufgestellten Umbau-Entwurf lag die Forderung zu Grunde, daß die Mole, über den Aufsenkanten der beiderseitigen Reibhölzer gemessen, eine Breite von 8 m haben müsse, sodaß auf ihr zwei Eisenbahnwagen stehen können, ohne mit dem sogenannten Normal-Profil des lichten Raumes über die Molen hinauszuragen. Durch Ausführung eines Mauerwerkskörpers auf dem in Höhe von + 18,0 liegenden hinteren Absatze des die Mauer bis zu dieser Höhe bildenden Betonkörpers liefs sich das Molenmauerwerk bis auf 5,97 m verbreitern, wie aus der Abbildung 13 auf Bl. 24 hervorgeht. Es lag dann aber die dem Kohlenhafen zunächst liegende Schiene der Gleise noch immer außerhalb des Molenkörpers, und es mußte deshalb vor dieser auf der Landseite eine schmale hölzerne Längsbrücke gelegt werden, die mit einem 7 cm starken Bohlenbelag abgedeckt ist. Der an dem Mauerwerk liegende Längsholm dieser Brücke trägt die Schiene und stützt sich auf die zu diesem Zweck durch Aufpfropfen nach oben verlängerten Pfähle der Baurüstung, die dicht hinter der Mole stehen. Da diese Pfähle einen gegenseitigen Abstand von 4 m haben, wurde es für nöthig gehalten, den die Schienen tragenden Balken in der Mitte zwischen zwei Pfählen noch einmal zu unterstützen. Zu dem Zweck sind in den später zu beschreibenden, nachträglich ausgeführten Mauerwerkskörper der Mole Consolen aus I-Eisen, Normal-Profil Nr. 9, mit der aus der Abb. 13 auf Bl. 24 ersichtlichen Form eingemauert worden. Der andere Längsbalken, auf den sich der Bohlenbelag stützt, ist an den mit der Neigung 8:1 eingerammten Streichpfählen befestigt. Diese Pfähle sind etwa in der Höhe des Mittelwassers noch durch einen zweiten Längsbalken mit einander verbunden, sie sind sehr sorgfältig gegen den dicht an der Mole stehenden senkrechten Pfahl abgestützt und durch Bügel, Spannschrauben und Maueranker mit dem Molenmauerwerk in möglichst feste Verbindung gebracht.

Die Herstellung der Mauerwerks-Verbreiterung erfolgte in dem untersten Theile durch Schüttung von Beton unter Wasser mittels Senkkästen. Um für diesen Beton eine Begrenzung nach rückwärts zu haben, wurden an den senkrechten Pfählen, die dicht hinter der Mauer stehen, genau in derselben Weise wie bei Herstellung des zwischen + 12,0 und + 18,0 gelegenen Betonkörpers Bohlentafeln befestigt. Die Betonschüttung wurde an den Bohlentafeln bis zur Höhe + 19,17 ausgeführt, nahe der Mauer mußte sie jedoch höher hinaufreichen, weil sie die Canäle, die sich zwischen den im Schutz der hölzernen Kästen hergestellten Mauerwerkstheilen befinden, schliessen mußte. In diese Canäle waren vor Herstellung des Betons eiserne Doppelanker, die zur Verbindung der seeseitigen Streichpfähle mit der Mole dienen, eingelegt worden, und außerdem waren die Canäle durch Einbringen von Schotter bei niedrigen Ostseewasserständen nach Möglichkeit geschlossen worden. Nach Fertigstellung des Betons wurde der Raum hinter der Bohlwand in einzelnen Abschnitten, zu deren Bildung kleine Betonfangedämme hergestellt wurden, trocken gelegt und dann der weitere Mauerwerkskörper hinter einer je vier Schichten hohen, 1 Stein bzw. $1\frac{1}{2}$ Steine starken Klinkerverblendung aus Sandbeton von der Mischung 1 Cement auf 8 Sand ausgeführt. Zur besseren Verbindung des alten und des neuen

Mauerwerkskörpers mit einander wurden in die bestehende Mauer zwei Längsrillen von 13 cm Tiefe und 30 cm Höhe eingestemmt und außerdem in Entfernungen von je 4 m eiserne Anker von 4 cm starkem Quadrateisen in die beiden Mauertheile eingelegt. Zur Abdeckung der Mole wurden an beiden Längskanten Basaltlava-Platten vermauert; zwischen den Platten ist eine Pflasterung aus in mageren Sandbeton verlegten Granitpflastersteinen hergestellt worden.

Die Ufer des Kohlenhafens sind in derselben Weise durch Steinböschungen gesichert, wie die Ufer des Aufsenhafens. Vor dem mit der Mole gleichlaufenden Ufer liegen sechs hölzerne Lös- und Ladebrücken, die in der üblichen Weise angeordnet sind. Die Streichpfähle dieser Brücken haben in der Mittelwasserlinie eine Entfernung von 40 m von den Streichpfählen auf der Hinterseite der Mole; dieses Maß giebt zugleich die nutzbare Breite des Kohlenhafens an. Vor den Ladebrücken beträgt die Tiefe des Hafens 4,0 m, sie erhöht sich nach der Mole auf 6,0 m. Es können somit gleichzeitig an den Ladebrücken kleinere, an der Landseite der Mole mittlere und an der Seeseite der Mole große Schiffe ihren Kohlenvorrath ergänzen. Die Ausrüstung der Mole, der Ladebrücken und der Ufer des Kohlenhafens mit Gleisen und Vorrichtungen, die das Uebernehmen der Kohlen auf die Kriegsschiffe erleichtern, war nicht Aufgabe der Baubehörde des Kaiser Wilhelm-Canals. Die Kaiserliche Marine ist zur Zeit damit beschäftigt, diesem Zweck dienende umfangreiche Anlagen herzustellen.

Der Umbau der Ufermauern zur Mole erfolgte im Frühjahr 1895, er war vor der Betriebs-Eröffnung des Canals beendet. Die Ufermauer hat, soweit sie zur Ausführung gekommen ist, also ohne die Hinterfüllung, für 1 m Länge rund 2800 \mathcal{M} gekostet, der Ausbau zur Mole sowie die Herstellung des Kohlenhafens hat eine Ausgabe von rund 210 000 \mathcal{M} erfordert.

c) Die Schleuse bei Rendsburg zwischen dem Canal und der Eider.

Hierzu Abb. 1 auf Bl. 8 und die Abbildungen auf Bl. 25 bis 27.

Die Schleuse stellt eine Verbindung zwischen der Unter-Eider und dem Kaiser Wilhelm-Canal her und ersetzt damit gewissermaßen die alte Eidercanal-Schleuse bei Rendsburg. Allerdings ist der Ersatz recht reichlich ausgefallen. Während die alte Schleuse dieselben Abmessungen hatte wie die übrigen Schleusen des Eidercanals — rund 28 m nutzbare Länge und 8 m Weite —, hat die neue Schleuse eine nutzbare Länge von 68,0 m bei einer nutzbaren Breite von 12,0 m erhalten, und die Drempele-Oberkante ist auf die Höhe +14,5 gelegt, sodafs die Fahrtiefe über den Drempele bei gewöhnlichem Canalwasserstande 5,27 m beträgt. Bei diesen Abmessungen können sämtliche Schiffe, die auf der Unter-Eider verkehren können, durchgeschleust werden. Als Bauplatz wurde ein nördlich von der Stadt Rendsburg, zwischen ihr und der Vorstadt Kronwerk gelegenes unbebautes Gelände gewählt, das bisher theilweise von der preussischen Wasserbauverwaltung als Bauhof benutzt worden war (Lageplan Abb. 4 Bl. 25). Der Baugrund war hier verhältnismäfsig günstig, wie später näher ausgeführt werden wird, und sowohl der untere wie der obere Schleusencanal konnten in schlanker Krümmung an die bisherige Schiffsfahrtsstrafse angeschlossen werden. Allerdings wurde eine theilweise Verlegung der von Neumünster über Rendsburg nach Norden führenden Eisenbahn und der Neubau einer Drehbrücke für diese Bahn über die Ober-Eider nothwendig, aber die Herstellung einer neuen Brücke war unter allen Umständen erforderlich, weil die Lichtweite der vorhandenen Brücke für die auf der Unter-Eider verkehrenden größeren Schiffe nicht ausreichte.

Die alte Schleuse diente zur Ueberwindung des Wasserstands-Unterschiedes zwischen der Unter-Eider und der auf +22,5 angestauten Ober-Eider. Sie hatte also an dem Oberhaupt einen beständigen, an dem Unterhaupt einen mit Ebbe und Fluth wechselnden Wasserstand. Die neue Schleuse hat auf beiden Seiten wechselnde Wasserstände. Der Wasserspiegel im Kaiser Wilhelm-Canal schwankt zwischen +19,27 als unterster und +20,27 als oberster Grenze, liegt aber zumeist in der mittleren Höhe von +19,77. Die Wasserstände in der Unter-Eider unterliegen dem Wechsel von Ebbe und Fluth. Das höchste Hochwasser ist bis auf etwa +22,20 angestiegen, das gewöhnliche Hochwasser liegt auf der Höhe +20,88, das gewöhnliche Niedrigwasser auf +19,87 und das niedrigste Niedrigwasser auf +18,3. Schwankungen des Hochwassers zwischen +20,4 und +21,4 und des Niedrigwassers zwischen +19,3 und +20,9 treten nach den Beobachtungen während der zehn Jahre von 1876 bis 1885 häufiger auf, dagegen wurden größere Abweichungen von dem gewöhnlichen Hoch- und Niedrigwasser nur selten beobachtet. Auf die Wasserstände in der Unter-Eider bei Rendsburg hat die Anlage des Kaiser Wilhelm-Canals insofern einen Einfluss, als die Abflüsse aus dem rund 850 qkm großen Niederschlagsgebiet der Ober-Eider sämtlich von dem Canal aufgenommen und durch die Schleusen bei Holtenau und Brunsbüttel abgeführt werden, während sie früher bei Rendsburg durch die dortigen Freiarchen, die Mühlen und die Schleuse in die Unter-Eider gelangten. Dafs die Entziehung dieser Wassermengen in der Unter-Eider eine Senkung des Wasserspiegels sowohl bei Fluth wie bei Ebbe herbeiführen werde, war ohne weiteres zu übersehen, nur das Maß dieser Senkung war im voraus nicht mit Sicherheit zu ermitteln. Indessen boten die Wasserstands-Beobachtungen in niederschlagsarmen Zeiten eine Handhabe, um die Größe der Senkung zu schätzen. Im Jahre 1887 war infolge des ausnahmsweise geringen Oberwasserzufflusses das durchschnittliche Hochwasser bei Rendsburg um 4 cm, das durchschnittliche Niedrigwasser um 15 cm tiefer gewesen als nach den zehnjährigen Beobachtungen, und hiernach wurde für die Entwurfsarbeiten angenommen, dafs das durchschnittliche Hochwasser um etwa 5 cm, also auf die Höhe +20,83, das durchschnittliche Niedrigwasser um 20 cm, also auf die Höhe +19,67 absinken werde. Die Wasserstandsverhältnisse an der Schleuse stellen sich demnach so, dafs der Wasserspiegel der Unter-Eider zumeist über dem des Kaiser Wilhelm-Canals liegt, bei jedem gewöhnlichen Niedrigwasser jedoch um ein wenig unter den mittleren Canalwasserstand absinkt. *) Tief abfallende Niedrigwasser in der Unter-Eider werden stets durch starke Ostwinde hervorgerufen, die in dem westlichen Theil der Ostsee und damit auch im Canal hohe Wasserstände erzeugen. In solchen Fällen liegt der Canalwasserspiegel erheblich höher als der Wasserspiegel der Unter-Eider, und zwar kann dieses Maß im ungünstigsten Falle bis auf 20,27 — 18,30 = 1,97 m ansteigen.

Unter diesen Verhältnissen mußten die Verschlüsse der Schleusen so angeordnet werden, dafs sie das Durchschleusen von Schiffen gestatten, sowohl bei Wasserständen der Eider, die höher liegen als der Canalwasserspiegel, als auch zu Zeiten, in denen der Canal höhere Wasserstände hat als die Eider. Dementsprechend ist das Oberhaupt mit einem Fluththor und einem Ebbethor, das Unterhaupt mit einem Fächerthor versehen worden. Die Wahl fiel auf ein Fächerthor für das Unterhaupt, weil diese Thorart neben der Eigenschaft, nach beiden Seiten hin kehren zu können, noch den Vortheil hat, dafs sich das Thor gegen einen höheren Wasser-

*) Aus diesem Grunde wird auch im nachstehenden das an der Unter-Eider liegende Schleusenoberhaupt als Oberhaupt, das dem Canal zugekehrte als Unterhaupt bezeichnet werden.

stand öffnen und ferner im strömenden Wasser mit Sicherheit schliessen läßt. Das Fächerthor bietet also die Möglichkeit, bei niedrigen Wasserständen in der Unter-Eider eine Spülung des Fahrwassers, das unter Schlickfall zu leiden hat, wenigstens in dem Theil nahe der Schleuse vorzunehmen. Außerdem gestattet es auch den Wasserstand im Canal durch Zuführung von Eiderwasser zu erhöhen, wenn infolge Eintretens ungünstiger Umstände eine Senkung dieses Wasserspiegels unter das zulässige Mafs hinab zu befürchten sein sollte. Die Oberkante des Fluththors ist ungefähr 30 cm über den höchsten Eider-Wasserstand, auf +22,5 gelegt, bei dem Ebbebor liegt die Oberkante auf +20,5, 0,23 m höher als der höchste Canalwasserstand. Die Oberkante der Stemmflügel des Fächerthores liegt auf +22,0, die der Seitenflügel auf +21,0. Die Entfernung zwischen dem Fluththor und dem Fächerthor ist so gewählt, dafs die Länge der Schleuse zwischen den Grundlinien der Drenpeldreiecke des Fluththores einerseits und des Fächerthores anderseits 75,3 m beträgt. Wird dieses Mafs um die Länge der Stemmflügel des Fächerthores, nämlich um 7,3 m gekürzt, dann ergibt sich die nutzbare Länge der Schleuse zu 68 m. Wird mit dem Ebbebor geschleust, dann ist die nutzbare Länge der Schleuse um 10,3 m kürzer. Dieses wurde für unbedenklich gehalten, weil im allgemeinen der Wasserspiegel in der Unter-Eider höher liegt als im Canal, sodafs ganz vorwiegend mit dem Fluththor geschleust wird. Sollte unter gewöhnlichen Niedrigwasser-Verhältnissen ein Schiff wegen der durch die Anwendung des Fächerthores eingetretenen Verkürzung der Schleuse nicht durchgeschleust werden können, so würde es eine kurze Zeit bis auf die Ausspiegelung der Wasserstände im Canal und in der Unter-Eider zu warten haben. Bei ungewöhnlich tief abfallendem Eiderwasserstande wird allerdings längere Zeit mit dem Ebbebor geschleust werden müssen, dann ist aber die Fahrtiefe in der Unter-Eider für Schiffe von annähernd 60 m Länge nicht ausreichend. Ueberdies ist die Zahl der gröfseren auf der Unter-Eider verkehrenden Schiffe ausserordentlich gering.

Die Oberkante der Schleusenhäupter liegt auf +23,0, die Kammermauern reichen nur bis zur Höhe +22,0. Bei dieser Anordnung wurde davon ausgegangen, dafs ein Durchschleusen von Schiffen bei Untereider-Wasserständen von über +21,6 nicht zulässig ist. Höhere Wasserstände treten nur bei hohen Sturmfluthen ein, bei denen ein Durchschleusen sowohl für das Schiff als die Schleusen gefährlich sein würde.

Infolge ihrer Lage schneidet die Schleuse nebst dem Ober- und Unter-Canal die Stadt Rendsburg von der nördlich der Eider gelegenen Landschaft ab. Es mufste deshalb dafür gesorgt werden, dafs der Verkehr nicht mehr gestört wird, als unumgänglich nothwendig ist. Zu diesem Zweck sind in Verbindung mit der Schleuse zwei bewegliche Brücken erbaut. Dieselben liegen an den beiden Häuptern der Schleuse ausserhalb der Thore. An dem Oberhaupt ist eine für schwere Lasten eingerichtete Klappbrücke, an dem Unterhaupt eine Portalbrücke für leichteres Fuhrwerk angeordnet. Eine dieser beiden Brücken wird stets geschlossen gehalten, sodafs der Verkehr von Fufsgängern und leichterem Fuhrwerk durch die Erbauung der Schleuse gar keine Hinderung erfahren hat. Schweres Fuhrwerk, das auf die Klappbrücke angewiesen ist, kommt nur selten vor, auch ist der Verkehr in der Schleuse kein so grofs, dafs die Klappbrücke häufig geöffnet werden mufste, sodafs auch in dieser Richtung die durch die Herstellung der Schleuse veranlafste Verkehrsbeschränkung kaum fühlbar ist. Ueberdies sind die Verhältnisse gegen früher erheblich gebessert. Die über die alte Rendsburger Schleuse führenden zwei Brücken mufsten beide beim Einfahren der Schiffe von der Unter-Eider in die Schleuse

und beim Ausfahren der Schiffe aus der Schleuse in die Unter-Eider gleichzeitig geöffnet sein. Die dann besonders an Markttagen eintretenden starken Stockungen des Landverkehrs gaben die Veranlassung dazu, die neue Schleuse an beiden Enden zu überbrücken, trotz der daraus erwachsenden erheblichen Vermehrung sowohl der Länge des Bauwerks wie der Kosten der Bauausführung.

Nach dieser allgemeinen Darlegung der gesamten Anlage sollen die zur Ausführung gekommenen Bauwerke im einzelnen näher erörtert werden.

1. Die Schleuse.

Hierzu die Abbildungen auf Blatt 25.

Baugrund und Grundwasser-Verhältnisse. Die Schleusenbaustelle befindet sich in einem ehemaligen Eiderarm, der erst vor etwa fünfzig Jahren ganz verschüttet worden ist. Die Sohle dieses Wasserlaufs lag vor der Zuschüttung etwa auf der Höhe +15,5, was aus alten Plänen festgestellt werden konnte. Durch Bohrungen wurde ermittelt, dafs sich in der für die Gründung der Schleuse in Frage kommenden Tiefe Sand mit mehr oder weniger Mergel vermischt findet, auf den in gröfseren Tiefen fetter Mergel, theilweise mit Sand gemischt, folgt. Um sicheren Aufschluss über die Grundwasserverhältnisse zu erhalten, wurde auf der Baustelle ein gröfseres Schürfloch ausgehoben. In diesem zeigte sich schon in etwa 1 m Tiefe unter der auf +23,0 liegenden Bodenoberfläche einiger Wasserzudrang, der bei der weiteren Vertiefung des Schürfloches zunächst eher geringer wurde als zunahm. Durch den Wasserzudrang wurde der in seinen Bestandtheilen sehr wechselnde Boden so stark aufgeweicht, dafs er fast schwimmend wurde. Bei langsamer Entwässerung des Schürfloches gelang es jedoch, die Böschungen soweit auszutrocknen, dafs sie mit Sicherheit in der Neigung 1:1½ stehen blieben. Von etwa 3 m unter der Bodenoberfläche an traten häufiger Durchsickerungen und Quellen an den Böschungen und auf dem Boden des Schürfloches auf. Das Wasser flofs aber stets vollkommen klar ab, und der Zuflufs versiegte in der Regel bei zunehmender Tiefe des Aushubs. Nur an der der Unter-Eider zunächstliegenden und von dieser nur etwa 20 m entfernten Böschung blieben die Durchsickerungen bestehen, nahmen mit der Tiefe des Schürfloches allmählich zu und standen auch in unverkenbarem Zusammenhange mit dem jeweiligen Wasserstande der Unter-Eider. Im ganzen blieb der Wasserandrang bis zur Höhe +15,8 jedoch gering, er konnte mit einer gewöhnlichen Baupumpe bewältigt werden, trotzdem die Grundfläche des Schürfloches in dieser Höhe gegen 300 qm grofs war. Erst als nach Durchstechung einer etwa 50 cm starken, festen, schwarzen Bodenschicht, die jedenfalls die ehemalige Flußsohle an dieser Stelle bildete, ein Kieslager von durchschnittlich 50 cm Mächtigkeit blofsgelegt wurde, nahm der Wasserzuflufs derartig zu, dafs zu seiner Bewältigung eine kleine Dampfpumpe in Betrieb gesetzt werden mufste. Unter dem Kies, der sich nur über einen Theil des Schürfloches ausdehnte, auch bei den Bohrungen nicht bemerkt worden war, stand ein stark mergelhaltiger Sand an, der im Zustand der Ruhe vollständig fest war, sich aber wie Trieb sand verhielt, sobald der Versuch gemacht wurde, ihn unter Wasserhaltung auszuheben. Diese Bodenschicht zeigte sich in der Höhe von etwa +14,8 in der ganzen Ausdehnung des Schürfloches.

Gründung und Mauerwerk. Nach diesen Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen schien es nicht zweifelhaft, dafs die Schleusenbaugrube sich bis zur Höhe +15,0 unter Wasserhaltung im trockenen ausheben lassen würde, wenn die Senkung des Grundwassers und damit die Trockenlegung der Böschungen ganz allmählich, dem Fortschritte des

Bodenaushubes entsprechend, vorgenommen wurde. Infolge dessen wurde bei der Aufstellung des Gründungs-Entwurfs davon ausgegangen, daß der Bodenaushub bis zur Höhe +15,0 durch Trockenausschachtung zu erfolgen habe. Von der so gewonnenen Ebene sollten dann die das Betonbett der Schleuse umfassenden Spundwände gerammt und darauf zwischen ihnen der Boden durch Nafsbaggerung entfernt werden. Das Betonbett sollte ebenfalls durch Schüttung unter Wasser hergestellt und nach genügender Erhärtung desselben mit der Aufmauerung der Häupter und Kammerwände begonnen werden. Aus den Abbildungen auf Bl. 25 sind alle Einzelheiten zu ersehen. Danach liegt die Oberkante des Betons innerhalb der eigentlichen Schleusenbaugrube überall auf der Höhe +14,0, die Unterkante liegt unter den Häuptern auf der Höhe +11,75, unter den Kammern auf +12,0. Das aufgehende Mauerwerk ist aus Ziegeln ausgeführt. Alle vorspringenden Kanten, sowie solche Mauertheile, für die besondere Formsteine nothwendig gewesen wären, die Abdeckplatten der Schleusenmauern und die Auflagersteine der Brücken sind aus Granit-Werksteinen hergestellt. Die sichtbaren Flächen des Mauerwerkes sind wie bei den Schleusen in Brunsbüttel und Holtenau mit Klinkern verblendet. Zur Hinterfüllung des unteren Theiles der Schleusenmauern sind Backsteinbrocken verwandt, deren Zwischenräume mit Sand vollgeschlemmt wurden. So ist das Material sehr durchlässig und sein Druck gegen die Mauern verhältnißmäßig gering. Um bei einem etwaigen Trockenlegen der Schleuse den Grundwasserstand hinter den Mauern nach Möglichkeit abzusenken und damit die auf die Mauern wirkenden Schubkräfte zu vermindern, sind in die Backsteinbrocken Drainrohre eingelegt, die nach einem hinter jeder Schleusenmauer hergestellten Brunnen führen. Die Brunnen stehen mittels einer Rohrleitung mit der Schleusenammer in Verbindung; sobald diese also für Instandsetzungsarbeiten leer gepumpt wird, senkt sich auch der Wasserstand in den Brunnen und damit in der Hinterfüllung. In der Abb. 9 auf Bl. 25 sind die Brunnen zur Darstellung gelangt. Von der Anordnung von Umlaufcanälen für das Füllen und Leeren der Schleusenammern wurde Abstand genommen, dafür sind die Thore mit Schützen versehen. Die Größe der Schützen ist so bemessen, daß das Füllen oder Leeren der Schleuse bei einem Wasserstandsunterschied von 1 m, wie er bei gewöhnlichem Hochwasser der Unter-Eider und mittlerem Canalwasserstande vorhanden ist, ungefähr 3 Minuten Zeit beansprucht. Bei dem verhältnißmäßig geringen Verkehr, dem die Schleuse zu dienen hat, lag kein Grund vor, diese Zeit noch weiter zu verkürzen. Am Unterhaupt wäre zudem die Anlage von Umlaufcanälen für das Füllen und Leeren der Schleusenammer neben den dort für die Fächerthore erforderlichen einigen Schwierigkeiten begegnet. Der Querschnitt dieser letzteren Canäle mißt 2,79 qm. Bei der Bewegung der Fächerthore in der einen oder anderen Richtung fließt stets ein Theil des gegen die Seitenflügel drückenden Wassers durch die Spielräume zwischen der Unterkante des Thorflügels und dem Thorkammerboden, sowie zwischen der Anschlagsäule des Thorflügels und der Thorkammerwand ab, und dadurch tritt ein merkbarer Druckhöhenverlust ein, wenn der Querschnitt der Canäle nicht groß genug bemessen ist. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, sind die Abmessungen der Canäle thunlich groß angenommen. Der eine Canal führt von dem Unterwasser nach der Thorkammer, der andere von der Thorkammer nach der Schleusenammer. Die Einmündung der Canäle in die Thorkammer ist, soweit erreichbar, derartig angeordnet, daß das einströmende Wasser nach dem von der Wendesäule am meisten entfernten Theil der Thorflügel geführt wird und hier am langen Hebelsarm

sich anstauend kräftig auf Bewegung des Thorflügels wirkt. Als Verschluss der Canäle dienen schmiedeeiserne Zugschützen, die mittels Handwinden mit Kegelrad- und Schnecken-Uebersetzung gehoben und gesenkt werden. An der Ausmündung in das Unterwasser bezw. die Schleuse sind die Umlaufcanäle im Verhältniß von 5:4 zu dem sonstigen Querschnitt erweitert und durch eiserne Gitter gegen das Eintreiben von schwimmenden Körpern, die sich in die Spielräume zwischen dem Thor und dem Mauerwerk klemmen könnten, gesichert.

An die Schleuse schliessen sich an der Unter-Eider Trockenmauern an, die hinter verankerten Spundwänden aufgebaut sind und mit ihrer Oberkante auf der Höhe +22,0 liegen. Der Canal von der Schleuse nach der Ober-Eider ist beiderseitig mit Steinböschungen versehen, die in ähnlicher Weise ausgeführt sind wie die Böschungssicherungen des Kaiser Wilhelm-Canals. (Sich Abb. 6 u. 7 auf Bl. 25.)

2. Thore.

Hierzu Abb. 1 bis 9 auf Bl. 26 und Abb. 1 bis 10 auf Bl. 27. ~

Der Drempelanschlag beträgt sowohl bei den Ebbe- und Fluththoren wie bei den Stemmflügeln des Fächerthores 10 cm, die Unterkante der Thore liegt also auf der Höhe +14,4.

Der Drempelvorsprung ist gleich $\frac{1}{5}$ der Schleusenweite, also $= \frac{12,0}{5} = 2,4$ m, der Drehpunkt der Thore liegt 0,39 m hinter der Mauerflucht, die Dicke der Thore beträgt im mittel 0,55 cm.

Die Fluth- und Ebbethore. Die Fluth- und Ebbethore sind als Riegelthore aus weichem Flußeisen erbaut. Ihr Gerippe besteht aus der Schlagsäule, der Wendesäule und den zwischen diesen beiden Säulen eingebauten Riegeln. Die Fluththorflügel haben je zehn, die Ebbethorflügel ihrer geringeren Höhe wegen nur je neun Riegel erhalten. Beide Thore sind über dem obersten Riegel noch mit Aufbauten versehen, die zur Unterstützung der Bohlen des Laufsteges dienen und auch die Schützenwinden tragen. Die Fluththorflügel sind auf der Seite, die bei der Benutzung dem höheren Wasserstande zugekehrt ist, in der vollen Höhe mit einer Blechwand versehen. Bei dem Ebbethor reicht die Blechwand nur bis zum zweitobersten Riegel, da dieser schon 0,23 m über dem höchsten, im Kaiser Wilhelm-Canal vorkommenden Wasserstande liegt. Der oberste Riegel hat hier lediglich den Zweck, den Halszapfen zu tragen; er hat eine solche Höhenlage erhalten, daß sowohl dieser Zapfen wie das Lager auch bei den höchsten Wasserständen, die beim Schleusenbetriebe in der Kammer auftreten können, über dem Wasserspiegel liegen. Auf der dem Unterwasser zugekehrten Seite ist bei beiden Thoren eine von der Unterkante der Thore bis zu dem Riegel, der dem niedrigsten Untereider-Wasserstande am nächsten liegt, reichende Blechwand angeordnet. Durch diese Blechwände wird der untere Theil der Thore zu einem Schwimmkasten ausgebildet, wodurch erreicht wird, daß beim Betriebe der Thore die auf den Spurzapfen und die Halslagerung ausgeübten Kräfte infolge des Auftriebes der Schwimmkasten erheblich vermindert werden. Hieraus ergeben sich nicht nur bei der Bewegung der Thore geringere Reibungswiderstände, sondern die Spur- und Halszapfen werden während des Thorbetriebes beträchtlich weniger beansprucht. Die Höhenlage der Riegel, bis zu denen die Blechwand auf der dem Unterwasser zugekehrten Thorseite reicht, wurde so gewählt, daß die Thore bei dem höchsten Wasserstande, bei dem geschleust wird, noch immer Druck auf den Spurzapfen ausüben; andererseits war für die Auswahl dieser Riegel der Gesichtspunkt maßgebend, daß der Druck auf den Spurzapfen nicht zu groß werden sollte. Bei dem Fluththor reicht die innere Blech-

haut bis etwa 0,5 m über den niedrigsten bekannten Untereider-Wasserstand, bei dem Ebberthor konnte sie wegen dessen geringeren Gewichtes unter diesem Wasserstande enden. Bei den Fluththoren würde durch das Austauschen des oberen Theiles der Schwimmkasten bei sehr niedrigen Untereider-Wasserständen eine starke Vermehrung der Spannungen des

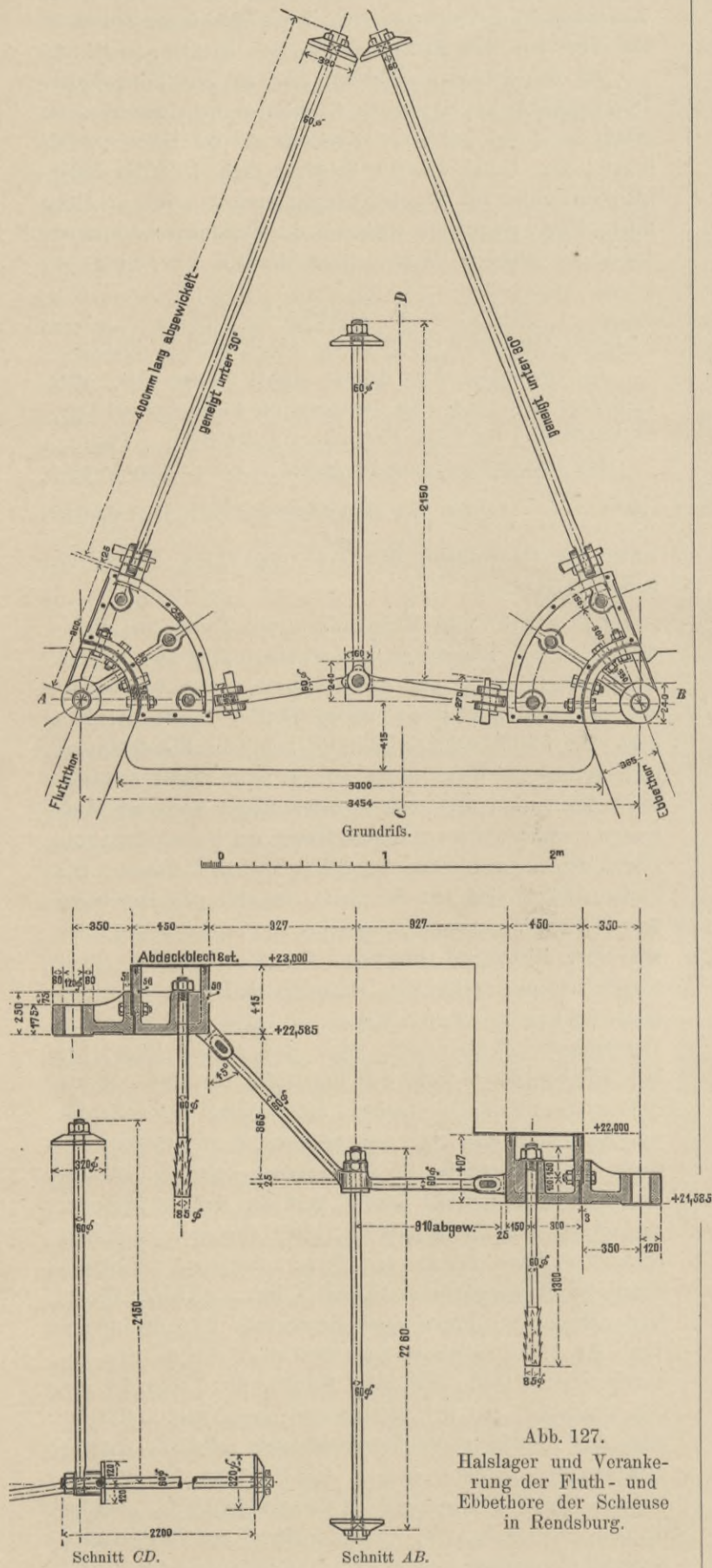


Abb. 127.
Halslager und Verankerung der Fluth- und Ebbethore der Schleuse in Rendsburg.

Spur- und Halszapfens hervorgerufen werden. Da bei niedrigen Wasserständen der Unter-Eider mit den Ebberthoren geschleust wird, so liegen die Fluththorflügel stets in ihren Nischen, wenn der Schwimmkasten mit seinem oberen Theil austauscht, und eine Bewegung der Flügel findet nicht statt. Der Spurzapfen nebst Spurlager ist ebenso wie der Halszapfen

mit seiner Lagerung und Verankerung (Text-Abb. 127) so stark bemessen, daß die Thorflügel in der trocken gelegten Schleuse bewegt werden können, es stehen dem Austauschen der oberen Theile der Fluththor-Schwimmkasten also keinerlei Bedenken entgegen. Um das Innere der Schwimmkasten zugänglich zu machen, ist sowohl an der Schlagsäule wie an der Wendesäule ein Einsteigeschacht angeordnet. Zu dem Zweck ist die Blechwand auf der dem Unterwasser zugekehrten Thorseite im Anschluß an die Schlag- und Wendesäule auf etwa 0,75 m Breite bis zum oberen Riegel hochgeführt, und zwischen die Riegel der Thore gleichlaufend mit den Stehblechen der Säulen sind wasserdichte Blechwände eingebaut. In dem obersten Riegelfeld sind in diesen Blechwänden eiserne dichtschließende Thüren angeordnet, durch die die Einsteigeschächte bei allen Wasserständen, die unterhalb des zweiten Riegels von oben liegen, zugänglich sind. Die Riegel der Thore bestehen innerhalb der Höhe der Schwimmkasten aus Blechträgern, oberhalb der Schwimmkasten aus Gitterträgern, der oberste Riegel ist jedoch wieder als Blechträger ausgebildet. Die Schlagsäule ist aus einem an seinen beiden Längsseiten mit je einem Winkeleisen gesäumten Blech hergestellt, die Wendesäule besteht aus einem Blechträger. Zur Versteifung des Thorgerippes ist zwischen die einzelnen Riegel, lothrecht übereinander stehend und mit den Riegeln und der Aufsenhaut vernietet, je eine mit Winkeleisen gesäumte Blechwand eingebaut. Diese Wand theilt zugleich den Schwimmkasten in zwei Theile, sodafs bei einer Beschädigung der Thorhaut nur die eine Hälfte des Schwimmkastens voll Wasser laufen kann und somit auch nur die Hälfte des Auftriebes verloren geht. Die Stärke der Blechbekleidung der Thore schwankt dem abnehmenden Wasserdrucke entsprechend zwischen 11 mm im untersten Riegelfeld und 7 mm in den oberen Feldern; die Bleche sind durch \perp -Eisen, die zwischen die Riegel lothrecht in Entfernungen von je 665 mm eingebaut sind, versteift. Bei der Berechnung des Thorgerippes und der Aufsenhaut wurden Beanspruchungen von 900 kg/qcm als zulässig angesehen und für die Fluththore ein höchster Wasser-Ueberdruck von rund 2,7 m, für die Ebberthore von rund 1,5 m in Ansatz gebracht.

Für die Kraftübertragung zwischen den beiden Flügeln eines Thores und zwischen den Thoren und dem Schleusenmauerwerk sind an den Wende- und Schlagsäulen kräftige eichene Stemmleisten angebracht; aus gleichem Holz bestehen die Dichtungsleisten für den Drempelanschlag und die Wendenschiele. Zur Bewegung der Thore dienen Zahnstangen mit Triebstock-Verzahnung, die von Winden mit Kegelrad-Uebersetzung angetrieben werden. Für das Füllen und Leeren der Schleusenkammer sind in jedem Thorflügel zwei Schützöffnungen von je 1,16 m lichter Breite und 0,89 m Höhe angeordnet, die mit Schieberschützen versehen sind. Den Schieberschützen wurde der Vorzug vor Drehschützen gegeben, weil sie eine größere Betriebssicherheit haben und in Rücksicht auf die geringere Zahl von Schleusungen kein besonderer Werth darauf zu legen war, daß sich Drehschützen schneller öffnen und schließen lassen. Die Anordnung der Schützen ist aus den Abb. 8 u. 9 auf Bl. 26 ersichtlich.

Die Kosten eines vollständigen Fluththores einschließlich aller Verankerungen, sowie der Thorschützen und ihrer Bewegungs-Vorrichtungen, jedoch ausschließlich der Zahnstangen und der Winden zum Bewegen der Thorflügel haben rund 20 500 \mathcal{M} betragen. Die Höhe der äußeren Blechwand der Fluththore beträgt 8,1 m, die Breite jedes Flügels, gemessen in der Thor-Mittellinie zwischen den Aufsenkanten der Stemmleisten an Schlag- und Wendesäule, rund 7,2 m, danach mißt die Fläche zweier Thorflügel $2 \cdot 8,1 \cdot 7,2 = 116,64$ qm. Die Kosten für 1 qm der so berechneten

Thorfläche ergeben sich zu ungefähr 175 \mathcal{M} . Für die Ebbehore sind die entsprechenden Zahlen:

Kosten eines Thores . . .	rund 17 100 \mathcal{M}
Fläche eines Thores . . .	87,84 qm
Kosten für 1 qm Thorfläche	rund 195 \mathcal{M}

Für 1 t Flußeisen wurden dabei 378 \mathcal{M} bezahlt. Eine Winde nebst Zahnstange zum Bewegen der Thorflügel kostete rund 500 \mathcal{M} .

Das Fächerthor. Das Fächerthor ist so angeordnet, daß es gegen die Unter-Eider, also gegen den vorwiegend höheren Wasserstand kehrt. Der Stemmflügel entspricht in seiner Durchbildung vollständig den Fluth- und Ebbehoren. Die Länge des Seitenflügels mußte derartig bemessen werden, daß das Moment des auf ihn wirkenden Wasserdruckes genügt, um den Stemmflügel gegen eine durch die Schleuse gehende Strömung an den Dremel heranzuführen und dadurch die Schleuse zu schließen. Das Verhältniß der Längen der beiden Flügel wurde wie 5 : 6 gewählt, so daß die Länge des Seitenflügels, gemessen von der Thordrehachse bis zum Ende des Flügels, 8,29 m beträgt. Die Oberkante der wasserdichten Wand des Seitenflügels ist auf die Höhe + 21,0 gelegt, die Unterkante liegt 5 cm über der Sohle der Fächerthorkammer, auf + 14,35. Hiernach beträgt die Höhe des Seitenflügels 21,0 — 14,35 = 6,65 m. Die Anordnung des Thores ist aus den Abb. 1 bis 10 auf Bl. 27 zu ersehen. Danach zeigen die Stemmflügel außer den Abweichungen in der Höhe und der Riegelentfernung nur noch an der Wendesäule Unterschiede von den Ebbe- und Fluththoren. Die anderweitige Durchbildung dieser Säule wurde durch den Anschluß des Seitenflügels nothwendig, und es war dabei der Umstand zu beachten, daß das Fächerthor vorwiegend genau so zu wirken hat, wie das Fluththor. Der Seitenflügel ist in seinem unteren Theil ebenso wie alle übrigen Flügel als Schwimmkasten ausgebildet. Während aber bei den übrigen Thorflügeln die Größe des Schwimmkastens so bemessen ist, daß die Thore auf den Spurzapfen auch bei den höchsten Wasserständen noch Druck ausüben, wurde dieselbe hier so gewählt, daß das ganze Gewicht des Seitenflügels und des von ihm zu tragenden Theiles der Zwischenconstruction durch den Auftrieb aufgehoben wird. Ganz ließe sich das allerdings nicht erreichen, weil das Gewicht des Seitenflügels infolge des Wechsels in den Wasserständen veränderlich ist, aber es wurden doch die verdrehenden Kräfte, die der Seitenflügel auf den Stemmflügel und die Zwischenconstruction ausübt, nach Möglichkeit vermindert. Der über dem Schwimmkasten befindliche Theil des Seitenflügels hat an Stelle der Blechhaut eine Bekleidung aus gespundeten kiefernen Bohlen erhalten, wodurch eine erhebliche Gewichtsverringerung erzielt wurde. An seinem der Cylinderfläche der Fächerthorkammer zugekehrten Ende und über der Kammersohle ist der Seitenflügel durch Leisten aus Lindenholz begrenzt, die während der Aufstellung des Thores so bearbeitet wurden, daß der Zwischenraum zwischen dem Thor und dem Schleusenmauerwerk möglichst gering wurde. Für diese Leisten wurde Lindenholz gewählt, weil es sich infolge seiner Weichheit bei einer etwaigen Berührung des Thores mit dem Mauerwerk leicht abschleift.

Das den Stemmflügel mit dem Seitenflügel verbindende Eisenwerk muß die von dem Wasserdruck auf die Flügel ausgeübten Kräfte von einem Flügel zum anderen übertragen. Diese Kräfte werden am größten, wenn im Kaiser Wilhelm-Canal der Wasserspiegel auf der Höhe + 20,27 liegt und gleichzeitig in der Unter-Eider der Wasserstand bis auf + 18,3 abgefallen ist, dann muß der auf die Seitenflügel entfallende, einem Wasserstandsunterschied von etwa 2 m ent-

sprechende Druck von diesen durch die Zwischenconstruction auf die Stemmflügel übertragen werden und dieselben gegen den gleichen, auf ihre Hinterfläche wirkenden Druck geschlossen halten. Diesen Kräften entsprechend sind die Abmessungen der einzelnen Theile der Zwischenconstruction festgestellt; auf ausreichenden Widerstand der Stäbe gegen Knicken mußte dabei selbstverständlich Bedacht genommen werden.

Die Schützen zum Füllen und Leeren der Schleusen-kammer stimmen in allen Einzeltheilen genau mit den bei der Besprechung der Fluth- und Ebbehore erwähnten Vorrichtungen überein. Die Bewegung der Thorflügel beim Schleusenbetriebe geschieht durch ein Windwerk mit Hilfe einer nach einem Kreisbogen gekrümmten Zahnstange, die aus zwei U-Eisen mit dazwischen eingenieteten Stehbolzen gebildet und mit dem obersten Riegel des Stemmflügels verbunden ist. Mit dem Stemmflügel ist die Zahnstange unmittelbar verbunden, an dem Seitenflügel ist sie mit Hilfe eines an dem obersten Riegel angebrachten kleinen Aufbaues befestigt. Die Zahnstange liegt hinter der Zwischenconstruction und wird durch diese gegen eine Beschädigung durch Schiffe geschützt. Die Winde ist an den eisernen Trägern, die den Bohlenbelag der Fächerthor-Kammern tragen, befestigt.

Wenn das Fächerthor bei niedrigen Untereider-Wasserständen geschlossen ist, dann wird das Thor durch den auf seine Hinterfläche wirkenden Wasserdruck nicht in die Thornische hineingedrückt, sondern der Wasserdruck sucht das Thor aus der Nische herauszureißen und zwar bei dem größten Wasserstands-Unterschiede mit ungefähr 64 t Kraft. Dabei wirken rund 62 t in der Richtung der Schleusenachse und rund 17,5 t senkrecht zur Schleusenachse. Diese Kräfte vertheilen sich auf den Spur- und den Halszapfen derart, daß der erstere den größeren Theil aufzunehmen hat. In Rücksicht auf ein ungleichmäßiges Stemmen der Stemmflügel wurde jedoch bei der Ausarbeitung des Thorentwurfs angenommen, daß jene Kräfte zur Hälfte auf das Halseisen übertragen werden können. Sie hier durch Zuganker auf das Schleusenmauerwerk zu übertragen, war nicht angängig, da die in dem Mauerwerk ausgesparten Kammern des später zu beschreibenden Klappthores nur in etwa 2,8 m Entfernung von der Thornische beginnen und die Anker somit nicht genügend Mauerwerk fassen konnten. Deshalb mußte die in der Richtung der Schleusenachse wirkende Zugkraft über die für den Seitenflügel des Thores erforderliche Kammer hinweg auf die Seitenmauern der Schleuse übertragen werden. Diese Uebertragung geschieht durch den vordersten Balken der Thorkammer-Abdeckung, der zu diesem Zweck eine eigenartige Ausbildung erhalten hat. An dem einen Ende dieses Balkens ist das Halslager des Fächerthores in später näher anzugebender Weise befestigt. Dieses Ende des Balkens mußte also in seiner Lage vollständig unverrückbar festgelegt werden, da die Mitten des Halszapfens und des Spurzapfens jederzeit in einer Lothrechten liegen müssen. An dem andern Ende soll der Balken Druckkräfte auf das Mauerwerk übertragen, muß also auch hier mit demselben stets in fester Verbindung stehen und darf deshalb unter der Einwirkung einer Wärmeverminderung keine Verkürzung seiner Länge erfahren. Da der Mauerpfeiler zwischen der Thornische und der Aussparung für die Klappbrücke nur schwach ist, durfte anderseits der Balken auch bei Wärme-erhöhungen keine Vergrößerung seiner Länge erfahren, da sonst die Gefahr vorlag, daß der an beiden Enden fest eingespannte Balken bei seinem Bestreben, sich auszudehnen, den Mauerpfeiler zerstören würde. Deshalb war Eisen und jedes andere widerstandsfähige Metall für die Verwendung

zu dem den Druck übertragenden Theil des Balkens ausgeschlossen, dagegen war Holz, besonders Eichenholz, hierzu wohl geeignet. Da aber ein hölzerner Balken kaum in den der Knickgefahr wegen erforderlichen großen Abmessungen zu erhalten war und auch eine ausreichend feste und sichere Befestigung des Halseisens an ihm große Schwierigkeiten gemacht haben würde, so wurde ein aus Holz und Eisen zusammengesetzter Balken gewählt, wie er in den Abb. 5 bis 10 auf Bl. 27 dargestellt ist. Der hölzerne Balken liegt vollständig in einer eisernen Umhüllung und hat die von dem Thorflügel auf den Träger ausgeübte Axialkraft als Druck auf die der Wendenische gegenüberliegende Seite der Fächerthorkammer zu übertragen, während die eiserne Umhüllung alle Durchbiegungen des gegen solche nicht ausreichend stark bemessenen Balkens, sowie alle Biegungs- und Drehmomente aufzunehmen hat. Der Holzbalken ist mit der eisernen Umhüllung nicht fest verbunden, sondern er liegt zwischen eisernen Gleitbacken-Führungen, die an der Umhüllung angebracht sind, und gestattet derselben dadurch die geringen Verschiebungen, die infolge der Längenänderungen des Eisens bei Wärmewechsel eintreten. Auf der Seite der Thornische ist die eiserne Umhüllung durch Vermittlung einer Grundplatte und mehrerer zweckentsprechend angeordneter Anker mit dem Schleusenmauerwerk verbunden. An dem anderen Ende stützt sich der etwas vorstehende Holzbalken fest gegen einen Lagerbock, während die eiserne Umhüllung auf einem Gleitlager ruht. An beiden Enden sind die Lagerplatten so eingerichtet, daß ein Abheben oder Umkanten des ganzen Trägers unmöglich ist. Nach Abnahme der oberen mit Schrauben befestigten Deckplatte des Umhüllungsträgers kann der Holzbalken jederzeit besichtigt und nach Entfernung der oberen Gleitbacken-Führungen auch herausgenommen und im Bedarfsfalle durch einen neuen Balken ersetzt werden. An dem Umhüllungsträger ist das in den Abbildungen mit dargestellte Halslager befestigt. Es ist mit einer Einstellvorrichtung versehen, die es gestattet, nach vollständiger Verlegung des das Lager tragenden Balkens die Halszapfen-Mitte genau senkrecht über die Spurzapfen-Mitte einzustellen.

Zum Schluss mögen noch einige Bemerkungen über den Betrieb des Fächerthores hier Platz finden. Wenn bei hohem Untereider-Wasserstande geschleust wird, dann ist das Schütz in dem Canal, der die Fächerthorkammer mit der Schleusen-kammer verbindet, geöffnet, das Schütz in dem nach der Ober-Eider führenden Canal geschlossen. Das Öffnen und Schließen des Fächerthores erfolgt mittels der oben beschriebenen kreisförmigen Zahnstange und der Handwinde. Das von dem Seitenflügel aus der Thorkammer verdrängte Wasser findet seinen Weg durch den geöffneten Canal nach der Schleusen-kammer und gelangt bei der Rückwärtsbewegung des Thores auf dem umgekehrten Wege von der Schleusen-kammer in die Thorkammer. Wird bei Wasserständen der Unter-Eider geschleust, die unter dem Canal-Wasserspiegel liegen, dann müssen die Schützen in den zu der Fächerthorkammer führenden Canälen die entgegengesetzte Stellung haben, sodaß bei jeder Bewegung des Fächerthores der Raum hinter dem Seitenflügel entweder von der Ober-Eider her Wasser empfängt oder es nach dorthin abgibt. Die Bewegung des Thores erfolgt auch in diesem Falle mittels der Zahnstange und der Handwinde. Soll das bis dahin geschlossen gehaltene Thor bei niedrigen Untereider-Wasserständen geöffnet werden, weil etwa eine Spülung der Fahrinne im Anschluss an die Schleuse nothwendig ist, dann wird zunächst das Schütz in dem Canal zwischen der Fächerthorkammer und der Ober-Eider, das bisher geöffnet war, geschlossen und darauf die Verbindung zwischen der Fächerthorkammer und der Schleusen-

kammer durch Hebung des den Canal abschließenden Schützes hergestellt. Der Wasserspiegel hinter dem Seitenflügel des Fächerthores sinkt dann bis auf den Untereider-Wasserstand ab, und der auf die Rückseite der Stemmflügel wirkende Ueberdruck öffnet das Thor. Damit es hierbei nicht zu weit in die Thorkammer hineingeht, legt sich der Seitenflügel mit seinem Ende gegen einen aus Werksteinen hergestellten Anschlag, sobald die Längsachse des Stemmflügels gleichlaufend mit der Schleusenachse liegt.

Soll das Fächerthor nach ausreichender Spülung der Fahrinne gegen die ausgehende Strömung geschlossen werden, dann ist die Verbindung zwischen der Schleusen-kammer und der Thorkammer zu schließen und das Schütz in dem nach der Ober-Eider führenden Canal zu öffnen. Das Thor kommt dann in langsame Bewegung und legt sich allmählich an den Drempe. Das Öffnen des Thores bei höheren Untereider-Wasserständen und das Schließen bei eingehender Strömung vollzieht sich in derselben Weise. Bei dem Schließen des Thores ist jedoch Vorsicht zu üben, weil der Stemmflügel sich in der Richtung der Strömung bewegt und von derselben mit größerer Geschwindigkeit und so mit großer Kraft gegen den Drempe geführt wird. Bei einem gewaltsamen Anschlagen des Thores an den Drempe könnte es leicht Schaden leiden, und deshalb ist das Schütz in dem Canal zwischen der Schleusen-kammer und der Sperrthorkammer nur soweit zu öffnen, daß das Wasser in die letzere Kammer bei schnellerer Bewegung des Thores nicht schnell genug einfließen kann, sodaß vor und hinter dem Seitenflügel ein Wasserstandsunterschied eintritt, der auf die Bewegung des Thores hemmend einwirkt.

Die Kosten des Fächerthores einschließlichs aller Verankerungen, der Abdeckung der Thorkammer, der Thorschützen und ihrer Bewegungsvorrichtungen, jedoch ausschließlichs der Winden und der Zahnstangen zum Bewegen der Thorflügel haben gegen 42000 \mathcal{M} betragen. Die Bewegungsvorrichtung eines Thorflügels hat gegen 1500, ein Umlaufschütz mit Winde gegen 2200 \mathcal{M} gekostet. Das Fächerthor hat also einen höheren Kostenbetrag erfordert, als das Fluththor und das Ebbethor zusammen, dem gegenüber steht jedoch eine nicht unerhebliche Ersparnis von Schleusenmauerwerk. Durch die Anordnung des Fächerthores ist eine irgendwie beträchtliche Verminderung der Baukosten der Schleuse nicht erreicht, trotzdem war sie bei der Rendsburger Schleuse um ihrer Nebenvorteile willen zweckmäßig. Beim Betriebe haben sämtliche Thore den an sie zu stellenden Anforderungen durchaus entsprochen.

3. Die Portalbrücke am Oberhaupt der Schleuse.

Hierzu Abb. 7 auf Bl. 25 und die Abbildungen auf Bl. 28.

Die Portalbrücke soll nur von leichtem Fuhrwerk befahren werden und ist dementsprechend für ein Wagen-gewicht von 4 t berechnet. Sie hat eine nutzbare Breite von 4 m erhalten, ihre Lichtweite beträgt, übereinstimmend mit der Weite der Schleuse, 12 m. Die Fahrbahn besteht aus einem oberen Querbohlenbelag von 4 cm Stärke und unteren Querbohlen von 7,5 cm Stärke. Die Bohlen jeder der beiden Klappen liegen, wie die Abb. 1 u. 2 auf Bl. 28 zeigen, auf fünf Längsträgern aus I-Eisen auf, die durch Querverbände an ihren Enden und durch Kreuzverbände in der Höhe des unteren Flansches zu einer festen Tafel mit einander verbunden sind. Die Klappen haben, einer Forderung der Landespolizeibehörde entsprechend, nur eine Steigung von 1:100 erhalten, und deshalb war es unmöglich, die Klappen gegen einander stemmen zu lassen. Zwischen denselben ist vielmehr ein Schlitz gelassen, dessen Weite bei mittlerer Luftwärme 1 cm beträgt. Die Unterstützung der Klappen

erfolgt einmal auf dem Schleusenmauerwerk, und zwar dort für jeden Längsträger besonders durch kleine Auflager, und zweitens in einer Entfernung von 2 m von dem freien Ende der Klappen durch schräggehende, unter den Klappen befindliche Streben. (Sich die Abb. 3 bis 5 auf Bl. 28.) Diese Streben unterstützen jedoch nicht jeden einzelnen der fünf Längsträger, sondern sie greifen an den Enden eines der fünf Längsträger verbindenden Querträgers an. Dieser Querträger ist 2 m vom freien Ende der Klappe entfernt angeordnet, weil dort das vom Eigengewicht der Klappe und der Verkehrslast in den Längsträgern hervorgerufene größte Biegemoment ungefähr dieselbe Größe hat, wie das zwischen dem Querträger und dem Auflager auf dem Mauerwerk entstehende größte Moment. Die Querträger bestehen aus je zwei oberhalb und unterhalb der Längsträger liegenden und mit ihren Flanschen vernieteten Winkeleisen, die durch ein an den Längsträgern unterbrochenes Stehblech gegen einander versteift sind. Das Stehblech ist mit den Längsträgern unter Zuhilfenahme von Winkeleisen vernietet. Die beiden Streben jeder Brückenklappe, die durch Quer- und Kreuzverbände zu einem festen Rahmen verbunden sind, stützen sich mit dem oberen Ende gegen eichene Klötze, die leicht auswechselbar unter dem Querträger angeschraubt sind; an dem unteren Ende jeder Strebe ist ein Stahlgußstück angebracht, das zwischen die Backen eines Lagerschuhes eingreift und mit ihnen durch einen stählernen Bolzen verbunden ist, um den sich die Strebe drehen kann. Beim Öffnen der Klappen müssen auch die Streben aus der Durchflußöffnung der Brücke entfernt werden, und diesem Zwecke dient für jede Strebe ein Stab, der die Strebe und den äußersten Längsträger mit einander verbindet und an beiden Anschlußstellen Drehgelenke besitzt. Die Lage dieser Streben ist, wie aus der Abb. 3 Bl. 28 ersichtlich, so gewählt, daß die Verlängerung der Stab-Mittellinien nahezu durch den Drehzapfen der Brückenklappen hindurchgeht. Beim Beginn des Öffnens der Brücke wird infolge dessen das Verhältniß der Winkelgeschwindigkeiten der Brückenklappe einerseits und des Stabes andererseits so groß wie möglich, und dadurch wird ein sicheres Abheben der Klappe von den Streben und ebenso beim Schließen der Brücke ein ruhiges Auflegen der Klappe auf die Streben erreicht. Außerdem sind die durch den Verkehr hervorgerufenen Bewegungen und Durchbiegungen der äußeren Längsträger, da sie ungefähr senkrecht zu den Verbindungsstäben gerichtet sind, von nur geringem schädlichen Einfluß auf die Stäbe und deren Gelenke, und einer Uebertragung von Kräften zwischen den Längsträgern und den Streben durch die Stäbe ist thunlichst vorgebeugt.

Infolge der Anordnung der Streben entstehen in den beiden äußeren Längsträgern der Brückenklappen unter dem Einfluß des Eigengewichtes und der Verkehrslast Zugkräfte. Zur Aufnahme derselben sind diese beiden Längsträger insofern besonders geeignet, weil sie nach der Anordnung der Klappen aus Eigengewicht und Verkehrslast nur etwa halb so hohe Spannungen erhalten wie die mittleren Träger. Die Zugkraft beträgt für jeden der beiden äußeren Längsträger bei der höchsten Belastung der Klappe etwa 8 t. Die Uebertragung dieser Kräfte auf das Widerlags-Mauerwerk der Brücke erfolgt durch die Drehzapfen der Brückenklappen und die Lager dieser Zapfen. Aus den Abb. 1 u. 3 Bl. 28 ist die Anordnung dieser Theile zu ersehen. Besonders sei darauf aufmerksam gemacht, daß die Bronze-Buchsen, in denen sich die Drehzapfen bewegen, sowohl nach oben wie nach unten und nach hinten mit Spielraum in den gußeisernen Lagerkörpern beweglich sind. Während die Brücke geschlossen ist, werden infolge dessen nur die durch die Streben hervorgerufenen, in der Achse der äußeren Längsträger wirkenden Zugkräfte von dem Lager-

körper aufgenommen. Die an den landseitigen Enden der Brückenklappen unter der Einwirkung des Eigengewichtes der Klappen und der Verkehrslast entstehenden Auflagerdrucke werden durch kleine unter jedem Längsträger angeordnete Auflager auf das Mauerwerk übertragen. Beim Öffnen der Brücke drehen sich die Brückenklappen infolge dieser Anordnung so lange um die Lager der Längsträger, bis die Bronze-Buchse im Lagerstuhl zum festen Aufliegen gelangt ist, dann erst beginnt die Drehung der Klappen um die Zapfen. Beim Schließen der Brücke wiederholt sich derselbe Vorgang in umgekehrter Folge. Der Spielraum zwischen der Bronze-Buchse und dem Lagerkörper ist angeordnet worden, damit die Drehzapfen bei geschlossener Brücke nie durch lothrechte Kräfte belastet werden können.

An den äußeren Enden der die Längsträger mit einander verbindenden und unterstützenden Querträger sind die Aufzugketten der Brückenklappen gelenkartig befestigt. In gleicher Weise sind diese Ketten mit den der Brücke zugekehrten Enden der Ruthen verbunden. Die Ruthen sind, wie die Abb. 6 u. 7 Bl. 28 zeigen, als eiserne Gitterträger mit Gurten aus \perp -Eisen gebildet. An den Enden, am Drehpunkt und an den Stellen, wo die Querverbände zwischen den beiden zu einer Brückenklappe gehörenden Ruthen angeordnet sind, ist das Gitterwerk durch Bleche ersetzt. Die Ruthen werden von schmiedeeisernen Portalsäulen getragen; ihr Drehpunkt ist so gelegt, daß die Angriffspunkte der Aufzugketten an der Brückenklappe und den Ruthen, sowie die Mitten der Drehzapfen der Brückenklappen und der Ruthen je in einer Ecke eines Parallelogrammes liegen. Zwischen zwei die landseitigen Enden eines jeden der beiden Ruthenpaare verbindende Träger ist das Gegengewicht eingebaut. (Sich die Abb. 7 u. 8 Bl. 28.) Es ist nach seiner Größe und seiner Lage so berechnet, daß der Gesamtschwerpunkt der beim Öffnen und Schließen der Brücke zu bewegenden Massen während jedes Augenblickes der Bewegung thunlichst dieselbe Höhenlage beibehält, sodafs die zu leistende Arbeit nach Möglichkeit auf die Ueberwindung der in den Zapfen usw. auftretenden Reibungswiderstände beschränkt ist. Die bezüglichlichen Berechnungen sind nach den von Sympher in einem Aufsatz in der Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1885 S. 541 u. f. gemachten Angaben durchgeführt. Eine vollständige Ausgleichung liefs sich nicht erzielen, da sich einmal das Gelände während des Hebens der Brückenklappe niederlegt, da ferner das Gewicht der Streben in den verschiedenen Lagen veränderliche Kräfte auf die äußeren Längsträger ausübt, und da endlich der Bohlenbelag der Brückenfahrbahn je nach seinem Feuchtigkeitsgehalt ein verschiedenes Gewicht hat. Die Ausgleichung ist jedoch so gut gelungen, daß die beim Öffnen und Schließen der Brücke bei ruhigem Wetter zu äufsernden Kräfte sehr gering sind. Bei stürmischem Wetter erfordert dagegen das Schließen der Klappen gröfsere Kräfte. Mifsstände haben sich jedoch bisher noch nicht ergeben; insbesondere tritt eine übermäßige Anstrengung der Brückenwärter um deswillen nicht ein, weil die sich vor der geöffneten Brücke schnell versammelnden Menschen jederzeit geneigt sind, die Brückenwärter in ihrer Thätigkeit zu unterstützen. Das Gegengewicht besteht aus einzelnen etwa 19 kg schweren Gußeisenplatten, die sich leicht abnehmen lassen, sodafs Veränderungen an der Größe des Gegengewichtes schnell und ohne Schwierigkeit vorgenommen werden können.

Die Portalsäulen sind sehr kräftig und sehr steif ausgebildet. Sie bestehen aus einem \perp -Eisen, zwei Kopfplatten und vier die Kopfplatten säumenden Winkeleisen. Wie aus den Abb. 9 bis 13 auf Bl. 28 ersichtlich ist, werden die Säulen durch Schrägstreben, die in etwa zwei Drittel der Säulenhöhe angreifen, gestützt. Dadurch ist erreicht worden,

dafs am Fuß der Säulen keinerlei Biegungs-Spannungen auftreten. Die Säulen übertragen auf das Schleusenmauerwerk nur Druckkräfte, und deshalb genügten einige Steinschrauben zur Verbindung des Säulenfußes mit dem Mauerwerk. Die Schrägstreben mußten aber so mit dem Mauerwerk verbunden werden, dafs sie sowohl Druckkräfte wie auch Zugkräfte mit Sicherheit übertragen können. Am oberen Theil der Portalsäulen mußten die Kopfplatten nach hinten verbreitert und außerdem erheblich verstärkt werden, weil sie hier das Lager für die Drehachse der Ruthen bilden. Diese Drehachsen sind soweit hinter die Mitte der Portalsäulen gelegt, dafs die Ruthen beim Oeffnen der Brücke die senkrechte Stellung annehmen können. In den Abb. 9 bis 11 Bl. 28 sind die Einzelheiten dieser Anordnung dargestellt. Zwischen den beiden zu einem Portal gehörigen Säulen ist als Verbindungsglied ein kastenförmiger Gitterträger eingebaut.

Das Geländer der Brücke ist so eingerichtet, dafs es sich beim Oeffnen der Klappen nach dem freien Klappen-Ende zu umlegt. Es ist dies durch das Einschalten zweier Gelenkglieder in die Handleiste zwischen der Portalsäule und dem ersten auf dem Mauerwerk stehenden festen Geländerpfosten erreicht. Die Geländerpfosten auf der Brücke werden durch eine am Fußgelenk befindliche Nase, die sich gegen ein festes Blech lehnt, daran verhindert, sich landseitig umzulegen.

Die Kosten der Brücke haben gegen 10 400 *M* betragen, dabei wurde 1 t Eisenwerk mit rund 270 *M* bezahlt.

4. Die Klappbrücke.

Hierzu Abb. 6 auf Bl. 25, Abb. 10 u. 11 auf Bl. 26, Abb. 11 bis 15 auf Bl. 27 und Abb. 6 bis 10 auf Bl. 30.

Die Klappbrücke soll für die Ueberführung von schwerem Fuhrwerk dienen und ist dementsprechend für 7,5 t schwere Wagen berechnet. Die Breite der beiderseitig angeordneten Fußwege beträgt je 1,25 m, die Fahrbahn ist 5,0 m breit, sodafs sie von zwei Wagen mit dem oben angegebenen Gewicht gleichzeitig befahren werden kann. Der Ueberbau der Brücke besteht aus zwei um eine wagerechte Welle drehbaren Klappen, die im geschlossenen Zustande die 12 m weite Schleusenöffnung, wie Abb. 10 u. 11 auf Bl. 26 zeigen, je zur Hälfte überspannen, und aus den Ueberdeckungen der Kammern, die im Schleusen- bzw. Brückenwiderlager-Mauerwerk für den hinter der Drehachse liegenden, das Gegengewicht tragenden Theil der Klappe ausgespart werden mußten. Jede Klappe hat zwei als Blechträger ausgebildete, in 4,7 m Entfernung von einander liegende Hauptträger. Zwischen diese ist an dem der Schleuse abgekehrten Ende der Kasten für das Gegengewicht eingebaut. Die aus einem 6,5 cm starken oberen Querbohlenbelag und einem unteren 12 cm starken Längsbohlenbelag bestehende Fahrtafel stützt sich auf Querträger aus **I**-Eisen (Normal-Profil Nr. 30), die zwischen die Hauptträger eingebaut sind. Für die Fußwege sind an den Hauptträgern aus Winkeleisen und Knotenblechen gebildete Kragträger angeordnet, die durch ein Längs-**U**-Eisen und durch Kreuzverbände mit einander verstrebt sind. Auf den Obergurten der Kragträger liegt zunächst ein als Futter dienender Holzbalken und auf diesem der aus 5 cm starken, eichenen Längsbohlen bestehende Fußwegbelag. (Sich hierzu die Abb. 11 bis 13 auf Bl. 27.)

Die Abdeckung der im Mauerwerk ausgesparten Kammern wird von zwei Blechträgern getragen, die senkrecht zur Brückenachse liegen. Zwischen diese Blechträger sind **I**-Eisen (Normal-Profil Nr. 20) eingebaut, auf deren untere Flansche Zores-Eisen gelegt sind. Die Zwischenräume zwischen diesen Eisen sind durch flach verlegte Ziegelsteine überdeckt. Die Fahrbahn besteht aus Granitsteinpflaster auf Kiesunter-

bettung, an den Uebergangsstellen von der Abdeckung der Kammern auf den beweglichen Theil der Brücke ist ein Stahlfußstück angeordnet, dessen Form so gewählt ist, dafs der unvermeidbare Spalt möglichst klein wird.

Wenn die Brücke geöffnet werden soll, dann wird jede der beiden Klappen um eine wagerechte Welle gedreht, die mit den beiden Hauptträgern fest verbunden ist. Das Gegengewicht ist so groß und in solchem Abstände von der Welle und in solcher Höhenlage angebracht, dafs der Gesamtschwerpunkt der Klappe und des Gegengewichtes genau mit der Wellenmitte zusammenfällt. Infolge dessen sind beim Oeffnen und Schließen während windstillen Wetters nur die Reibungswiderstände in den Wellenlagern zu überwinden. Zur vollständigen Oeffnung der Brücke muß jede Klappe um 75° gedreht werden. Ist die Brücke geschlossen und frei von jeder Verkehrslast, dann ruht sie ebenso wie während der Bewegung mit dem ganzen Gewicht der Klappen und der Gegengewichte in den Lagern der Drehachse. Wären weiter keine Unterstüzungen der Klappen vorhanden als diese Lager, so würden die in ihrem Gewicht vollständig ausgeglichenen Klappen sich unter jeder Verkehrsbelastung in Bewegung setzen. Um dieses zu verhindern, wurde zunächst zwischen der Drehachse und der Vorderkante des Schleusenmauerwerks für jeden Hauptträger der Klappen ein festes Auflager angeordnet (Abb. 13 bis 15 auf Bl. 27). Diese Auflager erhalten auch bei der unbelasteten Brücke einen gewissen Druck, weil die Hauptträger nicht vollständig steif sind, sondern sich unter der Einwirkung ihres eigenen Gewichtes, sowie der Belastung durch die Querträger und die Fahrtafel etwas durchbiegen, sie werden aber besonders dann belastet, wenn sich die Verkehrslast nahe dem Ende der Klappen befindet. Dann kann unter Umständen das Moment der Verkehrslast, bezogen auf die Auflager als Drehpunkt, so groß werden, dafs die Klappen das Bestreben haben, derart um die Auflager zu kippen, dafs sich die Enden der Klappen senken und das Gegengewicht in die Höhe geht. Um solch einen Fall auszuschließen, sind für die Gegengewichts-Enden der beiden Hauptträger jeder Klappe sogenannte negative Auflager geschaffen. Dieselben bestehen aus eisernen mit dem Widerlagermauerwerk der Brücke gut verankerten Schleifen, die am oberen Ende ein kräftiges Querhaupt haben, welches jede Bewegung der Gegengewichts-Arme nach oben verhindert, während die Bewegung nach unten durch die Schleifen nicht behindert wird. Diese negativen Auflager haben eine Nachstellvorrichtung nicht erhalten, weil sie nur sehr selten in Wirksamkeit kommen werden; dagegen sind die festen Auflager auf Keile gestellt worden, um jederzeit eine Aenderung ihrer Höhenlage vornehmen zu können.

Ist die eine Klappe der Brücke durch den Verkehr stark, die andere wenig oder gar nicht belastet, dann entsteht infolge der Durchbiegung der belasteten Klappe ein Höhenunterschied an der Fuge zwischen den beiden Klappen. Da dieser Höhenunterschied sich unangenehm bemerkbar machen würde, wenn ein Wagen von der einen zur anderen Klappe übergeht, so wurde dafür Sorge getragen, dafs jede Belastung eines Klappen-Endes thunlichst auf die zweite Klappe übertragen wird. Zu diesem Zweck sind an den Hauptträgern der Klappen gußstählerne Finger angebracht, die mit dem Hauptträger der einen Klappe fest verbunden sind und auf die andere übergreifen. Diese Anordnung, deren Einzelheiten aus den Abb. 9 u. 10 Bl. 30 zu ersehen sind, macht es nothwendig, dafs stets beide Klappen gleichzeitig geöffnet und von dem Eingriff der Finger an auch gleichzeitig geschlossen werden. Der Spalt zwischen den beiden Klappen hat in der Fahrbahn eine Breite von 25 mm und wird abgedeckt durch ein Riffblech, das in einem in den

Bohlenbelag eingearbeiteten Falz eingelegt wird, sodafs Pferde mit ihren Stollen nicht in den Spalt gerathen können. In den Fußwegen ist der Zwischenraum zwischen den Klappen nur 1 cm breit.

Die Wellen, um die sich die Klappen beim Oeffnen und Schliesen drehen, bestehen aus vier Theilen. Der Theil zwischen den beiden Hauptträgern jeder Klappe ist in der aus den Abb. 6 u. 7 Bl. 30 ersichtlichen Weise aus vier Phönix-eisen und vier zwischen die Schenkel dieser Eisen gelegten Flacheisen gebildet. Die Anschlüsse an die beiden Hauptträger sind aufser durch Winkelleisen auch noch durch je zwei wagerechte und zwei lothrechte Aussteifungen gesichert. Die beiden an den Aufsenseiten der Hauptträger anschliessenden Theile der Drehwelle sind im Anschluß an diese Träger vollständig gleich ausgeführt und bestehen aus Gußstahl. Während aber der nach der Ober-Eider zu gelegene Wellentheil in einem Zapfen für ein Lager endet, endigt der nach der Unter-Eider zu gelegene Theil in einem Flansch für die feste Kupplung, durch die er mit dem vierten Theil der Welle verbunden ist. Dieser letzte Theil trägt zwischen zwei Lagern ein Zahnrad-Quadranten, in den ein von der Windevorrichtung zum Bewegen der Klappen getriebenes Stirnrad eingreift. Die beiden Lager neben den Hauptträgern haben nicht nur während der Bewegung der Klappen das Gewicht derselben und die auf sie etwa einwirkenden wagerechten Kräfte, wie sie der Wind hervorruft, auf das Mauerwerk der Schleuse zu übertragen, sondern sie haben auch, wenn die Brücke geschlossen ist, bei gewissen Stellungen der Verkehrslast diese zu übernehmen. Dementsprechend sind die Lager sehr kräftig ausgebildet. Damit auf die Lagerdeckel keine Kräfte einwirken können, wenn sich die geschlossene Klappe unter der Einwirkung der Verkehrslast derartig durchbiegt, dafs der Theil der Hauptträger, an den die Drehachse angeschlossen ist, eine Aufwärtsbewegung macht, sind unter die Muttern der Lagerdeckel-Schrauben Unterlagsplatten aus Gummi gelegt, die ein Heben der Deckel gestatten. Die Lager selbst sind nur im unteren Theil mit Bronze-Lagerscheiben ausgerüstet, weil nur dieser Theil der Lager während der Bewegung der Klappen belastet ist. Das Stirnrad, welches in den auf der Drehachse der Brückenklappen befestigten Zahnrad-Quadranten eingreift, ist unterhalb dieses Quadranten angeordnet und sitzt mit einem Kettenrad auf einer gemeinschaftlichen Welle. Die bisher erwähnten Wellen, Lager und Räder befinden sich sämtlich in Aussparungen im Schleusenmauerwerk, die weiteren Theile der Windevorrichtung sind in einem eisernen Häuschen untergebracht, das in Höhe der Schleusenoberkante aufgestellt ist. Die Kraftübertragung zwischen den beiden Theilen der Bewegungsvorrichtungen wird durch Gallsche Ketten vermittelt; die Windevorrichtung, die in den Abb. 7 u. 8 Bl. 16 zur Darstellung gebracht ist, kann entweder unter Einschaltung aller Vorlege betrieben werden oder unter Ausschaltung der gröfseren

im Verhältnifs $\frac{50}{12}$ stehenden Uebersetzung. Bei ruhigem, windstillem Wetter läfst sich jede Klappe durch einen Arbeiter, der in der Secunde 10 kgm leistet, in 2 Minuten und 40 Secunden öffnen oder schliesen, wenn der Gleichwerth der Zapfenwirkung zu 0,2 und der Wirkungsgrad des gesamten Rädergetriebes zu 0,67 angenommen wird. Beim Betriebe hat sich ergeben, dafs diese Annahmen eher etwas zu ungünstig als zu günstig sind, ein Arbeiter öffnet und schliesst eine Klappe ohne Anstrengung in etwa 2 Minuten. Bei stürmischem Wetter erfordert die Bewegung der Klappen mehr Zeit. Für einen Winddruck von 50 kg auf 1 qm senkrechter Fläche berechnet sich die erforderliche Zeit, wenn zwei Arbeiter mit je 15 kgm Leistung an der Kurbel thätig sind,

im übrigen aber dieselben Annahmen gemacht werden wie oben, zu etwas über 3 Minuten. Dabei ist die Bewegung der Klappen nicht gleichförmig. Beim Oeffnen bieten sie zunächst dem Winde eine kleine Angriffsfläche, die sich allmählich vergrößert, je mehr sich die Stellung der Klappen der Lothrechten nähert. Bei gleichbleibender Leistung der Arbeiter mufs also das Oeffnen zunächst verhältnismäfsig schnell vor sich gehen und gegen Ende der Bewegung immer langsamer werden. Beim Schliesen der Klappen gegen entgegengesetzt gerichteten Wind mufs naturgemäfs der umgekehrte Vorgang eintreten. Eine nicht unwesentliche Erschwerung für die Bewegung der Klappen könnte durch die Veränderung des Gewichtes der hölzernen Fahrbahntafel bei wechselnder Witterung herbeigeführt werden. Wird der Gewichtsunterschied des trocknen und des gänzlich durchnäfsten Eichenholzes nur zu 100 kg für 1 cbm angenommen, dann würde der lange Arm bei nasser Witterung ein Uebergewicht von 770 kg, an einem Hebelsarm von 3,68 m wirkend, erhalten, sofern das Gegengewicht so bemessen ist, dafs die Klappe mit trockenem Bohlenbelag gerade im Gleichgewicht ist. An Zeit zum Oeffnen der Klappe würden dann, wenn ein Mann mit 20 kgm Arbeitsleistung an der Winde thätig ist, 4 Minuten und 36 Secunden erforderlich sein. Infolge dessen ist das Gegengewicht so grofs bemessen, dafs es einem mittleren Feuchtigkeitsgehalt des Fahrbahnbelages entspricht, und es ist so angeordnet, dafs es bei trockener Witterung leicht etwas verkleinert, in nassen Zeiten leicht etwas vergrößert werden kann.

Beim Betriebe hat sich die Klappbrücke durchaus bewährt. Die Kosten derselben haben einschlieslich der Bewegungsvorrichtungen und des Bohlenbelages der Fahrbahn und der Fußwege ungefähr 42 000 \mathcal{M} betragen. Dabei kostete 1 t Eisen oder Stahl im Durchschnitt 370 \mathcal{M} .

5. Die Eisenbahnbrücke über die Ober-Eider.

Bei der Wahl der Lage der Brücke mufte sowohl darauf Rücksicht genommen werden, dafs die Krümmungsverhältnisse der Eisenbahnverlegung günstige wurden, wie auch darauf, dafs ein guter und schlanker Anschluß des Schleusen-Untercanals an die in der Ober-Eider bestehende Schiffahrtsrinne gewonnen wurde. Aufserdem aber durfte der Schiffsverkehr zwischen der Ober- und Unter-Eider, der durch die bestehende Rendsburger Schleuse vermittelt wurde, während der Herstellung der Bahnverlegung und der Brücke möglichst wenig gestört werden. Da die Brücke als Drehbrücke gebaut werden mufte und in Rücksicht auf eine leichte Bewegung während windigen und stürmischen Wetters gleicharmig hergestellt werden sollte, so wurde die Lage der neuen Brücke so gewählt, dafs die bisherige Schiffahrtsstrafe durch die nördliche Oeffnung hindurchführte, während die südliche Drehöffnung den Zugang zu der neuen Schleuse gewährt. Die Brücke hat aufser den beiden Drehöffnungen noch eine dritte südlich von der Fahrinne gelegene mit einem festen Ueberbau versehene Oeffnung. Der Bau dieser letzteren Oeffnung wurde nothwendig, weil der Stadt Rendsburg Gelegenheit gegeben werden sollte, eine Strafe unter dieser Brücke hindurch nach dem von der preussischen Bauverwaltung an der Ober-Eider hergestellten Lösch- und Ladeplatz anzulegen. Die allgemeine Anordnung und die Lage der Eisenbahnverlegung und der Brücke ist aus dem Lageplan Abb. 4 auf Bl. 11 zu ersehen, in der Text-Abb. 128 ist eine im September 1893 nach der vollständigen Fertigstellung der Brücke und ihrer Leitwerke hergestellte photographische Aufnahme wiedergegeben. Die Lichtweite der Drehöffnungen, gemessen in der Richtung der Eisenbahnlinie, beträgt je 22 m, die Stützweite der Landöffnung 19,5 m. Die aus Schweifseisen her-

gestellten Ueberbauten sind für zwei Eisenbahngleise mit 3,6 m Gleisabstand angeordnet. Die Untergurte der Hauptträger sind wagerecht, die Obergurte sind nach einer Parabel gekrümmt. Wenn die Brücke geschlossen ist, dann ruht sie mit beiden Enden und in der Mitte auf Auflagern. Die Endauflager sind als Kniehebel ausgebildet, sie können durch ein von der Brückenmitte aus bewegtes, allen vier Hebeln gemeinsames Gestänge gehoben und gesenkt werden. Das mittlere Auflager wird durch den Drehzapfen gebildet, um den die Brücke beim Öffnen und Schließen schwenkt. Um den Drehzapfen von einem Theil der Verkehrslast zu entlasten, sind unter der Mitte jedes Hauptträgers feste Auflager angeordnet, die jedoch erst dann in Wirksamkeit treten, wenn sich die beiden Querträger, die das Gewicht der Brücke und der Verkehrslast auf den Drehzapfen übertragen, an ihren Enden derart durchgebogen haben, daß der 1,5 m betragende Spielraum zwischen den festen Auflagern und der Unterfläche der an den Hauptträgern angebrachten Lager-

Die Brücke über die Ober-Eider liegt zwischen den Bahnhöfen Rendsburg und Büdelsdorf der von Neumünster über Flensburg nach Jütland führenden Eisenbahn. Beide Bahnhöfe liegen der Brücke ziemlich nahe. Die Anordnung der Fahrtsignale und der Verriegelung der Brücke ist so getroffen, daß die Brücke nur geöffnet werden kann, wenn das Signal bei der Brücke auf „Halt“ steht und sowohl der dienstthuende Beamte auf Bahnhof Rendsburg wie auf Bahnhof Büdelsdorf die Verriegelung der Brücke freigegeben haben. Mit der Entriegelung der Brücke wird auch das Fahrtsignal auf Halt festgestellt. Die zu diesem Zweck hergestellten Anlagen sind in gleicher Weise bei den Drehbrücken zu Osterrönfeld ausgeführt worden und werden bei der Besprechung dieser Brücken im einzelnen dargelegt und erläutert werden.

Um die Brückenpfeiler gegen das Anfahren von Schiffen zu sichern, ist die bis zur neuen Schleuse führende Durchfahrt beiderseits mit hölzernen Leitwerken versehen, wie

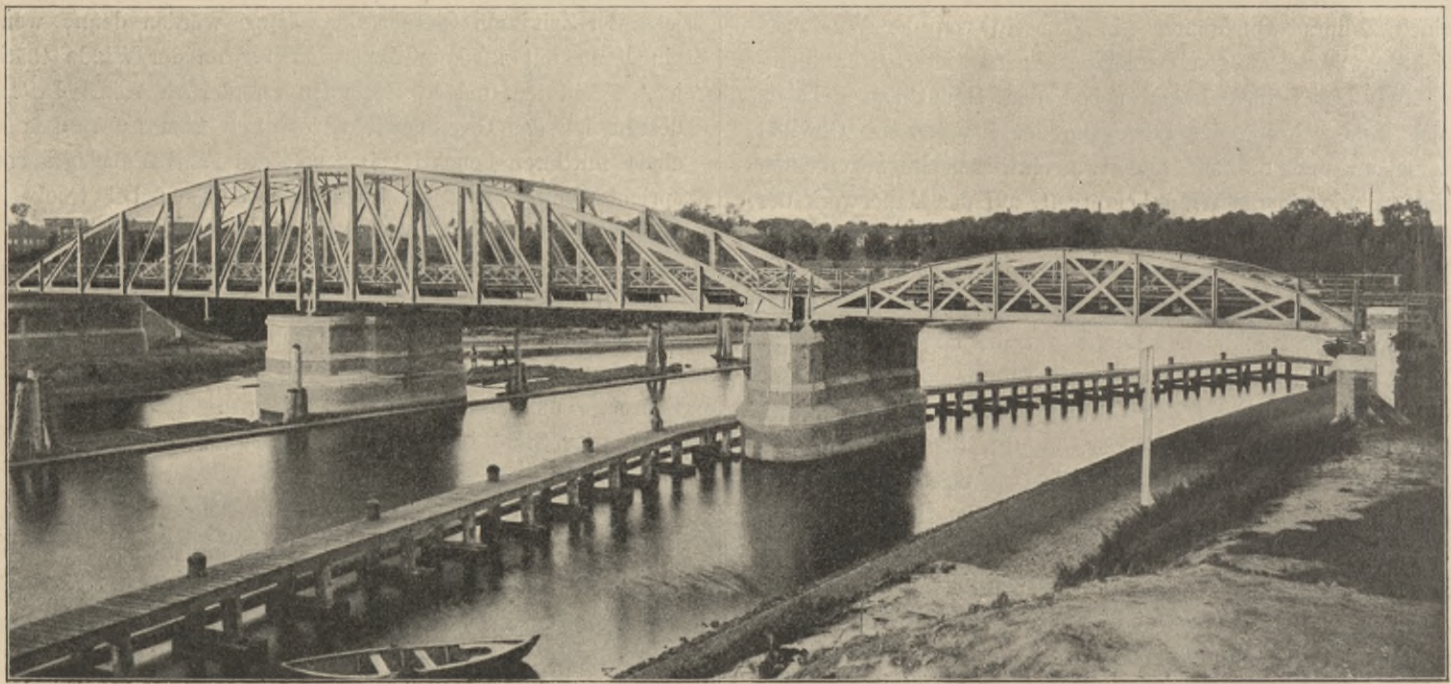


Abb. 128. Eisenbahndrehbrücke über die Ober-Eider bei Rendsburg.

stühle verschwunden ist. Während der Drehung sichern vier Laufräder die Brücke gegen Kippen um den Drehzapfen. Die Bewegung der Brücke geschieht mit Hilfe eines durch Steckschlüssel betriebenen Windwerks, dessen letztes Zahnrad in einen auf dem Drehpfeiler verlegten Zahnkranz eingreift. Die Brücke kann um 360° gedreht werden.

Diese kurzen Angaben mögen genügen, da weder die Ueberbauten noch die Bewegungsvorrichtungen der Brücke besonders bemerkenswerthes bieten. Die beiden Landpfeiler sind auf Beton zwischen hölzernen Spundwänden gegründet, die beiden mittleren Pfeiler wurden unter Verwendung von Luftdruckgründung hergestellt. Bei dieser letzteren Gründung wurden einige Neuerungen eingeführt. Da dieselben auch bei der Gründung der Pfeiler für die Drehbrücken über den Kaiser Wilhelm-Canal bei Osterrönfeld zur Anwendung kamen und die Herstellung dieser Brücken im weiteren Verlauf dieser Veröffentlichung eingehend besprochen werden wird, so wird hier von einer Erörterung der Luftdruckgründungen in der Ober-Eider Abstand genommen. Das Mauerwerk der Pfeiler ist, soweit es nicht aus Beton besteht, aus Ziegelsteinen mit Cementmörtel hergestellt, sämtliche Außenflächen erhielten eine Verblendung mit Klinkern, die Architekturglieder, die Abdeckplatten der Pfeiler und die Auflagerquader der Brücken bestehen aus bayerischem Granit.

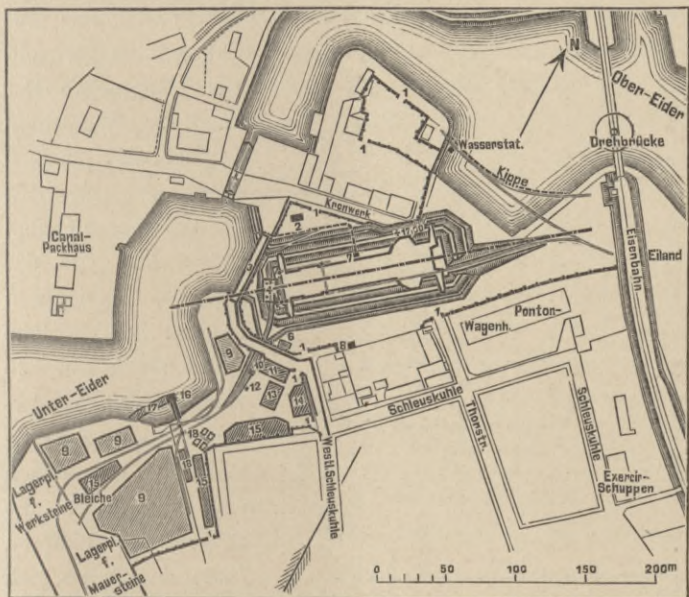
aus dem Lageplan Abb. 4 auf Bl. 25 ersichtlich ist. Das Leitwerk auf der Südseite der Fahrinne ist begehbar hergestellt und an beiden Enden mit dem Lande verbunden. Es soll das Treideln von Schiffen ermöglichen. Das nördliche Leitwerk besteht aus vierpfähligen Pfahlbündeln und Schwimmflößen, die sich dem zwischen $+19,27$ und $+20,27$ wechselnden Wasserstande entsprechend heben und senken.

6. Der Ober- und Untercanal der Schleuse.

Im Anschluß an die Schleuse bildet sowohl die Mittellinie des Ober- wie des Untercanals auf 80 m Länge eine Gerade mit anschließenden Krümmungen von 450 m Halbmesser. Die Sohlenbreite beträgt 20 m, die Tiefe in dem Canal nach der Ober-Eider bei mittlerem Wasserstande im Kaiser Wilhelm-Canal durchweg 5,23 m. In dem Canal nach der Unter-Eider ist diese Tiefe nur in der geraden Strecke vorhanden, vom Ende derselben steigt die Sohle allmählich bis zur natürlichen Flußsohle an. Auf die ersten 5 m Länge von der Schleuse ab ist die Sohle durch ein Betonbett, auf weitere 35 m durch kräftige Sturzbetten gegen Auskolkungen gesichert. Die Einfahrt in die Schleuse wird sowohl in der Ober-Eider wie in der Unter-Eider durch beiderseitig der Mittellinie angeordnete Leitwerke mit Schwimmflößen erleichtert.

7. Die Bauausführung.

Mit den vorbereitenden Arbeiten für den Schleusenbau wurde im Januar 1891 begonnen. Da die Schleusenbaugrube, wie der Lageplan Text-Abb. 129 zeigt, mit ihrer nordwestlichen Ecke in die Unter-Eider hineinreichte, mußte hier zunächst ein Fangedamm hergerichtet werden. Dieser Fangedamm wurde zugleich für die Anlage einer Strafe benutzt, die an Stelle der die Baustelle kreuzenden und deshalb aufzuhebenden Thorstraße die Verbindung Rendsburgs mit der Vorstadt Kronwerk und dem nördlich von Rendsburg gelegenen Landgebiet während der Dauer des Schleusenbaues vermittelte. Die Linienführung dieser Strafe ist aus der Text-Abb. 129 zu ersehen. Die Strafe bildete eine Verbindung der südlich von der Baustelle gelegenen westlichen Schleuskuhle mit dem Vorplatz vor den beiden über die alte Rendsburger Schleuse führenden Brücken. Diese Benutzung des Fangedammes zu einem Theil des Unterbaues der Strafe hat sich nicht durchweg als zweckmäßig erwiesen. Es wurde



- | | | | |
|------------------------|------------------------|--|-------------------------------|
| 1 Thorweg | 6 Baubüreau | 11 Cementschuppen | 16 Löschrücke |
| 2 Schmiede | 7 Pumpe | 12 Wasserstation | 17 Erweiterung der Löschrücke |
| 3 Fangedamm und Brücke | 8 Gerätheschuppen | 13 Tuffsteinschuppen durch die Firma Schneider | |
| 4 Mörtelwerk | 9 Betonsteine | 14 Trafschuppen | 18 Kalkgruben. |
| 5 Locomobile | 10 Ladebühne für Trafs | 15 Sand | |

Abb. 129. Lageplan der Schleusenbaustelle in Rendsburg während der Betonirung.

mehrfach im Laufe der Bauausführung als Uebelstand empfunden, daß eine Prüfung der Bodenausfüllung des Fangedammes und die Vornahme von Nacharbeiten daran durch die darüber liegende Strafsenfahrbahn sehr erschwert war und daß sich deshalb nicht immer eine volle Dichtigkeit des Fangedammes erhalten liefs. In die Strafe mußte eine Unterführung eingebaut werden, die es ermöglichte, daß die Abfuhr der an der Ober-Eider gelagerten Baumaterialien nach der engeren Schleusenbaustelle ohne Störung des Strafsenverkehrs erfolgen konnte.

Als im Juni 1891 die Strafe polizeilich abgenommen wurde, hatte bereits die öffentliche Verdingung der Erd-, Zimmer- und Maurerarbeiten für den Schleusenbau stattgefunden, und der Zuschlag war dem Bauunternehmer R. Schneider aus Berlin als dem Mindestfordernden erteilt worden. Nach dem Bauplan sollte der Erdaushub bis zur Höhe von + 15,0 durch einen Trockenbagger bewirkt werden und zwar in zwei Schnitten. Das Gelände lag im Mittel auf der Höhe + 23,0, der erste Schnitt sollte bis zur Höhe + 18,5 hinabreichen, also 4,5 m betragen, sodafs für den zweiten Schnitt noch 3,5 m Höhe übrig blieben. Um die Baugrube für diese Arbeit wasserfrei zu halten, war an dem bereits bei der Beschreibung des Schleusenentwurfs erwähnten Schürfloch eine Kreiselpumpe von 20 cm Rohrdurchmesser aufgestellt, die von einer

Locomobile von 25 ind. Pferdekraften getrieben wurde und das aufgepumpte Wasser in eine Leitung förderte, die unter der Schleuskuhle hindurch nach der Unter-Eider geführt war. Um einen etwaigen Rückstau nach der Schleusenbaugrube bei höheren Wasserständen der Unter-Eider zu verhindern, war die Rohrleitung heberförmig ausgebildet. Sehr bald nach dem Beginn des Trockenbaggerbetriebes stellte es sich heraus, daß der Boden infolge seines starken Mergelgehaltes nur eine sehr langsame Entwässerung gestattete und bei der Bearbeitung sehr weich, in den unteren Schichten geradezu schwimmend wurde. Deshalb konnte der Aushub nicht mit der planmäßigen Geschwindigkeit gefördert und die angenommene Schnitttiefe nicht überall beibehalten werden. Außerdem hinderte das Schürfloch den Bagger in hohem Maße in seiner Bewegungsfähigkeit, und endlich fanden sich in der Baugrube alte Baureste. Dieselben bestanden in mehreren Reihen von Spundwänden und in einer auf Pfahlrost gegründeten Trockenmauer. Die Mauer hatte ganz, die Spundwände zum größten Theil unter der Thorstraße gelegen, und sie waren deshalb bei den Bodenuntersuchungen nicht bemerkt worden. Alle diese Umstände wirkten zusammen, um die Innehaltung der für den Bodenaushub angesetzten Fristen unmöglich zu machen. Trotz Vertiefung des Pumpensumpfes auf + 12,0, trotz Einstellung eines Priestmannschen Krahnbaggers zum Entfernen der Baureste und trotz Unterstützung des Baggers durch Handlade-Schachte wurde es Anfang November, ehe die Baugrube vollständig bis zur Tiefe + 15,0 ausgehoben war. Auch ein zur Förderung der vom Bagger gelösten Bodenmengen aus der Baugrube in Betrieb genommener Gummituch-Elevator hatte sich bei dem weichen, mergelhaltigen Boden nicht bewährt; seine durchschnittliche Tagesleistung betrug nur 200 cbm, während 800 cbm vorgesehen waren. Für den Bodenaushub, der nach den vor Beginn der Arbeit berechneten Querschnitten gegen 40 000 cbm betragen sollte, infolge von Rutschungen und von im Interesse des Arbeitsbetriebes hergestellten Rampen auf ungefähr 42 000 cbm anwuchs, sind etwas über vier Monate gebraucht worden.

Noch ehe die Baugrube überall bis zur Höhe + 15,0 ausgetieft war, wurde in der Nordostecke der Schleuse, wo der Erdaushub am weitesten vorgeschritten war, mit dem Rammen der Spundwände begonnen. Verwandt wurden Menck und Hambrocksche Dampfkunstrammen, von denen zeitweilig fünf Stück im Betriebe waren. Die Arbeit dauerte vom 15. September bis zum 9. December 1891, der Arbeitsfortschritt war an den einzelnen Stellen sehr verschieden, da der Untergrund stark ungleichmäßig war und vielfach Hindernisse vorgefunden wurden. Theilweise mußte beim Hinabtreiben der Spundpfähle Wasserspülung zu Hülfe genommen werden, jedoch wurde hiervon in möglichst geringem Maße Gebrauch gemacht, weil die Wasserspülung Setzungen und Rutschungen in den in der Nähe befindlichen Böschungen und Banketten herbeiführte. Solche Rutschungen mußten aber besonders auf der Nordwestseite der Baugrube nach Möglichkeit vermieden werden, weil die an der Strafe Kronwerk gelegenen Wohn- und Geschäftshäuser dadurch gefährdet wurden. Einige kleine Risse entstanden in diesen Gebäuden durch Setzungen des Untergrundes, die dadurch herbeigeführt wurden, daß infolge der Trockenhaltung der Schleusenbaugrube zugleich ein Absinken des Grundwasserstandes in dem benachbarten Gelände eintrat. Am meisten gefährdet war das an der Gabelung des Kronwerks und der Thorstraße gelegene Eckhaus. Dasselbe lag der Baugrube so nahe, daß die planmäßigen Böschungen an dieser Stelle nicht durchgeführt werden konnten und durch abgesteifte Bohlwände ersetzt werden mußten. Der Aushub zwischen

den Spundwänden sollte nach dem Bauplane in der bis zur Spundwand-Oberkante trocken gehaltenen Baugrube mittels Priestmannscher Bagger unter Wasser erfolgen. Da der Aushub bis zur Höhe + 15,0 sehr viel mehr Zeit erfordert hatte, als für diese Arbeit vorgesehen war, auch der zu fördernde Mergelboden nach den bisherigen Erfahrungen, so lange er sich unter Wasser befand, dem Lösen einen erheblichen Widerstand entgegensetzte, so wurde beschlossen, von dem Bauplane abzuweichen und den Bodenaushub zwischen den Spundwänden unter Absenkung des Wasserstandes in der Baugrube bis zu der auf + 12,0 liegenden Sohle durch einen Trockenbagger zu bewirken. Das Baggergut sollte dabei durch den Gummituch-Elevator in die Wagen, die auf einem in der Höhe + 23,0 liegenden Gleis standen, gefördert und am Ufer der Ober-Eider abgelagert werden. Diese Arbeitsweise machte die Anordnung von Absteifungen zwischen den Spundwänden unmöglich, und deshalb mußten die Wände nach hinten verankert werden, auch mußte der Pumpensumpf bis unter die Sohle der Baugrube vertieft werden. Die Verankerungen wurden in Entfernungen von 5 m von Mitte zu Mitte angeordnet, und zu ihrer Unterstüzung sollte auf der Baugrubenseite der Spundwände überall ein oben 1,5, unten 4,5 m breiter Damm stehen bleiben, der

erst nach dem Einbringen der Absteifungen mit Handbetrieb entfernt werden sollte. In dem gefährlichen Theile der Baugrube vor dem Eckhause am Kronwerk sollte soviel Boden stehen bleiben, daß eine Gefahr für die Spundwand ausgeschlossen war. Nachdem die vorbereitenden

Arbeiten ausreichend gefördert waren, konnte am 24. November 1891 der inzwischen auf die Sohle + 15,0 hinabgebrachte Trockenbagger in Betrieb gesetzt werden. Die Leistungen desselben blieben jedoch andauernd sehr schwach. Es war das einestheils dem Umstande zuzuschreiben, daß die Absenkung des Grundwasserstandes nur bis 1 m über der Baugrubensohle gelingen wollte, zum anderen Theil aber dem Auftreten von Frösten, die die Leistungsfähigkeit des Elevators in hohem Maße beeinträchtigten. Als in nahezu einem Monat nur 2100 cbm gefördert waren, wurde der Bagger außer Betrieb gesetzt und der weitere Aushub durch Handbetrieb in Aussicht genommen. Es stand nunmehr der Herstellung der planmäßigen Absteifung der Spundwände kein Hinderniß entgegen, und sie wurde zunächst in Angriff genommen. Die Text-Abb. 130 zeigt die Anordnung derselben. Es sei jedoch bemerkt, daß die Sprengwerke an den Querwänden, die Verstärkung der Längsbalken im Anschluß an die Sprengwerke und die Abstützung der Längsbalken an den Längsspundwänden der Baugrube erst nachträglich zur Ausführung gelangt sind. Das Gerippe der hölzernen Quer- und Längssteifen wurde durch 28 Säulen unterstüzt, die infolge einer Sprengung der Quersteifen nach unten stets belastet waren. Diese Sprengung machte ein Ausweichen der Versteifung nach oben unmöglich. Jede Säule bestand aus zwei Theilen, einem hölzernen Rundpfahl und einer schmiedeeisernen Röhre mit breitem Fuße, wie sie in der Text-Abb. 131 dargestellt ist. Durch die Verwendung dieser Röhren war man der Nothwendigkeit enthoben, zur Unterstüzung der Versteifung Pfähle bis unter die Sohle der

Baugrube einzurammen und dadurch den Untergrund unter der Schleuse gegen Aufbrüche des Grundwassers zu verschwächen. Die Röhren mußten bis zur Unterkante des Betonbettes hinab eingebracht werden, sie reichten nach oben ungefähr bis zur Oberkante der Gründung. Nach der Ausführung der letzteren wurden die hölzernen Pfähle aus den Röhren herausgezogen und die Hohlräume mit Beton ausgefüllt. Das Einbringen der Röhren gestaltete sich besonders dadurch sehr günstig, daß infolge des unterdessen eingetretenen Frostes der Boden trocken und der Wasserzufluß von außen nur gering war. Bei einer großen Anzahl der Röhren gelang es, das zum Einbringen erforderliche Loch fast bis zur vollen Tiefe trocken auszuheben. Die weitere Senkung erfolgte dann unter Zuhilfenahme einer Spülpumpe. Wo der Aushub der Löcher sich nicht im trocknen bewerkstelligen liefs, konnten die Röhren durch die Spülpumpe bei gleichzeitiger Belastung bis zur richtigen Tiefe abgesenkt werden.

Nach Fertigstellung der Aussteifung wurden Mitte Januar 1892 die Erdarbeiten wieder aufgenommen und gingen anfänglich sehr gut von statten. Der Betrieb war so geregelt, daß der gelöste Boden auf quer zur Längsachse der

Baugrube eingelegten Karrbahnen nach Förderwagen geschafft wurde, die auf dem südwestlich von der Schleuse gelegenen Bankett in der Höhe + 15,0 standen. Je vier dieser Wagen wurden durch zwei Locomotiven, von denen eine am vorderen, die andere am hinteren Ende des Zuges sich befand, über eine

Rampe am östlichen Ende der Baugrube nach der Ober-Eider befördert und dort durch Kippen entleert. Nachdem auf diese Weise etwa 2800 cbm Bodenaushub bewältigt war, traten jedoch zwei Ereignisse ein, die eine abermalige

Aenderung des Baubetriebes veranlaßten. Zunächst brach innerhalb der Baugrube, unmittelbar an der südlichen Querspundwand, eine Quelle auf, deren Trichter, wie die Peilungen ergaben, etwa 4,5 m unter die Baugrubensohle offen hinabreichte. Die Quelle zeigte eine wechselnde Ergiebigkeit, führte Sand mit sich und wanderte im Verlauf eines Tages etwa 2 m in die Baugrube hinein. Dabei hatte sich eine in der Spundwand vorhandene, durch zu dichtes Rammen entstandene, nach der Schleuse zu gerichtete Ausbauchung augenfällig vergrößert, und der Boden hinter der Spund-

wand war erheblich eingesunken. Das zweite Ereigniß betraf die Spundwand der Schleusenbaugrube an einer Stelle, wo der Aushub bis zur Sohle bewirkt war. Infolge plötzlich eintretenden Thauwetters wurden die abgestützten Bodenmassen besonders weich, und unter der Einwirkung des nunmehr auftretenden großen Schubes begannen einzelne Spund-

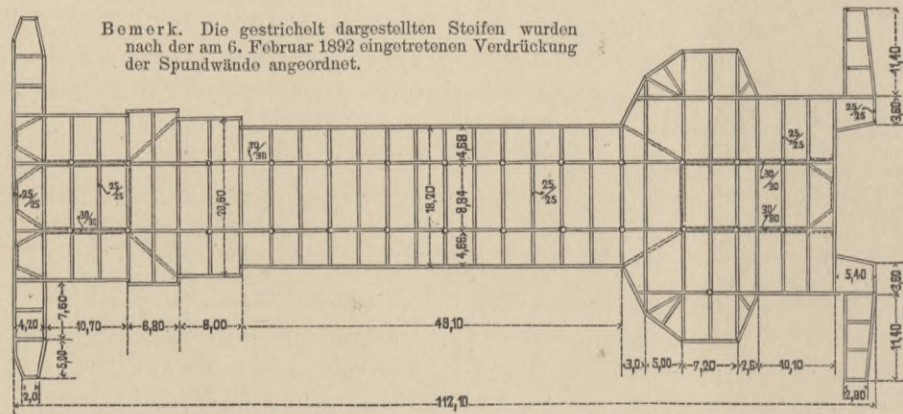


Abb. 130. Absteifung der Spundwände in der Rendsburger Schleusenbaugrube.

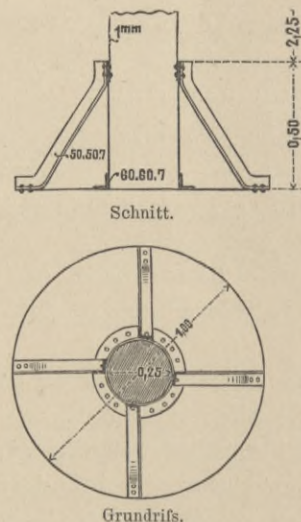


Abb. 131. Fuß für die Stützpfehle zur Absteifung der Spundwände. 1:30.

bohlen an der in der Text-Abb. 132 mit *a* bezeichneten Stelle zu brechen. Dabei trat eine Verschiebung und Verdrückung der Versteifung ein, die zu der bereits oben erwähnten Verstärkung derselben Veranlassung gegeben hat. War zuerst versucht worden, der durch die Quelle entstehenden Auflockerung des Baugrundes durch

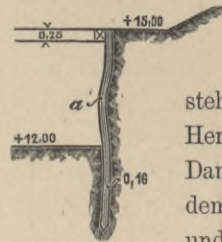


Abb. 132.

Herstellung eines die Baugrube theilenden Damms und Erhöhung des Wasserspiegels in dem Theil der Baugrube zwischen dem Damm und der südwestlichen Querspundwand zu begegnen, so wurde sofort nach der Entdeckung des in der Spundwand auftretenden Bruches mit der Wasserhaltung aufgehört und ein möglichst beschleunigtes Anfüllen der Baugrube mit Wasser vorgenommen. Hierbei kam der Umstand sehr zu statten, daß die Druckleitung der Pumpen als Heber ausgebildet war und infolge dessen zum Unterwassersetzen der Baugrube benutzt werden konnte.

Dem weiteren Ausheben der Baugrube im trockenen war nunmehr endgültig ein Ziel gesetzt, und es blieb nichts mehr übrig, als die noch etwa 2000 cbm betragenden Bodenmassen unter Wasser durch Baggerung zu entfernen. Verwandt wurden zu diesem Zweck vorwiegend gewöhnliche Sackbagger, aber auch einige Verticalbagger, die die Bauunternehmung mit der nöthigen Schnelligkeit hatte heranschaffen können. Die tägliche Leistung der Bagger war eine sehr wechselnde, im Höchstfalle konnte ein Sackbagger 2 cbm, ein Verticalbagger 8 cbm fördern, die tägliche Gesamtleistung hat 50 cbm nicht überschritten. Mit diesem Geräth wurde der noch verbliebene Erdaushub bewältigt. Naturgemäß ging die Arbeit nur langsam vorwärts, aber der Arbeitsfortschritt war doch immerhin so groß, daß keine Stockungen bei der Betonirung der Schleusensole eintraten. Um diese Arbeit zusammen mit der Bodenbewältigung ausführen zu können, arbeiteten die Bagger von Westen nach Osten fortschreitend, dabei folgte die Betonirung so schnell nach, daß sie einige Tage nach Vollendung des Erdaushubes ebenfalls vollendet war. Ehe auf die Herstellung und das Einbringen des Betons eingegangen wird, sei noch hinsichtlich der Quelle an der südwestlichen Querspundwand erwähnt, daß sie nach den angestellten Beobachtungen mit der Unter-Eider in Verbindung stehen mußte. Um die Quelle sowohl für die Bauausführung wie auch für das spätere Bauwerk unschädlich zu machen, wurde in 5 m Entfernung von der Querspundwand eine zweite Querspundwand hergestellt, die bis zur Tiefe + 6,0 hinabgetrieben wurde und in die unter der Schleuse liegende wasserdichte Thonschicht hineinreicht. (Sich Abb. 2 Bl. 25.) Durch die Anordnung dieser Spundwand ist der beabsichtigte Zweck vollständig erreicht worden. Die Quelle erwies sich bei den weiteren Arbeiten als ganz unbedeutend, und der Wasserstand in der Baugrube konnte unbedenklich bis auf die Höhe + 13,0 abgesenkt werden. Hierdurch wurde die Ausführung der Betonirungsarbeiten sehr erheblich vereinfacht.

Der Beton wurde aus 9 Raumtheilen Granitschotter und 5 Theilen Mörtel hergestellt, der Mörtel aus 1 Raumtheil Trafs, $\frac{2}{3}$ Raumtheilen Kalk und 1 Raumtheil Sand. Der Beton hatte also genau dieselbe Zusammensetzung wie der für die Schleusen in Brunsbüttel und Holtenua verwandte. Die Mischung des Mörtels erfolgte mittels Maschinenbetriebes in Mulden, der Beton wurde in Trommeln hergestellt. Das Mörtelwerk lag unmittelbar bei der einstweiligen Unterführung auf der südwestlichen Querseite der Schleuse. Es bestand aus einem von eingerammten Pfählen getragenen Gerüst, auf bzw. unter welchem sich zwei Mörtelmulden und zwei Betontrommeln befanden. Je eine Mulde und eine

Trommel gehörten zusammen; zum Betriebe der ganzen Anlage diente eine Locomobile von 25 ind. Pferdekraften. Das Gerüst war oben mit Bohlen abgedeckt und trug die Zufuhrgleise für die Materialien. Der fertige Beton fiel aus den Trommeln in Seitenkippwagen, die auf einem Gleise aufgestellt werden konnten, das parallel zur südwestlichen Querspundwand der Schleusen verlegt war. Dieses Gleis stand mittels Drehscheiben mit zwei weiteren Gleisen in Verbindung, die an den Längsspundwänden der Schleusenbaugrube entlang liefen und an der jeweiligen Schüttstelle des Betons durch ein Quergleis verbunden waren. Dieses Quergleis mußte dem Fortschritt der Betonirungsarbeit entsprechend allmählich vorgeschoben und demgemäß mußten die Längsgleise verlängert werden. Die Betonwagen brauchten hiernach auf den Gleisen stets nur in einer Richtung bewegt zu werden. Der für den Mörtel benutzte Trafs wurde in Form von Tuffsteinen seitens der Bauverwaltung bezogen. Die Herstellung des Trafsmehles war dem Unternehmer des Schleusenbaues übertragen. Er gebrauchte dazu eine von dem Grusonwerk in Magdeburg gebaute Kugelmühle, die bei Tag- und Nachtbetrieb täglich 50 cbm Tuffsteine vermahlen konnte. Auch hier wurde die Erfahrung gemacht, daß mit Kugelmühlen nur trockenes Tuffgestein verarbeitet werden kann. Schon ein geringer Feuchtigkeitsgehalt verringerte die Leistung der Mühle in sehr erheblichem Maße, und feuchte Steine konnten überhaupt nicht mehr bewältigt werden, weil das feuchte Mehl die feinen Drahtsiebe verstopfte. Aus 1 cbm dichtgesetzter Tuffsteine wurden nach dem Mittel einer größeren Anzahl von Beobachtungen 0,821 cbm Trafsmehl hergestellt; zur Gewinnung von 1 cbm Trafsmehl sind also 1,22 cbm Tuffsteine erforderlich gewesen. Die Belegenheit der Lagerplätze für die verschiedenen Materialien und der Betriebseinrichtungen zeigt die Text-Abb. 129. Die Gesamtanordnung war davon abhängig, daß die auf den Lagerplätzen an der Unter-Eider gelagerten Materialien sämtlich durch die Unterführung unter der einstweiligen Straße hindurch nach der eigentlichen Schleusenbaustelle geschafft werden mußten. Da unmittelbar hinter der Unterführung das Mörtel- und Betonwerk lag, so brauchten die Materialien auf ihrem Wege von den Lagerplätzen bis in das zu errichtende Bauwerk keinerlei Rückbeförderung unterzogen zu werden. Bei dem Reinigen des Betonschotters wurde eine Beobachtung gemacht, deren Mittheilung vielleicht nicht ohne Werth ist. Der Schotter wurde in Wagen von 3 cbm Inhalt, die mit einem rostartig hergestellten Boden ausgestattet waren, nach einer Wasserstation gefahren und dort mit einem kräftigen Wasserstrahl gespült. Anfänglich glaubte man, daß der Schotter vollständig gereinigt sein würde, wenn das Wasser unten rein abließ. Es ergab sich jedoch bald, daß das Klarlaufen des Wassers an sich noch kein zuverlässiges Zeichen für die Reinheit des Schotters ist und daß es nothwendig war, das Wasser längere Zeit — bis zu 10 Minuten — klar laufen zu lassen, ehe die Reinheit des Schotters einigermaßen gewährleistet erschien. Dieser Umstand wird sich daraus erklären lassen, daß sich bei der verhältnißmäßig großen Masse von 3 cbm Schotter mancherlei Verunreinigungen in den Zwischenräumen zwischen den Steinen festgesetzt hatten, die sich erst allmählich fortspülen ließen. Die hier gemachte Beobachtung weist jedenfalls darauf hin, daß das Waschen des Betonschotters zweckmäßig in kleineren Wagen erfolgt.

Die Betonirung begann am 22. März 1892 und wurde am 3. Mai beendet, sie erforderte also sechs Wochen Arbeitszeit. Dabei wurde der Wasserstand in der Baugrube auf der Höhe + 13,0 gehalten, was sich schon während der Baggerung mit Rücksicht auf die Sicherheit der Spundwände als zulässig herausgestellt hatte. Mit dem Einbringen

des Betons wurde an dem südwestlichen Schleusenflügel, dessen Sohle oberhalb des Wasserspiegels lag, begonnen und von hier aus das Betonbett von Westen nach Osten fortschreitend vorgetrieben. Dabei wurde die neu einzubringende Masse stets auf den bereits über Wasser hinausreichenden Beton geschüttet und dann vorsichtig eingedrückt und festgestampft. Der vor der Betonschüttung sich sammelnde Schlamm wurde von Zeit zu Zeit durch Sackbagger entfernt, trotzdem war es in den letzten Tagen vor Beendigung der Betonirung nöthig, grössere Schlammmassen, die allmählich bis an das Ende der Baugrube gedrängt worden waren, mit Stieleimern auszuschöpfen. Der oben erwähnte Quelltrichter in der Nähe der südwestlichen Querspundwand wurde in ähnlicher Weise, wie in Brunsbüttel, durch einen eisernen Teller mit Steigerrohr für das aufquellende Wasser abgedeckt. Die Aussteifungen der Spundwände wurden dem Fortschritt der Betonirung und der Erhärtung des Betons entsprechend allmählich entfernt und die eisernen Hohlstützen sodann mit Beton ausgefüllt. Der Beton zeigte nach der Beendigung der Arbeiten zwar in seiner Oberfläche vielfach geringe Durchsickerungen, dieselben ließen sich jedoch zum größten Theil durch Einbringen von Cement unter geringem Ueberdruck schliessen, und, wo die sofortige Dichtung nicht gelang, konnten die verbleibenden geringfügigen Quellen bei Ausführung des Mauerwerks entweder in ausgesparten Canälen oder in eingelegten Röhren gefahrlos abgeführt werden.

Mit der Ausführung der Maurerarbeiten wurde an demselben Tage, an dem die Betonirung beendet wurde, begonnen und zwar, wie mit der letzteren, an dem westlichen Ende der Schleuse, wo der Beton bereits genügend erhärtet war. Für die unteren Theile des Mauerwerks wurde Trafs-Cement-Mörtel von der Zusammensetzung 1 Raumtheil Trafs, 1 Raumtheil Cement und 4 Raumtheile Sand verwandt, weil von dem für die Betonirung beschafften Trafs ein Theil übrig geblieben war. Später wurde Cementmörtel (1 Cement, 3 Sand) vermauert, dem in den über Wasser liegenden Theilen der Schleusenmauern etwas Kalk zugesetzt wurde. Der Mörtel wurde in einer der bei der Darstellung der Betonbereitung erwähnten Mulden hergestellt. Die Beförderung der auf den Plätzen an der Unter-Eider gelagerten Materialien nach der Verwendungsstelle vollzog sich insofern eigenartig, als der jeweilige Höhenunterschied zwischen dem Schleusenmauerwerk und den Zufuhrgleisen in der Nähe der Unterführung überwunden werden mußte. Zu dem Zweck wurde auf der Bühne des Mörtelwerks ein fester hölzerner Krahn, der mit einer Laufkatze versehen war und über das Materialgleis auf der Bühne hinwegreichte, aufgestellt. Dieser Krahn hob die einzelnen Werksteine und ebenso die etwa 100 Stück Ziegelsteine enthaltenden Kästen von den von den Lagerplätzen kommenden Wagen ab und setzte sie auf kleine Wagengestelle, durch welche sie auf Gleisen nach der Verwendungsstelle gefahren wurden. Anfänglich lagen diese Gleise auf der Schleusensole, später wurden sie hinter den Schleusenlängsmauern verlegt, bei der Südmauer auf der Hinterfüllung, bei der Nordmauer auf einfachen Rüstungen, da dort die Hinterfüllung der Mauer der Pumpenanlage wegen möglichst lange hinausgeschoben wurde. Die kleineren Werksteine wurden ohne weitere Hilfsmittel an ihre Stelle geschoben, während beim Heben und Versetzen grösserer Stücke Dreibeinböcke mit Flaschenzügen benutzt wurden. Besonderheiten bei Ausführung der Maurerarbeiten sind nicht zu erwähnen, dieselben nahmen vielmehr durchweg einen planmäßigen Verlauf und wurden im wesentlichen vor Eintritt des Winters 1892/93 beendet. Es fehlten nur noch diejenigen Theile, für welche die Werksteine erst nach der Feststellung der Entwürfe für die Schleusenthore und die Brücken hatten bestellt werden

können und nicht mehr rechtzeitig angeliefert werden konnten. Bis zum 1. April 1893 wurden jedoch auch diese Theile fertiggestellt, wenngleich unter mannigfachen Störungen und Erschwernissen, wie sie der in diesem Winter häufig auftretende strenge Frost mit sich brachte.

Mit der Einbringung der unmittelbar hinter den Schleusenmauern herzustellenden Ziegelbrockenhinterfüllung wurde begonnen, als die Mauern etwa bis zur Höhe $+ 17,5$ hochgeführt waren. Dabei wurden die Ziegelbrocken mit feinem Sand vermischt und gehörig gestampft, um das Eindringen von Thon in die Ziegelbrocken und die damit verbundene Verringerung des Reibungscoefficienten nach Möglichkeit zu erschweren. Mit dem Fortschritt der Maurerarbeiten hätte die Pumpenanlage außer Betrieb gesetzt werden können, sie wurde jedoch beibehalten, um die Schleuse für die Aufstellung der Thore von Wasser frei halten zu können. Da die nördliche Schleusenmauer hinterfüllt werden mußte, durfte die Pumpenanlage hier nicht stehen bleiben. Es wurde deshalb zunächst vor der westlichen Schleusenstirnwand eine neue kleinere Pumpe aufgestellt und ihr das an den verschiedenen Stellen der Baugrube zusammenlaufende Wasser durch Rinnen zugeführt, die auf der Schleusensole verlegt wurden. Später wurde die Pumpenanlage auf die Ostseite der Schleuse verlegt, um gleichzeitig die Entwässerung der Baugrube für den größtentheils im trocknen herzustellenden Verbindungsanal mit der Ober-Eider zu bewirken. Hier blieb die Pumpenanlage bis zum 8. April 1893 in Betrieb. An diesem Tage wurden die Wasserhaltungsarbeiten eingestellt und mit dem Anfüllen der Schleusen und der Schleusencanäle begonnen.

Die Herstellung der Schleusenthore nebst allem Zubehör an Bewegungs-Vorrichtungen usw. sowie der Umlaufschützen war der Gutehoffnungshütte in Oberhausen übertragen. Die Aufstellungsarbeiten begannen Anfang November 1892. Zunächst wurden die Ebbethore, dann die Fluththore und endlich die Fächerthore in Angriff genommen. Die Aufstellung erfolgte ohne Verwendung von festen Gerüsten; um die Thore in senkrechter Stellung zu erhalten, wurden große Dreibeinböcke benutzt. Für die Niete wurden einfache Bühnen an dem Thorgerippe befestigt und dem Baufortschritt entsprechend allmählich höher gesetzt. Die Thorflügel wurden von Anfang an in der richtigen Lage über dem vorher versetzten und vergossenen Spurzapfen aufgebaut und nach Fertigstellung der untersten Abtheilung auf den Zapfen heruntergelassen. Diese Anordnung war des Fehlens fester Gerüste wegen nothwendig, sie erwies sich jedoch insofern als ungünstig, als die Nietarbeiten an den Wendesäulen nur mit großen Schwierigkeiten ausgeführt werden konnten. Noch ein zweiter Nachtheil wurde durch das Fehlen der Gerüste herbeigeführt. Das Thorgerippe entbehrte nämlich während der Aufstellungsarbeiten eines ausreichend festen Haltes, und infolge dessen zogen sich einige Flügel beim Aufnieten der Blechhaut windschief. Die Blechhaut mußte wieder abgenommen und, nachdem die Thorgerippe mit erheblicher Mühe gerade gerichtet waren, unter Verwendung stärkerer Niete von neuem aufgenietet werden.

Von den beiden, in Verbindung mit der Schleuse hergestellten Brücken wurde die im Zuge der Thorstraße liegende Klappbrücke von der Union-Gießerei in Königsberg i. Pr. im November und December 1892 unter Verwendung von festen Gerüsten, die auf der Schleusensole standen, aufgestellt, nachdem die vorher angelieferten Anker für die negativen Auflager der Gegengewichts-Enden der Brückenklappen bei Hochführung der Schleusenwände bereits eingemauert waren. Die Betriebseröffnung erfolgte nach Herstellung der Straßensanschlüsse am 14. März 1893, also noch vor der Inbetriebnahme der Schleuse. Die Herstellung der Portalbrücke am westlichen Schleusenaupt hatte sich so stark verzögert, daß

mit den Aufstellungsarbeiten erst Mitte April 1893 angefangen werden konnte. Am 6. Mai beginnend, wurde die Schifffahrt durch die neue Schleuse geleitet, und von diesem Zeitpunkte an konnten in den Querschnitt derselben hineinreichende Rüstungen nicht mehr geduldet werden. Hierdurch wurden die Aufstellungsarbeiten sehr erschwert und dauerten erheblich länger, als im Bauplan vorgesehen war. Die Brücke konnte erst am 1. August in Betrieb genommen werden. Bei den Bewegungsversuchen ergab sich, daß die zur Befestigung der Aufzugsketten an den Brückenklappen dienenden Bolzen gegenüber den beim Oeffnen und Schliessen der Brücke in ihnen auftretenden Biegungsspannungen zu schwach waren. Dadurch wurde während der Probewebungen der Bruch eines dieser Bolzen herbeigeführt, und dieser Bruch hatte Verbiegungen sowohl der Brückenklappe wie der Brückenruthen zur Folge. Das Geraderichten der Brückenklappe wie der Ruthen war eine recht unangenehme und zeitraubende Arbeit. Es kann deshalb nur empfohlen werden, bei zukünftigen Entwürfen von Portalbrücken auch über etwaige Rechnungsergebnisse hinaus für alle Theile der Bewegungs- vorrichtungen recht kräftige Abmessungen zu wählen.

Mit den Arbeiten zur Herstellung der Landpfeiler für die Drehbrücke über die Ober-Eider wurde im Januar 1892 begonnen, sämtliche Pfeiler wurden im Laufe desselben Jahres hergestellt. Besondere Vorsicht war bei der Schüttung des an den nördlichen Landpfeiler anschließenden Dammes zu üben. Der Damm war durchweg auf dem sehr weichen schlickigen Untergrund der Ober-Eider herzustellen, und es stand zu befürchten, daß er auf den Landpfeiler übermäßig große Schubkräfte ausüben würde. Der schlickige Untergrund wurde deshalb auf 30 m Länge hinter, 10 m vor dem Pfeiler und ebensoviel zu beiden Seiten des Pfeilers durch Baggerung bis zu dem festen unterhalb des Schlicks liegenden Sande entfernt und durch verklappten Sand- und Kiesboden, der bei der Ausbaggerung des Canalquerschnittes im Audorfer See gewonnen wurde, ersetzt. Zur Herstellung des Dammes stand guter, zumeist aus grobem Sand bestehender Boden, der aus einer seitlichen Entnahme stammte, zur Verfügung. Von dem nördlichen Ufer der Ober-Eider aus wurde der Damm in möglichst schmaler Form in ähnlicher Weise vor Kopf vorgetrieben, wie es bei der Darstellung der Dammschüttungen in der Burg-Kudenseer Niederung bereits beschrieben worden ist. Die Erwartung, daß mit dieser Maßnahme ein Zertheilen des schlickigen Untergrundes und beim weiteren Seitwärtsschütten ein seitliches Hinausschieben desselben erzielt werden würde, verwirklichte sich jedoch nicht, weil der Schlick hierzu nicht genügend weich war. Der Damm hatte bei 6 m Höhe den schlammigen Untergrund noch nicht durchdrückt, vielmehr — wie Bohrungen erwiesen — nur um etwa die Hälfte seiner Dicke zusammengepresst. Auch nach Herstellung des mittleren Damtheiles bis zur Kronenhöhe erfolgte ein Herausdrücken des Schlammes nicht, und so wurde allmählich die Verbreiterung des Dammes nach beiden Seiten vorgenommen. Trotz dieser ungünstigen Umstände hat der Damm sich gut gehalten. Nur einmal, im Frühjahr 1893, nachdem er etwa ein halbes Jahr gelegen hatte, ist eine Nachschüttung von 700 cbm gegenüber 22000 cbm Inhalt des ganzen Dammes erforderlich geworden.

Mit dem Aufstellen der eisernen Ueberbauten der Brücke wurde Mitte December begonnen, nachdem vorher die erforderlichen Rüstungen hergestellt waren. Dabei wurde der Ueberbau der Drehöffnung in der Lage aufgestellt, wie sie der geöffneten Brücke entspricht. Die Arbeit wurde durch den außergewöhnlich strengen Winter sehr erschwert, wurde aber so gefördert, daß die Brücke vom 22. März 1893 an von Kieszügen befahren und am 27. März der Probebelastung

unterworfen werden konnte. Der Betrieb über die neue Brücke und die neue Strecke wurde am 7. April 1893 aufgenommen. Bei den Probewebungen der Brücke stellte sich heraus, daß das Oeffnen bzw. Schliessen der Brücke einschliesslich aller Nebenarbeiten etwa acht Minuten Zeit erfordert. Unter gewöhnlichen Umständen genügen zwei Mann zur Bedienung vollständig, bei Sturm sind drei oder auch wohl vier Mann nöthig. Die Ueberbauten und die Bewegungs- und Feststellungs-Vorrichtungen der Brücke entsprechen den an sie gestellten Anforderungen, sie sind von der Maschinenbau-Actiengesellschaft Nürnberg, Filiale Gustavsburg, nach eigenen Entwürfen gebaut. Die Herstellung der Pfeiler war der Bauunternehmung Ph. Holzmann u. Co. in Frankfurt a. M. übertragen.

d) Die als Nebenanlagen des Canals hergestellten kleineren Schleusen.

Hierzu die Lagepläne auf Bl. 6 und 7, sowie die Abb. 1 bis 11 auf Bl. 29 und Abb. 1 bis 5 u. 11 bis 19 auf Bl. 30.

Der Zweck dieser in grosser Zahl hergestellten Schleusen, die theils Entwässerungs- und Bewässerungszwecken dienen, theils die Schifffahrt auf den vom Kaiser Wilhelm-Canal durchschnittenen kleineren Wasserläufen auch fernerhin ermöglichen, an einzelnen Stellen auch allen diesen Anforderungen zugleich genügen sollen, ist bereits in dem Abschnitt über den Bauentwurf Seite 23 bis 26 erörtert. Alle diese kleinen Bauwerke, deren Anordnung nicht nur von ihrer Zweckbestimmung, sondern in hohem Mafse auch von den örtlichen Verhältnissen der Baustelle abhängig war, zu beschreiben, würde zu weit führen, auch enthalten viele dieser Anlagen in technischer Beziehung nichts, was der Mittheilung werth ist. Im folgenden werden deshalb nur drei kleinere Schleusen besprochen werden, die theils eine eigenartige Durchbildung wichtiger Einzelheiten zeigen, theils durch Besonderheiten der Bauausführung bemerkenswerth sind.

1. Die Burgerau-Schleuse.

Die Schleuse verbindet den Kaiser Wilhelm-Canal bei km 15,9 mit der die Burg-Kudenseer Niederung durchfließenden und ihr als Hauptwässerungscanal dienenden schiffbaren Burgerau. Der Canalwasserstand wechselt bei der Schleuse zwischen den Höhenlagen + 18,89 und + 20,27, der Wasserstand der Burgerau wird während der Zeit des Pflanzenwachsthums nach Möglichkeit bis + 18,9 abgesenkt, damit die Wiesen der Niederung genügend entwässern können. Auf der Burgerau fand vor der Herstellung des Kaiser Wilhelm-Canals ein Schifffahrtsbetrieb statt, der nicht aufgehoben werden durfte. Deshalb mußte die Burgerau-Schleuse als Kammerschleuse mit zwei nach dem Canal zu kehrenden Thoren ausgebildet werden. Außerdem mußte die Schleuse aber noch ein drittes und zwar ein gegen die Burgerau kehrendes Schleusenthor erhalten, weil die Burgerau im Winter und auch in sehr trockenen Sommern, wenn die Wiesen einer Anfeuchtung bedürfen, angestaut wird. Dann ist der Wasserstand in der Burgerau zeitweise höher als im Canal, nämlich dann, wenn infolge der Auswässerung durch die Brunsbütteler Schleusen der Canalwasserspiegel abgesenkt wird. Es war jedoch nicht nöthig, auch für diese Fälle ein zweites Thor herzustellen, weil die Zeitdauer solcher Wasserstands-Verhältnisse sich auf wenige Tagesstunden beschränkt und die Schiffer, die auf der Burgerau verkehren, an solche Aufenthalte gewöhnt sind, auch der geringfügige Schiffsverkehr die möglichste Beschränkung der Schleusenbaukosten als gerechtfertigt erscheinen liefs.

Die Abmessungen der Schleuse wurden den auf der Burgerau verkehrenden Schiffen entsprechend auf 5,76 m

lichte Weite und 19,0 m Länge, gemessen zwischen den Spitzen der Drempe für die gegen den Kaiser Wilhelm-Canal kehrenden Thore, festgesetzt. Die Oberkante der Drempe wurde auf + 17,0 gelegt.

Die Bodenuntersuchungen auf der Schleusenbaustelle ergaben, daß unter einer oberen Dargschicht zunächst auf etwa 2,5 m Höhe weicher Klei, hierauf 5 m hoch mittelfester Klei und von der Höhe + 9,0 ab fester tragfähiger Sand folgte. Für die Gründung der Schleuse wurde wegen der tiefen Lage des festen Sandes Beton auf Pfählen angenommen. Um ein Verdrücken der auf den Pfählen wie auf Stelzen ruhenden Schleuse während der Hinterfüllung und der Schüttung der Anschlußdeiche thunlichst zu verhüten, wurde die Baugrube etwa ein Jahr vor dem Beginn der Rammarbeiten auf eine mittlere Länge von 40 m und eine mittlere Breite von 28 m bis zur Höhe + 15,4 ausgeschachtet und bis zur Höhe + 20,5 mit Sand verfüllt. Diese Maßnahme hat sich außerordentlich bewährt und die späteren Arbeiten wesentlich erleichtert. Die Ausführung der Schleuse erfolgte im Jahre 1891. Ueber die Anordnung der Gründung und des Schleusenmauerwerks geben die Abb. 1 bis 5 auf Bl. 29 Aufschluß. Der Beton wurde aus 1 Theil Cement und 8 Theilen Sand hergestellt und sorgfältig gestampft, zum Mauerwerk wurden hartgebrannte Ziegelsteine und Cementmörtel von der Mischung 1 Cement und 3 Sand verwandt. Sämtliche vorspringenden Ecken und Kanten sind aus Granitquadern gebildet, aus demselben Gestein bestehen auch die Abdeckplatten der Schleusenmauern.

Die Thore der Schleusen wurden aus Eichenholz in der sonst üblichen Bauweise hergestellt; bemerkenswerth sind nur die großen Schützöffnungen, mit denen das eine der beiden gegen den Canal kehrenden Thore in Rücksicht auf die Abführung der Wilsterau-Hochwasser versehen werden mußte. Wie bereits auf Seite 25 ausgeführt worden ist, war die Burg-Kudenseer Niederung verpflichtet, bei Hochwasserständen in der Wilsterau, die eine durch Statut festgesetzte Höhe überschritten, die an der Theilung der Holstenau in die Burgerau und die Wilsterau gelegene Bebecker Schleuse so lange für die Abführung der Holstenau-Hochwasser zur Verfügung zu stellen, bis das Wasser unter jene Höhe gefallen war. Nach Fertigstellung des Kaiser Wilhelm-Canals ist die Burg-Kudenseer Niederung von dieser Verpflichtung entbunden worden, weil die Hochwasser der Wilsterau jetzt durch die neu erbaute Wilsterau-Schleuse in den Canal geleitet und aus diesem durch die Brunsbütteler Schleusen in die Elbe abgeführt werden. Die Abführung auf diesem Wege wurde aber erst möglich, nachdem der Canal mit Einschluß der Brunsbütteler Schleusen vollständig fertig war. Bis dahin mußte Vorsorge getroffen werden, daß das Hochwasser jederzeit auf dem alten Wege in die Burgerau abgelassen werden konnte, und deshalb mußte das eine der beiden gegen den Kaiser Wilhelm-Canal kehrenden Thorpaare der Burgerau-Schleuse für die Abführung eines Theiles des Wilsterau-Hochwassers geeignet gemacht werden. Es erhielt zu diesem Zweck in jedem Flügel drei Schützöffnungen von je 0,75 m lichter Weite und 1,4 m lichter Höhe, sodaß die frei zu machende Oeffnung in beiden Flügeln eines Thores zusammen 6,3 qm groß war. Die Einrichtung des Thores ist aus den Abb. 17 bis 19 Bl. 30 zu erschen. Da die Thorflügel der Schützöffnungen wegen weder die sonst übliche, gegen Versacken wirkende Strebe, noch im unteren Theil eine Verkleidung erhalten konnten, so sind zur Sicherung gegen das Versacken des Thores auf der Vorder- und Hinterseite Zugstangen von 2,5 cm Durchmesser mit Spannschlössern angebracht worden. Die Schütztafeln sind aus Eichenholz hergestellt, sie bestehen aus einer wagerechten Lage von 4 cm starken

und einer lothrechten Lage von 3 cm starken Brettern. Zur Schützführung dienen U-Eisen. Durch Anbringung von Flacheisen an den Gleitflächen der Schützen ist dafür gesorgt, daß bei der Bewegung der Schützen Eisen auf Eisen gleitet. Für den Fall, daß durch die Schützöffnungen nicht genügend Wasser abfließen kann, sind auf der Schleuse kräftige Winden aufgestellt, mit deren Hülfe das Thor bei offenen Schützen gegen den auf seine Fläche wirkenden Wasserdruck geöffnet werden kann.

2. Die Wilsterau-Schleuse.

Die Wilsterau-Schleuse liegt südlich vom Canal, der Burgerau-Schleuse gerade gegenüber; sie stellt eine Schiffsverbindungs- und Schiffsverbindung zwischen dem Kaiser Wilhelm-Canal und der Wilsterau her und dient überdies — wie schon vorhin erwähnt wurde — dazu, einen Theil des Hochwassers der Holstenau in den Canal abzuleiten. In der lichten Weite und der für die Schiffsahrt nutzbaren Länge zwischen den Thoren stimmt sie mit der Burgerau-Schleuse vollständig überein, die Drempeoberkante konnte aber um 20 cm höher, also auf + 17,2, gelegt werden. Außerdem mußte die Wilsterau-Schleuse im Mauerwerk so angelegt werden, daß sie mit vier Thorpaaren ausgerüstet werden kann. Der Wasserstand im Kaiser Wilhelm-Canal schwankt zwischen + 20,27 und + 18,89, der mittlere Wasserstand der Wilsterau lag vor der Herstellung des Kaiser Wilhelm-Canals bei der Bebecker Schleuse auf ungefähr + 19,9, während er bei Hochwasser bis + 20,25 ansteigend und in trockenen Sommermonaten bis + 19,5 abfallend beobachtet worden war. Durch den Bau des Kaiser Wilhelm-Canals mußte in den Wasserständen der Wilsterau eine Aenderung hervorgerufen werden, weil fast der ganze Oberlauf der Au, die Holstenau, mit ihrem 141 qkm großen Niederschlagsgebiet von dem Unterlauf abgeschnitten wurde. Oberhalb der neuen Wilsterau-Schleuse verblieb nur noch ein Niederschlagsgebiet von rund 3 qkm. Daß infolge dieser Aenderung der Verhältnisse die Wasserführung verringert werden und somit der Wasserspiegel eine Senkung erfahren mußte, das konnte nicht zweifelhaft sein; das Maß dieser Senkung festzustellen, wollte nicht gelingen, weil die Abflußverhältnisse der Au unterhalb der neu zu erbauenden Schleuse so verwickelte sind, daß die Ergebnisse der aufgestellten Berechnungen nur von zweifelhaftem Werth sein konnten. Für die Entwurfsarbeiten wurde angenommen, daß der mittlere Wasserstand der Wilsterau an der neuen Schleuse auf etwa + 19,7 liegen werde. Bei dieser Höhenlage liegt er im wesentlichen über dem Spiegel des Kaiser Wilhelm-Canals. In diesem steigt zwar der Wasserstand bis + 20,27 an, aber nur ganz ausnahmsweise und auch nur kurze Zeit andauernd, während bei den zweimal täglich sich wiederholenden Wasserstandsschwankungen höchste Spiegel lagen unter + 19,77 die Regel bilden. In Rücksicht auf die Schiffsahrt mußte demgemäß die Wilsterau-Schleuse zwei gegen die Au kehrende Thore erhalten, von denen das eine — ebenso wie bei der Burgerau-Schleuse — mit großen Schützöffnungen für das Einlassen der Wilsterau-Hochwasser in den Kaiser Wilhelm-Canal versehen werden mußte. Außer diesen beiden Thoren war noch ein drittes gegen den Canal kehrendes Thor nöthig, um bei hohen Canalwasserständen die Wilsterau und die zugehörige Niederung gegen das Eindringen salzhaltigen Canalwassers zu schützen. Mit diesen drei Thoren hätte sich der übrigens ziemlich geringe Schiffsverkehr zwischen Wilsterau und Kaiser Wilhelm-Canal in durchaus ausreichendem Maße aufrecht erhalten lassen. Für den die Regel bildenden Fall, daß der Wasserstand der Wilsterau höher liegt als der des Canals, können die Schiffe ohne jeden Aufenthalt durchgeschleust werden und nur, wenn

ausnahmsweise der Wasserspiegel im Canal höher ist als in der Burgerau, müssen die Schiffe einige Stunden warten, bis der Canalspiegel infolge der Auswässerung durch die Brunsbütteler Schleusen bis auf den Wilsterau-Spiegel abgesenkt ist. Dem Wunsche der Wilsterau-Anlieger entsprechend wurde jedoch die Schleuse in ihrem Mauerwerkskörper so angeordnet, daß später auch ein zweites gegen den Kaiser Wilhelm-Canal kehrendes Thor eingebaut werden konnte. Und sehr bald nach der Canaleröffnung wurde dann auch der Einbau dieses zweiten Thores bewerkstelligt, weil die Erfahrung gemacht wurde, daß höhere Wasserstände im Kaiser Wilhelm-Canal häufiger eintreten und die Benutzung der neuen Schleuse für die Schifffahrt mehr erschweren, als bei der Aufstellung des Bauentwurfs angenommen worden war.

Die so hergestellte Schleuse ist in den Abb. 6 bis 11 Bl. 29 dargestellt. Bis auf die Gründung und die durch die Anlage des Dremfels für das vierte Thor hervorgerufene Vergrößerung des Bauwerks entspricht sie in allen wesentlichen Theilen vollständig der Burgerau-Schleuse. Für die Wahl der Gründung waren die günstigen Erfahrungen, die sowohl beim Schütten der den Canal in den Moorstrecken seitlich begrenzenden Sanddämme wie auch bei der Herstellung der Burgerau-Schleuse gemacht worden waren, von ausschlaggebender Bedeutung. Die Untergrundverhältnisse waren genau so wie bei der Burgerau-Schleuse. Unter Darg- und mehr oder weniger weichen Kleischichten fand sich von der Tiefe + 9,5 an fester tragfähiger Sand vor. In den Monaten März bis Juni 1891 wurde an der Stelle, wo die Schleuse erbaut werden sollte, eine rund 55 m lange und 40 m breite Sandschüttung hergestellt, deren Oberkante auf der Höhe + 22,2 lag. Durch Einschlämmen wurde dafür gesorgt, daß die Schüttung möglichst dicht wurde. Als vorgenommene Bohrungen ergaben, daß die Unterkante des Sandkörpers nur etwa 1 m über dem gewachsenen Sande lag, wurde der Entschluß gefaßt, von der Verwendung von Grundpfählen abzusehen. Dies schien um so weniger bedenklich, als die Belastung der durch die Schüttung zusammengepressten Moor- und Kleischicht etwa 1,3 kg auf 1 qm betrug, während sie nach Fertigstellung des Bauwerks selbst bei dem höchsten Canalwasserstande (+ 20,27) nur 1,04 kg erreicht. Um jedoch etwa später auftretende örtliche Senkungen für den Bestand des Bauwerks unschädlich zu machen, ist unter dem das Grundmauerwerk der Schleuse bildenden Betonkörper ein Schwellrost hergestellt worden. Zur Begrenzung des Grundmauerwerks sind an den beiden Stirnseiten der Schleuse Spundwände von 15 cm Stärke, deren Spitzen bis + 12,0 hinabreichen, gerammt worden, an den Längsseiten haben die Wände nur eine Stärke von 8 cm erhalten, auch reichen ihre Spitzen nur bis + 14,0. Die vorstehend beschriebene Gründungsart hat sich vollständig bewährt, insbesondere sind weder beim Hinterfüllen der Schleuse noch beim Ausheben der die Schleuse mit der Burgerau einerseits und dem Kaiser Wilhelm-Canal andererseits verbindenden Canäle irgend welche Risse in dem Mauerwerk aufgetreten.

Die Ausführung der Schleuse erfolgte im Laufe des Jahres 1892, für die Gründungsarbeiten konnte die Baugrube mit leichter Mühe trocken gehalten werden. Die Baukosten der Schleuse einschl. aller Nebenarbeiten, sowie einschl. des Erdaushubs für die an die Schleuse anschließenden Theile der Canäle nach der Wilsterau und dem Kaiser Wilhelm-Canal und der Sohlen- und Böschungsbefestigung derselben, jedoch ausschl. der Sandschüttung haben gegen 65 000 *M* betragen.

3. Die Sperrschleuse zum Bütteler Canal.

Die Schleuse liegt südlich vom Canal bei km 6,49, ihr gegenüber nördlich vom Canal liegt eine zweite Schleuse von

ähnlicher Bauart. Die Sperrschleuse zum Bütteler Canal soll vorwiegend zu Ent- und Bewässerungszwecken dienen, aber auch kleineren Schiffen den Uebergang vom Kaiser Wilhelm-Canal in den Bütteler Canal und umgekehrt ermöglichen. Aus dem letzteren Grunde hat sie dieselbe Lichtweite und dieselbe Höhenlage der Dremfel erhalten wie die Kammerschleuse für die Burgerau.

Der Bütteler Canal ist der Haupt-Entwässerungszug einer etwa 900 ha großen Niederung, die vor der Herstellung des Kaiser Wilhelm-Canals allein durch die Bütteler Schleuse nach der Elbe zu entwässert und vielfach unter zu hohen Wasserständen zu leiden hatte. Da die im Kaiser Wilhelm-Canal infolge der Auswässerung durch die Brunsbütteler Schleusen auftretenden Niedrigwasserstände bei km 6,5 etwa dieselbe Höhenlage haben, wie die Niedrigwasserstände der Elbe in dem Aufsintief der Bütteler Schleuse, so ließen sich die Vorfluthverhältnisse der Niederung durch die Herstellung der Sperrschleuse erheblich verbessern, zumal dieselbe in Rücksicht auf die Schifffahrt einen verhältnißmäßig großen wasserführenden Querschnitt erhalten mußte. Die Schleuse hat je ein gegen den Kaiser Wilhelm-Canal und ein gegen die Niederung kehrendes Thor erhalten. Das erstgenannte Thor soll die höheren Wasserstände im Kaiser Wilhelm-Canal von dem Eintritt in die Wasserläufe der Niederung abhalten und wird, weil der Canalwasserstand nur zur Zeit der tiefsten Ebbe unter den Wasserstand in der Niederung abfällt, täglich nur wenige Stunden geöffnet sein. Das gegen den Bütteler Canal kehrende Thor wird gewöhnlich offen stehen. Nur wenn in trockenen Sommerzeiten ein Anfeuchten der Wiesen durch Erhöhung des Wasserstandes in den Entwässerungszügen oder in den Wintermonaten ein Ueberstauen der Wiesen erwünscht ist, dann wird dieses Thor geschlossen werden. Um auch zu solchen Zeiten den Schiffsverkehr durch die Schleusen zu ermöglichen, mußte das Thor eine besondere Einrichtung erhalten, die später noch näher erörtert werden wird. Zunächst soll über das Bauwerk selbst einiges mitgeteilt werden.

Der Baugrund besteht aus mehr oder minder festem Klei, der von Moor- und Dargschichten überlagert war und in größerer Tiefe in sandigen Klei oder Sand übergeht. Die Unterkante des Bauwerks mußte in der Höhe liegen, in der noch der reine Klei gefunden war. Da nach der Bodenbeschaffenheit auf der Baustelle durch Sandschüttungen keine ausreichende Zusammensetzung des Baugrundes zu erreichen war, so wurde für die Gründung der Schleuse, ebenso wie bei der Burgerau-Schleuse, ein auf Ramppfählen liegender Betonkörper gewählt. Dabei wurde durch Anbringen von Zangen an den Köpfen der Ramppfähle dafür Sorge getragen, daß beim Hinterfüllen der Schleuse und beim Herstellen der Deichanschlüsse keine seitlichen Verschiebungen des Bauwerks eintreten konnten. Die bei der Burgerau-Schleuse zu diesem Zweck hergestellte Sandschüttung hätte hier recht erhebliche Kosten verursacht. Die Anordnung der Schleuse einschl. der Gründung ist aus den Abb. 1 bis 5 Bl. 30 ersichtlich. Die Bauart stimmt in allen wesentlichen Punkten mit der für die Burgerau- und die Wilsterau-Schleuse gewählten überein, es konnte jedoch bei der Sperrschleuse von der Verwendung von Spundwänden an den Langseiten Abstand genommen werden. In Uebereinstimmung mit den Annahmen bei der Entwurfbearbeitung stellte es sich nämlich bei der Ausführung heraus, daß in dem ziemlich festen Kleiboden durch Einrammen leichter Brettwände eine genügende seitliche Begrenzung des Betonkörpers des Schleusenbettes erzielt werden konnte. Die Herstellung der Schleuse erfolgte im Jahre 1892 unter Aufwendung von rund 46 000 *M*.

Ueber die Einrichtung und die Art der Benutzung des vorhin schon erwähnten gegen den Bütteler Canal kehrenden

Thores ist folgendes zu bemerken. Wenn das Thor geöffnet ist, können bei allen Wasserständen im Kaiser Wilhelm-Canal, die gleich hoch oder tiefer sind, als der Wasserstand im Bütteler Canal, Schiffe durch die Bütteler Schleuse gehen. Allerdings beschränkt sich die Durchfahrt im wesentlichen auf die Zeiträume kurz nach dem Aufgehen und kurz vor dem Zugehen der gegen den Kaiser Wilhelm-Canal kehrenden Thore, da während der übrigen Ausströmungszeit Wassergeschwindigkeiten in der Schleuse auftreten, die das Durchfahren der Schiffe erschweren, und bei denen sowohl die Schiffe als das Mauerwerk der Schleuse Gefahr laufen, beschädigt zu werden. Ist das gegen den Bütteler Canal kehrende Thor behufs Anstauens des Wasserstandes in der Niederung geschlossen, dann können Schiffe nur während der Zeit durch die Schleuse gehen, wenn der fallende oder steigende Wasserstand im Kaiser Wilhelm-Canal dieselbe Höhe hat, wie der angestaute Wasserstand der Niederung, und da bei dem raschen Sinken und Steigen des Wasserspiegels im Kaiser Wilhelm-Canal die Zeit, in der keine erhebliche Strömung in der Schleuse herrscht, nur sehr kurz ist, wäre die Schifffahrt durch die Anlage der Schleuse sehr behindert worden, wenn nicht das gegen den Bütteler Canal

kehrende Thor so ausgebildet worden wäre, daß es sich sowohl bei Strömung schließens, wie auch gegen einen mäfsigen Wasser- Ueberdruck öffnen läßt. Zu diesem Zweck ist jeder der beiden Flügel des Thores in seinem unteren, unterhalb der Höhenlage +19,2 liegenden Theile mit zwei Schützöffnungen von je 2,0 m lichter Höhe und 1,2 m lichter Weite versehen worden, die je durch ein Doppelschütz geschlossen

werden können. (Sich hierzu die Abb. 11 bis 16 auf Bl. 30.) Der Wasserstand von + 19,2 wird während der Schifffahrtszeit nur bei höchstem Stau erreicht, sodafs eine weitergehende Vergrößerung der Schützöffnungen, die jetzt schon annähernd 70 v. H. der benetzten Thorfläche entsprechen, nicht nöthig erschien. Abgesehen von der Wende- und Schlagsäule sowie einer Mittelstütze kann die ganze Thorfläche von der Oberkante des Unterriegels bis zur Höhe + 19,2 frei gemacht werden. Für jede Schützöffnung sind zwei hintereinander liegende und nacheinander aufzuziehende Schütztafeln vorgesehen, die zu gunsten einer centralen Beanspruchung des Thorriegels in der Riegelmitte angeordnet sind. Hierdurch wurde es nothwendig, sowohl den Oberriegel als den Mittelriegel zweitheilig zu machen; sie bestehen beide aus zwei verzinkten U-Eisen (Normal-Profil Nr. 14). Die gleichfalls aus U-Eisen (Normal-Profil Nr. 8) bestehenden Führungen der Schütztafeln sind mit der Schlag- und Wende säule fest verbunden bzw. in der Mittelstütze durch Eisen- und Holzverbindungen zu einem kräftigen Mittelträger ausgestaltet, der befähigt ist, die auf ihn wirkenden äufseren

Kräfte auf den unteren und den oberen Riegel zu übertragen. Die Verlängerungen dieser Führungskörper bilden die Unterstützung der Aufzugsvorrichtung. Diese besteht für jedes Schütz aus zwei endlosen kalibrierten Ketten, die unten über eine glatte Rolle und oben über eine Kettenrolle laufen. Die beiden zu einem Schütz gehörigen oberen Kettenrollen sind auf eine gemeinschaftliche Welle aufgekeilt, die durch eine Handkurbel und ein Vorgelege in Drehung versetzt werden kann. Das von der endlosen Kette unmittelbar bewegte Schütz liegt auf der Hinterseite des Thores, die Kraftübertragung zwischen Kette und Schütz erfolgt durch eiserne Bügel, die mit dem Beschlag der Schützen fest verbunden sind und in ein Glied der Ketten hineingreifen. Das hintere U-Eisen des Mittelriegels ist so weit zurückgelegt, daß die

Bügel zwischen ihm und dem Führungseisen durchgleiten können. Das Mitnehmen der anderen Schütztafel geschieht beim Oeffnen wie beim Schließens durch die überstehenden Schenkel der die Tafeln oben und unten säumenden ungleichschenkligen Winkeleisen. Ein mit dem oberen Winkeleisen des vorderen Schützes vernietetes Flacheisen dient bei geschlossenem Schütz im Verein mit einem am Mittelriegel befestigten Flacheisen als Wasserabdichtung, bei geöffnetem Schütz als Hubbegrenzung, indem es sich gegen ein an dem U-Eisen des oberen Riegels befestigtes Flacheisen legt.

Der Bohlenbelag zwischen dem oberen und dem mittleren Riegel findet oben und unten seinen Halt in kleinen Winkeleisen, die derartig auf die Flanschen der U-Eisen aufgenietet sind, daß zwischen ihnen und den Führungsträgern für die Schützen aussteifende Knotenbleche angeordnet werden

konnten. Da zur Erhaltung der gewonnenen Schützführungen jede Formänderung des Thores vermieden werden muß, sind am oberen Theile des Thores an beiden Seiten Zugbänder angeordnet worden.

Die Winden zum Bewegen der Schützen brauchten trotz der ziemlich erheblichen Gröfse der Schütztafeln nur ein kleines Uebersetzungsverhältnis zu erhalten, weil der Wasserüberdruck, unter dem die Schützen geöffnet werden müssen, nur klein ist. Er erreicht sein Höchstmafs mit etwa 60 cm, wenn im Frühjahr zu einer Zeit, wo der Wasserstand im Bütteler Canal behufs Ueberstauung der Niederung bis zur größten zulässigen Höhe (+ 19,85) angespannt ist, starke Regengüsse eintreten, sodafs ein Ablassen von Wasser in den Kaiser Wilhelm-Canal nothwendig wird, und in diesem zu gleicher Zeit höhere Wasserstände als der niedrigste Hochwasserstand nicht eintreten. Für das Oeffnen der Thorflügel gegen einen Ueberdruck von etwa 20 cm vor dem Ziehen der Schützen und für das Schließens der Thorflügel bei ausgehender Strömung sind kräftige Kettenwinden vorgesehen. Die Ketten greifen an den Köpfen der Schlagsäulen an. Sie

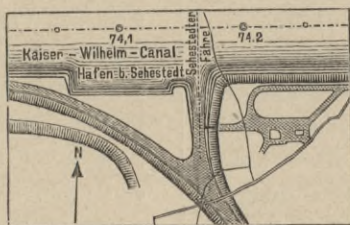


Abb. 133. Lageplan des Lösch- und Ladeplatzes bei Sehestedt. 1:6000.

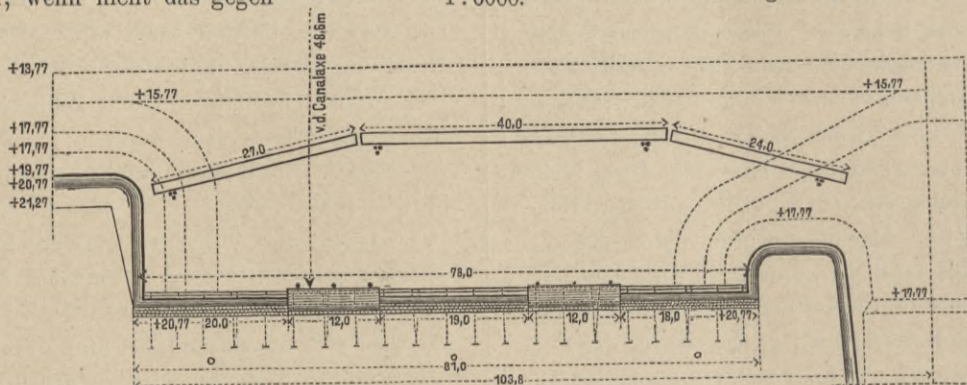


Abb. 134. Grundriss. 1:1000.

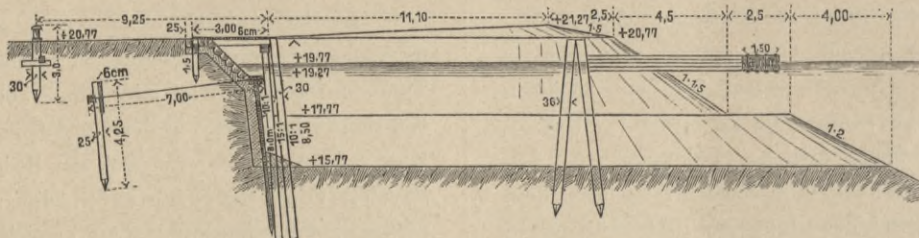


Abb. 135. Querschnitt. 1:300.

Lösch- und Ladeplatz bei Sehestedt.

werden durch Gegengewichte gespannt gehalten, die in geschlossenen, in einem Schlitz der Flügelmauern untergebrachten Blechkasten auf- und niedergehen. In den Kasten herrscht etwa der Wasserstand des Bütteler Canals. Beim Schließens der Thorflügel gehen die Gegengewichte während des größten Theiles ihrer Bewegung im Wasser aufwärts; gegen Ende der Aufwärtsbewegung entsteigt das Gegengewicht dem Wasser und wirkt der gegen Ende des Schließens zunehmenden Beschleunigung des Thorgerippes vortheilhaft entgegen.

Die Thore haben sich beim Betriebe durchaus bewährt, sie werden bei der Sperrschleuse zum Bütteler Canal allerdings wenig benutzt, weil diese Schleuse auf Betreiben der Schiffsinteressenten bereits im Jahre 1895 in eine Kamerschleuse umgebaut worden ist. Dagegen sind sie bei der nördlich vom Canal gelegenen Sperrschleuse zum Kudensee, die mit Ausnahme der geringeren Lichtweite von 4,5 m in allen Einzelheiten der soeben beschriebenen Schleuse entspricht, noch in Benutzung.

e) Kleinere Hafenanlagen.

In dem den Bauentwurf behandelnden Abschnitt II auf Seite 27 und 28 ist bereits mitgetheilt worden, an welchen Stellen der Canalstrecke Schiffsanlagen für die vom Canal unmittelbar berührten Bezirke und Hafenplätze hergestellt worden sind, und bei der Besprechung der Schleusen sowie der Vor- und Binnenhäfen bei Brunsbüttel und Holtenau sind die an den beiden Endpunkten des Canals für Lös- und Ladestrecken erbauten Ufermauern bereits beschrieben worden. Es ist deshalb hier nur noch die bauliche Ausbildung der auf der Canalstrecke erbauten Häfen zu erörtern. Diese Häfen sind im wesentlichen sämtlich nach ein und demselben Grundplane hergestellt worden, und deshalb soll nur auf eine dieser Anlagen näher eingegangen werden. Gewählt ist dazu der in den Text-Abb. 133 bis 135 dargestellte Lös- und Ladeplatz neben der Fähre bei dem Dorfe Sehestedt, der als Ersatz für eine am alten Eidercanal gelegene und infolge des Baues des Kaiser Wilhelm-Canals eingegangene Ladestelle angelegt werden mußte.

Der kleine Hafen liegt auf der Südseite des Canals. Die Hafembucht ist durch Zurückziehung des südlichen Canal-

ufers um rund 15 m gebildet und hat, gemessen in der Höhe + 19,77 zwischen den abgeplasterten Böschungen der Querseiten der Bucht, eine Länge von 78 m erhalten. Die südliche Begrenzung der Hafensfläche wird durch eine bis zum niedrigen Canalwasserstande reichende, mit Kies hinterfüllte und in je 3,6 m Entfernung nach hinten verankerte Spundwand gebildet, gegen die sich ein unter 1:1 geneigtes, bis zur Höhe + 20,77 hinaufreichendes Böschungspflaster lehnt. Diese Böschung wird an zwei Stellen durch 12 m lange und 3 m breite hölzerne Ladebrücken überdeckt. Die Tiefe des Hafens beträgt bei dem niedrigsten Canalwasserstande 3,5 m, die Oberkante der Brücke ist nur 1 m über den mittleren Canalwasserspiegel gelegt, um den kleinen Schiffen, die ganz vorwiegend in dem Sehestedter Hafen verkehren, ein bequemes Löschen und Laden zu gestatten. Auf der gleichen Höhe liegt der durch eine 10 cm starke Kies-schicht befestigte Lagerplatz. Die Hafensfläche wird gegen den Canal durch 1,5 m breite Schwimmflöße, die an Pfahlbündeln derart festgelegt sind, daß sie mit dem wechselnden Wasserstande auf- und niedergehen können, begrenzt. Die beiden äußeren Flöße sind um die Pfahlbündel, an die sie sich mit dem einen Ende lehnen, drehbar; das andere Ende jedes dieser Flöße ist mit dem Mittelfloß durch eine kurze Haltekette verbunden. Wird eine dieser Ketten gelöst, dann kann das betreffende Floß ausgeschwenkt und dadurch eine für die Ein- oder Ausfahrt von Schiffen genügende Oeffnung frei gemacht werden. Die Flöße haben den Zweck, die Bugwelle, die von den durch den Canal fahrenden Schiffen erzeugt wird, von dem Eintritt in die Hafensfläche abzuhalten. Die Bugwelle nimmt mit der Größe und der Geschwindigkeit der Schiffe an Höhe zu, sie kann für Schiffe, die am Canalufer liegen, dadurch gefährlich werden, daß sie dieselben mit großer Gewalt gegen das Ufer wirft und dabei eine Beschädigung des Schiffskörpers herbeiführt. Durch die Schwimmflöße wird die Wellenbewegung im Hafen derart vermindert, daß eine Gefahr für die Schiffe ausgeschlossen ist. Die Breite der Flöße wurde durch umfangreiche Versuche auf 1,5 m festgestellt, sie hat sich beim Canalbetriebe als ausreichend erwiesen.

A N H A N G.

Begleitworte zum geologischen Profil des Kaiser Wilhelm-Canals.¹⁾

Von Dr. H. Haas, Professor an der Königl. Universität Kiel.

Das geologische Profil des größten Durchstichs, welcher bisher im Gebiet des norddeutschen Diluviums unternommen wurde, beruht zunächst auf den genauen Bohrungen, Aufzeichnungen und Beobachtungen, welche die Kaiserlichen Canal-Bauämter gemacht haben. Die auf solche Weise gewonnenen Resultate wurden mitsamt den geförderten Bohrproben im Auftrage der Kaiserlichen Canal-Commission zusammengestellt und danach ein Profil gezeichnet, welches die von den Baubeamten unterschiedenen Gesteinsarten, 42 an der Zahl, enthielt und die Grundlage des geologischen Profils bildet. Letzteres habe ich nach dem ersteren im Auftrage der Kaiserlichen Canal-Commission hergestellt. Eine größere Reihe eigener Untersuchungen, die ich in den Jahren 1889 bis 1895 an der im Bau begriffenen Canallinie vornehmen konnte, und bei deren Ausführung ich mich zu wiederholten Malen der Beihülfe meines jungen Freundes und Fachgenossen, Herrn Dr. E. Stolley, Privatdocenten an der Universität Kiel erfreuen durfte, sind naturgemäß bei der Ausarbeitung der mir gewordenen Aufgabe mitverwerthet worden. Den Beamten der Kaiserlichen Canal-Commission, insbesondere Herrn Geh. Baurath Fülischer gebührt demnach in allererster Linie der Dank dafür, daß die Ergebnisse der Ausschachtungen am Kaiser Wilhelm-Canal der Wissenschaft nicht verloren gegangen sind, sondern in nutzbringender Weise für die Geologie erhalten bleiben konnten. In richtiger und weiser Erkenntniß des ungemein hohen Werthes, den dieser gewaltige Einschnitt für die Erforschung der diluvialen Gebilde des deutschen Nordens im allgemeinen und Schleswig-Holsteins im besonderen haben mußte, ist von diesen Herren nichts von allem dem versäumt worden, was nöthig war, um ein möglichst getreues Bild von dem geologischen Aufbau des von der neuen Wasserstraße durchzogenen Geländes zu geben. Es ist darum nicht mehr als recht und billig, diesen Umstand hier in gebührender Weise hervorzuheben.

Schleswig-Holstein war in früheren geologischen Zeiten der Schauplatz gewaltiger Bodenbewegungen. Wie dasjenige Stück der Erdoberfläche, welches in der Gegenwart von der cimbrischen Halbinsel eingenommen wird, während der paläozoischen Aera beschaffen war, ob dasselbe immer nur Meeresboden gewesen ist, oder ob es sich zuweilen als Festland über die Wogen erhob, darüber fehlen genauere Daten.

Das älteste Gebirge, welches bisher im Untergrunde Schleswig-Holsteins angetroffen worden ist, gehört dem permischen System an und ist bislang an drei Stellen des Landes als Tage tretend bekannt, am Kalkberg von Segeberg, hier 91 m über N. N., und wenige Kilometer nordöstlich davon bei Stipsdorf; an der Lieth bei Elmshorn, woselbst

1) Dieser Aufsatz ist bereits zu Ende Juli 1894 abgeschlossen worden. Da der Druck desselben sich bis jetzt verzögert hat, so wurden bei der Correctur Aenderungen vorgenommen, um die seit 2 $\frac{1}{2}$ Jahren erschienenen Publikationen und seit dieser Zeit gemachten Beobachtungen im Lande thunlichst zu berücksichtigen. Von einem weiteren Eingehen auf gewisse seither wieder mehr in den Vordergrund getretenen Fragen, als beispielsweise eine dreifache Vereisung unseres Landes u. s. f., mußte jedoch Abstand genommen werden, um nicht die ganze Form dieser Abhandlung umstoßen zu müssen, was aus den verschiedensten Gründen nicht angängig gewesen wäre.

die Bildungen des Zechsteins anlässlich des Baues der Altona-Kieler Eisenbahn zu Anfang des Jahres 1844 bloßgelegt wurden, und am Schobüller Berg nahe bei Husum an der Westküste.

Eine weitere Stelle endlich, an welcher der Zechstein sich über Tage zeigt, kennen wir auf dem jüngsten Stück deutschen Bodens, auf Helgoland, woselbst die rothen Thonmergel, welche auch an der Lieth bei Elmshorn anstehen, vom Buntsandstein überlagert werden.²⁾ Der Trias und dem Jura angehörigen Schichten zeigen sich anstehend auf der cimbrischen Halbinsel nicht.³⁾ Zwar hat ein norddeutscher Geologe geglaubt, am Canaleinschnitt in der Nähe von Kuden bei Burg i/D. dem oberen Lias zuzurechnende Posidonomyenschiefer aufgefunden zu haben, doch hat sich diese Entdeckung späterhin als absolut falsch erwiesen. Ob aber jurassische Sedimente nicht dennoch auf dem Gebiete der Halbinsel zur Ablagerung gelangt sind, das ist eine andere, hier allerdings auch nicht zu entscheidende Frage. Das eigenthümliche, längst bekannte Vorkommen von Kalklinsen mit jurassischen Fossilien in der Nähe von Ahrensburg und anderer Geschiebe dürfte sehr dafür reden, daß auch der Ocean der Jurazeit einmal über dem jetzigen Schleswig-Holstein gefluthet hat.⁴⁾

Der Hauptantheil an dem Aufbau des festen Felsgerüsts der cimbrischen Halbinsel kommt dem oberen Kreidegebirge zu, das an verschiedenen Stellen im Lande anstehend bekannt geworden ist, und zweifelsohne hier überall in der Tiefe ruht. Am schönsten und besten sind diese cretaceischen Schichten in Lägerdorf bei Itzehoe aufgeschlossen, woselbst die weißse Schreibkreide durch einen grofsartigen Tagebau gewonnen und zur Cementfabrikation verwendet wird.⁵⁾ Eocäne Ablagerungen fehlen, dagegen scheint das marine Mitteloligocän im Lande größere Verbreitung zu besitzen.⁶⁾ Vielleicht ist ein radio-

2) W. Dames, Ueber die Gliederung der Flözformationen Helgolands. (In: Sitzungsberichte der Königl. preufs. Academie d. Wissenschaften zu Berlin, math.-phys. Classe, 7. December 1893.) — Ueber Segeberg, Lieth und Schobüll siehe die Litteratur in: H. Haas, Die geologische Bodenbeschaffenheit Schleswig-Holsteins, u. s. f. Kiel, 1889, Lipsius und Tischer, S. 14—29.

3) Durch neuere Funde von triassischen Geschieben im Lande wird es sehr wahrscheinlich, daß das Triasmeer, dessen Ablagerungen wir in Rüdersdorf, Lüneburg und Helgoland kennen, sich auch bis in unsere Gegend hinein erstreckt hat. (Stolley, Ueber triassische Diluvialgeschiebe in Schleswig-Holstein und benachbarten Gebieten, Sitzungsber. d. naturw. Vereins für Schl.-Holstein, XI, 1; derselbe, *ibid.*, S. 139.)

4) Meyn, Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft, Bd. 19, 1867, S. 41, und Bd. 26, 1874, S. 355; dann: Gottsche, Die Sedimentärgeschiebe Schleswig-Holsteins, Yokohama, 1883; Haas, *loc. cit.*, S. 91—92. Stolley, *loc. cit.*, S. 139 ff.

5) Ueber die Litteratur siehe die älteren Arbeiten von Meyn, Forchhammer, Gottsche in Haas, *loc. cit.* u. s. f. und besonders in der eingehenden Abhandlung von E. Stolley, Die Kreide Schleswig-Holsteins. (In: Mittheilungen aus dem mineralog. Institut der Universität Kiel, 1892, Bd. 1, S. 191 ff.) Derselbe, Einige Bemerkungen über die obere Kreide, insbesondere von Lüneburg und Lägerdorf (Archiv für Anthropologie und Geologie Schl.-Holsteins etc., I, 2), und: Derselbe, Ueber die Gliederung des norddeutschen- und baltischen Senon, sowie die dasselbe charakterisirenden Belemniten. (*ibid.*, II, 2.)

6) Auch hierüber vgl. Gottsche und Haas. Genauere Angaben bez. der einschlägigen Litteratur in Haas, Geolog. Bodenbeschaffenheit Schleswig-Holsteins.

larieführender Thon von Ascheffel bei Eckernförde, den Zeise soeben beschrieben hat, auch zu diesen ebenerwähnten Sedimenten zu zählen, was auf ein Meer von größerer Tiefe schliesen liefse.⁷⁾ Doch ist der Beweis für das mitteloligocäne Alter des Thones wohl noch nicht erbracht.

Das Unteroligocän ist im Frühjahr 1895 anlässlich einer Tiefbohrung auf Wasser in der Lychenheim'schen Brauerei von Schwartau bei Lübeck in der Gestalt blauer Thone mit zahlreichen abgerundeten schwarzen bis haselnußgroßen Phosphoriten und thoniger, blaugrüner Glaukonitsande bei 283 m Tiefe angetroffen worden, soweit mir bekannt, die einzige Stelle auf schleswig-holsteinischem Boden, woselbst diese Schicht erschrotet wurde.⁸⁾ Oberoligocäne Sande hat das Bohrloch auf dem Elektrizitätswerk zu Flensburg in 160 m Tiefe durchstoßen, und noch an anderen Stellen im Lande (Bohrung von Bramstedt, 1847, Ochsenkamp bei Itzehoe u. a. m.) dürfte diese Abtheilung des Tertiärs vorhanden sein. Doch sind die Acten darüber noch nicht abgeschlossen. Das Untermiocän ist nur durch Geschiebe vertreten, immerhin aber ein Anzeichen dafür, daß diese Schichtenreihe ehemals im Lande oder in dessen benachbarten Gebieten anstand; bei Reinbeck unweit Hamburg, auf lauenburgischem und holsteinischem Terrain wurden jedoch anlässlich des Baues der Hamburg-Berliner Eisenbahn die mittelmiocänen Ablagerungen angeschnitten.⁹⁾ Die tertiären Hauptgebilde Schleswig-Holsteins haben obermiocänes Alter und sind im Lande weit verbreitet. Wenn die Auffassung Ludwig Meyn's richtig ist, so erreichen die obermiocänen Schichten auf Sylt 1223 m Mächtigkeit, eine Ansicht, der ich mich bisher ebenfalls angeschlossen hatte, an der ich in letzter Zeit jedoch Zweifel hegen zu müssen glaube. Auf die miocänen Sedimente folgen die präglacialen Ablagerungen des Landes, deren Verbreitung in demselben sicherlich beträchtlicher ist, als man früher angenommen hat.¹⁰⁾ Auf diesen präglacialen Gebilden liegen die Ablagerungen des Diluviums, die Geschiebemergel und diluvialen Sande in einer ziemlich wechselnden Mächtigkeit, welche man jedoch auf durchschnittlich 100 bis 125 m schätzen kann. An manchen Orten des Landes mag die Stärke der diluvialen Bildungen natürlich eine noch größere sein, an anderen ist sie jedoch wieder eine beträchtlich geringere. Die Bohrungen von Lübeck und Umgegend (Actienbrauerei und Markt in Lübeck, Lychenheim'sche Brauerei in Schwartau) zeigen, daß das Diluvium hier etwa 52 bis 55 m mächtig ist,¹¹⁾ während

7) Ueber das Vorkommen von Radiolarien im Tertiär der Provinz Schleswig-Holstein. (In: Jahrbuch der Königl. preuß. geol. Landesanstalt, 1894.)

8) J. Friedrich, Tiefbohrung in Schwartau. (In: Lübeckische Blätter, Nr. 42.) Genauere Mittheilungen hierüber hat der erwähnte Gelehrte in der Festschrift der im September 1895 zu Lübeck gewesenen 67. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte publicirt. Es muß übrigens noch dahingestellt bleiben, ob nicht schon anlässlich einer früheren Tiefbohrung in Lübeck selbst (Actienbrauerei 1882) das Unteroligocän angetroffen worden ist.

9) C. Gottsche, Ueber das Miocän von Reinbeck und seine Molluskenfauna. (In: Verhandl. des Vereins für naturwissenschaftl. Unterhaltung in Hamburg, 1876, Bd. III.) Ueber die Tertiär-Litteratur des Landes siehe dort, dann in den älteren Arbeiten Meyn's und Anderer, in Gottsche und Wiebel, Skizzen und Beiträge zur Geognosie Hamburgs und seiner Umgebung (Festschrift zur 49. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Hamburg, 1876), ferner in den verschiedenen Arbeiten A. von Könen's, u. s. f. Eine Zusammenstellung des Ganzen findet man in: Haas, Ueber d. Zusammenhang gewisser mariner, insbesondere der tertiären Bildungen usw. Norddeutschlands. (In: Mittheilungen a. d. mineral. Institut der Universität Kiel, 1892, 1. Bd., S. 322 ff.)

10) Siehe hier auch: Victor Madsen, Istdens Foraminiferer i Danmark og Holsten, u. s. f. (In: Meddelelser fra Dansk geologisk Forening, Nr. 2, Kopenhagen, 1895.) Die ältere Litteratur findet man in meinem Buche über die geologische Bodenbeschaffenheit Schleswig-Holsteins ziemlich vollständig zusammengestellt. Gottsche, Zeitschrift d. deutschen geolog. Gesellschaft, 1894, S. 348. Vergl. übrigens auch Münthe, Studien über ältere Quartärlagerungen im südbaltischen Gebiete (Bulletin of the Geolog. Institution of Upsala, Nr. 5, vol. III, 1896), der einen Theil der von Gottsche als präglacial angesprochenen Ablagerungen für interglacial hält.

11) Gottsche's Berichte in der Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, Bd. 38, 1886, S. 479—480. P. Friedrich,

bei der Bohrung auf dem Pferdemarkt zu Oldesloe diese Schichtengruppe bei 122,86 m noch nicht durchsunken war¹²⁾ und diejenige auf dem Elektrizitätswerk zu Flensburg (1894) bei 78 m die Unterkante des Diluviums erreicht hat.

Aus den soeben angeführten Daten dürfte deutlich erhellen, daß bis in den Beginn der Diluvialzeit hinein der allergrößte Theil des schleswig-holsteinischen Bodens vom Meer bedeckt gewesen ist. Inwieweit nun die Conturen des in jenen Tagen den Fluthen entstiegene Festlandes mit denjenigen der cimbrischen Halbinsel der Gegenwart zusammenfallen würden, das liefse sich nur sehr schwer sagen. Die gewaltigen Störungen, denen die Bildungen der Kreide und des Tertiärs in unserem Lande nach Ablagerung der obermiocänen Sedimente unterworfen gewesen sind, und welche das Felsgerüst des Landes tief erschüttert haben müssen, beweisen uns, daß die mächtigen Bodennumwälzungen, die damals einen großen Theil des vom Europa der Gegenwart eingenommenen Areales unseres Erdballs betroffen haben, auch unsere Breiten in bedeutendem Mafse in Mitleidenschaft zogen. Ein kleines Beispiel möge genügen, um die Größe dieser Störungen im Lande zu erläutern. Bei Lägerdorf (Itzehoe) tritt die weiße Schreibkreide, und zwar sowohl die Schichten mit *Actinocamax quadratus*, als auch diejenigen mit *Belemnites mucronata* in etwa 5 m über N. N. zu Tage. Die erwähnte Bohrung von Schwartau dagegen hat noch höhere Schichten der Mucronatenkreide in der Grünsandentwicklung bei etwa 312 Tiefe unter Terrain erschlossen. Da übrigens die der Mucronatenkreide von Lägerdorf entsprechenden Schichten der Schreibkreidefacies in Schwartau noch unter dem Grünsand zu suchen wären, so wird dadurch die Höhendifferenz eine noch erheblichere. Uebrigens tritt der senone Grünsandstein an verschiedenen Stellen Ostholsteins augenscheinlich zu Tage oder findet sich in geringer Tiefe, so bei Heiligenhafen, bei Cismar, bei Neudorf in der Nähe von Waterneversdorf, u. s. f. In Osterby bei Ascheffel unweit Eckernförde ist die weiße Kreide in 34 m unter Terrain ebenfalls bekannt geworden, ebenso zeigt sich dieselbe in der Nähe von Heide, und noch an anderen Orten mehr.

Die gesamten cretaceischen und tertiären Ablagerungen unseres Landes sind wohl zu einer Anzahl von Südost nach Nordwest streichender Sättel und Mulden zusammengefaltet worden. Diese Bodenbewegungen müssen schon vor der Sedimentirung des mitteloligocänen Thones stattgefunden haben, denn dieser letztere scheint sich zweifelsohne in den Kreidemulden abgesetzt zu haben. Da aber die jüngsten Tertiärschichten des Landes ebenfalls stark gestört sind (Morsumcliff auf Sylt), so müssen diese Erschütterungen später nochmals aufgetreten sein. Es spricht übrigens die geologische Geschichte des Landes, so besonders das starke Oscilliren der Meeresküste während der jüngeren Tertiärzeit recht sehr dafür, daß die Bodenbewegungen während dieser ganzen genannten Periode mit größerer oder geringerer Intensität sich fühlbar gemacht haben und zweifelsohne auch noch bis in die Diluvialzeit hinein ange dauert haben werden. Diese Anschauungen stimmen übrigens recht gut mit den von A. von Könen gewonnenen Resultaten und Beobachtungen überein, wenn es auch bisher noch nicht gelungen ist, jüngere, postglaciale, nord-südlich verlaufende Störungen mit so absoluter Sicherheit nach-

Geologisches. (In: Die Freie und Hansestadt Lübeck, 1890, S. 32 bis 50.) Derselbe, Tiefbohrung in Schwartau. (In: Lübeckische Blätter, Nr. 42.) Von den 55,20 m mächtigen Diluvialablagerungen von Schwartau fallen aber 16,10 m nach Stolley's Untersuchung auf präglaciale Sandbildungen, sodafs nur 39,10 m für die eigentlichen Diluvialgebilde übrig blieben. Auch bei der Bohrung auf der Lübecker Actienbrauerei wurden unter dem Geschiebemergel Sande angetroffen. Inwieweit dieselben mit den präglacialen Sanden in Schwartau identisch sind, das muß ich zur Zeit noch dahingestellt lassen.

12) Siehe diesbezüglich die Mittheilungen von A. Jentzsch. (In: Jahrbuch der Königl. preuß. geol. Landesanstalt, 1884, S. 497.)

zuweisen, wie das der genannte Forscher in anderen Gebieten Norddeutschlands vermocht hat.¹³⁾ Dafs jedenfalls in post-glacialen Zeiten noch mehrfach gröfsere Erschütterungen im Gebiete des westlichen Balticums platzgegriffen haben, das geht aus den neuen Arbeiten Münthe's und anderer Gelehrter über die Geschichte der Ostsee zweifellos hervor.

Die Störungen im felsigen Untergrunde der cimbrischen Halbinsel, von welchen soeben die Rede gewesen ist, sind dadurch wohl noch complicirtere geworden, als schon früher einmal, und zwar vor der Sedimentirung des Mesozoikums Bodenbewegungen im Sinne des erzgebirgischen Systems hier zum Ausdruck gekommen sein dürften, welche durch die späteren, südöstlich-nordwestlich streichenden nicht gänzlich verwischt wurden und wohl theilweise noch in den Föhrdenlinien an der Ostküste Schleswig-Holsteins und Jütlands ausgeprägt sind.¹⁴⁾ Infolge aller dieser erwähnten Umstände ist der felsige Untergrund des Landes in eine Anzahl von Schollen zerlegt worden, die mehr oder weniger an einander abgesunken sind, und die als Mantel darüber ausgebreiteten Diluvialablagerungen waren nicht mächtig genug, um die dadurch entstandenen Niveauverschiedenheiten auszugleichen, sodafs sich diese letzteren immerhin in ihren Hauptzügen noch unter der Decke der glacialen Massen erkennen lassen.

Nach dem bisher im schleswig-holsteinischen Lande im Gebrauch gewesenen Schema, nach welchem die Diluvialablagerungen eingetheilt worden sind, hat man über den präglacialen Bildungen eine mächtige Geschiebemergelbildung, den unteren Geschiebemergel unterschieden, die Grundmoräne einer ersten Vereisung, welche durch eine mehr oder minder mächtige Sand- und Geröllbildung, den Korallensand, oder richtiger gesagt, den Bryozoensand von der zweiten jüngeren Grundmoräne, dem oberen Geschiebemergel getrennt wird. Auf diesem lagert wiederum der Geschiebedecksand. Es kann nicht im Rahmen dieser kurzen Begleitworte zum geologischen Profil des Kaiser Wilhelm-Canals liegen, an dieser Stelle die Veränderungen, welche sich allmählich in dieser Auffassung geltend gemacht haben, Schritt für Schritt zu verfolgen. Dafs der obere Geschiebemergel im Westen des östlichen Höhenrückens Schleswig-Holsteins fast gänzlich fehle, das habe ich schon vor einer längeren Reihe von Jahren ausgesprochen,¹⁵⁾ und die Untersuchungen Zeises schienen das zu bestätigen.¹⁶⁾ Späterhin bin ich an dieser Ansicht wieder etwas irre geworden, zumal ich eben bei der Untersuchung der durch den Canalbau verursachten Einschnitte immer mehr auf Schwierigkeiten stiefs, wenn ich bei den anormalen Lagerungsverhältnissen der Diluvialmassen im Osten des Landes versuchen wollte, den oberen Geschiebemergel vom unteren zu trennen oder gar die verschiedenen Sandarten bez. ihres geologischen Alters zu unterscheiden. Zu denselben Resultaten ist auch Herr Dr. E. Stolley gelangt, und derselbe hat seinen diesbez. Bedenken noch ganz kürzlich Ausdruck gegeben.¹⁷⁾ Man darf nicht aufser Acht lassen, dafs im Osten Schleswig-Holsteins, wenigstens in dem Gebiete nördlich von der Kieler Förde, die sämtlichen diluvialen Gebilde kaum irgendwo noch normal abgelagert zu finden, sondern derartig aufgestaucht und ver-

worfen sind, dafs man kaum einen treffenderen Ausdruck für diese Verhältnisse haben könnte, als denjenigen des Schollenhaufwerks, womit schon L. Meyn dieselben bezeichnet hat. Noch vieler eingehender und mühsamer Arbeit wird es bedürfen, ehe es gelingen wird, Klarheit in diese Dinge zu bringen, falls dies überhaupt jemals in gänzlich befriedigender Weise möglich sein sollte, und ich scheue mich durchaus nicht, es hier offen auszusprechen, dafs nur kritiklose Leute im stande sein werden, die sich gerade hier darbietenden Schwierigkeiten zu verkennen und sich in kühner Selbstüberhebung darüber hinauszusetzen.

Auf diejenigen Merkmale, nach welchen man in petrographischem Sinne den unteren vom oberen Geschiebemergel zu trennen versucht hat, will ich hier nicht näher eingehen. In den Arbeiten L. Meyn's, C. Gottsche's, A. Braasch's und anderer Gelehrten mehr, auch in meinen eigenen Abhandlungen ist dieses Thema in ziemlich erschöpfender Weise behandelt worden.¹⁸⁾ Je nachdem der Geschiebemergel noch frischer oder ausgelaugter ist, je nach den Verhältnissen, welche seine Verwitterung bald verlangsamt, bald beschleunigt haben, sieht dieses Gebilde ganz anders aus. Dazu kommt noch, dafs, wie ich das dargethan habe,¹⁹⁾ gewisse im Osten des Landes anstehende Partien von Geschiebemergel gar nicht mehr an primärer, sondern an tertiärer Lagerstätte sich befinden, nämlich die geschiebarmen, sehr thonreichen blauen Wälle, die am Rande der Föhrden und im Kern der durch Stauchung hervorgebrachten Höhenzüge vorhanden sind, die die ganze Ostküste bis nach Jütland hinaufbegleiten und sich dadurch ganz wesentlich von den dem Geschiebemergel einfach aufgesetzten und aus Sanden und Geröllen bestehenden Erhebungen und Rücken unterscheiden. Die den unteren Geschiebemergel auswaschenden und zerstörenden diluvialen Schmelzwasser haben die feineren Thontheilchen ins Meer geführt und dort zur Ablagerung gebracht, und von hier sind diese Gebilde später wieder durch das Eis aufgeackert, mitgerissen und zu den ebenerwähnten Hügelzügen aufgestaucht worden, die für die Lage der Wasserscheide im Lande so sehr maafsgebend wurden. Sind nun vollends noch, wie soeben betont wurde, die Lagerungsverhältnisse abnorme, und durch die Stauchungserscheinungen die Sande und die Mergel in-, auf- und übereinander geschoben, so wird die Sache um so verwickelter und schwieriger, weil man sich bei der Untersuchung von Aufschlüssen an derartigen Stellen gar zu leicht verleiten läfst, mehrere übereinander lagernde und durch Sandbildungen von einander getrennte Geschiebemergelbildungen zu unterscheiden. Eine solche Localität ist beispielsweise der Aufschluß im Diluvium in der Ziegelei Thonberg vor den Thoren Kiels, hart an der Bahnlinie nach Hamburg und Lübeck. Seit über 15 Jahren habe ich diesen Einschnitt verfolgen können, und noch jede Begehung der Ziegelgruben hat mir Ueberraschungen gebracht. Je nach der Lage der zeitweiligen Erdarbeiten wurden Profile blofsgelegt, die bald nur durch zwei Bryozoensande getrennte Geschiebemergellager, bald deren drei, einmal sogar deren vier gezeigt haben. Jemand, der die geologischen Verhältnisse des Landes nur unvollkommen kennt, wird bei der Besichtigung eines solchen

13) Siehe darüber die vielen Abhandlungen A. von Könen's im Jahrbuch der Königl. preufs. geol. Landesanstalt in Berlin und in den Nachrichten der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen, u. s. f., ebenso Wahnschaffe, Die Ursachen der Oberflächen-gestaltung des norddeutschen Flachlandes, Stuttgart 1891 u. s. f.

14) Siehe hier: Haas, Studien über die Entstehung der Föhrden (Buchten) an der Ostküste Schleswig-Holsteins. (In: Mittheilungen aus dem mineralog. Institut der Universität Kiel, Bd. I, pag. 8 ff.)

15) Siehe darüber meine schon des öfteren citirten Arbeiten.

16) Beitrag zur Kenntnifs der Ausbreitung sowie besonders der Bewegungsrichtungen des nordeuropäischen Inlandeises in diluvialer Zeit. In.-Dissert. Königsberg 1889.

17) Die cimbrischen und silurischen Geschiebe Schleswig-Holsteins und ihre Brachiopodenfauna. (In: Archiv für Anthropologie und Geologie Schleswig-Holsteins, 1. Bd., 1. Heft, pag. 36—37.)

18) Meyn, Geognostische Beobachtungen in den Herzogthümern Schleswig und Holstein, Altona, 1848. Derselbe, Die Bodenverhältnisse der Provinz Schleswig-Holstein. (In: Abhandlungen der geolog. Specialkarte von Preussen usw., III, 3, 1882.) Braasch, Die geognostischen Verhältnisse der Umgegend von Kiel und ihre Beziehungen zur Landwirthschaft. (In: Verhandlungen des Vereins für naturwissenschaftliche Unterhaltung in Hamburg, 1876. Bd. III.) Gottsche, Die Sedimentärgeschiebe Schleswig-Holsteins, Haas, Zeise a. a. O. usw.

19) Warum fließt die Eider in die Nordsee? (Kiel 1886.) Geolog. Bodenbeschaffenheit Schleswig-Holsteins. Entstehung der Föhrden. Schon C. Gottsche hält es für wahrscheinlich, dafs diese Masse feines Material von Gletscherbächen darstellen (loc. cit. pag. 4), doch bin ich wohl der erste gewesen, der versuchte, eine genauere Erklärung ihrer Entstehung zu geben.

Profils an zwei, drei oder vier Geschiebemergelbänke glauben und daraus ein ebenso oftmalig wiederholtes Oscilliren der Eismassen daraus ableiten. Derjenige jedoch, dem die Geologie Schleswig-Holsteins etwas geläufiger, und der mit den Umständen vertrauter geworden ist, welche die Oberflächen-gestaltung des Ostens dieses Landes bedingt haben, wird solche Fehler kaum begehen können.

In einer sehr fleißigen und auf genauen Beobachtungen beruhenden Arbeit hat vor mehreren Jahren Herr Dr. C. Weber, damals Lehrer an der landwirthschaftlichen Schule zu Hohenwestedt bei Hanerau, die sehr eigenthümlichen Lagerungsverhältnisse des Diluviums bei Grüenthal (Kilometer 31,5 bis 32,10) klarzulegen versucht, und später noch einige Ergänzungen zu seiner Abhandlung gegeben.²⁰⁾ Die bez. der in den Grüenthal-Beldorfer Torfmooren enthaltenen fossilen Flora von dem genannten Herrn vorgenommenen Untersuchungen und Beobachtungen sind unzweifelhaft von großem wissenschaftlichem Werthe. Seiner Auffassung der geologischen Verhältnisse am genannten Orte dürfte eine gleiche Bedeutung allerdings nicht beizumessen sein. Weber sucht nämlich zu beweisen, daß seine als interglacial angesprochenen Moore zwischen zwei Grundmoränen verschiedenen geologischen Alters eingebettet liegen. Zuerst glaubte Weber bei Grüenthal zwei verschiedene Grundmoränen nachweisen zu können, und zwar auf Grund verschiedener Bohrprofile der Kaiserl. Canalcommission, welche mitgetheilt werden. Diese letzteren waren bei Kil. 33,2, Kil. 35,8 und Kil. 36,3 gewonnen worden. Da nun gerade bei Grüenthal starke Stauchungen und Störungen der diluvialen Schichten zu beobachten waren, und die Erfahrung lehrt, daß an solchen Stellen infolge eben dieser Umstände das Profil schon nach wenigen Metern ein gänzlich anderes sein kann, so war es zum mindesten gewagt, aus den Lagerungsverhältnissen der bei Kil. 43,2 Kil. 25,8, Kil. 36,3, Kil. 37,3 und Kil. 37,8 anstehenden Schichten auf diejenigen der zwischen Kil. 31,5 bis 32,10 vorhandenen schließten zu wollen, ganz abgesehen von den aus der petrographischen Beschaffenheit dieser erstgenannten Gebilde gefolgerten Behauptungen. Denn „sandigen Lehm“, „Sand mit Klai und Moor“, „Klai mit kalkhaltigem Sand“ und „Sand, kalkhaltig“ usw., so ohne weiteres als obere Grundmoräne zu deuten, einfach darum, weil man eine solche zur Aufstellung einer Hypothese nöthig hat, und vollends noch in einem stark gestauchten Gelände, wie Weber selbst angiebt, das scheint mir den Anforderungen, welche an eine streng wissenschaftlich gehaltene Arbeit gestellt zu werden pflegen, doch nicht ganz zu entsprechen.

In einem mit seiner erwähnten Abhandlung gleichzeitig erschienenen und derselben beigedruckten Nachtrag theilt Weber mit, daß es ihm nunmehr gelungen sei, von Kil. 31,55 bis 31,65 eine dritte Grundmoräne aufzufinden, die aus einem thonigen und kalkleeren, ungeschichteten Quarzsande von blaugrauer Farbe besteht und zahlreiche Geschiebeblöcke enthält. Dies war im März 1891. Schon bald darauf entdeckte Weber eine weitere Grundmoräne unterhalb dieser drei ebenerwähnten Bildungen. Als Weber nur erst zwei Grundmoränen kannte, waren die oberen Bildungen als Grundmoräne der letzten Inlandeisbedeckung im Lande, also als oberer Geschiebemergel angesprochen wurden, später werden dieselben sowohl als auch die dritte und eine noch unterhalb der übrigen zum Vorschein gekommene vierte Grundmoräne zum unteren Geschiebemergel gestellt, da der Genannte an der höchsten Stelle des Grüenthaler Rückens den „oberen Geschiebemergel“ aufgefunden hatte, der als fünfte Grundmoräne die in Frage kommenden Torflager gestauch

20) Ueber zwei Torflager im Bette des Nord-Ostsee-Canals bei Grüenthal. (In: Neues Jahrb. für Mineralogie usw. 1891, II, p. 62 ff.)

haben soll.²¹⁾ Also jeweils die oberste Grundmoräne wird als oberer Geschiebemergel, und alle anderen darunter liegenden Moränenbänke, und seien es deren auch vier, als unterer gedeutet. Wie übrigens diese Entdeckungen Weber's in Einklang zu bringen sein dürften mit den bei Kil. 30 von ihm schon früher entdeckten und durch Sande getrennten fünf Grundmoränen, darüber sagt uns dieser Gelehrte leider nichts, und trotzdem er schon vor einer Reihe von Jahren ausführlichere Veröffentlichungen über diese 5 Moränen versprochen hat, stehen dieselben immer noch aus.

Es ist schwer verständlich, wie es möglich sein konnte, die Grüenthaler Aufschlüsse auf so willkürliche Art und Weise zu deuten, und es ist im Interesse der Wissenschaft absolut nothwendig, gegen solche irrthümliche Auffassung der Dinge anzugehen, was von Herrn Dr. Stolley's und von meiner Seite aus schon längst geschehen wäre, hätten wir nicht inzwischen auf die in Aussicht gestellten weiteren Darlegungen Weber's gewartet. Der oben genannte Herr hat mit mir zusammen im September 1891 das Grüenthaler Profil an der Hand der damals eben erst erschienenen ersten Abhandlung Weber's und seiner bildlichen Darstellung der dortigen Lagerungsverhältnisse im Diluvium untersucht. Da unsere Begehung der besagten Oertlichkeit in den Spätsommer 1891 fiel, während die von Weber gegebene Profilzeichnung schon auf Grund der im Sommer 1890 bloßgelegten Schichten aufgenommen wurde, so liegt auf der Hand, daß bei den innerhalb der Frist eines Jahres sehr viel weiter vorgeschrittenen Ausschachtungen am Canal die von uns gemachten Beobachtungen nicht mehr bis in alle Einzelheiten hinein mit denjenigen Weber's übereinstimmen konnten. Daher ist es denn auch leicht erklärlich, wenn wir das Profil bei Grüenthal mit der Abbildung Weber's nicht mehr in Einklang zu bringen vermochten. Was uns zunächst aufgefallen ist, das war das gänzliche Fehlen eines typischen Geschiebemergels längs des gesamten Profils, bis auf eine einzige Stelle in nächster Nähe der festen Eisenbahnbrücke, woselbst diese Bildung, in ihrer ganzen Beschaffenheit mit dem normalen Geschiebemergel des Ostens durchaus identisch, in der Sohle der Ausschachtungen zu Tage trat. Etwas weiter gegen Beldorf zu, woselbst diese Geschiebemergelbildung von mehr oder weniger ausgewaschenem Bryozoensand überdacht wird, waren starke Grundwasserquellen zu sehen, eine Erscheinung, die sich auch bei Levensau und in der Holtenauer Schleusen-grube in größerem Mafse gezeigt hat. Die von Weber beschriebene Profilstrecke zeigte überall die Spuren starker Stauchungen und Zerreißen. An einem Punkte war eine bläulich-grüne, höchstens einen Meter mächtige Thonbildung zu sehen, die fast ganz sandfrei und ziemlich fett war. In der Längenausdehnung war dieselbe nicht über 50 m weit zu verfolgen. Moor lag darüber, Bryozoensand darunter. Dieses letztere Gebilde war übrigens in einer Mächtigkeit von 4 bis 5 m auf der ganzen Länge des Aufschlusses zu betrachten, allerdings nicht in einer zusammenhängenden Ablagerung, sondern infolge der Stauchung in mehrfachen von einander unabhängigen Partien. Zweimal war Moor als Liegendes des genannten Sandes zu beobachten. Am damaligen östlichen Ende des ganzen Einschnitts kam folgendes Profil, von oben nach unten, zum Vorschein:

$\frac{3}{4}$ m Moor,
 $1\frac{1}{2}$ „ sandiges Moor, in Sand übergehend,
 $2\frac{1}{2}$ „ Sand, theilw. ächte Bryozoensand, mit eingelagerter Geröllbank,
 $\frac{3}{4}$ „ Moor, an dessen unterem Ende Quellenaustritt und übergehend in
 $\frac{1}{2}$ „ sandiges Moor mit Süßwasserschnecken (Bythinia usw.)
 6 m im Ganzen.

21) Weber, Ueber das Diluvium bei Grüenthal in Holstein (In: Neues Jahrbuch für Mineralogie usw., 1891, II, pag. 228 ff.)

Ueber die Ursachen, welche die Störungen hervorgerufen haben, sind wir nicht ganz im Klaren. Es ist möglich, daß ein aufragender Kern älteren Grundgebirges (Kreide) die Vorbedingung zur Entstehung glacialer Stauchungen gewesen ist, möglich auch, daß es sich um postglaciale Verschiebungen handelt, wie solche in neuerer Zeit an anderen Orten des Landes beobachtet worden sind. Jedenfalls aber sind Weber's Deutungen in Bezug auf eine das „interglaciale Moor überlagernde Grundmoräne der zweiten Vereisung“ ganz willkürliche und seine Beweisführung hinfällig. Anders ist es mit den aus den paläophytologischen Untersuchungen Weber's zu ziehenden Schlüssen.²²⁾ Daß seine diesbez. Funde, zusammen vollends mit denjenigen Nehring's bei Klinge ihn zur Annahme berechtigen dürfen, den Grüenthaler Torflagern ein höheres als ein postglaciale Alter anzuweisen, das ist auch meine feste Ansicht.²³⁾ Inwieweit

tologischen Argumente allein beschränken müssen. Daß übrigens eine geologische Beweisführung für die glacialer Entstehung der in Frage kommenden Grüenthaler Torflager wohl angängig ist, wenn auch anderer Art, als der von Weber versuchten, zeigen von Herrn D. Stolley gemachte Beobachtungen an einer dieser Stellen. Hier unterlagert der typische Bryozoen sand das Moor und letzteres entwickelt sich aus ersterem, indem es im Sande verläuft. Erst ist der Sand fast ganz rein von moorigen Beimischungen, die immer stärker und stärker werden, bis nach und nach der Sand ganz zurücktritt und durch Moor ersetzt wird. Dies beweist zweifellos die gleichzeitige Entstehung von Moor und Sand, und da der Sand ebenso zweifellos diluvialer Entstehung ist, so muß es das Moor auch sein. Auch aus dem von Weber gegebenen Profil geht dieses Auslaufen des Moores im Sande hervor, ebenso spricht sein Text, wie mir scheint, dafür, daß



Falte des Bryozoenensandes auf Bryozoenensand überschoben und mit eingequetschtem Geschiebemergel.
Höhe 4½ Meter. Canaleinschnitt bei Levensau, August 1890.

dieselben jedoch interglacial sind, oder gar, wie Nehring will; bei Annahme einer dreifachen Vereisung unseres Landes, der ersten Interglacialzeit angehören sollen, das mag hier unentschieden bleiben. An eine mehrfache Oscillation des Eisrandes glaube ich ebenfalls, ob es aber gelingen wird, auch in Schleswig-Holstein drei durch Interglacialzeiten getrennte Vereisungen nachzuweisen, das ist eine andere Frage. Jedenfalls schliesse ich mich ganz der Meinung Nehring's an,²⁴⁾ daß man fehl geht, wenn man nur diejenigen Ablagerungen als interglacial ansehen will, welche zwischen zwei typisch ausgebildeten Geschiebemergeln liegen, und daß es für das interglaciale Alter solcher Schichten noch andere Beweise geben kann, als gerade nur die Unter- und Ueberlagerung durch Moränen. Das hätte aber Herr Weber eben bedenken sollen und, statt zu versuchen, einen geologischen Beweis zu führen, der ihm mißlungen ist, sich auf seine phytopaläon-

er ähnliches beobachtet, nicht aber richtig zu deuten verstanden hat. Auch das vorhin von uns mitgetheilte Profil spricht für die hier entwickelte Anschauung.

Die sämtlichen Geschiebemergelbildungen, welche im Canalprofil zu Tage getreten sind, sind aus den im Vorstehenden klargelegten Gründen mit einer einzigen Farbe bezeichnet worden, weil sich, wie betont, bei genauer und minutiöser Untersuchung eine Trennung derselben in durch das geologische Alter verschiedene Ablagerungen nicht durchführen liefs. Ebenso wenig ist es angängig gewesen, die verschiedenen Mischgebilde von Sand und Thon, welche durch Stauchungen hervorgerufen wurden, oder die infolge von Aufarbeitung und Schlammung durch die Schmelzwasser der Eiszeit zu stande gekommenen mehr oder weniger steinfreien Thone durch eine besondere Färbung im Profil auszuzeichnen, denn dieselben sind je nach der Localität und der Lage so sehr wechselnd in ihrem Aussehen und in ihrer petrographischen Beschaffenheit, daß man beinahe ebenso viele Farben hätte nehmen müssen, als Stellen ihres Vorhandenseins im Profil sind. Aus denselben Ursachen mußte auch von einer eingehenderen Trennung der diluvialen Sande abgesehen werden. Die Erfahrung zeigt, daß, abgesehen von den sogenannten unteren, theilweise wohl präglacialen und zumeist den Geschiebemergel unter-

22) Ueber *Cratopleura holsatica*, u. s. f. (In: Neues Jahrbuch für Mineralogie, u. s. f., 1892, I, pag. 114 ff. und: Vorläufige Mittheilung über neue Beobachtungen an den interglacialen Torflagern des westlichen Holsteins. (Ibid., 1893, I, pag. 95—96.)

23) Weber, Ueber die diluviale Vegetation von Klinge in Brandenburg und ihre Herkunft. (In: Englers botanische Jahrbücher, 17, Nr. 40, 1893) und: Nehring, Ueber Wirbelthierreste von Klinge. (In: Neues Jahrbuch für Mineralogie u. s. f., 1895, I, pag. 183 ff.)

24) l. c. pag. 202.

teufenden Sanden, die vom Canalprofil meines Wissens nirgends angeschnitten wurden, alle übrigen mehr oder weniger veränderte Derivate des Bryozoensandes sind, der selbst wiederum, wie das schon längst erkannt wurde, nur das Schlammproduct des Geschiebemergels darstellt. Es hängt vom Grade der Auslaugung ab, welche die Sande erfahren haben, in welcher Form dieselben auftreten. Wurde eine Bryozoensandschicht bald nach ihrem Absatz durch Ueberlagerung von Geschiebemergel oder durch Moorbildung vor der auflösenden Thätigkeit des Wassers geschützt, so blieb dieselbe in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit erhalten, konnte jedoch der Kalk nach und nach gelöst werden, fielen vollends die Feldspatheilchen der Verwitterung anheim, so kamen die allerverschiedensten Sandgebilde zur Entwicklung, welche dann, durch gleichzeitigen Absatz von im Wasser in Lösung gewesenen Substanzen, wie beispielsweise Eisen, auch sehr differente Färbung erhalten haben. Hand in Hand damit sind dann auch Schlämmung der Sande durch fließende Gewässer oder äolische Fortführung und Absatz der feineren Theilchen an anderen Stellen vor sich gegangen. Zieht man alle diese Umstände in Betracht, und berücksichtigt man ferner, daß jeweils durch die localen Verhältnisse auch ganz locale Sandbildungen verursacht worden sind, so wird man mein Vorgehen nur billigen können. Vielleicht wird eine Trennung unserer Diluvialsande auf mineralogischer Grundlage möglich sein, und es wäre von hohem Werthe, wenn eine diesbez. Untersuchung dieser Gebilde nach den in neuerer Zeit von verschiedenen Gelehrten gemachten Vorschlägen einmal unternommen würde.²⁵⁾

Eine Betrachtung des Profils in seiner Gesamtausdehnung läßt sofort einen Umstand recht deutlich erkennen, nämlich die ganz anormale Lagerung des Geschiebemergels von der Holtenauer Mündung, Kilometer 98 an, bis zu Kilometer 74,5 etwa, also auf einem Areal von ca. 24 Kilometer Länge, das der Entwicklung des Höhenrückens im Osten des Landes entspricht. Daß es Stauchungserscheinungen sind, auf welche diese anormalen Lagerungsverhältnisse zurückgeführt werden müssen, das habe ich schon zu Genüge in meinen verschiedenen Arbeiten dargethan, und ich halte es, unter Hinweis auf diese letzteren²⁶⁾ für durchaus unnöthig, hier noch einmal auf diese Dinge zurückzukommen. Die Ausschachtungen am Canal haben mir Recht gegeben.

Inwiefern die Dislocationen des festen Untergrundes als Miterzeugerinnen der Störungserscheinungen ebenfalls in Betracht kommen, darüber gedenke ich später einiges publiciren zu können. An dieser Stelle muß ich mich darauf beschränken, nur einige hauptsächliche Punkte hervorzuheben. Durch die weiter oben erwähnten Bodenbewegungen ist das Felsgerüst Schleswig-Holsteins, wie ebenfalls schon betont, in eine Reihe von Schollen zerlegt worden, die durch die Wirkungen der hercynischen Störung in südöstlich-nordwestlicher Richtung treppenartig aneinander verschoben wurden, wie das deutlich in der ganzen Anlage der Belte und der Sunde und in der so eigenthümlichen Gliederung der Flensburger Förde seinen Ausdruck findet. Die erstmalige Invasion der Inlandeismassen fand im Osten des Landes eine Art von Steilküste vor, welche ihrem Vordringen allerlei Hindernisse in den Weg setzte und die Ursache davon war, daß hier im Osten die Ablagerung des Geschiebemergels

25) Schröder van der Kolk, Bijdrage tot de Karteerung onzer Zandgronden (I). (In: Verhandl. d. konink. Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, 2. Sectie, Deel IV, No. 4, 1895) und: Beitrag zur Kartirung der quartären Sande. (In: Neues Jahrbuch für Mineralogie usw. 1895, I, pag. 272 ff.) Ferner: J. W. Retgers, Ueber die mineralogische und chemische Zusammensetzung der Dünen-sande Hollands und über die Wichtigkeit von Fluß- und Meeres-sanduntersuchungen im allgemeinen. (Ibid. 1895, I, pag. 16 ff.)

26) Cf. meine schon mehrfach hier citirten Abhandlungen.

nicht gleichmäßig vor sich gehen konnte. Nachdem an der Ostseite einmal diese Hindernisse überwunden waren und die Eismassen gewissermaßen die Höhe erreicht hatten, mußte im Westen jedoch ein viel gleichmäßigerer Absatz des Geschiebemergels erfolgen, als im Osten. Die durch die Schollenbildung hervorgerufenen Niveauunterschiede treten darum im Osten des Landes auch deutlicher hervor, als im Westen Schleswig-Holsteins, und die erste Anlage der auffallenden Hügelbildung im Osten unserer Provinz wird zweifelsohne darauf zurückzuführen sein. Da im westlicheren Theil, auf dem Mittelrücken des Landes, der Absatz des Geschiebemergels ein viel gleichmäßigerer war, wie soeben betont worden ist, so wurden die besagten Bodenunebenheiten durch die diluvialen Massen hier besser ausnivellirt, und treten darum in der Gegenwart nicht mehr so auffallend oder gar nicht mehr ausgeprägt hervor, natürlich mit einigen Ausnahmen, wie beispielsweise bei Grüenthal.

Während der Interglacialzeit entsandte das Land eine Reihe mächtiger, die Schmelzwasser der allmählich verschwindenden Eismassen mit sich führender Ströme in die damalige, allerdings noch nicht in ihrer jetzigen Gestalt vorhandene Ostsee. Diese Wasserläufe versiegten nach und nach, je mehr der südliche Eisrand nach Norden hinauf verlegt wurde, um endlich nach dem gänzlichen Abschmelzen wohl völlig zu vertrocknen und tiefe Rinnen zu hinterlassen. Das darauf folgende nochmalige Vorrücken des Eises erfolgte, wie wir heutzutage mit ziemlicher Bestimmtheit wissen, von Osten nach Westen. Die durch das Vorhandensein der oben erwähnten interglacialen Stromrinnen bedingten Unebenheiten des Untergrundes waren mit die Ursache davon, daß das in ostwestlicher Richtung vordringende Eis diesen letzteren aufackerte und aufpflügte. Mächtige Schollen des von der ersten Vereisung abgelagerten und durch die Schmelzwasser der Interglacialzeit umgearbeiteten Geschiebemergels wurden dadurch zu den Hügelwällen aufgethürmt, welche den ganzen Ostrand Schleswigs von der Kieler Förde an begleiten. Durch diese Stauchungswälle wurde die eigenthümliche Lage der Wasserscheide hervorgerufen, auf welche schon früher aufmerksam gemacht worden ist.²⁷⁾

Der Vollständigkeit wegen sei hier auch noch kurz der glaciale Pflanzen führenden Ablagerung gedacht, welche der schwedische Gelehrte A. G. Nathorst am Canaleinschnitt bei Projensdorf westlich von Holtenau aufgefunden hat.²⁸⁾ Damit ist auch auf schleswig-holsteinischem Boden eine Fundstelle für die Ueberreste jener Glacialflora bekannt geworden, welche vom finnischen Meerbusen an bis in das südliche England verbreitet war und aller Wahrscheinlichkeit nach wohl den Rand des Inlandeises bei dessen größter Ausbreitung umsäumt haben dürfte. Der ebengenannte Herr bemerkt über diese Fundstelle: „Das betreffende Becken muß eine ausgezeichnete Localität dargeboten haben, als der Canal durch dasselbe gezogen wurde usw. Man muß lebhaft bedauern, daß Millionen von Blattresten, nachdem sie Jahrtausende lang hier aufbewahrt waren, jetzt gänzlich verloren gegangen sind, jetzt, wo sie der Untersuchung zugänglich gemacht wurden.“ Herr Nathorst hat gewißlich recht, und ich möchte noch seinen Worten hinzufügen, daß dies um so bedauerlicher ist, weil zweifelsohne sehr viel für die Wissenschaft hätte gerettet werden können, wenn die Entdecker die berufene Stelle in Kiel auf den Fundort aufmerksam gemacht hätten.

27) In den schon citirten Arbeiten des Verfassers über Schleswig-Holstein.

28) Ueber den gegenwärtigen Standpunkt unserer Kenntniß von dem Vorkommen fossiler Glacialpflanzen. (In: Bihang till k. svenska Vet.-Akad. Handlingar, 17, Afd. III, No. 5, 1892.)

WYDZIAŁY POL
BIBLIOT

Biblioteka Politechniki Krakowskiej

IV-301005

Biblioteka Politechniki Krakowskiej

IV-300990

Biblioteka Politechniki Krakowskiej

100000303051

Biblioteka Politechniki Krakowskiej

100000302792