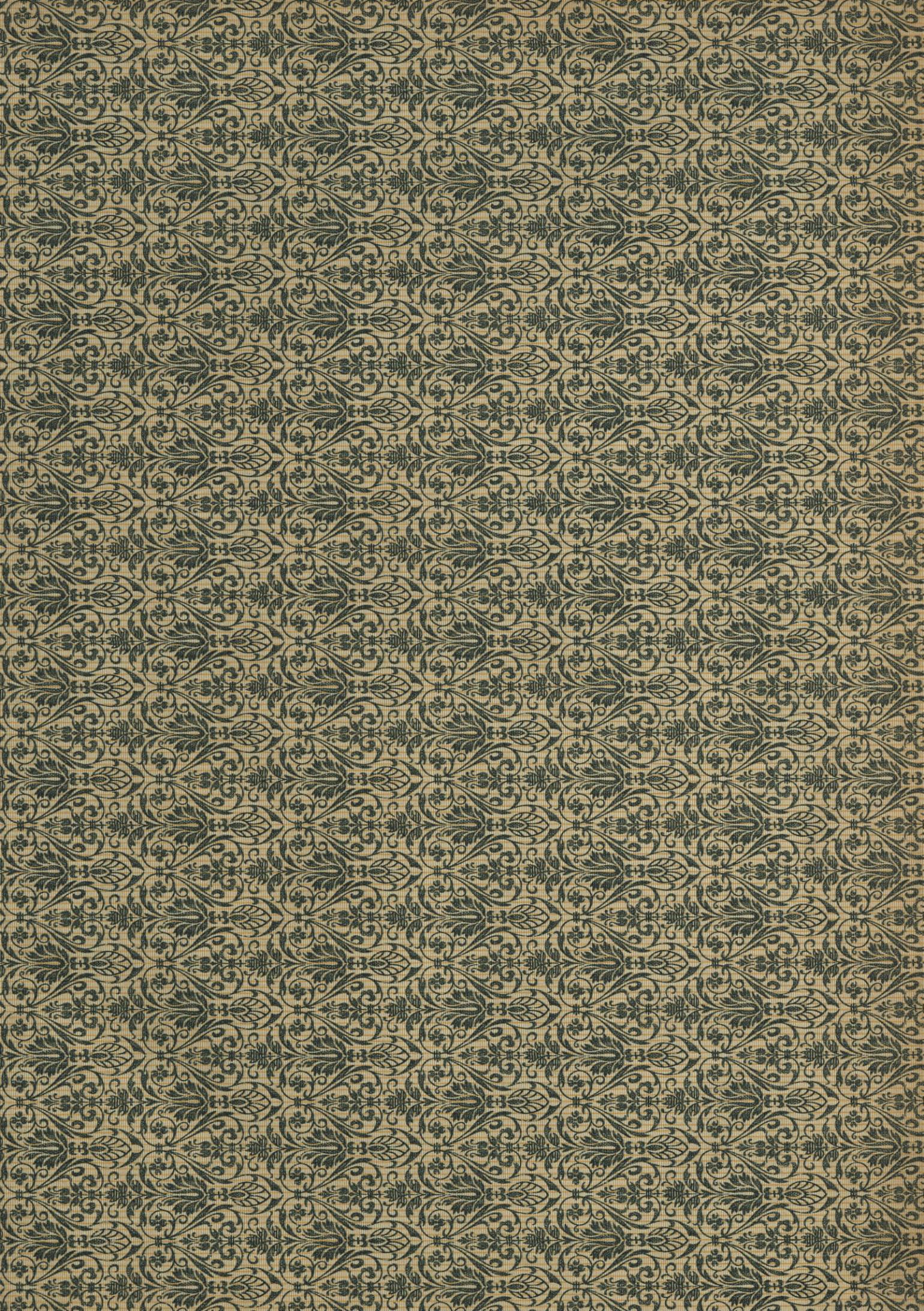






*Bibliothek*  
des  
Reichsamts des Innern.  
N<sup>o</sup> 7228.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej  
  
10000301550





Die  
Neugestaltung  
des  
Hafens von Odessa.

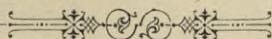
**G. Luther**

Maschinenfabrik

Braunschweig.



*2. Heft*



**Braunschweig 1889.**

Druck von Joh. Heinr. Meyer.

*N. 7228*

*N. 738*

*xxx*

*42*

*G 57. 60*



# I. Allgemeines.



## Maasse und Gewichte für Getreide.

(Das Getreidegewicht ist zu 75 kg pro hl oder 9,6 Pud pro Tschetwert angenommen.)

l Liter	hl Hectoliter	cbm Cubikmeter	Tschetwerik	Tschetwert	kg Kilogramm	t Tonnen	Pud
1	0,01	0,001	0,038	0,00476	0,75	0,00075	0,04575
100	1	0,1	3,81	0,476	75	0,075	4,575
1000	10	1	38,1	4,76	750	0,75	45,75
26,25	0,2625	0,02625	1	$\frac{1}{8}$	19,7	0,0197	1,20
210	2,1	0,21	8	1	157,5	0,1575	9,6
1,33	0,0133	0,00133	0,05	0,00625	1	0,001	0,061
1330	13,3	1,33	50	6,25	1000	1	61
21,86	0,2186	0,02186	0,83	0,1037	16,4	0,0164	1





Als am 14. September des Jahres 1789, also vor 100 Jahren, der russische Generalmajor Joseph de Ribas die türkische Burg eroberte, die dort lag, wo sich heute der Boulevard von Odessa erstreckt, da hätte schwerlich Jemand vorausgesagt, dass ein Jahrhundert später an Stelle des tatarischen Dorfes sich eine Stadt erheben würde, die, wenn auch nicht an Grösse, so doch an Schönheit, an Vollendung ihrer Einrichtungen und an Ausnützung aller heut zu Gebote stehenden geistigen Errungenschaften mit den ersten Städten der Welt wetteifert.

Eine für europäische Verhältnisse so unerhört schnelle Entwicklung konnte naturgemäss nur durch ganz besonders bevorzugte Existenz-Bedingungen hervorgebracht werden. Mit solchen ist Odessa allerdings in hervorragendem Maasse gesegnet.

Bekanntlich ist die Menge der Landesproducte, welche Russland in das übrige Europa einführt, nicht gering. Im Jahre 1886 aber gingen bereits 20,1 % dieser Ausfuhrproducte durch den Hafen von Odessa. Von dem gewaltigen Getreidestrom, der fortwährend von Russland her die übrigen Länder unseres Continentes, namentlich Deutschland, überfluthet, wird mehr als ein Viertheil im Hafen von Odessa verladen.

Ein so blühender Handel schafft zunächst die Mittel zu einer gedeihlichen Entwicklung einer Stadt, schafft auch die Möglichkeit des häufigen Vergleiches mit anderen, culturell hochstehenden Städten, schafft Lust und Liebe zum Fortschritt, ja schafft schliesslich sogar die Nothwendigkeit eines rüstigen Vorwärtstrebens auf technischem Gebiete, weil nur dadurch den immer grösseren Anforderungen, die der wachsende Handel stellt, entsprochen werden kann.

Bei der Beurtheilung des gegenwärtigen Zustandes des Odessaer Hafens und bei der Unterbreitung von Vorschlägen behufs seiner Umgestaltung ist vor allen Dingen, als der bei weitem wesentlichste Faktor, der Getreideverkehr in Betracht zu ziehen.

Einen Ueberblick über die Getreide-Production Russlands gegenüber der der übrigen Länder giebt die nachstehende Tabelle, welche die bedeutendsten Getreide-Länder der Erde enthält und die lehrt, dass Russland von keinem europäischen Lande in der Menge der gewonnenen Frucht übertroffen wird. Die Tabelle bezieht sich auf das Jahr 1884; neuere Vergleichsziffern standen mir leider nicht zu Gebote.

Im Jahre 1884 gewonnenes Getreide.

Vereinigte Staaten von Amerika . . .	1,059,800,000 hl
Russland . . . . .	660,200,000 »
Frankreich . . . . .	274,800,000 »
Deutschland . . . . .	242,900,000 »
Oesterreich-Ungarn . . . . .	239,900,000 »
Australien . . . . .	22,900,000 »

Unter Getreide sind hier verstanden: Weizen, Spelz, Roggen, Hafer, Gerste, Mais, Hirse, Buchweizen etc.

Im Jahre 1884 betragen die Ausfuhrmengen an Getreide der einzelnen Länder:

Vereinigte Staaten von Amerika . . . .	52,438,510 hl
Russland . . . . .	75,940,000 »
Oesterreich-Ungarn . . . . .	17,323,250 »

Hier steht also Russland allen Ländern bei Weitem voran.

Odessa ist gewissermaassen von der Natur dazu bestimmt, dem Getreidestrom Russlands als Thor zu dienen. Die Nähe der wichtigsten Getreide-Gouvernements, nämlich Bessarabien, Cherson, Taurien, Poltawa, Kiew und Charkow und die günstige Lage an der See machen es zu einem der wichtigsten Getreidepunkte der Erde.

Beifolgende Tafel I giebt eine graphische Darstellung des Getreide-Exportes von Odessa seit dem Jahre 1836. Auf der unteren Querlinie sind die einzelnen Jahre markirt, während auf den von oben nach unten laufenden Linien die Anzahl der in dem betreffenden Jahre ausgeführten Tschetwerts nach einem bestimmten Maassstabe aufgetragen sind. Trotz der durch mannigfache Conjuncturwechsel hervorgebrachten starken Schwankungen ist doch eine stark steigende Tendenz vorhanden, und die Höhe, welche die Ausfuhr im Jahre 1888 erreicht hat, ist eine geradezu verblüffende, nämlich  $12\frac{1}{2}$  Millionen Tschetwerts oder  $26\frac{1}{4}$  Millionen Hectoliter (rund 120 Millionen Pud oder fast 2 Millionen Tonnen). Wollte man aus der Form der sich ergebenden Curve auf die fernere Entwicklung des Getreideverkehrs Schlüsse ziehen, so würde man schon für die nächsten 10 Jahre auf ganz ungeheuerliche Zahlen kommen, die jedenfalls die Mahnung enthalten, den Maassstab der zu treffenden Einrichtungen gross genug zu wählen.

Die in Odessa lagernden Getreidebestände betragen

Ende 1885 . . . .	1,543,500 Tschetwerts
» 1886 . . . .	1,679,500 »
» 1887 . . . .	1,821,300 »
» 1888 . . . .	3,097,000 »

Die Höhe der letzten Zahl erklärt sich daraus, dass der Hafen von Odessa Ende des Jahres 1888 durch Eis gesperrt war. Man hat in dem genannten Jahre für die Lagerung von 1 Tschetwert pro Monat 5 Kopeken Lagergeld bezahlt. Das macht also, auf einen Monat berechnet, rund 155,000 Rubel.

Mit welchen Summen hinsichtlich des Seeverkehres in Odessa überhaupt zu rechnen ist, zeigen die Gesamtwerthe des Exportes und Importes. Ersterer betrug im Jahre 1886 88,169,000 Rubel, letzterer im gleichen Jahre 66,107,000 Rubel.

Von den oben erwähnten, im Jahre 1888 durch Odessa ausgeführten 120,000,000 Pud Getreide sind rund 50,000,000 durch die Waggons der russischen Südwestbahn herangeführt, während das Uebrige, also 70,000,000 Pud, theils durch Landfuhrwerke, theils durch Flussbarken herbeigeschafft worden ist.

Die Bewältigung eines derartigen Getreideverkehrs erfordert naturgemäss ganz besondere Mittel. In dieser Hinsicht ist in Odessa Manches geschehen, ja der unbefangene Laie, der zum ersten Male die Hafeneinrichtungen sieht, erhält den Eindruck grossartiger und ingenieuser Vorkehrungen. Dennoch halten die vorhandenen Anordnungen vor den Augen des prüfenden Fachmannes nicht Stand. Vielmehr drängt sich einem solchen sofort die Ueberzeugung auf, dass durch passend gewählte und entsprechend ausgeführte Neuanlagen immense Vortheile, Ersparnisse an Zeit und Geld, geschaffen werden können. Solche Einrichtungen werden zur Nothwendigkeit, wenn der Getreideverkehr Odessas in dem Maasse wie bisher zunimmt oder auch nur so bleibt wie er jetzt ist.









Ausserdem hat die Erfahrung gelehrt, dass eine vergrösserte und vervollkommnete Hafenanlage einen erheblichen Aufschwung des Verkehrs nach sich zieht, selbst wenn man an die Möglichkeit einer weiteren Steigerung kaum gedacht hat. So ist es mit den grossen Hafenanlagen in Hamburg gegangen, die sich, kaum fertig gestellt, bereits als dem Verkehr nicht gewachsen erwiesen und zur Vornahme weiterer Vergrösserungen nöthigten.

Die gegenwärtigen Verhältnisse des Odessaer Hafens sind auf Tafel II dargestellt.

Ein grosser Complex von Getreidespeichern liegt im Westen, ein noch erheblich grösserer im Norden der Stadt. Ersterer ist durch Bahngleise vielfach durchschnitten und steht durch Eisenbahn mit dem Hafen in directer Verbindung. Der letztgenannte, nördliche Complex hat zwischen den einzelnen Gebäuden schmal-spurige Gleise, auf denen das Getreide der Haupt-Eisenbahn zugeführt wird. Diese bringt es dann nach dem Hafen.

Die Speicher bestehen aus niedrigen, meist einstöckigen Gebäuden, deren Boden mit einer 6 bis 8 Meter hohen Getreideschicht bedeckt wird.

Das Terrain der Stadt fällt gegen den Hafen hin erheblich ab, jedoch die das Hafengebiet von Nord-west her beschreitende Eisenbahn ist auf einen Viaduct, Estocade genannt, geführt, auf dem sie, zweigleisig, das ganze Hafengebiet durchstreift, um schliesslich an den eigentlichen Getreidehafen zu gelangen. Dieser führt den Namen »Quarantäne-Hafen« und wird von der Karantiny- und der Platonow-Mole gebildet. Die Estocade umzieht, ca. 8 Meter hoch über dem Hafenterrain, den ganzen Quai, so dass sie eine sehr grosse Uferlänge bestreicht. Der Viaduct hat eine Gesamtlänge von ca. 3,5 km und besteht aus Holz. Er ist vor 15 Jahren errichtet, bereits sehr baufällig und wegen der Trockenheit des Holzes und der Nähe von Gebäuden höchst feuergefährlich.

Ausserdem beengt er das ohnehin schon schmale Hafenterrain in ganz empfindlicher Weise. Das Schlimmste ist aber, dass er nur 2 Gleise hat und so das Heranschaffen von neuen, beladenen, und das Fortschaffen der entleerten Waggons ungeheuer schwierig ist und ausserordentlich viel Zeit erfordert.

So kommt es, dass, obgleich die Estocade sich um den ganzen Hafen zieht, doch nur 500 Waggons an einem Tage entleert werden können. Es geschieht dies theils direct durch provisorisch zwischen Waggon und Schiff aufgehängte Röhren, theils durch fahrbare Transportbänder, welche auf Schienen neben der Estocade bewegt werden können und an diejenige Stelle gebracht werden, wo sie augenblicklich von Nöthen sind. Aus dem betreffenden Waggon fällt das Getreide direkt auf diese Transportbänder und wird von ihnen in das Schiff geführt. Selbstredend enthalten weder Waggons noch Schiffe das Getreide in Säcken, sondern stets nur in loser Schüttung. Die Waggons haben trichterförmige Böden, so dass man nur einen Schieber zu öffnen braucht, um die Entleerung des ganzen Wagens zu veranlassen.

Anders ist die Sache bei den Flussbarken. Diese enthalten das Getreide zwar ebenfalls in loser Schüttung, jedoch ist hier ein Einsacken nöthig, weil die Ueberführung des Kornes in die Seedampfer durch Menschenkräfte geschieht. Mechanische Vorrichtungen werden hierfür nicht verwendet. Es soll zwar die Dampfschiffahrts-Gesellschaft seiner Zeit einen schwimmenden Elevator angeschafft haben, derselbe muss aber von sehr unvollkommener Ausführung gewesen sein, denn er wird seit Jahren nicht mehr benutzt.

Die Landfuhrwerke bringen das Getreide in Säcken herbei. Letztere dienen aber durchweg nur als Transportmittel, nicht als Maasseinheit wie in Deutschland und anderen Ländern. Die Einladung in die Seedampfer geschieht ebenfalls durch Menschenkräfte.

So grossartig also im ersten Momente die mächtige Estocade mit ihren fahrbaren Transportbändern auch scheint, so nothwendig stellt sich die Frage dar, auf welche Weise am billigsten und besten Einrichtungen getroffen werden könnten, die wirklich den Anforderungen der Jetztzeit und denen der Zukunft entsprechen.

In der Folge solle ein solches Project ausführlich beschrieben werden, dessen Grundgedanken jedoch schon hier ihre Erläuterung finden mögen.

Unter den Forderungen, die zuerst an eine Neu-Einrichtung im Hafen von Odessa gestellt werden müssen, nimmt diejenige nach einem grossen Transit-Behälter in Gestalt eines Elevators (Silo), der unmittelbar am Hafen liegt, den ersten Platz ein. Derselbe müsste geeignet sein, schnell von den Landspeichern her beschickt werden zu können und ebenso schnell die Seeschiffe zu beladen, so dass deren Aufenthalt durch Einnehmen von Kornladung erheblich vermindert wird. Das Terrain des Hafens selbst bietet hierzu keinen Platz, wenigstens nicht für eine Anlage von dem Maassstabe, wie er hier nur in Betracht kommen kann. Dieser Platz lässt sich aber schaffen, wenn man den grossen Wellenbrecher, welcher den Hafen nach Nordosten abschliesst, als theilweises Fundament für einen zeitgemässen Schachtspeicher, in Amerika und England Elevator, in Deutschland Silo genannt, benutzt. Durch Anordnung eines zweiten Wellenbrechers, parallel dem ersten, wird die nöthige Unterlage für ein solches grossartiges Bauwerk gewonnen. Seine Raumverhältnisse würden vielleicht für den Augenblick zu gewaltige werden, und es empfiehlt sich daher, nicht alle Getreideschächte, die darin Platz finden sollen, sofort auszuführen, sondern nur die Hälfte, derart, dass zwischen je 2 Schächten der Raum für einen später einzulegenden dritten verbleibt.

Aus diesem grossen Speicher würden die Seeschiffe direkt, ohne Hilfe von Bändern, beladen werden können, indem sie an seiner Südwestseite, also innerhalb des Hafens, anlegen. Bei der Länge von 1 Km würde dem grössten Verkehr Raum und Bewegung gewährt bleiben.

Die zweite Hauptfrage ist: Auf welche Weise ist das Getreide von den Eisenbahnwaggons in diesen Speicher, bezüglich in die Schiffe, zu führen?

Als wichtig erscheint es hierbei, dass der Hafen, soll er dem freien Verkehre nützlich dienen, von der beschränkenden Estocade befreit werden muss, dieselbe wäre also niederzulegen. Ihre 2 Gleise könnten dem Verkehr zu ebener Erde dienen.

Es müsste dafür die Bahn, kurz hinter ihrer nördlichsten Krümmung, im Bogen entweder auf der Androssow-Mole oder auf einer nördlich von ihr besonders ins Meer gebauten bis etwa auf 100 m der Nordwestecke des jetzigen Wellenbrechers nahe gebracht werden. Von diesem Endpunkte der Bahn wäre nach der Nordwestecke des jetzigen Wellenbrechers eine Brücke zu errichten, welche die Transportvorrichtung für das nach dem Speicher, bezüglich in die Schiffe, zu befördernde Getreide tragen müsste und gleichzeitig zur Aufnahme der die motorische Kraft zum Betriebe des Speichers übertragenden Organe dienen würde.

Der letzte, auf der Mole liegende, Theil der Bahn, welche viergleisig gedacht wird, würde auf eine ziemliche Länge wieder auf einer Estocade geführt werden, die unterhalb der Schienen grosse Getreidebehälter (Silozellen) bildet, welche gleichzeitig eine Trennung verschiedener Getreidesorten ermöglichen, andererseits die Entladung vier ganzer Eisenbahnzüge auf einmal zulassen. Aus diesen Behältern würde das Getreide in einen Thurm gehoben und von diesem aus auf das über die Brücke führende Band gebracht. Im Speicher selbst würden die verschiedensten Transportvorrichtungen es ermöglichen, entweder die Elevatorzellen zu füllen, oder aber das Getreide direkt den zu beladenden Schiffen zuzuführen.

Es ist noch zu bemerken, dass die oben erwähnte Brücke selbstredend von genügender Höhe sein muss, um die Seeschiffe unter sich hindurchzulassen.

Die Landfuhrwerke, welche Getreide herbeiführen, wären in einer ähnlichen Weise zu entladen, so dass an Zeit und Handarbeit auch hier Erhebliches gespart würde.

Für die Umladung von Getreide aus Flussschiffen in die Seeschiffe sind natürlich ebenfalls geeignete Vorkehrungen, die auf der Höhe der Zeit stehen, vorzusehen, also schwimmende, auf einem Ponton montirte Elevatoren oder sogenannte schwingende Schiffselevatoren oder schliesslich auf Schienen bewegliche sogenannte Teleskopelevatoren, wie solche für die Häfen Galatz und Braila beschafft wurden.

Durch diese Maassnahmen wären mit einem Schlage Einrichtungen getroffen, wie sie dem riesenhaften Getreideverkehr Odessas wirklich entsprechen. Ausserdem aber würde durch den Wegfall der Estocade Platz im ganzen Hafengebiete geschaffen. Dadurch ferner, dass die Seeschiffe direkt an dem neuen Speichergebäude ankern, würde der ganze Quarantänehafen frei und könnte vorzüglich als Petroleumhafen dienen, denn einerseits liegen keine Gebäude in seiner unmittelbaren Nähe, andererseits kann die Karantinnny-Mole durch ein eisernes Thor abgesperrt werden, so dass die ganze Petroleumlagerung so separirt wie möglich erfolgte.

Es sollen nun im Nachstehenden die einzelnen hier flüchtig berührten Punkte ausführlich erörtert und begründet werden, so dass die Gesichtspunkte, unter denen die Vorschläge erfolgen, der selbständigen Beurtheilung der Sachverständigen unterliegen.





## II. Die Betriebskraft.



## L ä n g e n m a a s s e .

km Kilometer	m Meter	dm Decimeter	cm Centimeter	mm Millimeter	Werst	Saschehn	Arschin	Tschetwert	Werschok
1	1000	10000	100000	1000000	0,937	468,5	1405,5	5622	22488
0,001	1	10	100	1000	0,000937	0,4685	1,4055	5,622	22,488
0,0001	0,1	1	10	100	0,0000937	0,04685	0,14055	0,5622	2,2488
0,00001	0,01	0,1	1	10	0,00000937	0,004685	0,014055	0,05622	0,22488
0,000001	0,001	0,01	0,1	1	0,000000937	0,0004685	0,0014055	0,005622	0,022488
1,067	1067	10670	106700	1067000	1	500	1500	6000	24000
0,002134	2,134	21,34	213,4	2134	0,002	1	3	12	48
0,000711	0,711	7,11	71,1	711	0,00066	0,33	1	4	16
0,000177	0,177	1,77	17,7	177	0,000165	0,0825	0,25	1	4
0,000044	0,044	0,44	4,4	44	0,0000412	0,0206	0,0625	0,25	1





Es mag befremdlich erscheinen, wenn den übrigen eingehenden Betrachtungen über die Einzelheiten des im Vorstehenden flüchtig entworfenen Projectes diejenige der mechanischen Kraft-Erzeugung vorangeschickt wird. Dennoch ist in dem vorliegenden Falle von den sonst üblichen diesbezüglichen Anschauungen abzuweichen, weil in der That die Frage der bewegenden Kraft von entscheidender Bedeutung für die Möglichkeit oder Unmöglichkeit der entwickelten Pläne ist. Die Abgeschlossenheit des zu schaffenden Transit-Lagers, seine Feuergefährlichkeit, die Art der Verbindung mit dem Lande mittelst der zu schaffenden Brücke, die Gestaltungsart des Ufers, die örtlichen Verhältnisse der Brennmaterial-Preise, sowie die besonderen Eigenschaften des zu gründenden maschinellen Betriebes machen neben mancherlei anderen Rücksichten das gründliche Studium dieser Frage zur dringenden Pflicht und unumgänglichen Nothwendigkeit.

Die Wahl desjenigen Krafterzeugungsmittels, welches in sonstigen Fällen bei derartigen Speicheranlagen den Vorzug verdient, ist noch niemals schwer geworden. Es hat hier stets die Methode der Erzeugung von hohem Wasserdruck (50 Atmosphären) durch eine centrale Dampfmaschinen-Anlage den Sieg davon getragen, denn ihre Vortheile sind Jedem einleuchtend. So sind auch die neuen Häfen von Hamburg und Bremen mit diesem Betriebsmittel ausgestattet worden. Dem späteren Gange der Erörterungen vorgreifend, sei jedoch schon hier bemerkt, dass in dem vorliegenden Falle in Anbetracht der speciellen Verhältnisse die Anwendung von Hydraulik mindestens bedenklich, wenn nicht gar von vorn herein verwerflich erscheint. Es muss also weitere Umschau unter den zu Gebote stehenden Elementarkräften gehalten werden.

Der Umstand, dass die einzelnen Bedarfsstellen sehr zerstreut liegen, lässt es zunächst als empfehlenswerth erscheinen, die Krafterzeugung möglichst durch einzelne Motoren zu bewirken, also nicht von einer Centralstelle aus in gewöhnlicher Weise mittelst mechanischer Uebertragung die Bewegung einzuleiten. Dieser Gesichtspunkt führt zunächst auf die sogenannten Kleinmotoren, wie wir sie in Gestalt von Heissluftmaschinen, Wassermotoren, Petroleum-, Benzin- etc. Motoren, und schliesslich Oel- und Steinkohlengas-Motoren kennen. Hiernach wird dann die Dampfkraft mit den verschiedenen Arten der Uebertragbarkeit (Riemen, Seile, Luftcompression, Wasserdruck und Elektrizität) in Betrachtung zu ziehen sein.

Heissluftmotoren sind auszuschliessen, weil sie die Anlage von Feuerstellen im Speicher bedingen würden, sie andererseits aber bisher mit wirklichem Nutzen nur in kleinen Dimensionen verwendet werden.

Auf die Wassermotoren wird später, bei Besprechung der Verwendung von Dampfmaschinen, näher eingegangen und gezeigt werden, dass auch sie nicht zu den für den vorliegenden Fall empfehlenswerthen Einrichtungen gehören.

Als erste Gattung wären also die Petroleummotoren, für welche ja namentlich das reichliche Vorhandensein von Petroleum und seinen Nebenproducten spricht, näher zu beleuchten.

## A. Petroleum-Motoren.

Die Aufstellung dieser Motoren würde direct an den Gebrauchsstellen, das heisst im Silospeicher und an der Entladestation auf der Mole, auf festen Fundamenten stattfinden. Ein Bassin von ziemlich bedeutender Grösse zur Aufnahme des Naphtas müsste im Silo und ein solches auf der Mole, und zwar wegen der Feuergefährlichkeit des Inhaltes möglichst isolirt, aufgestellt werden.

Für jede effectiv geleistete Pferdekraft werden pro Stunde 0,5 kg Petroleumnaphta verbraucht. Nimmt man nun an, dass die Anlage zunächst 1800 bis 2000 Pferdestärken benöthigt, was der Wirklichkeit ungefähr entsprechen wird, und legt man den nachfolgenden Berechnungen einen 24 stündigen Betrieb im vollen Umfange zu Grunde, so würde der Verbrauch an Naphta pro Tag rund  $1900 \cdot 24 \cdot 0,5 = 22\,800$  kg betragen. Es würde also bei einem specifischen Gewichte des Naphtas von 0,7 kg für 3 Tage ein Vorrath von 95,000 l nöthig sein.

Die Herbeischaffung dieser Massen von Naphta wird an und für sich keine Schwierigkeiten machen, doch muss berücksichtigt werden, dass dieses Petroleum-Destillat sich sehr leicht verflüchtigt und noch leichter entzündlich ist. Im Uebrigen kann es auf dem Schiffe bis an das Speicherbassin, und ebenso bis an den Behälter, welcher die Motoren auf der Mole mit Material zu versorgen hat, geschafft und von speciell hierzu angelegten Pumpwerken in das Bassin gehoben werden.

Die zu verwendenden Petroleummotoren sind sogenannte Viertact-Maschinen und würden in diesem Falle als Zwillingmotoren ausgeführt werden.

Bis zur heutigen Zeit sind Motoren von 40—60 Pferdekraften noch nicht gebaut, weil dieselben im Vergleich mit Dampfmaschinen und Gasmotoren in Anbetracht der zu hohen Preise des Naphtas und des demzufolge theuren Betriebs in ökonomischer Hinsicht nicht empfehlenswerth sind. Es liegen jedoch keine Schwierigkeiten vor, Motoren durch Anwendung von Zwillingen und eventuell durch Kupplung derselben in der Grösse, wie sie hier in Frage kommen, herzustellen.

Das Petroleum kann in 2 Formen als Betriebskraft in Anwendung kommen, nämlich als gewöhnliches Handelspetroleum und als Naphta oder Benzin. Das Handelspetroleum als Betriebskraft zu verwenden, dürfte im vorliegenden Falle nicht in Betracht zu ziehen sein, da gerade dieses in Odessa den grössten Werth besitzt, während Naphta billiger zu haben ist und sich in Folge seines geringen specifischen Gewichtes von ca. 0,7 und seiner leichteren Verdunstbarkeit am besten zum Betriebe der Motoren eignet.

Es giebt verschiedene Constructionen von sogenannten Petroleum-(Benzin-)Motoren, und es sollen davon zwei in den Rahmen dieser Besprechung aufgenommen werden.

### a. Petroleummotor nach Spiel's Patent.

Die Vorgänge bei diesem Viertactmotor sind folgende:

Während der Kolben sich vorwärts bewegt, füllt sich der Arbeitscylinder durch das Luftventil mit atmosphärischer Luft und empfängt zugleich eine gewisse Menge flüssiges Petroleumnaphta, welches durch eine kleine Pumpvorrichtung abgemessen und in den angesogenen Luftstrom eingespritzt wird. Das zum Betriebe dienende Petroleum wird also beim Spiel'schen Motor vorher nicht vergast, sondern es wird für jede Explosion ein entsprechendes Quantum Flüssigkeit in den Arbeitscylinder eingespritzt. Das ist der charakteristische Unterschied zwischen diesem Motor und demjenigen, bei welchem das Petroleumnaphta in einem besonderen Apparat, einem Gaserzeuger, unter Benutzung seiner leichten Verdunstbarkeit, vergast und im gasförmigen Zustande dem Arbeitscylinder zugeführt wird.

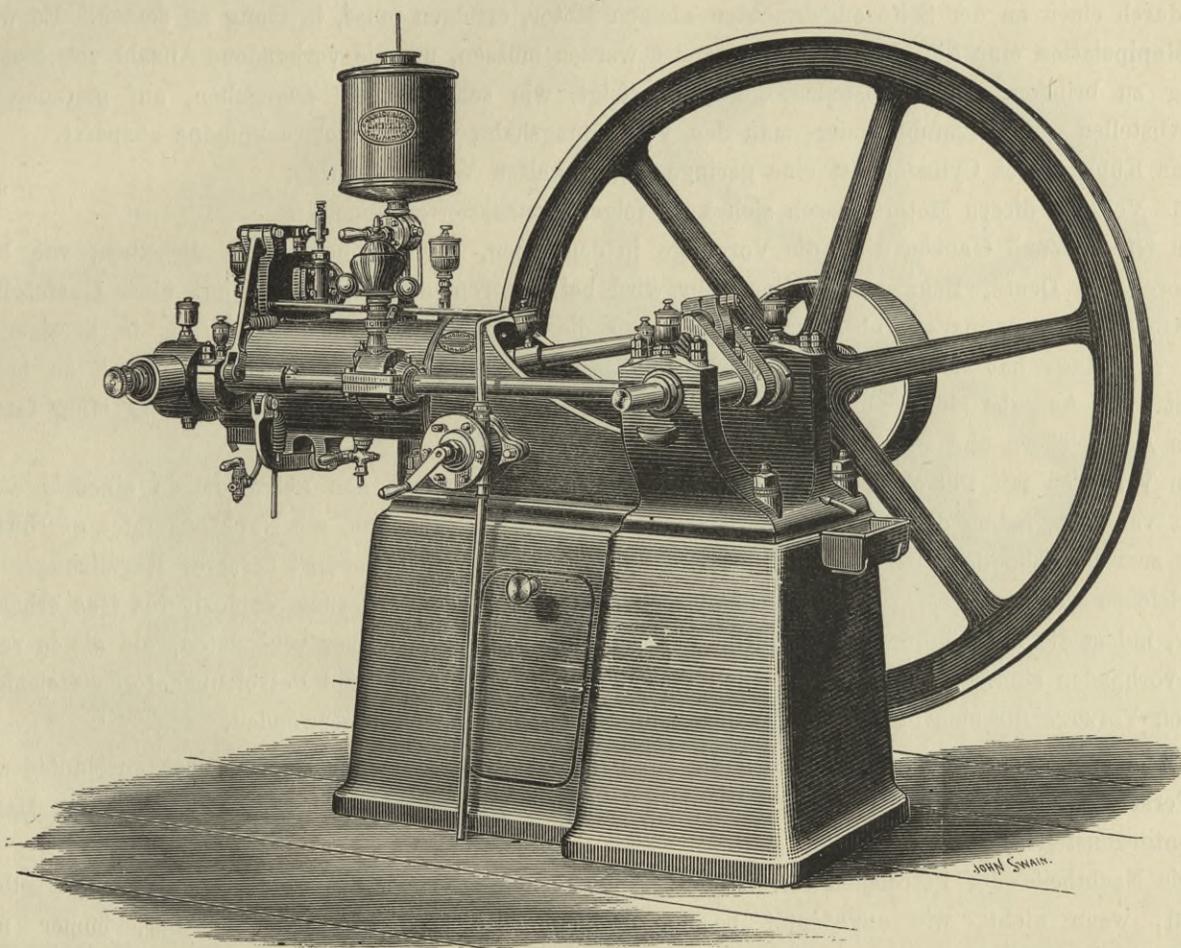
Nachdem das Petroleum in den vom Kolben angesogenen Luftstrom eingespritzt und dadurch zerstäubt worden ist, kehrt der Kolben zurück und comprimirt das aus Luft und zerstäubtem Petroleum bestehende Explosionsgemisch, welches beim Hubwechsel plötzlich zur Explosion gebracht wird. Der unter der Explo-

sionswirkung mit grosser Kraft vorwärts getriebene Kolben stösst auf seinem dann folgenden Rückwege die Verbrennungsproducte aus seinem Cylinder heraus, womit die vier Vorgänge des Viertactes, nämlich Ansaugen, Comprimiren, Explodiren und Entleeren, beendigt sind.

Die Kraftentwicklung der Explosion ist eine sehr grosse, so dass sie genügt, um dem Schwungrade die zu stetigem Gange und gleichmässiger Kraftabgabe nöthige Energie mitzutheilen. Der Gang dieser Maschine ist ein recht gleichmässiger, so dass sie auch zur Erzeugung von elektrischem Licht angewendet wird.

Das zur Speisung der Motoren nöthige Petroleumnaphta könnte in dem vorliegenden Falle durch Rohrleitungen von den grossen Behältern her jedem Motor zugeführt werden. Die Rohre könnten an entsprechenden Stellen und an jedem Motor mit Ventilen oder Hähnen versehen sein, so dass man den Stillstand jedes einzelnen Motors durch einfache Absperrung der Naphtazufuhr herbeiführen kann.

Fig. 1.



Für allein stehende Motoren kann auch ein Oelgefäss auf dem Arbeitscylinder angebracht werden, welches mittelst einer an der Seite des Maschinengestelles vorgesehenen Würgelpumpe aus einem etwas grösseren, in der Nähe des Motors aufgestellten Gefässe gespeist wird, das seinerseits den Stoff von dem Hauptbehälter her durch directe Zuleitung erhält.

Aus dem auf dem Arbeitscylinder angebrachten Oelgefässe (siehe beistehende Figur 1) saugt die vorhin schon angedeutete Oeldruckpumpe, welche das genau bemessene Einspritzquantum dem Arbeitscylinder zuführt und hier in dem gleichzeitig angesogenen Luftquantum fein zerstäubt.

Die Entzündung des so bereiteten, beim Rückgange des Kolbens zusammengepressten Explosionsgemisches, erfolgt neuerdings durch einen elektrischen Funken, welcher durch einen am Gestell angebrachten leicht be-

weglichen elektromagnetischen Inductionsapparat hervorgebracht wird und der im geeigneten Moment in dem Arbeitscylinder zur Wirkung kommt. Durch Anbringung dieser elektrischen Zündung, welche eine sehr geringe Kraft und keine besonderen Erhaltungs- und Wartungskosten verursacht, ist der Betrieb ein sehr einfacher und sicherer, und es ist, was wohl zu beachten, ausserhalb der Maschine kein Feuer nothwendig, wie das bei der früheren mit einer Weingeist- oder Gasflamme veranlassten Entzündung des Explosionsgemisches der Fall war.

Die Maschine ist zur Erreichung eines gleichförmigen Ganges mit einem empfindlichen Regulator versehen, welcher die Oelzufuhr gänzlich abstellt, sobald die Geschwindigkeit, mit welcher sich das Schwungrad bewegt, die normale übersteigt.

Der Motor ist nach Anstellen der Oelzufuhr durch Andrehen des Schwungrades, welches bei den im vorliegenden Falle von jeder Maschine zu fordernden 40 bis 60 Pferdestärken durch mehrere Menschen, am besten durch einen an der Seite angebrachten kleinen Motor, erfolgen muss, in Gang zu setzen. Es wird zu dieser Manipulation eine gewisse Zeit aufgewendet werden müssen, um die vorhandene Anzahl von Maschinen in Gang zu bringen. Das Stillstellen dagegen erfolgt, wie schon vorhin angegeben, auf einfache Weise durch Abstellen der Oelzufuhr, indem man den Verbindungshahn vor der Oeldruckpumpe absperrt.

Zur Kühlung des Cylinders ist eine geringe Menge kalten Wassers nöthig.

Die Vorzüge dieses Motors fassen sich kurz folgendermaassen zusammen:

Im Grossen und Ganzen sind die Vorgänge in demselben, sowie seine Bauart, dieselben, wie bei den Gasmotoren von Deutz, Benz und Körting, nur wird bei ersteren die Verbindung mit einer Gasfabrik oder einem Gaserzeugungsapparate überflüssig, weil eben die Zufuhr des treibenden Mittels in flüssiger Form erfolgt. Allerdings hat man dafür die Herbeischaffung und Lagerung des Petroleumnaphtas zu besorgen. Doch ist diese Aufgabe eine viel leichtere als die Beschaffung von Steinkohlen, der Betrieb einer Gasfabrik und das Aufspeichern und Zuleiten von Gas.

Im Vergleich mit Petroleummotoren anderer Construction, welche das Petroleum in einem besonderen Apparat vergasen, indem durch denselben Luft gepresst wird, welche dann, mit Naphtadämpfen geschwängert, als Gas zum Betriebe des Motors dient, hat der Spiel'sche Motor den Vortheil besserer Regulirung in Folge eines gleichen Gasgemenges, während die anderen im Anfange der Vergasung explosiveres Gas erhalten als nachher, indem die flüchtigeren Bestandtheile des Naphtas so lange rascher verdunsten, als sie in reicherer Menge vorhanden sind. Es leuchtet ja auch ein, dass von allen Gas- und Petroleummotoren diejenigen die grösseren Vorzüge für sich haben, welche das rohe Brennmaterial direct verwenden.

Bei einer grossen Anlage ergiebt sich die Nothwendigkeit der Beaufsichtigung durch geschultes und geübtes Personal von selbst, während sich besondere Schwierigkeiten hinsichtlich der Bedienung dieser Maschinen nicht entgegenstellen.

Die Nachteile der Petroleummotoren sind: Zeitraubender Arbeitsaufwand beim Anlassen derselben, bei welchem, wenn nicht, wie angedeutet besondere kleine Motoren verwendet werden, immer mehrere Menschen Hand anlegen müssen.

#### b. Neuer Petroleummotor »Benz«.

Der neue Petroleummotor »Benz« (siehe nebenstehende Figur 2) besitzt die gleichen Vortheile, die der Gasmotor »Benz« hat. Er ist ebenso wie der Spiel'sche jederzeit betriebsfertig und arbeitet zuverlässig und ruhig.

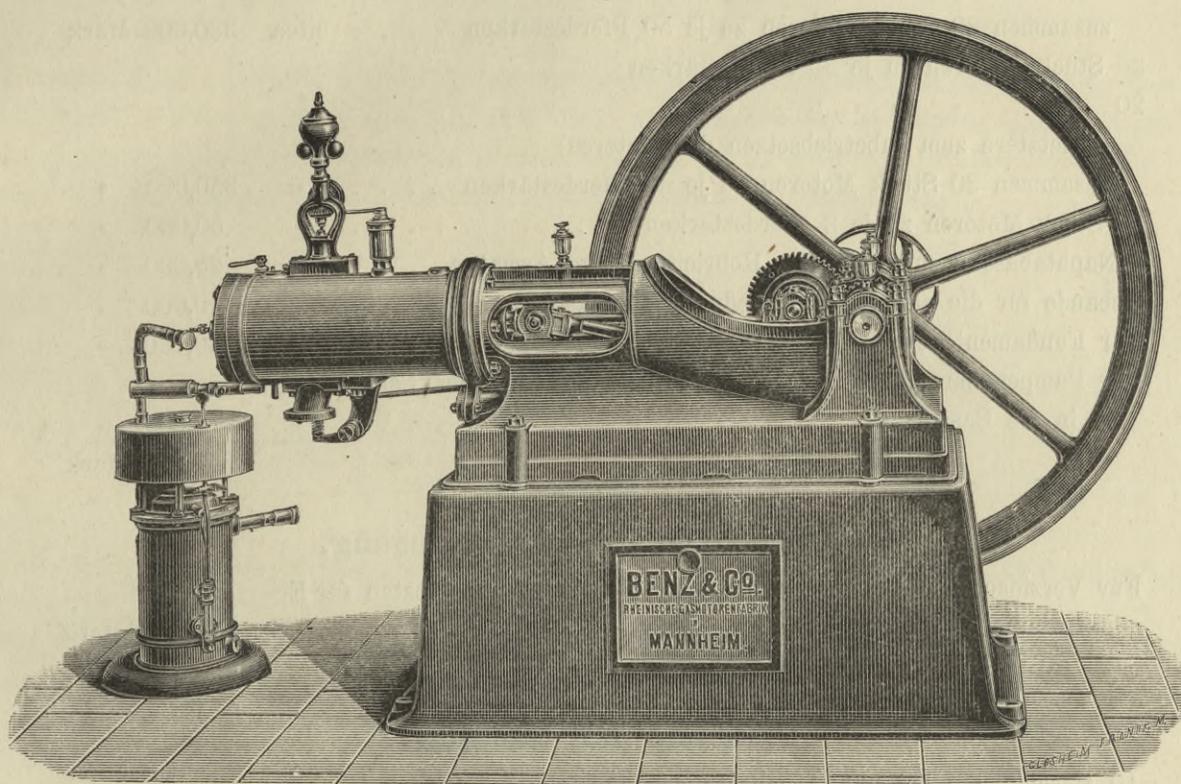
Der Benz-Motor lässt sich mit allen Petroleumdestillaten von ca. 0,7 specifischem Gewichte betreiben.

Nur während der Arbeit kann Oel consumirt werden, und auch dann regulirt der Motor selbstthätig den Gasconsum im Verhältniss zur jeweiligen Kraftleistung.

Das Petroleumnaphta wird bei diesem Motor nicht im flüssigen Zustande dem Arbeitscylinder zugeführt, sondern in einem dazugehörenden Gaserzeuger in Oeldunst verwandelt.

Dieser Gaserzeuger ist nach jahrelangen Versuchen zu einem wirklich vollkommenen Apparat gebracht worden und arbeitet ökonomisch, sicher und gefahrlos. Das Gasöl tritt sichtbar durch eine in der Rohrleitung eingeschaltete Glasröhre in den Gaserzeuger, wo es in Oeldunst verwandelt wird, um in dieser Gestalt im Motor als Triebkraft verwendet zu werden. Durch geeignete Vorrichtungen sind Rückschläge der Explosion in den Gaserzeuger, der ausserdem mit einem Sicherheitsventil versehen ist, vollständig ausgeschlossen. Die Entzündung des Gasgemisches geschieht ebenfalls, wie beim Spiel'schen Motor, unter Vermeidung der gefährlichen und lästigen Zündflamme mittelst elektrischen Funkens innerhalb des geschlossenen Arbeitscylinders. Es ist daher auch hier jede Gefahr beim Betriebe unmöglich gemacht, wenn die allgemeinen, bei der

Fig. 2.



Behandlung von Gasöl nöthigen Vorsichtsmaassregeln beobachtet werden. Dass aber bei der geringsten Nichtbeachtung dieser Vorsichtsmaassregeln in Folge der leichten Brennbarkeit und Verdunstungsfähigkeit des Gasöls Brände, ja sogar Explosionen entstehen können, ist nicht wegzuleugnen.

Die sonstigen Eigenschaften und Vortheile des Benz-Motors sind dieselben wie die der Spiel'schen. Sämmtliche ausserdem noch existirende Petroleummotoren nach System Körting, Priestmann etc. verfolgen denselben Zweck und sind nur in der Construction von den beschriebenen und unter sich etwas verschieden.

Um nun eine brauchbare Uebersicht über die Kosten des Betriebes aller hier in Betracht kommenden Krafterzeugungsanlagen zu gewinnen, soll wie vorher angenommen werden, dass die gesammte erforderliche Kraft 1800 bis 2000 Pferdestärken beträgt. Die gewonnenen Zahlen sollen allerdings nicht absoluten, sondern nur vergleichenden Werth besitzen.

Es soll unter diesem Gesichtspunkte angenommen werden, dass zur Aufstellung gelangen:

20 Maschinen von je ungefähr 50 Pferdestärken, 1000 Pferdestärken			
20	»	»	» 40
10	»	»	» 8
			80

Summa 1880 = ungefähr 1900 Pferdestärken.

Unter diesen Voraussetzungen würde sich die Berechnung der Betriebskosten folgendermaassen gestalten:

### 1. Anlagekosten.

20 Stück Motoren zu je 42 Pferdestärken		
20	»	» 8
(letztere zum Inbetriebsetzen der ersteren)		
zusammen 20 Stück Motoren zu je 50 Pferdestärken . . . . .	circa	380,000 Mark
20 Stück Motoren zu je 32 Pferdestärken		
20	»	» 8
(letztere zum Inbetriebsetzen der ersteren)		
zusammen 20 Stück Motoren zu je 40 Pferdestärken . . . . .	»	350,000
10 Stück Motoren zu je 8 Pferdestärken . . . . .	»	50,000
2 Naphtabassins mit Gebäude, Rohrleitung und Armatur . . . . .	»	25,000
Gebäude für die auf der Mole befindlichen Maschinen . . . . .	»	10,000
Für Fundamente ca. . . . .	»	40,000
Für Pumpen zum Heben der Petroleumrückstände aus dem Schiff in die Bassins . . . . .	»	3,000
		858,000 Mark

### 2. Abschreibung und Verzinsung.

Für Verzinsung und Amortisation nebst Reparatur und Kosten für Ersatztheile werden 11 %* gerechnet = . . . . .	94,380 Mark
--	-------------

### 3. Löhne und Gehälter.

10 Maschinisten bei 3000 Arbeitsstunden pro Jahr bei 4 Mark Lohn für 12 Stunden = . . . . .	12,000 Mark
1 Revisionsingenieur . . . . .	6,000
1 Maschinenmeister . . . . .	4,000

### 4. Naphtaverbrauch.

Es werden pro Stundenpferdestärke 0,4 kg Naphta à 33,54 Pfg. von den Petroleummotoren consumirt, was pro Jahr macht

$$1900 \cdot 0,4 \cdot 3000 = 2,280,000 \text{ kg}$$

\* Dieser Satz mag vielleicht etwas niedrig erscheinen, obgleich er für deutsche Verhältnisse, bei Behandlung der Maschinen durch geschultes Personal, genügt. Durch Erhöhung des betreffenden Betrages würde sich aber nur der absolute, nicht der vergleichende Werth dieser und der nachfolgenden Berechnungen ändern.

daher Ausgabe an Petroleum $2,280,000 \cdot 0,3354 =$ . . . . .	764,712 Mark
An Schmiermaterial circa . . . . .	20,000 »
Die Betriebsausgaben betragen also zusammen	
1. an Naphta . . . . .	764,712 Mark
2. an Maschinisten . . . . .	12,000 »
3. an Beamte . . . . .	10,000 »
4. an Schmiermaterial . . . . .	20,000 »
	Zusammen 806,712 Mark
An Amortisation und Verzinsung . . . . .	94,380 »
	Zusammen <b>901,092</b> Mark

Daher Gesamtausgabe pro Stunde und Pferdekraft

$$\frac{901,092 \cdot 100}{1900 \cdot 3000} = \text{circa } \mathbf{16 \text{ Pfg.}}$$

Hinsichtlich der absoluten Gesamtsumme der jährlichen Betriebskosten ist zu bemerken, dass dieselbe in Wirklichkeit erheblich geringer ausfallen wird, da ja die Anlage weder 24 Stunden täglich im Betriebe ist, noch kaum jemals sämtliche vorhandenen Mechanismen auf einmal arbeiten. Bei Bemessung der jährlichen Unkosten wird also nur mit einem Bruchtheil obiger Totalsumme zu rechnen sein.

## B. Gas-Motoren.

Gasmotoren wären in derselben Weise wie Petroleummotoren, nämlich möglichst dicht an den einzelnen Gebrauchsorten, aufzustellen.

Für den Betrieb derselben kann entweder Oelgas aus den Petroleum-Naphtarückständen erzeugt, oder Kohlengas, aus englischen Steinkohlen hergestellt, verwendet werden.

Zunächst möge eine kurze Beschreibung eines Gasmotors, und zwar die eines sogenannten Otto'schen Motors, hier Platz greifen.

Otto's neuer Motor liegender Construction wird in Grössen von  $\frac{1}{2}$  bis 100 Pferdekraften gebaut. Derselbe ist eine einseitig wirkende Gasmaschine, bei der also die Explosionskraft des mit der Luft gemengten Gases nur auf eine Seite eines Kolbens *A* (Fig. 3 und 4) wirkt, welcher sich im Arbeitscylinder *C* luftdicht hin und her bewegt. Dieser Arbeitscylinder ist länger als der Kolbenhub und zwar so, dass wenn der Kolben sich in der dem Cylinderboden am nächsten liegenden Stellung befindet, zwischen diesem und der hinteren Kolbenfläche noch ein Raum *C* bleibt, in welchem die von der vorhergehenden Füllung herrührenden Verbrennungsproducte zurückgehalten werden.

Zu einem Spiel der Maschine gehören zwei volle Umdrehungen der Kurbelwelle oder vier einfache Kolbenhübe, auf welche sich die einzelnen Arbeitsperioden in folgender Weise vertheilen:

Wenn der Kolben sich aus seiner soeben erwähnten Stellung in der Richtung nach der Kurbel *E* hin bewegt, so gestatten die Steuerungsorgane der Maschine, dass er zu den im Cylinder befindlichen indifferenten Gasen (Verbrennungsproducte) ein Gemisch von Gas und Luft ansaugt, welche zusammen die explosibele Ladung der Maschine bilden.

Fig. 3.

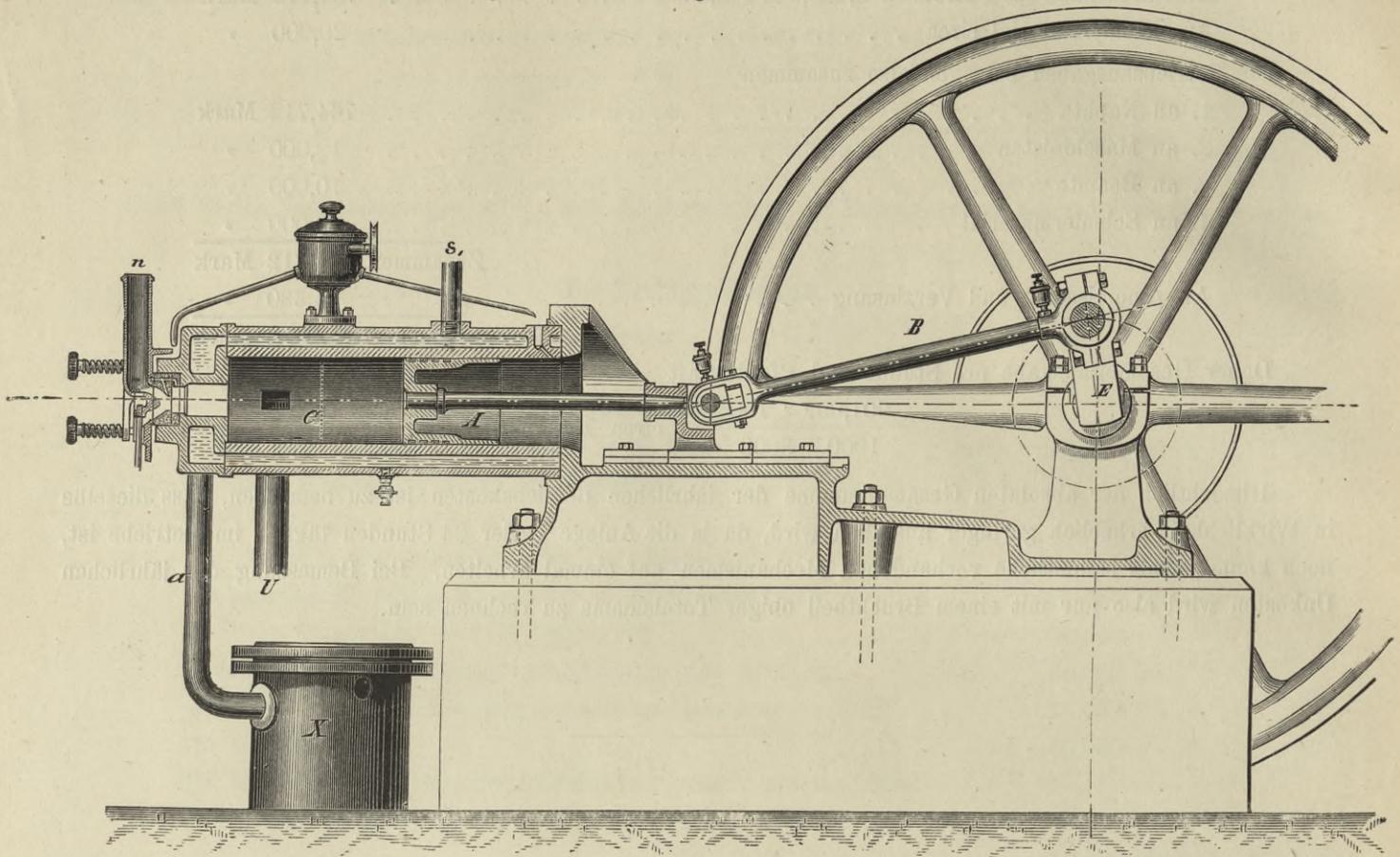
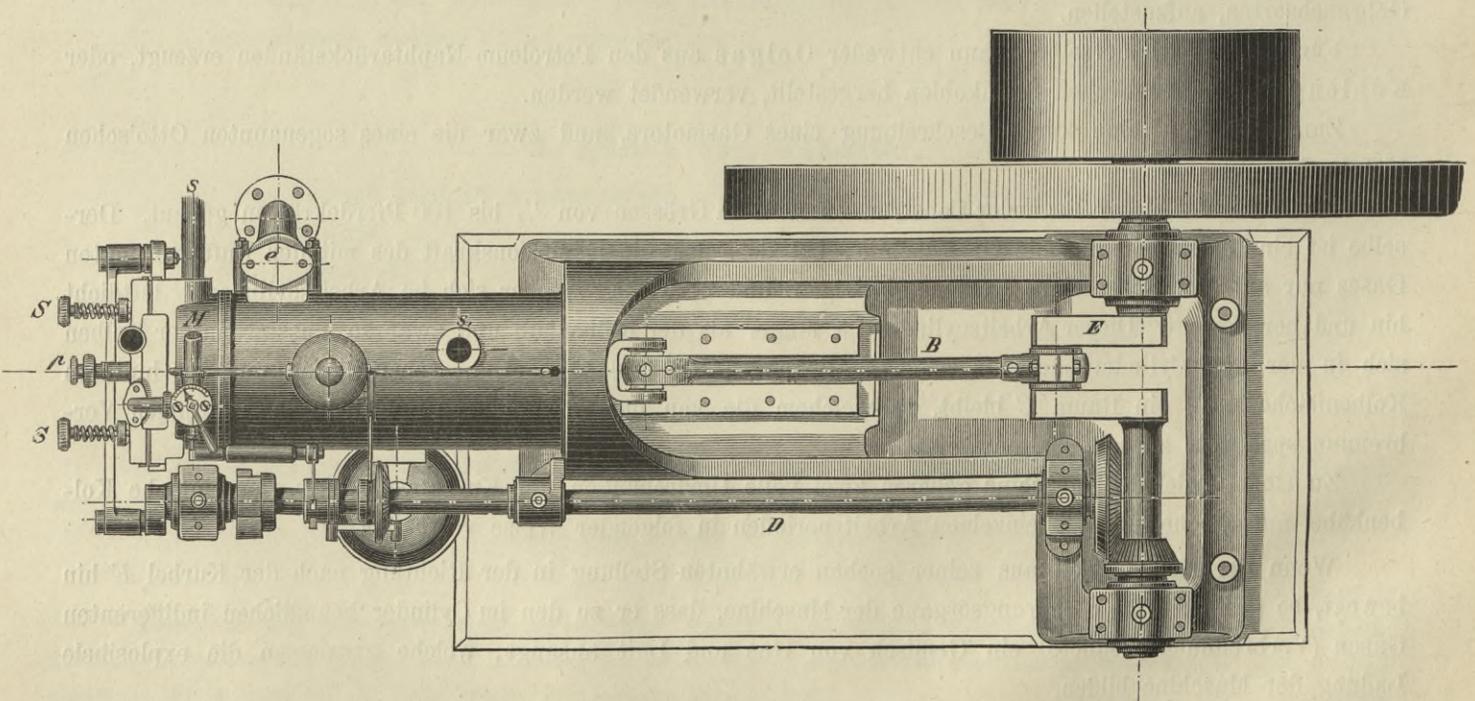
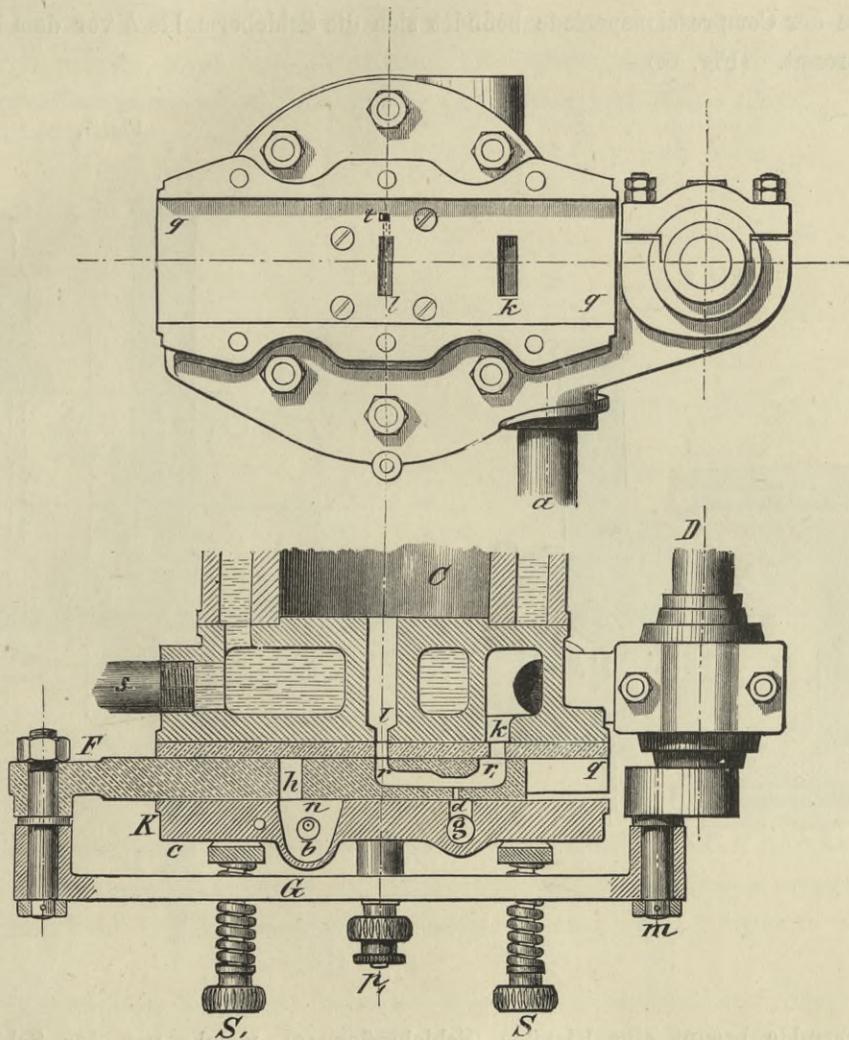


Fig. 4.



Diesem Vorgang, welcher »Saugperiode« genannt wird, folgt die »Compressionsperiode«, wenn der Kolben durch die lebendige Kraft des Schwungrades wieder in den Cylinder hineingeschoben wird. Während dieses Rückganges sind sämtliche Einströmungskanäle und das Ausblaseventil geschlossen. Ist nun der Kolben am Ende seines Hubes im hinteren toten Punkte angelangt, so ist die Ladung im Cylinder zusammen gepresst und zwar so, dass an der Eintrittsstelle des Explosionsgemenges die Cylinderfüllung am gasreichsten ist. Durch den Steuerungs- oder Züandschieber *F* (Fig. 5) wird nun die Verbindung der Zündflamme mit dem Innern des Cylinders an dieser Stelle hergestellt und die Entzündung bewirkt. Die hierdurch im Cylinder entstehende hohe Spannung schiebt den Kolben vorwärts, welcher die ihm ertheilte Arbeit vermittelst der Pleuelstange *B* auf die Kurbelwelle *E* überträgt.

Fig. 5.



Auf diese »Arbeits- oder Zündperiode« folgt während des Kohlenrückganges die »Ausblaseperiode«. Das Ausblaseventil *e* (Fig. 8), das während der vorhergehenden drei Perioden stets geschlossen war, wird jetzt geöffnet und gestattet den Austritt der im Cylinder befindlichen Verbrennungsproducte, so lange der Kolben sich nach dem Cylinderboden hinbewegt. Es wird also während der Arbeitsperiode die dem Kolben ertheilte Kraft vom Schwungrad aufgenommen, welches durch seine lebendige Kraft für sich wieder die Bewegung des Kolbens während der drei folgenden Perioden zu bewirken hat.

Trotz dieser periodischen Kraftentwicklung wird durch die grosse Kolbengeschwindigkeit der Maschine und das erhebliche Gewicht der Schwungmassen ein für alle Fälle genügender Gleichförmigkeitsgrad derselben erzielt.

Sämmtliche Steuerungsorgane der Maschine werden durch die Steuerwelle *D* (Fig. 5) bewegt, die parallel der Cylinderachse montirt ist und durch ein Kegelräderpaar von der Kurbelwelle *E* so angetrieben wird, dass sie halb so viel Umdrehungen macht wie diese. In einer am Cylinderkopf senkrecht zur Achse des Cylinders liegenden Gleitfläche *q* bewegt sich der Steuerungs- oder Zündschieber *F*, welcher durch eine Schubstange *G* von der Steuerwelle aus durch den Kurbelzapfen *m* gesteuert wird.

Die Schiebergleitfläche am Cylinderkopf wird durch eine abnehmbare Platte gebildet. Der Schieberdeckel *K* wird durch Spiralfedern und Schrauben *S*, *S*, gegen den Schieber *F* angepresst, während die Pressschrauben *p*, *p*, ohne Federn durch Zwischenlage einer Lederscheibe den Deckel in der Mitte festhalten.

Gegen das Ende der Compressionsperiode befindet sich die Schiebermulde *h* vor dem Kamin *n*, in welchem die Kaminflamme *b* brennt. (Fig. 6.)

Fig. 6.

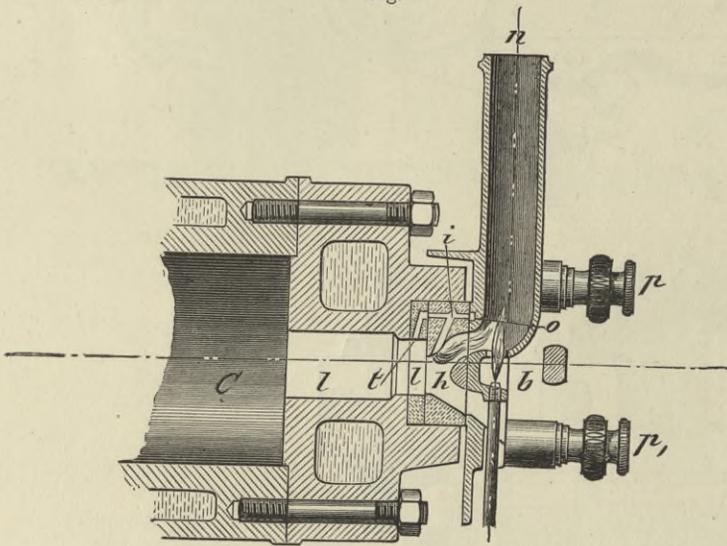
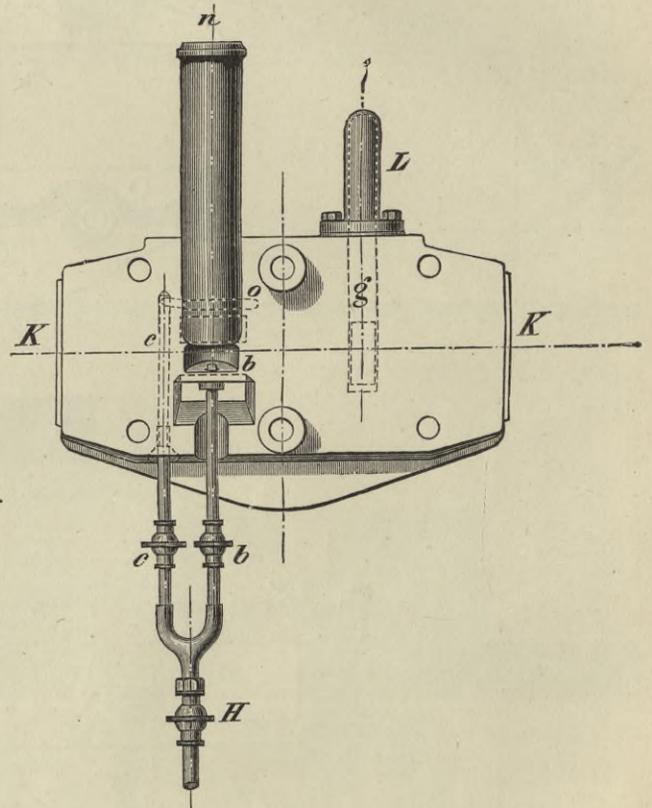


Fig. 7.



In der Schiebermulde brennt eine Flamme (Schieberflamme), welche von der Schieberflammenleitung *c* (Fig. 7) durch die im Deckel befindliche Rinne *o* und die Bohrung *i* gespeist wird.

Die Schieberflamme wird unmittelbar vor jeder Entzündung der Cylinderfüllung durch die Kaminflamme *b* angezündet, indem die Schiebermulde den Kamin *n* passirt, und brennt so lange in der Schiebermulde weiter, bis die letztere mit dem Einströmungscanal *l* in Verbindung tritt und die Cylinderfüllung entzündet. Wenn die Schiebermulde auf der Rückseite des Schiebers gegen den Kamin *n* und die äussere Luft abgeschlossen ist, so hat die Bohrung *i* das Ende der Gaszuführungsrinne *o* passirt und stellt in demselben Moment durch die Oeffnung *t* die Verbindung der Schiebermulde mit dem im Cylinder befindlichen comprimirtten Explosions-

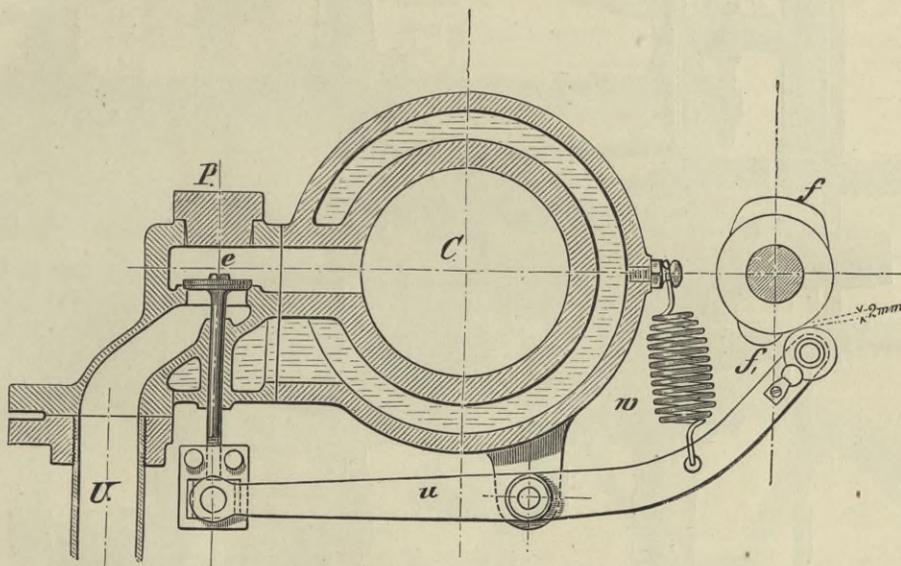
gemenge her, welches letztere nun die in der Schiebermulde noch brennende Schieberflamme speist und in Folge der ihm beigemengten atmosphärischen Luft unterhält.

Hierbei theilt sich der im Cylinder befindliche Compressionsdruck der Schiebermulde mit und die Schieberflamme kann in dem Moment, in welchem diese den Einströmungscanal  $l$  öffnet, das in demselben befindliche Gasgemisch entzünden. Diese Entzündung pflanzt sich durch den Canal  $l$  bis in den Cylinderraum  $C$  fort, wodurch die Cylinderfüllung verbrennt und durch die entstehende hohe Spannung den Kolben nach vorwärts treibt.

Kurz vor dem Ende dieses Hubes, welcher als Arbeitsperiode bezeichnet worden, öffnet der auf der Steuerwelle sitzende Ausströmungsnocken  $f$  (Fig. 8) mittelst des Hebels  $u$  das Ausströmungsventil  $e$ , welches sich am Ende dieses Hubes — der Ausströmungsperiode — wieder schliesst.

Die Gaszuführung wird durch den Regulator dem Kraftbedarf entsprechend durch das Regulirventil  $Z$  bewirkt. (Fig. 9.) Dieser bietet nicht allein die Garantie für einen gleichmässigen Gang der Maschine, sondern auch die volle Sicherheit gegen Explosionsgefahr. Ausserdem findet durch denselben eine der Kraftleistung entsprechende Regulirung des Gasconsums in der sparsamsten Weise statt.

Fig. 8.



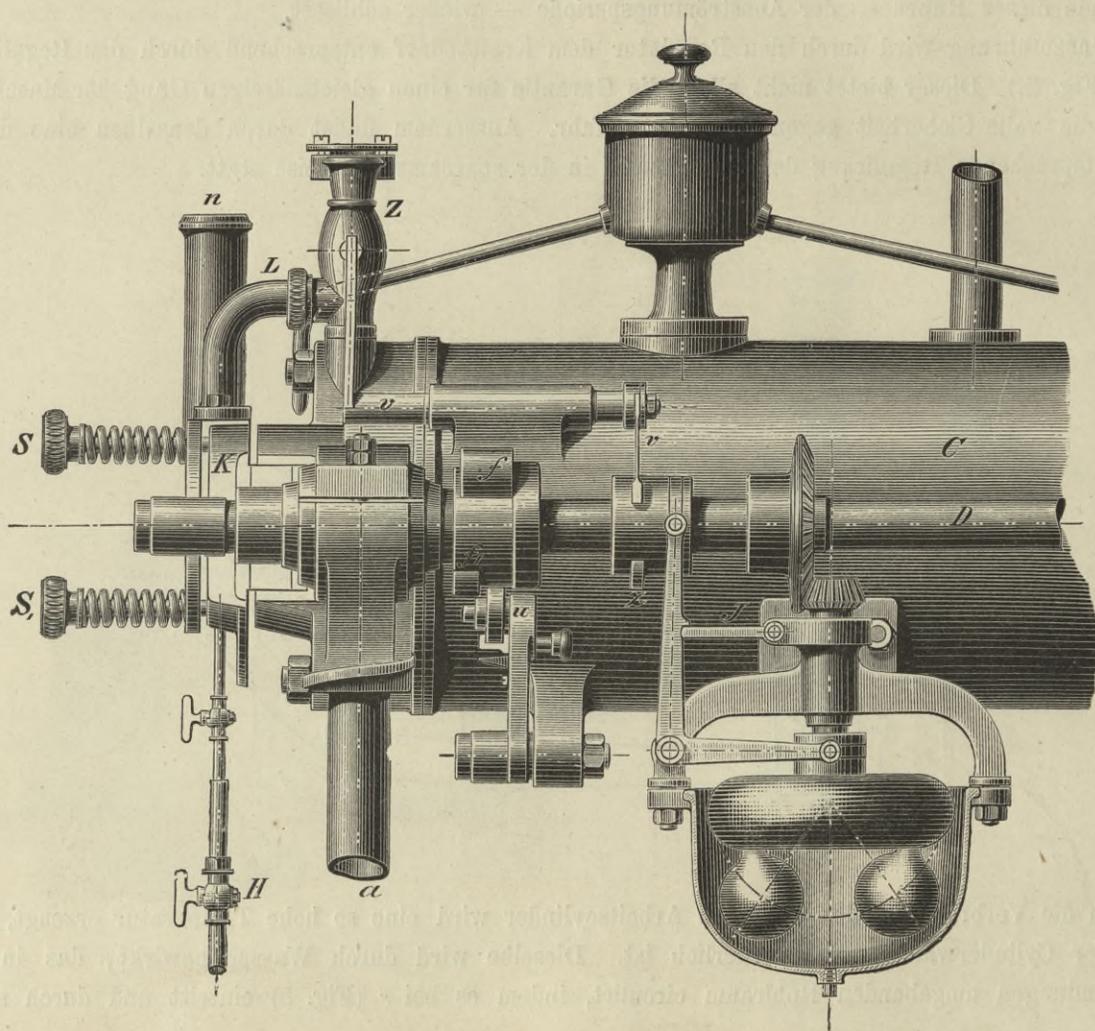
Durch die Verbrennung des Gases im Arbeitscylinder wird eine so hohe Temperatur erzeugt, dass eine Kühlung der Cylinderwandungen erforderlich ist. Dieselbe wird durch Wasser bewirkt, das in dem die Cylinderwandungen umgebenden Hohlraum circulirt, indem es bei  $s$  (Fig. 5) eintritt und durch  $s$ , (Fig. 3) abläuft.

Bei grösseren Motoren ist Ventilsteuerung angewandt; es wird die Zuführung des Explosionsgemenges von Luft und Gas also nicht durch den Schieber, sondern durch ein Einlassventil  $F$  bewirkt (Fig. 10), welches mittelst eines Hebels  $n$  durch einen auf der Steuerungswelle sitzenden Nocken  $m$  während der Saugperiode zur richtigen Zeit geöffnet und geschlossen wird.

Das Regulirventil  $Z$  mit Einströmungshahn sitzt hier seitlich vom Cylinderkopf auf dem Mischungschanal  $k$  und wird von dem Regulirnocken  $z$  mittelst einer Hebelübertragung  $v v$  gesteuert. An dasselbe schliesst sich ein nach unten conisch erweitertes Rohrstück an, dessen untere Fläche durch eine ebene runde Platte nicht ganz abgeschlossen ist, so dass das Gas durch eine Spalte auf dem ganzen Cylinderumfang horizontal austreten kann.

Dieses Rohrende wird von dem Luftansaugrohr *a* concentrisch umschlossen, so dass die einströmende Luft den Gasstrom passieren muss und mit dem Gas innig gemischt durch einen horizontalen rechteckigen Canal *k* nach dem Einlassventil *F* gelangt. Das Einlassventil reicht mit seinem Stift unten aus dem Cylinderkopf hervor. Das untere Ende des Ventilstiftes ist mit Gewinde versehen und trägt, mit Klemmschrauben befestigt, einen Führungsschlitz *o*, in welchem das Führungsprisma des Ventilhebelzapfens gleitet. Sollte das Regulirventil, der Stellung des Regulators entsprechend, geschlossen bleiben und kein Gas eintreten lassen, so wird das Einlassventil dennoch bei jedem Spiel der Maschine geöffnet und durch eine Feder wieder geschlossen.

Fig. 9.



Ein Schieber von verhältnissmässig geringen Dimensionen, welcher hinter dem Ventilgehäuse am äussersten Ende des Cylinderskopfes senkrecht zur Cylinderachse angebracht ist, dient ausschliesslich zur Zündung.

Die übrigen Steuerungsmechanismen weichen von denen der Schiebermaschinen nicht ab.

Auf eine Beschreibung anderer Gasmotoren soll hier nicht eingegangen werden, es sei nur noch bemerkt, dass der Benz-Motor, sowie der Motor von Körting, nur mit Ventilsteuerung arbeitet und bei ersterem zur Zündung des Explosionsgemisches ein elektrischer Funke, den eine kleine, vom Motor selbst angetriebene, Inductionsmaschine erzeugt, benutzt wird. Diese Art der Zündung ist, wie schon früher hervorgehoben, eine sehr angenehme, da durch sie jede offene Flamme ausserhalb der Maschine vermieden wird.

Die Figur 11 stellt einen liegenden Benz-Motor dar, während Figur 12 eine stehende Anordnung einer Körting'schen Maschine zeigt, die hinsichtlich der Platzersparnis sich namentlich zum Betriebe der Cabestans eignen würde.

Fig. 10.

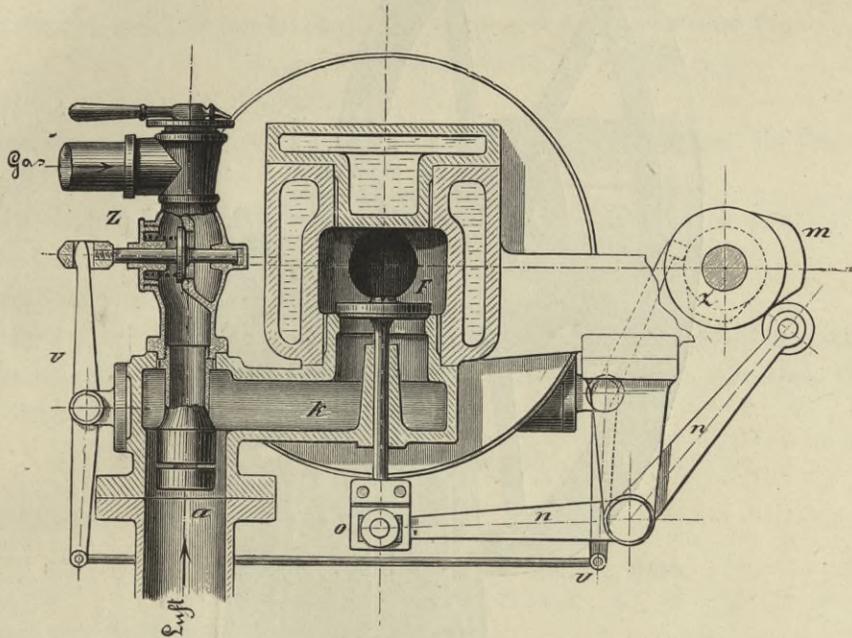
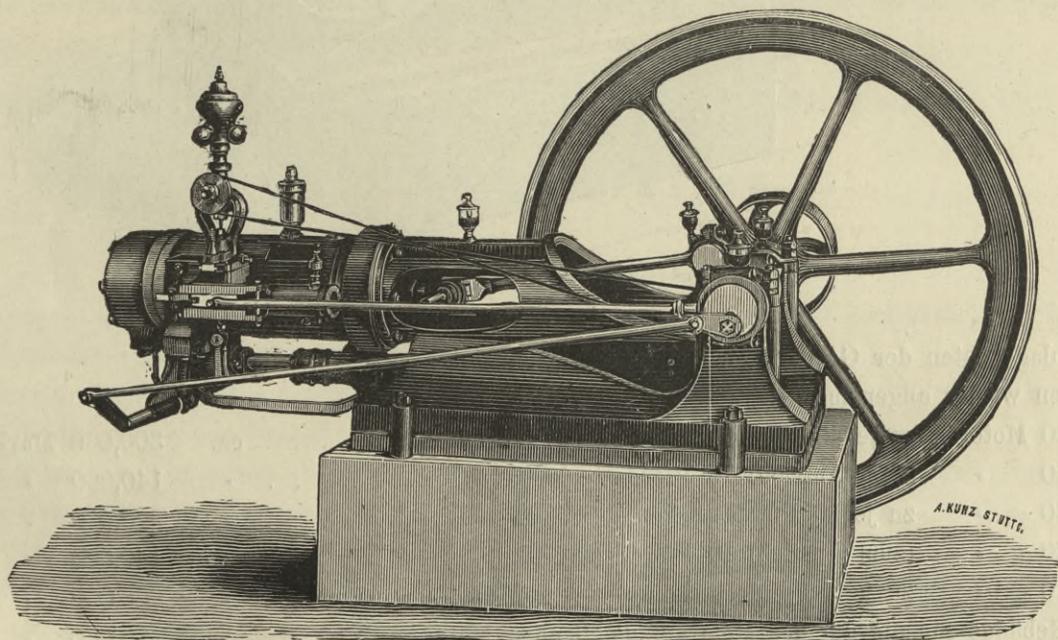
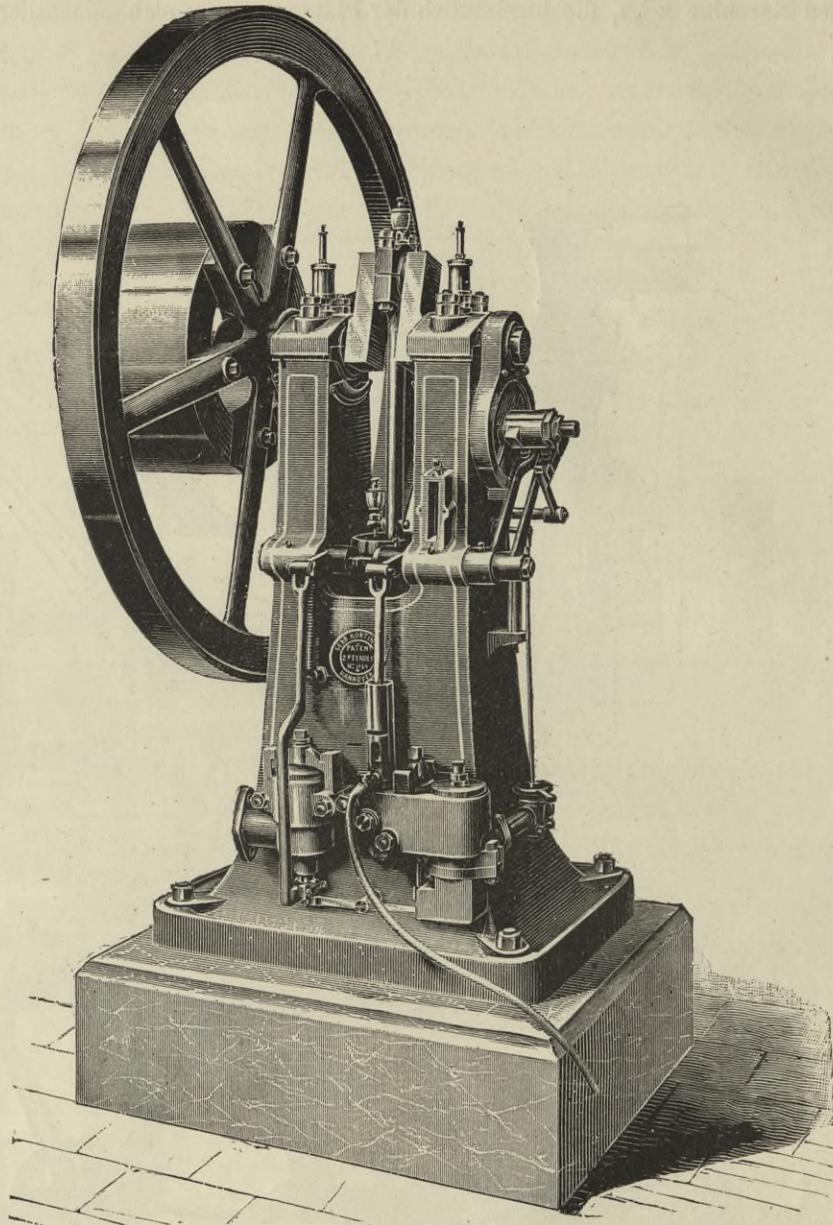


Fig. 11.



Auch die Gasmaschinen in der Grösse von 40—50 Pferdestärken lassen sich schwer durch Hand andrehen, deshalb stellt man, um dieselben in Betrieb zu bringen, meist eine kleine Maschine neben die grosse.

Fig. 12.



Die Anlagekosten der Gasmotoren stellen sich wie folgt zusammen.

Es seien wieder angenommen:

20 Motoren zu je 40 Pferdestärken . . . . .	ca.	300,000	Mark
20 » (zum Antrieb) 10 Pferdestärken . . . . .	»	140,000	»
20 » zu je 30 Pferdestärken . . . . .	»	270,000	»
20 » (zum Antrieb) 10 Pferdestärken . . . . .	»	140,000	»
10 » zu je 8 Pferdestärken . . . . .	»	60,000	»
Gebäude für die auf der Mole aufzustellenden Motoren . . . . .	»	10,000	»
Rohrleitungen für alle Motoren mit Zubehör, Armatur und Fundamenten »		100,000	»
Zoll . . . . .	»	90,000	»
		<hr/>	
		1,110,000	Mark

Für die Abschreibung, Amortisation, Verzinsung und Erhaltung dieser Maschinen sollen wieder 11 Proc. jährlich gerechnet werden. Es ergibt sich dafür

$$11,100 \cdot 11 = 122,100 \text{ Mark.}$$

Diese Zahl ist bei dem nachfolgenden Abschnitte »Gasanstalten« benutzt, um die Gesamtherstellungskosten der für eine Stunde und Pferdekraft benötigten Gasmenge festzustellen für

Oelgas (Naphtagas) zu 11,63 Pfg.

Kohlengas zu . . . . 7,21 »

Bemerkt sei hierbei, dass die Kosten für die Grundstücke, auf welchen die Gaswerke erbaut werden, nicht in der Rentabilitätsberechnung berücksichtigt worden sind.

Zu Gunsten der Kohlengasanstalt würde sich demnach eine Betriebsersparnis von

$$11,63 - 7,21 = 4,42 \text{ Pfg.}$$

pro Stundenpferdekraft ergeben.

Bei 1900 Pferdestärken betrüge, wenn man 300 Arbeitstage zu je 24 Stunden annimmt und voraussetzt, dass stets alle Mechanismen auf einmal im Betriebe seien, der Aufwand an jährlichen Unkosten beim Betrieb

a. mit Oelgas

$$\frac{11,63 \cdot 3000 \cdot 1900}{100} = 662,910 \text{ Mark}$$

b. mit Kohlengas

$$\frac{7,21 \cdot 3000 \cdot 1900}{100} = 410,970 \text{ Mark}$$

Die Verwendung von Kohlengas wird daher pro Jahr

$$662,910 - 410,970 = 251,940 \text{ Mark}$$

weniger an Kosten verursachen.

Wenn auch zugegeben werden muss, dass die Kosten für die Erbauung der Kohlengasanstalt in Wirklichkeit etwas höher werden dürften als in der nachfolgenden Berechnung vorgesehen, so wird doch die dadurch reducirte Ersparnis noch immer so gross bleiben, dass der Kohlengasbetrieb als der günstigere anzuerkennen ist.

Es sollen hier nun die vorher angedeuteten Betrachtungen Platz greifen, nämlich die über

## Die Gasanstalten.

### 1. Oelgas-Anstalt.

Das Oelgas wäre aus Petroleum-Rückständen herzustellen, welche auch gleichzeitig als Brennmaterial für den Betrieb der Gasanstalt selbst dienen könnten.

Die Anlage müsste so eingerichtet werden, dass in der Zeit des grössten Getreide-Verkehrs die maschinellen Vorrichtungen Tag und Nacht arbeiten könnten.

Zum Betriebe von zusammen 1900 Pferdestärken sind in jeder Stunde 950 cbm Oelgas (Naphtagas) notwendig, die Gasfabrik müsste demnach in 24 Stunden 22,800 cbm produciren können.

Die Petroleum-Rückstände (Naphtarückstände) müssen von guter Beschaffenheit sein, d. h. sie müssen rein, wasserfrei, ölfreich und von brauner Farbe sein, nicht unrein, dickflüssig oder schwarz, in welchem letzteren Falle sie hauptsächlich nur aus Asphalt, der zur Gaserzeugung wenig geeignet ist, bestehen würden. Das kaukasische Rohpetroleum enthält nämlich 6—10 Proc. Asphalt.

Sollten gute Petroleum-Rückstände nicht in genügender Menge vorhanden sein, so würde besser kaukasisches Rohpetroleum verarbeitet werden, welches sich gleich den Rückständen gefahrlos vergasen lässt

und von welchem man, weil es eine grössere Gasausbente liefert, abgesehen von der zur Feuerung nöthigen Menge, zur Production der 22,800 cbm pro Tag nur etwa 38,000—40,000 kg gebrauchen würde.

Dagegen würden, wie aus nachstehender Aufstellung hervorgeht, bei vollem Betriebe in 24 Stunden ca. 95,000 kg Naphtarückstände verbraucht werden, und zwar 47,500 kg zur eigentlichen Gaserzeugung resp. zur Production der 22,800 cbm Gas und 47,500 kg zur Heizung der Gasöfen, welche letztere Annahme reichlich gewählt ist, indem auch der entstehende Gastheer zur Heizung mit verwendet werden würde. Es müsste aber immerhin, um für alle Fälle gedeckt zu sein, für ein tägliches Quantum von 95,000 kg Naphtarückstände oder ungefähr 81,000 kg kaukasisches Rohpetroleum gesorgt werden.

Rechnet man reichlich, so dürften sich die Erzeugungskosten für eine tägliche Production von ca. 22,800 cbm Oelgas (Naphtagas), abgesehen von Verzinsungen, Amortisation etc., also die reinen Herstellungskosten, folgendermaassen stellen:

1. 95,000 kg Naphtarückstand zur Gaserzeugung und Vergasung, pro 100 kg	
3,60 Mk. loco Gasanstalt . . . . .	3420 Mark
2. Retortenersatz, Reparaturen und dergleichen . . . . .	190 »
3. 8 Arbeiter für die ganze Arbeitszeit, also je 4 Mann für 12 Stunden,	
pro Mann = 3,50 Mk. . . . .	28 »
Produktionskosten von 22,800 cbm Gas . . . . .	<u>3638 Mark</u>

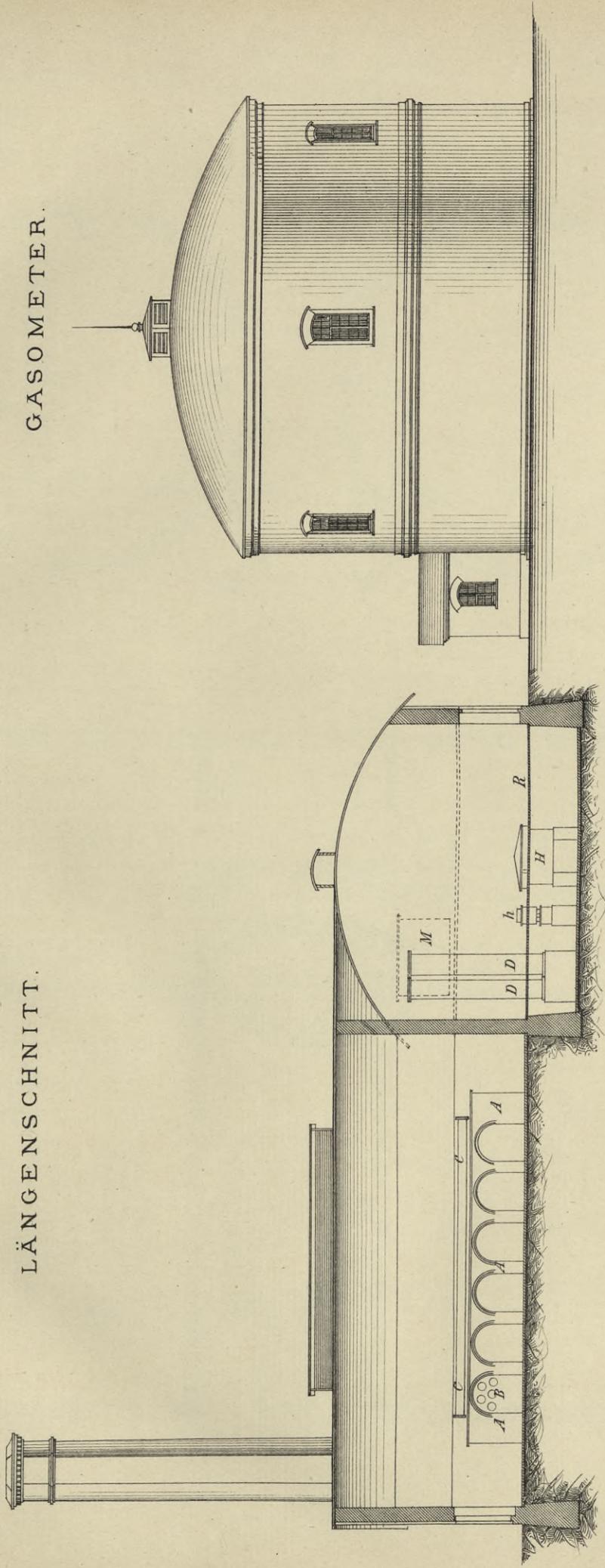
Hiernach stellen sich die reinen Herstellungskosten für je 1 cbm Gas auf 16 Pf., oder pro Stundenpferdestärke auf 8 Pf. In Wirklichkeit dürfte sie wahrscheinlich nur auf 6—7 Pf. kommen.

Der auf den Tafeln 3 und 4 enthaltene Plan giebt ein vollständiges Bild der für den in Frage stehenden Zweck erforderlichen Gasanstalt. *A* sind 4 Ofenbatterien von je 6 Oefen zu je 5 Retorten *B*. Es sind also im Ganzen 24 Oefen mit zusammen 120 Retorten projectirt. Da man in je einer Retorte je nach Beschaffenheit des zu verarbeitenden Petroleumrückstandes pro Stunde 12—15 cbm Gas produciren kann, so kämen 12—18 Oefen in Betrieb, während 6—12 Oefen als Reserve verbleiben. *C* sind die Theervorlagen (Hydrauliks) und *D* sind grosse Luftcondensatoren, von welchen das Gas durch die Exhaustoren abgesaugt wird, die ihrerseits mittelst eines Gasmotors *F* betrieben werden. *G* sind zwei Dampfkessel, von welchen immer nur einer in Betrieb, der andere in Reserve ist. In dem Dampfkessel wird der zur Heizung der Oefen mit Petroleumrückstand und Gastheer vermittelst Zerstäubern erforderliche Wasserdampf producirt, *H* sind mit Umschaltungen *h* versehene Hordenreiniger, in welche das Gas von den Exhaustoren aus gelangt. *J* ist ein Stationsgasmesser für 1000 cbm stündlichem Durchgang mit Umgangsleitung (Beipass). *K* sind zwei Gasbehälter von je 1000 cbm Inhalt mit Eisenbassins. *L* ist ein Stationsdruckregulator mit Umgangsleitung für 1000 cbm stündlichem Durchgang. Diesen Regulator hat das aus den Gasbehältern zum Verbräuche, nach den Motoren abgehende Gas zu passiren. *M* ist ein heizbares Reservoir, von welchem aus die Gasretorten sowohl als auch die zur Ofenheizung dienenden Zerstäuber mit Petroleumrückstand gespeist werden können.

Durch die Riemenpumpen *m* wird dieses Reservoir *M* beständig mit neuem Material aus den grossen Oelbassins *S* versorgt. *N* ist ein Theerreservoir, in welches der bei der Oelgasbereitung als einziges Nebenproduct entstehende und in einer cementirten Grube oder einem besonderen eisernen Bassin sich ansammelnde Gastheer durch die ebenfalls mit Riemenbetrieb versehenen Theerpumpen *n* gehoben wird, um von da aus zur Speisung der Zerstäuber mit verwendet zu werden. *R* ist ein freier Raum, der als Werkstatt und als Aufbewahrungsraum benutzt werden kann. *S* sind, wie schon angedeutet, eiserne Bassins von je 100 cbm Inhalt zur Aufbewahrung des Bedarfs von Petroleumrückständen.

Je nach den obwaltenden Verhältnissen kann man noch mehr oder grössere derartige Bassins anlegen. Die ganze Gasanlage ist bis in die kleinsten Details so vollkommen wie möglich projectirt. Sie verursacht keinerlei Feuersgefahr oder Belästigungen, da das einzige bei der Oelgasbereitung entstehende Nebenproduct,

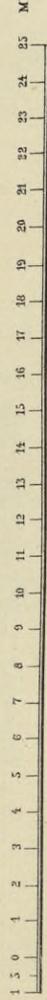
OE LGAS - ANSTALT.



LÄNGENSCHNITT.

GASOMETER.

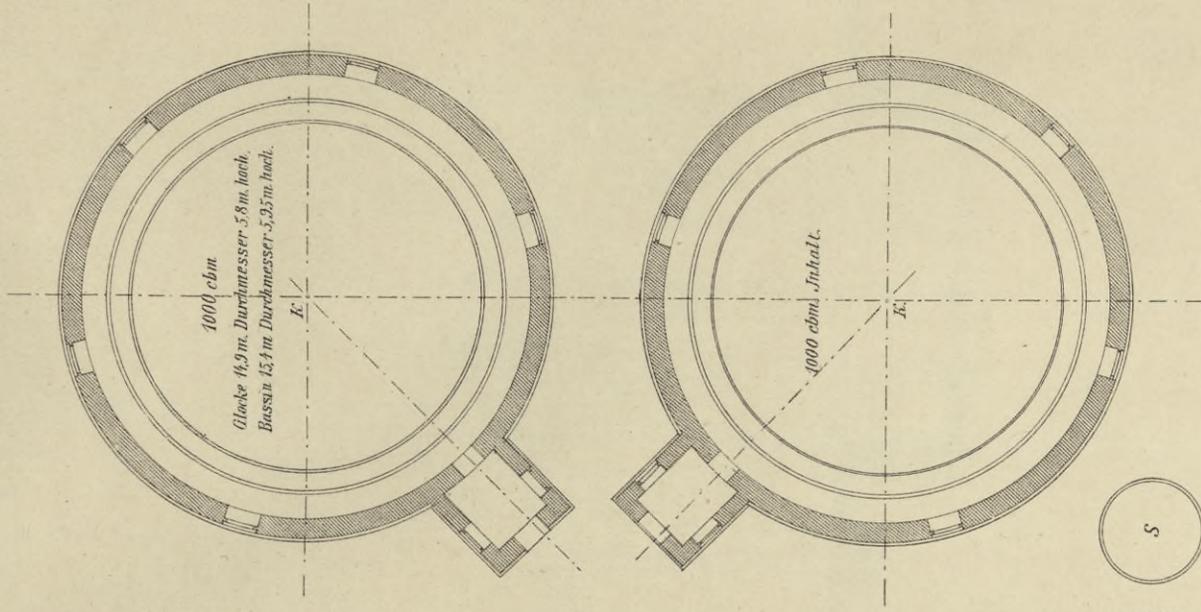
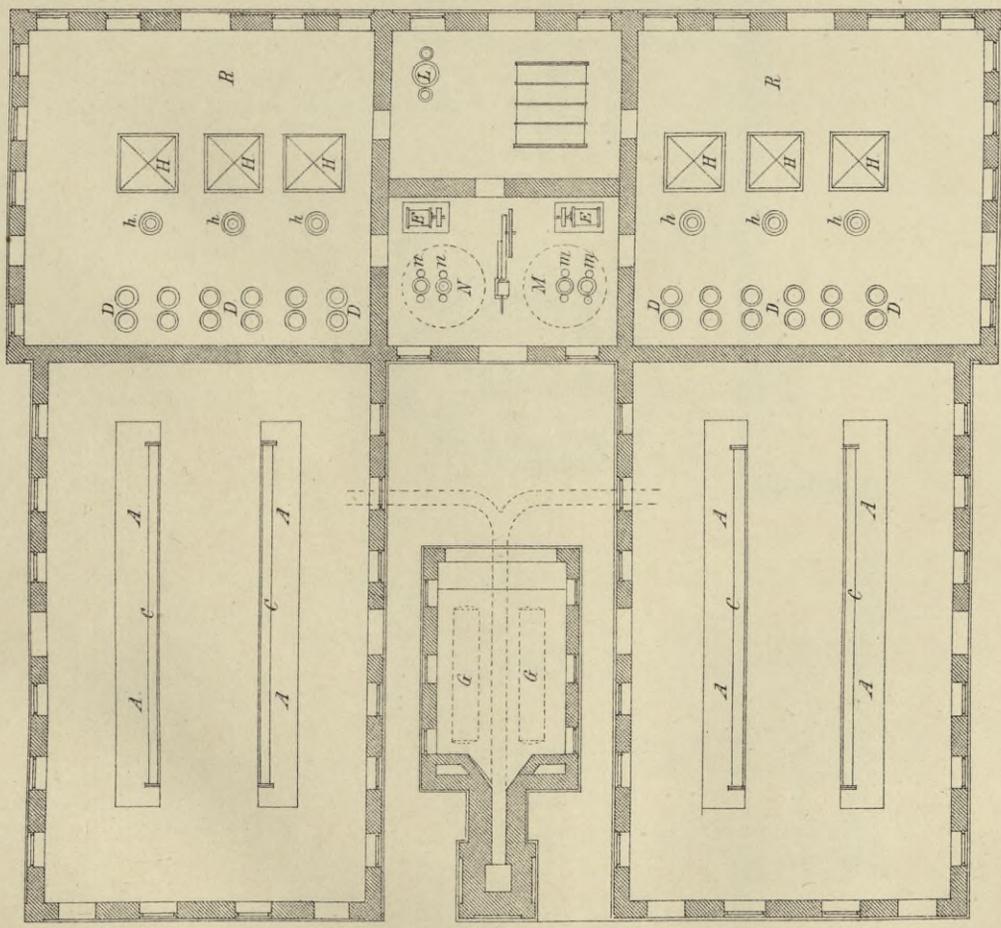
MASSSTAB 1 : 200.



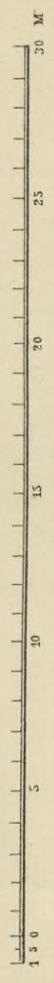


OELGAS - ANSTALT.

GRUNDRISS.

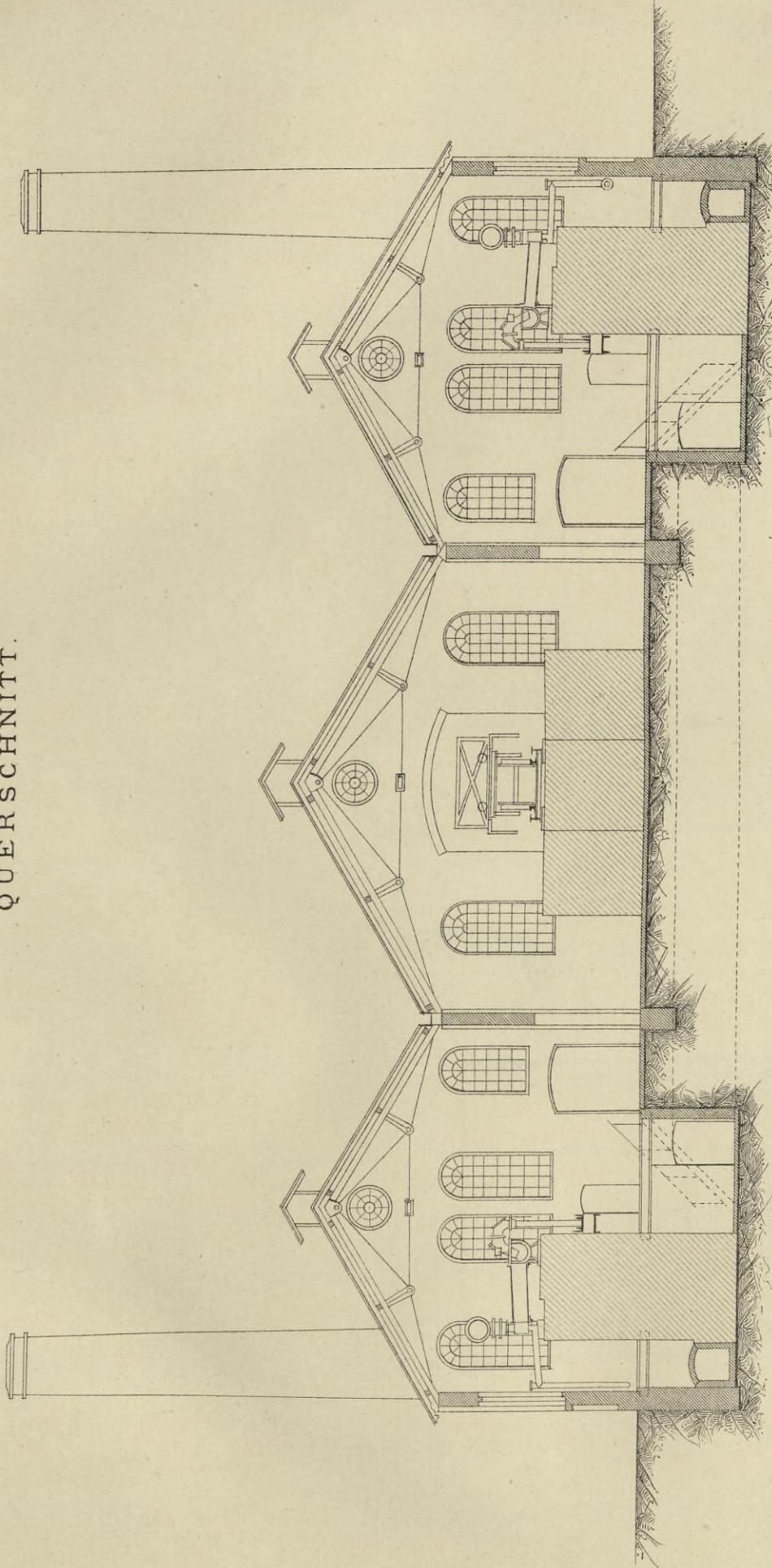


MASSSTAB 1 : 250.

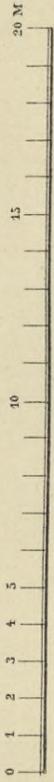




KOHLENGAS - ANSTALT.  
QUERSCHNITT.



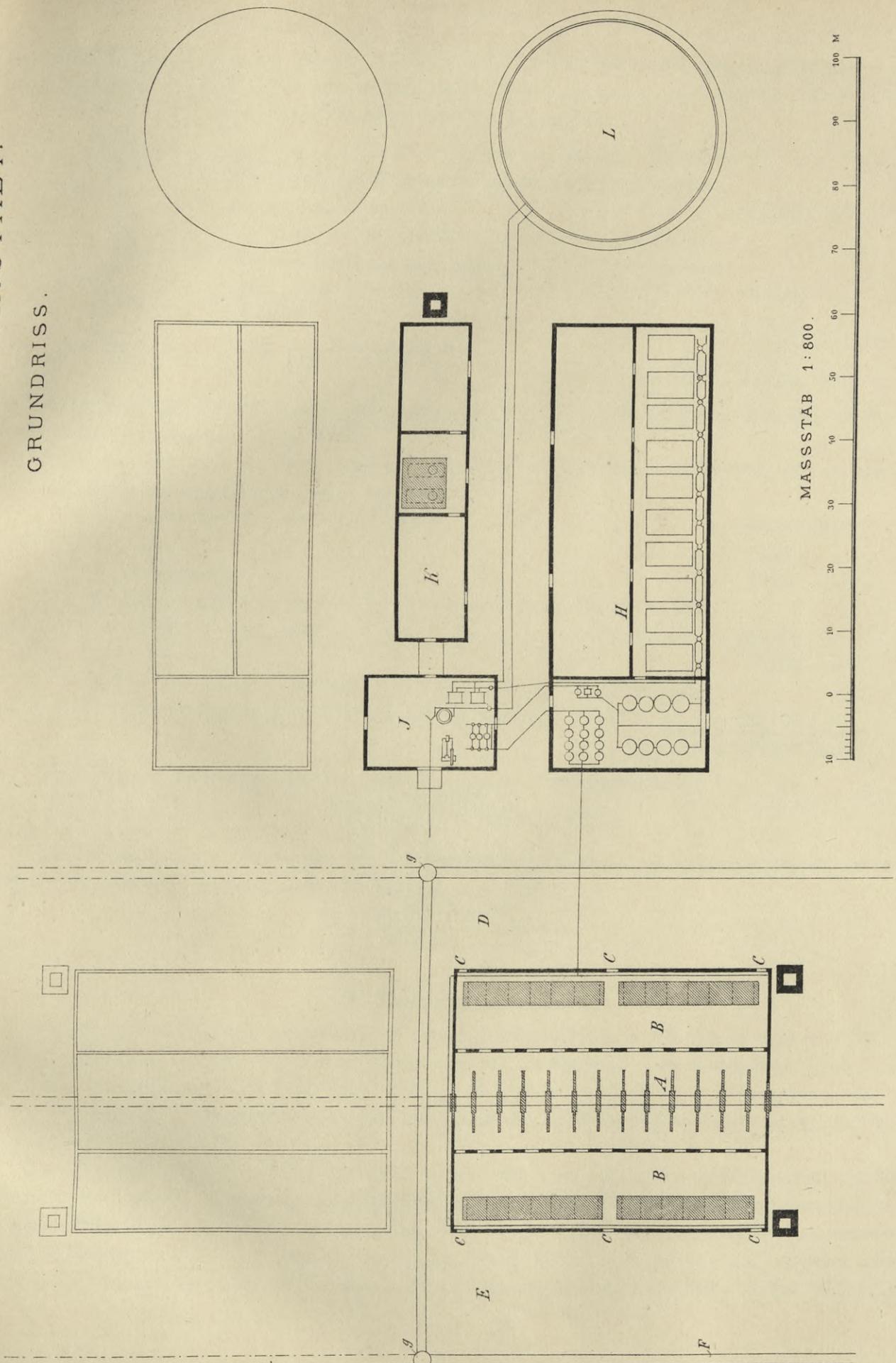
MASSTAB 1:200



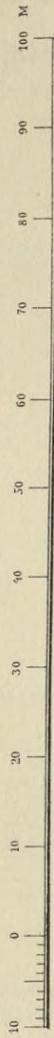


# KOHLENGAS - ANSTALT.

GRUNDRISS.



MASSTAB 1:800.





der Gastheer, sofort wieder zur Heizung der Oefen mit verwendet wird. Bei späterer eventueller Vergrößerung der Anlage um das Doppelte wäre einfach dasselbe Werk noch einmal neben das jetzt projectirte zu setzen.

Die Kosten der Anlage dieser Oelgasfabrik stellen sich ungefähr:

1. Sämmtliche Apparate und Theile zur eigentlichen Gasanlage inclusive der beiden Gasometer mit Eisenbassins und der Verbindung zwischen den Apparaten und Gasometern . . . . .	150,000	Mark
2. Die zugehörigen Apparate und Maschinen, besonders die Exhaustoren, Dampfkessel, der Gasmotor, die Pumpen, die Stationsgasmesser, Druckregulator, zwei Oelbassins von je 100 cbm Inhalt. . . . .	60,000	»
3. Montirungskosten ca. . . . .	15,000	»
Sämmtliche Gebäude und Fundamente ca. . . . .	200,000	»
Zusammen	425,000	Mark

Für Amortisation dieser Anlage wird angenommen 6 %. Für Verzinsung des Anlagecapitals 5 %. Für Verwaltung der Gasanstalt 18,000 Mark.

Es stellen sich dann die Gesamttunkosten pro Stundenpferdestärke, vorausgesetzt dass die Gasmotoren pro Stundenpferdestärke 0,5 cbm Oelgas consumiren:

1. Amortisation 6 % von 425,000 Mark . . . . .	25,500	Mark
2. Zinsen 5 % . . . . .	21,250	»
3. Verwaltung . . . . .	18,000	»
4. Reine Herstellungskosten pro Pferdestärke und Stunde 8 Pfg., 1900. 8. 10. 300 . . . . .	456,000	»
5. Schmiermaterial . . . . .	20,000	»
6. Für Verzinsung, Amortisation und Ersatz- resp. Erhaltungskosten der Motorenanlage 11 % von 910,000 Mark . . . . .	122,100	»
Zusammen	662,850	Mark

Bei 5,700,000 Stundenpferdestärken kostet die einzelne Stundenpferdekraft

$$\frac{662,850 \cdot 100}{5,700,000} = \text{circa } 11,63 \text{ Pfg.}$$

Die Betriebskosten der Gasanstalt für sich betragen 540,750 Mark; die Stundenpferdekraft, nur auf den Betrieb der Gasanstalt bezogen, stellt also sich auf

$$\frac{540,750 \cdot 100}{5,700,000} = 9,5 \text{ Pfg.}$$

## 2. Kohlengasanstalt.

Rechnet man den Kohlengasverbrauch pro Stunde und Pferdekraft zu 0,8 cbm, so sind bei 1900 Pferdestärken erforderlich  $1900 \cdot 0,8 \cdot 24 =$  rund 36,500 cbm pro 24 Stunden. Das anzulegende Gaswerk müsste also eine Leistungsfähigkeit von rund 40,000 cbm pro 24 Stunden besitzen. Das Project würde aber praktischer Weise gleich so einzurichten sein, dass die Anstalt die Möglichkeit einer Vergrößerung auf die doppelte Leistungsmenge besitzt.

In beiliegender Zeichnung, Tafel V und VI, ist das Bild eines solchen Gaswerkes gegeben. In die Gebäude, welche späterer Erweiterung dienen sollen, sind keine Apparate und Maschinen eingezeichnet. Die in dieser Disposition vorgesehene Gasanstalt ist völlig conform den Leuchtgasanstalten einzurichten, in denen die Erzeugung des Gases durch Destillation von Steinkohle, im vorliegenden Falle englischer Gaskohle, unter entsprechender Reinigung vor sich geht. Zur Destillation der Kohlen sind Retortenöfen vollkommenster

Construction, Generatoröfen, vorgesehen, bei welchen zur Unterfeuerung ca. 12—14 % Coaks, vom Gewicht der vergasteten Kohlen gerechnet, erforderlich sind. Ein jeder Ofen enthält 9 Retorten von je 3 m Länge. Es kann ein solcher Ofen, bei mässigem, nicht überangestregtem Betriebe bequem 2000 cbm Gas pro 24 Stunden liefern. Es würden also 19 solcher Oefen genügen, um das für den jetzigen Bedarf erforderliche Gasquantum von 36,500 cbm bequem liefern zu können. Da jedoch einige Oefen in Reserve sein müssen, so sind 24 solcher vorgesehen.

Der mittlere Raum *A* dient zur Aufnahme der Kohlen und ist mit hochliegendem Schienengeleise, von welchem das Abstürzen der Kohlen erfolgt, versehen. In den beiden Seitenräumen *B* sind auf jeder Seite je 12 Oefen aufgestellt. Die Arbeitsräume vor den Oefen sind dem Kohlenraume zugewandt, so dass die Kohlen zur Beschickung der Retorten bequem zur Hand liegen und es eines Zwischentransportes, der die Betriebskosten erhöhen würde, nicht weiter bedarf. Die aus den Retorten kommenden Kohlen werden durch die Thüren *c* ins Freie gebracht. Die Coaks der Seite *D* würden vorerst zum Verkauf zu bringen sein, so dass sich die Coakshalden nicht zu sehr anhäufen. Auf der entgegengesetzten Seite *E* können, sofern sich hierzu Bedürfniss einstellen sollte, Schuppen zum zeitweisen Lagern der Coaks angelegt werden. Zur raschen Abfuhr der sich hier etwa ansammelnden Coaksquantitäten ist das Schienengeleise *F* vorgesehen, welches mittelst 2 Drehscheiben *g* mit der entgegengesetzten Seite *D* in Verbindung steht. Das Gebäude *H* enthält die sämtlichen zur Reinigung des Gases dienenden Apparate, und zwar Condensatoren mit Wasserkühlung, Ausscheider für Theer, Kohlensäure und einen Theil des Schwefels; ferner die Trockenreinigung mit Rasenerzbeschickung zur gänzlichen Entfernung des Schwefels und schliesslich den Regenerirraum für die Reinigungsmasse.

Alle diese Apparate sind in ihren Dimensionen so vorgesehen, dass damit 40,000 cbm Gas pro 24 Stunden in vollkommener Weise gereinigt werden können. Der Raum *J* dient zur Aufnahme der Exhaustoren mit ihren Betriebsdampfmaschinen, der Gasuhren, des Gasbehälters, der Ein- und Ausgangsventile und der Druckregulatoren. Es sind also in diesem Raume alle diejenigen Theile vereinigt, welche vorzugsweise der Bedienung und Beaufsichtigung der Fabrikbeamten unterstehen. Dieser Raum *J* ist so gross vorgesehen, dass bei der späteren Erweiterung des Werkes die Anzahl der Apparate in demselben verdoppelt werden kann und dass er nach einer eventuellen Vergrösserung um das Doppelte der Anlage im Mittelpunkte des ganzen Werkes liegen würde. Der Raum *K* enthält die Dampfkesselanlage, die Ammoniakwasser-Destillation und eine Werkstätte für vorkommende Reparaturarbeiten. Dieser ganze Raum müsste mit seiner vollen inneren Ausrüstung gleich zu Anfang angelegt werden. Die Dampfkessel sind erforderlich zum Betriebe der kleinen Dampfmaschinen, der Exhaustoranlage, zum Abdestilliren des Gaswassers und Verarbeitung desselben zu schwefelsaurem Ammoniak, sowie zur Heizung der Apparatenräume und der Gasbehälter im Winter. Auf jedes tausend Kilogramm vergasteter Kohlen kann man eine Ausbeute von 8—9 kg schwefelsaures Ammoniak rechnen, dessen Verkaufspreis heute auf ca. 23 Mk. pro 100 kg steht. Die Kosten der Verarbeitung des Gaswassers zu schwefelsaurem Ammoniak an Löhnen, Schwefelsäure, Kalk, Dampf etc. belaufen sich auf ungefähr 9—10 Mk. pro 100 kg.

Der vorgesehene Gasbehälter *L* soll einen nutzbaren Inhalt von 12,000 cbm erhalten und wäre als Telescopbehälter mit schmiedeeisernem Bassin zu erbauen. Ein ebenso grosser zweiter Behälter wäre später bei eintretender Erweiterung des Gaswerkes hinzuzufügen. Die Herstellungskosten des Gaswerkes in der Ausführung für ca. 40,000 cbm Production in 24 Stunden stellen sich ungefähr folgendermaassen:

1. Für Gebäude . . . . .	300,000	Mark
2. Für Ausrüstung des Ofenhauses, Rohrleitung etc. . . . .	360,000	»
3. Für Ausrüstung der sonstigen Gebäude mit allen erforderlichen Apparaten	300,000	»
4. Gasbehälter von 12,000 cbm Inhalt . . . . .	216,000	»
5. Diverses. . . . .	20,000	»
	<hr/>	
	1,196,000	Mark

Diese Herstellungskosten sind naturgemäss wiederum nur angenäherte. Hiernach lassen sich nun die Betriebskosten für die Kohlengasanstalt berechnen. Dieselben würden sich folgendermaassen zusammensetzen:  
Der Kostenberechnung des Leuchtgases wird zu Grunde gelegt:

- a. Der Preis der englischen Gaskohle für Odessa mit . . . . . 2,20 Mark pro 100 kg
- b. Der Verkaufspreis der Coaks für Odessa > . . . . . 3,17 > > 100 >
- c. Der Verkaufspreis des Theers für Odessa > . . . . . 7,30 > > 100 >
- d. Eine mittlere Produktionsmenge von 13,300 cbm pro Tag.

Die Kosten sollen pro 1000 cbm berechnet werden. Es wird angenommen, dass zur Erzeugung von 1000 cbm Gas 3500 kg Kohlen nöthig sind, und dass aus diesen Kohlen nach Abzug der Unterfeuerung der Retorten 52 % verkäuflicher Coaks, also 1820 kg, übrig bleiben. An Theer wird 4,5 % der Kohle gewonnen, also von 3500 kg Kohlen 157,5 kg. Aus dem Ammoniakwasser soll schwefelsaures Ammoniak bereitet werden. Als Verzinsung des Anlagecapitals werden 5 % angenommen. Als Amortisation der Gasanstalt wird eingeführt

für Pos. 1. Gebäude 2,5 % von 300,000 Mark . . . . .	7,500 Mark
2. Oefen und Rohrleitungen 10 % von 360,000 Mark . . . . .	36,000 >
3. Diverse Apparate 5 % von 300,000 Mark . . . . .	15,000 >
4. u. 5. Gasbehälter und Diverses 5 % von 236,000 Mark . . . . .	11,800 >
<u>Summa</u>	<u>70,300 Mark</u>

Es ergeben sich somit die Kosten von 1000 cbm Leuchtgas:

Ausgaben:

Für 3500 kg Gaskohle, 2,20 Mark pro 100 kg . . . . .	77,00 Mark
Davon 5 % für Gasverluste und Verbrauch von Gas in der Gasfabrik. . . . .	3,85 >
Stocherlöhne . . . . .	6,00 >
Reinigung . . . . .	0,50 >
Unterhaltung der Oefen . . . . .	2,50 >
Reparaturen und Diverses . . . . .	2,50 >
Abschreibungen auf die Anlage $\frac{70,300 \cdot 1000}{300 \cdot 13,300}$ . . . . .	18,00 >
Verzinsung zu 5 % von 1,196,000 Mark . . . . .	15,00 >
	<u>125,35 Mark</u>

Einnahmen:

An Coaks $3500 \cdot 0,52 \cdot \frac{3,17}{100}$ . . . . .	57,70 Mark
An Theer $1,57 \cdot 7,30$ . . . . .	11,46 >
An schwefelsaurem Ammoniak $\frac{3,50 \cdot 8}{100} \cdot 13$ . . . . .	3,64 >
	<u>72,80 Mark</u>

Somit stellen sich 1000 cbm Gas auf

$$125,35 - 72,80 = 52,55 \text{ Mark}$$

oder

$$1 \text{ cbm auf } 5,255 \text{ Pfg.}$$

Nimmt man hier an, dass die Gasmotoren im Durchschnitt 0,75 cbm pro Stunde und Pferdestärke verbrauchen, was insofern reichlich gerechnet ist, als grosse Motoren diesen Verbrauch kaum erreichen, so kostet die Stundenpferdestärke ohne Rücksicht auf die Motorenanlage und die Verwaltungskosten der Gasanstalt

$5,255 \cdot 0,75 = 3,9412$  Pfg. Werden für die Verwaltung des Gaswerkes, für Comptoir- und sonstige Utensilien 32,000 Mark in Rechnung gesetzt, dann erhöht sich obiger Preis pro cbm Gas um

$$\frac{32,000 \cdot 100}{13,300 \cdot 300} = 0,8 \text{ Pfg.}$$

Wird weiter die Verzinsung und Amortisation der Gasmotorenanlage in Rechnung gestellt, deren Einrichtung 1,110,000 Mark kostete, deren Abschreibung aber 122,100 Mark betrug, dann erhöht sich der Preis pro cbm weiter um

$$\frac{122,100 \cdot 100}{13,300 \cdot 300} = \text{ungefähr } 3,06 \text{ Pfg. pro cbm.}$$

Wird ausserdem für Schmier- und Putzmaterial der Gasmotoren derselbe Satz wie bei den Petroleummotoren von 20,000 Mark in Rechnung geführt, dann erhöht sich der Preis des Gases noch um

$$\frac{20,000 \cdot 100}{13,300 \cdot 300} = \text{ca. } 0,5 \text{ Pfg.}$$

Würde man vorstehender Berechnung eine Production von 40,000 cbm pro 24 Stunden zu Grunde legen, dann würde die Stundenpferdestärke sich um ein Entsprechendes reduciren, doch hat eine solche Berechnung keinen Werth, da die durchschnittliche Production von 13,300 kg voraussichtlich vorläufig nicht überschritten werden wird.

Es stellen sich demnach die Gesamtkosten für ein cbm in den Motoren verbrauchtes Kohlengas einschliesslich aller Nebenausgaben auf:

$$5,255 + 0,8 + 3,06 + 0,5 = 9,615 \text{ Pfg.,}$$

oder pro Stundenpferdestärke auf  $9,615 \cdot 0,75 = 7,21$  Pfg.

## C. Dampfmaschinen-Betrieb.

Sollen Dampfmaschinen als Betriebskraft verwendet werden, so ist davon Abstand zu nehmen, die Maschinen ähnlich wie die Petroleum- oder Gasmotoren nahe ihren einzelnen Verwendungsorten aufzustellen. Einerseits arbeitet ja bekanntlich eine centralisirte Dampfkraftanlage erheblich vortheilhafter als eine aus mehreren kleineren, zerstreut liegenden Maschinen zusammengesetzte, andererseits aber bringt der Betrieb solcher Maschinen soviel Aufwand an Brennmaterialzufuhr, soviel Unreinigkeit und in der Hauptsache eine so erhebliche Feuersgefahr mit sich, dass an eine Anlage einer Reihe Krafterzeugungsstellen z. B. in dem zu schaffenden Transitlager (Elevator) ein Ding der Unmöglichkeit wäre. Deshalb müsste die Dampfkraft-Centralstation auf dem festen Lande erbaut und die Kraft mittelst geeigneter Uebertragungsmittel den einzelnen Verbrauchsstellen zugeführt werden.

Von der Lösung der Frage dieser Uebertragung hängt aber die Möglichkeit der Dampfanlage überhaupt ab, und deshalb soll diese zunächst ausführlich behandelt werden und sich erst daran die Beschreibung der Dampfmaschinen-Centralstation selbst schliessen.

### 1. Die Kraftübertragung.

Es ist einleuchtend, dass bei der Ausdehnung der ganzen Anlage an eine Kraftübertragung mittelst der gewöhnlichen Hilfsmittel — Riemen und Seile — nicht gedacht werden kann. Es kommen vielmehr hier nur in Betracht:

- a. die Kraftübertragung durch Wasserdruck,
- b. die durch Luftdruck,
- c. die durch Elektrizität.

### a. Uebertragung durch Wasserdruck (Hydraulik).

Die hydraulische Kraftübertragung, die so oft, namentlich für Hafenanlagen, die vortrefflichsten Dienste leistet, liesse sich wohl auch im vorliegenden Falle ausführen, würde aber doch mit einigen erheblichen Schwierigkeiten zu kämpfen haben.

Die Druckrohre, welche das unter einem Drucke von mindestens 50 Atmosphären stehende Wasser den Speichern zuführen müssten, könnten bei der geringsten Nachlässigkeit in der Behandlung leicht, namentlich bei Frost, Undichtheiten und Brüche erleiden.

Die Wassermotoren, namentlich in der nöthigen Grösse bis zu 50 Pferdestärken, könnten ebenfalls leicht unangenehme Betriebsstörungen und sogar kostspielige Reparaturen verursachen, wenn man nicht ausgezeichnet vorgeschultes Personal zur Verfügung hat.

Besonders gegen Frost müssten die weitgehendsten Schutzvorrichtungen getroffen werden, und trotz solcher sind Brüche in den Leitungen und selbst in den Motoren schwer zu vermeiden, wenn die nothwendigen Vorsichtsmaassregeln nur ein einziges Mal versäumt würden.

Ausserdem würde es ausserordentliche Schwierigkeiten machen, die Druckrohre auf der Brücke zwischen dem Silospeicher auf dem Wellenbrecher und der Mole sicher zu lagern, während andererseits ein Versenken des Rohres in das Meer zwar die Schwierigkeiten einer Ueberführung über eine dem Winde und seinen Wirkungen ausgesetzte Brücke vermeiden, dafür aber wieder die schwierige Zugänglichkeit bei einem etwa auftretenden Schaden eintauschen würde.

Hierzu kommt noch, dass der Werth hydraulischen Betriebes gerade darin liegt, dass man an jedem Elevator, an jedes Transportband einen eigenen Motor legen kann, der direct auf die betreffende Welle arbeitet; wollte man aber im vorliegenden Falle diese Anordnung treffen, so würde man über den Getreidebehältern (Silos) Wassermotoren haben, und wenn einmal in Folge mangelnder Erfahrung des bedienenden Personals Undichtigkeiten eintreten sollten, dann würden diese mit Getreide gefüllten Behälter voll Wasser laufen und so der Inhalt verderben. Schliesslich ist der Betrieb mit Wassermotoren nur da vortheilhaft, wo periodisch Kraftwirkungen von kürzerer Dauer erforderlich sind, wie z. B. bei Hafen-Krähnen und Aufzügen für Lasten-Hebung. Für constant im Gange befindliche Motoren dagegen ist Hydraulik wegen der damit verbundenen Kraftverluste zu theuer.

Es bleibt daher diese Art der Kraftübertragung in diesem Falle am besten von der Mitbewerbung ganz ausgeschlossen.

### b. Uebertragung durch Druckluft.

Der Kraftübertragung durch comprimirte Luft würden sich besondere Schwierigkeiten in der Ausführung nicht entgegenstellen, da die Luft nur mit 6 Atmosphären Druck in den Luftmotoren zu arbeiten braucht.

Solche Uebertragungen sind z. B. nach dem System Popp in Paris in grösserem Maassstabe ausgeführt worden. Im vorliegenden Falle würde sich eine solche Einrichtung ungefähr wie folgt gestalten.

Die in der Centralstation befindlichen Dampfmaschinen treiben direct Luftcompressoren. Die Luft wird in einen grossen Sammler gedrückt und von hier aus durch die Rohrleitungen nach den sogenannten Luftmotoren geführt.

Diese Luftmotoren, ganz genau wie Dampfmaschinen construirt und auch in derselben Weise wirkend, treiben sodann die Transportbänder, Elevatoren etc. durch Zwischentransmissionen in geeigneter Weise an.

Selbstverständlich müssen bei diesem System sämmtliche Rohrleitungen gegen Abkühlung geschützt und bei den einzelnen Luftmotoren Oefen aufgestellt werden, welche die Cylinder derselben wärmen, da ja beim Expandiren von comprimirter Luft Wärme gebunden wird und bei Nichtvorhandensein künstlicher Erwärmung sehr starke Abkühlung, ja sogar Eisbildung eintreten könnte. Der Betrieb wird dadurch mindestens ebenso

complicirt und womöglich noch umständlicher als mit Petroleum- oder Gasmotoren, namentlich aber würde die Aufstellung von Oefen im Speicher von vornherein zu den allerschwersten Bedenken Veranlassung geben, so dass auf diese Art der Kraftvertheilung nicht näher eingegangen werden soll.

### c. Die elektrische Kraftübertragung.

#### Einleitendes.

Die Bedenken, welche gegen die Ausführung der vorliegenden Anlage mit hydraulischer Kraftübertragung oder mit solcher durch Pressluft bestehen und welche unter anderen durch die nothwendige Ueberführung des grössten Theiles der Kraft über eine hohe Brücke hervorgerufen werden, die von starker Belastung frei zu halten ist, kommen nicht zur Geltung bei der Uebertragung der Kraft auf elektrischem Wege. Im Gegentheil springt es hier als erster Vorzug in die Augen, dass die Fortführung der Kraft durch festliegende und in keiner Weise mechanisch beanspruchte Kupferleitungen geschieht, deren Gewicht als Belastung der Brücke völlig belanglos ist.

Die naturgemässe Forderung für eine Anlage von so grosser Zahl von Betriebsstellen, dass die Wartung der vielen einzelnen Motoren eine einfache und von billigen Arbeitskräften leicht zu besorgende sei, weist ferner ebenfalls auf die Anwendung der elektrischen Motoren hin. Denn die elektrische Kraft-Maschine, wie sie die neueste Zeit in vollendeter Technik herstellt, besitzt den grössten Vorzug, der einer Maschine eigen sein kann: Einfachheit in Construction und Wirkungsweise. Während insonderheit bei den Gasmotoren die Regelung der Umlaufszahl einen complicirten Apparat erheischt, der in vielen Theilen einer sachkundigen Bedienung bedarf, reguliren die neuen Lahmeyer'schen Elektromotoren ohne jeglichen Mechanismus, einfach zufolge einer sinnreichen elektrischen Disposition mit einer für die vorliegenden Zwecke mehr als hinreichenden Genauigkeit auf gleiche Umlaufzahl. Frei ferner von dem Kurbel-Mechanismus, welcher bei den durch Gas- oder Dampfdruck angetriebenen Motoren die ursprünglich geradlinig erzeugte Bewegung erst in eine drehende umzuwandeln hat, erzeugen die Elektromotoren ursprünglich die Rotation einer Axe ohne jede Gelenkmechanismen, lediglich durch geeignete Armirung der Axe mit stromdurchflossenen Drähten, auf welche der Magnetismus eines festen Gestelles wirkt.

Darum ist, so unverständlich ihm die Entstehung der Zugkraft im Elektromotor auch sein mag, für den Wärter die Wartung desselben eine unvergleichlich einfache, und der Betrieb derselben ist in dem Falle ein hervorragend sicherer, wo sich in allen Einzelheiten der Anlage richtiges Grundprincip mit guter technischer Ausführung paart.

Allerdings begegnet man gerade in diesem Punkte leicht einem Vorurtheil, indem die elektrische Kraftübertragung sich noch nicht lange Zeit im Zustande der Reife befindet und daher die Erinnerung an ihre Kinderkrankheiten noch nicht gelöscht ist. Es soll deshalb der Entwurf der elektrischen Anlage hier eingehend behandelt werden. Auch hier seien als Beispiele wieder dieselben Kraftverhältnisse gewählt wie bei der Betrachtung über die Petroleum- und Gasmotoren.

#### Allgemeine Anordnung.

Der Umstand, dass die Punkte, auf welche die Kraft zu vertheilen ist, mit elektrischen Verhältnissen gemessen, untereinander nicht erheblich entfernt liegen, ermöglicht, der ganzen Anlage die einfache Parallelschaltung zu Grunde zu legen. Es ergiebt sich dadurch die Anordnung des Lageplanes auf Tafel VII. Nimmt man an, dass zur Heranschaffung von Getreide nicht die Androssow-Mole benutzt, sondern eine eigene hierfür gebaut wird (vergleiche Seite 10), so könnte für die Centrale der in dem Plane mit *Z* bezeichnete Punkt in Aussicht genommen werden, welcher von der nächsten Stelle *A*, wo grosser Kraftbedarf vorhanden ist, etwa 1 km entfernt liegt. Von hier aus wäre also für den gesammten Kraftaufwand der elektrische Strom zu liefern, ferner auch derjenige für die Beleuchtungsanlage, letztere im Betrage von etwa 200 Pferdestärken.

Sechs Dynamomaschinen mit einem Kraftbedarf von je 450 Pferdestärken bei ihrer Maximalleistung von 1600 Volt und 190 Ampère geben auf der Centrale *Z* ihren Strom an die mit + und — bezeichneten Sammelschienen.

Die Regulirung der Dynamos ist eine Gleichspannungsregulirung in Bezug auf Punkt *I*, das heisst die Dynamos geben bei voller Belastung so viel mehr Spannung als bei Leerlauf, wie in diesem Falle der Spannungsverlust in *ZI* beträgt, nämlich etwa 4 Procent. Auf diese Weise erhält der central gelegene Punkt *I* stets eine gleiche Spannung geliefert. Von ihm nach den entferntesten Punkten *IV* und *V* findet ein noch geringerer Spannungsverlust statt, so dass die Veränderung desselben durch Veränderung der Belastung die von der Spannung der Hauptleitung abhängige Umlaufzahl der Elektromotoren nur in belanglosem Grade beeinflussen kann. Von hier aus erstreckt sich die für die Kraftvertheilung bestimmte Hauptleitung auf die Punkte *I*, *II*, *III* und *IV*.

Es sei nun angenommen, dass auf der Strecke *I II* durch Abzweigungen die Stromzuführung für 8 Motoren à 50 Pferdestärken und 4 Motoren à 80 Pferdestärken stattfindet. Da die genauere Anordnung dieser Motoren unwesentlich ist, so sind in dem Plane alle Motoren gleicher Stärke an diesem Platze schematisch zu einer Gruppe vereinigt. Strecke *II* und *III* dient nicht zur Stromabgabe, sondern bildet die Ueberbrückung des Meeresarmes, während Strecke *III* und *IV* den Strom für die Motoren des 1000 m langen Silospeichers (Elevators) zu liefern hat. In diesem, im Plane mit *B* bezeichneten Bezirke sollen nun 4 Motoren à 100, 6 Motoren à 80 und 10 solche à 8 Pferdestärken angenommen werden. Die Motoren von 100 und 80 Pferdestärken werden, wie die Motoren in dem Bezirke *A*, direct von der Hauptleitung mit Strom versorgt. Natürlich wird für nahe liegende Motoren auf möglichst grosse Strecken der Strom in einem gemeinsamen Kabel geführt. Schematisch sind wieder die gleichartigen Motoren als Gruppe vereinigt gezeichnet. Bevor auf die Speisung der 10 kleineren Motoren von je 8 Pferdestärken näher eingegangen wird, soll zunächst Einiges über die Beleuchtungsanlage gesagt werden.

Den Strom für die Glühlampen und Bogenlampen direct von den Hauptleitungen zu entnehmen, geht nicht an, da es erstens schwierig sein würde, die Lampen in einer der hohen Spannung der Hauptleitung entsprechenden Schaltung anzuordnen, und da es ferner Bedenken haben würde, die unzähligen Lampen, welche zum Theil der Berührung Unkundiger zugänglich sind, mit hoher Spannung zu beschicken.

Die neuere Elektrotechnik liefert in der Lahmeyer'schen Motordynamo ein ebenso einfaches wie zuverlässiges Mittel, durch eine Hauptleitung hoher Spannung eine zweite Hauptleitung niedriger Spannung mit Strom zu versorgen. Jede Motordynamo kann im Princip aufgefasst werden als die Verbindung eines Motors, welcher auf gleiche Umlaufzahl geregelt ist, mit einer Gleichspannungsmaschine von der für die Beleuchtungsanlage gewünschten Spannung, hier 120 Volt. Es macht natürlich keinen Unterschied, ob diese Gleichspannungsmaschinen von Dampfmaschinen oder Elektromotoren angetrieben werden. Die durch Hauptleitung *I V* und zwei Motordynamos *MD* mit Strom versorgten Hauptleitungen geringer Spannung für die Beleuchtung am Lande sind im Plan mit 1—2 bezeichnet. Von Leitung *III IV* wird mittelst einer oder mehrerer Motordynamos *MD* die Beleuchtungs-Hauptleitung 3—4 für geringe Spannung mit Strom versorgt. Da nun, wie später gezeigt werden wird, die an die Sicherheit des Betriebes zu stellenden hohen Anforderungen nicht erfüllt werden würden, wenn auch die kleineren Motoren an die Hauptleitungen hoher Spannung angeschlossen würden, so sind 10 Motoren à 8 Pferdestärken, auf die angedeutete Weise schematisch dargestellt, von der Beleuchtungs-Hauptleitung 3—4 abgezweigt. Man hat somit hierfür eine Motordynamo auch am Tage zu betreiben. Diese Methode, durch die Lahmeyer'schen Motordynamos zweite Hauptleitungen mit niederer Spannung zu versorgen, erzielt den wesentlichen Vortheil, in derselben allgemeinen Strom-Vertheilungsanlage Motoren der verschiedensten Grössen aller Orten verwenden zu können.

Man erzielt also auf diese Weise eine ausserordentliche Einfachheit des Leitungsnetzes. Die Motoren arbeiten sämmtlich jeder in völliger Unabhängigkeit, und die Stromlieferung bedarf nur hinsichtlich des einzigen Punktes *I*, dessen Spannung constant zu halten ist, eine Controle.

### Die elektrische Central-Anlage.

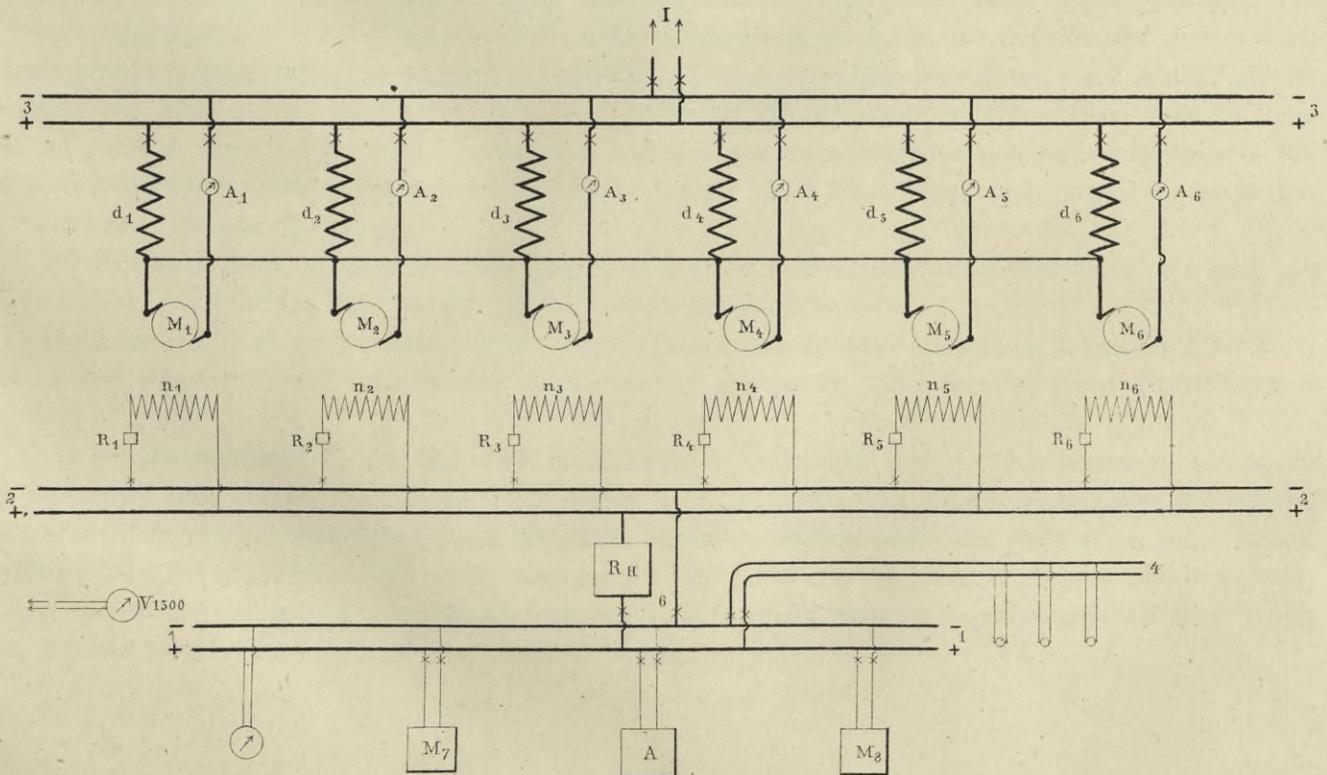
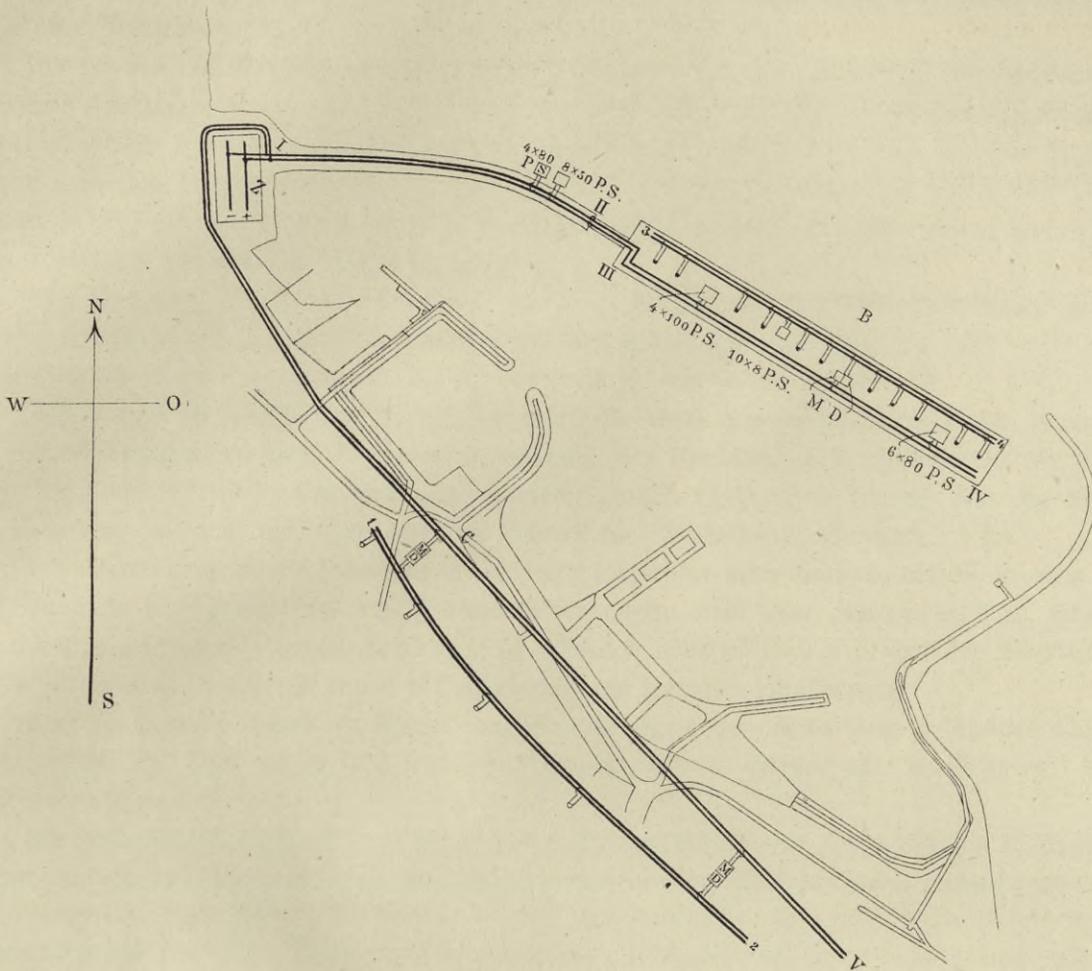
Wie bereits erwähnt wurde, bezweckt die ganze Centralstation, den Centralpunkt *I* des Leitungsnetzes mit möglichst gleich gehaltener Spannung zu beschicken. Die Einheit der elektrischen Spannung ist bekanntlich das Volt, und für die vorliegende Kraftanlage ergibt sich eine solche von 1500 Volt im Punkte *I*. Die Leitung *ZI* verbraucht bei voller Belastung eine solche von etwas über 60 Volt (gleich etwa 4 Proc.). Es ist daher die Wirkungsweise der Dynamos so einzurichten, dass die Sammelschienen in der Centrale (siehe Schema auf Tafel VII) bei ganz schwacher Beanspruchung der Hauptleitung 1500 und bei maximaler Beanspruchung derselben etwa 1590 Volt haben.

Die Wirkungsweise der 6 grossen Dynamos ist also nahezu die von Gleichspannungsdynamos, d. h. solcher mit gewöhnlicher gemischter Wicklung. Diese Wicklungsweise zu wählen, verbietet aber eine zweifache Rücksicht auf die Sicherheit des Betriebes. 1) Ein gewöhnlicher Nebenschluss so hoher Spannung würde aus sehr vielen Windungen sehr dünnen Drahtes bestehen, bei Stromöffnung einen sehr starken Extrastrom erzeugen und dadurch die Isolirung gefährden. 2) Es würden die Regulatoren, an welchen Wärterhand unter Umständen einzugreifen hat, im Stromkreise hoher Spannung liegen und eine ungeschickte Bedienung derselben könnte die Wärter gefährden.

Da es nun zweifellos richtig ist, einerseits die für die Anlage wirtschaftlich günstige Spannung nicht aufzugeben, andererseits aber alle Anordnungen so zu treffen, dass eine Betrieb und Menschen gefährdende Wirkung derselben möglichst vollkommen ausgeschlossen wird, wäre für die grossen Dynamomaschinen  $M_1—M_6$  des Schemas eine Schaltweise zu wählen, welche den hochgespannten Nebenschluss ersetzt durch eine Wicklung geringer Spannung  $n_1—n_6$ , deren Strom aus einer zweiten Quelle von nur etwa 110 Volt herrührt. Diese bewirkt dann gleichzeitig die Beleuchtung der Centrale. Im Uebrigen sind die grossen Dynamomaschinen wie gewöhnliche Gleichspannungsmaschinen mit gemischter Wicklung an die Sammelschienen 3 angeschlossen. Ihre directen Schenkelwicklungen, durchaus gleichen Widerstandes ( $d_1—d_6$ ) liegen zwischen den positiven Bürsten, die sämmtlich durch eine besondere Leitung 5 verbunden sind, und der positiven Sammelschiene. Die anderen Bürsten sind mit Einschaltung je eines Ampèremeters  $A_1—A_6$  mit der negativen Sammelschiene verbunden. Die zweite Stromquelle, von 110 Volt Spannung, welche den Wicklungen  $n_1—n_6$  Strom giebt, ist in dreifacher Reserve vorhanden. Es sind dies die beiden Gleichspannungsmaschinen  $M_7$  und  $M_8$  von 110 Volt und 200 Ampère Maximalleistung und eine Akkumulatorenbatterie *A* entsprechender Leistung. Im Allgemeinen soll *A* durch eine der Dynamomaschinen während ruhenden Betriebs geladen werden. Zum Zwecke dieser Ladung kann auf übliche Weise die directe Wicklung der Gleichspannungsmaschine  $M_7$  bezüglich  $M_8$  durch eine Stöpselvorrichtung ausgeschaltet werden. Es soll die Akkumulatorenbatterie im Betriebe den Sammelschienen 1 den Strom liefern. Es ist dadurch diesen Sammelschienen eine von den Umlaufgeschwindigkeiten unabhängige, durchaus constante Spannung gesichert. Es kann indessen jede der beiden Maschinen direct die Sammelschienen 1 speisen, oder es kann auch jede derselben zusammen mit der Akkumulatorenbatterie auf die Schienen arbeiten. Diesen Sammelschienen wird eine constante Spannung von 110 Volt ertheilt, controlirt durch das Voltmeter  $V_{110}$ .

Von den Sammelschienen 1 zweigt sich einerseits ab die Beleuchtungsanlage der Centrale, Leitung 4, andererseits die zu den Sammelschienen 2 führenden Zuleitungen 6, deren eine den Hauptregulator *RH* enthält. Von diesen sind die genannten Schenkelwicklungen  $n_1—n_6$  der grossen Dynamos mit je einem Regulator  $R_1—R_6$  abgezweigt.

Da also die Sammelschienen 1 durch die Akkumulatorenbatterie *A* oder durch die Dynamo  $M_7$  und  $M_8$  mit constanter Spannung von 110 Volt versehen werden, so haben die Schenkelwicklungen  $n_1—n_6$  der grossen Dynamo einen verbürgt constanten Strom und dadurch haben letztere, mit gleicher Umlaufzahl betrieben, eine stets gleiche Spannung, falls sich ihre Belastung nicht ändert. Ändert sich aber ihre Belastung, nimmt dieselbe also z. B. zu, so vertheilt sich diese Stromzunahme in gleichem Maasse auf die directen Schenkel-





wicklungen  $d_1—d_6$ . Der Magnetismus der Dynamomaschinen erfährt also mit zunehmender Belastung ebenfalls eine Zunahme.

Es ist nun die Windungszahl der directen Wicklung  $d_1—d_6$  so bemessen, dass die durch sie verursachte Zunahme des Magnetismus nicht nur den bei grösserer Belastung grösseren Spannungsverlust in der Maschine selbst ausgleicht (so dass also die Sammelmachines 3 auf constante Spannung gespeist würden), sondern dass dieser Ausgleich auch hinsichtlich des Spannungsverlustes in der Leitung  $ZI$  stattfindet. Da der Spannungsverlust in  $ZI$  nur 4 Procent beträgt, so ergibt diese Regulirung auch dann noch die erforderliche Genauigkeit, wenn nur ein Theil der Dynamos arbeitet.

Die Wirkung der Dynamomaschinen ist also eine sogenannte »überspannende«, eine Wirkungsweise, welche gerade bei den Lahmeyer'schen Dynamomaschinen, sogar für Ausgleich eines noch erheblich grösseren Procentsatzes an Spannungsverlust, als er hier vorliegt, sehr schön erreicht ist.

Macht man die Voraussetzung, die ja durch die Wahl unserer bestregulirenden Dampfmaschinen erfüllt ist, dass Schwankungen ihrer Umlaufszahl während des Betriebes nicht vorkommen, so erzielt die gewählte Anordnung den für solche Centralen ganz ausserordentlich werthvollen Vorzug, dass die grössten Wechsel in der Belastung möglich sind, ohne dass ein Eingriff von Wärterhand erforderlich wird.

Beachtenswerth ist die getroffene Anordnung ausserdem noch insofern, als die grossen Dynamomaschinen ihre Spannung nur proportional der Umlaufszahl verändern, nicht aber, wie gewöhnliche, ihren Magnetisirungsstrom selbst erzeugende Dynamomaschinen, in erheblich höherem Grade. Denn der Hauptmagnetisirungsstrom der Windungen  $n_1—n_6$  ist ja von der Umlaufszahl der Dynamos unabhängig.

Auf der Centrale haben die Wärter nur 2 Spannungsmesser zu beobachten, erstens den Spannungsmesser  $V_{110}$ , welcher 110 Volt zeigen soll, und den Spannungsmesser, welcher mit den Punkten  $I$  verbunden ist und 1500 Volt zeigen soll.

Die Bedienung der mit  $V_{110}$  zusammenhängenden Sammelschienen 1 hat dieselbe Einfachheit wie die einer kleinen Anlage mit Akkumulatoren und bedarf keiner besonderen Erwähnung. Die Controle und Einstellung des Voltmeters  $V_{1500}$  wird lediglich durch den Hauptregulator  $R_H$  (also einen durch Hand verstellbaren Drahtwiderstand) bewirkt. Eine Verringerung dieses Widerstandes, d. h. Verschiebung des Hebels nach der Richtung »stark« stärkt proportional den Strom sämtlicher Wicklungen  $n_1—n_6$ , also die den Sammelschienen 3 gelieferte Spannung. Dieser Regulator liegt, wie ersichtlich, in dem Stromkreise niedriger Spannung.

Die Regulatoren  $R_1—R_6$  dienen zur Controle und Einstellung der durch die Ampèremeter  $A_1—A_6$  angezeigten einzelnen Stromstärken der 6 grossen Dynamos. Werden diese Regulatoren mehr auf »stark« gestellt, so nimmt der Strom in der zugehörigen Dynamo zu. Sie sind ein für allemal so einzustellen, dass die Dynamos bei gleichen Touren sich gleich belasten, und bedürfen nur dann einer Verstellung, wenn grössere Umlaufschwankungen in einzelnen Maschinen vorkommen sollen. Auch diese Regulatoren liegen, wie ersichtlich, im Stromkreise geringer Spannung.

Die Schaltungen der grossen Dynamos können so gestellt werden, dass alle 6 Maschinen, wie auch jede einzelne, oder eine beliebige Combination auf die Hauptleitungen arbeiten.

Die Ausschaltvorrichtungen sind von der für die Compoundmaschinen bestimmten bekannten Einrichtung und in der schematischen Zeichnung nur durch ein  $\times$  angedeutet. Dieselben sind mit Bleisicherungen versehen.

Die Dynamomaschinen  $M_7$  und  $M_8$ , sowie die Akkumulatorenbatterie, sind reichlich bemessen, so dass sie den Strom für noch andere Wicklungen  $n$  zu liefern im Stande sind. Es erhellt, dass daher ein weiterer Ausbau der Centrale durch Anfügung neuer Maschinen an die Sammelschienen 3 und Aufstellung neuer Dampfmaschinen jederzeit möglich ist. Es kann dann gemäss der grösseren Belastung ein etwas grösserer Spannungsverlust in der Leitung  $ZI$  zugelassen werden. Oder es kann auch, wie später noch erwähnt werden wird, die leicht zugängliche Leitung  $ZI$  verstärkt werden.

Die Anlage der Leitungen niedriger Spannung 1, 2, 4, 6 nebst ihren Abzweigungen darf, wie schon gesagt, zufolge der dreifachen Reserve ihrer Stromquelle als unbedingt betriebsicher hingestellt werden. Dass die an die Sammelschienen 3 angeschlossene Anlage ebenfalls einen ausserordentlich hohen Grad der Betriebsicherheit aufweist, ist hauptsächlich dadurch erreicht, dass die 3 Dampfmaschinen und die 6 Dynamomaschinen sich gegenseitig zur Reserve dienen. Obenein ist für diese Anlage als Reserve vorgesehen 1) ein completer Anker, für die grossen Dynamos passend, 2) eine zugehörige Gruppe von 4 Schenkelpulen.

### Construction und Wirkungsgrad der Dynamomaschinen.

Die Dynamomaschinen sind Lahmeyer'schen Systemes, charakterisirt durch massive Schenkel ohne Polschuhe, welche mit einem die ganze Maschine umgebenden Rahmen zusammen gegossen sind. In elektrischer Hinsicht bietet die Construction folgende Vortheile:

- 1) Den höchsten Wirkungsgrad, indem der Magnetismus mit nur unerheblichem Verluste zur Stromerzeugung auf den Anker concentrirt wird,
- 2) eine besondere funkenlose Stromabnahme, da dieselbe zu Folge geringer magnetischer Streuung in thatsächlich indifferenter Zone erfolgt,
- 3) zu Folge der grossen magnetischen Intensität ist die Windungszahl auf dem Anker eine verhältnissmässig geringe, wodurch eine nur schwache Erwärmung derselben und gute Isolirungsfähigkeit bewirkt wird,
- 4) da die Streuung des Magnetismus nach aussen vermieden ist, so findet durch die Maschine kein Anziehen von Eisenstücken, keine Magnetisirung von benachbarten Taschenuhren und sonstigen Eisen- oder Stahlgegenständen statt.

Fig. 13.

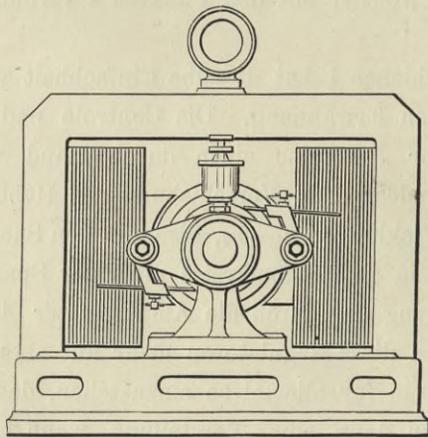
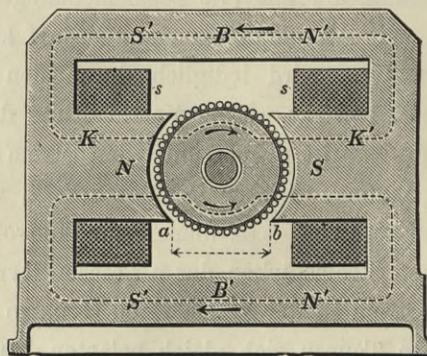


Fig. 14.

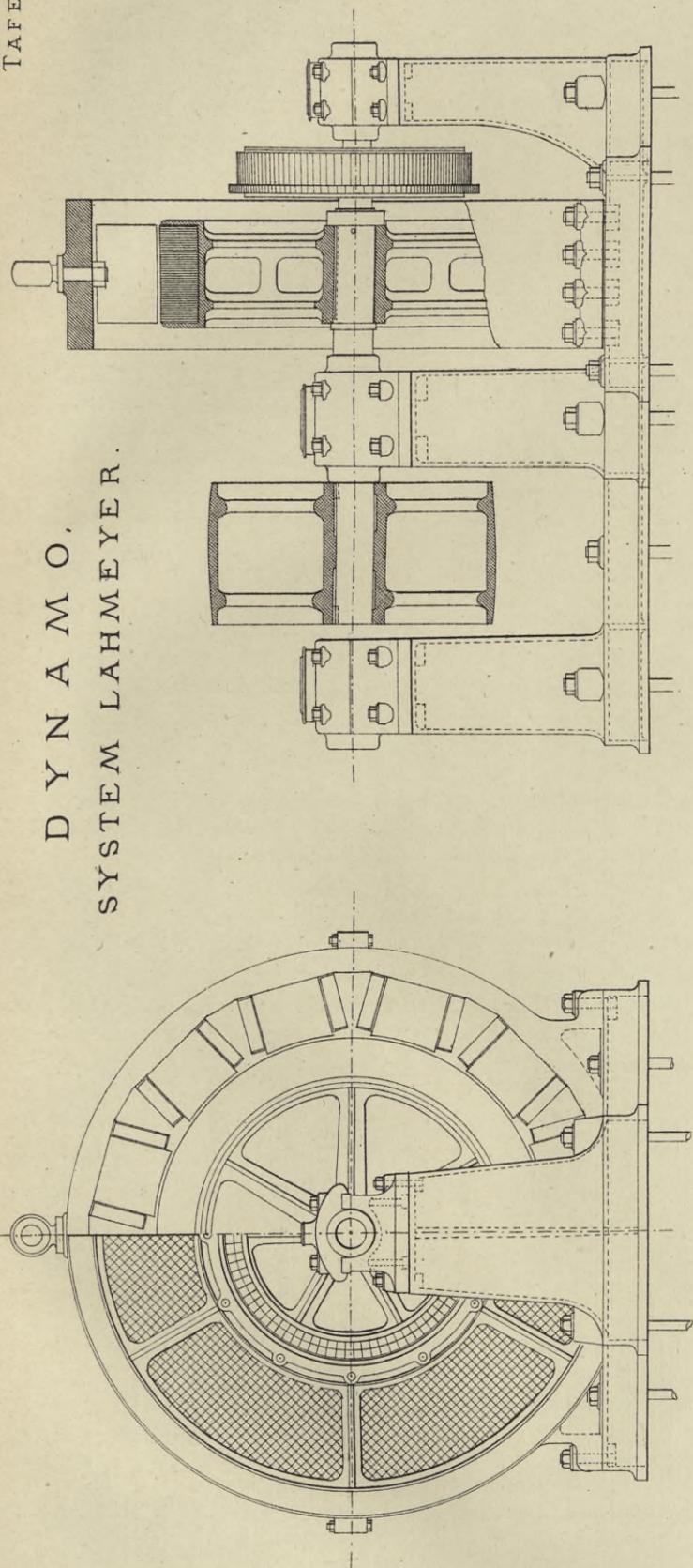


Tafel VIII stellt die im vorliegenden Fall zur Verwendung kommende 12polige Lahmeyer'sche Maschine dar.

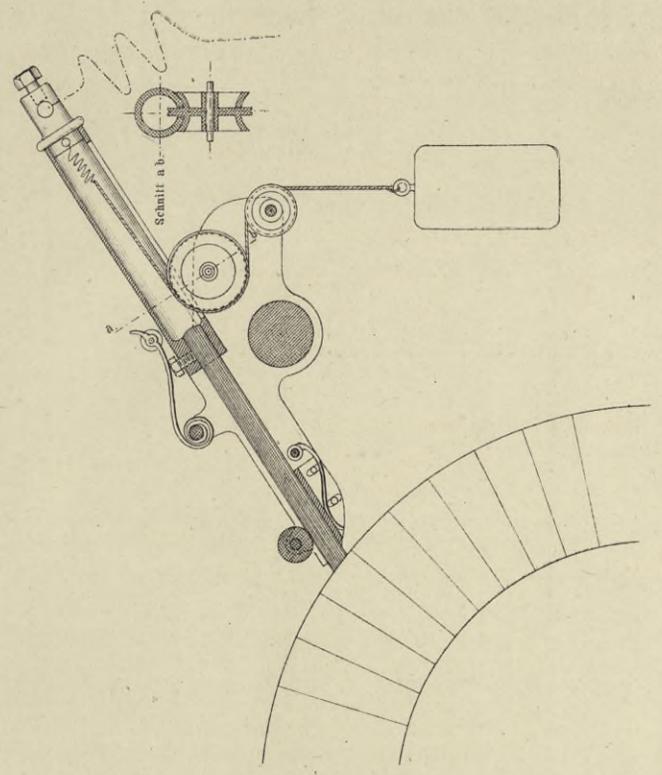
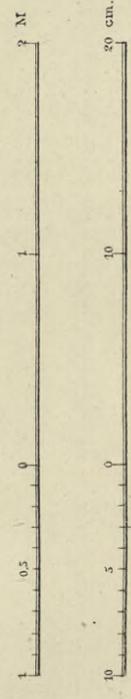
Die Bewicklung des Ankers geschieht in Ringmanier mit einer einzigen Lage von dreifach mit Hanf besponnenem und schellackirtem Kupferdraht von 5,5 mm Stärke. Ausserdem ist der Draht durch Einlegen von Nuthen, die mit isolirender Masse ausgekleidet sind, gegen Verschiebung geschützt. Es sind nur zwei Stromabnahmestellen am Stromabgeber vorhanden, und an jeder derselben wirken 3 Bürsten parallel, so dass man auch hier die möglichste Reserve hat.

Von besonderem Werthe für die vorliegende Anlage ist die selbst regulirende Lahmeyer'sche Stromabnahmevorrichtung. Wie aus der Zeichnung auf Tafel VIII ersichtlich, erfährt jede der Bürsten durch Schnurverbindung mit einem Gewichte ein continuirliches Nachschieben, bis die Bürste vollständig verbraucht ist. Ein Nachschieben der Bürsten von Hand während des Betriebes oder sonst findet somit nie statt. Dadurch, dass der Zug der Schnur nicht direct an den Bürstenhalter, sondern an eine mit diesem verbundene Spiralfeder angreift, erhält die Bürste die nöthige Fähigkeit, etwaigen geringen Vibrationen oder Unebenheiten des Stromabgebers mit federndem Drucke zu folgen.

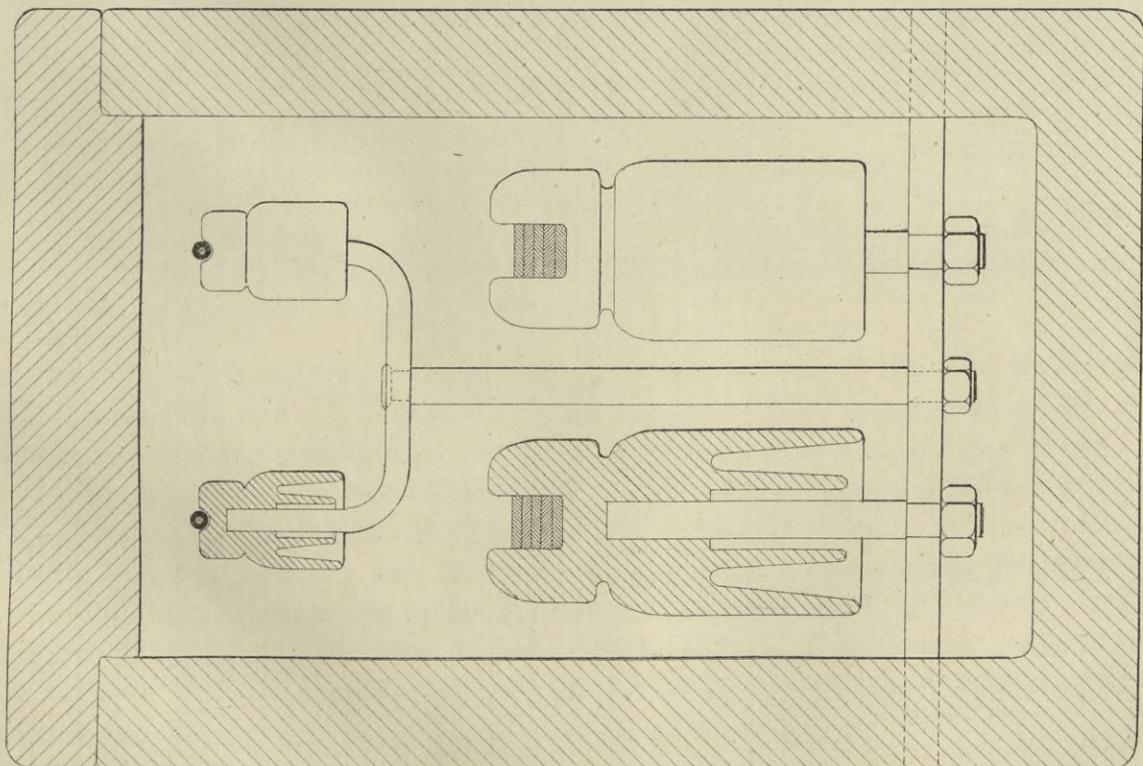
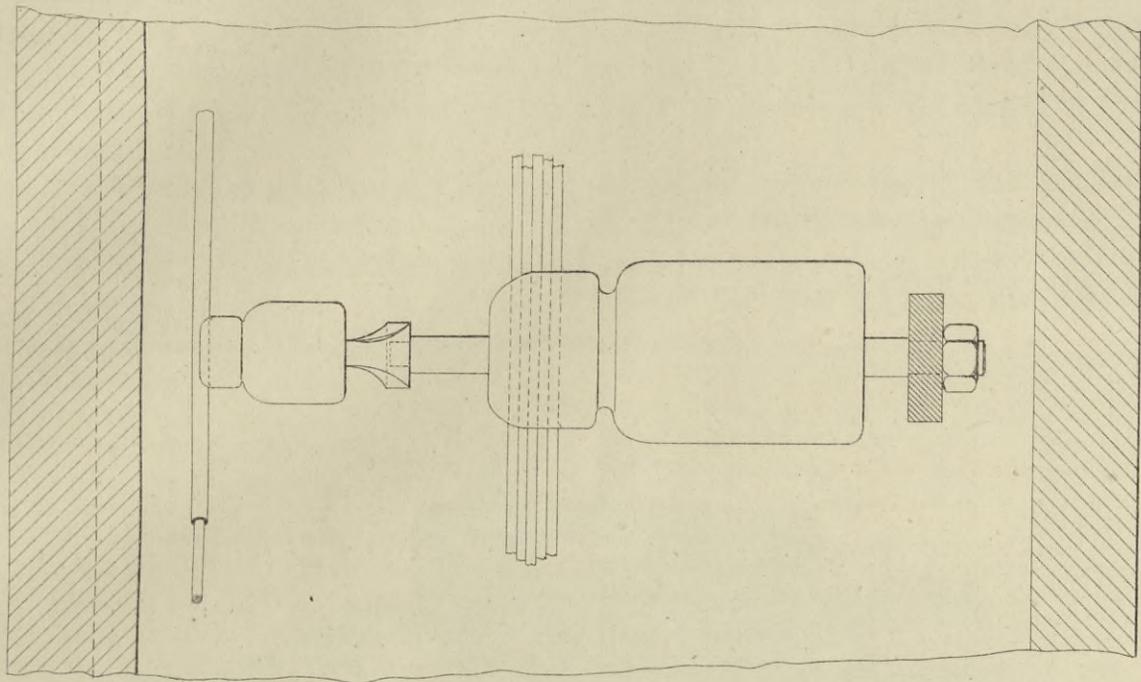
D Y N A M O,  
S Y S T E M L A H M E Y E R.



LEISTUNG 1600 VOLT. 190 AMP.  
 UMLAUFSAHL 210.  
 KRAFTBEDARF 450 PFERDESTÄRKEN.





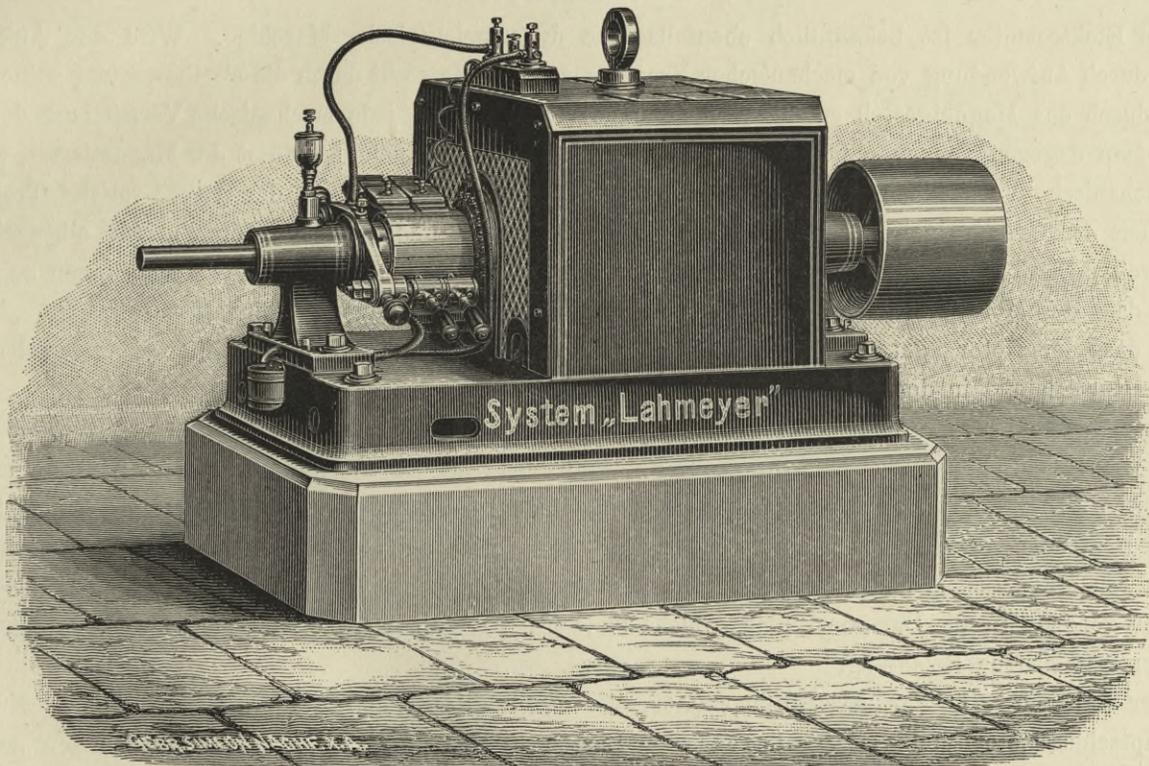




Nach Messungen und Berechnungen beträgt der Verlust an elektrischer Energie, welcher in diesen Maschinen stattfindet, genau 3 Procent, der elektrische Wirkungsgrad somit 97 Procent. Der Verlust, welcher ausserdem noch durch die Ummagnetisirung des Ankereisens, die Reibung der Bürsten auf dem Stromabgeber und die Reibung der Axen in den Lagern eintritt, beträgt 3—4 Procent. Es ergibt sich somit als mechanischer Wirkungsgrad der Dynamomaschinen, gerechnet von der Axe bis zu den stromabgebenden Klemmen, gut 93 Procent. Trotzdem sollen diese Maschinen nur mit einem Wirkungsgrade von 90,5 Procent in die Rechnung eingeführt werden.

Fig. 13 und 14 zeigen den Typus der Maschinen  $M_7$  und  $M_8$  für 180 Ampère, 110 Volt bei ungefähr 18 Pferdestärken Kraftbedarf in Ansicht und Querschnitt, während Fig. 15 eine perspectivische Darstellung dieser Maschine giebt. Da dieselbe kleiner ist, hat sie nur 2 Schenkel, ebenfalls radialer Stellung, wie die der Schenkel des grossen Modells. Auch hier sind die Schenkel mit einem die ganze Maschine [schützenden Rahmen zusammengelassen. Der Wirkungsgrad beträgt 88 Procent.

Fig. 15.



#### Anlage der Hauptleitungen.

Die Hauptleitungen werden mit Porzellanisolatoren in Kästen verlegt. Wo diese Kästen in die Erde gelegt sind, bestehen dieselben aus Eisengitterwerk mit Cementsausfüllung, System Monier. Wo die Leitung über die Brücke oder über Gebäude geführt wird, bestehen diese Kästen aus solidem Holzwerk, imprägnirt und mit Oelfarbe gestrichen. Die Abzweigungen von den Hauptleitungen zu den Motoren geschehen durch isolirte Kabel, welche überdies Schutz und zweite Isolirung durch Verschalung in Holzleisten erhalten.

Tafel IX zeigt den Querschnitt eines für die Versenkung in die Erde bestimmten Monierkastens auf der Strecke  $ZI$ . Die beiden oberen dünnen Drähte bedeuten die Leitungen, welche das Voltmeter auf der Centrale mit dem Punkte  $I$  verbinden. Die beiden unteren Leitungen sind die Hauptleitungen der Kraftübertragung. Dieselben sind aus fünffacher Lage von Flachkupfer von  $5 \cdot 25$  mm Querschnitt gebildet. Der Gesamtquerschnitt ist also 625 qmm.

Die Porzellanisolatoren sind gross genug, um eine Verstärkung der Hauptleitung durch Auflegung neuer Flachkupferleitungen zu ermöglichen, falls die Centrale weiter ausgebaut wird. Die Isolatoren sind, wie ersichtlich, auf Quereisen aufgeschraubt, welche im Abstände von 1,5 m in den Monier- bzw. Holzkästen angebracht sind. Der Raum unterhalb der Quereisen gestattet Ansammeln und Abfließen (etwa eindringenden) Wassers, indem sich an den tiefsten Stellen der in die Erde verlegten Kästen Abflussröhrchen befinden.

Die Verlegung der Leitung von hoher Spannungsdifferenz auf Porzellanisolatoren lässt bei Bedeckung der Isolatoren mit Feuchtigkeit einen gewissen Stromverlust zu, welcher indess einige pro Mille nicht überschreiten kann. Dagegen schliesst diese Anordnung das Entstehen stärkerer schädlicher Erdschlüsse vollkommen aus und verdient deswegen den Vorzug vor den Kabeln. Die Zugänglichkeit der Leitung, die Möglichkeit, dieselbe durch Auflegen neuer Flachkupferstangen zu verstärken, bildet ebenfalls einen Vorzug dieses Systemes. Die durch das verwandte Flachkupfer sich ergebende Form des Leitungsquerschnittes ermöglicht den Anschluss der Abzweigungen durch solide Verbindungsstücke mit breiten Contactflächen und je einer Zahl von 3—6 Schrauben.

#### Die Elektromotoren.

Ein Elektromotor ist bekanntlich ebenfalls eine dynamoelektrische Maschine. Wird der Anker einer solchen durch Aufwendung von mechanischer Kraft gedreht, so entsteht durch die Fortbewegung seiner Drähte in dem durch das Magnetgestell erzeugten magnetischen Felde ohne jede mechanische Vermittlung der Strom. Schickt man dagegen von aussen Strom in die Drähte des Ankers hinein, so stösst der Magnetismus, wiederum ohne mechanische Vermittlung, die Ankerdrähte in der Art vorwärts, dass der Anker rotirt. Trotz dieser Einfachheit des Grundprincipes des Elektromotors hat es lange gedauert, bis derselbe für allgemeinen Gebrauch reif erklärt werden konnte. Es gelang nämlich anfänglich nicht, die beiden Forderungen zu erfüllen:

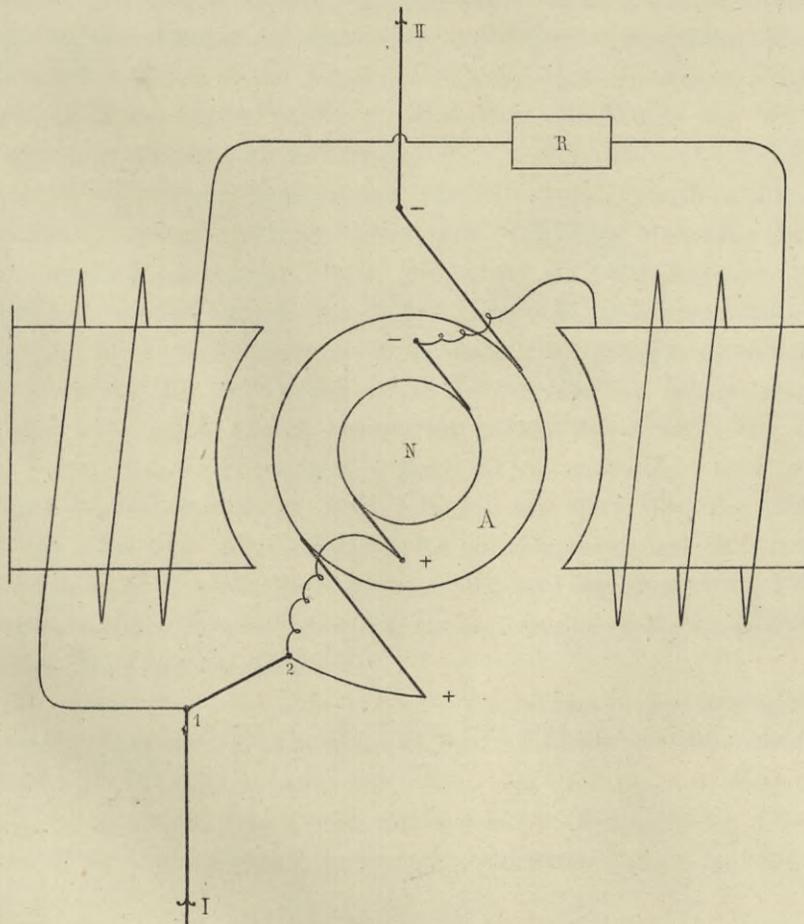
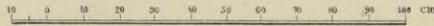
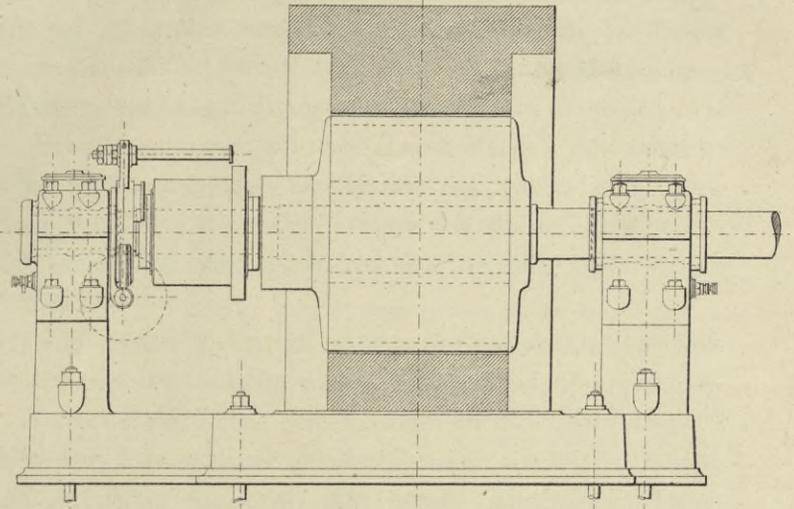
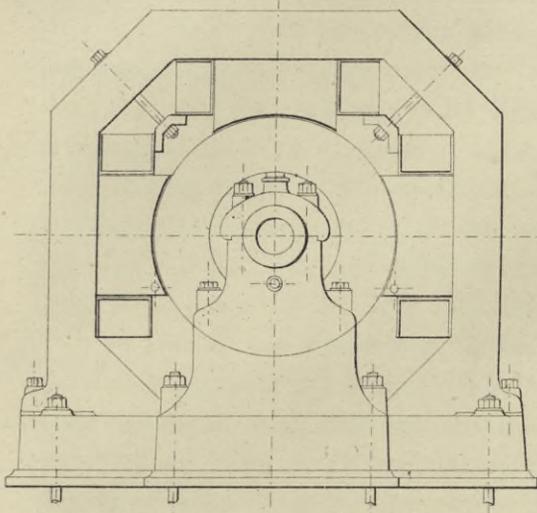
- 1) dass der Motor bei allen Belastungen nahezu die gleiche Umlaufzahl einhalten soll,
- 2) dass der Motor »gut angeht«, d. h. dass er ohne Schaden zu nehmen die von ihm zu treibenden Massen aus dem Ruhezustand in den der Bewegung überführt.

Es ist seit längerer Zeit schon gelungen, entweder die eine oder die andere dieser Forderungen zu erfüllen. Der Nebenschlussmotor hält für grobe Betriebe genügend die Umlaufzahl gleich, indessen belastet er sich beim Angehen zu stark mit Strom und gefährdet dadurch seine Ankerwicklung. Der Hauptschlussmotor dagegen lässt einen beim Angehen auftretenden stärkeren Strom auch die Schenkel durchfliessen und schafft so stärkeren Magnetismus und stärkere Zugkraft. Hinsichtlich seiner Regulirung auf Umlaufzahl verhält er sich aber genau wie eine Dampfmaschine, welche ohne jeden Regulator arbeitet. Er passt daher nur für eine völlig unveränderliche Belastung.

Der Lahmeyer'sche Parallelschaltungsmotor aber erfüllt diese beiden Forderungen vereinigt. Er geht an als Hauptschlussmotor und vermag die grössten Lasten in Bewegung zu setzen, ohne Schaden zu nehmen. Nach Erreichung der richtigen Umlaufzahl geht er automatisch in eine Schaltung über, durch welche er mit grösster Genauigkeit seine Umlaufzahl constant hält.

Der Motor ist zu diesem Zwecke in folgender Weise eingerichtet. Sein Anker ist mit zwei Wicklungen versehen, deren eine, von bei weitem grösserer Windungszahl, nur zur Stromaufnahme dient und nur als treibende, motorische Wicklung wirkt. Die zweite Ankerwicklung ist von geringerer Windungszahl und steht mit einem besonderen Stromabgeber in Verbindung. Sie wirkt gleichsam als besondere Dynamomaschine. Dadurch, dass sie sich mit dem Anker in dem magnetischen Felde bewegt, entsteht in ihr Strom, und dieser Strom wird von dem zugehörigen Stromabgeber durch die Schenkelwicklung des Motors geleitet. Bei grösserer Belastung lässt der Motor an Umlaufzahl etwas nach, und so vermindert sich, da diese Erregerwicklung gleichsam eine Hauptschlussdynamomaschine bildet, in weit höherem Grade ihr Strom, also auch der Magnetismus des Motors. Dies bewirkt aber eben das in diesem Falle erforderliche Herabgehen seiner elektromotorischen Gegenkraft und das entsprechende Heraufgehen seiner Stromstärke. Dadurch ist die Bedingung zur Leistung grösserer Zugkraft erfüllt.

ELECTROMOTOR  
SYSTEM LAHMEYER.  
UMLAUFZAHL 240.





Es ist ohne weiteres ersichtlich, dass ein solcher Motor mit erheblich viel grösserer Genauigkeit auf gleiche Umlaufzahl regulirt als ein Nebenschlussmotor, weil bei letzterem der Magnetismus der Schenkel constant ist, bei diesem dagegen sich derselbe mit der Umlaufzahl in empfindlicher Weise derart ändert, dass einer Veränderung der Umlaufzahl entgegengewirkt wird. Es wird auf diese Weise bei den grösseren Motoren eine Regulirung der Umlaufzahl bis auf 2,5 Procent Genauigkeit, bei den kleineren bis auf 5 Procent erzielt. Ein gutes Angehen des Motors wird einfach durch eine Relaisschaltvorrichtung bewirkt, welche beim Angehen die beiden Stromkreise hintereinander schaltet, so dass der Motor währenddem gleichsam als Hauptschlussmotor läuft.

Auf Tafel X ist ein solcher Motor schematisch als zweipolige Maschine gezeichnet. Durch die beiden concentrischen Stromabgeber sind die beiden Ankerwicklungen dargestellt, und zwar ist *A* die Hauptankerwicklung, also die motorische, *N* ist die kleinere, geringere Ankerwicklung, welche ihren Strom in die Schenkel *d* entsendet. Mit den Klemmen *I II* ist der Motor durch Zuleitungen mit den Hauptleitungen der Centrale verbunden zu denken. Wie ersichtlich, ist die Strecke 1—2 sowohl dem Stromkreise des Ankers *A*, als dem des Ankers *N* gemeinsam. Zwischen beiden Punkten liegt ein Ausschalter. Beim Betrieb ist derselbe geschlossen. Denkt man sich denselben geöffnet, so ist erkenntlich, dass der Strom nach einander beide Kreise durchfliesst, indem er den Weg *I I d R d N 2 A II* nimmt.

Es handelt sich nun darum, diesen Ausschalter automatisch wirken zu lassen. Zu diesem Zwecke dient ein von den Bürsten des Ankers *N* abgezweigtes Spannungsrelais. Hat der Motor, gleichsam als Hauptschlussmotor angehend, seine richtige Tourenzahl erreicht, so zieht dieses Relais seinen Anker an und bildet dadurch den Contact. Wird der Motor ausgeschaltet, ihm also kein Strom weiter geliefert, so hört er auf zu laufen, verliert seine Spannung an den zweiten Bürsten, und der Anker des Relais fällt herab. Eintretender Strom findet somit den Anker stets in der Schaltung, welche für das gute Angehen des Motors nöthig ist.

Es ist zu beachten, dass das Relais seinen Anker nur dann verliert, wenn der dadurch zu bildende Strom bereits aufgehört hat, so dass der Contact niemals einen Oeffnungsfunken erleidet.

In den Kreis der Schenkelwicklung ist ausserdem ein Widerstandsregulator *R* eingeschaltet. Derselbe ermöglicht, die Tourenzahl des Motors durch Verstellen mit der Hand in weiten Grenzen zu verändern, und es hält dann der Motor zu Folge seiner Schaltung stets genau die Touren ein, auf welche er einmal eingestellt ist, falls ihm gleiche Spannung geliefert wird.

Der zweite Stromkreis ist von geringer Leistung, nämlich etwa 3 Procent von der des ersten, und zwar sowohl von geringer Spannung als auch geringer Stromstärke. Von einer Abnutzung des zugehörigen Collectors ist daher keine Rede. Es erhellt, dass diese Weise, gleichzeitig ein gutes Angehen und einen guten Betrieb der Motoren zu ermöglichen, ebenso einfach wie in jeder Hinsicht vollkommen ist, und es ist hiermit der Parallelschaltungsmotor eine für jegliches Gewerbe brauchbare Kraftmaschine geworden.

Wie steht es nun aber mit der Anwendung dieser Motoren für die höhere Spannung, welche hier der Anlage zu Grunde gelegt ist? Auch diesen Ansprüchen genügt der Motor, denn seine Schenkelwicklung ist dem Einflusse der hohen Spannung entzogen. Man hat es auch hier nicht mit einem Nebenschluss grosser Windungszahl und dünnen Drahtes zu thun, sondern mit einer Wicklung, deren Spannung und Abmessung man völlig in der Hand hat. Man kann dieselbe so abmessen, dass der Strom, wenn er beim Angehen die beiden Anker und die Schenkelwicklung nacheinander durchfliesst, zu Folge des zu wählenden Widerstandes der Schenkelwicklung *d* nicht über diejenigen Grenzen hinauswachsen kann, welche für beide Ankerwicklungen ohne Nachtheil zu ertragen sind.

Die hohe Spannung erfordert natürlich eine grössere Windungszahl der Hauptwicklung des Ankers, und darin liegt der Grund, dass sich dieser Motor nicht in kleineren Modellen für die vorliegende Spannung zweckmässig bauen lässt. Es ist natürlich im Princip nicht unmöglich, dem Anker in diesem Falle sehr viele Windungen sehr dünnen Drahtes zu geben, jedoch muss man solche Ausführungsweise, als den Anforderungen an Solidität und Betriebssicherheit zuwiderlaufend, vermeiden. Es dürfte daher für diese Anlage zweckmässig

sein, Motoren unter 15 Pferdestärken nicht für die hohe Spannung einzurichten, sondern, wie an anderer Stelle erwähnt, von den etwa mit 110 Volt versehenen Hauptleitungen des Beleuchtungsnetzes aus zu speisen. Da das Beleuchtungsnetz ja so wie so eine unumgängliche Sache ist, so steht es ja für die kleineren Motoren ohne Weiteres zur Verfügung.

Die Motoren werden bis 30 Pferdestärken zweipolig ausgeführt, wie die schematische Zeichnung angiebt, die grösseren Motoren vierpolig. Der Motor für 100 Pferdestärken bei 250 Touren ist dargestellt auf Tafel X. Bezüglich des Wirkungsgrades und seiner mechanischen Leistung gilt das über die Lahmeyer'schen Maschinen im allgemeinen Bemerkte. Die an die Hauptleitung höherer Spannung angeschlossenen Motoren erhalten dieselbe Stromabnahmevorrichtung wie sie bei den grossen Dynamomaschinen genauer beschrieben wurde. Es ist somit für die Motoren erreicht, dass sie während des Betriebes durchaus weiter keiner Wartung bedürfen als die der Schmierung und dass bei Motoren, welchen hohe Spannung zugeführt wird, sogar alle mit der hohen Spannung in Verbindung befindlichen Leitungstheile während des Betriebes abgesperrt werden können.

Der Wirkungsgrad der grösseren Elektromotoren beträgt nach Messungen und Berechnungen 88 bis 90 Procent. Der Sicherheit halber seien den Berechnungen jedoch nur 86 Procent zu Grunde gelegt.

Die Motoren für 100 und für 80 Pferdestärken machen 240 Umläufe in der Minute. Für die 50pferdigen ist eine Umlaufzahl von 400 in Aussicht genommen, für die 8pferdigen dagegen eine solche von 1200.

Hinsichtlich der Betriebssicherheit der Elektromotoren gelten die schon bei den Dynamomaschinen gemachten Bemerkungen. Nur der Anker ist es, an dem von aussen kommende Verletzungen eintreten könnten. Ein solcher ist jedoch leicht auszuwechseln, und wenn für jede Gattung der vorhandenen Motoren ein Anker als Reservestück genommen wird, so ist bei den Motoren eine längere Betriebsstörung kaum denkbar.

#### Die Lahmeyer'schen Motordynamos.

Dieselben verwenden das von Edison angegebene Princip, diejenigen Wicklungen, welche den hochgespannten Strom aufnehmen und diejenige, welche den niedrig gespannten Strom zur Beleuchtung weiter-schicken soll, auf einem gemeinsamen Anker anzubringen. Indessen erstreckt sich bei den Lahmeyer'schen Motordynamos die secundäre Ankerwicklung auch noch auf einen zweiten, weit kleineren Anker auf derselben Axe, jenseits dessen erst der Stromabgeber dieser Wicklung liegt. Auf diesem Anker wirkt ein besonderes Schenkelgestell, erregt lediglich durch eine Wicklung, welche in der secundären Hauptleitung liegt, also der Beleuchtungshauptleitung. Dadurch wird somit in der secundären Ankerwicklung an der Stelle, wo der kleine Anker liegt, eine elektromotorische Hilfskraft hervorgerufen, welche proportional mit der Stromstärke der Beleuchtungshauptleitung steigt. Die Windungszahlen sind nun so abgemessen, dass diese elektromotorische Kraft die ohne diese Einrichtung eintretende Abnahme der secundären Spannung bei Zunahme der Belastung ausgleicht. Die Schenkelwicklung der Motordynamos ist von den zweiten Klemmen abgenommen, und es wird Zwecks eines guten Ansehens der Motordynamos gerade wie bei den beschriebenen Motoren durch ein Relais automatisch eine Hintereinanderschaltung ihrer beiden Wicklungen herbeigeführt.

#### Gesamt-Wirkungsgrad der Kraftübertragung.

Das elektrische Aequivalent einer Pferdestärke ist 736 Watt.

Unter Watt versteht man die elektrische Energie-Einheit = Volt  $\times$  Ampère also = elektrische Spannung  $\times$  elektrische Stromstärke. Ein Elektromotor von 86 Procent Wirkungsgrad verbraucht also für jede Pferdestärke, welche er an der Axe entwickelt

$$\frac{736}{0,86} = 856 \text{ Watt} = 856 \text{ Volt-Ampère.}$$

Volt bezeichnet hier die an den Klemmen des Motors mit einem Voltmeter gemessene Spannungsdifferenz, und die Ampère ergeben sich durch Einschaltung eines Ampèremessers in die Zuleitung zum Elektromotor.

Im Bezirke A sind wirksam:

8 Motoren zu je 50 Pferdestärken . . . . .		= 400 Pferdestärken
4 » » » 80 » . . . . .		= 320 »
		Summa 720 Pferdestärken

Das ergibt einen Energieverbrauch von

$$720 \times 856 = \text{rund } 616\,000 \text{ Watt.}$$

Da hier 1500 Volt Spannung wirken, so beträgt der Stromverbrauch dafür

$$\frac{616\,000}{1500} = \text{rund } 410 \text{ Ampère.}$$

Im Bezirke B sind an die Hauptleitungen der hohen Spannung angeschlossen:

4 Motoren zu je 100 Pferdestärken . . . . .		= 400 Pferdestärken
6 » » » 80 » . . . . .		= 480 »
		Summa 880 Pferdestärken

Das ergibt einen Energieverbrauch von

$$880 \cdot 856 = \text{rund } 758\,000 \text{ Watt.}$$

Die Motordynamos bedürfen nach ungefährender Schätzung zwecks der elektrischen Beleuchtung einer Energiemenge von etwa 200 elektrischen Pferden = 147 200 Watt, ausserdem ist durch eine Motordynamo in B für 10 Motoren zu je 8 Pferdestärken der Strom zu liefern; dies ergibt

$$80 \cdot 856 = \text{rund } 68\,500 \text{ Watt.}$$

Den Wirkungsgrad der Motordynamos kann man zu 92 Procent rechnen. Sie verbrauchen also für diese 68 500 Watt, welche sie der Hauptleitung niedriger Spannung zuführen, von der Hauptleitung hoher Spannung

$$\frac{68\,500}{0,92} = 74\,500 \text{ Watt.}$$

Im Ganzen werden den Motordynamos also geliefert  $74\,500 + 147\,200 = 221\,700$  Watt.

Rechnet man hiervon 100 000 Watt als auf den Bezirk B entfallend, so ergibt sich der gesammte Energieverbrauch daselbst zu 858 000 Watt.

Wie später noch erörtert wird, herrscht daselbst eine Spannung der Hauptleitungen von etwa 1460 Volt, so dass sich daselbst ein Stromverbrauch von

$$\frac{858\,000}{1460} = \text{rund } 590 \text{ Ampère ergibt.}$$

Die Leitung  $I V$  sei für einen Spannungsverlust von im Mittel 20 Volt berechnet. Dieselbe verbraucht dann einen Strom von  $\frac{121\,700}{1480} = \text{rund } 83$  Ampère.

Auf die Strecke  $Z I$  der Hauptleitungen ist also zu rechnen eine Stromstärke von  $410 + 590 + 83 = 1083$  Ampère.

Für den elektrischen Widerstand  $W$  einer Kupferleitung gilt die Formel  $W = \frac{1}{55} \frac{L}{Q}$  worin  $L$  die ganze Länge in Metern,  $Q$  der Querschnitt, in qmm gemessen, ist. Danach ist der Widerstand der Leitung  $Z I$

$$W_{ZI} = \frac{2 \cdot 1000}{55 \cdot 625} = 0,058 \text{ Ohm (1 Ohm = Einheit des Widerstandes).}$$

Der Spannungsverlust  $P$  in einer Leitung ist gleich dem Produkte aus Widerstand und Stromstärke, also in diesem Falle

$$P_{ZI} = 1083 \cdot 0,058 = 62,8 \text{ Volt.}$$

Die Hauptsammelschienen auf der Centrale müssen also bei voller Belastung eine Spannung von 1562,8 Volt erhalten, damit Punkt I 1500 Volt hat. Das ergibt die Gesamtleistung der grossen Dynamos zu

$$1562,8 \cdot 1083 = \text{rund } 170,000 \text{ Watt.}$$

Um den entsprechenden Kraftverbrauch der Dynamos zu bestimmen, können wir von der Lieferung des geringen Stromes für die Erregung der Schenkel durch eine besondere Dynamo ganz absehen. Denn der hierauf entfallende ganz geringe Kraftbedarf der kleinen Dynamos kommt den grossen durch entsprechend verringerten Kraftverbrauch zu Gute.

Für die grossen Dynamos gilt ein Wirkungsgrad von 90,5 Procent, d. h. für jede an der Axe wirksame Pferdestärke geben dieselben  $736 \cdot 0,905 = 666$  Watt.

Der gesammte Kraftverbrauch derselben beträgt also

$$\frac{170,000}{666} = 2550 \text{ Pferdestärken.}$$

Die Nutzleistung dafür beträgt an den Axen der Elektromotoren

$$720 + 880 + 80 = 1680 \text{ Pferdestärken.}$$

Ausserdem werden den Motordynamos 200 elektrische Pferdestärken geliefert. Der Verlust in den Motordynamos zu 8 Procent, und in den Beleuchtungsleitungen zu etwa 7 Procent in Anrechnung gebracht, ergibt hiervon 170 elektrische Pferdestärken, welche den Bogenlampen und Glühlampen der Anlage wirklich zu Gute kommen.

Die gesammte Nutzleistung der Anlage einschliesslich der für die Beleuchtung beträgt also  $1680 + 170 = 1850$  Pferdestärken, und der Gesamtwirkungsgrad

$$\frac{100 \cdot 1850}{2550} = 72,5 \text{ Procent.}$$

Um die Spannungsverluste in den einzelnen Theilen der Leitung I—III berechnen zu können, muss man die der Wahrscheinlichkeit entsprechende Annahme einer regelmässigen Vertheilung der Stromabgabe machen. Man kann dann als darauf fallenden Spannungsverlust das Product aus Widerstand der Leitungsstrecke mit der halben anfänglichen Stromstärke rechnen. Es hat nun die Strecke I II etwa 400 m Länge, es ist daher der Widerstand

$$W_{I II} = \frac{800}{55 \cdot 625} = 0,0233 \text{ Ohm,}$$

auf dieser Strecke ist also zu rechnen die ganze Stromstärke, welche nach dem Punkte III weiterfliesst, zu 590 Ampère, und die halbe Stromstärke, welche von I—II an die Motoren geliefert wird, zu 205 Ampère, zusammen 795 Ampère. Es ist also der Spannungsverlust auf dieser Strecke

$$P_{I II} = 0,0233 \cdot 795 = 18,5 \text{ Volt.}$$

Strecke II—III hat ebenfalls etwa 400 m Länge, also den gleichen Widerstand, und erfordert 590 Ampère. Der Spannungsverlust ist demzufolge

$$P_{II III} = 0,0233 \cdot 590 = 13,7 \text{ Volt.}$$

Strecke III—IV hat 1000 m Länge, der Widerstand der Leitung ist also hier wieder

$$W_{III IV} = 0,058 \text{ Ohm.}$$

Rechnet man die darauf entfallenden 590 Ampères als in der Mitte der Strecke abgegeben, bezw. die halbe Stromstärke am Ende abgegeben, so ergibt sich der Spannungsverlust bis zum Punkte IV

$$P_{III IV} = 295 \cdot 0,058 = \text{rund } 17,1 \text{ Volt.}$$

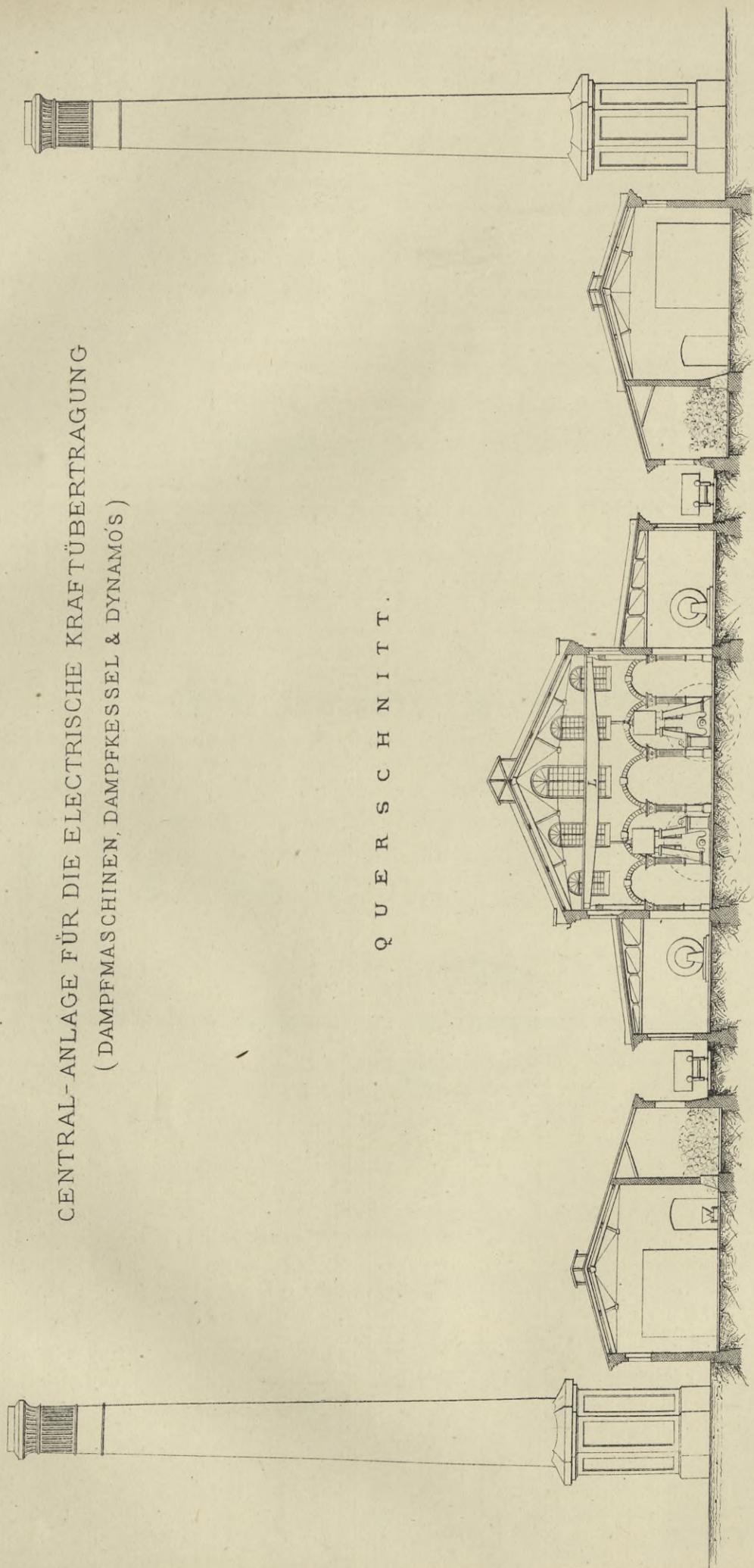
Von I—IV ergibt sich also ein Spannungsverlust von

$$18,5 + 13,7 + 17,1 = 49,3 \text{ Volt,}$$

also nicht ganz  $3\frac{1}{2}$  Procent der Anfangsspannung. Veränderung dieses Verlustes würde natürlich nicht plötzlich,

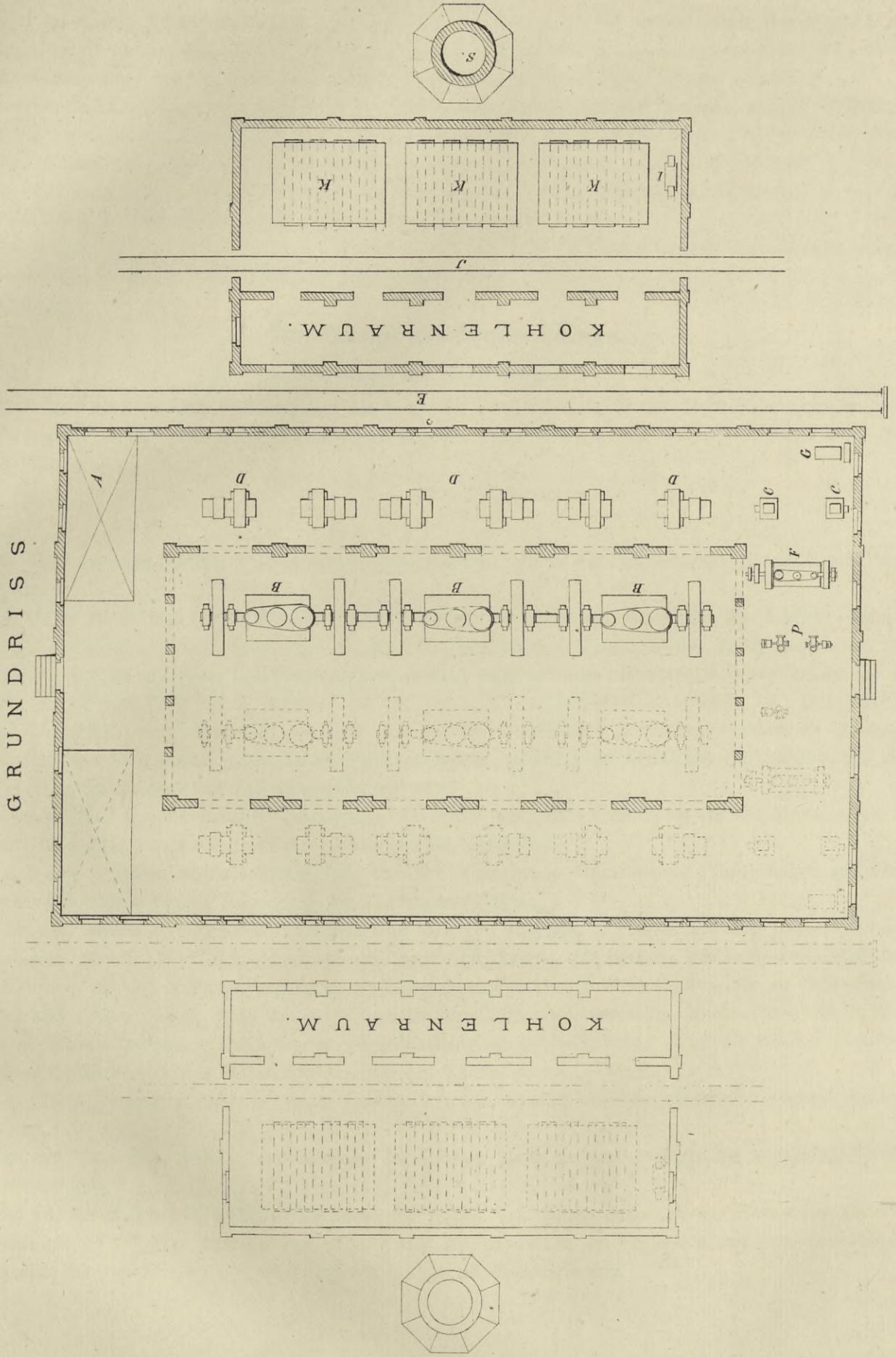
CENTRAL-ANLAGE FÜR DIE ELECTRICHE KRAFTÜBERTRAGUNG  
( DAMPFMASCHINEN, DAMPFKESSEL & DYNAMO'S )

Q U E R S C H N I T T .





CENTRAL-ANLAGE FÜR DIE ELECTRICHE KRAFTÜBERTRAGUNG  
( DAMPFMASCHINEN, DAMPFKESSEL & DYNAMOS )





sondern gemäss der Veränderung der Belastung allmählig erfolgen. Die entsprechende Veränderung der Tourenzahl der Motoren würde etwa  $3\frac{1}{2}$  Procent betragen und für den in Frage kommenden Betrieb zulässig sein. Eine Regulirung mit der Hand ist ausserdem, wie schon erwähnt, ohne Weiteres möglich.

Aus Vorstehendem kann man füglich die Schlussfolgerung ziehen, dass die Vortheile, welche die Methode der elektrischen Kraftübertragung darbietet, hervorragende sind, und dass die neuere Elektrotechnik Mittel und Wege gefunden hat, einen derartigen Betrieb zu einem rationellen und sicheren zu gestalten.

Es muss noch hinzugefügt werden, dass alle Annahmen mit grosser Sicherheit gemacht sind, so dass die wirklichen Resultate ohne Zweifel noch erheblich günstiger ausfallen würden.

Es ist jetzt die nächste Aufgabe, zu untersuchen, ob sich die Krafterzeugung durch Dampf ebenso günstig gestalten lässt wie ihre Vertheilung mittelst Elektrizität. Diese Untersuchung soll im Nachstehenden geführt werden.

## 2. Die Dampfmaschinen-Anlage.

### a. Disposition der Central-Anlage.

Wird der bisher zu 1900 Pferdestärken angenommene Kraftbedarf in gleicher Höhe beibehalten, so muss die Dampfanlage, da die elektrische Uebertragung ungefähr 29 Procent der Kraft verloren gehen lässt, eine Leistung von

$$\frac{1900 \cdot 100}{71} = 2676 \text{ Pferdestärken}$$

aufweisen.

Für diese Leistung würden 3 Triple-Compound-Maschinen von je 900 Pferdestärken Normalleistung vorzusehen sein.

Um jedoch auch hier gleich für die Zukunft zu sorgen, wäre der Platz für die doppelte Anzahl Maschinen vorzusehen, wie denn überhaupt die ganze Central-Anlage rationeller Weise derart einzurichten ist, dass sie leicht auf die zweifache Leistungsfähigkeit ergänzt werden kann. Demgemäss wäre die Anlage so zu treffen, wie sie auf Tafel XI im Schnitt und auf Tafel XII im Grundriss dargestellt ist. Das mittlere Maschinenhaus wäre vorerst entweder mit einem oder mit beiden seitlichen Anbauten, in denen die Dynamos stehen, auszuführen, und ebenso eines der beiden Kesselhäuser, während die Errichtung des zweiten, auf der anderen Seite liegenden, späterer Zeit vorzubehalten wäre.

Derjenige Theil der maschinellen Einrichtung, der sofort auszuführen wäre, ist auf den Zeichnungen in Linien, der für später vorzusehende in punktirten Strichen angegeben.

*BBB* sind 3 grosse stehende Triple-Compound-Maschinen von je 900 effectiven Pferdestärken und *DD* die 6 Dynamomaschinen für die Erzeugung der Kraftströme.

*F* ist eine stehende Triple-Compound-Maschine von 100 effectiven Pferdestärken zur Herbeischaffung des Kühlwassers für die Oberflächen-Condensatoren, welche gleichzeitig zum Betriebe der in Reserve stehenden Dynamomaschine, die den Magnetisirungsstrom für die grossen Dynamos und die Elektrizität zur Beleuchtung in der Centrale liefern, dient, wenn die zu diesem Zwecke vorhandene stehende 2fache Compound-Dampfmaschine *G* mit der Dynamo *C* durch irgend welche Störung ausser Betrieb ist. *P* ist die von der 100pferdigen Dampfmaschine getriebene Rotationspumpe für das Kühlwasser.

*A* ist die Akkumulatorenbatterie, deren Zwecke bei dem Kapitel über die elektrische Central-Anlage erörtert sind.

*L* ist ein Laufkrahm, welcher zur Montage der grossen Maschine und zu späteren Reparaturen verwendet werden soll.

*E* ist ein Eisenbahngleis, welches dazu dient, die Kohlen vom Hafen direct an das Kesselhaus mittelst Eisenbahnwagen zu schaffen, während das Gleis *J* zum Hinausschaffen der Schlacken aus dem Kesselhause dient. *K* sind die Dampfkessel. *H* ist eine Dampfpumpe zur Kesselspeisung.

### b. Die Dampfmaschinen.

Auf Tafel XIII und XIV ist eine der Betriebsmaschinen von 900 Pferdestärken in Vorder- und Seitenansicht dargestellt. Diese Maschinen sind nach dem Dreifach-Expansionssystem gedacht. Der Dampf, vom Kessel kommend, arbeitet zunächst im Hochdruckcylinder *B* und strömt, nachdem er hier schon bis zu einem bestimmten Grade expandirt hat, nach dem Mitteldruckcylinder *C*, um hier durch seine Expansion weiter zu arbeiten. Schliesslich tritt er noch mit einer gewissen Spannung in den Niederdruckcylinder *D*, in welchem dann die Expansion bis auf das äusserst mögliche Maass stattfindet, ehe er in den Oberflächencondensator zur völligen Verdichtung übertritt.

Durch diese soweit getriebene Expansion und dadurch, dass die Arbeit des Dampfes in 3 Theile zerlegt wird und in Folge dessen die Temperaturgefälle in den Cylindern möglichst geringe werden, wird ein hoher wirthschaftlicher Gütegrad erreicht. Diese Maschinen werden den ausserordentlich geringen Dampfverbrauch von 5,5 kg pro indicirte Pferdekraft und Stunde nicht überschreiten.

Der Hochdruckcylinder erhält Kliebisch's patentirte zwangläufige Ventil-Präcisionssteuerung *E*, welche mittelst eines sehr energisch wirkenden Regulators die einmal bestimmte Normalgeschwindigkeit der Maschine auch bei grossen plötzlichen Be- und Entlastungen mit grosser Genauigkeit stets constant erhält. Die beiden grösseren Cylinder erhalten vollkommen entlastete Kolbenschiebersteuerung *F*, welche während des Ganges von Hand in gewissen Grenzen verstellt werden kann. Durch diese Anordnung werden die zum Betriebe der Steuerung erforderlichen Reibungsarbeiten äusserst geringe, und in Folge dessen wird der maschinelle Wirkungsgrad der Maschine ein höherer. Von 100 indicirten Pferdestärken werden mindestens 90 von der Maschine effectiv abgegeben.

Die Condensation für diese Maschinen kann nur mittelst Meerwasser betrieben werden, und es ist deshalb jede von ihnen mit einem Oberflächen-Condensator auszustatten. Der letztere ist derartig angelegt, dass er zugleich als Unterstützung für die Dampfzylinder dient.

Zwei an den beiden äusseren Cylindern vorhandene, mittelst Hebel von den Kreuzköpfen aus angetriebene Luftpumpen sorgen für die Fortschaffung des condensirten Wassers und der Luft.

Das condensirte Wasser wird nach einem Sammelbassin, welches neben der Maschine angebracht werden kann, geführt und auf's Neue zur Speisung der Kessel benutzt. Auf diese Weise ist ein procentual nur kleiner Theil frischen Süsswassers, welcher durch Verdunstung und Undichtigkeiten in den Maschinen verloren geht, zu ersetzen.

Jede Maschine erhält eine Speisepumpe, welche mit einer der Luftpumpen verbunden und durch deren Gestänge angetrieben wird.

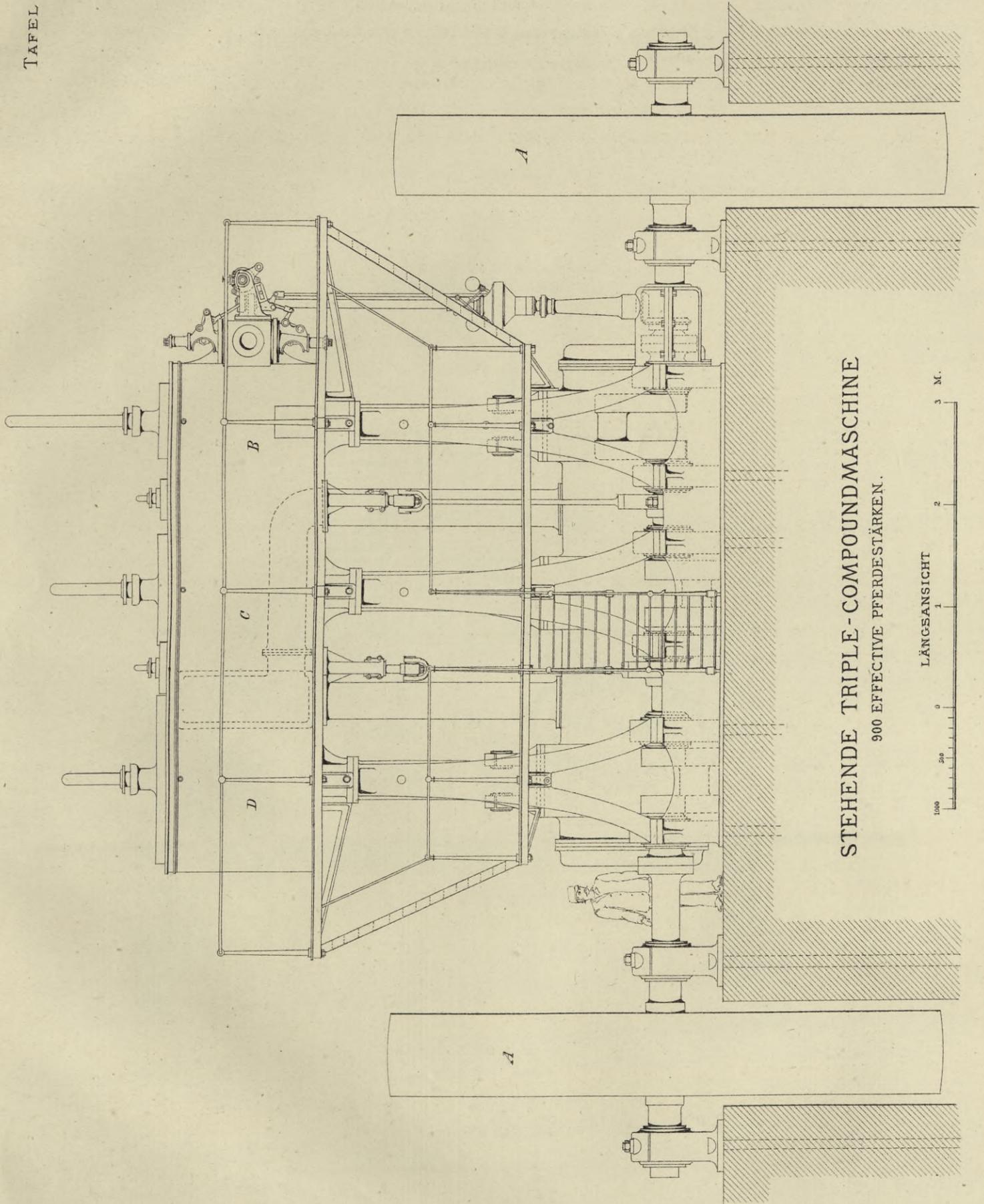
Der abgehende Dampf vom Niederdruckcylinder (siehe Tafel XIV) strömt durch das Rohr *K* nach dem Oberflächencondensator *J*. Die Luftpumpe *L* schafft das condensirte Wasser und die mitgerissene Luft aus dem Condensator heraus. Das Wasser läuft nach einem Sammelbassin, von wo die Speisevorrichtungen dasselbe entnehmen und dem Kessel wieder zuführen. *N* ist das Absperrventil und *M* die Vorrichtung für die Schwungradfortrückung, welche durch eine kleine Zwillingsdampfmaschine betrieben wird.

Zwei Gallerien, durch Treppen zu erreichen, schaffen bequeme Zugänglichkeit zu allen Theilen.

An beiden Seiten der Maschine ist die Welle mit je einer Riemen- bezüglich Seilscheibe *A*, welche gleichzeitig als Schwungrad wirkt, versehen.

Jede Riemen- bezüglich Seilscheibe treibt eine Dynamomaschine, welche 450 Pferdestärken benöthigt.

Die geschilderten Dampfmaschinen sind deshalb als stehende angenommen, weil sie in dieser Anordnung bequem zugänglich sind und die Unterbringung des Oberflächen-Condensators und der Pumpen in der denkbar einfachsten Weise gestatten. Ausserdem wird bei stehenden Maschinen in solchen grossen Dimensionen die Abnutzung der Cylindergestänge und Schieber in Folge ihrer senkrechten Lage die erreichbar kleinste, und es ist dadurch der Maschine eine lange Dauer gesichert.



STEHENDE TRIPLE-COMPOUNDMASCHINE

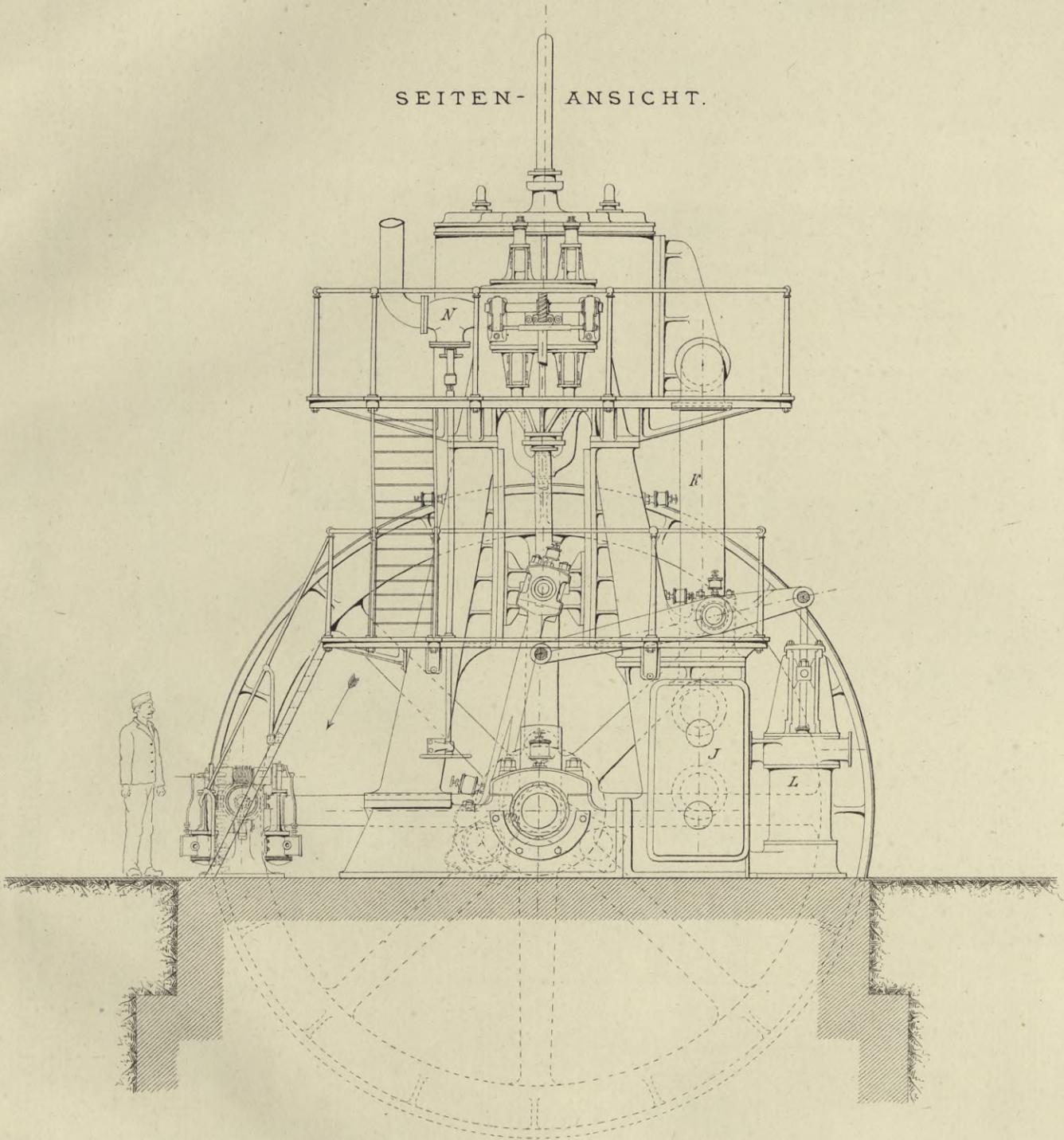
900 EFFECTIVE PFERDESTÄRKEN.

1000 500 0 1 2 3 M.  
LÄNGSANSICHT

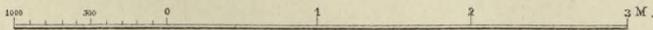


STEHENDE TRIPLE-COMPOUNDMASCHINE  
900 EFFECTIVE PFERDESTÄRKEN.

SEITEN- ANSICHT.



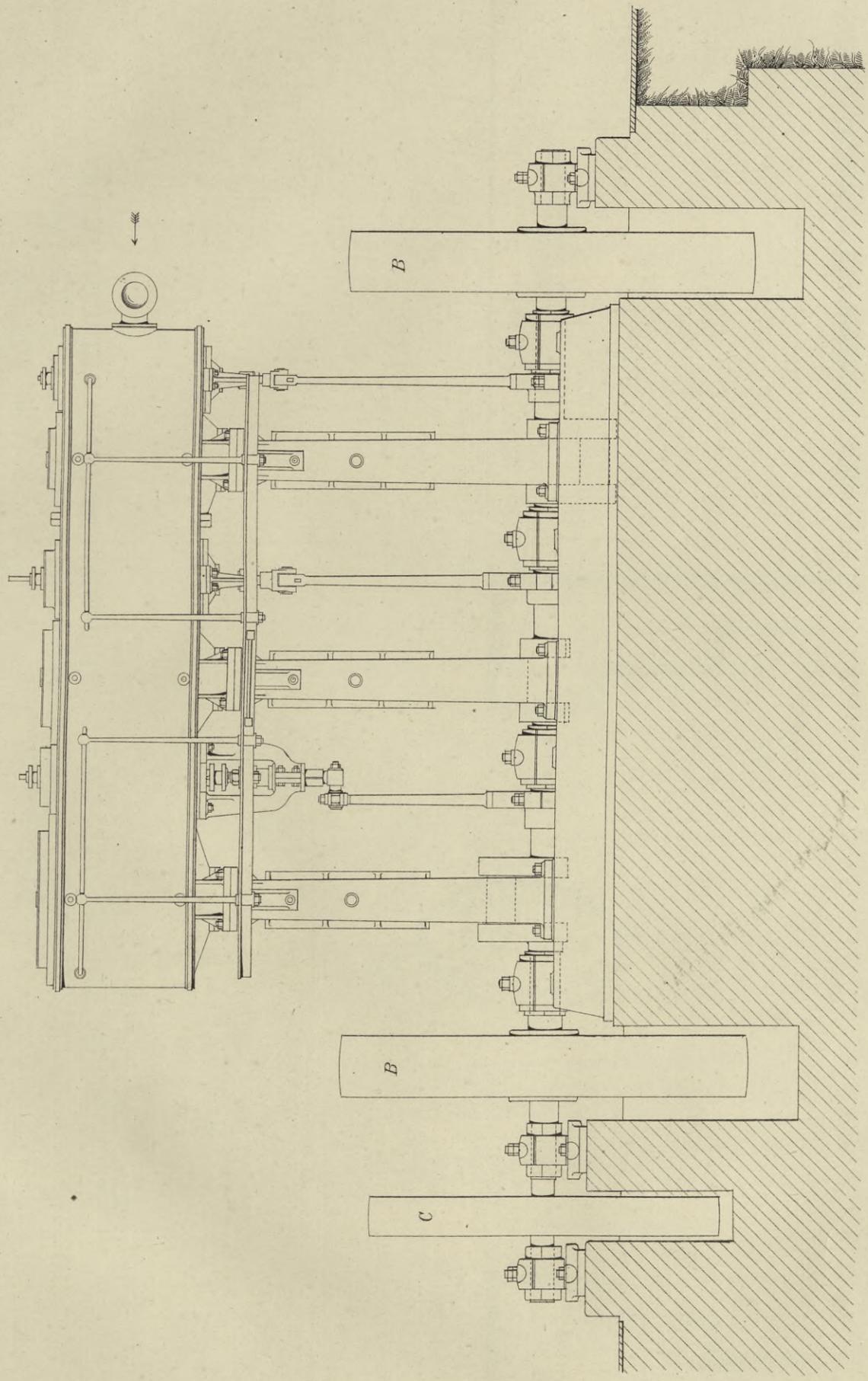
MASSTAB.





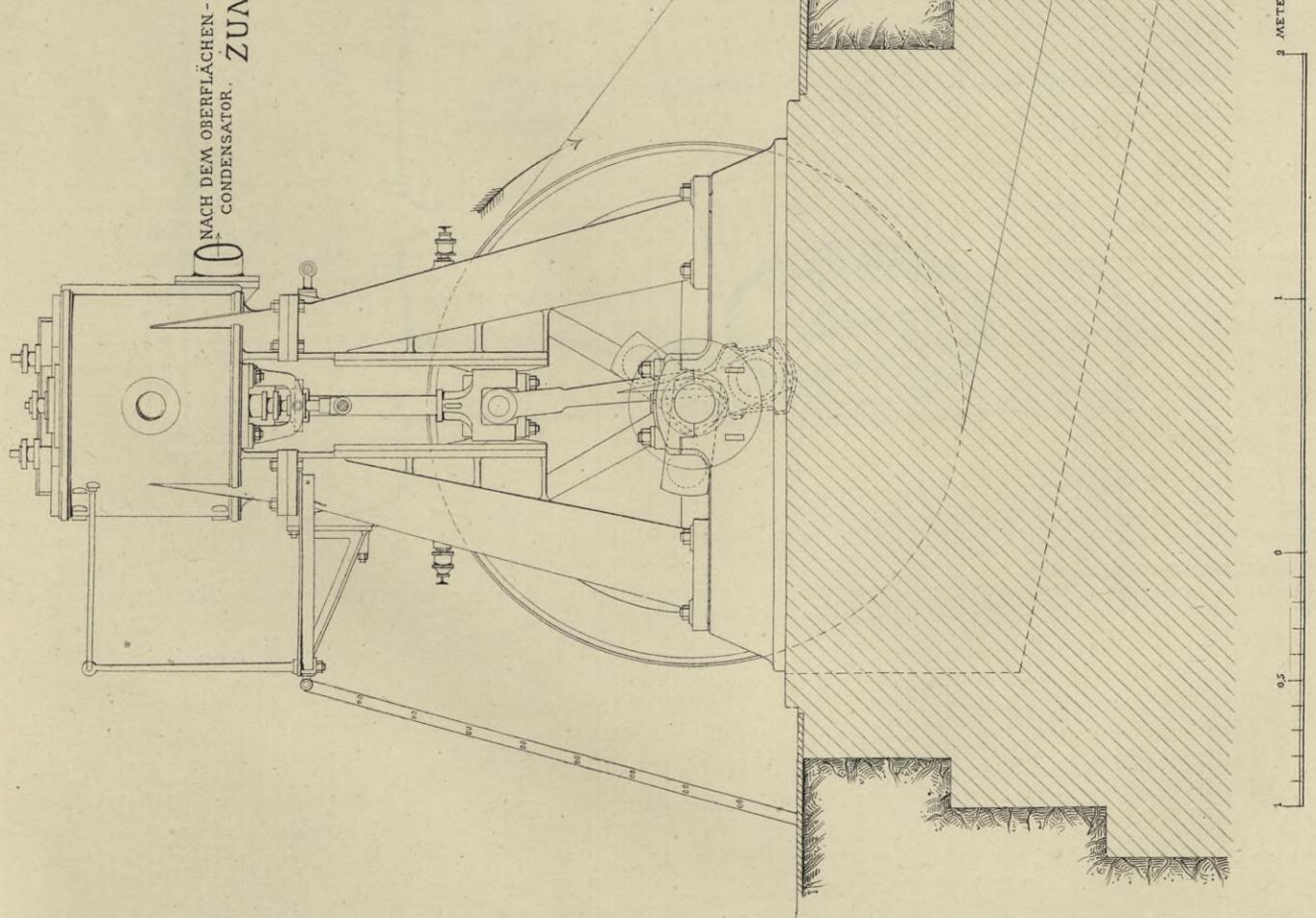
# TRIPLE-COMPOUND-MASCHINE VON 100 PS.

ZUM ANTRIEB DER CIRCULATIONSWASSERPUMPEN FÜR DIE OBERFLÄCHEN-CONDENSATOREN.





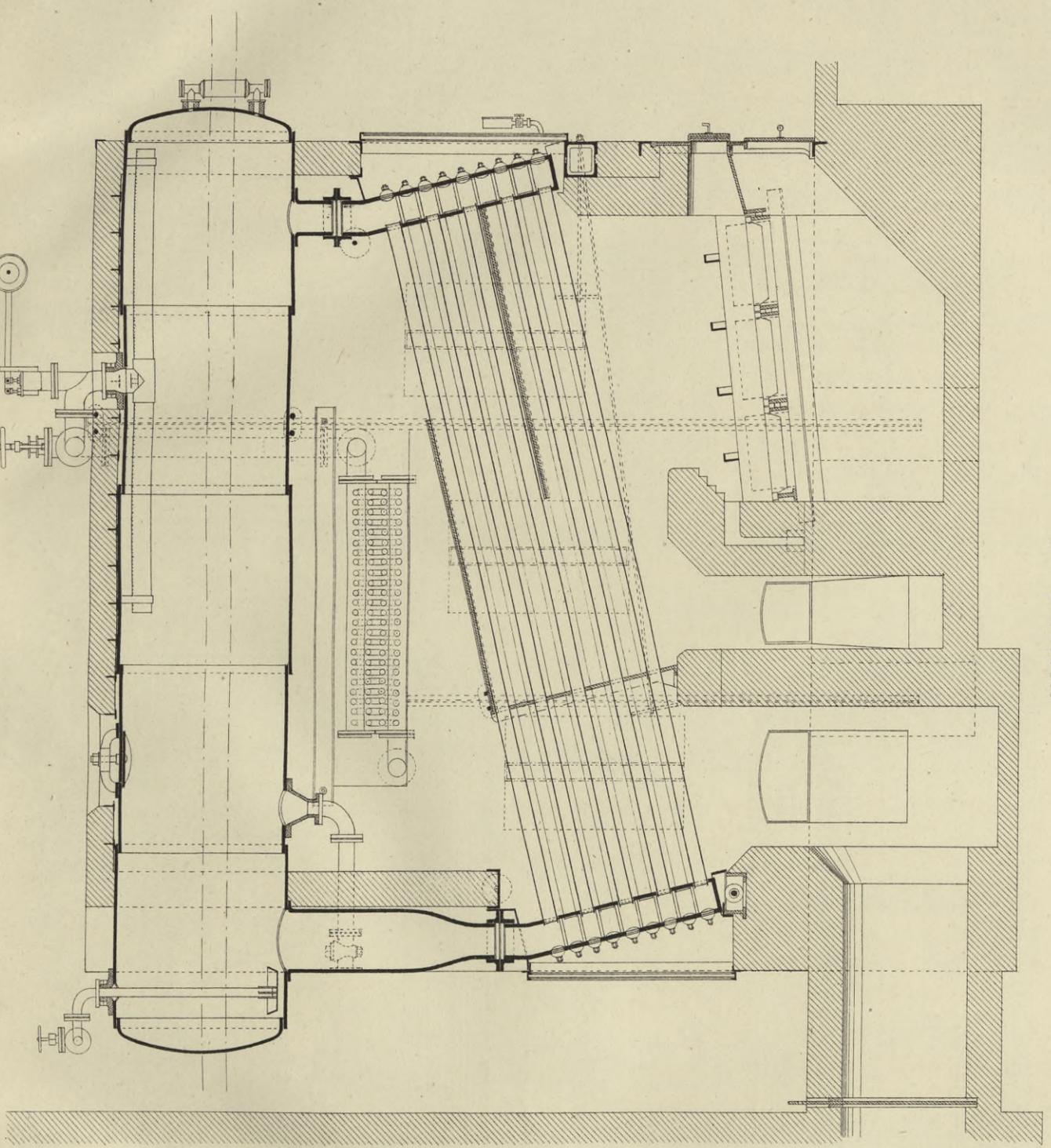
TRIPLE - COMPOUND - MASCHINE  
VON 100 PS.  
ZUM ANTRIEB DER CIRCULATIONSWASSERPUMPEN  
FÜR DIE OBERFLÄCHEN CONDENSATOREN.



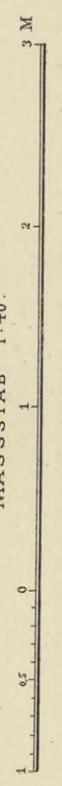


CIRCULATIONS - RÖHRENDAMPFKESSEL.  
LÄNGSSCHNITT.

TAFEL XVII.



MASSSTAB 1:40.



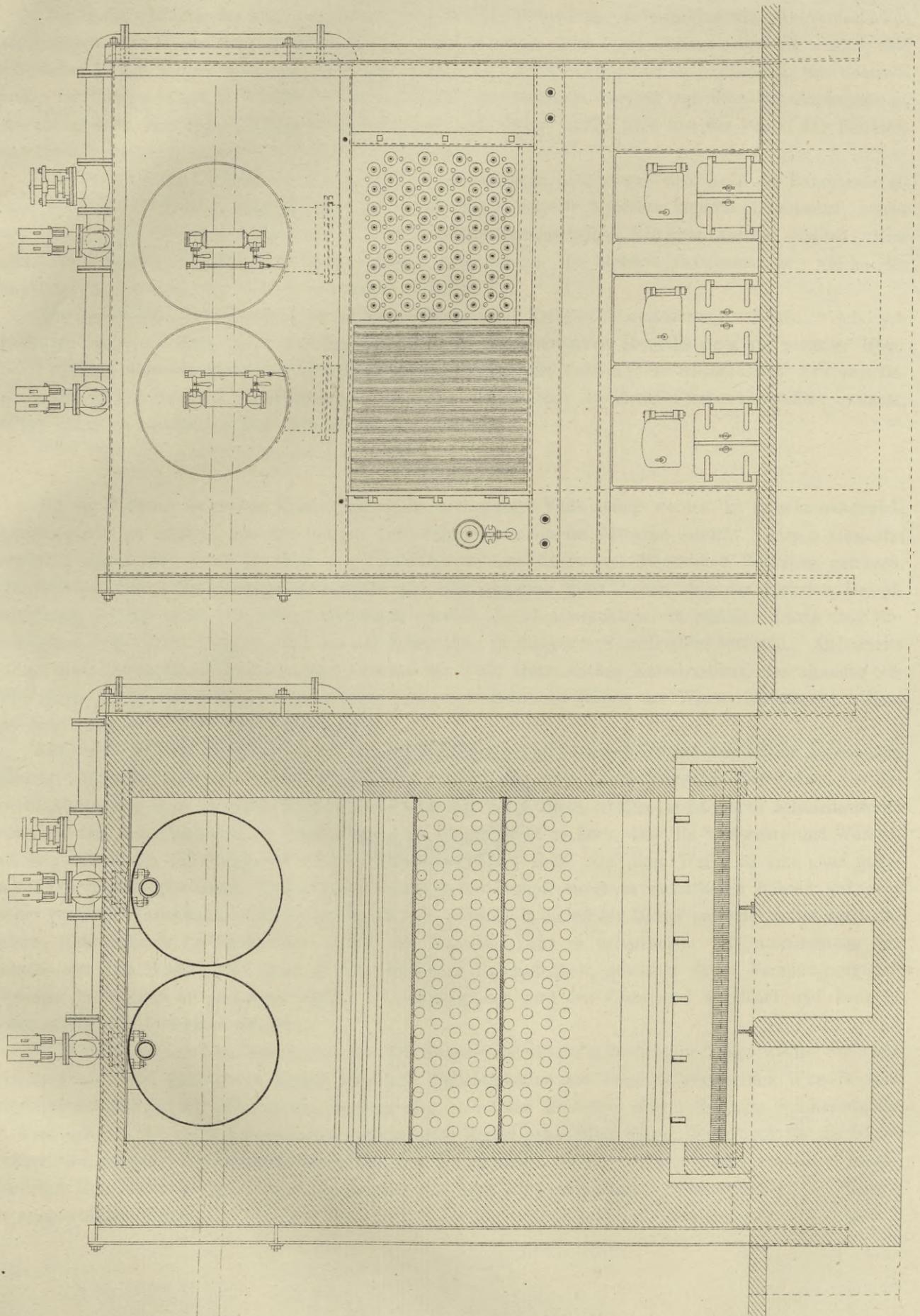
PRI Lange Braunschweig



# CIRCULATIONS - RÖHRENDAMPFKESSEL.

TAFEL XVIII.

QUERSCHNITT UND ANSICHT.



MASSTAB 1:40.



FR. Langs, Braunschweig.



Zur Herbeischaffung des Kühlwassers ist eine besondere Triple-Compoundmaschine von 100 Pferdestärken angenommen. Die Wassermengen, welche für die vorausgesetzten 1900 Pferdestärken gebraucht werden, sind erhebliche; in der Stunde werden ca. 1000 cbm nöthig. Aus diesem Grunde ist es vortheilhaft, eine Centralisation der Pumpenanlage zu schaffen, welche ausserdem den wichtigen Vortheil hat, dass die Condensatoren, ehe die grossen Maschinen in Gang gesetzt werden, mit Wasser gefüllt sind und der Dampf der Betriebsmaschinen beim Angehen sofort verdichtet werden kann.

Die Entscheidung darüber, ob 2 oder mehr Rotationspumpen anzubringen sind, kann der Detailausarbeitung vorbehalten bleiben. Vorläufig sind im gegenwärtigen Projecte 2 solcher Pumpen *A* projectirt, welche von 2 zu den Seiten der Maschine auf die Welle gekeilten Riemenscheiben *BB* ihren Antrieb erhalten. Eine dritte Riemenscheibe *C* dient, wie schon erwähnt, zum Betriebe der Reservedynamomaschine, welche den Magnetisirungsstrom für die Kraftstromerzeuger zu liefern hat.

Die 100pferdige Pumpmaschine ist an allen Cylindern mit Kolbenschiebersteuerung versehen, welche von Hand sich leicht verstellen lässt. Ein Regulator hält die Geschwindigkeit ebenfalls stets auf normaler Höhe. Eine Abbildung dieser Maschine zeigt die Tafel XV in Vorder-, die Tafel XVI in Seitenansicht. Der zum Betriebe der Dynamomaschine *C* nothwendige Motor ist als stehende zweifache Compoundmaschine gedacht, welche näher zu beschreiben hier nicht nöthig sein dürfte.

### c. Dampfkessel.

Bei der Wirkung so grosser Kräfte, wie sie im vorliegenden Falle nöthig werden, ist es sehr wesentlich, darauf Bedacht zu nehmen, dass der Betrieb einen hohen ökonomischen Gütegrad erreicht. Diesem Gesichtspunkte ist thatsächlich durch die Wahl von Triple-Compoundmaschinen nach Möglichkeit Rechnung getragen. Zum Betriebe dieser Triple-Compoundmaschinen ist, falls dieselben ihren Zweck, den der höchsten Dampfausnutzung, erfüllen sollen, ein hoher Kesseldruck, nämlich 10—11 Atmosphären, zu wählen. Durch die Nothwendigkeit dieses hohen Druckes wird das zur Anwendung zu bringende Kesselsystem bestimmt. Andererseits bedingt aber die Annahme eines so hohen Druckes die Wahl eines solchen Kesselsystems, das absolute Gewähr gegen Explosionen leistet. Hierher gehört in erster Reihe die Klasse der Wasserröhrenkessel. Diese sind denn auch dem Projecte zu Grunde gelegt.

Auf Tafel XVII und XVIII ist ein solcher Kessel in Längsschnitt, Querschnitt und Ansicht zur Anschauung gebracht. Derselbe, nach dem System Alban gebaut, besteht aus einem geneigt liegenden Rohrsystem, welches sowohl hinten wie vorn in einer Wasserkammer befestigt ist. Diese letztere steht durch schmiedeeiserne Halsstücke mit dem Oberkessel in Verbindung. Das Wasser steht so hoch, dass die Siederohre und Wasserkammern vollständig, der Oberkessel zum Theil damit angefüllt sind. Auf diese Weise ist eine ganz ungehinderte Circulation geschaffen. Das Wasser, vermischt mit Dampf, steigt in sämtlichen Röhren auf, geht aus der vorderen Wasserkammer in die Oberkessel über, scheidet in diesen den Dampf aus und strömt durch die hinteren Halsstücke in die Endkammer zurück, um denselben Lauf zu wiederholen. Die Ausscheidung des Dampfes aus dem Wasser, und zwar in sehr trockener Beschaffenheit, geschieht durch Verminderung der Wassergeschwindigkeit an geeigneter Stelle. Das Speisewasser wird dem Oberkessel zugeführt und kann in diesem etwaige Niederschläge ablagern.

Da in dem vorliegenden Falle der in den Oberflächen-Condensatoren verdichtete Dampf wieder zur Speisung verwendet wird und für den Ersatz des durch Undichtigkeiten etc. verloren gegangenen Wassers eine Kesselspeisewasserreinigungs-Einrichtung angelegt wird, so würden die Kessel stets vollständig von Kesselstein frei sein, wodurch die guten Eigenschaften, welche diese Kessel bekanntlich haben, ihnen auch für die Dauer gewährleistet werden. Die Dampfantnahme aus dem Kessel findet an der höchsten Stelle aus einem eigenthümlichen Entwässerungsapparat statt, in welchem alle noch etwa mitgerissenen Wassertheilchen mit Sicherheit ausgeschieden werden.

Um die Rohrkammern innen besichtigen und die Rohre nöthigenfalls von innen reinigen zu können, sind ihren Mündungen gegenüber Oeffnungen in die vorderen Platten der Wasserkammern gebohrt, welche mittelst leicht lösbarer Deckel mit metallischer Dichtung von innen verschlossen werden. Metallische Dichtung ist erforderlich, weil Materialien wie Gummi, Asbest u. s. w. der Abnutzung, bezüglich der Zersetzung durch den Dampf unterworfen sind und dadurch Betriebsstörungen eintreten könnten. Dadurch, dass die Deckel durch den Kesseldruck selbst festgehalten werden, ist die Sicherheit gegen das Herausfliegen eine vollkommene, auch wenn die Verschlusschraube reissen sollte.

Die Reinigung der Rohre von Russ, Asche etc. geschieht auf einfache Weise mittelst eines kleinen Dampfstrahlgebläses, das den Kesseln beigegeben ist.

Das Feuergeschränk ist in einem festen eisernen Gestell angebracht, welches mit dem Mauerwerk auf die solideste Weise verankert ist; die vordere Wasserkammer ist auf ein festes Auflager gelegt, während das hintere ein Rollenlager bildet, welches den Ausdehnungen der Rohre durch die Wärme nachgiebt. Die Wasserkammern werden vollständig geschweisst, wodurch alle Undichtigkeiten vermieden werden. Die Rohrwände werden mit Verschlussthüren aus Wellblech verblendet.

Die Leistung dieser Kessel ist eine vorzügliche, da durch die ungehinderte Circulation eine grosse und schnelle Wärmeaufnahme bewirkt wird. Die Ausnutzung der Brennmaterialien ist eine vollkommene, weil die Heizgase vor dem Entweichen in den Schornstein auch noch die Oberkessel umspülen, wodurch die Wärmeabstrahlung möglichst vermieden wird. Die Heizung der Kessel kann mit Petroleumrückständen oder auch mit Kohlen, schliesslich auch mit beiden Materialien gleichzeitig, geschehen.

#### d. Betriebskosten der Dampfmaschinen-Anlage, berechnet für einen Kraftverbrauch von 2700 effectiven oder 3000 indicirten Pferdestärken.

Die Heizung kann, wie schon gesagt, mit Petroleumrückständen oder mit Steinkohlen erfolgen. Die Kosten sollen für beide Fälle ermittelt werden.

##### Heizung mit Petroleumrückständen.

Dieselben erzeugen bei guter Beschaffenheit pro kg 10 kg Dampf. Die Maschinen benöthigen für jede indicirte Pferdestärke und Stunde  $5\frac{1}{2}$  kg Dampf, im Ganzen also  $5,5 \cdot 3000 = 16\,500$  kg. Man kann also, um sicher zu gehen, rund 17 000 kg in Rechnung setzen. Zur Erzeugung dieser 17 000 kg Dampf sind somit nöthig

$$\frac{17\,000}{10} = 1700 \text{ kg Petroleumrückstände.}$$

1 Pud Petroleumrückstände kostet franco Odessa 30 Kopeken = 0,60 Mark, daher kostet 1 kg

$$\frac{0,60}{16,4} = \text{ungefähr } 0,036 \text{ Mark.}$$

Es macht sich somit eine stündliche Ausgabe von

$$1700 \cdot 0,036 = 61,2 \text{ Mark}$$

für Petroleumrückstände nöthig, also pro indicirte Pferdestärke

$$\frac{61,20}{3000} = 2,04 \text{ Pfg.}$$

und pro effective Pferdestärke

$$\frac{2,04 \cdot 100}{90} = 2,23 \text{ Pfg.}$$

Werden die Petroleumrückstände durch eigene Schiffe nach Odessa transportirt, dann erniedrigt sich der Preis pro Pud auf 20 Kopeken. Es kostet dann das kg

$$\frac{0,40}{16,4} = 0,024 \text{ Mark}$$

Die Stunde bei vollem Betriebe erfordert dann eine Ausgabe von

$$0,024 \cdot 1700 = 40,8 \text{ Mark,}$$

also pro indicirte Pferdestärke

$$\frac{4080}{3000} = 1,36 \text{ Pfg.}$$

und pro effective Pferdestärke

$$\frac{1,36 \cdot 100}{90} = 1,51 \text{ Pfg.}$$

In einem Jahre mit 3000 Arbeitsstunden werden ca. 5 100 000 kg Petroleumrückstände nöthig, für welches Quantum sich die Anschaffung eines Transportschiffes sicher lohnen dürfte, da durch dasselbe

$$(0,036 - 0,024) \cdot 5\,100\,000 = 61\,200 \text{ Mark}$$

an Transport erspart werden würde.

Danach erscheint es also als berechtigt, den Verbrauch an Brennmaterial mit 1,51 Pfg. pro effective Stundenpferdestärke in Rechnung zu ziehen. Im Vergleich mit der Kraft von 1900 Pferdestärken, welche beim Gasmotoren- resp. Petroleummotoren-Betrieb erzeugt werden müssen, erhöht sich der Brennmaterialverbrauch noch entsprechend der Differenz des Nutzeffectes bei der elektrischen Kraftübertragung.

Es ist im Kapitel über letztere der Wirkungsgrad zu ungefähr 71 Procent berechnet. Obwohl derselbe in Wirklichkeit auf keinen Fall unter 75 Procent sinken wird, so dass also 75 Procent der von den Dampfmaschinen geleisteten Kraft nutzbar von den Elektromotoren an die Transmissionen abgegeben werden, so soll dieser Berechnung doch nur der angegebene Effect von 71 Procent zu Grunde gelegt werden. Es erhöht sich dann der Brennmaterialverbrauch für jede von den Elektromotoren wirklich abgegebene Pferdestärke auf

$$\frac{1,51 \cdot 100}{71} = 2,12 \text{ Pfg.}$$

#### Heizung mit englischen Steinkohlen.

Englische Kohlen erzeugen pro kg mindestens 9 kg Dampf. Zur Erzeugung der vorhin berechneten 17 000 kg sind daher nöthig

$$\frac{17\,000}{9} = 1888 \text{ kg} = \text{rund } 1900 \text{ kg Steinkohlen.}$$

Dieselben kosten pro 100 kg frei Odessa Mark 2.20. Es wird somit eine stündliche Ausgabe von

$$19 \cdot 2,2 = 41,8 \text{ Mark}$$

erforderlich, also pro indicirte Pferdestärke

$$\frac{4180}{3000} = 1,39 \text{ Pfg.}$$

und pro effective Pferdestärke

$$\frac{1,39 \cdot 100}{90} = 1,54 \text{ Pfg.}$$

Unter Berücksichtigung des Nutzeffectes der elektrischen Anlage kostet die von den Elektromotoren abgegebene Nutzpferdestärke

$$\frac{1,54 \cdot 100}{71} = 2,17 \text{ Pfg.}$$

Es sollen nun die Gesamtbetriebskosten für den Dampfmaschinenbetrieb in Verbindung mit elektrischer Kraftübertragung berechnet werden.

1.	3 Dampfmaschinen von je 900 Pferdestärken . . . . .	circa	360 000	Mark
2.	1 Dampfmaschine » 100 » . . . . .	»	23 000	»
3.	1 » » 35 » . . . . .	»	7 000	»
4.	2 Rotationspumpen mit Riemen . . . . .	»	10 000	»
5.	Riemen . . . . .	»	20 000	»
6.	Fundamente . . . . .	»	40 000	»
7.	Rohrleitungen . . . . .	»	40 000	»
8.	5 Kessel . . . . .	»	120 000	»
9.	Gebäude mit Schornstein . . . . .	»	110 000	»
10.	Elektrische Anlage, ausschliesslich der Beleuchtungsanlage .	»	600 000	»
			<u>1 310 000</u>	Mark
	Hierauf Zoll . . . . .		130 000	»
			<u>1 440 000</u>	Mark

## Betriebskosten.

Verzinsung und Amortisation 11 Proc. . . . .	158 400	Mark
Für Verwaltungskosten . . . . .	20 000	»
Für Schmiermaterial . . . . .	20 000	»
	<u>198 400</u>	Mark

Bei 1900 Pferdestärken und 3000 Stunden Arbeitszeit pro Jahr betragen also die Unkosten für eine Stundenpferdekraft

$$\frac{198\,400 \cdot 100}{1900 \cdot 3000} = 3,5 \text{ Pfg.}$$

Es stellen sich somit die Gesamtunkosten pro effective Stundenpferdestärke

auf  $3,5 + 2,12 = 5,62$  Pfg. bei Feuerung mit Petroleumrückständen

auf  $3,5 + 2,17 = 5,67$  Pfg. bei Feuerung mit Steinkohlen.

Die jährliche Ersparniss gegen den Betrieb mit Petroleummotoren würde also, wenn im Mittel die Stundenpferdekraft zu 5,65 Pfg. angenommen wird, betragen

$$\frac{(16 - 5,65) \cdot 1900 \cdot 3000}{100} = 589\,950 \text{ Mark}$$

also rund 590 000 Mark.

Die Ersparniss gegenüber den Gasmotoren würde dagegen betragen bei Oelgas

$$\frac{(11,63 - 5,65) \cdot 1900 \cdot 3000}{100} = 340\,860 \text{ Mark}$$

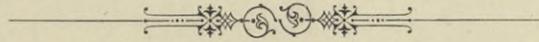
bei Kohlengas

$$\frac{(7,21 - 5,65) \cdot 1900 \cdot 3000}{100} = 88\,920 \text{ Mark.}$$

## e. Schlussbemerkungen.

Im Vorstehenden dürften alle Gesichtspunkte erörtert sein, welche bei der Frage der Betriebskraft in Betracht zu ziehen sind. Rücksichten auf örtliche Verhältnisse, auf persönliche Anschauung maassgebender

Kreise, auf den Grad des Vertrauens, den die einzelnen vorgeschlagenen Systeme bei den verantwortlichen Persönlichkeiten geniessen, werden neben den hier geschilderten Vorzügen und Nachtheilen die schliesslich ausschlaggebenden Momente bei der Wahl der Betriebsart bilden. Wie diese aber auch ausfallen möge: es kann jedenfalls die Schlussfolgerung aus den gemachten Berechnungen und Erörterungen gezogen werden, dass die Technik Mittel und Wege kennt, auch in diesem anscheinend schwierigen Falle die gestellte Aufgabe glücklich zu lösen.

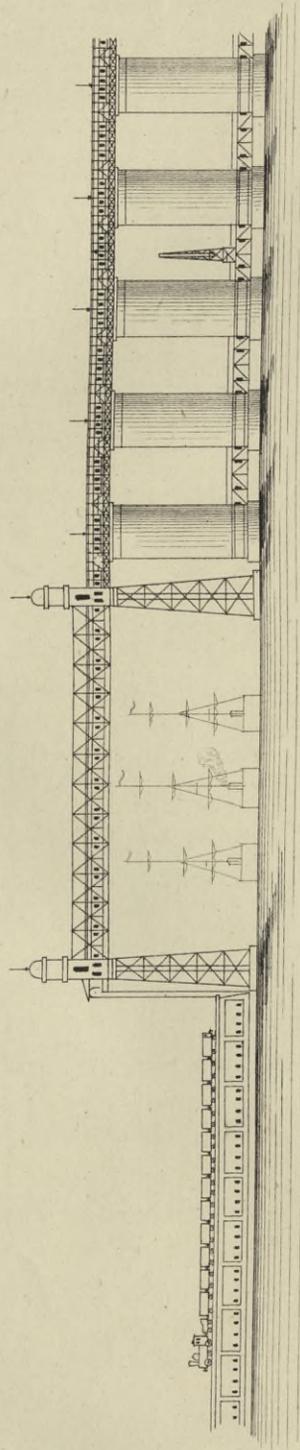




### III. Die Brücke.



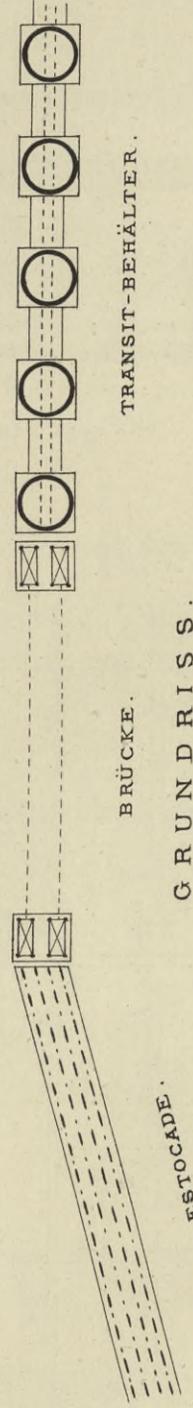
LÄNGEN - ANSICHT.



ESTOCADÉ.

BRÜCKE.

TRANSIT-BEHÄLTER.



BRÜCKE.

TRANSIT-BEHÄLTER.

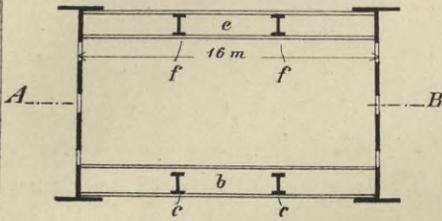
GRUNDRISS.

ESTOCADÉ.

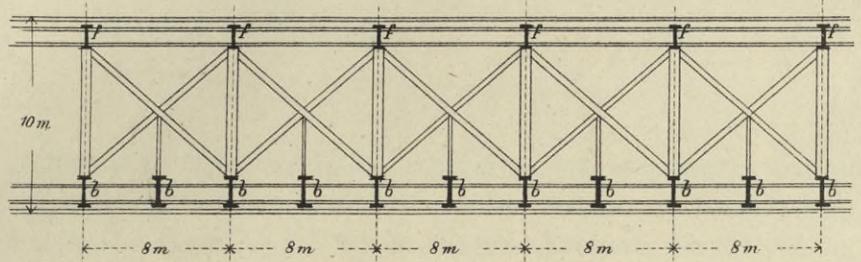


SCHEMATISCHE DISPOSITION  
DER BRÜCKE VON 100<sup>m</sup> SPANNWEITE.

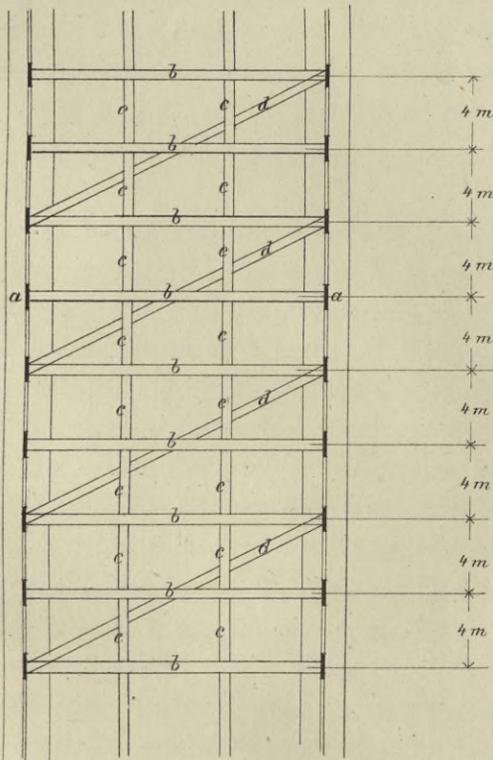
QUERSCHNITT.



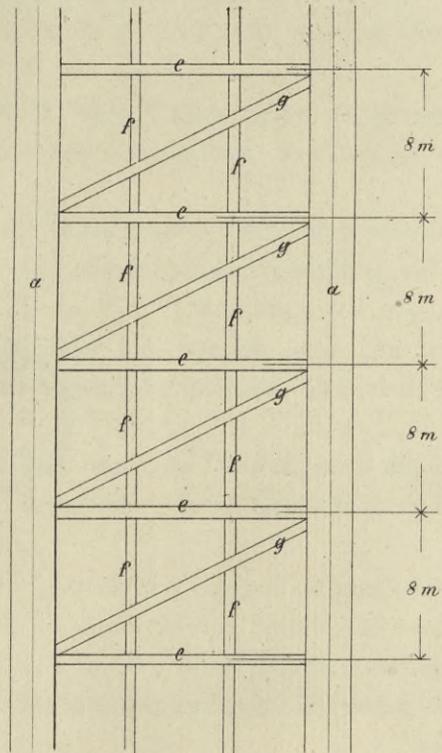
LÄNGENSCHNITT.



SCHNITT A-B.



ANSICHT VON OBEN.





## Beschreibung.

---

Wie im Abschnitt I erörtert, soll von einer Mole, sei es die Androssow- oder eine neu zu errichtende, nach den grossen Transit-Behältern hinüber eine Brücke geschlagen werden, welche zur Ueberführung der durch die Eisenbahn herangeschafften Getreidemengen dient. Würde auf eine Einfahrt von Schiffen in den Hafen von dieser Seite her verzichtet, so wäre die Herstellung der Brücke unnöthig, indem die Mole dann bis zu dem ersten Getreide-Behälter geführt werden könnte. Da jedoch auf diese Durchfahrt jedenfalls nicht verzichtet werden kann, soll auf die nähere Beschreibung und Berechnung der Brücke hier eingegangen werden.

Die Stützweite derselben ist mit Rücksicht auf die nöthige Durchfahrt für die Schiffe auf 100 m angenommen. Die Höhe ergibt sich aus der gleichen Rücksicht zu 50 m, und zwar von der Oberfläche des Wassers bis zur Unterkante der Brücke gemessen.

Wegen der mangelnden Widerlager ist man auf die Wahl einer Balkenbrücke angewiesen, welche ihre Stützpfiler nur senkrecht belastet. Auf Tafel XIX ist das Gesamtbild der Brücke skizzenhaft gegeben.

Die Pfeiler sind aus Gitterwerk angenommen, das sich auf Fundamente, welche 2 m aus dem Wasser hervorragen, stützt. Die Brücke selbst besteht, wie dies aus der schematischen Darstellung auf Tafel XX hervorgeht, aus zwei parallelgurtigen Haupt-Längsträgern *a*, die in 16 m Entfernung von einander liegen. Diese Breite bestimmt sich aus der Bedingung, dass 8 Transportbänder für Getreide, jedes 1 m breit, nebeneinander über die Brücke geführt werden müssen. Unter Berücksichtigung der nöthigen Zwischenräume ergibt das die gewählte Breite.

Die beiden Hauptträger haben eine Höhe von 10 m und sind durch 25 Querträger *b*, die 1,3 m hoch und als volle Blechträger ausgeführt sind, alle 4 m miteinander verbunden. Diese Querträger sind wiederum durch je 2 kleine Längs-Gitterträger *c* gegen einander abgesteift.

Zur Aufnahme des Winddruckes dienen dann noch unter die Querträger *b* gelegte Diagonal-Versteifungen *d*, und ausserdem ist am oberen Rande der Hauptträger *a* noch ein dem gleichen Zwecke dienendes Gittersystem vorgesehen, indem kleine Querträger *e* in Abständen von 8 m von einem Hauptträger zum andern laufen. Diese kleinen Querträger sind gegeneinander wieder durch kleine Längsträger *f* abgesteift und ausserdem durch Diagonaleisen *g* mit einander verbunden.

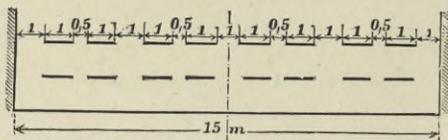
Die eigentliche Brückenbahn liegt auf den unteren Querträgern *b*. Von diesen werden also die 8 Transportbänder und das sie umschliessende Gehäuse getragen.

Nach dieser Uebersicht wird es interessiren, die Begründung der einzelnen zu wählenden Dimensionen aus der statischen Berechnung zu erfahren. Es möge dieselbe deshalb hier Platz finden.

## Statische Berechnung.

Stützweite 100 m, Breite 15 m im Lichten. Lichte Durchfahrthöhe 50 m über Mittelwasser. Die Breite der Brücke soll für 8 Transportbänder genügen, die in der in Fig. 16 skizzirten Weise angeordnet sind.

Fig. 16.

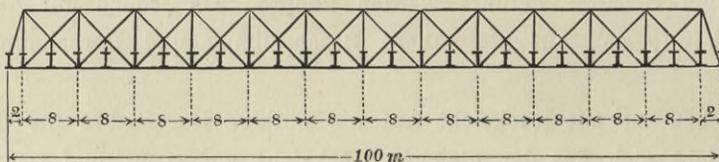


Es ist sonach eine Nutzbreite von 15 m erforderlich. Für das die Transportbänder umhüllende Schutzgebäude und die Breite der Brückenhauptträger ist noch 1 m erforderlich, sodass also die Entfernung der Hauptträger von Mitte zu Mitte rund 16 m betragen wird.

Die Hauptträger sind parallelgurtig und bestehen aus 12 Mittelfeldern à 8 m und zwei dreieckigen Endfeldern von je 2 m Länge. Die Diagonalen sind einfach gekreuzt und beide Systeme derselben durch Verticalpfosten gleichmässig tragend gemacht.

Um die hölzernen Längsträger des Flurs nicht zu lang und schwer zu erhalten, sind die Querträger der Brücke in Entfernung von 4 m angeordnet. Die Hälfte derselben ist in den Knotenpunkten des Hauptträgers an die Verticalen angeschlossen, die dazwischen liegenden an Hängebändern, welche in den Kreuzungspunkten der Diagonalen befestigt sind. Die so entstehende Anordnung der Brücke ist in Fig. 17 schematisch dargestellt.

Fig. 17.



Ausser dem Eigengewicht sollen der Berechnung der Brücke folgende Belastungen zu Grunde gelegt werden:

1. Das Gewicht des Schutzgebäudes für die Transportbänder.
2. Für jedes Transportband nebst Gestellen, Rollen, Unterstüzungen, Getreidebelastung 403 kg pro laufenden Meter, sonach

$$\frac{8 \cdot 403}{15} = 215 \text{ kg pro qm Brücke.}$$

3. Für Schnee 200 kg pro qm Brücke.
4. Für Wind 150 kg pro qm windgetroffene Effectivfläche.

Die Abmessungen der einzelnen Brückentheile sollen so gewählt werden, dass die Anstrengung des Materials ungefähr beträgt:

in den Hauptträgern . . . . .	8	kg	pro	qmm
» » Querträgern . . . . .	7	»	»	»
» » Windverbänden . . . . .	10	»	»	»
in der Dachconstruction des Schutzgebäudes . .	10	»	»	»
im Holzwerk . . . . .	0,75	»	»	»

### Der Bohlenbelag der Brücke

ist 35 mm dick und wiegt demnach, der Cubikmeter Holz zu 700 kg angenommen:

$$0,035 \cdot 700 = 24,5 \text{ rund } 25 \text{ kg pro qm.}$$

### Die Längsbalken des Flurs.

Die Stützweite derselben ist 4000 mm; die Stärke sei vorläufig zu  $20 \times 18$  cm angenommen. Die gegenseitige Entfernung der Balken richtet sich nach der Anordnung der Bänder. Bei 18 Längsbalken beträgt die mittlere Entfernung derselben

$$\frac{15\,000}{18-1} = 880 \text{ mm.}$$

Als concentrirte Last in der Mitte kann die Reaction eines der Böcke gerechnet werden, von denen in Entfernung von etwa 4 m jedes Band unterstützt wird; derselbe beträgt:

$$\frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 403 = 806 \text{ kg.}$$

Gleichmässig vertheilt wirkt ausserdem auf jeden Balken

$$\text{das Gewicht des Belages } 4 \cdot 0,88 \cdot 0,035 \cdot 700 \dots = 86 \text{ kg}$$

$$\text{das Eigengewicht } 4 \cdot 0,2 \cdot 0,18 \cdot 700 \dots = 101 \text{ »}$$

$$\text{Sa. gleichmässig vertheilt} = 187 \text{ kg.}$$

Das Maximalangriffsmoment in der Mitte des Balkens beträgt sonach:

$$M_{max} = \frac{187 \cdot 4000}{8} + \frac{806 \cdot 4000}{4} = 899\,500.$$

Zulässige Anstrengung des Holzes:

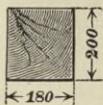
$$k = 0,75 \text{ kg pro qmm.}$$

Daher erforderliches Widerstandsmoment:

$$W = \frac{M}{k} = \frac{899\,500}{0,75} = 1\,200\,000.$$

Fig. 18.

Zur Ausführung kommen Balken vom Querschnitt  $200 \times 180$  (Fig. 18) mit einem Widerstandsmoment von:



$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{180 \cdot 200^2}{6} = 1\,200\,000.$$

Das Gewicht eines solchen Balkens von 4 m Länge beträgt, wie richtig vorausgesetzt, **101 kg**.

### Die Querträger.

Stützweite 16 m, gegenseitige Entfernung 4 m. Die permanente Last des Querträgers, welche im vorliegenden Falle bei der grossen Anzahl der Längsbalken gleichmässig vertheilt angenommen werden kann, setzt sich aus folgenden Posten zusammen:

$$\text{Bohlenbelag } 15 \cdot 4 \cdot 25 \dots = 1500 \text{ kg}$$

$$\text{Längsbalken } 18 \cdot 101 \dots = 1818 \text{ »}$$

$$\text{Eigengewicht, geschätzt} \dots = 2982 \text{ »}$$

$$\text{Sa. permanente Last} = 6300 \text{ kg.}$$

Die mobile Last, welche ebenfalls gleichmässig vertheilt angenommen werden soll, beträgt

$$403 \cdot 8 \cdot 4 \dots = 12\,896 \text{ kg.}$$

Sonach die Gesamtlast des Trägers unter der Voraussetzung, dass das Schutzgebäude sich nicht auf den Querträger stützt, sondern direct an dem Hauptträger aufgehängt wird:

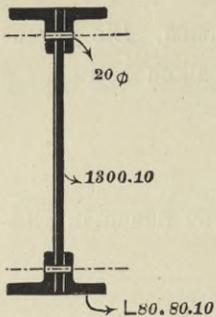
$$6300 + 12\,896 = 19\,196 \text{ rund } 19\,200 \text{ kg,}$$

und das Maximalmoment in der Mitte

$$M_{max} = 19\,200 \cdot \frac{16\,000}{8} = 38\,400\,000$$

Anstrengung des Materials  $k = 7$ .

Fig. 19.



Erforderliches Widerstandsmoment des Querträgers

$$W = \frac{M}{7} = \frac{38\,400\,000}{7} = 5\,486\,000$$

Dem entspricht ein Träger von dem in Fig. 19 skizzirten Querschnitt mit einem Widerstandsmoment (nach Dr. H. Zimmermann, Tabellen der Trägheitsmomente, Widerstandsmomente und Gewichte, 2. Aufl. 1885. Ernst & Korn in Berlin) von

$$W = 5\,768\,000$$

Das Gewicht eines completen Querträgers kann zu 2730 kg angenommen werden.

### Die Windverbände. (Siehe Fig. 20.)

Die Eisenconstruktion der Brücke mit dem darauf stehenden Schutzhause bietet dem Winde eine Angriffsfläche dar, die man sich ersetzt denken kann durch eine geschlossene Wand von 100 m Länge und 9 m Höhe, und zwar entfallen von dieser Höhe etwa 3,5 m auf die obere Gurtung beziehungsweise den oberen Windverband und 5,5 m auf den unteren Windverband.

Die Knotenpunktlasten betragen sonach (bei 150 kg Winddruck pro qm) für den oberen Windverband

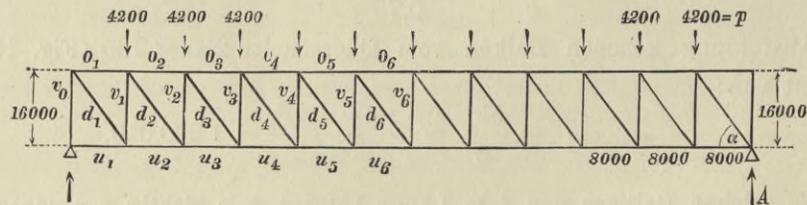
$$p_o = 8 \cdot 3,5 \cdot 150 = 4200 \text{ kg}$$

für den untern Windverband

$$p_u = 8 \cdot 5,5 \cdot 150 = 6600 \text{ kg.}$$

### Der obere Windverband.

Fig. 20.



$$A = \frac{11}{2} \cdot 4200 = 23\,100 \text{ kg}; \sin. \alpha = \frac{16\,000}{\sqrt{16\,000^2 + 8000^2}} = \frac{16\,000}{18\,000} = 0,9$$

$$d_1 = \frac{1}{0,9} \cdot \frac{11}{2} \cdot 4200 \dots \dots \dots = + 25\,667 \text{ kg}$$

$$d_2 = \frac{1}{0,9} \left\{ \frac{11}{2} \cdot 4200 - 1 \cdot 4200 \right\} \dots \dots \dots = + 21\,000 \text{ »}$$

$$d_3 = \frac{1}{0,9} \left\{ \frac{11}{2} \cdot 4200 - 2 \cdot 4200 \right\} \dots \dots \dots = + 16\,333 \text{ »}$$

$$d_4 = \frac{1}{0,9} \left\{ \frac{11}{2} \cdot 4200 - 3 \cdot 4200 \right\} \dots \dots \dots = + 11\,666 \text{ »}$$

$$d_5 = \frac{1}{0,9} \left\{ \frac{11}{2} \cdot 4200 - 4 \cdot 4200 \right\} \dots \dots \dots = + 7000 \text{ »}$$

$$d_6 = \frac{1}{0,9} \left\{ \frac{11}{2} \cdot 4200 - 5 \cdot 4200 \right\} \dots \dots \dots = + 2333 \text{ »}$$

$$u_1 = 0 \dots \dots \dots = 0$$

$$u_2 = \frac{1}{16\,000} \cdot 23\,100 \cdot 8000 = - o_1 \dots \dots \dots = 11\,550$$

$$\begin{aligned}
u_3 &= \frac{1}{16\,000} \left\{ 23\,100 \cdot 2 \cdot 8000 - 4200 \cdot 1 \cdot 8000 \right\} = -o_2 \dots \dots \dots = 21\,000 \\
u_4 &= \frac{1}{16\,000} \left\{ 23\,100 \cdot 3 \cdot 8000 - 4200 \cdot 8000 (1 + 2) \right\} = -o_3 \dots \dots \dots = 28\,350 \\
u_5 &= \frac{1}{16\,000} \left\{ 23\,100 \cdot 4 \cdot 8000 - 4200 \cdot 8000 (1 + 2 + 3) \right\} = -o_4 \dots \dots \dots = 33\,600 \\
u_6 &= \frac{1}{16\,000} \left\{ 23\,100 \cdot 5 \cdot 8000 - 4200 \cdot 8000 (1 + 2 + 3 + 4) \right\} = -o_5 \dots \dots \dots = 36\,750 \\
v_0 &= -23\,100 - 2100 \dots \dots \dots = -25\,200 \\
v_1 &= -23\,100 \dots \dots \dots = -23\,100 \\
v_2 &= -23\,100 + 4200 \dots \dots \dots = -18\,900 \\
v_3 &= -23\,100 + 2 \cdot 4200 \dots \dots \dots = -14\,700 \\
v_4 &= -23\,100 + 3 \cdot 4200 \dots \dots \dots = -10\,500 \\
v_5 &= -23\,100 + 4 \cdot 4200 \dots \dots \dots = -6\,300 \\
v_6 &= -4200 \dots \dots \dots = -4200
\end{aligned}$$

Bei einer Materialbeanspruchung von 10 kg pro qmm ergeben sich folgende Abmessungen:

#### Diagonalen.

$$\begin{aligned}
d_1 &= 2567 \text{ qmm} = 1 \text{ Flacheisen } 240 \cdot 12 \text{ mit einem Nutzquerschnitt von } F = \\
&\quad (240 - 25) \cdot 12 = 2580 \text{ qmm} \\
d_2 &= 2100 \text{ qmm} = 1 \text{ Flacheisen } 200 \cdot 12 \text{ mit } F = (200 - 25) 12 = 2100 \text{ qmm} \\
d_3 &= 1633 \text{ qmm} = 1 \text{ Flacheisen } 165 \cdot 12 \text{ mit } F = (165 - 25) 12 = 1680 \text{ qmm} \\
d_4 &= 1167 \text{ qmm} = 1 \text{ Flacheisen } 125 \cdot 12 \text{ mit } F = (125 - 25) 12 = 1200 \text{ qmm} \\
d_5 &= 700 \text{ qmm} = 1 \text{ Flacheisen } 100 \cdot 10 \text{ mit } F = (100 - 25) 10 = 750 \text{ qmm} \\
d_6 &= 233 \text{ qmm} \text{ aus praktischen Rücksichten wie } d_5 \text{ also } 1 \text{ Flacheisen } 100 \cdot 10 \text{ mit} \\
&\quad F = 750 \text{ qmm.}
\end{aligned}$$

#### Quersteifen $v$ .

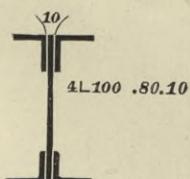
Die Quersteifen  $v$  sind auf Knickfestigkeit zu berechnen unter Zugrundelegung der Formel

$$T = \frac{Pl^2}{40\,000}$$

Durch 2 in Richtung der Brückenlängsachse durchlaufende Gitterträgerchen werden dieselben noch zweimal gehalten; es ist sonach für die Stützlänge  $l$  einzuführen

$$l = \frac{15\,000}{3} = 5000 \text{ mm}$$

Fig. 21.



$$v_0 = -25\,200 \text{ kg}; l = 5000.$$

Erforderliches Trägheitsmoment des anzuwendenden Querschnitts

$$T = \frac{25\,200 \cdot 5000^2}{40\,000} = 15\,750\,000$$

Hierfür würden schon 4 L 100 · 80 · 10 mit

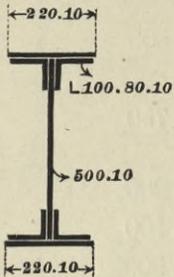
$$F = 6800 \text{ qmm}$$

$$T = 15\,736\,700 \text{ genügen. (Fig. 21.)}$$

In Anbetracht des Umstandes aber, dass  $v_0$  gleichzeitig ein wesentlicher Theil des Endportals ist, welches die Reaction des obern Windverbandes nach unten in die Brückenaufleger zu übertragen hat, soll ein stärkerer Träger angenommen werden, bestehend aus etwa

- 1 Stehblech 500 · 10  
 2 L 100 · 80 · 10  
 2 Deckplatten 220 · 10. (Fig. 22.)

Fig. 22.



$$v_1 = -23\,100 \text{ kg}; l = 5000$$

$$T = \frac{23\,100 \cdot 5000^2}{40\,000} = 14\,440\,000$$

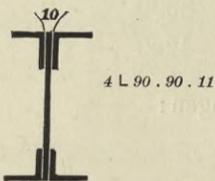
dem entsprechen

4 L 100 · 80 · 10 wie oben mit

$$F = 6800 \text{ qmm}$$

$$T = 15\,736\,700$$

Fig. 23.



$$v_2 = -18\,900; l = 5000$$

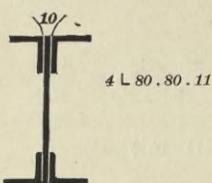
$$T = \frac{18\,900 \cdot 5000^2}{40\,000} = 11\,810\,000$$

dem entsprechen 4 L 90 · 90 · 11 in der Anordnung der Fig. 23 mit

$$F = 7436$$

$$T = 13\,000\,000$$

Fig. 24.



$$v_3 = -14\,700; l = 5000$$

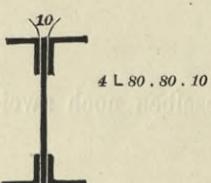
$$T = \frac{14\,700 \cdot 5000^2}{40\,000} = 9\,190\,000$$

dem entsprechen 4 L 80 · 80 · 11 mit

$$F = 6556 \text{ qmm}$$

$$T = 9\,371\,000 \text{ (Fig. 24).}$$

Fig. 25.



$$v_4 = -10\,500; l = 5000$$

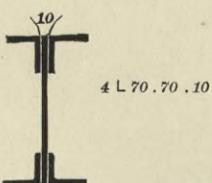
$$T = \frac{10\,500 \cdot 5000^2}{40\,000} = 6\,562\,500$$

dem entsprechen 4 L 80 · 80 · 10 mit

$$F = 6000 \text{ qmm}$$

$$T = 8\,152\,000 \text{ (Fig. 25).}$$

Fig. 26.



$$v_5 = -6300; l = 5000$$

$$T = \frac{6300 \cdot 5000^2}{40\,000} = 3\,940\,000$$

dem entsprechen 4 L 70 · 70 · 10 mit

$$F = 2600$$

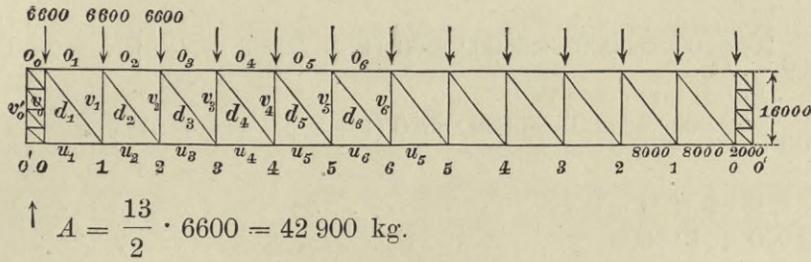
$$T = \text{rund } 4\,600\,000 \text{ (Fig. 26).}$$

$v_6 = -4200 \text{ kg}$  könnte schwächer sein, wird aber aus praktischen Gründen wie  $v_5$  ausgeführt.

Die 2 Züge Längsgitterchen, welche die Querstreben  $v$  in ihrer Lage halten und gegen Ausknicken sichern, können aus 4 L 60 · 60 · 7 bestehen. Das Gesamtgewicht des oberen Windverbandes kann zu 43 000 kg veranschlagt werden.

Der untere Windverband. (Fig. 27).

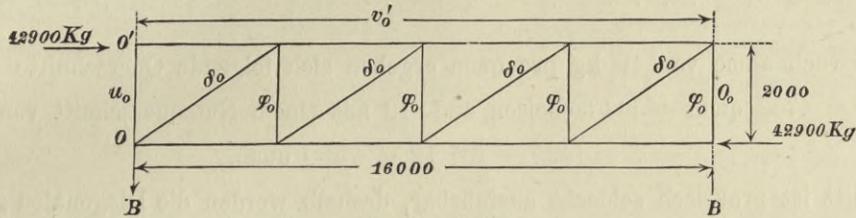
Fig. 27.



Knotenpunktslast wie früher ermittelt: 6600 kg. Der Einfachheit halber wird die Knotenpunktslast in 0 zu gross und zwar 6600 kg statt 4125 kg angenommen.

$\sin. \alpha = 0,9$

Fig. 28.



$B = \frac{42\,900 \cdot 2000}{16\,000} = 5363 \text{ kg (Fig. 28).}$

$0 - 0^1 = 0$

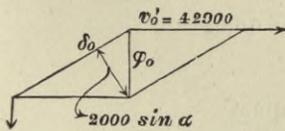
$\delta_{0max.} \cdot 2000 \cdot \sin. \alpha = 42\,900 \cdot 2000 \text{ (Fig. 29).}$

$\delta_{0max.} = \frac{42\,900}{0,9} = 47\,555 \text{ kg}$

$\varphi_{0max.} \cdot 4000 = 42\,900 \cdot 2000$

$\varphi_{0max.} = 21\,450 \text{ kg.}$

Fig. 29.



- $d_1 = \frac{1}{0,9} \cdot (42\,900 - 6600) \dots \dots \dots = 40\,333$
- $d_2 = \frac{1}{0,9} \left\{ 42\,900 - 2 \cdot 6600 \right\} \dots \dots \dots = 33\,000$
- $d_3 = \frac{1}{0,9} \left\{ 42\,900 - 3 \cdot 6600 \right\} \dots \dots \dots = 25\,667$
- $d_4 = \frac{1}{0,9} \left\{ 42\,900 - 4 \cdot 6600 \right\} \dots \dots \dots = 18\,333$
- $d_5 = \frac{1}{0,9} \left\{ 42\,900 - 5 \cdot 6600 \right\} \dots \dots \dots = 11\,000$
- $d_6 = \frac{1}{0,9} \left\{ 42\,900 - 6 \cdot 6600 \right\} \dots \dots \dots = 3\,667$
- $u_0 = 0 \dots \dots \dots = 0$
- $u_1 = \frac{1}{16\,000} \cdot 42\,900 \cdot 2000 \dots \dots \dots = -0_0 = 5\,363$
- $u_2 = \frac{1}{16\,000} \left\{ 42\,900 \cdot 10\,000 - 6600 \cdot 8000 \right\} \dots \dots \dots = -0_1 = 23\,513$
- $u_3 = \frac{1}{16\,000} \left\{ 42\,900 \cdot 18\,000 - 6600 \cdot 8000 (1 + 2) \right\} \dots \dots \dots = -0_2 = 38\,367$

$$u_4 = \frac{1}{16\,000} \left\{ 42\,900 \cdot 26\,000 - 6600 \cdot 8000 (1 + 2 + 3) \right\} \dots = -0_3 = 49\,913$$

$$u_5 = \frac{1}{16\,000} \left\{ 42\,900 \cdot 34\,000 - 6600 \cdot 8000 (1 + 2 + 3 + 4) \right\} \dots = -0_4 = 58\,163$$

$$u_6 = \frac{1}{16\,000} \left\{ 42\,900 \cdot 42\,000 - 6600 \cdot 8000 (1 + 2 + 3 + 4 + 5) \right\} = -0_5 = 63\,113$$

$$v'_0 = -42\,900 \text{ kg} = v_0 \dots \dots \dots = -42\,900$$

$$v_1 = -42\,900 + 1 \cdot 6600 \dots \dots \dots = -36\,300$$

$$v_2 = -42\,900 + 2 \cdot 6600 \dots \dots \dots = -29\,700$$

$$v_3 = -42\,900 + 3 \cdot 6600 \dots \dots \dots = -23\,100$$

$$v_4 = -42\,900 + 4 \cdot 6600 \dots \dots \dots = -16\,500$$

$$v_5 = -42\,900 + 5 \cdot 6600 \dots \dots \dots = -9\,900$$

$$v_6 = -6\,600 \dots \dots \dots = -6\,600$$

Bei einer Inanspruchnahme von 10 kg pro qmm ergeben sich folgende Querschnitte

$$\delta_0 = 4755 \text{ qmm} = 1 \text{ Flacheisen } 425 \cdot 12 \text{ mit einem Nutzquerschnitt von}$$

$$F = (425 - 25) 12 = 4\,800 \text{ qmm.}$$

Dieser Querschnitt ist praktisch schlecht ausführbar, deshalb werden die Diagonalen gekreuzt angeordnet und auf Zug und Druck in Anspruch genommen. Es wird dann

$$\delta_0 = \pm \frac{47\,555}{2} = \pm 23\,778 \text{ kg}$$

$$F = 2378 \text{ qmm} = 2 \text{ L } 80 \cdot 80 \cdot 10 \text{ mit } F = 2 (160 - 10 - 23) 10 = 2540 \text{ qmm}$$

$$\varphi_0 = 21450 \text{ kg}; F = 2145 \text{ qmm} = 1 \text{ L } 80 \cdot 80 \cdot 10.$$

$$d_1 = 4033 \text{ qmm} = 1 \text{ Flacheisen } 295 \cdot 15 \text{ mit } F = (295 - 25) 15 = 4050 \text{ qmm}$$

$$d_2 = 3300 \text{ qmm} = 1 \text{ Flacheisen } 245 \cdot 15 \text{ mit } F = (245 - 25) 15 = 3300 \text{ qmm}$$

$$d_3 = 2567 \text{ qmm} = 1 \text{ Flacheisen } 200 \cdot 15 \text{ mit } F = (200 - 25) 15 = 2625 \text{ qmm}$$

$$d_4 = 1833 \text{ qmm} = 1 \text{ Flacheisen } 150 \cdot 15 \text{ mit } F = (150 - 25) 15 = 1875 \text{ qmm}$$

$$d_5 = 1100 \text{ qmm} = 1 \text{ Flacheisen } 100 \cdot 15 \text{ mit } F = (100 - 25) 15 = 1125 \text{ qmm}$$

$$d_6 = 366 \text{ qmm} = 1 \text{ Flacheisen } 100 \cdot 10 \text{ mit } F = (100 - 20) 10 = 800 \text{ qmm.}$$

Die Kräfte  $v$  werden durch die unteren Partien der Querträger übertragen, also von 2 Winkeln  $80 \cdot 80 \cdot 10$  nebst dem eingieteteten Theil des Stegbleches von angenommen 80 mm Breite. Es steht also zur Verfügung ein Querschnitt von

$$\begin{array}{r} F = 2 \text{ L } 80 \cdot 80 \cdot 10 = 3000 \\ + 1 \cdot 80 \cdot 10 = 800 \\ \hline \text{Summa } 3800 \text{ qmm.} \end{array}$$

Die unteren Gurtungen der Endquerträger würden sonach mit  $\frac{42\,900}{3800} = 11,3$  kg auf Druck angestrengt.

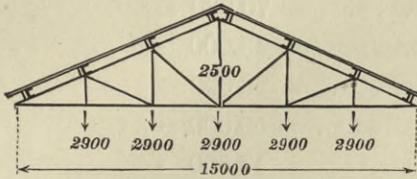
Davon geht jedoch ab die Zugspannung, welche die unteren Gurtungen dieser Querträger von ihrer Verticallast erhalten und welche im ungünstigsten Falle wenigstens 4 kg beträgt. Die wirkliche auftretende Druckspannung wird also höchstens  $11,3 - 4 = 7,3$  kg pro qmm betragen.

Um die Querträger gegen Ausknicken zu sichern, ist es auch hier nöthig, 2 Längsgitterträger anzuordnen, wie bei dem obern Windverbande.

Das Gesamtgewicht des untern Windverbandes kann auf 28 000 kg geschätzt werden.

**Das Schutzhaus auf der Brücke. (Fig. 30.)**

Fig. 30.



Dasselbe besteht aus eisernen Dachbindern, Fetten und Binderstützen, alles übrige wird aus Holz hergestellt. Zur Dacheindeckung wird Schwarzblech verwandt.

Die Stützweite der Binder ist zu etwa 15 Metern anzunehmen. Die Entfernung derselben von einander ist 4 Meter.

Die Schwarzblecheindeckung sei 1 mm dick, die darunter befindliche Holzschalung 35 mm dick; die Schnee- und Windlast betrage

200 kg pro qm. Auf jede Fette kommt sonach:

Schwarzblech $4 \cdot 2,5 = 10$ qm à 7,8 kg . . . . .	= 78
Schalung 10 qm à 25 kg . . . . .	= 250
Eigengewicht geschätzt . . . . .	= 70
Schnee und Wind $10 \cdot 200$ . . . . .	= 2000
	Summa 2398 kg rund 2400

$$M = \frac{2400 \cdot 4000}{8} = 1\,200\,000$$

$$k = 10$$

$$W = 120\,000$$

Dem entspricht das  $\square$  Profil No. 16 (Fig. 31)  $\frac{160 \cdot 65}{7,5 \cdot 10,5}$  mit

$$W = 117\,000$$

$$G = 18,8 \text{ kg. pro lm}$$

An das  $\square$  Eisen wird eine Holzleiste zum Festnageln der Schalung befestigt.

Gewicht einer Fette von 4 m Länge rund 80 kg.

Die Knotenpunktlast des Binders beträgt:

Schwarzblech, Schalung, Fette, Schnee . . . . .	2400 kg
Nagelleiste nebst Befestigungs-Material . . . . .	20 »
Bindergewicht geschätzt . . . . .	480 »
	Summa 2900 kg

Das Gewicht eines Binders ergibt sich nach folgender Schätzungsformel zu

$$G = 2 [2 (0,9 + 2) 31 + 2 \cdot 10,3] \frac{7,8}{10} \cdot 2,5 = 782 \text{ kg.}$$

Die Säulen, welche die Dachbinder stützen, bestehen aus  $\square$  Eisen Profil No. 16.

$$\frac{160 \cdot 65}{7,5 \cdot 10,5}$$

Das Gesamtgewicht der Eisenconstruction für das Schutzhaus kann zu rund 50 000 kg veranschlagt werden.

Die Eindeckung des Daches mit Schwarzblech wiegt im Ganzen etwa 17 500 kg.

**Die Hauptträger.**

Die Belastung der Hauptträger ausser Eigengewicht setzt sich aus folgenden Posten zusammen:

Eisenwerk:

26 Querträger à 2730 kg . . . . .	= 70 980 kg	
1 Oberer Windverband à 43 000 kg . . . . .	= 43 000 »	
1 Unterer Windverband à 28 000 kg . . . . .	= 28 000 »	
Eisenwerk des Schutzhauses à 50 000 kg . . . . .	= 50 000 »	
Bedachung des Schutzhauses à 17 500 kg . . . . .	= 17 500 »	
	<u>Summa Eisenwerk</u>	209 480 kg    209 480 kg

Holzwerk:

Bohlenbelag 110 · 15 · 0,035 . . . . .	= 57,75 cbm	
Längsbalken 18 · 110 · 0,2 · 0,18 . . . . .	= 71,28 »	
Wände des Schutzhauses aus Brettern 2 · 110 · 2,5 · 0,035 . . . . .	= 19,25 »	
Riegel dazu 8 · 110 · 0,13 · 0,13 . . . . .	= 14,87 »	
Stirnwände . . . . .	= 2,40 »	
Dachschalung 110 · 17 · 0,035 . . . . .	= 65,45 »	
	<u>Summa Holzwerk</u>	231,00 cbm à 700    161 700 kg

Maschinentheile und Apparate:

Transportbänder pro lm . . . . .	25 kg	
Gestelle . . . . .	200 »	
Rollen, Unterstützungen . . . . .	50 »	
	<u>275 kg pro lm Band</u>	

Oder auf die ganze Brücke 275 · 8 · 110 = . . . . .	242 000 kg	
Getreide: 128 kg pro lm Band oder auf die ganze Brücke 128 · 8 · 110 = . . . . .	112 640 kg	
Schnee: 200 kg pro qm Brücke, oder auf die ganze Brücke 110 · 17 · 200 = . . . . .	374 000 kg	
	<u>Fahrbahn und Belag in Summa</u>	1 099 820 kg

Hierzu tritt noch das Eigengewicht der beiden Hauptträger; dasselbe ergibt sich genügend genau nach einer durch die Erfahrung bestätigten Formel, es ist daher nicht nöthig, hier die Beanspruchungen und Dimensionen der einzelnen Theile der Träger zu bestimmen, der Vollständigkeit halber sind aber die Beanspruchungen am Schlusse der Brückenberechnungen aufgeführt.

Die oben angeführte Formel lautet:

$$G_T = l^2 \cdot \frac{\sigma}{k} (p g'_T + q g''_T)$$

wobei in dem vorliegenden Falle

$G_T$  das theoretische Gewicht eines Hauptträgers in kg,

$l$  die Stützweite der Hauptträger in Metern = 100,

$\sigma$  das spezifische Gewicht des Eisens = 7,8,

$k$  die Anstrengung des Materials 8 kg pro qmm,

$p$  die permanente Last pro lm Hauptträger in Tonnen,

$q$  die mobile Last pro lm Hauptträger in Tonnen,

im vorliegenden Falle = 0

$g'_T$  und  $g''_T$  von der Felderzahl und der Höhe des Hauptträgers abhängige Constante und zwar:

$$g'_T = 2,459$$

$$g''_T = 2,605$$

Nun ist:

Gewicht von Fahrbahn und Belag . . . . .	1 099 820
Gewicht der beiden Hauptträger geschätzt . . . . .	870 180
Gesammtgewicht der Brücke nebst Belastung . . . . .	1 970 000 kg,

sonach pro laufenden Meter Hauptträger

$$1,970,000 : 200 = 9850 \text{ kg} = 9,85 \text{ Tons pro } m' = p, q = 0.$$

Theoretisches Gewicht eines Hauptträgers

$$G_T = 100^2 \cdot \frac{7,8}{8} (9,85 \cdot 2,459 + 0 \cdot 2,605) = 236 145 \text{ kg.}$$

Ist  $E$  der Constructionscoefficient, d. h. die Verhältnisszahl, welche angiebt, wie viel das wirkliche Gewicht des Hauptträgers grösser ist, als das theoretische, eine Zahl, welche für die vorliegende Trägerform etwa 1,85 beträgt, so ist das wirkliche Gewicht der beiden Hauptträger

$$G = 2 \cdot 1,85 \cdot 236 145 = 873 736 \text{ kg.}$$

Das so gefundene Gewicht der beiden Hauptträger unterscheidet sich nur so wenig von dem in die Gewichtsformel eingesetzten geschätzten Gewicht, dass eine Correctur, d. h. eine Wiederholung der Rechnung unter Einsetzung der gefundenen und einen gewissen Grad richtigeren Gewichtszahl kaum nöthig erscheint. Man geht ziemlich sicher, wenn man das Gewicht der Hauptträger auf 875 000 kg abrundet. An dem Gesamtgewicht der Brücke fehlen noch die Auflager, welche auf 50 520 kg geschätzt werden können, sowie die Schnäbel und Portale im Gewicht von circa 55 000 kg.

Das Gesamtgewicht der Eisentheile der 100 Meter-Brücke beträgt sonach:

2 Hauptträger . . . . .	875 000 kg
Fahrbahneisentheile . . . . .	209 480 »
Auflagertheile . . . . .	50 520 »
Construction der Schnäbel und Portale . . . . .	55 000 »
	<u>1 190 000 kg</u>

Das Gesamtgewicht der ganzen Brücke inclusive Auflager etc. ergibt sich nach dem Obigen zu:

Fahrbahn und Belag . . . . .	1 099 820 kg
2 Hauptträger . . . . .	875 000 »
Auflagertheile . . . . .	50 520 »
Schnäbel und Portale . . . . .	55 000 »
	<u>2 080 340 kg</u>

rund 2 080 000 kg.

### Die eisernen Pfeiler der 100 Meter-Brücke.

Die Unterkante der Brückenconstruction liegt 50 m über dem Wasserspiegel, und die Fundamente der Pfeiler ragen 2 m über das Wasser empor; die Brückenlager und Pfeilerauflager seien je etwa 1 m hoch, sonach beträgt die eigentliche Pfeilerhöhe

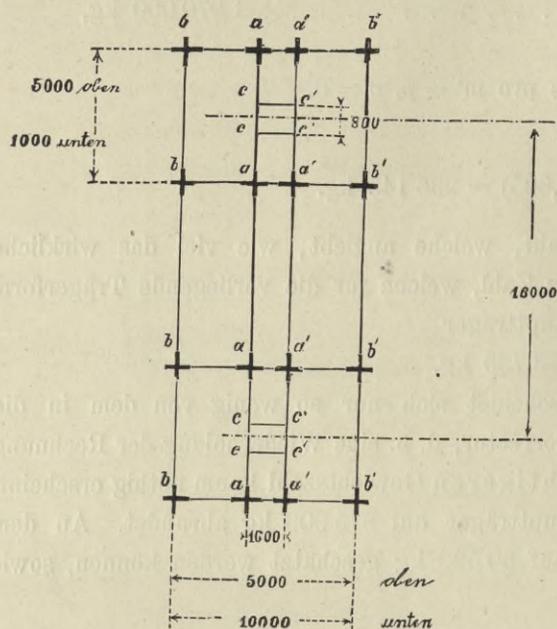
$$50 - 2 - 2 \cdot 1 = 46 \text{ m.}$$

Der Grundriss der Pfeiler hat die in Fig. 32 skizzirte Form, welche sich nach der Basis zu erweitert. Der Pfeiler wird in verschiedener Weise in Anspruch genommen:

- 1) In verticalem Sinne durch die Brückenlast und das Eigengewicht,
- 2) In horizontalem Sinne nach beiden Achsen durch den Winddruck, und in der Längsachse durch die Ausdehnung oder Zusammenziehung der Brücke in Folge von Temperaturunterschieden.

In verticalem Sinne kommt auf jeden Pfeiler die halbe Last der Brücke — 1 040 000 kg — und das Eigengewicht eines Pfeilers — geschätzt auf 460 000 kg, in Summa also 1 500 000 kg.

Fig. 32.



### Die Trägerchen $cc'$ .

Jeder derselben wird belastet durch

$$\frac{2\,080\,000}{8} = 260\,000 \text{ kg}$$

in der in Fig. 33 skizzirten Weise

$$M = 130\,000 (800 - 250) \\ = 71\,500\,000.$$

Für die sehr gleichmässig wirkenden Lasten des Pfeilers, welche nie wechseln, soll eine Anstrengung von 10 kg pro qmm angenommen werden; es ist also nöthig, ein

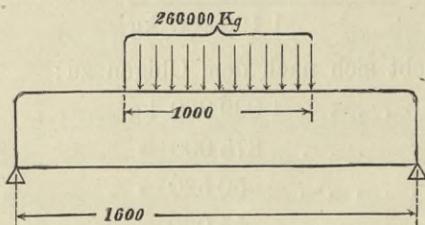
$$W = \frac{71\,500\,000}{10} = 7\,150\,000$$

Da der Träger sehr kurz ist, muss das ganze Moment durch das Stegblech allein aufgenommen werden. Die Dicke dieses Bleches ist bedingt durch den Auflagerdruck; bei 10 kg pro qmm Druck muss die Dicke des Bleches  $S = 26$  mm sein.

$$1000 \cdot S \cdot 10 = 260\,000.$$

Die Höhe findet sich aus der Gleichung für das Widerstandsmoment

Fig. 33.



$$W = \frac{Sh^2}{6}$$

$$h^2 = \frac{6 \cdot 7\,150\,000}{26}$$

$$h = 1290 \text{ mm.}$$

Mit Berücksichtigung der Nietverschwächungen soll  $h = 1440$  mm angenommen werden.

Zum Anschluss sind nöthig:

$$\frac{130\,000}{26 \cdot 25 \cdot 10} = 20 \text{ Nieten à 25 Durchmesser.}$$

Um diese unterzubringen sind Anschlusswinkel 130/130 nöthig. Die Ränder des Bleches werden oben und unten durch Winkel gesäumt.

Das complete Gewicht eines solchen Trägers ist rund 730 kg.

Je 2 Träger werden durch eine Querverbindung aus Winkeln 80/80 mit einander verbunden. Dieselbe wiegt 160 kg.

### Die Träger $a-a$ ( $a'-a'$ ).

In jedem Punkte  $c$  wirken

$$\frac{2\,080\,000}{16} = 130\,000 \text{ kg,}$$

ausserdem  $\frac{1}{2}$  Trägersgewicht  $cc'$  und  $\frac{1}{4}$  Querverbindung; das Eigengewicht, geschätzt auf 2000 kg, wirkt gleichmässig vertheilt. (Fig. 34.)

Fig. 34.

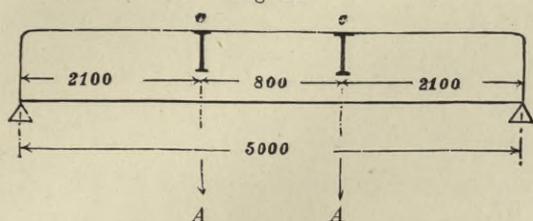
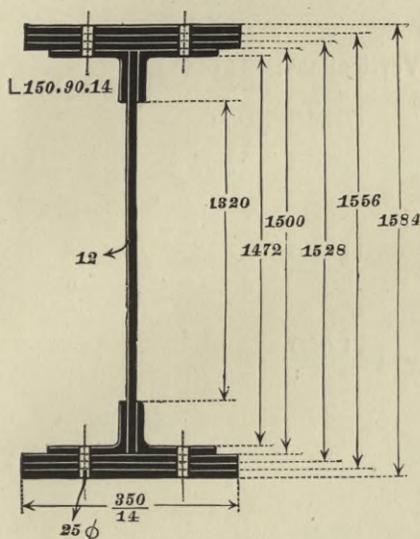


Fig. 35.



Der in Fig. 35 skizzierte Querschnitt hat

$$\begin{aligned}
 W_0 &= \frac{1}{6 \cdot 1500} \left\{ 250 (1500^3 - 1472^3) + 40 (1472^3 - 1320^3) \right\} \\
 &= \frac{1}{6 \cdot 1500} \cdot 109\,554\,625\,920 = \frac{1}{9000} \cdot c \\
 &= 12\,172\,736 \\
 W_1 &= \frac{1}{6 \cdot 1528} \left\{ 300 (1528^3 - 1500^3) + c \right\} \\
 &= 18\,250\,400 \\
 W_2 &= \frac{1}{6 \cdot 1556} \left\{ 300 (1556^3 - 1500^3) + c \right\} \\
 &= 24\,340\,300 \\
 W_3 &= \frac{1}{6 \cdot 1584} \left\{ 300 (1584^3 - 1500^3) + c \right\} \\
 &= 30\,446\,000.
 \end{aligned}$$

Die Querschnitte sind also reichlich und vertragen noch die Verschwächung durch die Nietlöcher zum Anschluss der Träger  $cc'$ .

Das Gewicht eines solchen Trägers beträgt etwa 2500 kg.

### Die Träger $baa'b'$ .

Das Belastungsschema ist in Fig. 36 gegeben:

$$\text{Reaction der Träger } aa' = 2 \cdot 131\,410$$

$$\text{Eigengewicht der Träger } baa'b' \text{ geschätzt} = 2 \cdot \frac{1\,490}{2}$$

$$A = 132\,900$$

Jede der Säulen  $baa'$  und  $b'$  sollen gleichviel tragen;

es ist also:

$$b = a = a' = b' = \frac{132\,900}{2} = 66\,450 \text{ kg}$$

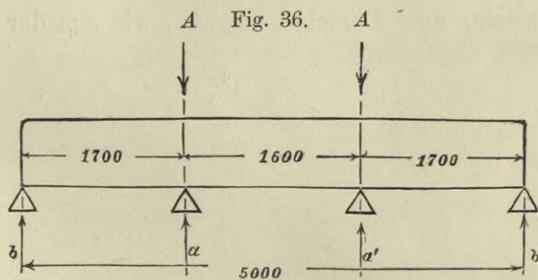
$$M = 66\,450 \cdot 1700 = 110\,965\,000.$$

Wenn aber die Säulen  $baa'$  und  $b'$  möglichst gleichmässig tragen sollen, dann ist es nöthig, dass der Träger  $baa'b'$  möglichst steif ist, also ein grosses Trägheitsmoment

hat, auf dass er nicht allzu hoch angestrengt wird.

Nimmt man z. B.  $k = 5$  kg pro qmm so muss sein:

$$W = \frac{110\,965\,000}{5} = 22\,200\,000.$$



Es genügt in diesem Falle schon der vorige Querschnitt mit 2 Deckplatten, wofür

$$W_0 = 12\,172\,736$$

$$W_1 = 18\,250\,400$$

$$W_2 = 29\,340\,300$$

Das Gewicht eines solchen Trägers beträgt complet **3340 kg**.

**Die Pfeiler-Stützen.** (Fig. 37.)

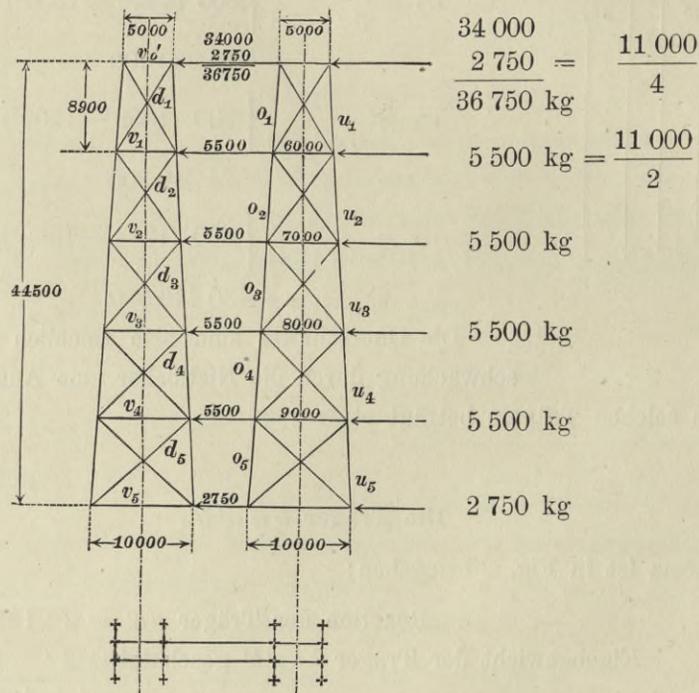
Wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich, kommen auf jede der Stützen *baa'* und *b'* von Seiten der Brücke und der oberen Trägerconstructions . . . . . 66 450 kg

durch das Eigengewicht der Pfeilerconstructions kommen hinzu . . . . . 27 550 »

auf jede Stütze in Sa. Verticallast: 94 000 kg.

Hierzu tritt nun noch die seitliche Wirkung des Windes.

Fig. 37.



Oben am Kopfe des Pfeilers greift der Winddruck auf die Brücke an. Derselbe beträgt, wie aus der statischen Berechnung der Brücke zu entnehmen ist:

von Seiten des oberen Windverbandes

$$\frac{12}{2} \cdot 4200 = 25\,200 \text{ kg}$$

von Seiten des unteren Windverbandes

$$\frac{13}{2} \cdot 6600 = 42\,900 \text{ »}$$

in Summa 68 100 kg

rund 68 000 kg.

Der Winddruck auf den Pfeiler selbst kann in den einzelnen Knotenpunkten desselben angreifend gedacht werden.

Der Pfeiler mit seinen zahlreichen Stützen und Verbänden kann als eine volle Wand von 8 m Breite angesehen werden; es beträgt also der Winddruck auf denselben

$$\left. \begin{array}{l} 8 \cdot 150 = 1200 \text{ kg pro steigenden Meter Höhe,} \\ \text{oder } 8,9 \cdot 1200 = 10\,680 \\ \text{rund } 11\,000 \end{array} \right\} \text{kg pro Pfeilerknotenpunkt.}$$

Es ist in der folgenden Rechnung angenommen, dass jede Hälfte des Pfeilers für sich wirkt.

Es ergeben sich nun folgende Spannungen:

Spannungen  $o$  für jede einzelne Stütze:

$$\begin{aligned} o_1 &= -\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{6000} \cdot 36\,750 \cdot 8900 \dots\dots\dots = -13\,628 \\ o_2 &= -\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{7000} \left\{ 36\,750 \cdot 2 \cdot 8900 + 5500 \cdot 1 \cdot 8900 \right\} \dots\dots\dots = -24\,800 \\ o_3 &= -\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{8000} \left\{ 36\,750 \cdot 3 \cdot 8900 + 5500 \cdot 8900 (1 + 2) \right\} \dots\dots\dots = -35\,252 \\ o_4 &= -\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{9000} \left\{ 36\,750 \cdot 4 \cdot 8900 + 5500 \cdot 8900 (1 + 2 + 3) \right\} \dots\dots\dots = -44\,500 \\ o_5 &= -\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{10\,000} \left\{ 36\,750 \cdot 5 \cdot 8900 + 5500 \cdot 8900 (1 + 2 + 3 + 4) \right\} \dots\dots\dots = -53\,122 \end{aligned}$$

Spannungen  $u$  für jede einzelne Stütze:

$$\begin{aligned} u_1 &= 0 \dots\dots\dots = 0 \\ u_2 &= +\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{6000} \cdot 36\,750 \cdot 8900 = -o_1 \dots\dots\dots = +13\,628 \\ u_3 &= -o_2 \dots\dots\dots = +24\,800 \\ u_4 &= -o_3 \dots\dots\dots = +35\,252 \\ u_5 &= -o_4 \dots\dots\dots = +44\,500 \end{aligned}$$

Spannungen  $d$  für jede einzelne Trägerwand (annähernd):

$$\begin{aligned} d_1 &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sin \alpha} \cdot 36\,750 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{0,7} \cdot 36\,750 \dots\dots\dots = +26\,250 \\ d_2 &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{0,7} \left\{ 36\,750 + 5500 \right\} \dots\dots\dots = +30\,000 \\ d_3 &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{0,7} \left\{ 36\,750 + 2 \cdot 5500 \right\} \dots\dots\dots = +34\,100 \\ d_4 &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{0,7} \left\{ 36\,750 + 3 \cdot 5500 \right\} \dots\dots\dots = +38\,000 \\ d_5 &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{0,7} \left\{ 36\,750 + 4 \cdot 5500 \right\} \dots\dots\dots = +42\,000 \end{aligned}$$

Spannungen  $v$  für jede einzelne Trägerwand (annähernd):

$$\begin{aligned} v_0 &= (-36\,750) \frac{1}{2} \dots\dots\dots = -18\,375 \\ v_1 &= (-36\,750 - 1 \cdot 5500) \cdot \frac{1}{2} \dots\dots\dots = -21\,125 \\ v_2 &= (-36\,750 - 2 \cdot 5500) \cdot \frac{1}{2} \dots\dots\dots = -23\,875 \end{aligned}$$

$$v_3 = (-36\,750 - 3 \cdot 5500) \cdot \frac{1}{2} \dots \dots \dots = -26\,625$$

$$v_4 = (-36\,750 - 4 \cdot 5500) \cdot \frac{1}{2} \dots \dots \dots = -29\,375$$

$$v_5 = (-36\,750 - 5 \cdot 5500) \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \dots \dots \dots = -16\,060$$

Da der Wind sowohl von der einen wie von der anderen Seite wirken kann, so können sich die Spannungen  $o$  und  $u$  mit einander vertauschen, und die Gegendiagonalen können dieselben Spannungen erhalten, wie für die eine Art soeben entwickelt wurde. Die Glieder  $v$  werden immer in gleicher Weise in Anspruch genommen, wie im Vorgehenden gefunden wurde.

Durch Combination der Wirkung der Verticallasten und des Windes ergeben sich nun folgende Endspannungen:

$$o_1 = u_1 = -13\,628 - 94\,000 \dots \dots \dots = -107\,628 \text{ kg}$$

$$o_2 = u_2 = -24\,800 - 94\,000 \dots \dots \dots = -118\,800 \text{ »}$$

$$o_3 = u_3 = -35\,252 - 94\,000 \dots \dots \dots = -129\,252 \text{ »}$$

$$o_4 = u_4 = -44\,500 - 94\,000 \dots \dots \dots = -138\,500 \text{ »}$$

$$o_5 = u_5 = -53\,122 - 94\,000 \dots \dots \dots = -147\,122 \text{ »}$$
  

$$d_1 \dots \dots \dots = +26\,250 \text{ kg} \qquad v_0 \dots \dots \dots = -18\,375 \text{ kg}$$

$$d_2 \dots \dots \dots = +30\,000 \text{ »} \qquad v_1 \dots \dots \dots = -21\,125 \text{ »}$$

$$d_3 \dots \dots \dots = +34\,100 \text{ »} \qquad v_2 \dots \dots \dots = -23\,875 \text{ »}$$

$$d_4 \dots \dots \dots = +38\,000 \text{ »} \qquad v_3 \dots \dots \dots = -29\,375 \text{ »}$$

$$d_5 \dots \dots \dots = +42\,000 \text{ »} \qquad v_4 \dots \dots \dots = -16\,000 \text{ »}$$

Die Werthe für  $v$  gelten auch für die beide Pfeilerobelisken verbindenden Quersteifen.

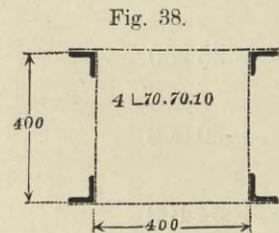
Um die auf die Pfeilerstützen  $b$  und  $b'$  wirkenden Windkräfte auf die beiden Trägerwände  $aaaa$  und  $a'a'a'a'$  zu übertragen, in welchen sich der Diagonalverband befindet, müssen die in Richtung  $baa'b'$  liegenden Querverbände entsprechend stark sein.

Dieselben wirken am ungünstigsten im ersten Knotenpunkt über dem Auflager. Das auftretende Moment ist daselbst:

$$M = \frac{5500}{4} \cdot 3700 = 5\,090\,000$$

Die Querverbindungen haben etwa den in Skizze 38 dargestellten Querschnitt mit  $W = 707\,454$

$$\text{folglich } k = \frac{5\,090\,000}{707\,454} = 7 \text{ kg pro qmm.}$$



In der Längsrichtung der Brücke kann der Wind ebenfalls wirken, aber entsprechend der kleineren Angriffsfläche bedeutend weniger. Namentlich die Brücke bietet in dieser Richtung nur etwa  $\frac{1}{7}$  der Fläche dar, wie von der Breitseite. Der Pfeiler hingegen ist nach der gewählten Anordnung in beiden Richtungen etwa gleich stark. Dieser Fall braucht also nicht untersucht zu werden.

Schliesslich käme noch der Schub in Frage, welchen die sich in Folge von Temperaturunterschieden ausdehnende oder zusammenziehende Brücke auf die Pfeiler ausübt. Es ist die Wirkung der rollenden Reibung für

$$Q = 1\,040\,000 \text{ kg}$$

$$R = 200$$

$$f = 0,9$$

$$P = \frac{0,9 + 0,9}{2 \cdot 200} \cdot 1\,040\,000 = 4680 \text{ kg.}$$

Diese Kraft ist weit geringer, als die des Windes, übt also auch keinen besonderen Einfluss auf den Pfeiler aus.

### Verankerung der Pfeiler.

Es ist schliesslich noch zu untersuchen, ob die Pfeiler verankert werden müssen oder nicht.

Der Wind sucht den Pfeiler umzustürzen und zwar ist das Umsturzmoment

$$M_w = 2 \cdot 5500 \cdot 8900 (1 + 2 + 3 + 4) + 2 \cdot 36,750 \cdot 5 \cdot 8900 = 4\,209\,750\,000.$$

Dem wirkt entgegen das Stabilitätsmoment des Pfeilers in einer Grösse von

$$M_{st} = 2 \cdot \frac{1\,500\,000}{2} \cdot 5000 = 7\,500\,000\,000.$$

Eine besondere Verankerung der eisernen Pfeiler ist also nicht nöthig, denn

$$M_{st} > M_w, \text{ und zwar bedeutend grösser.}$$

### Die Querschnitte der einzelnen Pfeilertheile.

#### Die Hauptpfeilersäulen (16 Stück).

Gesamtlänge 44 500 mm; durch die Querverbindungen eingetheilt in Felder von 8900 mm, welcher Länge der Untersuchung auf Knickung zu Grunde zu legen ist.

Unter Zugrundelegung einer Beanspruchung von 10 kg (3,6facher Sicherheit) pro qmm ist das erforderliche Trägheitsmoment zu ermitteln nach der Formel

$$T = \frac{Pl^2}{40\,000} \cdot \frac{3,6}{5} = \frac{Pl^2}{55\,555}$$

Der Säulenquerschnitt hat die in Figur 39 skizzirte Form.

$$O_1 = 107\,628$$

Erforderliches Trägheitsmoment

$$T = \frac{107\,628 \cdot 8900^2}{55\,555} = 150\,000\,000$$

4 L 120 · 120 · 12 (Fig. 40).

$$T = \frac{1}{12} \left\{ 240 (400^3 - 376^3) + 24 (376^3 - 160^3) \right\} = 314\,975\,232$$

$$F = 4 (2 \cdot 120 - 12) 12 = 10\,944 \text{ qmm}$$

$$k = 107\,628 : 10\,944 = 10 \text{ kg pro qmm.}$$

Dieses Beispiel zeigt, dass eine Zerknickungsgefahr in Bezug auf den ganzen Querschnitt nicht vorhanden ist. Sind die Gittermaschen 800 mm weit, so muss jeder Winkel des Querschnitts ein Trägheitsmoment haben von

$$T = \frac{107\,628 \cdot 800^2}{4 \cdot 55\,555} = 313\,100.$$

Das Trägheitsmoment eines Winkels 120 · 120 · 12 ist aber

$$T = 4\,050\,000.$$

Es ist also in keiner Beziehung eine Knickungsgefahr vorhanden, und es können die übrigen Glieder auf direkten Druck berechnet werden.

$o_2 =$	118 800	$k = 10$	$F = 11\,880$ qmm	4 L 120 · 120 · 13 mit $F = 11\,800$ qmm
$o_3 =$	129 252	$k = 10$	$F = 12\,925$ qmm	4 L 120 · 120 · 14 mit $F = 12\,656$ qmm
$o_4 =$	138 500	$k = 10$	$F = 13\,850$ qmm	4 L 130 · 130 · 15 mit $F = 14\,700$ qmm
$o_5 =$	147 120	$k = 10$	$F = 14\,712$ qmm	4 L 130 · 130 · 16 mit $F = 15\,616$ qmm

Fig. 39.

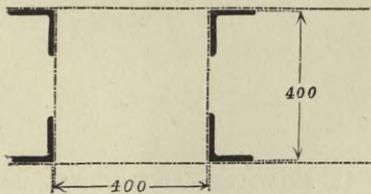
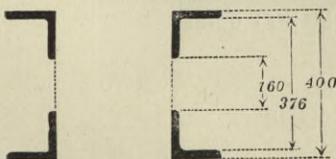


Fig. 40.



**Die Diagonalen.**

- $d_1 = 26\ 250$ , nöthig  $F = 2625$  oder  $2 \text{ L } 80 \cdot 80 \cdot 10$  mit  $F = 2(160 - 10 - 20) 10 = 2600$  qmm
- $d_2 = 30\ 000$ , nöthig  $F = 3000$  oder  $2 \text{ L } 90 \cdot 90 \cdot 10$  mit  $F = 2(180 - 10 - 20) 10 = 3000$  qmm
- $d_3 = 34\ 100$ , nöthig  $F = 3410$  oder  $2 \text{ L } 90 \cdot 90 \cdot 12$  mit  $F = 2(180 - 12 - 23) 12 = 3480$  qmm
- $d_4 = 38\ 000$ , nöthig  $F = 3800$  oder  $2 \text{ L } 100 \cdot 100 \cdot 12$  mit  $F = 2(200 - 12 - 25) 12 = 3912$  qmm
- $d_5 = 42\ 000$ , nöthig  $F = 4200$  oder  $2 \text{ L } 100 \cdot 100 \cdot 13$  mit  $F = 2(200 - 13 - 25) 13 = 4232$  qmm.

**Die Querverbindungen v.**

$$v_{max} = v_3 = - 29\ 375.$$

Die Glieder  $v$  werden alle als Kastengitter construiert; es braucht also auf Knickgefahr nicht gerechnet zu werden.

Nöthig  $F = 2938$  qmm, d. h.  $4 \text{ L } 60 \cdot 60 \cdot 8$  mit  $F = 4(120 - 8) 8 = 3584$  qmm.

**Das Gewicht eines complete Pfeilers kann zu 331 000 kg veranschlagt werden.**

**Vorrichtungen zum Heben der Brücke.**

Die Brücke wird unten auf einem Gerüst montirt und dann mittelst hydraulischer Pressen allmähig, entsprechend dem Fortschritt der Pfeilermontage, hoch gehoben.

Hierfür sind 4 Führungen nöthig, welche gleichzeitig als Stützen der hydraulischen Pressen Verwendung finden.

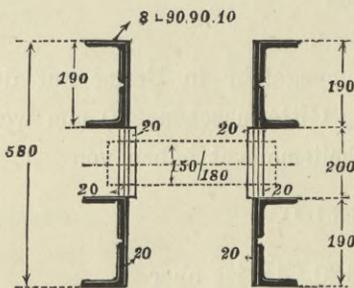
Nach Früherem betrug das Gewicht der Brücke 1 190 000 kg. Da die Auflager und Schnäbel nicht mit gehoben werden, so beträgt das zu hebende Gewicht nur circa 1 100 000 kg.

Auf jede Presse kommt sonach ein Druck von

$$\frac{1\ 100\ 000}{4} = 275\ 000 \text{ kg.}$$

Diesen Druck müssen auch die Führungen aushalten.

Fig. 41.



Die Führungssäulen haben den in Fig. 41 skizzirten Querschnitt und bestehen aus

$$\begin{aligned} 8 \text{ L } 90 \cdot 90 \cdot 10 &= 8(180 - 10) \cdot 10 = 13\ 600 \text{ qmm} \\ 4 \text{ Fl. } 190 \cdot 20 &= 4(190 \cdot 20) = 15\ 200 \text{ qmm} \\ \hline &28\ 800 \text{ qmm} \end{aligned}$$

Anstrengung auf Druck sonach

$$\frac{275\ 000}{28\ 800} = \text{rund } 10 \text{ kg pro qmm.}$$

Zum provisorischen Absetzen der Brücke werden Bolzen verwendet von 150/180 mm.

Soll der Leibungsdruck des Bolzens 15 kg nicht übersteigen, so ist eine Anlagefläche nöthig von

$$\begin{aligned} \delta \cdot 150 \cdot 15 &= 275\ 000 \\ \delta &= 120 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Davon liegen direkt an . . . . .  $2 \cdot 20 = 40$  (die Stegbleche der Führung)

bleiben aufzulegen . . . . .  $80 \text{ mm} = 4 \text{ Lagen } \grave{a} 20 \text{ mm}$ , welche auf die Stegbleche aufzunieten sind.

Die vierkantigen Bolzen 150/180 werden auch auf Biegen in Anspruch genommen und zwar ist bei einem Hebelarm von 60 mm

$$M = \frac{275\,000}{2} \cdot 60 = 8\,250\,000$$

$$W = \frac{150 \cdot 180^2}{6} = 810\,000$$

$$K = 10 \text{ kg pro qmm.}$$

**Zusammenstellung der Pfeilergewichte.**

2 Pfeiler à 331 000 . . . . .	= 662 000
Führungs- und Hebeegerüst . . . . .	= 100 000
	Pfeiler Summa = 762 000 kg.

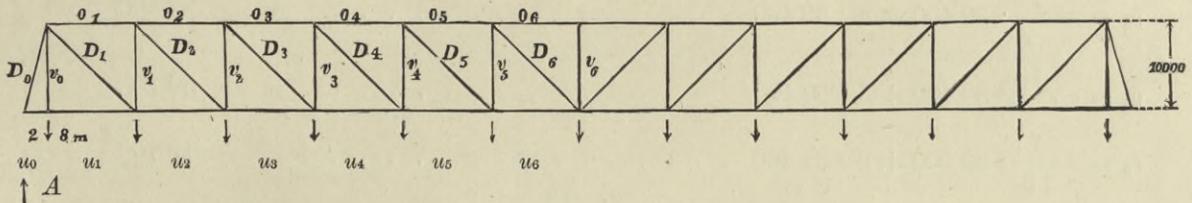
**Entwicklung der Spannungszahlen der 100 m Brücke.**

Last pro laufenden Meter Hauptträger (Seite 69) 9850 kg oder

$$8 \cdot 9850 = 78\,800 \text{ kg pro Knotenpunkt im Ganzen.}$$

$$39\,400 \text{ » » » auf jedes System.}$$

Fig. 42.



$$A = \frac{13}{2} \cdot 78\,800 \cdot \frac{1}{2} = \frac{13}{2} \cdot 39\,400$$

$$o_1 = - \frac{1}{10\,000} \left\{ \frac{13}{2} \cdot 39\,400 \cdot 10\,000 - 39\,400 \cdot 8000 \dots \dots \dots \right\} = - 224\,580 \text{ kg} = u_2$$

$$o_2 = - \frac{1}{10\,000} \left\{ \frac{13}{2} \cdot 39\,400 \cdot 18\,000 - 39\,400 \cdot 8000 (1 + 2) \right\} \dots \dots = - 336\,420 \text{ »} = u_3$$

$$o_3 = - \frac{1}{10\,000} \left\{ \frac{13}{2} \cdot 39\,400 \cdot 26\,000 - 39\,400 \cdot 8000 (1 + 2 + 3) \right\} \dots = - 476\,740 \text{ »} = u_4$$

$$o_4 = - \frac{1}{10\,000} \left\{ \frac{13}{2} \cdot 39\,400 \cdot 34\,000 - 39\,400 \cdot 8000 (1 + 2 + \dots + 4) \right\} = - 555\,540 \text{ »} = u_5$$

$$o_5 = - \frac{1}{10\,000} \left\{ \frac{13}{2} \cdot 39\,400 \cdot 42\,000 - 39\,400 \cdot 8000 (1 + 2 + \dots + 5) \right\} = - 602\,820 \text{ »} = u_6$$

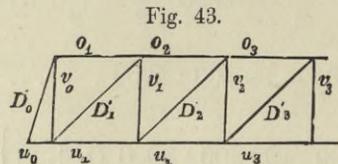
$$o_6 = - \frac{1}{10\,000} \left\{ \frac{13}{2} \cdot 39\,400 \cdot 50\,000 - 39\,400 \cdot 8000 (1 + 2 + \dots + 6) \right\} = - 618\,580 \text{ »}$$

$$u_0 = u_1 = - \frac{1}{10\,000} \cdot \frac{13}{2} \cdot 39\,400 \cdot 2000 \dots \dots \dots = + 51\,220 \text{ »}$$

$$u_2 = \frac{1}{10\,000} \left\{ \frac{13}{2} \cdot 39\,400 \cdot 10\,000 - 39\,400 \cdot 8000 \right\} = - o_1 \dots \dots = + 224\,580 \text{ »}$$

$$u_3 = - o_2 ; u_4 = - o_3 ; u_5 = - o_4 ; u_6 = - o_5$$

$$\begin{aligned}
 D_0 &= -\frac{1}{\sin. \alpha} \frac{13}{2} \cdot 39\,400 = \frac{1}{0,99} \cdot \frac{13}{2} \cdot 39\,400 \dots\dots\dots = -258\,686 \\
 D_1 &= +\frac{1}{\sin. \beta} \left\{ \frac{13}{2} \cdot 39\,400 - 1 \cdot 39\,400 \right\} = \frac{1}{0,78} \left\{ \frac{13}{2} \cdot 39\,400 - 1 \cdot 39\,400 \right\} = +277\,821 \\
 D_2 &= \frac{1}{0,78} \left\{ \frac{13}{2} \cdot 39\,400 - 2 \cdot 39\,400 \right\} \dots\dots\dots = +227\,310 \\
 D_3 &= \frac{1}{0,78} \left\{ \frac{13}{2} \cdot 39\,400 - 3 \cdot 39\,400 \right\} \dots\dots\dots = +176\,795 \\
 D_4 &= \frac{1}{0,78} \left\{ \frac{13}{2} \cdot 39\,400 - 4 \cdot 39\,400 \right\} \dots\dots\dots = +126\,282 \\
 D_5 &= \frac{1}{0,78} \left\{ \frac{13}{2} \cdot 39\,400 - 5 \cdot 39\,400 \right\} \dots\dots\dots = +75\,769 \\
 D_6 &= \frac{1}{0,78} \left\{ \frac{13}{2} \cdot 39\,400 - 6 \cdot 39\,400 \right\} \dots\dots\dots = +25\,257 \\
 \\
 v_0 &= +39\,400 \dots\dots\dots = +39\,400 \\
 v_1 &= -\frac{13}{2} \cdot 39\,400 + 2 \cdot 39\,400 \dots\dots\dots = -177\,300 \\
 v_2 &= -\frac{13}{2} \cdot 39\,400 + 3 \cdot 39\,400 \dots\dots\dots = -137\,900 \\
 v_3 &= -\frac{13}{2} \cdot 39\,400 + 4 \cdot 39\,400 \dots\dots\dots = -98\,500 \\
 v_4 &= -\frac{13}{2} \cdot 39\,400 + 5 \cdot 39\,400 \dots\dots\dots = -59\,100 \\
 v_5 &= -\frac{13}{2} \cdot 39\,400 + 6 \cdot 39\,400 \dots\dots\dots = -19\,700 \\
 v_6 &= 0 \dots\dots\dots = 0
 \end{aligned}$$



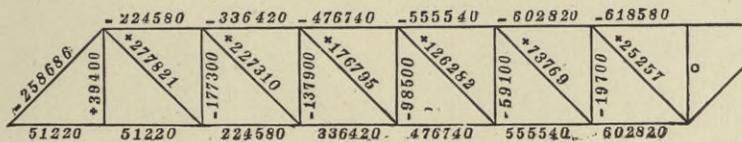
Für das andere System ist:

$$\begin{aligned}
 o_1 &= -\frac{1}{10\,000} \cdot \frac{13}{2} \cdot 39\,400 \cdot 2000 \dots\dots\dots = -51\,220 \text{ kg} \\
 o_2 &= -\frac{1}{10\,000} \left\{ \frac{13}{2} \cdot 39\,400 \cdot 10\,000 - 39\,400 \cdot 1 \cdot 8000 \right\} \dots\dots\dots = -224\,580 \text{ »} \\
 o_3 &\dots\dots\dots = -336\,420 \text{ »} \\
 o_4 &\dots\dots\dots = -476\,740 \text{ »} \\
 o_5 &\dots\dots\dots = -555\,540 \text{ »} \\
 o_6 &\dots\dots\dots = -602\,820 \text{ »} \\
 u_0 &= \frac{1}{10\,000} \cdot \frac{13}{2} \cdot 39\,400 \cdot 2000 \dots\dots\dots = +51\,220 \text{ »} \\
 u_1 &= \frac{1}{10\,000} \left\{ \frac{13}{2} \cdot 39\,400 \cdot 10\,000 - 39\,400 \cdot 8000 \right\} \dots\dots\dots = +224\,580 \text{ »} \\
 u_2 &\dots\dots\dots = +336\,420 \text{ »}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 u_3 & \dots \dots \dots = + 476\,740 \text{ kg} \\
 u_4 & \dots \dots \dots = + 555\,540 \text{ »} \\
 u_5 & \dots \dots \dots = + 602\,820 \text{ »} \\
 u_6 & \dots \dots \dots = + 618\,580 \text{ »} \\
 D_0 & = - 258\,686 \dots \dots \dots = - 258\,686 \text{ »} \\
 D'_1 & = - \frac{1}{0,78} \left\{ \frac{13}{2} \cdot 39\,400 - 1 \cdot 39\,400 \right\} \dots \dots \dots = - 277\,821 \text{ »} \\
 D'_2 & \dots \dots \dots = - 227\,310 \text{ »} \\
 D'_3 & \dots \dots \dots = - 176\,795 \text{ »} \\
 D'_4 & \dots \dots \dots = - 126\,282 \text{ »} \\
 D'_5 & \dots \dots \dots = - 75\,769 \text{ »} \\
 D'_6 & \dots \dots \dots = - 25\,257 \text{ »} \\
 v_0 & = + \frac{13}{2} \cdot 39\,400 \dots \dots \dots = + 256\,100 \text{ »} \\
 v_1 & = + \frac{13}{2} \cdot 39\,400 - 1 \cdot 39\,400 \dots \dots \dots = + 216\,700 \text{ »} \\
 v_2 & = + \frac{13}{2} \cdot 39\,400 - 2 \cdot 39\,400 \dots \dots \dots = + 177\,300 \text{ »} \\
 v_3 & \dots \dots \dots = + 137\,900 \text{ »} \\
 v_4 & \dots \dots \dots = + 98\,500 \text{ »} \\
 v_5 & \dots \dots \dots = + 59\,100 \text{ »} \\
 v_6 & \dots \dots \dots = + 39\,400 \text{ »}
 \end{aligned}$$

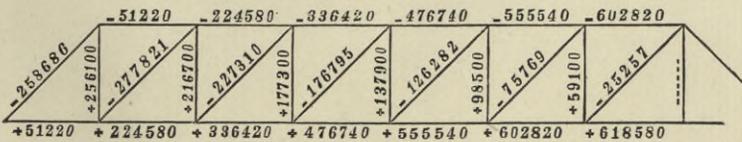
1. System.

Fig. 44.



2. System.

Fig. 45.



Combination.

$$\begin{aligned}
 o_1 & = - 224\,580 - 51\,220 = - 275\,800 \text{ kg} & u_0 & = 51\,220 + 51\,220 \dots = 102\,440 \text{ kg} \\
 o_2 & = - 336\,420 - 224\,580 = - 561\,000 \text{ »} & u_1 & = 51\,220 + 224\,580 \dots = 275\,800 \text{ »} \\
 o_3 & = - 476\,740 - 336\,420 = - 813\,160 \text{ »} & u_2 & = 224\,580 + 336\,420 \dots = 561\,000 \text{ »} \\
 o_4 & = - 555\,540 - 476\,740 = - 1\,032\,280 \text{ »} & u_3 & = 336\,420 + 476\,740 \dots = 813\,160 \text{ »} \\
 o_5 & = - 602\,820 - 555\,540 = - 1\,158\,360 \text{ »} & u_4 & = 476\,740 + 555\,540 \dots = 1\,032\,280 \text{ »} \\
 o_6 & = - 618\,580 - 602\,820 = - 1\,221\,400 \text{ »} & u_5 & = 555\,540 + 602\,820 \dots = 1\,158\,360 \text{ »} \\
 & & u_6 & = 602\,820 + 618\,580 \dots = 1\,221\,400 \text{ »}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D'_0 &= - 517\,372 \text{ kg} \\
 D_1 &= \pm 277\,821 \text{ »} \\
 D_2 &= \pm 227\,310 \text{ »} \\
 D_3 &= \pm 176\,795 \text{ »} \\
 D_4 &= \pm 126\,282 \text{ »} \\
 D_5 &= \pm 75\,769 \text{ »} \\
 D_6 &= \pm 25\,257 \text{ »}
 \end{aligned}$$

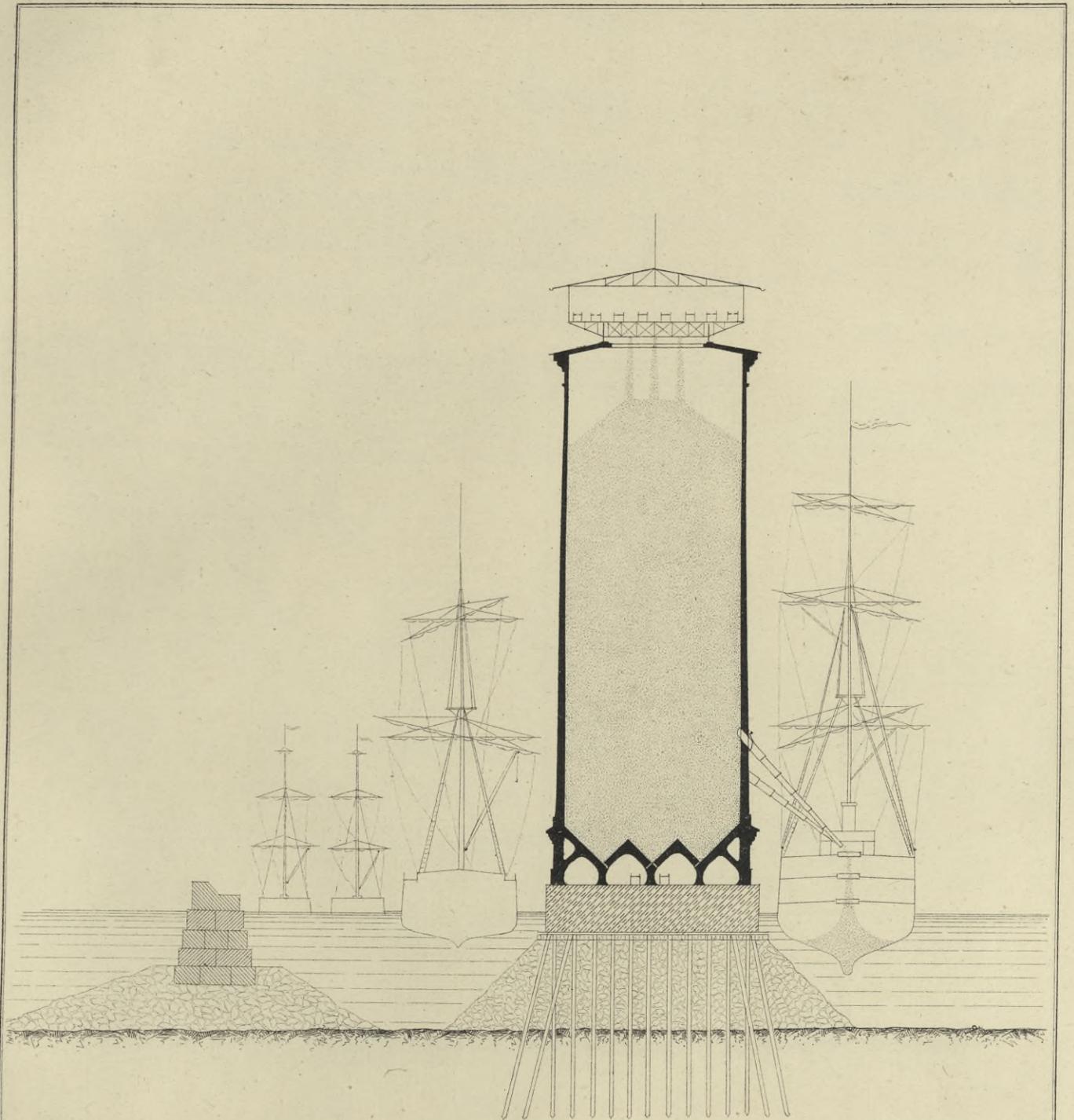
$$\begin{aligned}
 v_0 &= + 256\,100 + 39\,400 = + 295\,500 \text{ kg} \\
 v_1 &= + 216\,700 - 177\,300 = + 39\,400 \text{ »} \\
 v_2 &= + 177\,300 - 137\,900 = + 39\,400 \text{ »} \\
 v_3 &= + 137\,900 - 98\,500 = + 39\,400 \text{ »} \\
 v_4 &= + 98\,500 - 59\,100 = + 39\,400 \text{ »} \\
 v_5 &= + 59\,100 - 19\,700 = + 39\,400 \text{ »} \\
 v_6 &= 0 + 39\,400 \dots = + 39\,400 \text{ »}
 \end{aligned}$$



## IV. Die Transitbehälter.

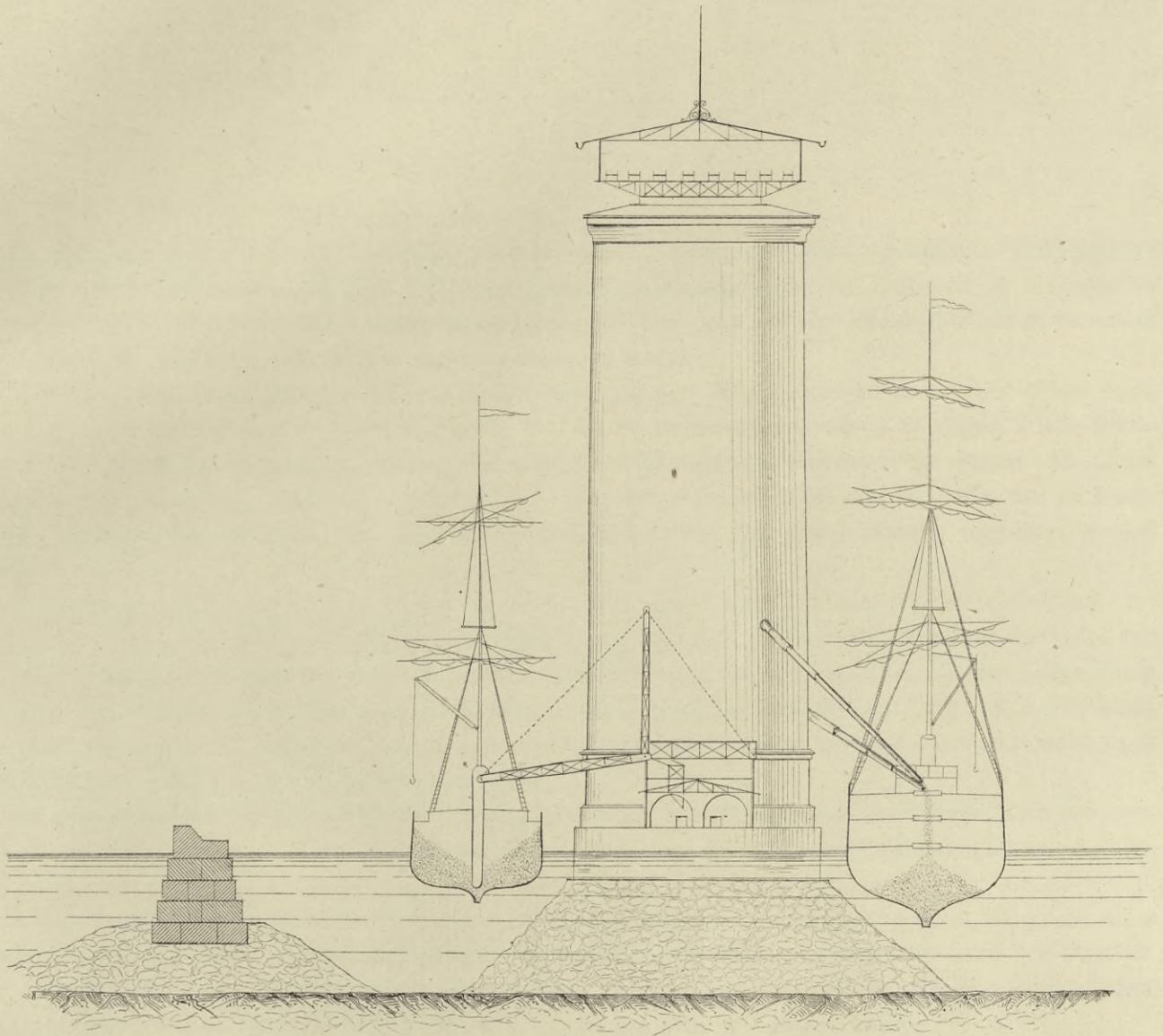
(Elevatoren, Silos.)





BELADUNG DER SEESCHIFFE.





SCHIFFS - ELEVATOR.



In dem Abschnitt I war der Vorschlag gemacht worden, neben den jetzt vorhandenen Wellenbrecher noch einen zweiten zu setzen und diese beiden als gemeinsame Unterlage für die Reihe der zu errichtenden Getreidebehälter zu benutzen. Der Vollständigkeit halber soll hier noch auf eine zweite Möglichkeit verwiesen werden, die sogar unstreitig Vorzüge vor der erstgenannten besitzt.

Will man einen neuen Damm schaffen, so gehört kein grosser Mehraufwand an Kosten und Arbeit dazu, ihn so breit herzustellen, dass er allein im Stande ist, die zu errichtenden Gebäude zu tragen. Man würde dadurch die Nothwendigkeit umgehen, an dem Wellenbrecher Veränderungen vornehmen zu müssen. Da ferner der Hafen breit genug ist, würde es sich empfehlen, den neuen Damm hinter den Wellenbrecher zu legen, wodurch die Herstellungsarbeiten, die dann im ruhigen Wasser vor sich gehen können, erleichtert werden würden.

Noch ein grosser Vorzug liegt in dieser Anordnung. Der neue Damm mit seinen Getreidebehältern wäre um so viel von dem Wellenbrecher entfernt zu errichten, dass zwischen diesen beiden Dämmen ein Kanal frei bleibt, der ebenfalls von Schiffen, wenn auch meist kleineren, befahren werden kann. Dieser Kanal würde namentlich von solchen Fahrzeugen benutzt werden, welche Getreide heranschaffen und durch besondere Schiffs-Elevatoren, die sich zwischen den einzelnen Getreidebehältern befinden und auf die weiter unten noch zurückgekommen werden wird, entladen werden sollen.

Die oben geschilderte Disposition ist auf Tafel XXI und XXII zu ersehen, wo auf der Hafenseite ein grösseres Seeschiff, in dem Kanal zwischen dem neuen Damm und dem Wellenbrecher kleinere Fahrzeuge angedeutet sind.

Die Getreidebehälter selbst bestehen aus cylindrischen Schächten von ungefähr 50 m Höhe und 15 m innerem Durchmesser. Ihre Zahl beträgt 36 und sie stehen in Abständen von ungefähr 14 m von einander. Diese Zwischenräume sind dazu bestimmt, eine spätere Vergrösserung der ganzen Anlage zu ermöglichen, indem man zwischen je 2 grosse Behälter später einen etwas kleineren einfügen kann.

Ueber diesen 36 Cylindern zieht sich ein ungefähr 5 m hoher brückenartiger Aufsatz entlang, welcher 8 Transportbänder in sich aufnehmen soll, die das Getreide von der grossen Brücke her empfangen und in die Behälter entleeren.

Es würde sich vielleicht empfehlen, um die ganzen Getreide-Verkehrsverhältnisse von Odessa sich allmählig den neu zu schaffenden Einrichtungen anpassen zu lassen, zunächst auch von den grossen, 15 m im inneren Durchmesser haltenden Behältern nicht gleich alle 36, sondern vorerst nur etwa die Hälfte, 18 Stück zu errichten. Die Erledigung dieser Frage bleibt naturgemäss einzig und allein der Entscheidung der maassgebenden Kreise überlassen.

Es soll nun zunächst auf die Art der Herstellung der grossen cylindrischen Behälter, die in Zukunft mit dem Namen Transit-Silos bezeichnet werden mögen, näher eingegangen werden.

Das billigste Material, das gleichzeitig auch in der Herstellung selbst die geringsten Kosten verursachen würde, ist das Holz. Dennoch wird Niemand, der eine solide Anlage zu schaffen wünscht, zu seiner Verwendung rathen können, schon allein der Feuergefährlichkeit wegen. Man kann dieselbe freilich durch geeignete Imprägnirung herabmindern, dadurch verliert aber das Holz den ebengenannten Vorzug der Billigkeit, denn die Imprägnirung so grosser Massen verursacht ziemlich erhebliche Kosten. Nothwendig wäre dieselbe allerdings schon allein des Schutzes gegen Fäulniss wegen, denn in der Seeluft würde das Holz nicht besonders lange Widerstand leisten, und die geringste Fäulniss würde nicht nur eine Zerstörung der Behälter, sondern ein unfehlbares Verderben des Inhalts herbeiführen. Ausserdem aber würde die Eigenschaft des Zusammen-trocknens zu sehr nachtheiligen Erscheinungen führen. Geschieht dasselbe ungleichmässig und einseitig, so würden die oberen Auflager für die Brücke ungleiche Höhenlage erhalten und sich schief stellen, wodurch natürlich Störungen in dem Betriebe der oberen Transportbänder eintreten müssten. Ueberhaupt würde die Schaffung einer soliden, für die Dauer zuverlässigen Unterstützung der oberen Brücke sehr schwierig werden.

Zieht man Mauerwerk für den vorliegenden Zweck in Betracht und berechnet die hier nöthigen Stärken, so kommt man vermöge des beträchtlichen Getreidedruckes zu ganz immensen Dimensionen. Am Boden eines Behälters beträgt nämlich der Tangentialzug auf 1 m Höhe ungefähr 40 tons, und dieser Beanspruchung würde eine untere Mauerstärke von mindestens 2 m entsprechen. Selbst am oberen Rande würde die Dicke der Mauer noch 0,5 m betragen müssen. Dass bei solchen Maassen die Herstellung der Schächte in Mauerwerk ausserordentlich kostspielig werden würde, leuchtet ein. Ausserdem würde die Herstellungsarbeit selbst sehr theuer werden, da die Hebung solcher Massen auf immerhin beträchtliche Höhen sich nicht billig stellt. Die Qualität der zu verwendenden Ziegelsteine müsste ferner eine ausserordentlich wetterbeständige sein. Bedenkt man nun das Gewicht solcher Mauermassen, so ergibt sich die Nothwendigkeit einer ganz enorm schweren Fundirung. Ferner spricht gegen die Verwendung von Mauerwerk der erhebliche Raumbedarf, durch den für die Lagerung von Getreide viel Platz verloren geht. Auch würde es schwer halten, ein gutes Austrocknen solcher Wände zu bewirken, um so mehr als sich die Anwendung von Luftschächten wegen der damit verbundenen Verminderung der Zugfestigkeit verbietet. Trockenheit der Wandungen ist ja aber für Räume, in denen Getreide aufbewahrt werden soll, von allerhöchster Wichtigkeit. Schliesslich muss noch angeführt werden, dass die Herstellung der Siloreihe in Mauerwerk eine äusserst langwierige und zeitraubende Arbeit sein würde.

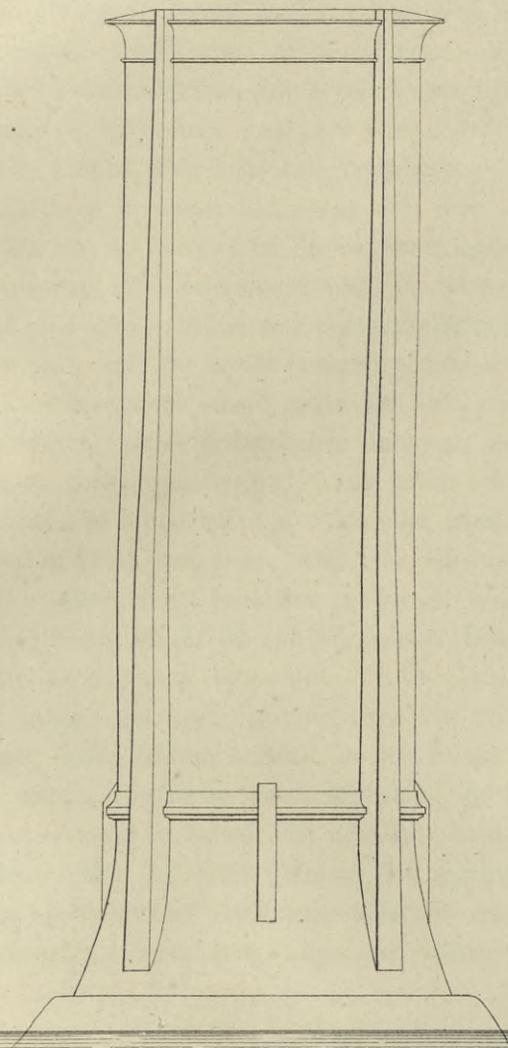
Auch Stampfbeton, der etwa für den in Frage stehenden Zweck vorgeschlagen werden könnte, wird ein zu theures Material, da die Wandstärke an der Basis immer noch 1,5 m und oben 0,5 m betragen müsste. Auch hier ist in Folge dessen mit den Uebelständen einer theuren Fundirung, eines grossen Raumverlustes und einer langsamen Ausführung zu rechnen.

Es sind ähnliche Ausführungen schon in der Art hergestellt worden, dass man ein vollständiges, in sich fest vernietetes Eisengerüst aufrichtet und dessen Räume mit Stampfbeton ausfüllt. Diese Art wird sowohl durch die Kosten des schweren Gerüstes und seiner Vernietung als auch durch die Güte der Mischung, welche der Stampfbeton erfordert, sehr kostspielig. Würde man eine geringwerthige Mischung wählen, (schlechter als 1:3), so würde sich der Beton mit dem Eisengerippe nicht dauerhaft genug verbinden. Würde man andrerseits, um die Kosten des Eisengerippes und seiner Nietung herabzudrücken, das Gerüst in seiner Theilung recht weitmaschig halten, so würde hierdurch wieder eine grössere Stärke der Stampfbetonschicht nöthig werden. Ferner ist zu bedenken, dass die Nietlöcher das Eisen ausserordentlich schwächen und dass der hierdurch verloren gehende Theil des Materiales bei der Wahl der Dimensionen wieder zugelegt werden muss. Naturgemäss ist auch hier die Ausführung eine sehr langsame und schwierige.

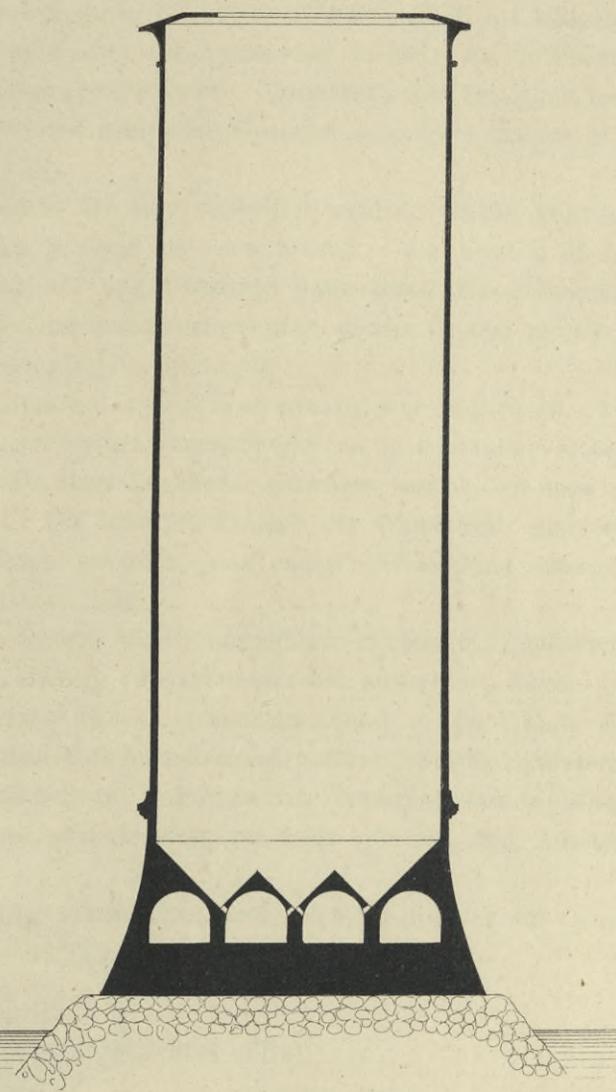
Weit günstiger als die bisher erwähnten Methoden würde sich das sogenannte System Monier gestalten. Dasselbe besteht ebenfalls aus einem Eisengerippe, das aber nur aus 10 bis 20 mm starken Rundstäben gebildet wird, nicht vernietet zu werden braucht und enge Maschen bildet, die eine verhältnissmässig nur

TRANSIT - SILOS.

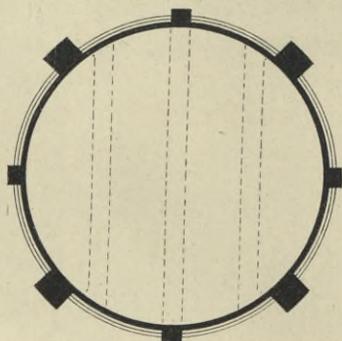
ANSICHT.



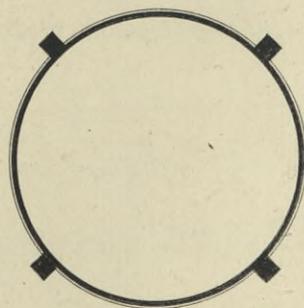
QUERSCHNITT.



UNTERE GRUNDRISS.



OBERE GRUNDRISS.





schwache Umhüllung mit Betonmasse in Mischung 1 : 3 erheischen. Ueberflüssiges Eisen wird hier gar nicht verwendet, da eine Nietung, wie gesagt, nicht stattfindet. Um die Steifigkeit und Biegefestigkeit zu erhöhen, kann man, und das würde im vorliegenden Falle wohl rathsam sein, zwei solche Eisengewebe hintereinander legen. Die Wandstärken, und daher die Raumverluste, werden hierbei geringe. Das Eigengewicht der ganzen Construction ist gering, daher die Fundirung einfach. Für gewöhnlich wird die Verwendung eines grossen Monier-Caisson's, aussen mit grobem Beton umkleidet, innen mit Steinschüttung gefüllt, am billigsten. Der Behälter selbst wird auf alle Fälle in Monier-Manier nächst der Ausführung in Holz am wohlfeilsten werden. Feuersicherheit und Wetterbeständigkeit sind dabei gewährleistet. Hinsichtlich der Festigkeit geht man auch völlig sicher, denn auf Grund der durch grosse und zahlreiche Versuche gefundenen Zahlen lässt sich jede Stärke aufs Genaueste berechnen.

Es mag in dieser Beziehung auf eine hochinteressante Brochüre verwiesen werden, welche von dem Ingenieur G. A. Wayss in Berlin herausgegeben worden ist und die sich betitelt: »Das System Monier (Eisengerippe mit Cementumhüllung) in seiner Anwendung auf das gesammte Bauwesen.« Diese Brochüre enthält eine grosse Reihe von Versuchsergebnissen, die mit Tragconstructionen nach diesem System gewonnen worden sind, und beschreibt ausserdem eine Anzahl interessanter Ausführungen.

Es leuchtet ein, dass grade für den vorliegenden Zweck das System so günstig wie möglich ist. Die Umschliessung eines cylindrischen Raumes, dessen hauptsächliche Inanspruchnahme gleichmässig vertheilt von innen nach aussen erfolgt, kann durch Nichts besser als durch Zugbänder gesichert werden, wie man sie bei Fässern und Behältern ja stets oder häufig anwendet. Die Inanspruchnahme der Wandungen geschieht auf Zugfestigkeit, und dieser setzt eine schwache Eisenstange natürlich ganz anderen Widerstand entgegen, als ein im Querschnitt erheblich grösserer Cement- oder Mauer-Ring.

Auf Tafel XXIII ist nun ein solcher Behälter, nach System Monier ausgeführt, in Ansicht, Querschnitt und zwei Grundrissen dargestellt. In der Ansicht sind 4 kräftige Verstärkungspfeiler angegeben, welche den Zweck haben, die Last der oben über den Silos fortlaufenden Brücke aufzunehmen und so die Wände des Behälters davon frei zu halten. In dem Fusse sind 4 tunnelartige Aussparungen gemacht, welche an Material sparen sollen, von denen aber gleichzeitig die beiden mittelsten zur Aufnahme von Transportbändern dienen. Dementsprechend sind auch von den Schächten her, die mit pyramidenförmiger Sohle versehen sind, Ausläufe nach den beiden mittelsten Tunneln hin angegeben.

In nachstehender Rechnung sollen die hauptsächlichen Dimensionen eines solchen Schachtes auf Grund einer statischen Berechnung hergeleitet werden.

### Statische Berechnung eines Getreideschachtes (Silo).

#### a. Die Wandung.

Die Höhe des Siloschachtes, bezw. der Getreideschüttung, über Sohlenoberkante soll rund zu 42 m angenommen werden, der lichte Durchmesser  $d$  zu 15 m. Der spezifische Seitendruck des Getreides in der Tiefe  $h$  wird dann

$$= \gamma h \operatorname{tg}^2 \left( 45 - \frac{\rho}{2} \right)$$

Für

$$\rho = 45^\circ \text{ und } \gamma = 750 \frac{\text{kg}}{\text{cbm}}$$

wird derselbe

$$\begin{aligned} &= 750 \cdot h \cdot 0,17 \\ &= 127,5 h, \end{aligned}$$

wobei  $h$  in Metern verstanden ist. Die Zugringspannung im Mantel für 1 m Höhe in der Tiefe  $h$  wird

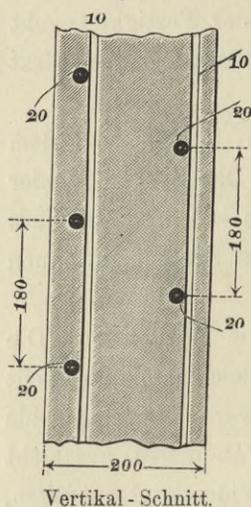
$$T = 127,5 \cdot h \cdot \frac{15}{2} = 956,2 h$$

oder rund  $960 h$ .

An der Sohle, wo  $h = 42$  m wird, ist diese Spannung demnach

$$T = 960 \cdot 42 = 40\,320 \text{ kg.}$$

Fig. 46.



Wendet man unten 2 gegen einander versetzte Eisengerippe aus 20 mm starken

Rundeisenstäben mit 18 cm Maschenweite an (Fig. 46), die mit  $1000 \frac{\text{kg}}{\text{qcm}}$  angespannt werden dürfen, so nehmen dieselben einen Kraftantheil von

$$2 \cdot \frac{2,0^2 \cdot \pi \cdot 100}{4 \cdot 18} \cdot 1000 = \text{rund } 35\,000 \text{ kg}$$

auf.

Der Rest von rund 5000 kg muss somit vom Cementbeton aufgenommen werden.

Lässt man für diesen eine Zugspannung von  $2,5 \frac{\text{kg}}{\text{qcm}}$  zu, wobei noch eine circa zehnfache Sicherheit vorhanden ist, so ergibt sich die Wandstärke  $d$  aus

$$100 \cdot d \cdot 2,5 = 5000 \text{ oder}$$

$$d = \frac{5000}{250} = 20 \text{ cm.}$$

Nach oben hin nehmen sowohl Eisenquerschnitt als Wandstärke entsprechend dem geringeren Druck ab bis zu einer Minimalstärke von 15 cm am oberen Rande, welche aus anderen Gründen nicht unterschritten werden kann.

Diese Gründe, worunter namentlich die Möglichkeit einer sicheren Verbindung mit den hohen Stützen der Brückenlast, sowie auch der Winddruck, bedingen am oberen Rande die geringste Stärke von 15 cm und ein doppeltes Eisengerippe von 13 mm starken Stäben mit 12 cm Maschenweite, also einen Eisenquerschnitt von

$$\frac{2 \cdot 0,13^2 \cdot \pi \cdot 100}{4 \cdot 12} = 22 \text{ qcm,}$$

während derselbe am Fusse 35 qcm beträgt.

Für die Kostenberechnung kommt also als mittlere Wandstärke

$$\frac{20 + 15}{2} = 17,5 \text{ cm}$$

und als Eisenquerschnitt

$$\frac{35 + 22}{2} = \text{rund } 28,5 \text{ cm}$$

in Betracht.

#### b. Die Standfestigkeit des leeren Silos gegen Winddruck.

In offener See kann der stärkste Winddruck, senkrecht zu einer Ebene gerichtet, zu rund  $200 \frac{\text{kg}}{\text{qm}}$  angenommen werden. Wenn auch noch grössere Winddrucke vorkommen sollten, so genügt doch diese schon sehr beträchtliche Annahme mit Rücksicht darauf, dass der ganze Cylinder als in ganzer Höhe gleichmässig diesem hohen Druck ausgesetzt angenommen werden soll.

Bei rund 50 m Gesamthöhe ist daher der ganze Winddruck auf einen Silo

$$0,20 \cdot 50 \cdot 15,30 = \text{rund } 150 \text{ t.}$$

Derselbe wirkt gegen die Sohle des mit dem Siloschacht fest verbundenen Betonkörpers am Hebelsarme 25 m, daher sein Angriffsmoment

$$= 150 \cdot 25 = 3750 \text{ mt}$$

beträgt.

Der Winddruck auf den Ueberbau auf den Silos mit rund 5 m Höhe und 30 m Länge (pro Silo) beträgt

$$5 \cdot 30 \cdot 0,2 = 30 \text{ t}$$

und wirkt gegen die Betonsohle mit rund 53 m Hebelsarm, daher sein Moment

$$= 30 \cdot 53 = 1590 \text{ mt}$$

beträgt.

Das Gesamtangriffsmoment des Winddrucks ist daher  $= 3750 + 1590 = 5340 \text{ mt}$ .

Dementgegen wirken:

1) Das Gewicht der Binder nebst Plattform und Ueberdachung pro qm 600 kg, also  $15 \cdot 30 \cdot 0,6 = 270 \text{ t}$ .

2) Das Gewicht des Siloschachtes, pro cbm 2,2 t, also

$$= 15,175 \cdot \pi \cdot 0,175 \cdot 45 \cdot 2,2 = \text{rund } 900 \text{ t.}$$

3) Das Gewicht des Silobodens mit rund 1,0 t pro qm, also

$$= \frac{15,0^2 \cdot \pi}{4} \cdot 1,0 = 177 \text{ t.}$$

4) Das Gewicht des 2,5 m hohen, 16 m im Geviert haltenden Betonunterbaues mit rund 2,0 t pro cbm, also

$$16,0 \cdot 16,0 \cdot 2,5 \cdot 2,0 = 1280 \text{ t.}$$

5) Die vier Verstärkungspfeiler, welche die Brückenlast zu tragen haben, mit rund 1,5 qm Querschnitt und rund 42 m Höhe, also

$$42,0 \cdot 1,5 \cdot 2,0 \cdot 4 = 504 \text{ t.}$$

Die Resultante aller dieser Kräfte, deren Summe 3131 t beträgt, wirkt in der lothrechten Mittelachse des Siloschachtes. Mithin beträgt das gegen die Kippwirkung des Windes vorhandene Moment bei rund 7,5 m Hebelarm

$$7,5 \cdot 3131 = 234\,825 \text{ mt.}$$

Das Gebäude ist also mit  $\frac{234\,825}{5340} = \text{rund } 40$  facher Sicherheit gegen Umkippen geschützt.

### e. Berechnung der Sohlfläche des Mantels.

Auf die Sohlfläche des Mantels wirken:

1) Das Eigengewicht des Mantels mit 900 t (vergl. b).

2) Unter Umständen etwa  $\frac{2}{3}$  der Getreidelast,  $750 \frac{\text{kg}}{\text{cbm}}$ , welche sich durch die Reibung an der Wand

auf diese überträgt, also bei voller Füllung

$$\frac{2}{3} \cdot 0,750 \cdot \frac{\pi \cdot 15^2}{4} \cdot 45 = \text{rund } 2633 \text{ t;}$$

zusammen also 3533 t.

Lässt man für den Fundamentbeton einen Druck von  $100 \frac{\text{t}}{\text{qm}}$  zu, so ergibt sich die erforderliche

Druckfläche zu 35 qm, oder bei  $15,6 \pi = 49 \text{ m}$  Umfang eine Sohlenbreite von  $\frac{35}{49} = \text{rund } 0,70 \text{ m}$ , die auch vorhanden ist.

**d. Berechnung der Sohlflächen des Bodens.**

Auf dem Boden lasten höchstens  $\frac{2}{3}$  der Schüttung, bei voller Füllung also

$$\frac{2}{3} \cdot 0,750 \cdot \frac{\pi \cdot 15^2}{4} \cdot 45 = \text{rund } 2633 \text{ t};$$

bei  $100 \frac{\text{t}}{\text{qm}}$  Betonbeanspruchung wird daher die erforderliche Sohlfläche 26,33 qm.

Die Länge der Sohlmauern beträgt zusammen  $15,0 + 2 \cdot 12,75 = 40,5 \text{ m}$ ; daher genügt für die Mauern eine Breite von

$$\frac{26,33}{40,5} = 0,64 \text{ m};$$

vorhanden ist eine Breite von 70 cm.

**e. Berechnung der Grundfläche der Steinschüttung.**

Die zulässige Beanspruchung des festen Thonbodens beträgt wenigstens  $30 \frac{\text{t}}{\text{qm}}$ ; die Gesamtlast des Aufbaues ist 3131 t.

Die Getreidefüllung beträgt 3944 t. An Steinschüttung sind rund 7000 cbm vorhanden, welche mit Rücksicht auf den Auftrieb des Wassers pro cbm höchstens 1,5 t, im Ganzen also 10 500 t wiegen. Somit beträgt die Gesamtlast  $3131 + 3944 + 10 500 = 17 575 \text{ t}$ ; also ist die erforderliche Grundfläche

$$\frac{17 575}{30} = 586 \text{ qm.}$$

Vorhanden sind jedoch 1369 qm.

**f. Berechnung der Pfeiler.**

Die Auflast beträgt

$$600 \cdot 15 \cdot \frac{15}{2} = 67 500 \text{ kg.}$$

Die zulässige Beanspruchung des Pfeilerbetons (Mischung 1:3:8) kann zu  $10 \frac{\text{kg}}{\text{qcm}}$  angenommen werden; daher muss die Grösse der Auflagerplatte 6750 qcm betragen. Die vorhandene Auflagerfläche ist aber  $85 \cdot 85 = 7225 \text{ qcm}$ .

An der Basis verlaufen die Pfeiler in die Betonmasse des Silofusses.

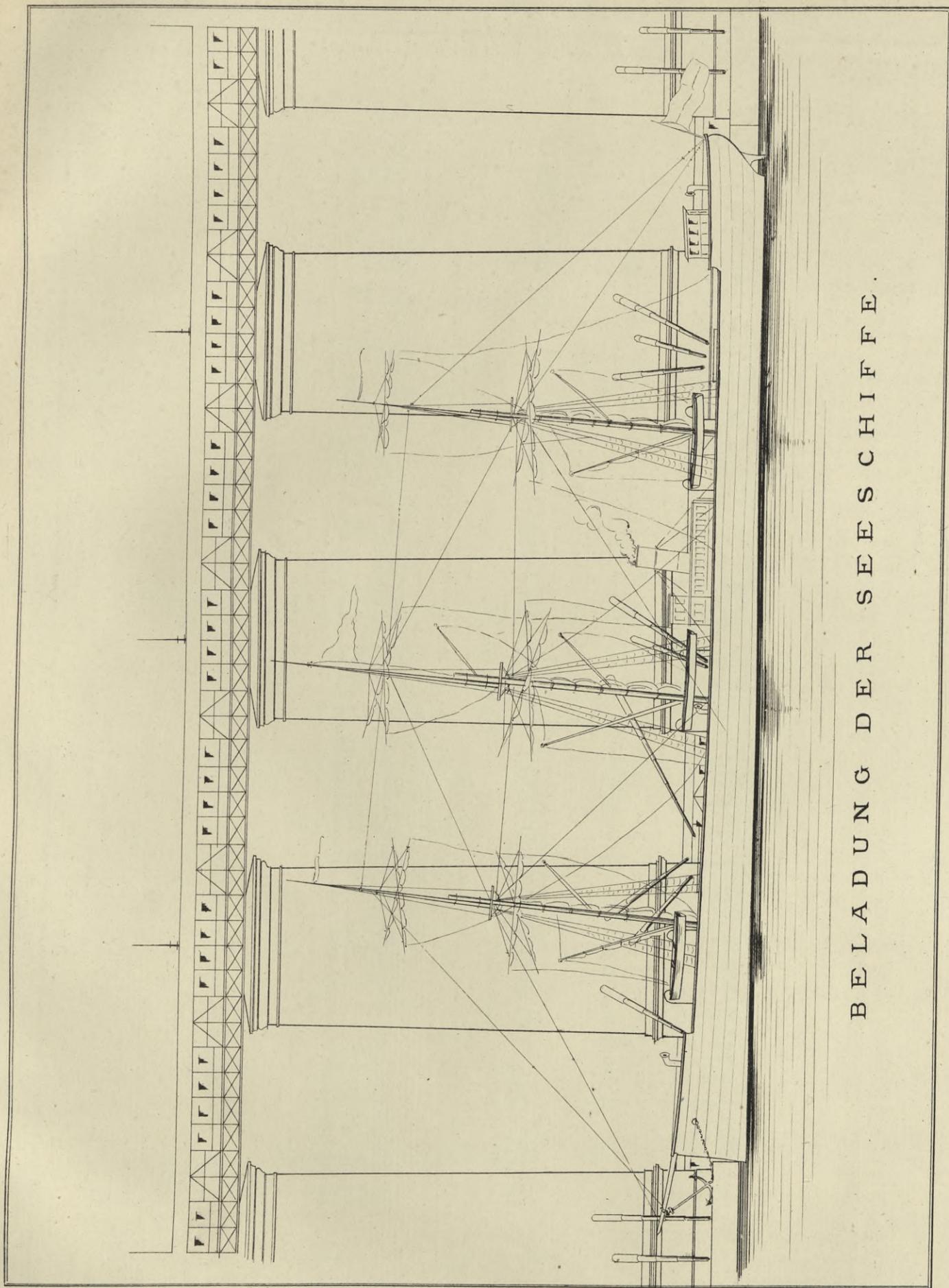
**g. Berechnung der Beanspruchung der Wandung bei Formänderung durch Winddruck.**

Auf 1 m Silohöhe beträgt der Winddruck rund

$$16 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 1 \cdot 200 = 2500 \text{ kg.}$$

Derselbe erzeugt in der Wand ein grösstes Biegemoment von nahezu

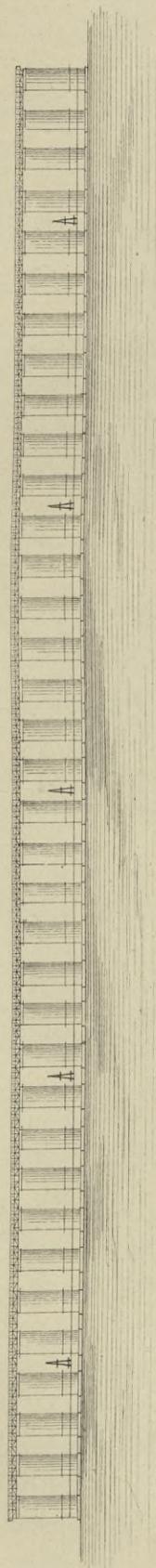
$$2500 \cdot \frac{1500}{24} = 156 000 \text{ cmkg.}$$



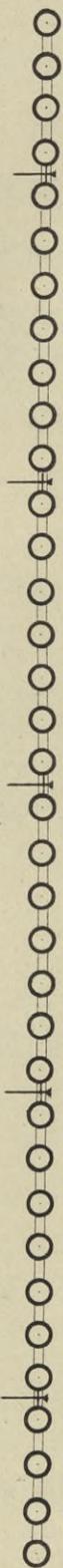
BELADUNG DER SEESCHIFFE.



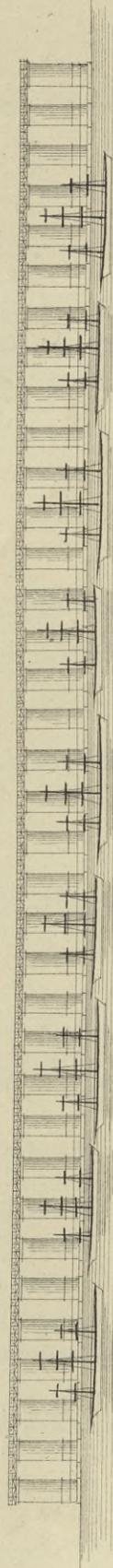
ANSICHT DER TRANSIT-SILOS MIT DEN SCHIFFS-ELEVATOREN VON DER SEESEITE GESEHEN.



GRUNDRISS.



ANSICHT DER TRANSIT-SILOS, VON DER HAFEN (SEESCHIFF-) SEITE GESEHEN





Bei der mittleren Wandstärke von 17 cm beträgt das Widerstandsmoment derselben für 1 m Höhe, ohne Rücksicht auf das Eisen,

$$100 \cdot \frac{17^2}{6} = 4820 \text{ cmkg.}$$

Lässt man eine Zugspannung im Beton von  $5 \frac{\text{kg}}{\text{qcm}}$  zu (die Bruchgrenze liegt zwischen 22 und  $29 \frac{\text{kg}}{\text{qcm}}$ ), so liefert der Beton ein Kraftwiderstandsmoment von  $4820 \cdot 5 = 24100 \text{ cmkg}$ , so dass rund 134 000 cmkg vom Eisen aufgenommen werden müssen.

Der mittlere Querschnitt einer Eiseneinlage beträgt für 1 m Höhe

$$\frac{28,5}{2} = 14,25 \text{ qcm.}$$

Der mittlere Abstand der beiden Eisengerippe beträgt 12 cm; also bieten die Eiseneinlagen ein Widerstandsmoment von  $14,25 \cdot 12 = 171 \text{ cbcm}$ ; demnach wird die Inanspruchnahme des Eisens

$$= \frac{134\,000}{171} = 784 \frac{\text{kg}}{\text{qcm}},$$

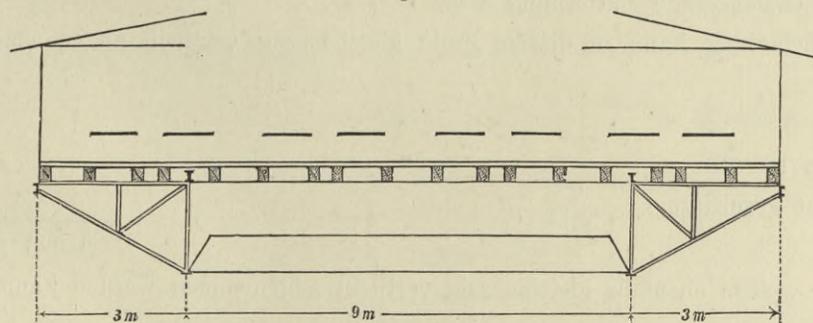
welche noch mässig zu nennen ist.

### Die Ueberbrückung der Transitbehälter (Silos).

Ueber die ganze Reihe der Getreidebehälter an dem Wellenbrecher zieht sich eine Brücke entlang, wie das bereits auf Tafel XIX zu sehen war. Tafel XXIV zeigt die Anordnung in einem etwas grösseren Maassstabe, während Tafel XXI und XXII den Querschnitt enthalten.

Die Brücke dient zur Aufnahme der über den Behältern laufenden 8 Getreidetransportbänder und stellt gleichzeitig die obere Verbindung zwischen den einzelnen Silos her.

Fig. 47.



Die Betonpfeiler, welche die Last der Brücke zu tragen haben, (vergleiche Seite 85), liegen so, dass die Brücke zwischen je 2 Schächten 18 m, über den Schächten selbst aber 12 m frei trägt. Sie besteht, wie die grosse im Abschnitt III beschriebene 100 m-Brücke, aus 2 Haupt-Längsträgern, die durch Querträger verbunden sind. Letztere liegen in Entfernungen von 3 m, während die Haupt-Längsträger 9 m von einander entfernt liegen. Ausserdem sind zur Gewinnung der erforderlichen Breite zu beiden Seiten der Hauptträger Consolen angebracht, welche die Ränder der Brückenbahn tragen. Dieselben haben eine Ausladung von 3 m und an der Stelle, wo sie an die Hauptträger setzen, eine Höhe von 1,5 m. Als Abdeckung der Brücke dient eine Balkenlage und ein Bohlenbelag.

Ueber der Brücke erhebt sich ein Schutzhaus, ähnlich wie dasjenige, das sich über der grossen 100 m-Brücke befindet.

Geeignete Windverbände vervollständigen die Construction dieser Brücke.  
 Die geschilderte Einrichtung ist in Fig. 47 skizzenhaft dargestellt.  
 Genauere Einzelheiten werden aus der hier folgenden statischen Berechnung hervorgehen.

**Statische Berechnung der Brücke von 18 m Stützweite.**

Der Bohlenbelag der Brücke ist 35 mm dick und wiegt 25 kg pro qm.

Die Längsbalken des Flurs haben 3 m Stützweite. Ihre gegenseitige Entfernung beträgt wie früher im Mittel 880 mm.

Die concentrirte Last beträgt wie früher 806 kg in der Mitte.

Gleichmässig vertheilt wirken darauf ausserdem

das Gewicht des Belages  $3 \cdot 0,88 \cdot 0,035 \cdot 700 \dots\dots\dots = 65 \text{ kg}$

das Eigengewicht  $3 \cdot 0,18 \cdot 0,18 \cdot 700$  geschätzt  $\dots\dots\dots = 68 \text{ »}$

Summa gleichmässig vertheilt = 133 kg.

Sonach

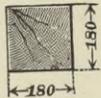
$$M_{max} = \frac{133 \cdot 3000}{8} + \frac{806 \cdot 3000}{4}$$

$$= 654\,400$$

$$k = 0,75$$

$$W = 872\,000$$

$$W = \frac{180^3}{6} = 972\,000$$



Das Gewicht eines solchen Balkens von 3 m Länge berechnet sich auf 68 kg pro Stück.

**Die Querträger.**

Stützweite 9 m. Gegenseitige Entfernung 3 m.

Die permanente Belastung kann in diesem Falle gleichmässig vertheilt angenommen werden; sie setzt sich zusammen aus

Bohlenbelag  $9 \cdot 3 \cdot 25 \dots\dots\dots = 675 \text{ kg}$

Längsbalken  $10 \cdot 68 \dots\dots\dots = 680 \text{ »}$

Eigengewicht geschätzt  $\dots\dots\dots = 1245 \text{ »}$

Summa = 2600 kg.

Die mobile Last, welche ebenfalls gleichmässig vertheilt angenommen werden kann, beträgt

$$403 \cdot 8 \cdot 3 \cdot \frac{9}{15} = 5803 \text{ rund } 5800 \text{ kg.}$$

Gesammlast des Trägers  $2600 + 5800 \dots\dots\dots = 8400 \text{ kg}$

und das Maximalmoment

$$M_{max} = \frac{8400 \cdot 9000}{8} \dots\dots\dots = 9\,450\,000$$

$$k = 7$$

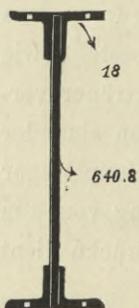
$$W = 1\,350\,000$$

dem entspricht der in Fig. 48 skizzirte Querschnitt mit 4 Winkeln von  $60 \cdot 60 \cdot 8$  und einem Widerstandsmoment

$$W = 1\,392\,062.$$

Das Gewicht eines completeen Querträgers berechnet sich auf 740 kg.

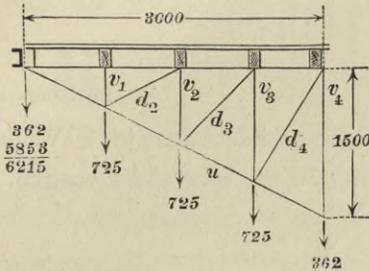
Fig. 48.



Die Consolen. (Fig. 49.)

Ausladung 3 m. Höhe am Anschluss 1,5 m.

Fig. 49.



Belastung:

Bohlenbelag	3 · 3 · 25 . . . . .	= 225 kg
Längsbalken	5 · 68 . . . . .	= 340 »
Eigengewicht geschätzt	. . . . .	= 400 »
mobile Last	403 · 8 · 3 · $\frac{3}{15}$ . . . . .	= 1934 »
Summa		<u>= 2899 kg</u>

also auf jeden Knotenpunkt

$$\frac{2899}{4} = 725 \text{ kg.}$$

An der Spitze des Consols wirkt ausserdem noch die ganze Dachlast des Schutzhauses. Letzteres ist genau so construiert wie bei der 100 m-Brücke.

Für jedes Feld von 3 m Länge beträgt diese Last

Schwarzblecheindeckung	48 qm à 7,8 kg . . . . .	= 374 kg
Schalung	48 qm à 25 kg . . . . .	= 1 200 »
Fetten	8 Stück à 60 kg . . . . .	= 480 »
Wände	2 · 3 · 2,5 · 0,035 · 700 . . . . .	= 368 »
Riegel	8 · 3 · 0,13 · 0,13 · 700 . . . . .	= 284 »
Schnee und Wind	15 · 3 · 200 . . . . .	= 9 000 »
Summa		<u>11 706 kg</u>

sonach auf jede Spitze des Consols  $\frac{11\ 706}{2} = 5853 \text{ kg.}$

Es ist nun die Spannung des oberen Gurtungstheiles des Consols

$$o_{max} = + \frac{1}{1500 \cdot \frac{3}{4}} \cdot \left\{ 6215 \cdot 3 + 725 (2 + 1) \right\} \frac{3000}{4} = 13\ 880 \text{ kg}$$

die des untern schrägen Gurtungstheiles

$$u_{max} = - \frac{1}{1300} \left\{ 6215 \cdot 4 + 725 (1 + 2 + 3) \right\} \frac{3000}{4} = 17\ 000 \text{ kg}$$

$$v_1 = - 725 = - 725 \text{ kg}$$

$$v_2 = - 2 \cdot 725 = - 1450 \text{ »}$$

$$v_3 = - 3 \cdot 725 = - 2175 \text{ »}$$

$$v_4 = - 4 \cdot 725 = - 3000 \text{ »}$$

$$d_2 = + \frac{1}{650} \cdot 725 \cdot 1 \cdot 750 = 840 \text{ kg}$$

$$d_3 = + \frac{1}{1500} \left\{ 725 \cdot 750 (1 + 2) \right\} = 1088 \text{ kg}$$

$$d_4 = + \frac{1}{2500} \left\{ 725 \cdot 750 (1 + 2 + 3) \right\} = 1305 \text{ kg.}$$

Bei einer Anstrengung von 8 kg pro qmm ergibt sich für die obere Gurtung

$F = 13\ 880 : 8 = 1735 \text{ qmm} = 2 \text{ L } 70 \cdot 70 \cdot 8$  mit  $F = 2 (140 - 8 - 20) 8 = 1792 \text{ qmm}$  für die untere Gurtung, circa 3400 mm lang,

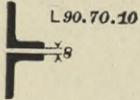
$$F = \frac{17\ 000}{8} = 2125 \text{ qmm.}$$

Ausserdem muss das Trägheitsmoment des Querschnittes sein

$$T = \frac{17\,000 \cdot 3400^2}{40\,000} = 4\,913\,000$$

Fig. 50.

Dem entsprechen 2 L 90 · 70 · 10 (Fig. 50)



mit  $T = 5\,500\,000$  (circa)

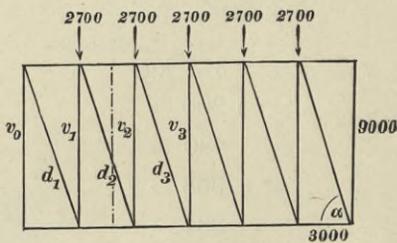
$$F = 3000 \text{ qmm.}$$

Die Verticalen können sehr schwach sein; sie werden gebildet aus je 2 Winkeln 50 · 50 · 6; desgleichen die Diagonalen, welche ebenfalls aus je 2 Winkeln 50 · 50 · 6 hergestellt werden.

Das Gewicht eines completen Consols berechnet sich auf 290 kg.

### Der Windverband (Fig. 51).

Fig. 51.



Die Eisenconstruction der Brücke bietet dem Winde eine Angriffsfläche dar von 18 m Länge und etwa 6 m Höhe. Der Winddruck ist also  $6 \cdot 18 \cdot 150 = 16\,200$  kg auf die ganze Brücke oder  $16\,200 : 6 = 2\,700$  kg pro Knotenpunkt

$$\sin \alpha = \frac{9000}{\sqrt{9000^2 + 3000^2}} = \frac{9000}{9500}$$

$$\sin \alpha = 0,95$$

$$d_1 = \frac{1}{0,95} \cdot \frac{5}{2} \cdot 2700 \dots \dots \dots = 7105 \text{ kg}$$

$$d_2 = \frac{1}{0,95} \left\{ \frac{5}{2} \cdot 2700 - 1 \cdot 2700 \right\} \dots \dots \dots = 4263 \text{ kg}$$

$$d_3 = \frac{1}{0,95} \left\{ \frac{5}{2} \cdot 2700 - 2 \cdot 2700 \right\} \dots \dots \dots = 1421 \text{ kg}$$

$$v_0 = -\frac{6}{2} \cdot 2700 \dots \dots \dots = -8100 \text{ kg}$$

$$v_1 = -\frac{5}{2} \cdot 2700 \dots \dots \dots = -6750 \text{ kg}$$

$$v_2 = -\frac{3}{2} \cdot 2700 \dots \dots \dots = -4050 \text{ kg}$$

$$v_3 = -\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 2700 \dots \dots \dots = -2700 \text{ kg.}$$

Bei 10 kg Anstrengung pro qmm ergeben sich folgende Abmessungen

$$d_1 = 710 \text{ qmm} = 1 \text{ L } 60 \cdot 60 \cdot 8 \text{ mit } F = (120 - 8 - 20) \cdot 8 = 736 \text{ qmm}$$

$$d_2 = 426 \text{ qmm} = 1 \text{ L } 50 \cdot 50 \cdot 6 \text{ mit } F = (100 - 6 - 16) \cdot 6 = 468 \text{ qmm}$$

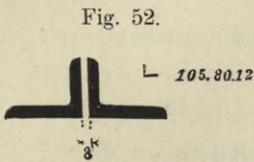
$$d_3 = 142 \text{ qmm} = 1 \text{ L } 50 \cdot 50 \cdot 6 \text{ mit } F = (100 - 6 - 16) \cdot 6 = 468 \text{ qmm.}$$

Die Glieder  $v$  werden alle gleich stark gemacht und zwar nach Maassgabe von  $v_1 = -6750$  kg ( $v_0$  giebt die Hälfte seiner Spannung direct an das eine Auflager ab).

Es muss bei 9000 Länge das Trägheitsmoment sein

$$T = \frac{6750 \cdot 9000^2}{40\,000} \cdot \frac{8}{10} = 43\,740\,000$$

Dieses Trägheitsmoment verlangt zu grosse Querschnitte. Deshalb ist es besser, die Mittelpunkte der Glieder  $v$  nochmals durch ein Längsband zu verbinden. Es wird dann die Länge halbiert, das Trägheitsmoment geviertheilt. Es ist dann



und es genügen

$$T = \text{rund } 11\,000\,000$$

$$2 \text{ L } 105 \cdot 80 \cdot 12 \text{ mit}$$

$$T = 10\,542\,500$$

$$F = 4152 \text{ qmm.}$$

Um die Windkräfte, welche in der Ebene der obern Gurtung der Hauptträger angreifen, direct nach unten fortzupflanzen, — der Windverband befindet sich in der Ebene der unteren Gurtungen der Hauptträger — müssen zwischen die Querträger und die Glieder  $v$  des Windverbandes Diagonalkreuze eingeschaltet werden.

In jeden Stab kommen etwa 3000 kg.

Es genügen also Stäbe von 300 qmm.

Zur Anwendung kommen je 1 Winkel  $50 \cdot 50 \cdot 6$  mit

$$F = (100 - 6 - 16) 6 = 468 \text{ qmm.}$$

Das Gewicht des Windverbandes berechnet sich auf rund **3670 kg**.

### Das Schutzhaus auf der Brücke.

Dasselbe ist im Allgemeinen gerade so construiert, wie bei der 100 Meter-Brücke. Stützweite der Binder 15 m; Entfernung derselben 3 m; Schwarzblecheindeckung von 1 mm Dicke auf 35 mm dicker Schalung. Schnee und Winddruck 200 kg pro qm.

Auf jede Fette kommt

$$\frac{3}{4} \cdot 2398 \text{ (s. Seite 67)} = 1800 \text{ kg}$$

$$M = \frac{1800 \cdot 3000}{8} = 675\,000$$

$$k = 10$$

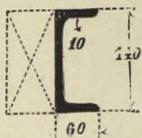
$$W = 67\,500$$

Dem entspricht  $\square$  Nr. 14  $\frac{140 \cdot 60}{7 \cdot 10}$  mit

$$W = 87\,000 \text{ (ohne Nietabzug)}$$

$$G = 15,9 \text{ kg pro lm.}$$

Fig. 53.



An das  $\square$  Eisen wird eine Holzleiste zum Festnageln der Schalung angeschraubt. Gewicht einer compl. Fette 55 kg pro Stück.

Die Knotenpunktslast des Binders beträgt

Schwarzblech, Schalung und Schnee  $\frac{3}{4} \cdot 2400 \dots \dots \dots = 1800 \text{ kg}$

Nagelleisten nebst Befestigungs-Material  $\dots \dots \dots = 15 \text{ »}$

Bindergewicht geschätzt  $\dots \dots \dots = 485 \text{ »}$

---

Summa 2300 kg

Das Gewicht eines Binders ergibt sich nach folgender Schätzungsformel

$$G = 2 [2 (0,7 + 1,6) 31 + 1,6 \cdot 10,3] \frac{7,8}{10} \cdot 3 = 750 \text{ kg.}$$

Die Säulen, welche die Dachbinder tragen, bestehen aus  $\square$  Nr. 16  $\cdot \frac{160 \cdot 65}{7,5 \cdot 10,5}$

Die Gesamteisenconstruction für das Schutzhaus auf der 18 m Brücke wiegt rund 10 300 kg.  
Die Eindeckung des Daches mit Schwarzblech wiegt für eine 18 m Brücke 2700 kg.

### Die Hauptträger.

Die Belastung der Hauptträger ausser Eigengewicht setzt sich aus folgenden Posten zusammen:

Eisenwerk:

7 Querträger à 740 kg . . . . .	= 5 180 kg
1 Wind- und Querverband à 3670 kg . . . . .	= 3 670 »
14 Consolen à 290 kg . . . . .	= 4 060 »
Eisen des Schutzhauses 10 300 kg . . . . .	= 10 300 »
Bedachung . . . . .	= 2 700 »

Summa Eisenwerk 25 910 kg    25 910 kg

Holzwerk:

Bohlenbelag 18 · 15 · 0,035 . . . . .	= 9,45 cbm
Längsbalken 18 · 18 · 0,18 · 0,18 . . . . .	= 10,51 »
Wände des Schutzhauses 2 · 18 · 2,5 · 0,035 . . . . .	= 3,15 »
Riegel dazu 8 · 18 · 0,13 · 0,13 . . . . .	= 2,43 »
Dachschalung 18 · 17 · 0,035 . . . . .	= 10,71 »

Summa Holzwerk 36,25 cbm à 700 kg = 25 375 kg

Maschinen und Apparate: 275 kg pro lm Band, oder auf die ganze Brücke 275 · 8 · 18 . = 39 600 kg

Getreide: 128 kg pro lm Band, oder auf die ganze Brücke 128 · 8 · 18 . . . . . = 18 432 »

Schnee: 200 kg pro qm, oder auf die ganze Brücke 18 · 17 · 200 . . . . . = 61 200 »

Summa 170 517 kg

Die Schätzung der Hauptträger geschieht nach der schon früher benutzten Formel

$$G_T = l^2 \cdot \frac{\sigma}{k} (p \cdot g'_T + q \cdot g''_T) \text{ worin}$$

$G_T$  das theoretische Gewicht eines Hauptträgers in kg

$l$  die Stützweite in Metern = 18

$\sigma$  das spezifische Gewicht des Eisens = 7,8

$k$  die Anstrengung des Materials = 8 kg pro qmm

$p$  die permanente Last pro lm Hauptträger in Tonnen

$q$  die mobile Last pro lm Hauptträger in Tonnen

$g'_T$  und  $g''_T$  von der Felderzahl und der Höhe des Hauptträgers abhängige Constante, und zwar hier:

$$g'_T = 2,329$$

$$g''_T = 2,463$$

Nun ist:

Gewicht der Fahrbahn, des Belags etc. und Schnee . . . . . 170 517 kg

Gewicht der beiden Hauptträger geschätzt . . . . . 14 483 »

Gesammtgewicht der Brücke nebst Belastung . . . . . 185 000 kg

sonach pro laufenden Meter und Hauptträger

$$185\,000 : 36 = 5140 \text{ kg} = 5,14 \text{ Tons} = p$$

$$q = 0$$

$$G_T = 18^2 \cdot \frac{7,8}{8} \cdot (5,14 \cdot 2,329 + 0 \cdot 2,463) = 3782 \text{ kg.}$$

Ist  $E$  der Constructionscoefficient, d. h. die Verhältnisszahl, welche angiebt, wie viel das wirkliche Gewicht des Hauptträgers grösser ist, als das theoretische, eine Zahl, welche für den vorliegenden Fall etwa 1,9 beträgt, so ist das wirkliche Gewicht der beiden Hauptträger

$$G = 2 \cdot 1,9 \cdot 3782 = 14\,372 \text{ rund } 14\,400 \text{ kg.}$$

Dieses Gewicht unterscheidet sich nur so wenig von dem in die Gewichtsformel eingesetzten geschätzten Gewicht, dass eine Correctur, d. h. eine Wiederholung der Rechnung unter Einsetzung der gefundenen und einen gewissen Grad richtiger Gewichtsanzahl nicht nöthig ist.

Die Beanspruchungen der einzelnen Theile der Hauptträger werden, wie bei der 100 m-Brücke am Schlusse der Brückenberechnungen angegeben werden.

Die Auflager der Brücke können auf 2090 kg geschätzt werden.

Das Gesamtgewicht der Eisentheile der 18 m Brücke beträgt sonach:

2 Hauptträger . . . . .	14 400 kg
Fahrbahntheile . . . . .	25 910 »
Auflagertheile . . . . .	2 090 »
	42 400 kg.

#### Die Brücke von 12 m Stützweite.

Diese Brücke hat genau denselben Querschnitt, wie die 18 m Brücke; die Feldertheilung ist ebenfalls dieselbe, wie nicht minder die Belastung pro Einheit.

Sie braucht deshalb nicht besonders berechnet werden, sondern ihr Gewicht kann in einfacher Weise von dem der 18 m Brücke, abgeleitet werden.

Es wiegen

5 Querträger, à 740 kg . . . . .	= 3 700 kg
1 Windverband $3670 \cdot \frac{12}{18}$ . . . . .	= 2 447 »
10 Consolen, à 290 kg . . . . .	= 2 900 »
Schutzhaus $10\,300 \cdot \frac{12}{18}$ . . . . .	= 6 867 »
Bedachung $2700 \cdot \frac{12}{18}$ . . . . .	= 1 800 »
Summa Eisenwerk der Fahrbahn 17 714 kg . . . . .	= 17 714 kg
Holzwerk $25\,375 \cdot \frac{2}{3}$ . . . . .	= 16 920 »
Maschinen und Apparate $39\,600 \cdot \frac{2}{3}$ . . . . .	= 26 400 »
Getreide $18\,432 \cdot \frac{2}{3}$ . . . . .	= 12 288 »
Schnee $12 \cdot 17 \cdot 200$ . . . . .	= 40 800 »
	Summa 114 122 kg.

#### Die Hauptträger.

Fahrbahn, Belag, Schnee etc. . . . .	114 122 kg
Hauptträger geschätzt . . . . .	5 878 »
Gesamtgewicht der vollbelasteten Brücke . . . . .	= 120 000 kg.

Sonach pro laufenden Meter  $120\,000 : 24 = 5000 = 5 \text{ Tons} = p$   
 $q = 0$

$$G_T = 12^2 \cdot \frac{7 \cdot 8}{8} (5 \cdot 1,8 + 0 \cdot 1,745)$$

$$= 1264 \text{ kg.}$$

Wird in diesem Falle der Constructionscoefficient  $E = 1,9$  genommen, so ist das Gewicht der beiden Hauptträger

$$G = 2 \cdot 1,9 \cdot 1264 = 4803 \text{ kg.}$$

Correctur:

Fahrbahn, Belag, Schnee etc. . . . .	114 122
Hauptträger . . . . .	4 778
	Summa 118 900

Gewicht pro lm  $118\,900 : 24 = 4,954 \text{ Tons}$

$$G_T = 12^2 \cdot \frac{7,9}{8} (4,954 \cdot 1,8) = 1252$$

$$E = 1,9$$

$$G = 2 \cdot 1,9 \cdot 1252 = 4758 \text{ kg.}$$

Angenommen 4800 kg.

Das Gesamtgewicht der Eisentheile der 12 m Brücke ist sonach

2 Hauptträger . . . . .	4 800 kg
Fahrbahn und Schutzhaus . . . . .	17 714 »
Auflagertheile . . . . .	1 286 »
	Summa 23 800 kg.

Die Beanspruchungen der Hauptträger folgen am Schlusse der Brückenberechnungen.

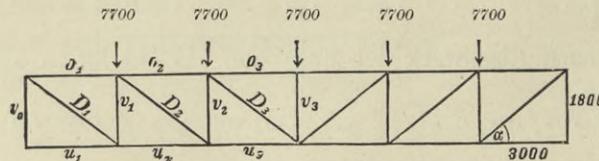
**Entwicklung der Spannungszahlen der 18 m Brücke (Fig. 54).**

Last pro laufenden Meter Hauptträger 5140 kg oder

$$3 \cdot 5140 = 15\,420 \text{ rund } 15\,400 \text{ kg pro Knotenpunkt}$$

für jedes System 7700 » » »

Fig. 54.



$$\uparrow A = \frac{5}{2} \cdot 7700$$

$$o_1 = -\frac{1}{1800} \cdot \frac{5}{2} \cdot 7700 \cdot 3000. . . . . = - 32\,083 \text{ kg}$$

$$o_2 = -\frac{1}{1800} \left\{ \frac{5}{2} \cdot 7700 \cdot 2 \cdot 3000 - 7700 \cdot 3000 \right\} . . . . . = - 51\,333 \text{ »}$$

$$o_3 = -\frac{1}{1800} \left\{ \frac{5}{2} \cdot 7700 \cdot 3 \cdot 3000 - 7700 \cdot 3000 (1+2) \right\} . . . . . = - 57\,750 \text{ »}$$

$$u_1 = 0 . . . . . = 0 \text{ »}$$

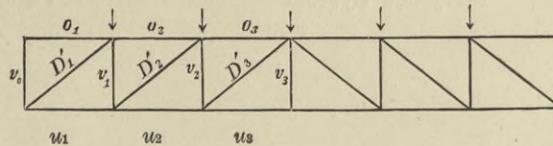
$$u_2 = - o_1 . . . . . = + 32\,083 \text{ »}$$

$$u_3 = - o_2 . . . . . = + 51\,333 \text{ »}$$

$$\begin{aligned}
 D_1 &= \frac{1}{\sin \alpha} \cdot \frac{5}{2} \cdot 7700 = \frac{1}{0,5} \cdot \frac{5}{2} \cdot 7700 \dots \dots \dots = + 38\,500 \text{ kg} \\
 D_2 &= \frac{1}{0,5} \left\{ \frac{5}{2} \cdot 7700 - 1 \cdot 7700 \right\} \dots \dots \dots = + 23\,100 \text{ »} \\
 D_3 &= \frac{1}{0,5} \left\{ \frac{5}{2} \cdot 7700 - 2 \cdot 7700 \right\} \dots \dots \dots = + 7\,700 \text{ »} \\
 v_0 &= - \frac{6}{2} \cdot 7700 \dots \dots \dots = - 23\,100 \text{ »} \\
 v_1 &= - \frac{5}{2} \cdot 7700 \dots \dots \dots = - 19\,250 \text{ »} \\
 v_2 &= - \frac{5}{2} \cdot 7700 - 1 \cdot 7700 \dots \dots \dots = - 11\,550 \text{ »} \\
 v_3 &= - 7700 \dots \dots \dots = - 7\,700 \text{ »}
 \end{aligned}$$

Für das andere System würde kommen (Fig. 55):

Fig. 55.



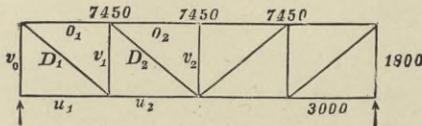
$$\begin{aligned}
 o_1 &= 0 \dots \dots \dots = 0 \\
 o_2 &= - \frac{1}{1800} \cdot \frac{5}{2} \cdot 7700 \cdot 3000 \dots \dots \dots = - 32\,083 \text{ kg} \\
 o_3 &= - \frac{1}{1800} \left\{ \frac{5}{2} \cdot 7700 \cdot 2 \cdot 3000 - 7700 \cdot 3000 \right\} \dots \dots \dots = - 51\,333 \text{ »} \\
 u_1 &= \frac{1}{1800} \cdot \frac{5}{2} \cdot 7700 \cdot 3000 = - o_2 \dots \dots \dots = + 32\,083 \text{ »} \\
 u_2 &= - o_3 \dots \dots \dots = + 51\,333 \text{ »} \\
 u_3 &= \frac{1}{1800} \left\{ \frac{5}{2} \cdot 7700 \cdot 3 \cdot 3000 - 7700 \cdot 3000 (1+2) \right\} \dots \dots \dots = + 77\,000 \text{ »} \\
 D'_1 &= \frac{1}{0,5} \cdot \frac{5}{2} \cdot 7700 \dots \dots \dots = - 38\,500 \text{ »} \\
 D'_2 &= - D_2 \dots \dots \dots = - 23\,100 \text{ »} \\
 D'_3 &= - D_3 \dots \dots \dots = - 7\,700 \text{ »} \\
 v_0 &= - \frac{1}{2} \cdot 7700 \dots \dots \dots = - 3\,850 \text{ »} \\
 v_1 &= \frac{5}{2} \cdot 7700 - 7700 \dots \dots \dots = + 11\,550 \text{ »} \\
 v_2 &= \frac{5}{2} \cdot 7700 - 2 \cdot 7700 \dots \dots \dots = + 3\,850 \text{ »} \\
 v_3 &= 0 \dots \dots \dots = 0
 \end{aligned}$$

Combination.

$$\begin{aligned}
 o_1 &= -32\,083 - 0 && = -32\,083 \text{ kg} \\
 o_2 &= -51\,333 - 32\,083 && = -83\,416 \text{ »} \\
 o_3 &= -57\,750 - 51\,333 && = -109\,083 \text{ »} \\
 u_1 &= 0 + 32\,083 && = +32\,080 \text{ »} \\
 u_2 &= 32\,083 + 51\,333 && = +83\,416 \text{ »} \\
 u_3 &= 51\,333 + 77\,000 && = +128\,333 \text{ »} \\
 D_1 &= \pm 38\,500 && v_0 = -23\,100 - 3\,850 = -26\,950 \text{ »} \\
 D_2 &= \pm 23\,100 && v_1 = -19\,250 + 11\,550 = -7\,700 \text{ »} \\
 D_3 &= \pm 7\,700 && v_2 = -11\,550 + 3\,850 = -7\,700 \text{ »} \\
 &&& v_3 = -7\,700 - 0 = -7\,700 \text{ »}
 \end{aligned}$$

Entwicklung der Spannungszahlen der 12 Meter-Brücke (Fig. 56).

Fig. 56.



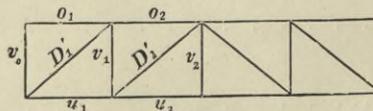
Last pro laufenden Meter Hauptträger 4954 kg oder  
 $3 \cdot 4954 = 14\,862$  rund 14 900 kg pro Knotenpunkt,  
 für jedes System 7 450 » » »

$$A = \frac{3}{2} \cdot 7450 \text{ kg.}$$

$$\begin{aligned}
 o_1 &= -\frac{1}{1800} \cdot \frac{3}{2} \cdot 7450 \cdot 3000 && = -18\,625 \text{ kg} \\
 o_2 &= -\frac{1}{1800} \left\{ \frac{3}{2} \cdot 7450 \cdot 2 \cdot 3000 - 7450 \cdot 1 \cdot 3000 \right\} && = -24\,833 \text{ »} \\
 u_1 &= 0 && = 0 \\
 u_2 &= -o_1 && = +18\,625 \text{ »} \\
 v_0 &= -\frac{4}{2} \cdot 7450 && = -14\,900 \text{ »} \\
 v_1 &= -\frac{3}{2} \cdot 7450 && = -11\,175 \text{ »} \\
 v_2 &= -7450 && = -7\,450 \text{ »} \\
 D_1 &= \frac{1}{0,5} \cdot \frac{3}{2} \cdot 7450 && = +22\,350 \text{ »} \\
 D_2 &= \frac{1}{0,5} \left\{ \frac{3}{2} \cdot 7450 - 7450 \right\} && = +7\,450 \text{ »}
 \end{aligned}$$

Für das andere System würde kommen (Fig. 57):

Fig. 57.



$$\begin{aligned}
 o_1 &= 0 && = 0 \\
 o_2 &= -\frac{1}{1800} \cdot \frac{3}{2} \cdot 7450 \cdot 3000 && = -18\,625 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$u_1 = + \frac{1}{1800} \cdot \frac{3}{2} \cdot 7450 \cdot 3000 \dots \dots \dots = + 18\,625 \text{ kg}$$

$$u_2 = + \frac{1}{1800} \left\{ \frac{3}{2} \cdot 7450 \cdot 2 \cdot 3000 - 7450 \cdot 1 \cdot 3000 \right\} \dots \dots \dots = + 24\,833 \text{ »}$$

$$v_0 = - \frac{1}{2} \cdot 7450 \dots \dots \dots = - 3\,725 \text{ »}$$

$$v_1 = \frac{3}{2} \cdot 7450 - 1 \cdot 7450 \dots \dots \dots = + 3\,725 \text{ »}$$

$$v_2 = 0 \dots \dots \dots = 0$$

$$D_1 = - \frac{1}{0,5} \cdot \frac{3}{2} \cdot 7450 \dots \dots \dots = - 22\,350 \text{ »}$$

$$D_2 = - \frac{1}{0,5} \left\{ \frac{3}{2} \cdot 7450 - 1 \cdot 7450 \right\} \dots \dots \dots = - 7\,450 \text{ »}$$

#### Combination.

$$o_1 = - 18\,625 - 0 \dots \dots \dots = - 18\,625 \text{ kg}$$

$$o_2 = - 24\,833 - 18\,625 \dots \dots \dots = - 43\,458 \text{ »}$$

$$u_1 = + 18\,625 + 0 \dots \dots \dots = + 18\,625 \text{ »}$$

$$u_2 = + 18\,625 + 24\,833 \dots \dots \dots = + 43\,458 \text{ »}$$

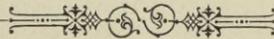
$$v_0 = - 14\,900 - 3\,725 \dots \dots \dots = - 18\,625 \text{ »}$$

$$v_1 = - 11\,175 + 3\,725 \dots \dots \dots = - 7\,450 \text{ »}$$

$$v_2 = - 7\,450 + 0 \dots \dots \dots = - 7\,450 \text{ »}$$

$$D_1 = \pm 22\,350 \text{ kg}$$

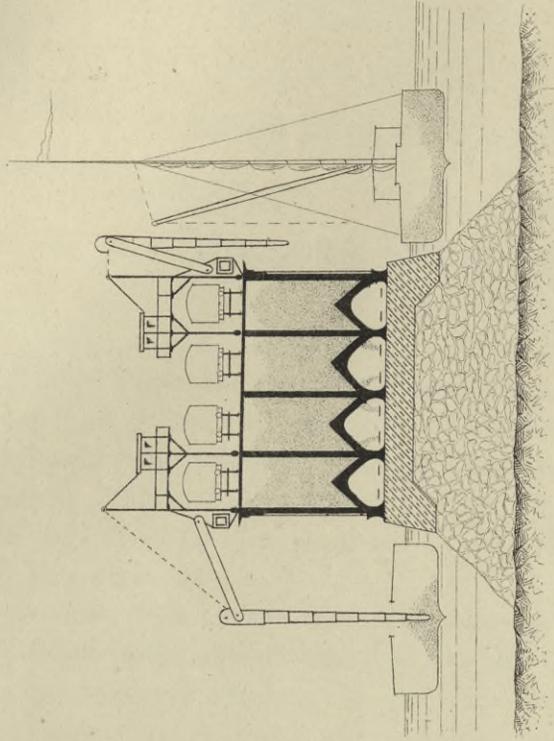
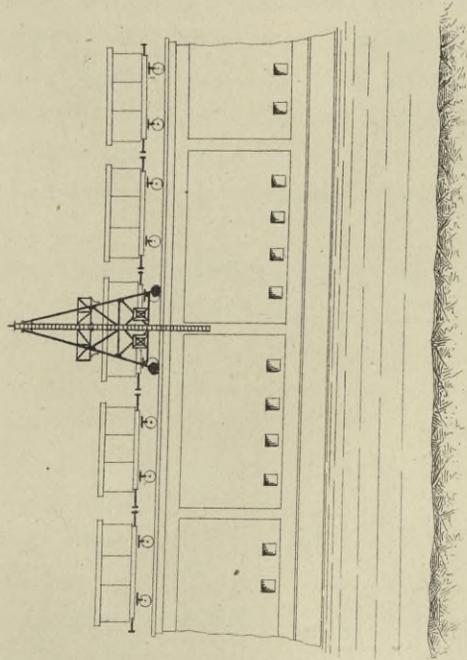
$$D_2 = \pm 7\,450 \text{ kg.}$$





V. Die neue Estocade und die mechanische  
Einrichtung der ganzen Anlage.





TRANSPORTABLE SCHIFFSELEVATOREN  
AUF DER ESTOCADÉ.



## Die neue Estocade.

---

Wie schon früher erwähnt, erscheint die Bildung einer neuen Mole im Norden der Androssow-Mole ausserordentlich vortheilhaft, insofern durch dieselbe ein ganz neuer Hafen gebildet würde, der dem Verkehr dienstbar gemacht werden könnte. Die Ueberführung der 2 Eisenbahngleise auf diesen Damm geschähe dann, bevor die Bahn das eigentliche Hafengebiet berührt, durch die von Westen nach Osten laufende Strasse (vergleiche Tafel II.) Nur falls diese für den fraglichen Zweck nicht erworben werden könnte, wäre die Benutzung der Androssow-Mole vorzuschlagen.

Die Einrichtung dieser neuen Mole ist nun folgendermaassen gedacht.

Sobald die Bahn den Damm beschreitet, erweitert sie sich zu 4 Gleisen und ermöglicht so einen freieren Verkehr und gestattet die gleichzeitige Entleerung von 4 Eisenbahnzügen.

Auf ungefähr 1000 m Länge wäre der Damm aber nicht voll, sondern als hohler Getreidebehälter auszuführen, derart, dass 4 durch Scheidewände von einander getrennte Längsräume entstehen. Er bildete also auf seiner ganzen Länge einen fortlaufenden Getreidebehälter, oder vielmehr 4 solcher, die neben einander liegen.

Auf Tafel XXVI ist der Querschnitt durch diesen Bau zu sehen. Derselbe ist aus Ziegelmauerwerk, auf solider Grundlage aufgeführt, mit oberer Beton-Abdeckung gedacht. Ebenso würde die Sohle praktisch aus Beton hergestellt werden. Dieselbe erhält behufs vollständiger Entleerung der Behälter pyramidenförmige Gestalt.

Unter dieser Sohle sind, entsprechend den 4 Abtheilungen der Behälter, 4 Tunnel angeordnet, welche die Transportbänder, die zum Weiterschaffen des Getreides dienen, aufnehmen. Die Sohlen sind natürlich mit entsprechenden Ausläufen versehen.

Ausser den erwähnten Trennungswänden, welche in der Längsrichtung der Estocade laufen und ihren Hohlraum in 4 Theile zerlegen, sind noch in Abständen von 20 m querlaufende Scheidewände angeordnet, durch welche die Anzahl der von einander gesonderten Abtheilungen vervielfacht wird.

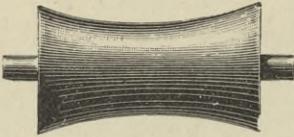
Die Abdeckung dieses fortlaufenden Getreidebehälters erfolgt, wie schon gesagt, durch Beton, und zwar in der Art, dass das oben auffallende Tageswasser in leichter Weise seinen Abfluss findet, denn es muss naturgemäss dafür gesorgt werden, dass durch die in der Decke vorhandenen, durch Schieber verschliessbaren Oeffnungen nicht die geringste Feuchtigkeit in das Innere dringt, da sonst ein Verderben des Getreides eintreten würde. Es müssen daher die Schienen oberhalb dieser Estocade-Silos derart angeordnet sein, dass sie dem seitlichen Abfließen des Wassers kein Hinderniss entgegensetzen. Auf welche Weise diese Aufgabe zu lösen, ist Sache der Detail-Construction; hier möge es genügen, diesen Gesichtspunkt angedeutet zu haben.

Um in der Beschreibung der Einrichtung dieser Estocade vollständig zu sein, müssen die Mechanismen, mit denen sie auszustatten sein wird, erwähnt werden, und es möge sich hieran die Beschreibung der maschinellen Einrichtung der gesammten Anlage schliessen.

### Die mechanische Einrichtung.

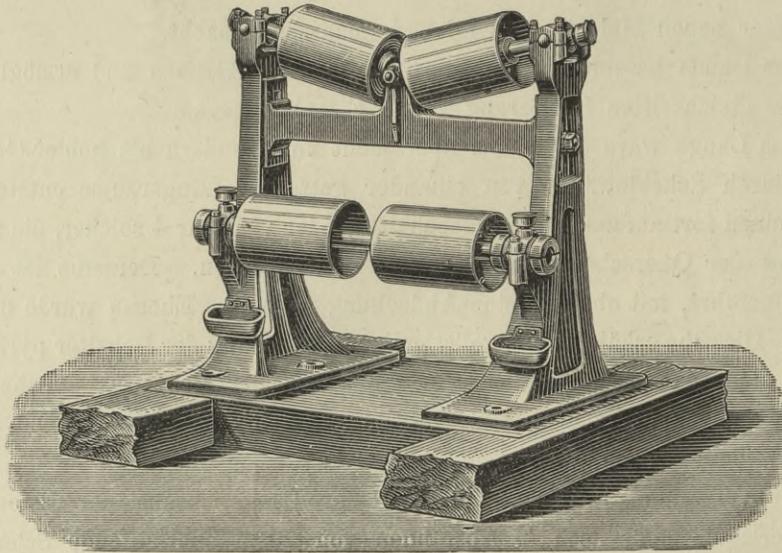
Wie schon erwähnt worden, theilen sich die 2 Eisenbahngleise auf der Estocade selbst in 4 solche, entsprechend den 4 darunter liegenden langen, in Abständen von 20 m quergetheilten, Hohlräumen. Dicht schliessende Schieber gestatten an den verschiedensten Stellen der Oberfläche die Einschüttung von Getreide. In den 4 Tunnels unter diesen Estocade-Silos liegen je 2 Transportbänder, die bestimmt sind, die Getreidemengen bis an den Brückenthurm zu befördern. Da diese Bänder naturgemäss in der gesammten maschinellen Ausstattung eine hochwichtige Rolle spielen, so sollen einige Worte über dieselben gesagt werden.

Fig. 58.



Ein Transportband besteht bekanntlich aus einem aus geeignetem Stoffe mit Gummiüberzug hergestellten Bande ohne Ende, das an der Anfangs- und an der Endstation nach Art eines gewöhnlichen Betriebsriemens über vertikal stehende Scheiben gelegt wird. Der Gurt wird in seiner ganzen Länge, und zwar sowohl das hin- wie das rücklaufende Stück, durch Rollen unterstützt. Eine der beiden Endscheiben wird durch mechanische Kraft angetrieben, und dadurch das ganze Band in Umlauf versetzt. Zur Getreidebeförderung kann nun je nach Umständen das obere oder das untere Stück, oder auch beide gleichzeitig, verwendet werden.

Fig. 59.



Die Form der Unterstützungsrollen und die Art und Weise ihrer Anordnung ist Sache der Erfahrung. Es möge nur kurz erwähnt werden, dass man die Rollen selbst grade, gewölbt (Fig. 58), zu je zweien gegeneinander geneigt (Fig. 59, 60, 61 und 62) oder auch in combinirter Anordnung einrichtet. In den 4 letztgenannten Figuren sieht man ausser den Rollen für das beladene Band auch gleichzeitig die darunter liegenden für den unbeladenen, rücklaufenden Theil des Gurtes. Fig. 59 zeigt eine stehende Anordnung, Fig. 60 eine hängende, Fig. 61 eine ebensolche mit Durchgangsraum für einen Abwurfwagen, wie er später noch erwähnt werden soll, und endlich Fig. 62 eine Anordnung zum Aufhängen auf Längsschwellen.

Jedes der 8 in den Tunneln liegenden Bänder wird im vorliegenden Falle eine Breite von ungefähr 1 m erhalten. Durch Fallröhren, die mit Schiebern versehen sind, wird das Getreide von jeder beliebigen Abtheilung

des Estocade-Silos dem entsprechenden Bande zugeführt und von ihm bis an das Ende der Estocade, das heisst bis an den Brückenthurm, befördert.

Hier stehen grosse Elevatoren (Becherwerke), die das Korn nach Art der bekannten Paternosterwerke nach oben bringen.

Fig. 60.

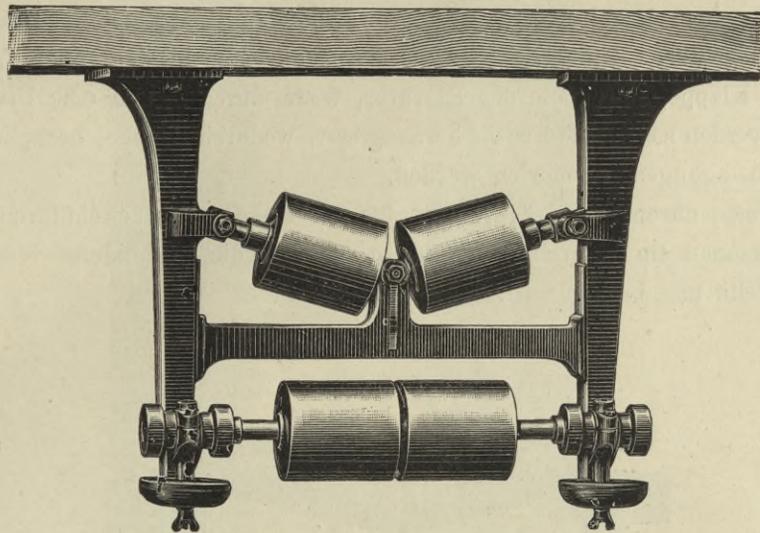
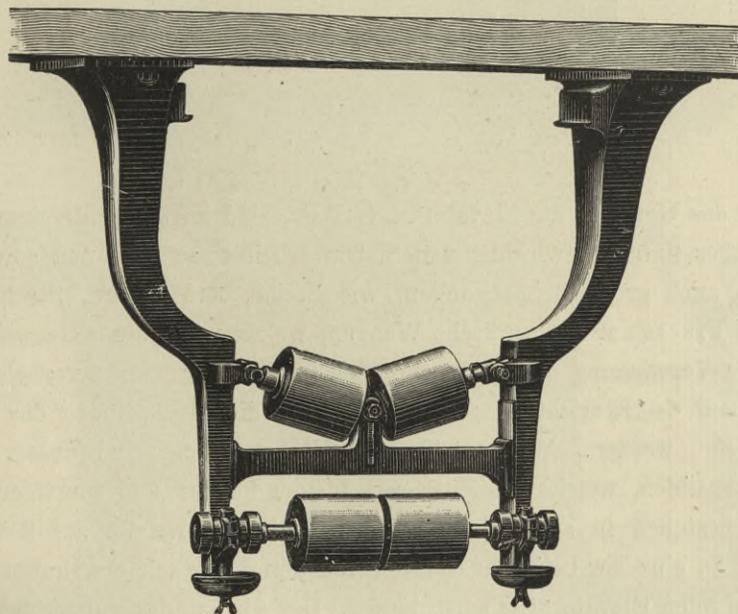


Fig. 61.

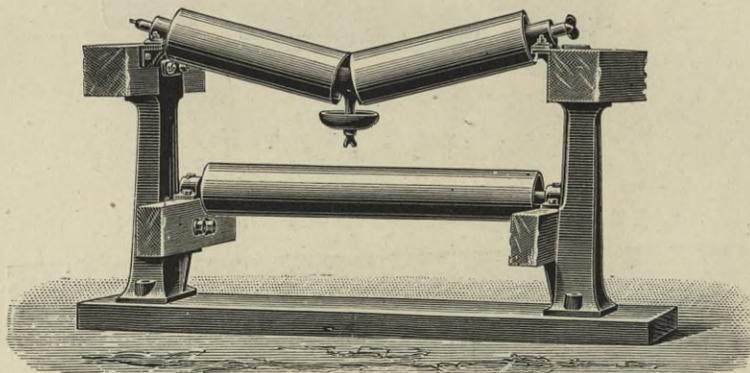


Der Einfall der Frucht in diese Elevatoren erfolgt aber nicht direct, sondern das Getreide durchläuft zunächst sogenannte Windreinigungsapparate, welche mittelst eines kräftigen, durch einen Ventilator erzeugten Luftstromes den Staub aus der Körnermenge entfernen. Nach Verlassen dieses Apparates gelangt das Getreide in die Elevatoren.

Der Maassstab, nach dem man sich in neuester Zeit gewöhnt hat, solche Elevatoren für Hafens- und Speicherszwecke auszuführen, ist ein gewaltiger geworden. Fig. 63 zeigt den Untertheil (Fuss) eines solchen für die rumänische Regierung in bedeutender Anzahl nach den Häfen Galatz und Braila gelieferten Apparates. Man gewahrt auf der Abbildung die Schnäbel für den Einfall des Getreides, welche durch Schieber, die mittelst Handrädern geöffnet und geschlossen werden, abgesperrt werden können. Die innere grosse Gurtscheibe liegt in beweglichen Lagern, welche in senkrechten Schlitzten der Wandungen gleiten. Diese Lager werden von dem zwischen den Rohransätzen befindlichen Handrade aus verstellt, wodurch ein Straffspannen des Bechergurtes herbeigeführt wird. Wie die Abbildung zeigt, ist die Ausführung ganz in Eisen. Der obere Theil des Fusses trägt eine grosse Thür, durch die man in das Innere gelangen kann. Weiter unten befindet sich eine Klappe, durch die der Elevator, wenn durch irgend eine Ursache eine Stopfung des Getreides herbeigeführt werden sollte, die Frucht herauspresst, wodurch Brüche, bezüglich Reissen des Elevatorgurtes und andere Beschädigungen, vermieden werden.

Während das Getreide durch solche Elevatoren bis zur Höhe des Brückenthurmes gehoben wird, ist für die Beförderung von Personen ein Fahrstuhl vorhanden, so dass die Verbindung von der Estocade nach der Brücke hinauf eine schnelle und bequeme ist.

Fig. 62.

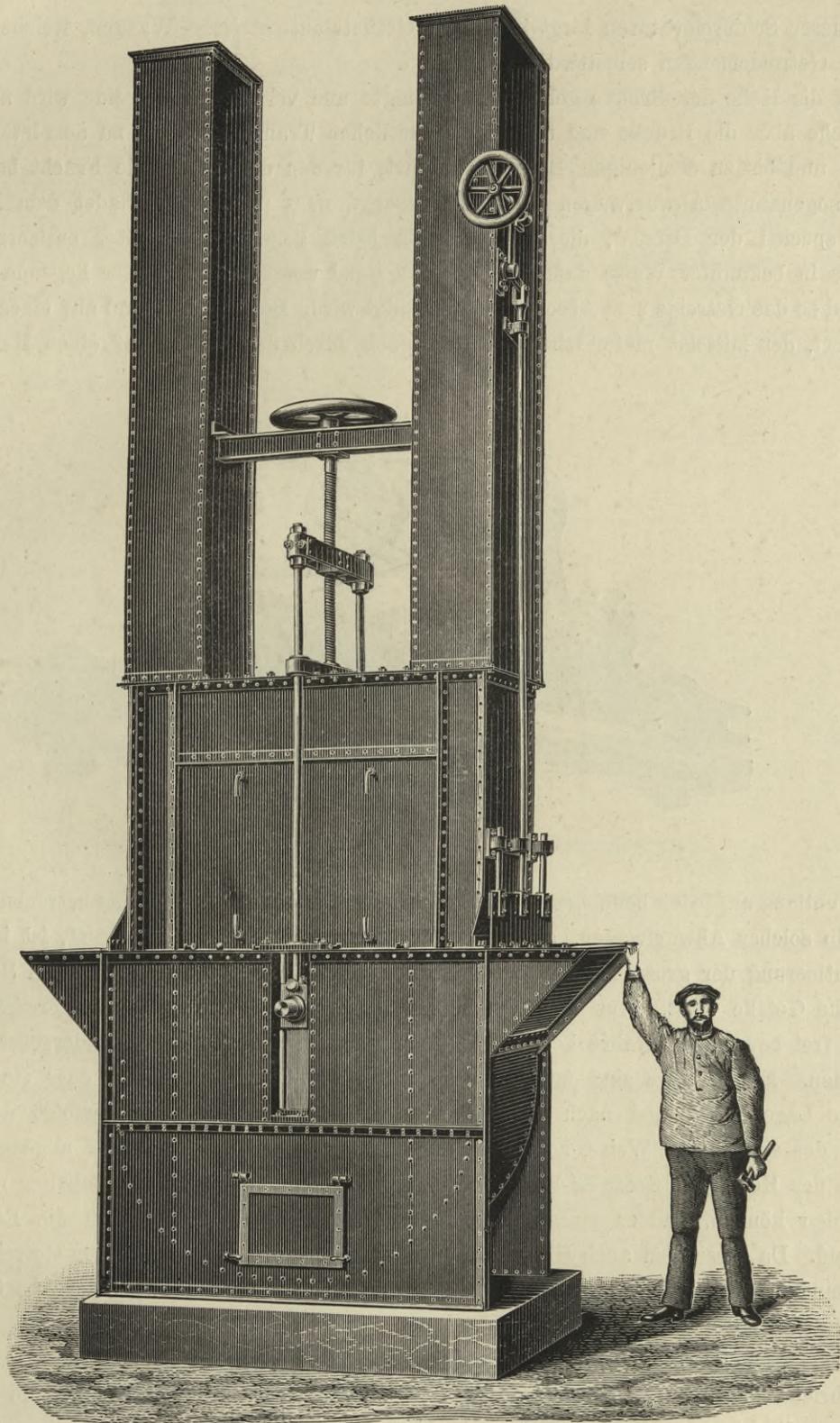


An den Stellen, wo das Getreide die Elevatoren verlässt, sind nochmals Reinigungsmaschinen aufgestellt, die ebenfalls mit Wind, aber unter Mitwirkung von Sieben arbeiten, so dass nun sowohl feine Unreinigkeiten, wie Staub und Sand, als auch grobe Beimengungen, wie Steine, Erdschollen, Stroh u. s. w. völlig entfernt sind. Hierauf gelangt die Frucht auf automatische Waagen, welche mit grosser Genauigkeit und Zuverlässigkeit und völlig selbstthätig die Verwiegung der hindurchlaufenden Getreidemengen vornehmen und registriren.

Ehe dem weiteren Lauf der Einrichtung gefolgt wird, soll die Beschreibung der mechanischen Ausrüstung der Estocade vervollständigt werden. Wie auf Tafel XXVI zu sehen, sind ausser den beschriebenen Vorrichtungen auch solche vorhanden, welche das Entleeren kleiner Barken und sonstiger Fluss- und Küstenschiffe ermöglichen. Dieselben bestehen in sogenannten Schiffselevatoren, welche auf Schienengleisen mit grosser Spurweite fahrbar sind. Je eins der beiden äussersten von den mehrfach erwähnten 4 Eisenbahngleisen wird von einem solchen weitspurigen Elevatorgleis umschlossen. Der Aufbau des ganzen fahrbaren Gerüsts, welches den Schiffselevator trägt, ist in der Weise gedacht, dass es die auf den Eisenbahngleisen verkehrenden Züge thorartig umschliesst, mithin der Eisenbahnverkehr durch die Bewegung dieser Mechanismen in keiner Weise gestört wird. An diesem Gerüste hängt, frei an einem einarmigen Ausleger schwingend, der Elevator, welcher mittelst Kette und Windevorrichtung hochgehoben (wie dies auf der rechten Seite des Querschnittes zu sehen ist) und in das Schiff gesenkt werden kann (siehe linke Seite des Querschnittes). Der Ausleger trägt ein

Transportband, auf das der Elevator die Frucht schüttet und das dieselbe auf das Land bringt. Das Arbeiten

Fig. 63.



dieser Elevatoren ist äusserst bequem, weil die zu entladenden Schiffe nicht verholt, das heisst, nicht ent-

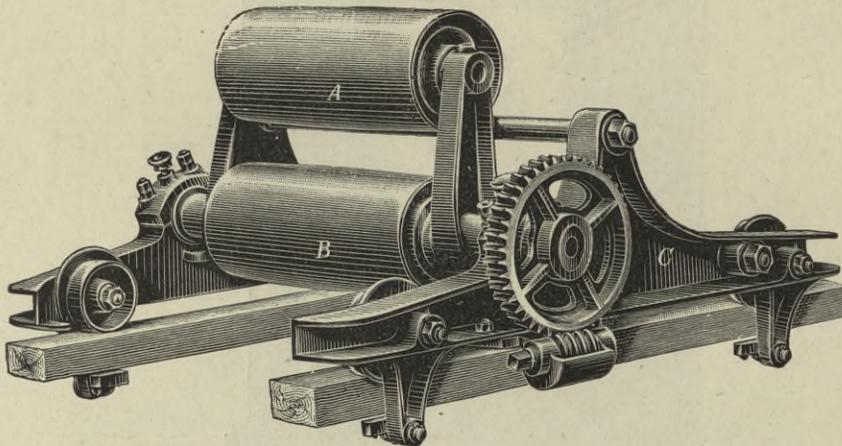
sprechend dem Grade ihrer Entladung verschoben zu werden brauchen, denn der Elevator selbst führt vermöge seiner Fahrbarkeit diese Bewegung durch den ihn treibenden Motor (elektrisch) in kürzester Zeit und mit geringster Mühe aus.

Jeder dieser Schiffselevatoren birgt in seinem Gerüste automatische Waagen, welche die aus den Barken entnommenen Getreidemengen selbstthätig vermerken.

Das auf die Höhe der Brücke gehobene, gereinigte und verwogene Getreide wird nun von 8 Transportbändern, welche über die Brücke und über die sämtlichen Transit-Silos bis zu dem letzten derselben laufen, aufgenommen und bis zu demjenigen Behälter geführt, für den die betreffende Frucht bestimmt ist.

Durch sogenannte Abwurfwagen ist dafür gesorgt, dass man, unbeschadet dem Betriebe der ganzen Anlage und speciell der Bänder, diese letzteren in jeden beliebigen Behälter entleeren lassen kann. Es geschieht dies in bekannter Weise dadurch, dass das Band um 2 untereinander liegende Rollen *S*förmig herumgeführt und so das Getreide zum Abschiessen genöthigt wird. Diese Rollen sind auf einem fahrbaren Schienenwagen gelagert, der mittelst motorischer Kraft, einfach durch den Druck auf einen Hebel, die ganze Länge

Fig. 64.

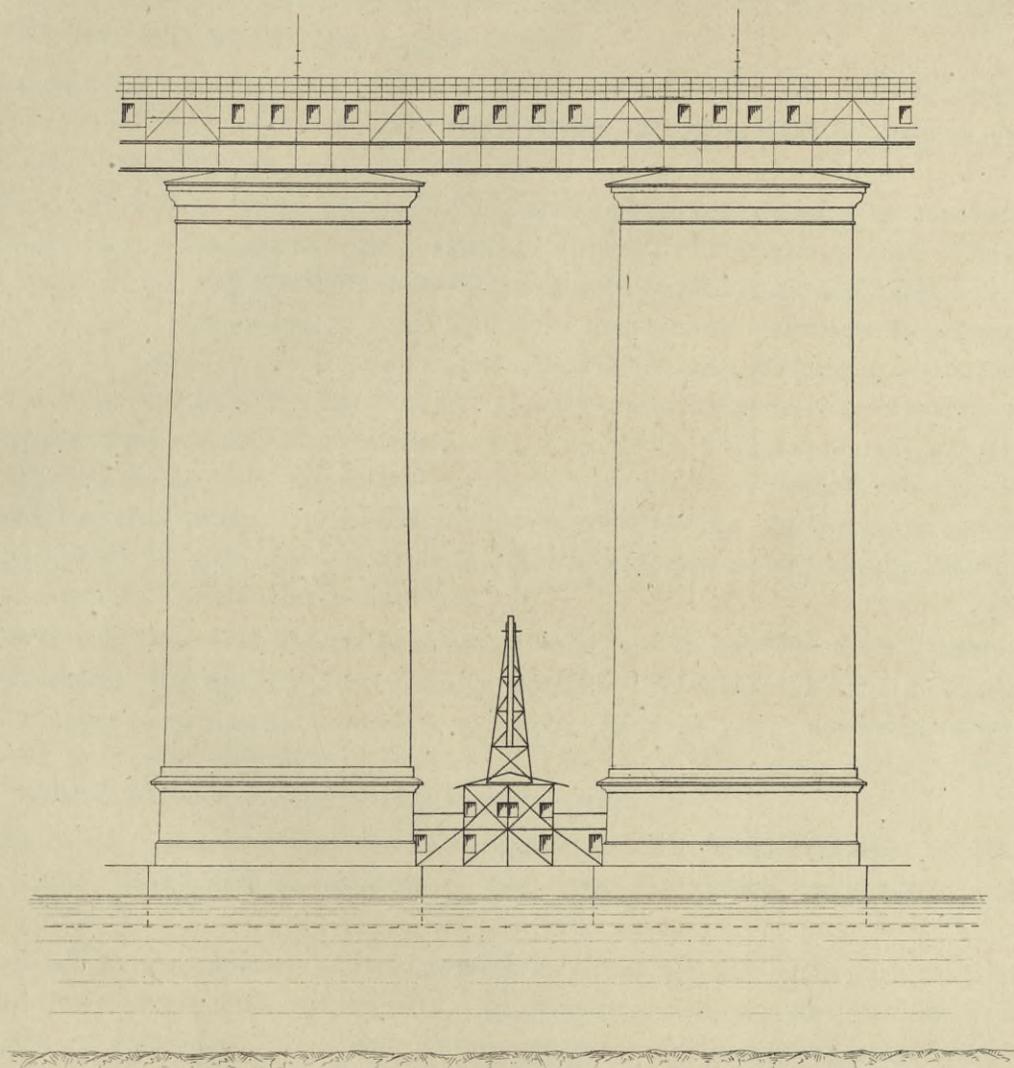


der Behälter entlang auf jeden beliebigen Punkt geführt werden kann, während das betreffende Band ruhig weiterarbeitet. Ein solcher Abwurfwagen, allerdings für kleinere Verhältnisse bestimmt, ist in Fig. 64 dargestellt.

Die Entleerung der grossen Transitbehälter, bezüglich die Beladung der grossen Seeschiffe, findet durch das natürliche Gefälle statt. Aus den Wandungen dieser Silozellen ragen kugelförmig gelagerte, also nach allen Seiten frei bewegliche Rohre heraus, die nach Art der Teleskope ineinandergeschoben und ausgezogen werden können. Diese Rohre sind mit Windevorrichtungen derart verbunden, dass sie leicht und schnell in jede beliebige Lage gelegt und nach Bedarf verlängert werden können. So erfolgt denn die Beladung der Seeschiffe in der einfachsten Weise, so wie es auf Tafel XXI, XXII und XXIV angedeutet ist.

Wegen der Höhe der Seeschiff-Borde würden bei diesem Verfahren die Behälter natürlich niemals ganz entleert werden können, und es muss daher dafür gesorgt werden, dass auch die Reste aus denselben zu entfernen sind. Da ausserdem auch Hilfsmittel für das sogenannte Umstechen von Getreide vorgesehen werden müssen, so sind im Tunnel unter den Silos 2 Transportbänder eingerichtet, welche im Stande sind, Getreide, das aus den grossen Behältern kommt, aufzunehmen.

Während nämlich 6 von den über den Silos laufenden Bändern in der Weise angelegt sind, wie das vorher beschrieben wurde, sind deren zwei derartig geführt, dass der von der Brücke kommende Gurt nicht ohne Weiteres direkt zurückkehrt, sondern er läuft am Ende der Bahn nach abwärts, bis in die unteren Tunnel, geht in diesen zurück und steigt im Brückenpfeiler erst wieder nach oben, um seinen Kreislauf dann



SCHIFFS - ELEVATOR



über die Brücke hinüber zu beschliessen. Auf diese Weise wird also der rücklaufende Theil des Gurtes ebenfalls zum Transport benutzt. Diese Einrichtung ist, wie gesagt, bei zwei Bändern getroffen.

Es sind nun für die sämtlichen Silozellen fünf sogenannte Zwischenelevatoren vorgesehen, welche, gleichmässig auf die ganze Reihe dieser Behälter vertheilt, ihren Platz in den Zwischenräumen zwischen den Cylindern finden. Diese Elevatoren, in der Construction von den früher beschriebenen nicht bemerkenswerth abweichend, nehmen die von den Tunnelbändern herangebrachten Reste auf und heben sie in die Höhe, um sie entweder direkt in das Seeschiff zu schütten oder sie wieder auf eins der oberen Bänder zu geben, die sie dann in einen mehr gefüllten Behälter schütten können.

Dieselben Mechanismen dienen in gleicher Weise für das Umstechen des Getreides behufs seiner Conservirung, indem sie dumpfiges oder lange lagerndes Getreide aus seiner Zelle herausholen und auf dem beschriebenen Wege in einen frischen Behälter führen. —

An denjenigen Stellen, an denen die erwähnten Zwischenelevatoren stehen, sind nun nochmals Vorrichtungen zum Entladen von Flussschiffen und dergleichen kleineren Fahrzeugen gedacht. Wie erinnerlich, ist zwischen dem Wellenbrecher und dem die Transit-Silos tragenden Damme Platz zum Anlegen derartiger kleiner Schiffe vorgesehen. Die Vorrichtungen zu deren Entladung bestehen nun wiederum in sogenannten Schiffselevatoren, die sich aber von denen auf der neuen Estocade dadurch unterscheiden, dass sie nicht fahrbar sind, vielmehr die zu entladenden Schiffe ihre Lage entsprechend dem Aufstellungsorte dieser Apparate wählen müssen. Im Uebrigen ist das Princip ähnlich dem bei Besprechung der Estocade-Elevatoren geschilderten. Auch hier hängt wieder ein Elevator an einem langen Ausleger, der ein die gehobene Frucht heranbringendes Transportband trägt; auch hier sind wieder automatische Waagen zur Feststellung des Gewichtes vorhanden, und das Getreide fällt von diesen Waagen entweder direkt in einen Zwischenelevator oder auf die Tunnelbänder, welche es einem ferner liegenden Zwischenelevator zuführen.

Tafel XXVII zeigt einen solchen Schiffselevator, zwischen zwei Transit-Silos stehend, während Tafel XXII denselben in Thätigkeit, von der Seite her gesehen, darstellt. Auf Tafel XXV ist die Vertheilung dieser Apparate in der ganzen Reihe der Transit-Silos zu sehen. Sollte sich die Nothwendigkeit herausstellen, an dieser Stelle auch hochbordige Seeschiffe zu entladen, so kann durch Wahl einer erhöhten Construction eines oder mehrerer Schiffselevatoren auch dies leicht erreicht werden.

Die Tunnel dieser Anlage sind wiederum an verschiedenen Stellen durch Fahrstühle für Personenbeförderung mit dem oberen Brückenüberbau verbunden, so dass auch hier Aufsicht und Controle nach Möglichkeit erleichtert ist.

Ferner ist bei der maschinellen Einrichtung noch zu erwähnen, dass unter den 36 Getreidebehältern 5 Stück für den Zweck eingerichtet sind, krankes oder wenigstens nicht normales, Getreide aufzunehmen und in seiner Qualität zu verbessern. Zu diesem Zwecke werden Luftkompressoren aufgestellt, welche in die genannten Zellen von unten her einen in Folge eigenthümlicher Construction der Sohle gleichmässig vertheilten Luftstrom pressen. Dieser beraubt das Getreide des dumpfen Geruches, treibt Würmer und Käfer an die Oberfläche, wo dieselben leicht abgeschaufelt werden können, und ist im Stande, bis zu einem gewissen Grade verdorbene Frucht wieder in normale Beschaffenheit zu bringen.

Die Bewegung der Schiffe behufs Erreichung der für die Ent- und Beladung nothwendigen Lage vollzieht sich in einfachster Weise durch sogenannte Capstans (Spillköpfe). Dieselben bestehen in einer verticalen, über den Erdboden hervorragenden kegelartigen Trommel, um welche das Seil, welches das Vorholen des betreffenden Fahrzeuges vermitteln soll, herumgeschlungen wird. Diese Trommel ist durch einen unterhalb liegenden Mechanismus in Umdrehung zu versetzen und wickelt so das Seil auf, das Schiff langsam heranziehend. Wo Fahrzeuge von verschiedener Grösse bewegt werden sollen, gestaltet man die Trommel auch häufig als Doppelkegel von verschiedenen Durchmesser, so dass man, je nachdem man die obere oder untere

Trommel benutzt, eine langsame Bewegung schwererer oder eine schnellere Bewegung leichter Lasten erzielen kann.

Der Mechanismus zum Antriebe dieser Capstans liegt auf der Unterseite ihrer Grundplatte. Diese selbst ist in horizontalen Zapfen drehbar gelagert und kann leicht herumgeschlagen werden, so dass der Motor nach oben zu liegen kommt und so leicht zugänglich wird.

Fig. 65 und 66 zeigen einen solchen Apparat, und zwar mit einfacher Trommel. Die Abbildungen weisen allerdings hydraulische Betriebskraft auf, die ja im vorliegenden Falle nicht zur Anwendung käme. Fig. 66 zeigt die umgekippte Lage des Apparates, wie sie bei nöthigen Reparaturen, Schmieren und dergl. nöthig wird.

Fig. 65.

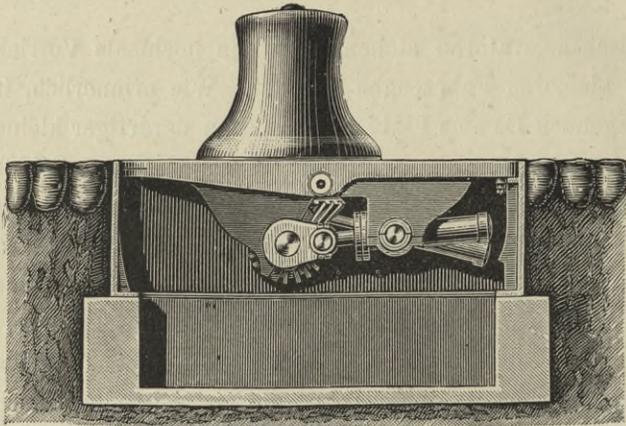
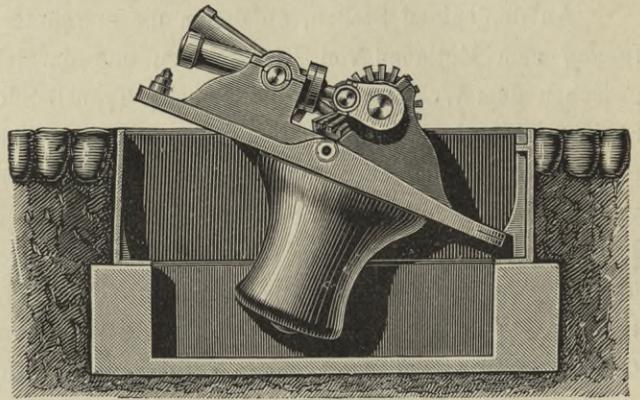


Fig. 66.



Solcher Capstans wären an passenden Orten so viele anzuordnen, dass alle erforderlichen Längs- und Querbewegungen der Schiffe damit erreicht werden können.

Es mag noch erwähnt werden, dass die Vertheilung des in die Seeschiffe fliessenden Getreidestromes im Innern der Schiffsräume durch kleine Schleudermaschinen erfolgt, welche in die Schiffsluken eingehängt werden, also völlig automatisch, ohne Handarbeit. Soweit nicht, wie es bei grösseren Schiffen der Fall sein wird, der Strom des Getreides selbst die zum Betriebe nöthige Kraft hergiebt, wird dieselbe durch kleine Motoren erzeugt werden, welche auf dem Damme der Transit-Silos aufgestellt werden und von denen aus der Antrieb mittelst Schnurübertragung erfolgt.

Wenn im Vorstehenden in grossen Zügen die mechanische Einrichtung skizzirt wurde, wie solche auf Grund langjähriger Erfahrungen als vortheilhaft und allen Anforderungen entsprechend erachtet werden muss, so soll im nächsten Abschnitt ein Ueberblick darüber gegeben werden, welche Möglichkeiten in der Hantirung mit grossen Getreidemassen durch dieselben geboten sind.



## VI. Ueberblick

über die durch vorstehend geschilderte Einrichtung ermöglichten Getreide-Bewegungen.

**Controle. — Personal-Bedarf.**



Die Eisenbahnwaggons, in denen das lose eingeschüttete Getreide herangeschafft wird, sind mit je einem Schieber versehen, durch dessen Aufziehen die Entleerung ohne Handarbeit erfolgt. Mit der einfachen Arbeit des Schieberöffnens beginnt die Reihe einer grossen Zahl von Manipulationen, die sich, je nach Wahl und Bedarf, mit den geschilderten Einrichtungen durchführen lassen, und über die zunächst hier eine Uebersicht gegeben werden soll.

1) Das aus den Waggons kommende Getreide kann in den Dammsilos gelagert werden. Zu bemerken ist hierbei, dass, falls eine solche Lagerung aus irgend welchen Gründen vorgenommen werden sollte, ein Umstechen der Frucht nicht möglich ist, weil hierzu die erforderlichen Einrichtungen an Bändern und Elevatoren nicht vorgesehen sind.

2) Das Getreide kann aus den Dammsilos durch die darunter liegenden Bänder weiterbefördert, bei Abfall von den Bändern in die Elevatoren aspirirt, durch die Elevatoren gehoben, bei Ausfall aus den Elevatoren vermittelt Sieben und Aspirationsapparaten nochmals gereinigt, automatisch verwogen und durch die auf den Silos belegenen grossen Bänder in beliebige Transitbehälter zur Lagerung weitertransportirt werden.

3) Dieselbe Manipulation kann, unter Fortlassung der Reinigung, aber Beibehaltung der automatischen Verwiegung durchgeführt werden.

4) Die gleiche Manipulation kann unter Beibehaltung der Reinigung aber unter Wegfall der automatischen Verwiegung geschehen.

5) Die gleiche Manipulation kann unter Fortlassung sowohl der Reinigung als auch der Verwiegung vorgenommen werden.

6) Das Getreide kann von den Estocade-Silos aus durch die Bänder derselben, durch die Elevatoren und die oberen Bänder, ohne mit den Innenräumen der Transit-Silos in Berührung zu kommen, direct in die Schiffe verladen werden.

7) Das in den grossen Elevatorbehältern gelagerte Getreide kann umgestochen, d. h. aus einem Silo-behälter herausgenommen, gehoben und in einen anderen, nach dem südlichen Ende der Transit-Siloreihe zu gelegenen, geschüttet werden.

8) Die auf der Estocade aufgestellten fahrbaren Barken-Elevatoren nehmen das Getreide aus den kleineren Kähnen und Seeschiffen auf und verwiegen es, um es in die Estocade-Silos oder durch dieselben auf die Bandtransporteure zu führen.

9) Dieselbe Procedur kann unter Fortlassung der Verwiegung erfolgen.

10) Diese Schiffs-Elevatoren können das Getreide aus den Barken aufnehmen und verwiegen, um es in die Eisenbahnwaggons fallen zu lassen, die dann im Stande sind es zur Lagerung nach den ausserstädtischen Speichern im Norden und Westen der Stadt zu bringen. Dieselbe Procedur ist wieder unter Ausschluss der Verwiegung möglich.

11) Die in der Reihe der Transit-Silos aufgestellten Barken-Elevatoren können das Getreide durch Vermittelung der unteren Bänder und der Zwischen-Elevatoren direct in die Oceandampfer befördern.

12) Dasselbe kann unter Ausschluss der Verwiegung geschehen.

13) Die genannten Barken-Elevatoren können das Getreide nach Verwiegung durch Vermittelung der unteren Bänder und der Zwischen-Elevatoren, sowie der oberen Bänder, in die Transit-Silos schütten.

14) Dasselbe kann ohne Verwiegung erfolgen.

Es muss betont werden, dass sowohl die Barken-Elevatoren auf der Estocade, wie auch die Barken-Elevatoren in der Reihe der Transit-Silos zwar für automatische Verwiegung eingerichtet sind, jedoch keine Reinigungs-Vorrichtungen besitzen. Soll das mit den Barken an der Estocade ankommende Getreide also gereinigt werden, so muss es stets in die Estocade-Silos aufgenommen werden. Das Getreide, welches durch die in der Reihe der Transit-Silos stehenden Barken-Elevatoren gehoben wird, kann nicht gereinigt werden, weil der Ersparniss halber kein Transportmittel vorgesehen ist, welches die Frucht zurück nach den Reinigungsmaschinen am andern Ende der Brücke bringen könnte. Sollte es jedoch für nöthig erachtet werden, so könnten später leicht entsprechende Reinigungsmaschinen zwischen einigen der Transit-Silos zur Aufstellung gelangen.

Die im vorstehenden Abschnitte beschriebenen sogenannten Krankenzellen machen natürlich gegenüber den anderen Behältern in Bezug auf Aufnahme und Abgabe von Frucht keine Ausnahme, sondern werden in dieser Beziehung den übrigen völlig gleich behandelt.

Es muss noch Einiges betreffs der Zufuhr von Getreide durch gewöhnliche Landfuhrwerke gesagt werden. Dieselbe ist dadurch zu ermöglichen, dass neben den 2 Schienengleisen, welche sich auf der Estocade befinden, seitlich 2 Fahrwege hergestellt werden, von denen der eine für die Anfahrt, der andere für die Rückfahrt der Fuhrwerke dient. Das in Säcken herangebrachte Getreide wird in die ersten Estocade-Silos ausgeschüttet, von wo es durch die bekannten unterhalb liegenden Transportbänder weiterbefördert werden kann.

Bei dem Einschütten passirt dieses Getreide ebenfalls automatische Waagen, die das Gewicht der abgelieferten Mengen controliren.

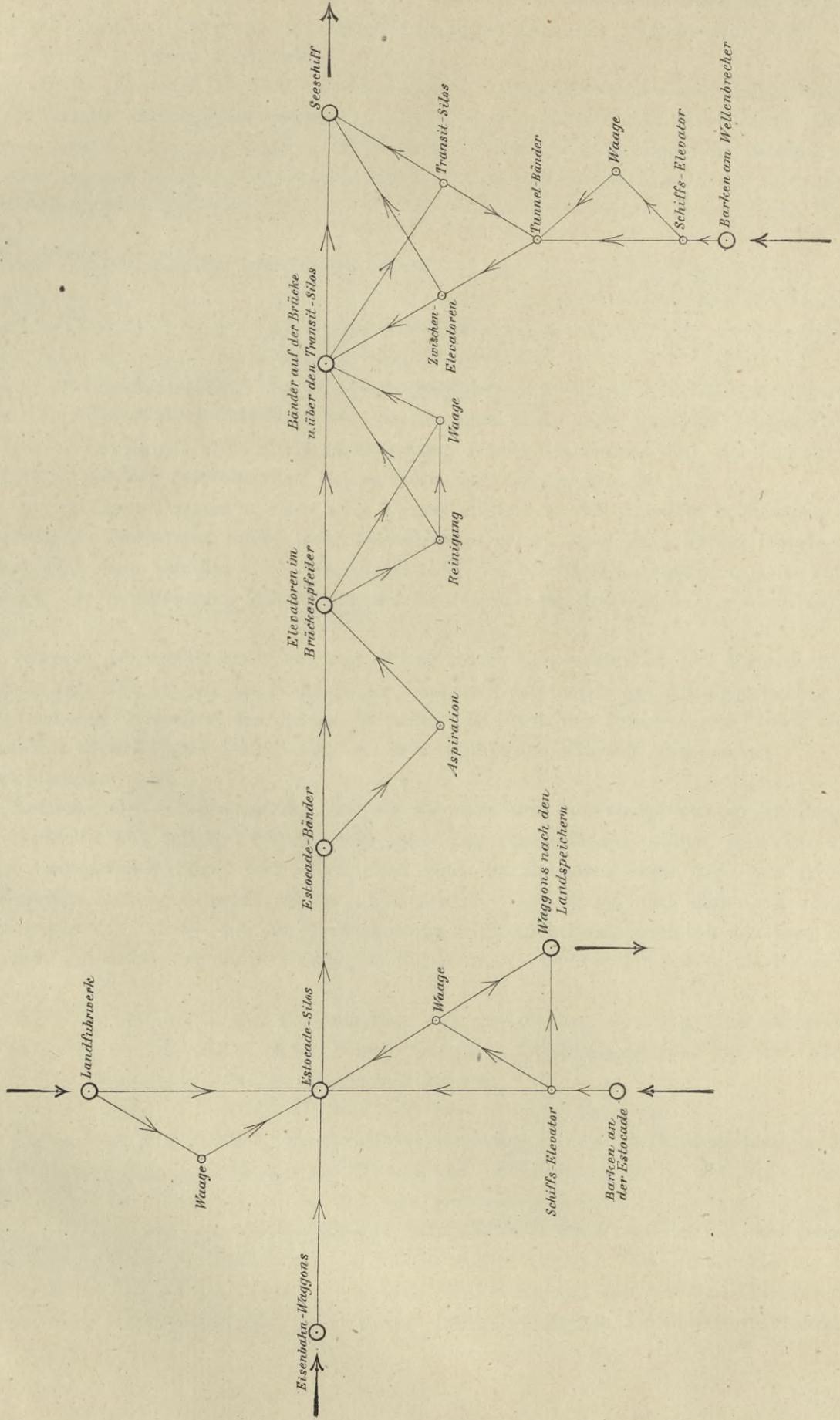
Es muss zugestanden werden, dass die Bewegung des per Landfuhrwerk herangeführten Getreides im Verhältniss zu der Einrichtung der ganzen Anlage etwas nebensächlich behandelt ist, jedoch ist zu bedenken, dass der jetzt für Beladung der Schiffe mit Getreide dienende Hafen durch den Bau der Transit-Silos frei wird und somit ausschliesslich dem Verkehr zwischen Landfuhrwerk und den zu beladenden Schiffen dienen kann. Andererseits aber wird voraussichtlich die Zufuhr durch Landfuhrwerk durch den äusserst billigen Betrieb und die grosse Leistungsfähigkeit der automatischen maschinellen Einrichtung immer mehr eingeschränkt und schliesslich bis auf ein äusserstes Minimum gebracht werden.

Zur Erzielung eines klaren Ueberblickes über alle Möglichkeiten, die hinsichtlich der Getreidebewegung geboten sind, möge die Tafel XXVIII dienen. Dieselbe ist ohne besondere Erläuterung verständlich. Es sei nur bemerkt, dass die einzelnen Beförderungs- oder Aufnahmeorgane durch Punkte markirt sind, die natürlich ganz unabhängig von ihrer gegenseitigen örtlichen Lage, lediglich in Rücksicht auf ihre Aufeinanderfolge angedeutet sind.

Bei einer so ausgedehnten Anlage ist es selbstverständlich, dass alle von der modernen Technik dargebotenen Hilfsmittel zur Erleichterung der Ueberwachung und Controle angewendet werden. Vor allen Dingen müssen die an den einzelnen Punkten beschäftigten Beamten und Aufseher natürlich im Stande sein, sich nach allen Punkten hin telephonisch verständlich zu machen.

Sodann aber ist es wesentlich, dass der Leiter der ganzen Anlage, dessen Bureau am besten an derjenigen Stelle liegen dürfte, wo die Schienengleise vom Lande her auf die Estocade einbiegen, ohne sein Zimmer zu verlassen, jeden Augenblick über jeden im Gebiete des Getreideverkehrs stattfindenden Vorgang unterrichtet ist, dadurch dass sich auf verschiedenen in dem Bureau raume anzubringenden Tableaux ein voll-

SCHEMATISCHE ÜBERSICHT ÜBER DIE GETREIDE-BEWEGUNG





ständiges Bild des ganzen Betriebes entrollt. Die Elektrizität bietet ja ein vorzügliches Mittel zur Erreichung dieses Zweckes. Durch Telephon, Telegraph und Signalvorrichtungen kann der Dirigent dann sofort seine Anordnungen den einzelnen Aufsehern übermitteln.

Es muss also auf den genannten Tableaux zu erkennen sein, welcher Silobehälter leer, halbgefüllt oder gefüllt ist, in welche Behälter augenblicklich Getreide von den Bändern geschüttet wird, aus welchen Behältern jeweilig das Getreide nach zu beladenden Schiffen abfällt, welche Bänder und Elevatoren im Betriebe sind, welcher Estocade-Silo augenblicklich mit Getreide besetzt ist, welche Reinigungsmaschine und automatische Waage augenblicklich functionirt und schliesslich wie viel Getreide durch jede einzelne automatische Waage hindurchgelaufen ist.

Auf diese Weise ist der Leiter über jeden kleinen Vorfall, ja über jede Betriebsstörung informirt, weil, man kann sagen, jedes einzelne Organ der ganzen Anlage sein eigenes Protokoll im Amtszimmer des Directors führt. Ausgenommen hiervon sind nur die Capstans und Windevorrichtungen zur Bewegung der Ablaufröhren an den Transit-Silos, deren Bewegung den Director ja weniger interessirt.

Ebenso bekommt der Maschinenmeister, der sämtliche Mechanismen zu überwachen hat, durch ähnliche Tableaux in seinen Diensträumen einen Ueberblick über die Bewegung aller, sogar auch der letzterwähnten Apparate und ist dadurch im Stande, in die hierfür anzulegenden Bücher einzutragen, wie viel Stunden der eine oder andere Apparat pro Tag gearbeitet hat, welche Störungen vorgekommen sind u. s. w.

Zur Controle der jeweiligen Temperatur eines jeden Transitbehälters werden Apparate in dieselben eingesetzt, welche, sobald die Temperatur irgend einer Getreidemasse derart steigt, dass sie der betreffenden Frucht gefahrdrohend wird, einen schrillen Pfiff ertönen lassen, der den betreffenden Aufseher an seine Pflicht erinnert und ihn mahnt, die nothwendigen Maassregeln, wie Umstechen oder Hinüberführen in die Krankenzellen, zu veranlassen.

Bei einem so vollendet durchgeführten Werke, wie es hier gedacht ist, beschränkt sich die menschliche Thätigkeit naturgemäss fast lediglich auf das Einleiten der einzelnen Operationen, auf das Ueberwachen der maschinellen Theile und das Controliren des ganzen Betriebes. Es wird von Interesse sein, durch einen Uberschlag festzustellen, wieviel Personal die Anlage zu ihrer regelrechten Führung beansprucht.

Es werden erforderlich:

4 Mann zum Aufziehen der Schieber an den auf den Estocade-Silos rangirenden und zu entladenden Waggons. Wenn zu gleicher Zeit zufällig zwei, drei oder selbst vier Züge einlaufen sollten, vertheilen sich diese Leute an die verschiedenen Züge, und selbst dann wird die Entladung eines Zuges mit grosser Waggonanzahl nur geringe Zeit in Anspruch nehmen. Die gleichen Leute hätten auch darauf zu achten, dass die Schlitze, in welche das Getreide von den Eisenbahnwaggons hinein gelassen wird, mit den dazu vorhandenen Vorrichtungen gut geschlossen werden, damit bei Regenwetter keine Feuchtigkeit in die Estocade-Silos gelangt.

4 Mann zum Ziehen der Schieber an den Estocade-Silos, d. h. zur Speisung der unten liegenden Bänder und zur Beaufsichtigung der an den Enden dieser Bänder belegenen Aspirationsapparate und zur Ueberwachung des Betriebes der Elevatoren, sowie der zugehörigen Motoren.

4 Mann Bedienung von zwei auf den Estocade-Silos befindlichen Barken-Elevatoren.

4 Mann zur Ueberwachung des Betriebes der Reinigungsvorrichtungen oben im Brückenthurm an den Elevatorköpfen, zur Beaufsichtigung der automatischen Waagen und zur Dirigirung der die Brücken-, bezüglich Transitsilo-Bänder speisenden Abwurfbänder mit den dazu gehörigen Motoren.

10 Mann zu den 5 Stück in der Reihe der Transit-Silos aufgestellten Schiffs-Elevatoren mit dazu gehörigen Motoren. Diese Leute hätten zu gleicher Zeit den Dienst an den Capstans, die Beaufsichtigung der Tunnelbänder, sowie auch den Betrieb der Zwischen- (Umstech-) Elevatoren und aller auf den Fundamenten am Fusse der grossen Silos stehenden Motoren zu versehen; ferner den Betrieb der Getreidevertheilungs-

Apparate für das Innere der Schiffe und schliesslich die Dirigirung der Ablaufröhren von den Silos nach den Schiffen hin.

Es wird hierbei allerdings vorausgesetzt, dass die Mannschaften derjenigen Schiffe, welche beladen werden, die hauptsächlichste Handarbeit thun, während die erwähnten 10 Leute das Commando führen und die Dirigirung der Capstans, der Windevorrichtungen etc. besorgen.

Ferner sind noch erforderlich:

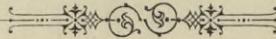
- 1 Aufseher für die Arbeitercolonne auf den Transit-Silos und der Brücke,
- 1 Aufseher für die Arbeitercolonne in den Tunneln unterhalb der Transit-Silos,
- 1 Aufseher für die Arbeitercolonne unter den Estocade-Silos,
- 1 Aufseher für die Arbeitercolonne auf der Estocade,
- 1 Aufseher zur Ueberwachung des Landfuhrwerksverkehrs und zur Controlirung der Ausschüttung des Getreides aus den Säcken in die Estocade-Silos.

Sodann müssten noch angestellt werden:

- 1 Director,
- 1 Inspector,
- 2 kaufmännische Beamte,

Die jährlichen Unkosten, welche aus dieser Verwaltung entstünden, würden sich folgendermaassen stellen:

Gehalt für den Director. . . . .	10 000 Mk.
Gehalt für den Inspector . . . . .	6 000 »
Gehalt für zwei kaufmännische Beamte . . . . .	5 000 »
Gehalt für die 5 Aufseher, pro Mann 2400 Mk. . . . .	12 000 »
Gehalt für die 26 Arbeiter, » » 1500 » . . . . .	39 000 »
	Summa 72 000 Mk.



VII. Fassungsvermögen,  
Leistungsfähigkeit und Kosten.



Jeder der Transit-Behälter kann bei einem Durchmesser von 15 m und einer nutzbaren lichten Höhe von 42 m rund

$$\frac{15^2 \cdot 3,14}{4} \cdot = 7417 \text{ cbm} = \text{rund } 5000 \text{ t Roggen}$$

in sich aufnehmen. Da nun 36 solcher Behälter vorhanden sind, so beträgt das Gesamtquantum an Roggen, welches die Transit-Silos unterzubringen vermögen,

$$5000 \cdot 36 = 180\,000 \text{ t.}$$

Wenn später zwischen die 36 Transit-Silos die bereits erwähnten, im Durchmesser geringeren, eingebaut werden, deren Zahl in Anbetracht der 5 durch Schiffelevatoren etc. ausgefüllten Zwischenräume 30 betragen würde, so wäre auf eine Erhöhung des Fassungsquantums um etwa

$$\frac{13^2 \cdot 3,14}{4} \cdot 42 \cdot 30 = 5515 \cdot 30 \text{ cbm} = \text{rund } 120\,000 \text{ t.}$$

zu rechnen.

Bedenkt man, dass unter Umständen auch die Estocade-Silos zur Lagerung von Getreide herangezogen werden können, so erhöht sich die Menge des unterzubringenden Getreides bei einer Querschnittfläche der Estocade von ungefähr 84 qm um

$$84 \cdot 1000 = 84\,000 \text{ cbm} = \text{rund } 60\,000 \text{ t.}$$

Es beziffert sich also die gesammte Aufnahmefähigkeit der gesammten Anlage zu

180 000 t

120 000 t

60 000 t

---

Summa 360 000 t Roggen.

Dieser Lagerraum erscheint gegenüber den jetzt vorhandenen Speichern nicht allzu bedeutend, denn gegen Ende des Jahres 1888 lagerten in Odessa rund 3 100 000 Tschetwerts = rund 500 000 t Getreide. Es darf aber nicht vergessen werden, dass die neu zu schaffenden Getreide-Behälter nicht den Zweck langer Aufbewahrung von Frucht haben, sondern nur ein Mittel für die möglichst schnelle Beladung von Seeschiffen bieten sollen, daher ihnen auch der Name Transit-Silos beigelegt ist. Die Verkürzung der Aufenthaltszeit der im Hafen ankernden, Getreide aufnehmenden Schiffe, das ist der Hauptzweck der Neuanlage, der auch, wie weiter unten ausgeführt werden soll, völlig erreicht wird.

Nichtsdestoweniger wird man diese Transit-Silos auch als Mittel zur Lagerung und Conservirung von Frucht betrachten und benutzen können, wenn die Getreideausfuhr wegen Eisbildung oder aus sonst einem Grunde einmal stocken sollte.

Es ist also immerhin mit der Möglichkeit zu rechnen, dass, falls die Steigerung des Getreideverkehrs in Odessa nicht ganz den Erwartungen und bisherigen Erfahrungen entsprechen sollte, einmal ein Theil der jetzigen Landspeicher leer stehen könnte. In einem solchen Falle würden aber die Besitzer insofern keinen

Schaden erleiden, als sie sich gewiss entschliessen würden, dieselben in Wohnungen umzugestalten, wobei sich diese Gebäude sicher nicht schlechter rentieren würden als in ihrer jetzigen Eigenschaft als Speicher.

Im Sinne einer gesunden Entwicklung des Getreidehandels liegt es jedenfalls, darauf hinzuwirken, die mechanischen Verkehrsanlagen des Hafens immer mehr auszudehnen und die Benutzung der Landspeicher, welche ein mehrmaliges Umladen der auf die Seeschiffe zu bringenden Massen bedingen, in Zukunft einzuschränken. Durch die mechanische, schlichte und schnelle Erledigung der Getreideausfuhr bei Vermeidung jeder Handarbeit werden jährlich erhebliche Summen erübrigt werden, die nicht nur der Südwestbahn, sondern dem gesamten Getreideverkehr zu Gute kommen und einen enormen Aufschwung desselben sichern.

Nimmt man an, dass ein Eisenbahnzug 75 Waggons enthält, von denen jeder 10 000 kg Getreide führt, so ergibt dies für den einen Zug eine Masse von 750 t. Sind die Waggons nun nicht alle voll beladen, so kann man immerhin ein Quantum von etwa 550 t voraussetzen.

Das Ziehen der Schieber an den Waggons eines solchen Zuges nimmt nur eine sehr geringe Zeit in Anspruch, denn es können zwei Arbeiter vom Ende des Zuges nach vorn, zwei andere von der Lokomotive her ihnen entgegen gehen und das Öffnen der unteren Wagenverschlüsse besorgen. Das Auslaufen der Körner an und für sich wird nur  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Minuten dauern. Rechnet man jedoch die Arbeit des Schieberziehens, das Ein- und Ausrangieren des Zuges sehr reichlich, so kann man mit grosser Sicherheit annehmen, dass die vollständige Abfertigung eines solchen Zuges nicht mehr als 1 Stunde in Anspruch nehmen wird.

Da die Estocade-Silos 1000 m lang sind, ein Zug von 75 Waggons aber nur ungefähr 800 m Länge hat, so kann, selbst wenn auf diese Strecke die Silos vollständig gefüllt sind und die unteren Transportbänder dieselben nicht gleich entleeren, nach diesem ersten Zuge noch ein zweiter von ungefähr 20 Waggons dasselbe Gleis befahren und in eben so kurzer Zeit entleert werden.

Sieht man jedoch von diesen kleineren Transporten gänzlich ab, so können bei 10 Stunden Arbeitszeit und bei nur 550 t Ladung eines Zuges täglich

$$550 \cdot 10 \cdot 4 = 22\,000 \text{ t Getreide}$$

von der Eisenbahn entladen werden.

Durch dieses Quantum würde also der Raum der Estocade-Silos noch lange nicht ausgefüllt werden, so dass die Bänder unter der Estocade während der ganzen Tagesschicht nicht in Betrieb zu kommen brauchen, selbst wenn man berücksichtigt, dass sich unter dem Zwischenraum zwischen zwei Waggons leerbleibende Böschungскеile bilden.

Die durch die Bahn heranzuschaffende Getreidemenge wird sich übrigens noch erheblich erhöhen lassen, wenn man weniger als 1 Stunde für das Abfertigen eines Zuges gebraucht, und dass dies möglich sein wird, unterliegt keinem Zweifel. Wie vorstehend gezeigt, genügen die Estocade-Silos auch reichlich für ein solches höheres Quantum.

Durch die in der Beschreibung erwähnten, in Abständen von 20 m angeordneten Querscheidewände ist es ermöglicht, verschiedene Sorten Getreide zu lagern, ohne dass dieselben durcheinander gemischt zu werden brauchen. Die kleinsten Quantitäten ein und derselben Sorte, welche erfahrungsmässig durch die Bahn herangeschafft werden, füllen 8 bis 10 Waggons. Diese nehmen also stets eine Länge von 64 bis 80 m ein. Der Zug braucht daher nur so rangirt zu werden, dass der letzte, eine bestimmte Sorte Getreide führende Waggon mit einer der Querwände abschneidet, so kann die Lagerung völlig separirt geschehen.

Führen mehrere aufeinander folgende Züge gleichartiges Getreide, welches ein und demselben Besitzer gehört, so liegt natürlich Nichts im Wege, dass auch der zweite Zug in die gleichen Kammern entleert, in welche der erste schüttete.

Jedes der 8 in der Estocade liegenden Bänder ist für eine stündliche Leistung von ungefähr 280 t berechnet. Es bewältigen also die 8 Bänder in 10 Arbeitsstunden

$$280 \cdot 8 \cdot 10 = 22\,400 \text{ t.}$$

Ihr Verhältniss zu den von der Eisenbahn gelieferten Mengen ist also ein durchaus richtiges.

Erfordert der Betrieb ausnahmsweise einmal eine Steigerung der Leistung, so kann man diese Bänder Tag und Nacht (22 Stunden) laufen lassen und bewältigt dann mit ihnen

$$280 \cdot 8 \cdot 22 = \text{rund } 50\,000 \text{ t,}$$

so dass man ungefähr durch einen solchen doppelschichtigen Betrieb die gesammten Estocade-Silos, wenn sie bis auf das höchste Maass gefüllt wären, leer bekommen würde.

Die Elevatoren im Brückenpfeiler und die 8 Brückenbänder haben naturgemäss die gleiche Leistungsfähigkeit wie die Estocadebänder. Ebenso die Zwischenelevatoren der Transit-Silos, die Reinigungsmaschinen und die automatischen Waagen.

Da ein Seeschiff durchschnittlich 3000 t Ladefähigkeit besitzt, so würden also die Estocadebänder, vorausgesetzt, dass in den Transit-Silos kein Getreide vorhanden sei, die Schiffe also direct gespeist werden müssten, im Stande sein

$$\frac{50\,000}{3000} = \text{rund } 17 \text{ Schiffe}$$

in 22 Stunden zu beladen.

Anders jedoch gestaltet sich die Beladefähigkeit, wenn man die Transit-Silos in Betracht zieht und voraussetzt, dass diese in den bei der directen Beladung auftretenden Pausen völlig mit Getreide gefüllt worden sind. Der Inhalt der vorerst nur in Ausführung zu bringenden 18 Behälter würde 90 000 t betragen und man könnte mit ihm  $\frac{90\,000}{3000} =$  bis zu 30 Seeschiffe beladen. Gleichzeitig könnten aber dann die Bänder directe Einschüttung in die Schiffe vornehmen, wenn auch 2 derselben für die Zwecke des Heraushebens der Rester aus den Silos und Einschüttens in die Schiffe frei bleiben müssen. Mit grosser Sicherheit wird man daher auf eine Gesamt-Beladefähigkeit von mindestens 35 Seeschiffen in 22 Stunden bei vorher gefüllten und auf eine solche von 17 Schiffen bei leeren Transit-Silos rechnen können.

Durch die lange Ausdehnung des Transit-Silodammes ist für eine solche Anzahl von Schiffen hinreichend Platz vorhanden.

Zu erwähnen ist noch, dass die Schiffelevatoren auf der Estocade und diejenigen zwischen den Transit-Silos eine Leistungsfähigkeit von je 50 t in der Stunde besitzen.

Es erübrigt jetzt noch, das Verhältniss der Leistungsfähigkeit dieser Anlage zu ihren Kosten zu ergründen.

Nach einer ungefähren Ueberschlagsrechnung dürften sich die Kosten der Gesamt-Anlage, wenn sie einmal in der vollen angedeuteten Ausdehnung vorhanden ist, mit Allem, was von der Entladung der Waggons bis zur Einschüttung in die Schiffe oder Lagerung in den Silobehältern dazu gehört, folgendermaassen stellen:

Die maschinellen Vorrichtungen und die Eisenconstructions . . . . .	10 000 000 Mark
Die Bauarbeiten . . . . .	13 000 000 »
	<u>Summa 23 000 000 Mark.</u>

Da man die drei Operationen: »Transport des Getreides vom Lande in die Seeschiffe«, »Lagerung von Getreide in den Silobehältern« und »Conservirung feuchter oder schadhafter Frucht durch Umstechen, bezüglich Bearbeiten in den Krankenzellen«, von einander trennen muss, so soll auch die Bausumme entsprechend vertheilt werden. Man kann ungefähr annehmen, dass auf die eigentliche Transport-Anlage 5 000 000, auf die Anlagen zum Lagern der Frucht 17 000 000 und auf die Einrichtungen zum Umstechen, bezüglich die Krankenzellen, 1 000 000 Mark Herstellungskosten entfallen.

Die Transportbänder können nun bekanntlich  $280 \cdot 8 = 2240$  t Roggen in der Stunde, also bei Tag- und Nachtbetrieb und unter Reservirung von 2 Stunden für Schmierer, Putzer und Arbeiterablösung  $2240 \cdot 22 =$  rund 50 000 t befördern. Nimmt man diesen vollen Betrieb nur zu 100 Tagen im Jahre an, so beträgt

das in einem Jahre beförderte Quantum 5 000 000 t = 305 000 000 Pud. Es beträgt diese Menge das  $2\frac{1}{2}$  fache von der im Jahre 1888 ausgeführten.

Bei einer solchen Leistung würden sich die Unkosten für die Beförderung in die Seeschiffe ungefähr folgendermaassen stellen:

5 Procent Zinsen von 5 000 000 Mark . . . . .	250 000 Mark
6 Procent Amortisation von 5 000 000 Mark . . . . .	300 000 »
Personal (eigentlich nur theilweis hierfür thätig, zur Sicherheit aber ganz gerechnet) . . . . .	72 000 »
Reparaturen . . . . .	2 000 »
Beleuchtung . . . . .	10 000 »
Abgaben . . . . .	10 000 »
Feuerversicherung, 3 ‰ . . . . .	15 000 »
Kosten für die Betriebskraft, pro Stunde und Pferdestärke der Sicherheit halber zu 0,075 Mk. angenommen . . . . .	330 000 »
Unvorhergesehenes . . . . .	7 400 »
	Summa 996 400 Mark

Es kostet mithin 1 t Getreide auszuladen, zu reinigen, zu verwiegen, in das Schiff zu bringen und daselbst zu vertheilen 0,199 Mark, also pro Pud 0,00326 Mark.

Würde man aber glauben, mit einem grösseren Getreideverkehr, als ihn das Jahr 1888 aufwies, vorläufig nicht rechnen zu dürfen, so könnte man die mechanische Einrichtung kleiner wählen, so dass ihre Kosten etwa 2 500 000 Mark betragen würden. Dies würde für ein jährliches Quantum von rund 2 000 000 t = 120 000 000 Pud folgende Unkosten ergeben:

5 Procent Zinsen von 2 500 000 Mark . . . . .	125 000 Mark
6 Procent Amortisation von 2 500 000 Mark . . . . .	150 000 »
Personal (dem geringeren Quantum entsprechend reducirt, aber wieder ganz für den vorliegenden Zweck gerechnet) . . . . .	55 000 »
Reparaturen . . . . .	1 000 »
Beleuchtung . . . . .	8 000 »
Abgaben . . . . .	8 000 »
Feuerversicherung, 3 ‰ . . . . .	7 500 »
Kosten der Betriebskraft, wieder zur Sicherheit pro Stunde und Pferdestärke zu 0,10 Mark gerechnet . . . . .	150 000 »
Unvorhergesehenes . . . . .	5 500 »
	Summa 510 000 Mark

Es würde unter diesen Umständen also 1 t Getreide auszuladen, zu reinigen, zu verwiegen, in das Schiff zu bringen und dort auszubreiten 0,25 Mark kosten, oder auf 1 Pud berechnet 0,0041 Mark.

Nach Angabe der Direction der russischen Südwestbahn kostet gegenwärtig die Verladung des Getreides pro Pud nur 0,004 Mark (0,198 Kopeken), jedoch ist zu berücksichtigen, dass bei diesem Preise nicht mitcalculirt sind:

- die Verzinsung der Capital-Anlage für die Estocade sammt den Schienengleisen;
- die Amortisation derselben;
- die Feuerversicherungs-Prämie;

- die Abgaben;
- die Beleuchtung;
- die Kosten für die Getreidevertheilung im Schiffe.

Rechnet man diese Werthe hinzu, so wird man auf einen Einheitssatz kommen, der den bei der neuen Anlage gewonnenen erheblich übersteigt. Dabei ist dann noch zu berücksichtigen, dass die Estocade an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angekommen ist, während die neue Einrichtung jeder Steigerung des Getreideverkehrs gewachsen sein würde. Ferner vermag die Neueinrichtung das Getreide, sofern es gewünscht wird, zu reinigen und zu verwiegen, und schliesslich wird eine erhebliche Abkürzung der Zeit herbeigeführt, welche die Schiffe im Hafen verbleiben müssen. Freilich wird für die Dauer der Ankerung eine Hafenniethe entrichtet, aber der Rheder wird gern einen höheren Einheitssatz, oder selbst absolut genommen, höhere Beträge zahlen, wenn er sein Schiff um so viel Zeit früher abgefertigt erhält.

Hinsichtlich der Kosten für die Lagerung stellen sich die Verhältnisse wie folgt.

In dem neuen Werke können, wie berechnet, 360 000 t gelagert werden. Nimmt man nun für jeden Posten eine Lagerzeit von 2 Monaten an und rechnet im Jahre 2 Monate Versäumniss durch Ausladung und Füllung, so kann der Inhalt in einem Jahre 5 Mal wechseln. Die jährlich lagernde Getreidemenge betrüge also 1 800 000 t.

Die Kosten hierfür stellen sich auf:

5 Procent Zinsen von 17 000 000 Mark . . . . .	850 000 Mark
1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Procent Amortisation von 17 000 000 Mark . . . . .	255 000 »
Feuerversicherung ist hierbei nicht nöthig, da die Objecte alle feuer-	
sicher sind.	
Beaufsichtigung (hier nur der Sicherheit halber nochmals mitberechnet).	10 000 »
Reparaturen . . . . .	5 000 »
Abgaben. . . . .	25 000 »
	Summa 1 145 000 Mark

Es stellen sich also die Lagerkosten für 1 t auf ungefähr 2 Monate auf 0,64 Mark, oder für ein Pud auf 0,01 Mark.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass Extrakosten, wie sie bei dem jetzigen umständlichen Verkehr vorhanden sind, ganz fortfallen. Namentlich auch wird die zu zahlende Lagergebühr keinen Schwankungen unterliegen, wie das jetzt bei starkem Waarenandrang der Fall ist.

Endlich sind die ungefähren Kosten für das Umstechen von Getreide, bezüglich für seine Behandlung in den Krankenzellen, zu berechnen, und zwar sollen diese wieder auf 1 800 000 t jährlich bezogen werden.

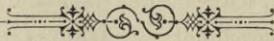
Amortisation und Verzinsung von 1 000 000 Mark . . . . .	110 000 Mark
Personal (nur zur Sicherheit nochmals gerechnet) . . . . .	25 000 »
Betriebskraft (wie vorher gerechnet) . . . . .	165 000 »
Beleuchtung . . . . .	8 000 »
Reparaturen . . . . .	3 000 »
	Summa 311 000 Mark

Das beträgt also pro Tonne 0,17 Mark oder pro Pud 0,0028 Mark.

Die besondere Bearbeitung von Getreide wird aber in dieser Weise nicht oft nöthig werden, wenn dasselbe nur einigermassen trocken in die Silos gelangt, denn die Silowände werden gegen Witterung vor-

züglich isolirt und ausserdem nach oben durch dichtschiessende Ventile abgedichtet, so dass sich die Frucht unter gründlicher Luftabspernung ausgezeichnet hält.

Die Betriebskosten der fahrbaren und festen Schiffs-Elevatoren, der Capstans, der Fahrstühle, ferner die von schwimmenden Elevatoren, Kränen und sonstigen Hilfs- und Neben-Apparaten hier zu ermitteln, dürfte weniger von Interesse sein, weil sich Gelegenheit zum Vergleiche dadurch nicht bietet. Die Betriebskraft für alle diese Nebenmechanismen wird in einem Jahre bei 100 Tagen Vollbetrieb ungefähr 176 000 Mark kosten.



## VIII. Schlussbetrachtungen.



Wenn an einen Fachmann im Speicherwesen die Aufgabe herantritt, das vortheilhafteste Project für die Herstellung von Getreide-Elevatoren für den Odessaer Hafen aufzustellen, so kommt er bei dem Studium der Verhältnisse sicher in erster Linie zu dem Schlusse, dass die günstigste Stelle für die Erbauung solcher Speicher das zwischen dem hochgelegenen Stadtpark und dem jetzigen Getreidehafen liegende Terrain sei. Es könnte da die Aufnahme des Getreides von den Eisenbahnzügen her direct erfolgen, und die Beladung der Seeschiffe hätte durch horizontal auf Gerüsten liegende Bandtransporteure, so wie deren jetzt schon eine Anzahl in kleinerem Maassstabe im Hafen im Betriebe ist, zu erfolgen. Diese Lösung der gestellten Aufgabe wäre in gewisser Beziehung eine gute, wenn es in dem jetzigen Getreidehafen nicht an Platz mangelte, um eine genügende Anzahl von Schiffen vor der Front der gedachten Speicher zu gleicher Zeit aufstellen und beladen zu können.

Auch der Gedanke, auf den einzelnen Molen Speicher zu errichten, kann den Fachmann beschäftigen. Er wird aber sehr bald zu der Ueberzeugung kommen, dass alle diejenigen Anlagen, die man im Hafen selbst errichten kann, nur Halbes und den grossartigen Verhältnissen des voraussichtlich immer mehr steigenden Getreidehandels nicht Entsprechendes sein würden.

Die Thatsache, dass die jetzt aus Holz gebaute Estocade reparaturbedürftig ist und eventuell, wenn sie auch noch der Zukunft dienen sollte, mit grossen Kosten neu aus Eisen hergestellt werden müsste, ermunthigt zuerst zu dem Gedanken, dass die vortheilhafteste Einrichtung diejenige sein würde, welche die jetzigen Dispositionen gänzlich aufgibt und einen neuen, geeigneteren und der Entwicklung des Getreideverkehrs entsprechenden Platz ausfindig zu machen weiss.

Unwillkürlich schweift da der Blick hinüber zu dem Wellenbrecher, und eine Bootfahrt zu demselben, dem beliebten Ausflugsort der Angelfischereiliebhaber, verschafft einen belehrenden Ueberblick über den Schiffsverkehr des ganzen Hafens. Da zwingt sich denn mit unabweisbarer Nothwendigkeit dem sachkundigen Beobachter die Ueberzeugung auf, dass alle anderen Ideen vor derjenigen weichen müssen, welche diesen Platz und keinen anderen als letztes Thor für den aus Odessa fliessenden Getreidestrom erwählt. Hier am Wellenbrecher, wo 30—35 Oceandampfer parallel zu ihm ankern können, ist der einzig richtige und passende Ort zur Getreideverladung, und was die Durchführung dieses Gedankens auch kosten möge, seine Verwirklichung wird die Möglichkeit einer grossartigen Ausdehnung bieten, denn die Grenzen für die Vergrösserung dieses Werkes sind nicht eng gezogen, sondern können, dem Bedürfniss entsprechend, bis zu gewaltigen Maassen erweitert werden.

Hat aber dieser Gedanke erst einmal festen Fuss gefasst, so stellt sich ohne langes Grübeln die Disposition in ihrer Einfachheit und Nützlichkeit klar dem Geiste dar, und bald sieht das geistige Auge auch die Brücke, welche vom Lande her nach dieser Getreide-Insel führen soll, sei es, dass sie in einer neu zu gründenden Mole besteht, sei es, dass sie, wenn Grundstück- und Strassenenteignung hieran hindern, durch die Androssow-Mole gebildet wird.

Mit der Beseitigung des Hauptverkehrs aus dem jetzigen Getreidehafen würde dieser in seinem grössten nach dem Meere zu gelegenen Theile leicht zum Petroleumhafen umgewandelt werden können, wodurch die Feuersgefahr, welche mit der Bewältigung eines grossen Petroleumverkehrs verbunden ist, für die Stadt gänzlich fortfiel. Denn wie dies schon früher erörtert wurde, befinden sich, abgesehen davon, dass die in Rede stehende Hafensmole, auf der sich jetzt der Endauslauf der Estocade befindet, durch eine hohe Mauer nebst eisernem Thor nach der Stadt zu abgeschlossen und eventuellen Feuersbrünsten auf diese Weise eine Grenze gesetzt werden kann, in der Verlängerung dieser Landzunge nach der Stadt zu wenig Gebäude, sondern meistens Erdabhänge und weiter oberhalb Gartenanlagen. Der übrige Theil des jetzigen Getreidehafens bliebe dann immer noch für die Beladung von Schiffen mittelst Landfuhrwerken frei, wie dieses schon früher erwähnt worden ist.

Die Regierung, die den Bau eines neuen Petroleumhafens schon vorgesehen und beschlossen hat, würde durch die Annahme der eben erörterten Idee sehr viel Geld ersparen. Die Verlegung der jetzt vorhandenen Pumpmaschine zum Befördern des Oeles aus den Schiffsbehältern nach den ausserstädtischen grossen Reservoiren ist mit geringen Kosten zu bewerkstelligen; ebenso spielt die Verlängerung der Petroleum-Rohrleitung nach dem jetzigen Getreidehafen hin gegenüber den geschilderten eminenten Vortheilen keine grosse Rolle. Wenn sich später der Verkehr im Odessaer Hafen, wie vorausszusehen ist, immer weiter aufschwingt, würde der Bau eines neuen Hafens, ganz gleich, ob er dann dem allgemeinen oder dem Petroleumverkehr dienen soll, noch immer früh genug erfolgen können, und die nochmalige Verlegung der Pumpmaschine und Verlängerung der Rohrleitung käme auch dann nicht in Betracht.

Mit dem Freigeben der grossen Mole, auf der jetzt der Petroleumverkehr liegt, für den allgemeinen Handel muss und wird das Leben und Treiben im Hafengebiet an Bequemlichkeit und Ausdehnung gewinnen, und es wird nicht lange dauern, bis man sich dazu entschliesst, die sämtlichen Quaianlagen auch mit Krähen zu versehen, welche unter grosser Zeitersparniss gegenüber dem heutigen Ein- und Ausladesystem die Ballen und Güter spielend von dem Festlande in die Schiffe und aus den Schiffen auf die Ufer bringen.

Auch zum Ausladen der Kohlen müssen möglichst automatisch wirkende Paternosterwerke angelegt werden, welche ähnlich wie die projectirten transportablen Barkenelevatoren auf der Estocade äusserst leicht zu dirigiren sind, und die sich in anderen Kohlenhäfen grosser Beliebtheit erfreuen.

Die Beschaffung solcher Einrichtungen würde für Odessa ausserordentlich lohnend sein, denn der Kohlenverkehr ist kein kleiner. Im Jahre 1886 betrug die Kohleneinfuhr 199 245 t, im Jahre 1887 ging sie auf 47 899 t zurück, betrug aber im Jahre 1888 bereits wieder 193 252 t. Es sind dies Zahlen, die immerhin auf eine practische Einrichtung dieses Verkehrszweiges denken lassen.

Alle diese auf den Hafenuais aufzustellenden Maschinen, welche nur periodisch in Thätigkeit kommen, würden zweckmässig hydraulisch betrieben werden, denn für derartige Zwecke ist die Hydraulik durchaus am Platze. Die Röhren zur Fortleitung des auf 50 Atmosphären gepressten Wassers würden in Kanäle gelegt und bekämen durchweg so grosses Gefälle, dass man bei starkem Frost Abends durch Oeffnung von wenigen Ventilen das Wasser aus dem ganzen Rohrnetz ablassen kann, oder man versetzt das Wasser mit Chemikalien, welche ein Gefrieren desselben verhüten. Bei dieser letzten Methode muss natürlich eine sogenannte Rücklauf-Rohrleitung angelegt werden, welche das an den einzelnen Krähen benutzte Wasser nach der Pumpstation zum Zwecke der Wiederverwendung zurückbringt.

Bei der Verwendung von Hydraulik für die gedachten Zwecke liegen die Bedenken, die gegen ihre Benutzung für den Betrieb des Getreide-Hafens sprechen, nicht vor.

Gerüstconstructions zum Halten der Wasserröhren, wie solche dort nöthig geworden wären, brauchen hier nicht zur Verwendung zu kommen. Bruchschäden und Reparaturen würden also nicht mehr Veranlassung haben, sich einzustellen, wie in jedem andern Hafen, der die hydraulische Betriebskraft eingeführt hat.

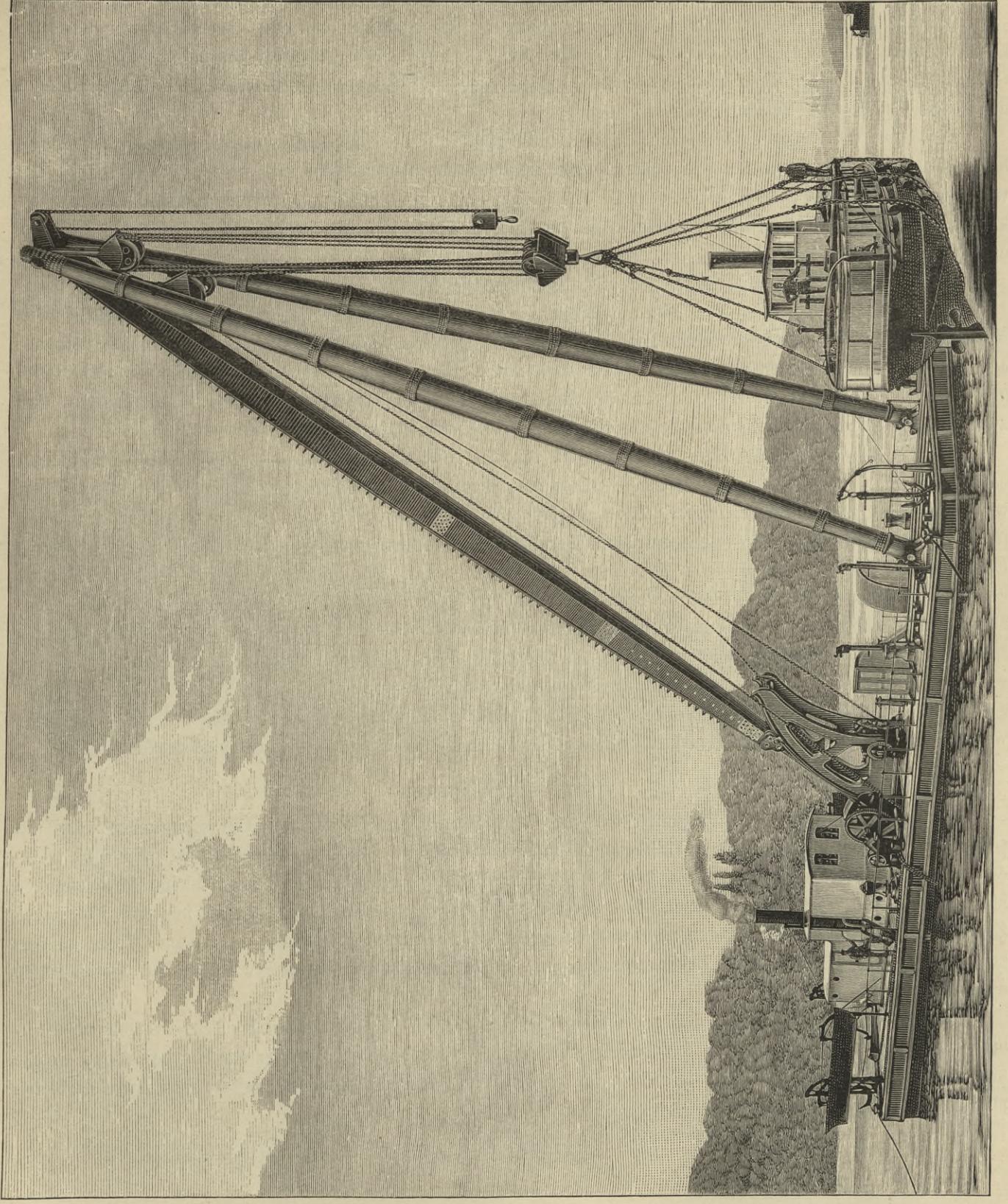


Fig. 67.

Die Motoren, an Zahl verhältnissmässig gering, würden sich hier sehr einfach gestalten, so dass man von der Tüchtigkeit des bedienenden Personals nicht erheblich abhängig sein würde.

Die Anlage der Pumpmaschinen zur Erzeugung des Hochdruckes und der Accumulatoren zur Erhaltung des constanten Druckes von 50 Atmosphären könnten mit der Central-Kraft-Erzeugungsanlage für die Getreide-Elevatoreinrichtungen vereinigt werden, sodass dieselben Beamten beide Betriebe überwachen könnten und so die allgemeinen Betriebskosten verringert würden.

Ausserdem wäre für den Odessaer Hafen die Beschaffung eines schwimmenden Getreide-Elevators vorthellhaft, welcher die Frucht aus einem Oceandampfer in den andern mechanisch und unter automatischer Verwiegung umzuladen im Stande ist, was z. B. beim Leckwerden eines Schiffes von grosser Wichtigkeit werden kann. Ebenso könnte man mitten im Hafen ankernde Barken durch diese schwimmenden Elevatoren entladen und die gehobene Frucht direct in Oceandampfer befördern.

Die Tafeln XXIX und XXX zeigen die ungefähre Disposition eines solchen schwimmenden Elevators.

Ferner müsste der Hafen von Odessa, als einer der grössten am schwarzen Meere, einen schwimmenden Krahn erhalten, der gesunkene Schiffe heben, schwere Gegenstände vom Festlande aus in die Schiffe verladen oder solche aus den Schiffen auf das Land bringen könnte. Ein solcher schwimmender Krahn von 50 t Hebekraft, wie ihn die Firma G. Luther für die rumänische Regierung lieferte, ist in Fig. 67 dargestellt, und zwar in dem Augenblicke, wo derselbe ein vollständiges Dampfschiff aus dem Wasser hebt.

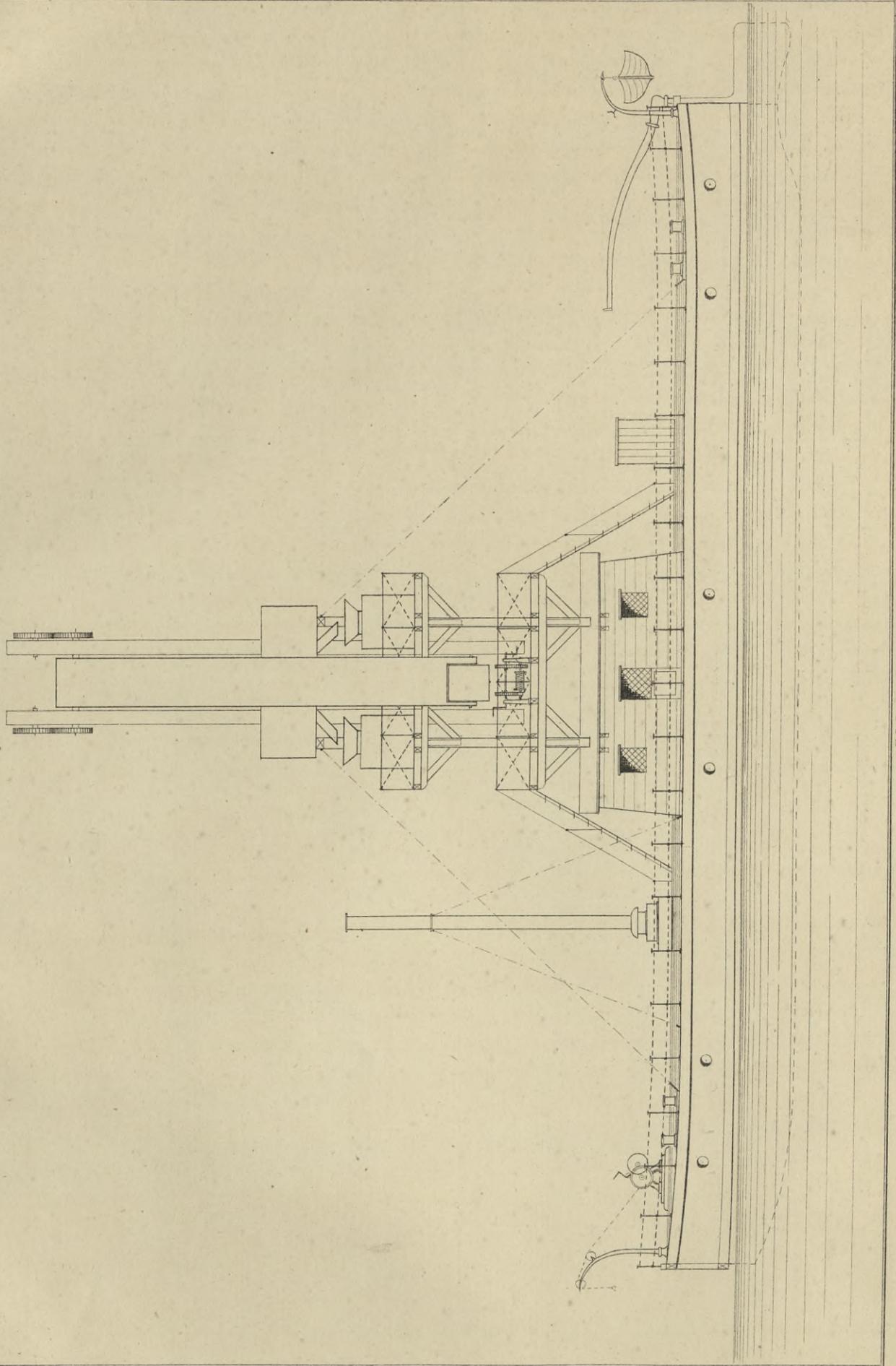
Mit der Ausdehnung des Hafenverkehrs wird für das Publikum, welches auf den Quaianlagen zu thun hat, bei dem Passiren der Hafen-Eisenbahn-Gleise natürlich oft die Nothwendigkeit des Wartens entstehen, wenn die Uebergänge durch rangirende Züge gesperrt sind. Aus diesem Grunde müssten Gleisüberbrückungen für den Personenverkehr hergestellt werden. Der Fuhrwerksverkehr freilich muss nach wie vor sich dem Eisenbahnverkehr unterordnen, denn die Anlage von Unterführungen für die Fuhrwerke ist des vorherrschend nach der Stadt ansteigenden Terrains wegen nicht zu empfehlen, während die Herstellung von Fuhrwerksüberbrückungen einer späteren Bauperiode für Odessa aufbewahrt bleiben müsste, da sie in guter, auf der Höhe der Zeit stehender Construction und in der nöthigen grossen Anzahl bedeutende Summen Geldes verschlingen würden. Es liesse sich wohl auch vorläufig die Einrichtung treffen, dass die Stunden, in denen gewisse Gleisüberfahrten für den Verkehr frei sind, dem Handelsstande Odessas officiell bekannt gemacht werden, damit derjenige, der Zeitverluste vermeiden will, seine Dispositionen entsprechend treffen kann.

Im Vorstehenden ist ein Programm für die Umgestaltung des Hafens von Odessa gegeben, das auf Grund langjähriger und vielseitiger Erfahrungen und eines redlichen Studiums aufgestellt ist. Es wird trotzdem nicht ausgeschlossen sein, dass bei der Detailbearbeitung der einzelnen Fragen kleine Abweichungen hier und da von Vortheil erscheinen. Der Zweck der gegebenen Darstellung ist auch nur der, in grossen Zügen den Weg vorzuzeichnen, den man wandeln muss, oder wenigstens wandeln kann, um Odessa zu dem zu machen, wozu es durch seine Lebensbedingungen bestimmt scheint: zu einem der ersten und besten Häfen der Welt.

Dass aber die Ausführung der gemachten Vorschläge auch in ästhetischer Hinsicht weitgehenden Ansprüchen genügen würde, mögen die beiden zum Schlusse angehefteten Lichtdrucktafeln beweisen, welche zusammen ein Panorama des Hafens geben, wie es sich nach dem vorliegenden Projecte dem Auge darbieten müsste.

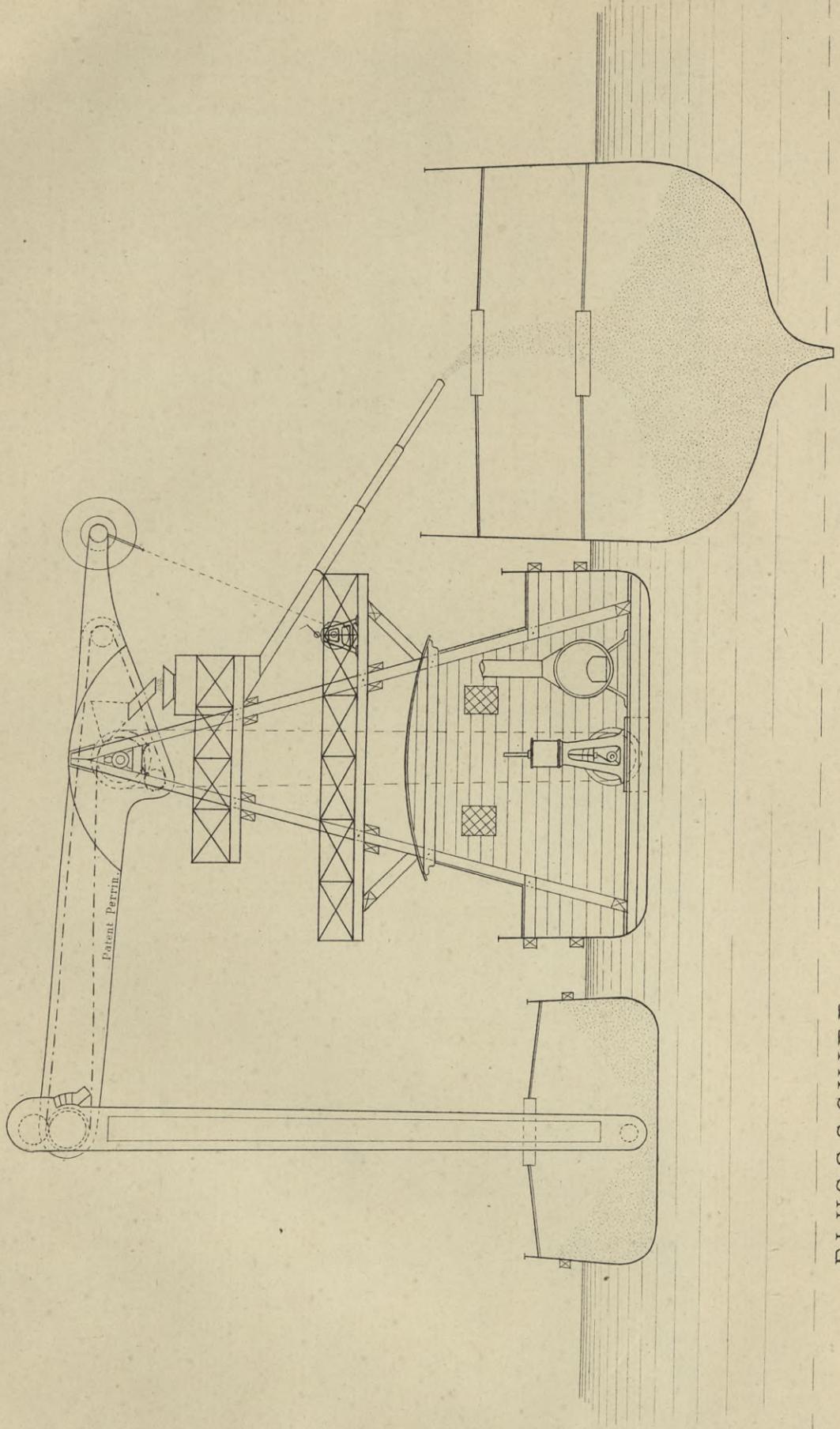


SCHWIMMENDER ELEVATOR.





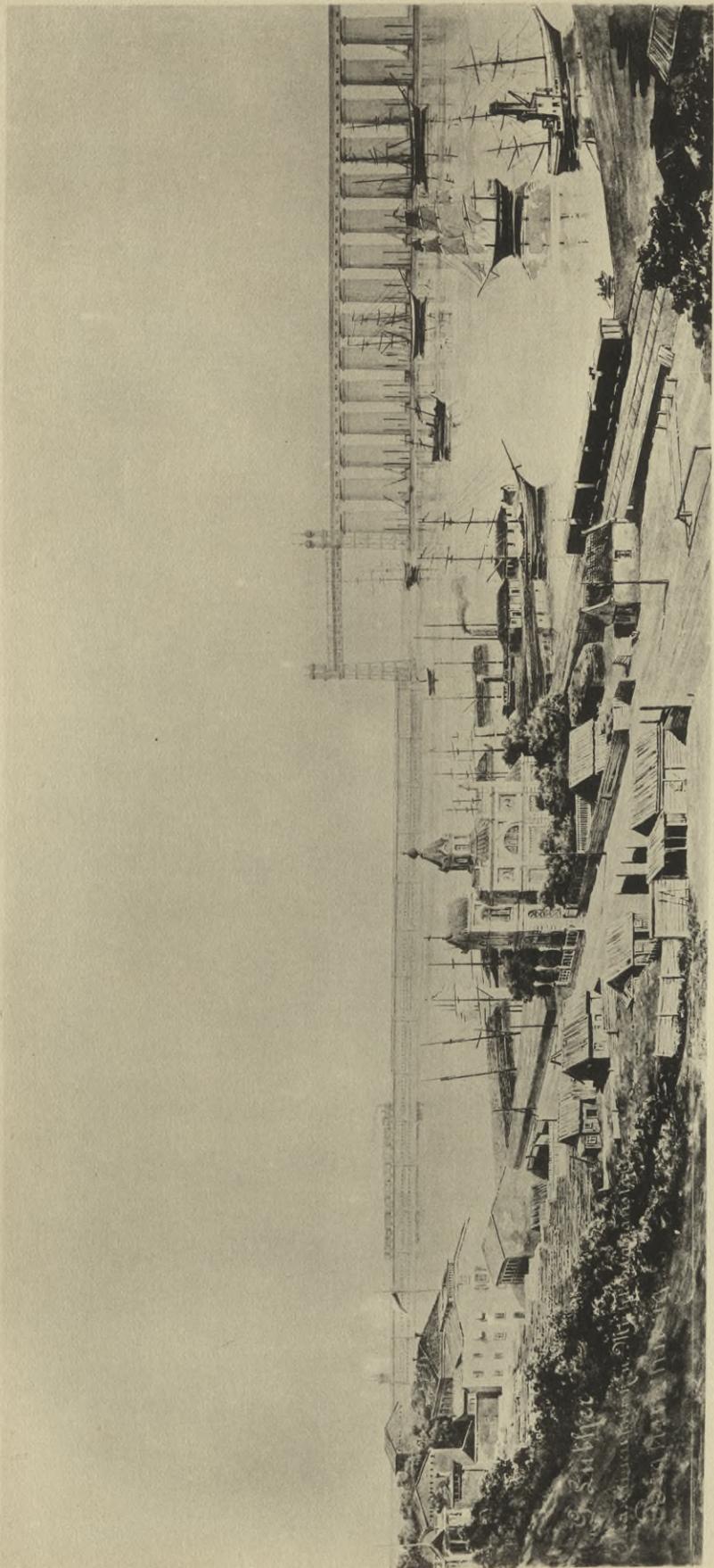
SCHWIMMENDER ELEVATOR.



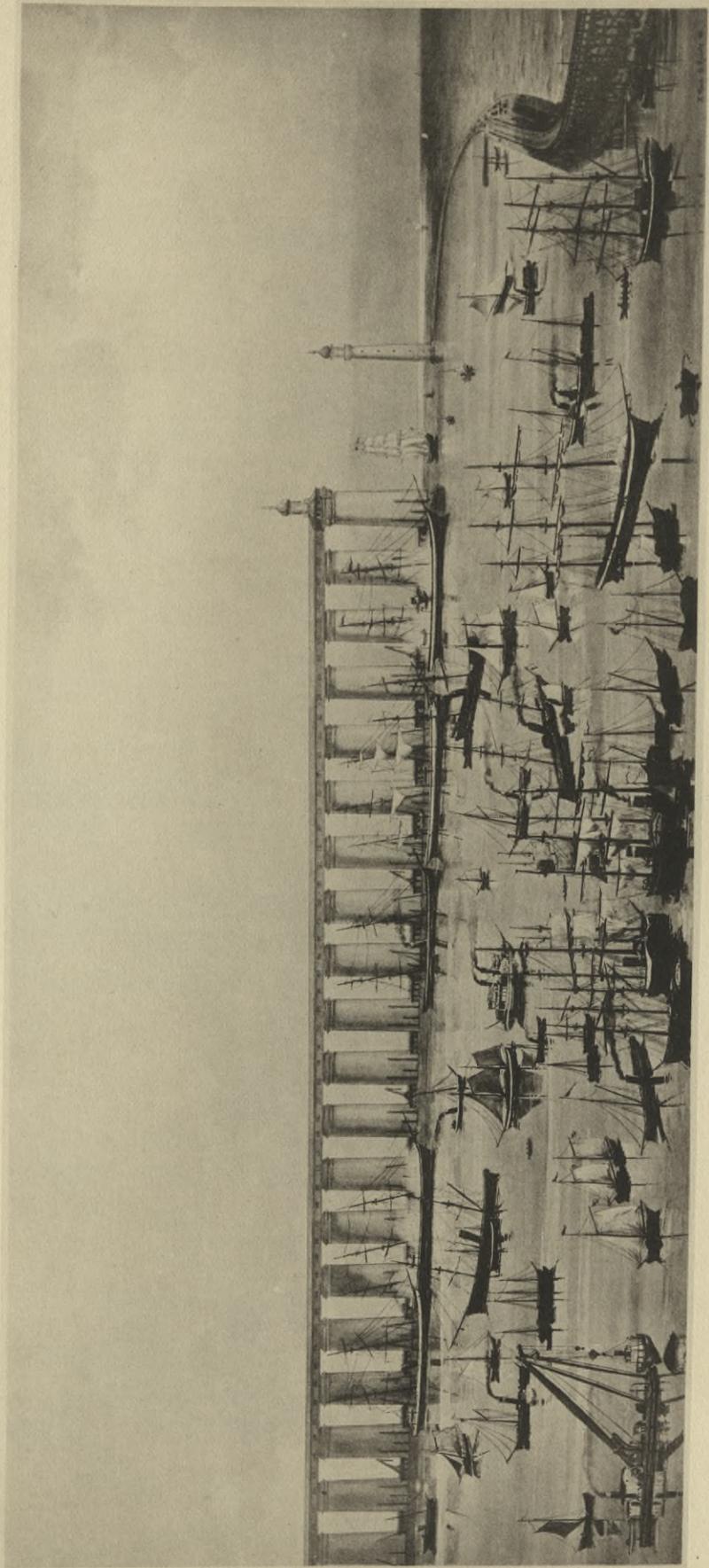
FLUSSSCHIFF.

SEESCHIFF.











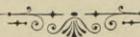
# Inhalt.

---

	Seite
<b>I. Allgemeines</b> . . . . .	3
<b>II. Die Betriebskraft</b> . . . . .	13
A. Petroleum-Motoren . . . . .	18
B. Gas-Motoren . . . . .	23
Die Gasanstalten . . . . .	31
C. Dampfmaschinen-Betrieb . . . . .	36
Die Kraftübertragung . . . . .	36
Die Dampfmaschinenanlage . . . . .	49
<b>III. Die Brücke</b> . . . . .	57
Beschreibung . . . . .	59
Statische Berechnung . . . . .	60
<b>IV. Die Transitbehälter (Elevatoren, Silos)</b> . . . . .	81
Beschreibung . . . . .	83
Statische Berechnung . . . . .	85
<b>V. Die Estocade und die mechanische Einrichtung der ganzen Anlage</b> . . . . .	101
<b>VI. Möglichkeiten der Getreidebewegung. Controle, Personal</b> . . . . .	111
<b>VII. Fassungsvermögen, Leistungsfähigkeit und Kosten</b> . . . . .	117
<b>VIII. Schlussbetrachtungen</b> . . . . .	125

---

30 lithographirte Tafeln, 67 Holzschnitte, 2 Lichtdruck-Tafeln.

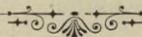


## Berichtigungen.

---

Bei der Kürze der Zeit, welche für die Redigirung der vorliegenden Schrift zur Verfügung stand, sind folgende Irrthümer untergelaufen:

- Seite 8. Zeile 8: Bei Aufzählung der wichtigsten Getreide-Gouvernements Russlands ist das Gouvernement Podolien übersehen.
- Seite 9. Zeile 9: Die als im nördlichen Speichercomplex vorhanden angegebenen schmalspurigen Gleise sind nicht vorhanden; ihre Erwähnung beruht auf einem Irrthum.
- Seite 9. Zeile 12: Die angegebene Schichthöhe des Getreides ist zu hoch benannt.
- Seite 32. Zeile 5: Die zur Heizung der Gasöfen benötigte Naphtamenge ist etwas zu hoch gegriffen. Es stellen sich dadurch die Unkosten für Herstellung von Oelgas etwas geringer.









WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inv.

16460

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000301550