




2,25

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000302822

PROJEKT
EINER EISERNEN KANALBRÜCKE
ÜBER DEN SKAWAFLUSS.

MITGETEILT VON DEN INGENIEUREN DER K. K. DIREKTION FÜR DEN BAU DER WASSERSTRASSEN
IN WIEN:

K. K. BAUOBERKOMMISSÄR DR. FRITZ POSTUVANSCHITZ (ALLGEMEINER UND
EISENKONSTRUKTIVER TEIL) UND K. K. BAUKOMMISSÄR RICHARD KRÖPFL (BAU-
TECHNISCHER TEIL).

HIEZU ELF TAFELN.

22710
F. Kr. 29 016



SONDERABDRUCK AUS DER „ALLGEMEINEN BAUZEITUNG“, HEFT 2, 1908.

WIEN 1908.

IM SELBSTVERLAGE DER VERFASSEN.

DRUCK VON R. v. WALDHEIM.

53
528



IV 35197

I. Allgemeiner Teil.

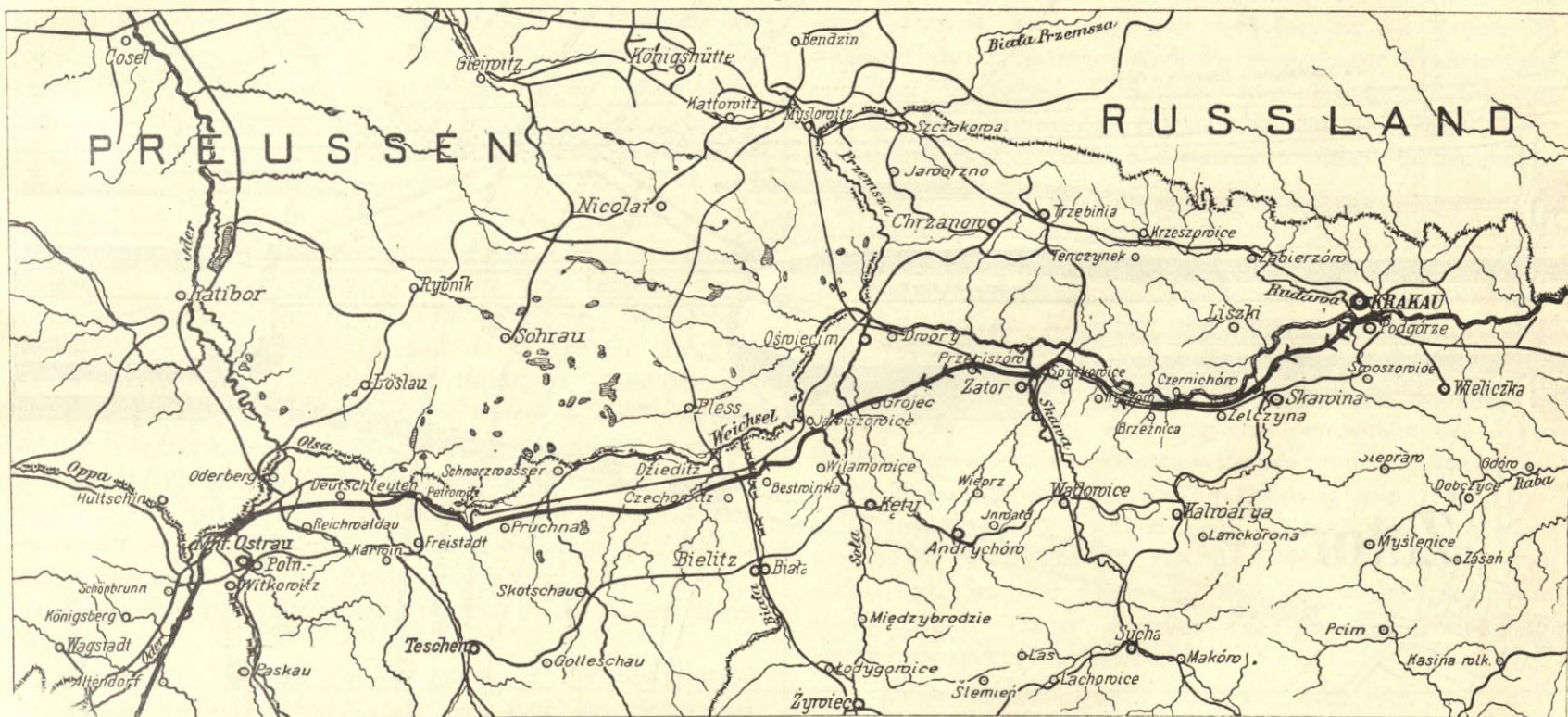
In dem Gesetze vom 11. Juni 1901, betreffend den Bau von Wasserstraßen und die Durchführung von Flußregulierungen, ist gemäß § 1, alinea d) auch eine schiffbare Verbindung vom Donau-Oderkanal zum Stromgebiet der Weichsel vorgesehen. (Textfigur 1.)

Unter den Bauobjekten der dem Weichselflusse näher gelegenen Teilstrecke Zator-Samborek, in welcher Ende 1904 die politische Begehung stattgefunden hat, ist die Übersetzung des Kanals über den Skawafuß in km 101·634 besonders beachtenswert. Infolge des ungünstigen Zusammentreffens einer

wäre. Die Kanalbrücke kommt somit zwischen zwei bestehende Brücken zu liegen und zwar einerseits rund 60 m flußaufwärts von der Eisenbahnbrücke der obgenannten Staatsbahnstrecke, welche den Fluß nach der Regulierung schräg übersetzt, andererseits rund 70 m flußabwärts von der hölzernen, ärarischen Brücke der Weichselstraße, die von Zator nach Krakau führt und nach der Regulierung die Skawa senkrecht kreuzt.

Die Aufeinanderfolge von drei Übersetzungen in so kurzen Entfernungen hat jedenfalls auf die Abflußverhältnisse der Skawahochwässer einen ungünstigen Einfluß. Eine Milderung desselben ist bei der geplanten Regulierung nur möglich durch Rücksichtnahme auf die Stellung der vorhandenen Pfeiler be-

Figur 1.



Reihe von erschwerenden Bedingungen (beschränkte Konstruktionshöhe, schiefe Übersetzung des Flusses, Rücksichtnahme auf eine spätere Erweiterung der Anlage u. a. m.) haben sich hier Fragen ergeben, die vielfach abweichen von den Aufgaben, welche bisher bei anderwärts ausgeführten Kanalbrücken zu lösen waren. Es bot sich somit der Anlaß, mancherlei Grundsätze festzulegen, die bei allen anderen weitgespannten Kanalbrücken in gleicher oder doch nur sinngänderter Weise Geltung haben. Das Projekt einer eisernen Kanalbrücke über den Skawafuß, für das durch die politische Begehung sämtliche Unterlagen endgültig festgelegt waren, soll nun als Vorbild bei allen ähnlichen Projekten dienen und ist aus diesem Grunde von der technischen Abteilung der k. k. Direktion für den Bau der Wasserstraßen bis ins Detail, d. h. werkstatt- und baufertig ausgearbeitet worden.

Wie aus der Situation (Textfigur 2) hervorgeht, liegt die den Aquädukt enthaltende Kanalstrecke eingengt zwischen der Staatsbahnlinie Oświęcim-Podgórze-Płaszów im Norden und der Stadt Zator im Süden. Diese Stelle der Übersetzung des Skawafusses ist gewissermaßen eindeutig bestimmt, da 1. bei einer Verlegung der Trasse auf die Nordseite der Staatsbahnstrecke sich die schiefe Übersetzung des zu regulierenden Skawafusses und damit eine wesentliche Erhöhung des Kanaldammes nicht vermeiden ließe und da 2. eine Verlegung nach S. nur durch eine kostspielige Durchschneidung von Zator möglich

ziehungsweise Joche und durch eine zum Stromstriche parallele Anordnung der Pfeiler.

Durch diese örtlichen Verhältnisse ist also die schiefe Übersetzung des Kanals über den Skawafuß, unter einem α von 73° , ausreichend bedingt. Für die Anzahl der zur Kanalachse schräg gestellten Zwischenpfeiler waren außer hydrotechnischen Gründen auch noch solche der Sparsamkeit hinsichtlich der Tragkonstruktion bestimmend.

Die berechtigte Forderung, daß der künftige Flußschlauch von jeglichem Einbau frei bleiben solle, verlangt eine senkrechte Lichtweite der mittleren Öffnung von 31·7 m. Dadurch ist aber auch schon wieder die Anordnung der Tragkonstruktion eindeutig bestimmt; denn bei einer erwünschten freien Höhe von 1·0 m über dem bisher beobachteten Hochwasserstande des Jahres 1903 (Kote 227·07) bleibt bis zur Sohle der Kanalbrücke (Kote 229·50) nur eine Konstruktionshöhe von 1·43 m übrig. Dieser geringen Konstruktionshöhe wegen ist es unmöglich, die 31·7 m weite Mittelöffnung mit einem unter der Fahrinne liegenden Haupttragwerke zu überbrücken, ob dieses jetzt als Bogen oder frei aufliegend — in Stein oder in Eisen — gedacht ist. Es bleibt demnach für die Überspannung des Flußschlauches als einzig mögliche Lösung übrig, die Haupttragkonstruktion zu beiden Seiten des Gerinnes anzuordnen und sie daher aus Eisen herzustellen. Dadurch ist aber auch die Überleitung der Fahr-

rinne in einem eisernen Troge bedingt, der in den Hauptträgern entsprechend zu lagern ist.

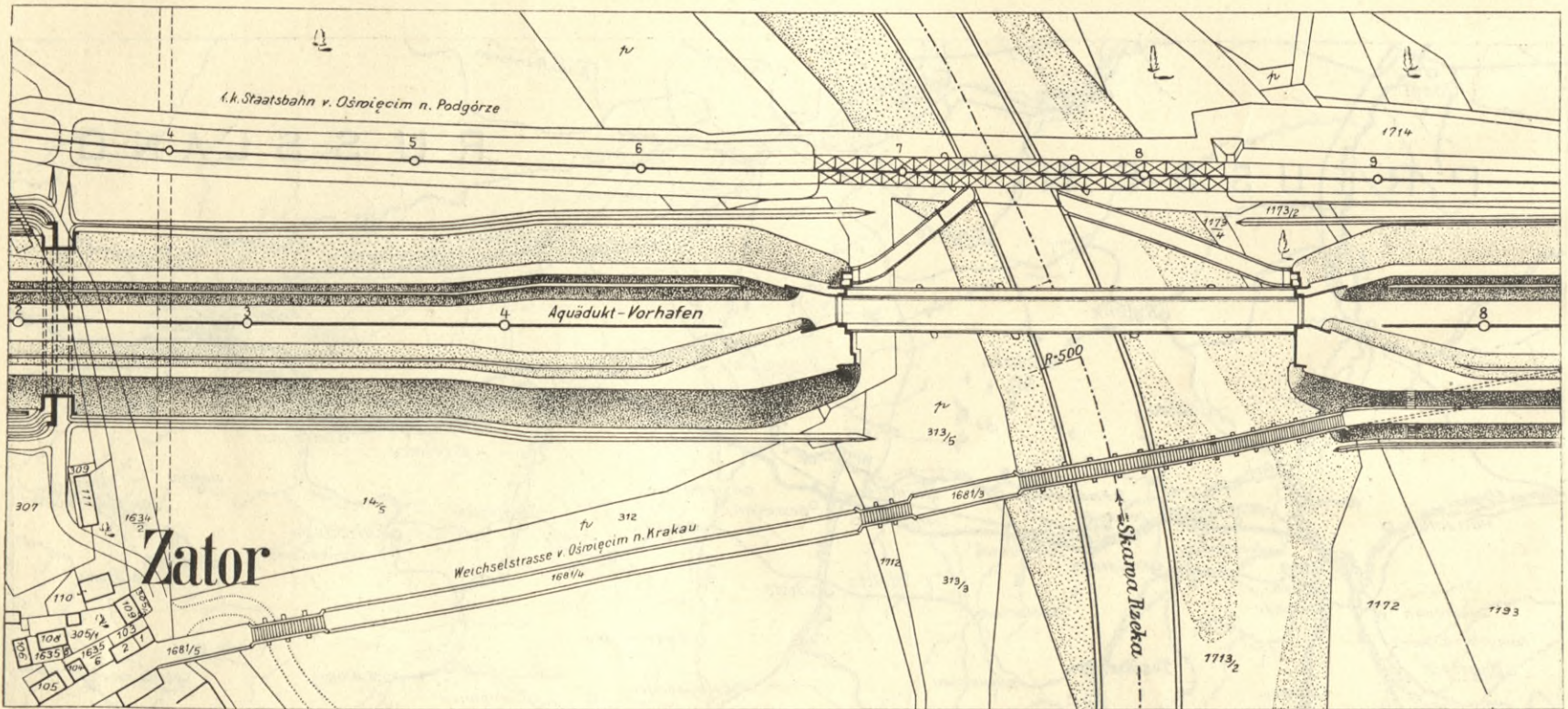
Wenn man nun einstweilen der Wahl des Tragsystemes noch so weit nachgeht, als dies zur Bestimmung der Anzahl der Öffnungen notwendig ist, so stehen — abgesehen von Bogenträgern — hinsichtlich der äußeren Form Tragsysteme mit geraden und gekrümmten Gurten zur Verfügung. Doch führt auch in dieser Hinsicht eine einfache Überlegung zur richtigen Auswahl. Nur in dem Falle, als die zwei Hauptträger außerhalb der 3,50 m breiten Treppelwege angeordnet werden, kann ein Tragsystem mit gekrümmten Obergurten zur Verwendung gelangen. Wegen der dann erforderlichen größeren Entfernung der Hauptträger um 7,0 m ergibt sich aber ein Mehrgewicht in der Querkonstruktion, das die Gewichtsparsnis infolge veränderlicher Trägerhöhe der Hauptträger, überwiegt. Diesem Nachteile stehen keinerlei Vorteile gegenüber; daher ist der vorerwähnten Anordnung jene vorzuziehen, bei der die Hauptträger unmittelbar an den Trog herangerückt werden. Da nun aber die Obergurte der Hauptträger die Aufgabe haben, den außerhalb liegenden Treppelwegen trogseitig als unmittelbares Auflager zu dienen, so weist diese Anordnung auf ein Parallelträgersystem hin, und zwar umso mehr,

unwirtschaftliche ist, umso mehr als die außergewöhnlich große Belastung eher auf eine größere als eine kleinere Trägerhöhe hinweist. Man entschloß sich daher zu einer Unterteilung der Durchflußweite in fünf Öffnungen, wobei sich entsprechende Verhältnisse der Stützweiten zur Trägerhöhe ergeben. Die günstigen Bodenverhältnisse lassen keine Schwierigkeiten bei der Gründung der Pfeiler erwarten, so daß aus diesem Grunde keine Verringerung der Pfeileranzahl notwendig erscheint. In Abschnitt III ist die projektierte Durchflußweite unter der Annahme von fünf Öffnungen mit 154,64 m rechnerisch nachgewiesen. (Fig. 1 und 2, Taf. Nr. 1).

Nach dieser Erörterung und Festlegung der Anordnungsmöglichkeiten für die Überführung des Kanals über den Skawafuß wären noch jene allgemeinen Gesichtspunkte zusammenzufassen, die im Gegensatz zu anderen eisernen Überbrückungen besonders in Betracht kommen.

Eiserne Kanalbrücken stellen wegen der zahlreichen durch ihre Eigenart bedingten Erfordernisse höhere Anforderungen an die sachgemäße Durchbildung der Konstruktion als Eisenbahn- und Straßenbrücken, für die heute durch die große Anzahl der Ausführungen mehr oder minder passende Vorbilder vorhanden sind. Während bei den Eisenbahn- und Straßen-

Figur 2.



als das Skawahochwasser und die Treppelwege in der laufenden Kanalstrecke einen Höhenunterschied ergeben, der die für die Anwendung dieses Systemes hier notwendige Trägerhöhe gerade noch zuläßt.

Was nun die beiderseitigen Inundationsgebiete anlangt, so ist es weiters am vorteilhaftesten, auch dort die Trägeranordnung der Stromöffnungen beizubehalten, denn eine Anordnung von kleineren Öffnungen (mit unter der Fahrrinne liegenden Tragwerken) würde nicht nur die einheitliche Durchbildung der Kanalbrücke verhindern, sondern auch deren Verlängerung erfordern, da die notwendig größere Zahl von Einbauten ungünstigere Abflußverhältnisse bedingt. Für die Anzahl der Öffnungen ist nun aus der getroffenen Anordnung des Tragsystemes die gelegentlich der politischen Begehung aufgestellte Forderung einer minimalen Durchflußweite von 154 m bestimmend. Sie ist um 40 m größer als die Durchflußweite bei der flußabwärtsliegenden Eisenbahnbrücke. Da der Flußschlauch an der in Betracht kommenden Stelle beiläufig in der Mitte des Gesamtinundationsgebietes liegt, kann nur eine ungerade Anzahl von Öffnungen in Betracht kommen. Der Augenschein zeigt nun, daß mit Rücksicht auf die schon in gewissen Grenzen festgelegte Trägerhöhe nur drei oder fünf Öffnungen in Frage kommen. Eine unter der Annahme von 3 m breiten Zwischenpfeilern durchgeführte, überschlägige Berechnung ergibt, daß bei einer Anordnung von drei Öffnungen die verfügbare Trägerhöhe eine

brücken die Stärke der Tragwerke und deren räumliche Anordnung nur von der Zahl, vom Gewichte und von den Abmessungen der Fahrzeuge beziehungsweise vom Gewichte der Menschen, nicht aber von dem Gewichte des sie umgebenden Mittels abhängig ist, spielt bei den Kanalbrücken außer den Abmessungen der Fahrzeuge gerade das aus dem erforderlichen Wasserquerschnitte sich ergebende Wassergewicht die Hauptrolle, wogegen das Gewicht der Fahrzeuge direkt nicht in Betracht kommt, da beim Durchfahren der Kanalbrücke immer eine Wassermenge verdrängt wird, deren Gewicht gleich jenem des Fahrzeuges ist. Auch sind die notwendigen Abmessungen der Fahrrinne nicht allein durch Breite und Tiefgang der Schiffe bedingt; der Einfluß der vorgesehenen Fahrgeschwindigkeit und der damit im engen Zusammenhang stehenden Zugkraft ist da nicht minder wichtig, nachdem sich aus der Forderung einer bestimmten Fahrgeschwindigkeit die Größe des notwendigen Wasserquerschnittes ergibt.

Für die räumliche Anordnung des Tragwerkes ist auch die Notwendigkeit seitlicher Treppelwege bestimmend. Die meisten Kanalbrücken sind derart angelegt, daß die Treppelwegfahrbahn die Höhe der gesamten Konstruktion abschließt. Gewöhnlich ist die Anordnung so getroffen, daß die Seitenwände der Fahrrinne als Stehblech für die Hauptträger dienen, an deren lotrechten Versteifungen sich nach außen die die Fahrbahn des Treppelweges tragenden Konsolen anschließen. (Kanal-

brücke des Saar-Kohlenkanals bei Saaralb.¹⁾ Bei der Kanalbrücke über die Loire bei Briare²⁾ ist die Anordnung ähnlich, nur krägt ein Teil der Treppelwegfahrbahn auf kleinen Konsolen auch in den Trog vor, wodurch, wegen Einhaltung einer bestimmten, lichten Breite des Troges, der Wasserquerschnitt größer und somit der Zugwiderstand kleiner wird. Auch bietet diese Anordnung den Vorteil, daß die Exzentrizität der lotrechten Treppelwegbelastung gegenüber dem Hauptträger vermindert wird. Es ist dieser Vorteil nicht zu unterschätzen, da hier wie bei allen Kanalbrücken, deren Hauptträger die Wände der Fahrinne bilden, die aus dem Seitendruck entstehenden ohnehin schon namhaften Zusatzspannungen der Hauptträger und lotrechten Teile des Trograhmens durch die exzentrische Treppelwegbelastung eine weitere, wesentliche Vergrößerung erfahren. Schließlich bildet die Kanalbrücke des Seinekanals von Barberey³⁾ den entgegengesetzten Grenzfall für die Lage des Treppelweges, indem hier die die Seitenwände der Fahrinne bildenden Hauptträger ganz außerhalb der Treppelwege liegen, wodurch einerseits wegen des größeren Wasserquerschnittes wohl eine bedeutende Verminderung der Zugwiderstände erzielt, andererseits aber auch eine wesentliche Vergrößerung des Wassergewichtes und damit auch des Gewichtes der Tragkonstruktion mit in den Kauf genommen wird.

Einen wesentlichen Fortschritt gegenüber allen bisher besprochenen Tragwerksanordnungen bedeutet nun die Anordnung der neuen Kanalbrücke über die Saar bei Hessen⁴⁾, wo nur das halbe Gewicht des ganz nach außen verlegten Treppelweges den als Seitenwand dienenden Hauptträger — und zwar zentrisch — belastet, da der äußere Rand des Treppelweges durch einen besonderen Treppelwegträger unterstützt wird.

Bedeutendere Konstruktionserschwerisse gegenüber anderen eisernen Überbrückungen haben die Anschlüsse des Troges an die Widerlager zur Folge, da sie der Verschiebung durch die Temperaturänderungen möglichst geringen Widerstand leisten, aber auch gleichzeitig einen wasserdichten Anschluß bewerkstelligen sollen. Einige der bisherigen Ausführungen weisen biegsame Zwischenstücke aus Metall oder Kautschuk auf, die einerseits an das verschiebliche Trogende, andererseits an das Widerlager dicht angeschlossen sind; bei anderen Ausführungen sind wieder stopfbüchsenartige Konstruktionen verwendet, die im Widerlagermauerwerk befestigt sind und in sich die Verschiebung des Troges ermöglichen. Zur Erhöhung der Wasserdichtheit hat man auch schon beide Anordnungen vereinigt.

Wegen der Gefahr der Undichtheit ist für den Bestand und die Betriebsfähigkeit der Kanalbrücken auch der Schutz des Widerlagermauerwerkes und dessen Anschluß an die laufende Kanalstrecke sehr wichtig; die steinernen Kanalbrücken des Dortmund-Emskanals bieten in dieser Hinsicht die mustergiltigsten Vorbilder.

Nachdem nun die wesentlichen, bei dem Bau von eisernen Kanalbrücken in Betracht kommenden Gesichtspunkte angeführt worden sind, soll zur Besprechung jener besonderen Konstruktionsgrundsätze übergegangen werden, die sich unter den gegebenen Verhältnissen der österreichischen Schifffahrtskanäle zur Norm herausgebildet haben und aller Voraussicht nach eine klaglose Betriebsführung ermöglichen werden. Doch soll auch hier wieder nur jene allgemeine Anordnung besprochen werden, wie sie sich für den vorliegenden Fall als zweckmäßig herausgestellt hat und die bereits dadurch gekennzeichnet worden ist, daß der geringen Konstruktionshöhe wegen das Haupttragwerk nicht unter der Fahrbahn angeordnet werden konnte.

1. Unter der Voraussetzung einer nur allmählichen Entwicklung des Kanalverkehrs erschien es wirtschaftlich, alle Bauwerke eines Kanals, deren Abmessungen auch von der Größe des angenommenen Verkehrs abhängen, vorerst so auszuführen, daß sie auf die Abwicklung eines mittleren Verkehrs nicht hemmend einwirken, daß aber deren Erweiterung unter Wahrung der

erforderlichen Wirtschaftlichkeit nötigenfalls möglich ist. Es gehören hierher die Wasserversorgungsanlagen, die Bauwerke, welche zur Überwindung der Gefällsstufen dienen — Schleusen und Hebewerke — und schließlich die Kanalbrücken größerer Spannweiten.

Wenn nun eine doppelgängige Kanalbrücke auch einen wesentlich geringeren Schiffswiderstand ergibt, als eine einfährige, so konnte man doch nicht sofort eine so kostspielige Anlage vorsehen. Aus demselben Grunde wurde auch die Wassertiefe der großen Kanalbrücken um 50 cm geringer veranlagt, als in der laufenden Kanalstrecke, sodaß für einfährige, eiserne Kanalbrücken mit Rücksicht auf die Breite des Normalschiffes von 8,2 m und dessen Tauchtiefe von 1,8 m durchwegs eine zwischen den Streifbäumen gemessene lichte Weite von mindestens 10 m und eine normale Wassertiefe von 2,50 m festzusetzen war. Um einem späteren Anwachsen des Verkehrs schon jetzt Rechnung zu tragen, ist es nur notwendig, auf eine sachgemäße, möglichst ohne Betriebsstörung durchführbare Erweiterung der Anlage Bedacht zu nehmen, die in der seinerzeitigen Unterbringung eines Tragsystemes für die zweite einfährige Rinne samt Anschluß derselben an die Kanalhaltung bestehen wird. Die einfährigen Kanalbrücken werden immerhin ein Verkehrshindernis bilden, da sie in der Trogstrecke das Begegnen der Schiffe nicht gestatten und auch des geringen Wasserquerschnittes wegen eine Verringerung der Fahrgeschwindigkeit nötig machen. Dem gegenüber steht jedoch der Vorteil, daß während des jahrelangen durch die erstgebaute Fahrinne vermittelten Verkehrs Erfahrungen hinsichtlich der Erhaltung und der Wasserdichtheit gesammelt werden, die dann bei der konstruktiven Durchbildung der zweiten Fahrinne nötigenfalls nutzbringende Verwendung finden können.

2. Grundsätzlich wird für die großen Kanalbrücken die Durchführung des Treppelweges in 3,50 m Breite festgesetzt. Da Wasserkräfte längs der Kanalstrecken zur Genüge vorhanden sind, ist auf die Möglichkeit der Einführung des elektrischen, vom Treppelwege aus zu bewerkstellenden Schiffszuges bei Anlage der Treppelwege Rücksicht zu nehmen.

3. Die Erzielung einer möglichst einfachen und klaren Belastungsweise des Gesamttragsystemes soll der leitende Gedanke bei seiner konstruktiven Durchbildung sein. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, die Fahrinne vollkommen unabhängig von den Hauptträgern auszubilden, so daß dieselbe für sich einen genügend widerstandsfähigen Träger darstellt, der in den Hauptträgern zweckentsprechend gelagert ist.

Diese Unabhängigkeit soll aber auch vom Standpunkte der Erhaltung angestrebt werden, weil nur dadurch an dem Trog oder Hauptträger Auswechslungen von Nieten u. dgl. vorgenommen werden können, ohne den anderen Tragteil in seiner Wirksamkeit zu beeinträchtigen. Da ferner durch die Trennung des Troges vom Haupttragwerke das letztere in zwei selbständige Tragsysteme zerfällt, so können auch die diesen Tragsystemen zugehörigen Pfeiler und Widerlager getrennt zur Ausführung gelangen. Daraus ergibt sich der Vorteil, daß bei verschieden großem Setzen der einzelnen Widerlager- und Pfeilergruppen der Trog keine die Wasserdichtheit gefährdende Formänderung erleidet.

4. Auch dem wasserdichten Anschlusse des Troges an das Widerlager soll ein besonderes Augenmerk zugewendet und das Mauerwerk so wenig als möglich in Mitleidenschaft gezogen werden, wenn als Folge von Temperaturänderungen Längsverschiebungen des Troges stattfinden.

5. Anschließend an die notwendigen Dilatationsvorrichtungen bei den Widerlagern sind die zur Abdichtung des Mauerwerkes erforderlichen Vorkehrungen zu treffen.

6. Der Trog ist durch eine entsprechende Holzauskleidung gegen Beschädigungen durch Schiffshaken, Staken u. dgl. zu schützen. Ferner sind

7. für eine zeitweise von außen her stattfindende Untersuchung der Tragkonstruktion und des Troges und zur Behebung von Undichtheiten des letzteren feste oder fahrbare Revisionsbrücken anzuordnen.

¹⁾ Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1880.

²⁾ Ann. des ponts et chaussées 1898.

³⁾ Handb. d. Ing. Wiss. II. Bd. I. Abt. 1899.

⁴⁾ Zeitschr. d. öst. Ing. u. Arch.-Ver. 1897.

8. Zur Vermeidung größerer Übelstände bei Schiffsunfällen u. dgl. kann es notwendig werden, den Trog ohne die anschließenden Haltungen sehr rasch entleeren zu müssen; deshalb sind auch hierfür die notwendigen Einrichtungen zu schaffen.

Die vorstehenden Grundzüge lassen natürlich für jeden zu dieser Art von eisernen Kanalbrücken gehörenden, besonderen Fall hinsichtlich der Durchbildung noch genügend Spielraum, weil ein vollständiges Vereinheitlichen so großer Anlagen mit der Wirtschaftlichkeit nicht vereinbarlich und kaum durchführbar ist.

Doch lassen sich hinsichtlich des Tragwerkssystemes, des Troges und Treppelweges, für die Lagerung des Troges und für die Weiterleitung aller Kräfte bis in die Auflager immerhin aus den vier ersten Bedingungen so viele konstruktiv gemeinschaftliche Einzelheiten ableiten, daß es angebracht erscheint, vorerst noch nicht auf das die Kanalbrücke über den Skawafuß allein Kennzeichnende einzugehen, sondern im folgenden noch alle anderen eisernen Kanalbrücken mit beschränkter Konstruktionshöhe und mit Stützweiten von ungefähr 20 bis 50 m im Auge zu behalten.

Die Trennung des Troges vom Hauptträger verlangt für den ersteren die Ausbildung eines Gerippes aus steifen, quergestellten Halbrahmen und aus Längsträgern. (Fig. 3, Taf. Nr. 1). Dieses Netz von Trägern soll durch etwaige Einschaltung von Zwischenquerträgern, die sich gegen die Längsträger stützen, zweckmäßig eine solche Maschenweite aufweisen, daß die Blechhaut des Troges eine angemessene Stärke erhält, und daß sie im Verein mit dem Gerippe eine wirtschaftlich durchgebildete Trogkonstruktion bildet.

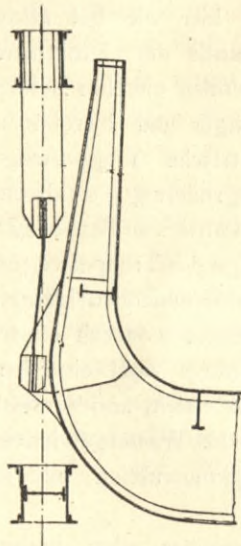
Infolge der Trennung von Trog und Haupttragwerk ist es möglich, die verschiedenartigen Kräfte, welche auf den Trog einwirken — im Gegensatz zu den Kanalbrücken, bei denen die Hauptträger gleichzeitig die Seitenwand der Fahrrinne bilden — nicht über die ganze Länge zu verteilen, sondern nur an einzelnen Stellen in die Hauptträger zu leiten. Dadurch kann man diese Einzellagerungen des Troges, die natürlich an den Querrahmen (Trograhmen) anzuordnen sind, so ausbilden, daß eine möglichst klare Kraftübertragung erfolgt.

Es sind nun noch die Ursachen festzustellen, welche eine solche Auflagerung notwendig machen. Hierzu müssen in erster Linie die Formänderungen des Troges untersucht werden. Durch die auf den Trog wirkenden lotrechten und wagrechten Kräfte, sowie durch die Temperaturschwankungen werden Formänderungen in den offenen Trograhmen erzeugt, welche Verschiebungen und Verdrehungen der Auflagerkonsolen des Trograhmens in der Querrichtung anstreben. Infolge der Durchbiegung des Troges in der Längsrichtung und wegen des Temperaturunterschiedes zwischen dem mit Wasser gefüllten Troge und dem Hauptträger werden überdies Verdrehungen und Verschiebungen der Querschnitte des Troges in der Längsrichtung auftreten. Die Lagerung hat nun die Aufgabe, die drei Beweglichkeiten: Verschiebung in der Längsrichtung, Verschiebung und Verdrehung in der Querrichtung zuzulassen, während der Trog die Formveränderungen der Biegung in der Längsrichtung (Verdrehung der Trogquerschnitte) durch eine besondere Ausgestaltung (Erläuterung auf Seite 6) ermöglicht. Die vorerwähnten drei Bewegungen der Lager können nicht ausgeführt werden, ohne daß sie in dem Tragwerke, auf welches sie die Kräfte überleiten, Spannungen erzeugen. Es soll daher die Konstruktion derart beschaffen sein, daß die Nebenspannungen klein werden und sich rechnerisch möglichst einwandfrei feststellen lassen.

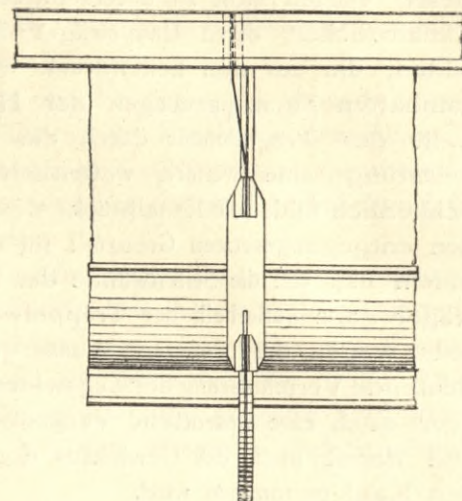
Von diesem Gesichtspunkte aus finden die Flach- (oder Blatt-)gelenke im Eisenbau immer mehr Eingang. Sie eignen sich naturgemäß vor allem zur Übertragung von Zugkräften und üben eine umso kleinere unbeabsichtigte Kraftäußerung (das ist der Widerstand gegen das Verbiegen) auf die beiden durch das Gelenk verbundenen Konstruktionsteile aus, je biegsamer sie gestaltet werden. Doch bieten sie überdies gegenüber Wälzgelenken, die jenen an Güte zunächst stehen, den Vorteil, daß sich die unbeabsichtigten und bedeutend kleineren Nebenspannungen rechnerisch schärfer ermitteln lassen.

Es wurde daher im vorliegenden Fall zuerst versucht, die leichte Beweglichkeit der Troglagerung gegenüber dem Hauptträger (Trogträger) durch Flachgelenke für beide Richtungen zu erzielen (Textfigur 3 und 4). Es entsteht dadurch ein Kreuzgelenk, das in seiner Wirkungsweise der Cardan'schen Aufhängung beziehungsweise einer Anordnung von zwei senkrecht

Figur 3.



Figur 4.

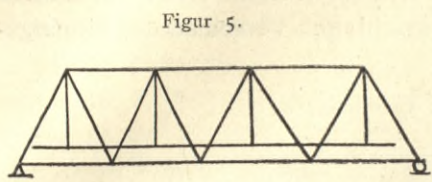


aufeinander gestellten Rollensätzen entspricht. Da sich die Flachgelenke zur Übertragung von Druckkräften nur dann eignen, wenn sie kurz und wenig biegsam sind, so können sie hier, wo man es mit verhältnismäßig großen Verschiebungen zu tun hat, nicht als Druckgelenke, sondern nur zur Übertragung von Zugkräften angewendet werden. Damit ist nun auch die bisher offene Frage, ob der Trog im Trogträger abgestützt oder aufgehängt werden soll, zugunsten der Aufhängung entschieden. Es kann für die Aufhängung natürlich einerseits nur der Trogträgerobergurt, andererseits ein möglichst tief gelegener Punkt der Trograhmen in Betracht kommen. Lediglich auf diese Art ist für das Kreuzgelenk eine große Baulänge zu erzielen, deren Zweckmäßigkeit wieder aus dem Erfordernis einer großen Biegsamkeit erhellt. Überschlägige Berechnungen führten leider zu dem Ergebnis, daß es bei den hier in Betracht kommenden Trogträgerhöhen für die sachgemäße Durchbildung von Kreuzgelenken an der nötigen Baulänge gebricht.

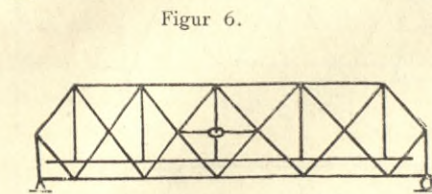
Es konnten daher nur für die Beweglichkeit nach einer, und zwar — wegen der größeren Verschiebungen — nach der Längsrichtung, Flachgelenke vorgesehen werden, während je ein oberes und ein unteres im Flachgelenke angeordnetes Wälzgelenk für eine leichte Beweglichkeit in der Querrichtung zu sorgen hat (Fig. 3, Taf. Nr. 1). Durch diese Vereinigung von Wälz- und Flachgelenk ist es nämlich möglich, mit einer Baulänge auszukommen, die nur etwas mehr als die Hälfte von derjenigen eines Kreuzgelenkes beträgt. Die oberen und unteren Wälzgelenke sollen theoretisch jene Nebenspannungen im Trogträgerobergurte und im Trograhmen beseitigen, die sonst bei einem beiderseitigen, festen Anschlusse des Flachgelenkes infolge der Einspannungsmomente auftreten würden. Gegenüber Gelenken mit streng passenden Bolzen haben diese Wälzgelenke, bei denen die Bolzen mit einem Spielraume in den Lagerflächen liegen, den bedeutenden Vorzug, daß die zu einer Art Pendel ausgebildeten Flachgelenke bei ihrer Einstellung in die Gleichgewichtslage nur eine wälzende und keine Zapfenreibung zu überwinden haben.

Diese Aufhängung des Troges mittels Flachpendeln stellt an die Durchbildung des Gesamttragwerkes gewisse Anforderungen, die im Nachstehenden erläutert werden sollen. Um Biegungsspannungen im Obergurte des Trogträgers zu vermeiden, muß die jeweilige Aufhängung in den Knotenpunkten erfolgen und die Querrahmenentfernung daher gleich den Trogträgerknotenweiten sein. (Fig. 21, Taf. Nr. 5.) Da ferner eine bequeme Unterbringung der Flachpendel nur dann möglich ist, wenn in den Obergurtknotenpunkten keine Pfosten anlaufen, so wird sich von vornherein nur das einfache Strebenfachwerk oder das zweiteilige Netzwerk eignen, und zwar das erstere nur für

kleinere Stützweiten, weil bei der außergewöhnlich großen Belastung die Strebenquerschnitte sonst zu groß werden. Beim zweiteiligen Netzwerke wird der für die innere statische Bestimmtheit (außer den naturgemäß notwendigen Stäben) erforderliche Füllungsstab mit Rücksicht auf die Pendel am besten wagrecht angeordnet. (Textfig. 5 und 6.)

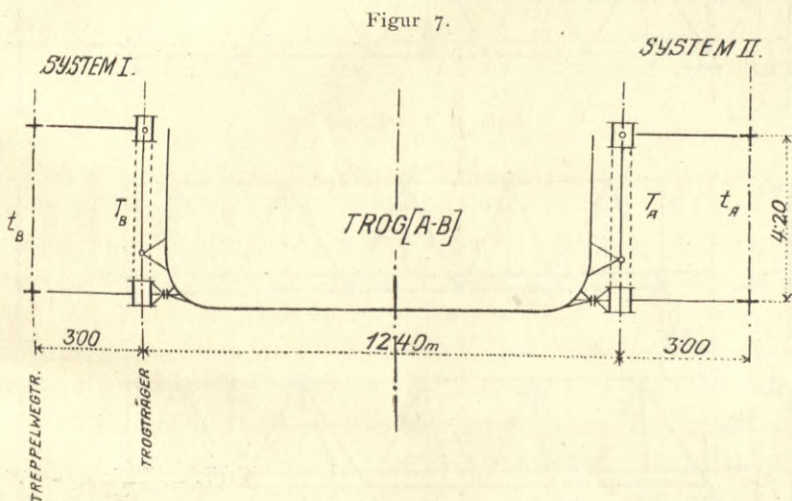


Figur 5.



Figur 6.

Da die beiden Trogträgerobergurte nicht unmittelbar untereinander verbunden werden können und auch die Ausbildung von steifen Halbrahmen (wegen Platzmangels unterhalb der Trograhmen und wegen Fehlens von Pfosten in diesen Querschnitten) nicht möglich ist, so muß auf andere Art für die Standfestigkeit der Trogträger gesorgt werden. Zu diesem Zweck ist es nötig, besondere Treppelwegträger anzuordnen, die mit den zunächst liegenden Trogrägern zu je einem räumlichen, standfesten Gebilde vereinigt werden. (Textfig. 7.) Dafür sprechen auch die schon auf Seite 3 angegebenen Gründe



Figur 7.

ferner der Umstand, daß die 7,8t schwere Treidel-Lokomotive eine von vorkragenden Konsolen unterstützte Fahrbahn in starke Schwingungen versetzen würde. Es ist also das für die Übertragung der Kräfte auf die Widerlager und Pfeiler erforderliche Tragwerk der ganzen Länge nach in zwei für sich standfeste, räumliche Systeme aufgelöst, zwischen denen der Trog in Knotenpunkten der Trogträgerobergurte hängt. Jedes dieser räumlichen Systeme I und II besteht aus: 1. einem Trogträger, 2. einem Treppelwegträger, 3. einem oberen Verband, 4. einem unteren Verband und 5. aus Querrahmen in den Querschnittsebenen der Auflager über den Widerlagern und Pfeilern.

Jeder Trogträger wird belastet: durch das halbe Eigengewicht des Troges, durch die halbe Wasserlast, durch die lotrechten Kräfte, die sich aus der Umsetzung des auf den Trog wirkenden wagrechten Winddruckes und Schiffstoßes ergeben, ferner durch einen Teil der Fahrbahn und deren Verkehrslasten, sowie des Eigengewichtes des räumlichen Systemes.

Der Treppelwegträger hat den nicht auf den Trogträger entfallenden Anteil des Gewichtes der Fahrbahn und deren Verkehrslasten sowie jenen des räumlichen Systemes zu tragen. Der obere Verband muß, soweit er nicht durch die steife Fahrbahntafel des Treppelweges entlastet wird, die auf die obere Hälfte des betreffenden räumlichen Systemes wirkenden Windkräfte, sowie die senkrecht zur Kanalachse wirkende Komponente des Schiffszuges bis zu den Querrahmen übertragen, welche dann die genannten Kräfte in die Lager leiten.

Für die Belastung des unteren Verbandes ist folgende Erwägung bestimmend. Da der wagrechte Trogboden ein vollwandiger Träger von bedeutender Höhe ist, so kann er ohne Gefahr die auf den Trog wirkenden, wagrechten Kräfte auf eine gewisse Länge übernehmen. In bestimmten (später zu ermittelnden) Punkten (in den wagrechten Querlagern) lehnt sich der Trog an den unteren Verband, der nun die Stützdrücke

der vorher erwähnten Kräfte in die Auflager des Hauptsystemes leitet. Außer diesen Stützdrücken hat der untere Verband den auf die untere Hälfte des betreffenden räumlichen Systemes wirkenden Winddruck zu übernehmen und in die Lager zu übertragen.

Die Belastungsweise der Trogträger ist aber noch immer keine vollständig klare und rechnermäßig leicht zu verfolgende.

Da der Trog wegen der großen Höhe seiner Seitenwände in Verbindung mit den Längsträgern — zum Unterschiede von Fahrbahnen für Eisenbahn- und Straßenbrücken — eine sehr beträchtliche Steifigkeit besitzt, so überträgt er einen großen Teil seiner senkrechten Belastung unmittelbar auf die in der Nähe der Pfeiler und Widerlager angebrachten Flachpendel, wodurch die übrigen Flachpendel beziehungsweise die betreffenden Obergurtknotenpunkte des Trogträgers entlastet werden. Der Trog ist nämlich nichts anderes als ein auf vielen elastischen Stützen gelagerter Träger, dessen Drücke auf die Stützen zu oberen Knotenlasten der Trogträger werden, und dessen gleichförmig verteilte Belastung in dem Maße mehr auf die Flachpendel nächst den Auflagern übertragen wird, als die Flachpendel in der Öffnungsmitte infolge der Durchbiegung des Trogträgers mehr nachgeben wie die den Auflagern näher gelegenen Pendel. Hätte der Trog gar keine Steifigkeit, so entfielen auf jedes Flachpendel genau die Belastung einer Knotenweite; wäre hingegen der Trog unendlich steif, so könnte man den Trogträger für die vom Trog herrührenden Lasten überhaupt entbehren, denn dann würde letzterer die Kräfte unmittelbar auf die Widerlager und Pfeiler übertragen. Da aber die Aufgabe gestellt war, die Trogkonstruktion möglichst unabhängig von dem Haupttragwerk zu gestalten, mußten Mittel gesucht werden, die Steifigkeit des Troges soweit zu ermäßigen, daß deren Einfluß auf die Trogträger bei Wahrung der Wasserdichtheit vernachlässigt werden kann.

Um sich über den Einfluß der Steifigkeit eines ununterbrochen durchlaufenden Troges Klarheit zu verschaffen, wurde eine zahlenmäßige Untersuchung angestellt. Hierzu diente das $8 \times 4 = 32 m$ lange Endfeld eines durchlaufenden Trägers auf sechs Stützen, wie er sich gelegentlich einer Voruntersuchung für die Kanalbrücke über den Skawafluß als zweckmäßig herausstellte. Dabei hat sich nach zweimaliger Annäherungsrechnung gezeigt, daß auf den Trog 15 bis 20% des gesamten Biegemomentes entfallen, wodurch sich in der Feldmitte eine Entlastung der Flachpendel und damit der oberen Knotenpunkte des Trogträgers um 15 bis 35%, beziehungsweise eine Mehrbelastung jener in der Nähe der Pfeiler um 20 bis 80% gegenüber jenen Knotenlasten ergibt, die ohne Rücksicht auf die Steifigkeit des Troges auftreten würden.

Nur andeutungsweise möge hier erwähnt werden, daß auf die Berechnung in erster Linie das gegenseitige Verhältnis der Trägheitsmomente von Trog und Trogträger sowie die Biegelinie des Trogträgerobergurtes und des Troges Einfluß nehmen. Daraus ermittelt sich die Verteilung der gesamten Momente auf Trogträger und Trog, weiters die von einander verschiedenen Zugkräfte der Flachpendel, welche als Belastung des Trogträgers wiederum die grundlegende Gesamtmomentenlinie beeinflussen. Nebenbei muß immer darauf gesehen werden, ob die sich rechnermäßig verändernden Kräfteverhältnisse nicht eine neue Annahme für die Querschnitte nötig machen, kurz und gut, die Rechnung erfordert viel Sorgfalt und Unverdrossenhaft: handelt es sich doch beim Troge — wie schon gesagt — um einen auf sehr vielen elastischen Stützen ruhenden, durchlaufenden Träger, bei dem überdies die Stützsenkungen von einander abhängig sind und der zusammen mit einem zweiten, dem Trogträger, die gesamte Belastung aufnimmt, welche durch beide Tragwerke erst nach einem ganz bestimmten Ausgleich untereinander auf die Widerlager übertragen wird. Diese Berechnung ist auch deshalb so umständlich, weil man die ersten Annahmen unmöglich zweckentsprechend einschätzen kann und weil man wegen der vielen sich gegenseitig in verschiedenem Sinne beeinflussenden Argumente nur langsam den tatsächlichen Verhältnissen rechnerisch näher kommt.

Bei den vielen notwendigen Vereinfachungen in der Berechnung hat man aber auch dann noch keine Gewißheit dafür, daß die mit solcher Mühe errechneten Werte annähernd verläßlich sind, weil die auf Grund konstanter Querschnitte und reibungsloser Gelenke ermittelten Biegelinien beträchtlich von denen für fest vernietete Knotenpunkte und für veränderliche Querschnitte abweichen.

Diese Unsicherheit in den Berechnungsgrundlagen für Trogräger, Trog und Flachpendel sowie die dann kostspielige Durchbildung der Seitenwände des Troges mit allen Stoßdeckungen als Blechträger für die größeren Stützweiten haben nun vor allem auf den Gedanken geführt, eine Trennung des Troges an jedem Querträger vorzunehmen. Dieselbe beschränkt sich jedoch nur auf die lotrechten Seitenwände des Troges durch Unterbrechung der seitlichen Längsträger sowie der Seitenwandbleche, deren Blechfuge mit einer dünnen, federnden Nickelwelle (Verdrehungsvorrichtung Fig. 3 und 4, Taf. Nr. 1, Fig. 16 bis 19, Taf. Nr. 4) in jedem Knotenpunktsquerschnitt überdeckt wird. Die durch die Fugen getrennten Seitenwände können nun wie die Glieder einer Gelenkkette den Durchbiegungen des Trogrägers ohne nennenswerten Widerstand folgen. Die Längsträger zur Unterstützung der Seitenwände müssen demgemäß auf der einen Seite beweglich angeschlossen werden.

Durch diese Anordnung wurden die durchlaufenden Trogteile auf das Bodenblech und dessen Längsträger beschränkt, so daß in dem vorerwähnten Beispiele das Trägheitsmoment dieser Teile statt 30% nur mehr 2% desjenigen der beiden Trogräger ausmacht. Tatsächlich sind die durchlaufenden Trogteile aber elastischer als sie es nach diesen 2% sein müßten, da das Trägheitsmoment an den Stellen, wo die Längsträger durch die Querträger unterbrochen werden, noch bedeutend herabgemindert wird, wenn die dortige Nietverbindung nur den Stützdrücken und nicht den Stützmomenten des durchlaufenden Teiles entsprechend durchgebildet ist.

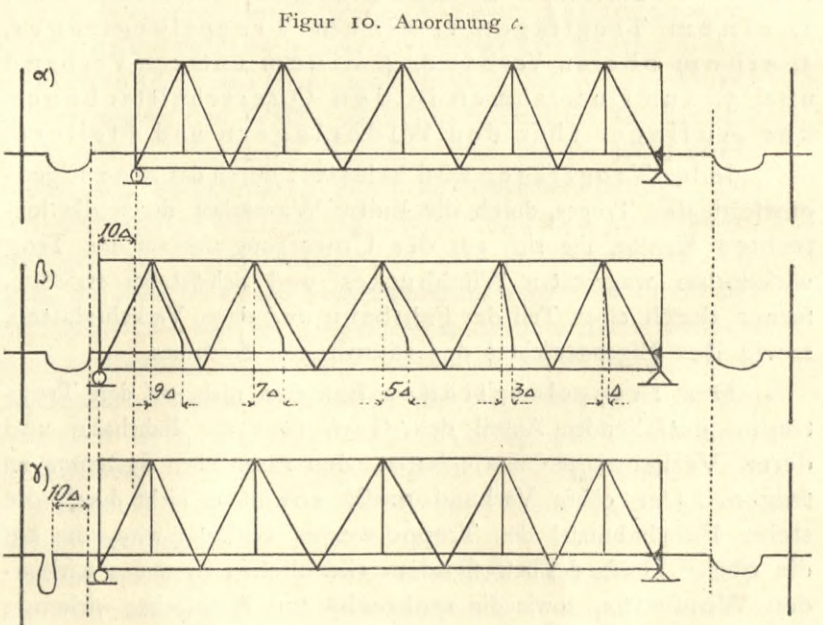
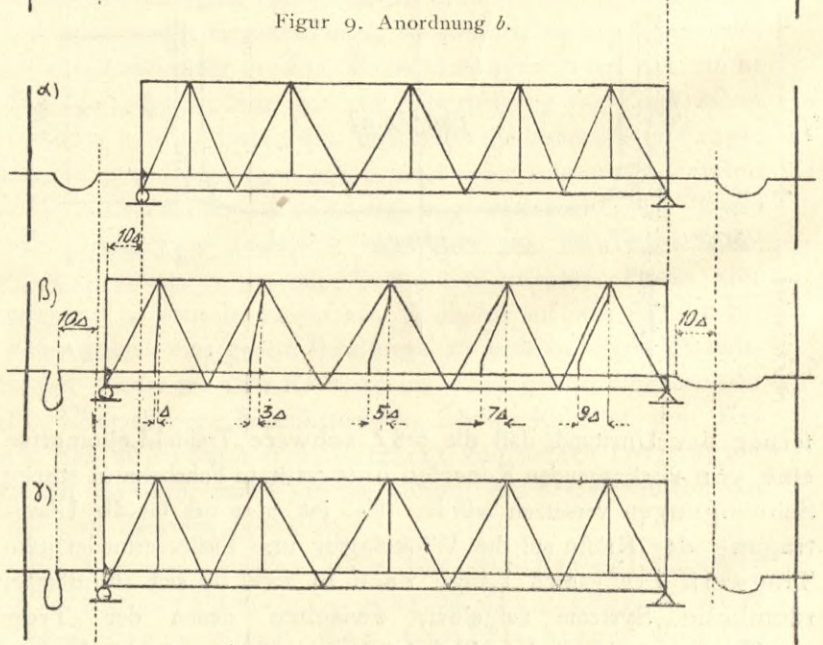
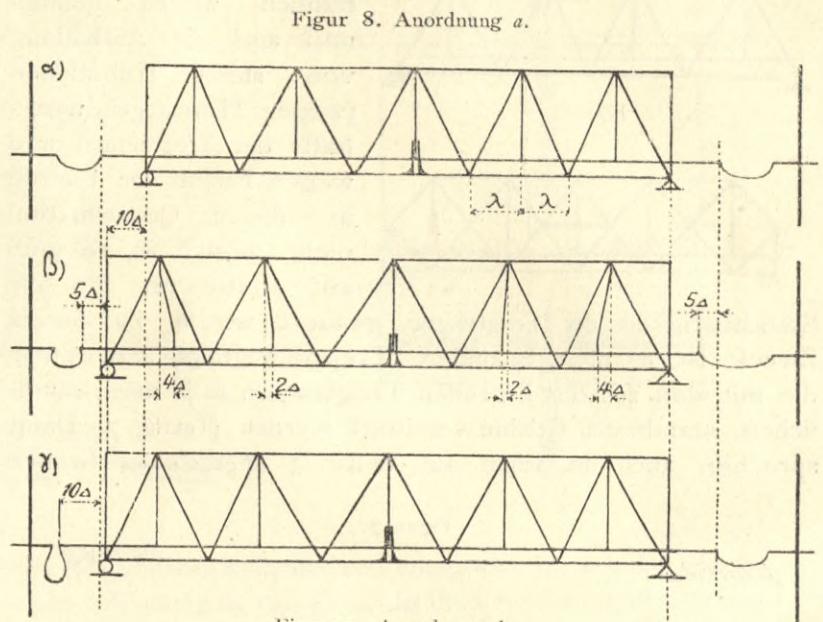
Die geringe Steifigkeit der durchlaufenden Trogteile entspricht den Verhältnissen, wie sie bei Querkonstruktionen von Eisenbahn- und Straßenbrücken gewöhnlich vorkommen. Der Einfluß dieser Steifigkeit wird nun bei der genauen Untersuchung der Lastverteilung zwischen Hauptträger und Fahrbahn in den Fällen der Praxis nie berücksichtigt. Es kann daher auch bei einer Kanalbrücke der auf die beschriebene Art gegliederte Trog mit genügender Genauigkeit für die Berechnung der lotrechten Einflüsse in seine von Knoten zu Knoten reichenden Teile aufgelöst werden, wodurch sich in jedem Flachpendel, beziehungsweise Knotenpunkte des Trogrägers eine vertikale Troglast entsprechend der Knotenweite ergibt.

Da die Stärke der Flachpendel nicht allein von der Axialkraft abhängt, die von der Troglast herrührt, sondern auch von dem Biegemomente, welches dem Ausschlage des Flachpendels infolge des zwischen Trog und Trogrägerobergurt auftretenden Temperaturunterschiedes entspricht, so wird es sich aus konstruktiven Gründen darum handeln, bei großen Stützweiten diese Ausschläge einzuschränken. Das erreicht man durch Unterbrechung des ganzen Trogquerschnittes (also auch des Bodens) an gewissen Stellen und durch Überdeckung der Zwischenräume mit federnden Nickelstaschen (Dilatationsvorrichtungen, Fig. 12, Taf. Nr. 2), die nun einer gegenseitigen Verschiebung zwischen Trog und Trogräger nur einen sehr geringen Widerstand leisten. Der Trog zerfällt infolgedessen in einzelne, fast unabhängige Teile, deren jeder durch je ein, als Mitnehmer wirkendes, festes Längslager ungefähr in der Mitte an jeder Längsverschiebung gegenüber den Trogrägern verhindert wird.

Dadurch wird ein sicheres Wirken jeder Nickelwelle gewährleistet und die von einem solchen Festpunkte zu beiden Seiten gleich weit entfernten Flachpendel haben den gleichen

Ausschlag, der um so größer wird, je weiter das Pendel von dem festen Längslager entfernt ist. Der größte Ausschlag und somit das entsprechend größte Biegemoment ergibt sich also für die der Dilatationsvorrichtung zunächst liegenden Pendel.

Da aber die Axialbeanspruchungen der Flachpendel die vorherrschenden sind, wird es sich wohl nicht verlohnen, letztere den je nach der Größe des Ausschlages verschiedenen Biegemomenten entsprechend verschieden stark zu bemessen, sondern man wird sämtliche Flachpendel dem größtmöglichen Ausschlage anpassen.



momenten entsprechend verschieden stark zu bemessen, sondern man wird sämtliche Flachpendel dem größtmöglichen Ausschlage anpassen.

Dem soeben Gesagten entsprechen für Kanalbrücken mit einer Öffnung — vorausgesetzt, daß der Stützweite gemäß noch mit einem einzigen, festen Längslager des Troges das Auslangen gefunden wird — die in den Textfiguren 8, 9 und 10 dargestellten drei typischen Anordnungen.

Bei allen drei Anordnungen findet die Unterbrechung des ganzen Trogquerschnittes und die Einschaltung der dafür erforderlichen Dilatationsvorrichtungen knapp an den Widerlagern statt. Bei der Anordnung *a*) befindet sich das feste Längslager in Stützweitenmitte, bei *b*) am beweglichen und bei *c*) am festen Brückeneinde. Für jede dieser drei Anordnungen sind drei Zustände α), β) und γ) mit Rücksicht auf die Deformation der Pendel und Nickelwellen dargestellt.

Der Zustand α) ist ein ideeller, bei welchem die Temperatur t^0 des Trogträgers gleich der Temperatur τ^0 des Troges ist und in den Pendeln und Dilatationsvorrichtungen keine Formänderungen also auch keine Inanspruchnahmen auftreten. Dieser Zustand α) dient nur zur Erläuterung der beiden anderen Zustände β) und γ), die in den Bildern immer auf die Anfangslage α) bezogen sind.

Zustand β). Wenn nun die Temperatur t des Trogträgers steigt, so daß $t_1 > \tau$ wird, so verlängert sich der Hauptträger und es treten Formveränderungen der Pendel und Nickelwellen ein. Beträgt nun für eine Maschenweite λ deren zugehörige Verlängerung Δ , so sind aus den Abbildungen folgende größte Pendelausschläge zu entnehmen:

im Falle α) 4Δ
 β) und γ) 9Δ .

Die Verschiebungen der Dilatationsvorrichtungen betragen im Falle:

a) + 5Δ am festen Auflager, — 5Δ am beweglichen Auflager
b) + 10Δ " " " — 10Δ " " "
c) 0 " " " 0 " " "

Diese Vergleichswerte zeigen für die Anordnung *a*) deutlich den Vorteil des in der Trägermitte angebrachten Mitnehmers (festen Längslagers), wodurch der größte Pendelausschlag nur 4Δ — gegenüber einem solchen von 9Δ bei den Anordnungen *b*) und *c*) — beträgt. Die Anordnungen *b*) und *c*) eignen sich daher nur für kleine Stützweiten.

Zustand γ). Ändert sich der ursprüngliche Temperaturzustand α) derartig, daß die Trogträgertemperatur von t^0 auf t^0_1 steigt und jene des Troges von τ^0 auf τ^0_1 , wobei aber $t_1 = \tau_1$ ist, das heißt Trogträger und Trog haben wieder gleiche, nur höhere Temperaturen, so sind für alle drei Anordnungen *a*), *b*) und *c*) die Pendelausschläge 0, denn es findet keine relative Verschiebung von Trog und Trogträger statt.

Die Dilatationsvorrichtungen haben in den drei Fällen folgende Längenänderungen:

a) 0 am festen Auflager — 10Δ am beweglichen Auflager,
b) 0 " " " — 10Δ " " "
c) 0 " " " — 10Δ " " "

Ein Vergleich der Zustände β) und γ) für die Anordnung *c*) zeigt, daß die Dilatationsvorrichtung auf der Seite des festen Trogträgers durch die Temperaturänderungen keinerlei Formveränderung erleidet. Ihre Anordnung ist aber trotzdem notwendig, um eine Gefährdung der Wasserdichtheit des Troges und eine ungünstige Inanspruchnahme des anschließenden Mauerwerks — infolge Verdrehung durch die Durchbiegung des Trogträgers — zu vermeiden. In den Anordnungen *b*) und *c*) kann das für die Verbindung von Trog und Trogträger erforderliche Längslager durch die feste Vernietung des Trograhmens an dieser Stelle mit den Trogträgern ersetzt werden.

Nunmehr auf den besonderen Fall der Kanalbrücke über den Skawafuß zurückkommend, wäre noch folgendes zu bemerken:

Die für die Anlage dieses Bauwerkes maßgebenden Höhenmaße sind:

Treppelwegoberkante 233'200,
 Normalwasserspiegel der Kanalhaltung 232'000,
 Sohle der Kanalbrücke 229'500,
 Sohle des Kanals 229'000,
 beobachteter Höchstwasserstand des Skawafußes. . 227'070.

Es ergibt sich bei einer mit der Trogträgerentfernung von 12'40 m in Einklang gebrachten Höhe des Trograhmens für die Unterkante desselben (zugleich der tiefste Punkt der gesamten Eisenkonstruktion) die Kote 228'208, somit die freie Höhe zwischen Skawahochwasser und Tragkonstruktion mit

1'138 m. Die gesamte Konstruktionshöhe von Treppelweg-Oberkante bis Trograhmenunterkante beträgt 4'992 m.

Als Parallelträgersystem wurde hier das zweiteilige Netzwerk gewählt, um mit den Strebenquerschnitten noch innerhalb angemessener Grenzen zu bleiben.

Für die Überbrückung können nun frei aufliegende Träger oder ein durchlaufender Träger auf sechs Stützen in Betracht kommen. Den Vorteilen von frei aufliegenden Trägern, das sind die einfachere und verlässlichere Berechnung derselben, die Unabhängigkeit der Inanspruchnahme von unbeabsichtigten Stützensenkungen und von Temperaturschwankungen, stehen als schwerwiegende Nachteile die größeren Kosten der Eisenkonstruktion sowie der Pfeiler entgegen, deren Breite für das Unterbringen von zwei Lagern in der Richtung des Trägers bemessen werden müßte. Auch konstruktive Schwierigkeiten beim Übergange des Troges von der einen zur nächsten Öffnung wären hier bei der schiefen Lage der Kanalbrücke eine Folge der Anordnung von frei aufliegenden Trägern.

Durchlaufenden Trägern kommen hingegen die obigen Vorteile der frei aufliegenden Träger ohne die genannten Nachteile nur dann zu, wenn sie durch Einschaltung von Gelenken zu statisch bestimmt gelagerten Tragsystemen Gerber'scher Bauart gemacht werden. Doch sind diese Systeme nur dann mit Nutzen anzuwenden, wenn man in der Austeilung der Öffnungs- beziehungsweise Stützweiten nicht beschränkt ist. Leider macht in dem vorliegenden Falle die Forderung, fünf Öffnungen anzuordnen, von denen die mittlere noch dazu von der Flußschlauchbreite abhängig ist, eine vorteilhafte Anordnung von Gelenken unmöglich; es würde die an enge Grenzen gebundene und notwendigerweise konstante Trägerhöhe für die Kragträger zu klein, für die eingelegten frei aufliegenden Träger zu groß sein. Auch wäre die konstruktive Durchbildung der Gelenke, die nur an Strebenkreuzungen angeordnet werden dürfen, um annähernd beide Strebenzüge im gleichen Maße zu belasten, sehr schwierig. Ferner würden sich mit Rücksicht auf die später anzubringende zweite Fahrinne, die wegen der schiefen Überführung in versetzter Lage gegen die ersterbaute anzuordnen ist, baumechanisch ziemlich verwickelte Kraft- und Formänderungsverhältnisse ergeben, denen bei der konstruktiven Durchbildung kaum in einwandfreier Weise beizukommen ist.

Durch die angegebenen Nachteile wird man daher auf den äußerlich vierfach statisch unbestimmten, durchlaufenden Träger geführt, für welchen alle konstruktiven Einzelheiten sich den Erfordernissen des Kräftespieles zwischen Trog und Trogträger anpassen lassen. (Fig. 8, Taf. Nr. 2.)

Diese Wahl des Tragwerkes ist um so begründeter, als der nicht tief liegende, feste Baugrund auch im Hinblick auf eine allfällige, unbeabsichtigte Stützensenkung keine besonderen bautechnischen Vorkehrungen bei der Gründung der Pfeiler notwendig macht, so daß als Nachteil nur die sehr umfangreiche, statische Berechnung und im Verein mit ihr die Herstellung einer größeren Zahl von Konstruktionsplänen übrig bleibt. Handelt es sich doch um einen äußerlich vierfach statisch unbestimmten, durchlaufenden Träger, bei dem die Temperaturunterschiede zwischen Obergurt und Untergurt sowie eine sicherheitshalber anzunehmende Senkung der Auflagerknotenpunkte (infolge des Nachgebens der Pfeiler oder einer für den spannungslosen Montagezustand des Untergurtes nicht im Einklange befindlichen Höhenlage der Auflager) Einfluß auf die Dimensionierung nehmen.

Einen größeren Mehraufwand an Projektierungsarbeiten verursacht endlich auch noch die unsymmetrische Anordnung der Feldweiten der durchlaufenden Trogträger, die eine Folge des senkrechten Anschlusses des Troges an das Landwiderlager und der gleichzeitigen Schrägstellung der Pfeiler ist. Ein schräger Landanschluß wäre schlecht wirksam, weil die Nickelwelle nur senkrecht zu den Erzeugenden den in der Richtung der Kanalachse stattfindenden Verschiebungen keinen nennenswerten Widerstand entgegengesetzt, und weil schließlich auch die eisenkonstruktive Durchbildung des Abschlusses des ganzen Tragsystemes sich bei Wahrung gleicher Endfeldweiten der beiden Trogträger nicht einwandfrei ausführen läßt.

Alle Verbindungsstücke zwischen Trogräger und Treppelwegträger haben also beiderseits senkrechten Anschluß (Fig. 10, Taf. Nr. 2.)

Zur Herableitung der Auflagerkräfte des oberen Verbandes bis auf die Pfeiler sind zwischen Trog- und Treppelwegträger Querrahmen gespannt, die senkrecht zur Kanalachse stehen und zur Folge haben, daß wegen der schrägen Stellung der Pfeiler die Verbindung der Auflager von Trog- und Treppelwegträger unter dem $\sphericalangle(90^\circ - 73^\circ) = 17^\circ$ gegen die Pfeilerachse geneigt ist. (Fig. 32, Taf. Nr. 7.)

Im Abschnitte «III. Baulicher Teil» wird gezeigt, wie die Auflager dieser beiden Träger gegenüber den Einzelpfeilern gelegt werden mußten, damit das Exzentrizitätsmoment der Resultierenden der Auflagerdrücke für die verschiedenen Belastungsfälle zu einem Minimum wird. Auch werden daselbst die Gründe auseinandergesetzt, warum für die einstweilige Anlage als erste Rinne die stromabwärtsgelegene ausgeführt wird.

Zur Sicherung des Troges gegen Schiffstöße und Beschädigungen durch Schiffshaken u. s. w. sind hölzerne Streifbäume und eine Holzauskleidung an dem Troge angebracht. (Fig. 13, Taf. Nr. 3.) Die ersteren legen die innere Weite des Troges zwischen den Blechwänden mit 10.8 m fest. Die gelenkige Auflagerung der Trograhmen erfordert beiderseits weitere 0.8 m , so daß die Entfernung von Mitte zu Mitte der Trogräger sich mit 12.40 m ergibt. Die 3.50 m breite Treppelwegfahrbahn überdeckt den Trogrägerobergurt und erfordert bei einer zentrischen Auflagerung der Fahrbahnquerträger auf dem kreuzförmigen Obergurt des Treppelwegträgers eine Entfernung von 3.0 m vom Trogräger, die mit Rücksicht auf die größte Feldweite von 46.2 m wohl auch ein zulässiges Mindestmaß für die Höhe des oberen und unteren Verbandes darstellt. Die Gesamtentfernung der beiden Treppelwegträger t_A, t_B ist bei der einstweiligen Anlage somit 18.40 m . (Fig. 10, Taf. Nr. 2.)

Für die seinerzeitige Anbringung der zweiten Fahrinne $[B-C]'$ muß der Treppelwegträger t_B samt Fahrbahnkonstruktion entfernt werden. Doch können diese Tragwerksteile wieder stromaufwärts an den Trogräger T_C' der zweiten Fahrinne angeschlossen werden. Zwischen den beiden mittleren Trogrägern T_B, T_B' der künftigen Anlage ergibt sich dann ein Maß von 1.338 m , das mit Rücksicht auf die Knotenweite der Trogräger (4.2 m), der Entfernung der letzteren untereinander (12.4 m) und endlich mit Rücksicht auf die Neigung der Kanalachse gegen die Pfeilerlängsachse (73°) eindeutig bestimmt ist. Diese Entfernung von 1.338 m genügt auch, um seinerzeit zu Revisionszwecken den Raum zwischen den beiden Trögen ($A-B$) und $[B-C]'$ begehen zu können (Fig. 11, Taf. Nr. 2.)

Die beiden mittleren Trogräger T_B, T_B' müssen trotz der geringen, auf ihren Obergurt wirkenden Windkräfte einen oberen Verband erhalten, dessen Stützendrücke mittels lotrechter Querrahmen über den Pfeilern und Widerlagern in die Auflager geleitet werden. Aber auch für die beträchtlicheren Windkräfte und den wagrechten Schiffstoß, für die Kräfte also, die vom Trog an den Untergurt eines der mittleren Trogräger abgegeben werden, genügt die Anbringung eines unteren Verbandes mit der geringen Höhe von 1.338 m , weil diese Kräfte über den Landwiderlagern unmittelbar und zunächst den Pfeilern mit Hilfe der im Abschnitte II besprochenen, wagrechten Querlager als Einzellasten übertragen werden. Dadurch aber werden große Stabkräfte nur in den Streben nächst den Pfeilern hervorgehoben, während die übrigen Streben und die Gurten dieses unteren Verbandes nur sehr geringe Stabkräfte erhalten.

Auch das Kippmoment, das durch die oberen geringen Windkräfte und durch solche horizontale Zusatzkräfte entsteht, die bei Entleerung des einen Troges infolge ungleicher Durchbiegung der steif miteinander verbundenen Trogräger auftreten, ist wesentlich geringer als das Standmoment der beiden verbundenen inneren Trogräger durch deren vertikale Belastung. Unterstützt wird übrigens dieses Standvermögen der mittleren Trogräger noch durch die starre Verbindung der über den Landwiderlagern angeordneten Trograhmen mit den beiderseitigen Trogrägern. (Fig. 14, Taf. Nr. 3.) Notwendig ist diese starre Verbindung aber aus folgenden Gründen:

Die Tragkonstruktion für die zweite Fahrinne $[B-C]'$ erhält die gleiche Felderausteilung wie die der einstweiligen Anlage und wird gemäß der schrägen Übersetzung um eine Knotenweite von 4.20 m in der Kanalrichtung gegen die Tragkonstruktion der ersten Rinne $[A-B]$ versetzt. (Fig. 11, Taf. Nr. 2.) Es wird daher beispielsweise auf dem linken Widerlager dem Endständer des Trogrägers T_B der ersten Fahrinne $[A-B]$ nach Wegnahme des Treppelweges $[T_B-t_B]$ und somit auch des zugehörigen Endrahmens seine seitliche Stütze genommen. Wenn nun nicht die starre Verbindung des Obergurtknotenpunktes \bar{o} durch den Trograhmen mit dem räumlichen System der beiden stromabwärtigen Träger $[T_A-t_A]$ erfolgte, wäre dieser Punkt nur mit zwei Stäben: dem Endständer $[\bar{x}-\bar{o}]$ und dem Obergurtstab $[\bar{o}-m_1]$, das heißt als nicht räumlich sondern unzulässig nur in einer Ebene festgelegt. Weiters ist diese starre Verbindung deshalb notwendig, weil wegen des Endständers $[\bar{x}-\bar{o}]$ des Trogrägers eine Aufhängung des Troges mittels Pendel in \bar{o} nicht leicht möglich ist und daher der Trog ohne jedwede Lagerung in der Auflagerebene ungefähr 3.0 m konsolenartig von \bar{l} aus bis zur Widerlager-Dilatationsvorrichtung vorkragen müßte. Schließlich erscheint die starre Verbindung von Trogräger und Trog auch im Hinblick auf die Aufstellung des Tragwerkes für die zweite Rinne geboten, weil nach Entfernung des Treppelweges $[T_B-t_B]$ der Trogräger T_B nirgends in seiner senkrechten Lage festgehalten würde. Man müßte also nicht nur über den Zwischenpfeilern, sondern auch über den Landwiderlagern vorübergehende und weniger verlässliche Abstützungen für die Zeit anbringen, in der dieser Trogräger noch nicht durch die Verbindung mit dem neu aufgestellten Trogräger T_B der künftigen Anlage räumlich verbunden ist. (Taf. Nr. 2.)

Mit den angegebenen Maßen ergibt sich für die künftige Anlage eine Entfernung von $2 \times (3.0 + 12.4 + \frac{1.338}{2}) = 32.138\text{ m}$ zwischen den Achsen der Treppelwegträger t_A und t_C .

Die Beschreibung weiterer Einzelheiten wird gelegentlich der statischen Berechnung gegeben.

II. Eisenkonstruktiver Teil.

A. Der Trog.

Die grundsätzliche Forderung, daß die Übertragung der Trogkräfte auf die Trogräger klar und somit rechnerisch möglichst genau zu bewerten sei, hat notwendigerweise zu allen Einrichtungen des Troges geführt, die bereits im ersten allgemeinen Teil des Berichtes beschrieben sind.

Nur der größeren Deutlichkeit halber sollen sie als die Ergebnisse der folgerichtigen Entwicklung eines grundlegenden Konstruktionsgedankens in kurzer Zusammenfassung des bereits Gesagten nochmals angeführt werden.

Die in den Hauptknoten angeordneten, an den beiden Enden mit Wälz Gelenken ausgestatteten Flachpendel ermöglichen dem Trog jegliche Bewegung in der Querrichtung und die Verschiebung im Sinne der Längsachse.

Die Verdrehungsvorrichtungen (lotrechte Nickelwellen) gliedern die sonst übermäßig steifen Seitenwände des Troges zwischen den äußersten Stützpunkten in 43 Abschnitte von je 4.2 m beziehungsweise (in den Endabschnitten) von je 2.1 m Länge und bewirken eine gleichmäßige Verteilung der lotrechten Lasten auf die Flachpendel.

Die Dilatationsvorrichtungen stellen im wesentlichen auch über den Trogboden fortgeführte Verdrehungsvorrichtungen dar. Sie haben die Aufgabe, 1. die schwer berechenbaren Spannungen auszuschalten, die infolge von Temperaturunterschieden zwischen dem Trog und dem Trogräger entstehen und 2. den Ausschlag der Pendel innerhalb gewisser Grenzen zu halten.

Aus der bereits erwähnten Forderung nun, daß der Trogboden in ganz bestimmten Punkten die wagrechten vom Wind und von den Schiffstößen herrührenden Kräfte auf den unteren Verband so übertragen soll, daß dieser möglichst gering beansprucht werde und weiters aus der Überlegung, daß eine über-

große Durchbiegung der Dilatationsvorrichtungen infolge dieser wagrechten Kräfte mit Rücksicht auf die Wasserdichtheit des Troges zu verhindern ist, hat sich die Notwendigkeit einmal von Querlagern überhaupt und dann auch die Anordnung dieser sowohl wie auch der Dilatationsvorrichtungen über jedem der vier Pfeiler, das ist in den Untergurtnotenpunkten 7, 17, 28 und 38 (Trogträger T_B) von selbst ergeben. (Fig. 10 und 11, Taf. Nr. 2.)

Die wagrechten Längslager in den Untergurtnoten 12, 23, 33 (Trogträger T_B) und in den gegenüberliegenden Knoten 33⁰, 22⁰, 12⁰ (Trogträger T_A) bilden ebenso wie die steifen Rahmen die mit Rücksicht auf eine eventuell ungleiche Empfindlichkeit der vier Dilatationsvorrichtungen geschaffenen Festpunkte.

Erst mit Hilfe dieser Längslager sind die Dilatationsvorrichtungen imstande, die Pendelausschläge im gewünschten Maße einzuschränken.

Hinsichtlich der Vorrichtungen, die eine Verschiebung von Trog und Trogträger als Ganzes gegenüber den Widerlagern ermöglichen, kann auf den bautechnischen Teil des Berichtes verwiesen werden.

Es wäre diesbezüglich nur ergänzend zu bemerken, daß hier die Nickelwelle nach der Außenseite des Troges gekehrt ist, im Gegensatz zu den übrigen Dilatations- und Verdrehungsvorrichtungen, welche andernfalls eine mißliche Teilung des Trograhmens erfordern würden. (Fig. 12, Taf. Nr. 2.)

Endlich ist der Berechnung der Trogkonstruktion noch vorzuschicken, daß das Troggerippe außer den schon erwähnten 4,2 m beziehungsweise 2,1 m von einander entfernten Trograhmen sich zusammensetzt aus: den Seitenträgern [I und II] zur Unterstützung der Seitenbleche, aus neun Längsträgern [III bis III'] zur Unterstützung des Bodenbleches und schließlich aus drei \square -Eisen-Strängen zwischen je zwei Trograhmen beziehungsweise aus einem Strang zwischen den beiderseitigen 2,1 m breiten Rahmenfeldern an den Trogenden. (Fig. 3, Taf. Nr. 1 und Fig. 16—19, Taf. Nr. 4.)

Die Berechnung des Troges wird des beschränkten Raumes wegen nicht in allen Einzelheiten gebracht. Besondere Zahlen sollen nur dann angeführt werden, wenn sie das Verständnis des allgemeinen Rechnungsvorganges wesentlich erleichtern. Die Berechnung ist unter der Annahme eines von 2,5 m (die normale Wassertiefe) auf 2,7 m angespannten Wasserspiegels durchgeführt.

Die zu untersuchenden Trogteile sind:

1. die Blechhaut,
2. die Zwischenquerträger,
3. die Längsträger,
4. die Trograhmen,
5. die Aufhängung.

1. Die Blechhaut.

a) Bodenblech. Durch die Anordnung der Längs- und Querträger entstehen 1,10 m lange und 1,05 m breite Blechfelder, die als teilweise eingespannt zu betrachten sind.

Die Berechnung dieser Bodenbleche ist nach Bach vorgenommen unter Verwendung eines mittleren Koeffizienten $\mu = 0,9$.

Mit Rücksicht darauf, daß infolge der Wirkung des Trogbodens als wagrechter Träger die mit Hilfe der Bach'schen Formel ermittelte Inanspruchnahme der Blechhaut um eine später noch zu berechnende Zusatzspannung zu vermehren ist, wird für die Blechstärke schon im Voraus das Maß von 8 mm gewählt.

b) Seitenblech. Unter der ungünstigen Annahme, daß der größte seitliche Wasserdruck von 1700 kg/m² in jeder Höhe des ganzen Blechfeldes wirkt, sonst aber in der gleichen wie vorhin beschriebenen Weise wird bei der Berechnung der Seitenbleche vorgegangen.

2. Die Zwischenquerträger.

a) Für den Trogboden gelten die Diagonalen der einzelnen Bodenfelder als Belastungsgrenzen.

Aus der nunmehr bekannten Lastverteilung beziehungsweise Belastungslinie, aus der gleichfalls bekannten Wasserlast und dem angenommenen Eigengewicht, ferner aus der Annahme einer beiderseitigen freien Auflagerung und eines 20%igen Abzuges vom maximalen Biegemomente mit Rücksicht auf die Mitwirkung eines in der Breite des Trägers angenommenen Trogbodenstreifens hat sich ein \square Profil Nr. 8 als hinlänglich stark ergeben.

b) Bei der Berechnung der Zwischenquerträger für die Seitenwände muß gleichfalls von der Ermittlung der Belastungslinie ausgegangen werden.

Entsprechend einer abermaligen Lastverteilung nach den Diagonalen eines Seitenfeldes wird der Druck auf ein solches Feld von 2,1 m Höhe und 1,05 m Breite durch den in Textfigur 11 gezeichneten Wasserkeil versinnbildlicht.

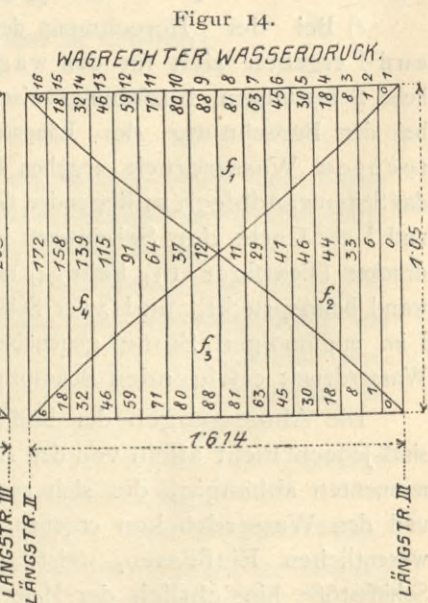
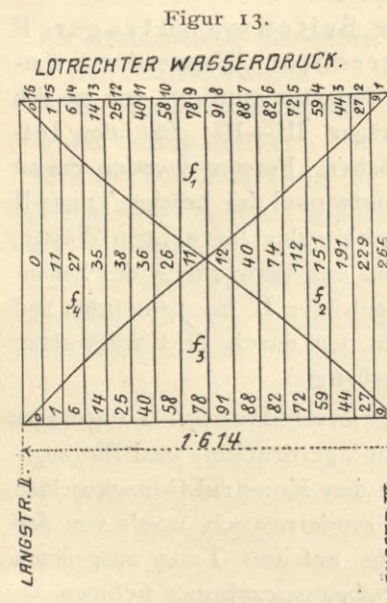
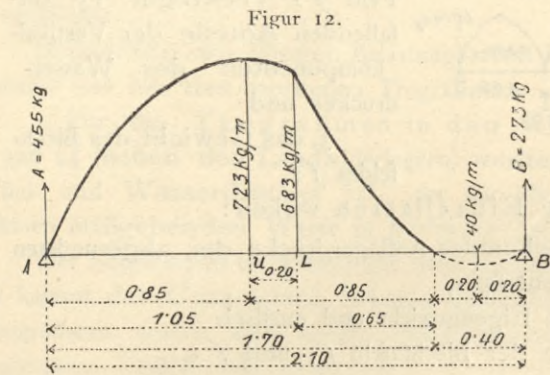
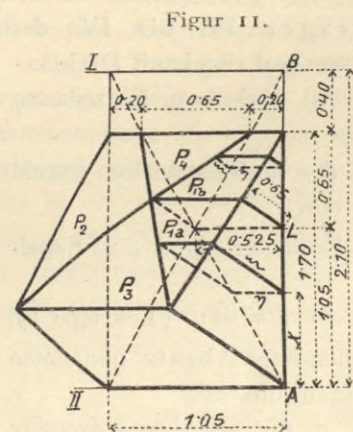
Darin bezeichnen P_1 und P_2 die auf die Zwischenträger, P_3 den auf den unteren Seitenträger II und endlich P_4 den auf den oberen Seitenträger I entfallenden Lastanteil.

Die in der Textfigur 11 erscheinenden Querschnittsflächen $2 \gamma \eta \xi$ (γ ist das spezifische Gewicht des Wassers) stellen die jeweiligen Ordinaten der Belastungslinien vor.

Als letztere ergeben sich zwei identische Parabeln mit der Gleichung $p = 1000 x^2$ und von der in Textfigur 12 dargestellten Form.

c) Die Zwischenquerträger an der Ausrundung zwischen den Längsträgern II und III. (Fig. 3, Taf. Nr. 1 und Taf. Nr. 4.)

Das Seitenblech des Troges wird nach einer Viertelkreis-Zylinderfläche ($r = 0,90 m$) in das Bodenblech übergeführt. Die eingeschaltete Ausrundung des Bleches endet wegen des besseren Blechanschlusses an die Längsträger zu beiden Seiten in 0,1 m breiten, ebenen Streifen.



Zunächst sind wieder die Belastungslinien zu ermitteln, deren Ordinaten hier die Horizontal- beziehungsweise die Vertikal-komponenten des in jedem Punkte der Ausrundung radial wirkenden spezifischen Wasserdruckes darstellen.

Die Ausrundung denkt man sich hierauf in 14 je 0,1 m breite, horizontale Streifen zerlegt und berechnet mit Hilfe der soeben genannten Belastungskurven die entsprechend aufzuteilenden Horizontal- und Vertikalkomponenten des Wasser-

druckes, der auf jeden einzelnen dieser 1,05 m langen Streifen entfällt.

Zur Ermittlung des jedem Zwischenträger zukommenden Wasserdruckes ist gleichartig dem früheren Vorgange eine Teilung nach den Diagonalen vorzunehmen und zu diesem Zwecke die 1,05 m breite Rundungsfläche aufgerollt gedacht.

Die Aufteilung der Wasserdruckkomponenten ist in den vorstehenden Figuren versinnbildlicht. (Textfigur 13 und 14.)

Nunmehr können die Auflagerreaktionen und mit deren Hilfe die größten, für die Dimensionierung der Zwischenträger maßgebenden Biegemomente ermittelt werden.

3. Die Längsträger.

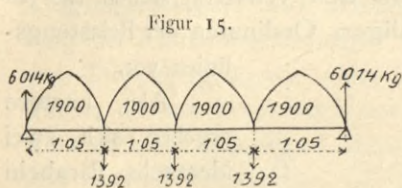
a) Die normalen Längsträger IV bis IV' des Trogbodens stehen unter dem Einflusse von direkten Dreieckslasten (Wassergewicht und Bodenblech) und von Einzellasten (Auflagerdrücke der Zwischenträger).

b) Auf den Längsträger III des Bodens wirken sowohl vertikale als auch horizontale Kräfte ein.

Beide setzen sich wieder aus Dreiecks- und aus Einzellasten zusammen.

Die vertikalen Dreieckslasten sind: (Textfigur 15)

1. die Hälfte der im vorhergehenden Absatz genannten direkten Lasten,
2. die auf das aufgerollte Feld f 2 (Textfigur 13) entfallenden Anteile der Vertikal-komponenten des Wasserdruckes und
3. das Gewicht des Blechfeldes f 2.



Als vertikale Einzellasten wirken:

1. die bereits bekannten Auflagerdrücke der abgerundeten und geraden Zwischenträger,
2. deren halbes Eigengewicht und endlich
3. die Gewichte der Blechtafeln f 1 und f 3.

Die horizontalen Belastungen, die sich aus den aus der Textfigur 14 (Feld f 2) ersichtlichen Anteilen und aus den horizontalen Auflagerdrücken der abgerundeten Zwischenträger zusammensetzen, sind für den Träger III ohne Bedeutung, weil ihr Ausgleich mit den ebenso großen horizontalen Belastungen des symmetrischen Trägers III' von dem Bodenbleche beziehungsweise den Zwischenträgern des Bodens vermittelt wird und überdies die für das Bodenblech sich aus dieser Beanspruchung ergebende Zusatzspannung sehr gering ist.

c) Bei der Berechnung der Seitenwandträger II und I ergeben sich für den wagrechten Wasserdruck ähnliche Belastungen beziehungsweise Belastungslinien, wie sie sich bei der Berechnung der Längsträger III—III' für den lotrechten Wasserdruck ergeben haben. Ferner werden die an das Seitenwandblech anliegenden Gurtwinkel der beiden Träger II und I als Gurte der Seitenwand infolge des lotrechten Wasserdruckes (Textfigur 13, Feld f 4) und des Gewichtes der Seitenwand beansprucht, und zwar Seitenträger II im günstigen und I im ungünstigen Sinne gegenüber den durch den wagrechten Wasserdruck erfolgenden Beanspruchungen.

Die Abmessungen der beiden letztgenannten Längsträger sind jedoch nicht allein von den Auflagerdrücken und Biegemomenten abhängig, die sich aus den Konstruktionsgewichten und den Wasserdrücken ergeben, sondern auch noch von den wesentlichen Einflüssen, welche die auf den Trog ausgeübten Schiffsstöße hinsichtlich der Materialbeanspruchung nehmen.

Zu deren Berechnung muß zunächst die lebendige Kraft L an der Stoßstelle durch eine von 0 anwachsende, statische Kraft P' ersetzt werden, welche dieselbe Verschiebung δ verursacht wie die sich in Formveränderungsarbeit umsetzende lebendige Kraft L.

$$\text{Es ist dann } \frac{1}{2} P' \cdot \delta = L.$$

Nachdem nun innerhalb der Proportionalitätsgrenze $\delta = K \cdot P'$ ist und δ aus den bekannten oder angenommenen Abmessungen

der Trogteile sich ergibt, kann die gesuchte Kraft P' aus

$$P' = \sqrt{\frac{2L}{K}}$$

berechnet werden.

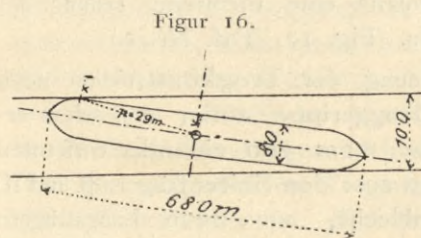
Es bleiben sonach nur L und der Koeffizient K zu bestimmen.

Im allgemeinen ist $L = \frac{mv^2}{2}$ (m die Masse des Schiffskörpers und v die Stoßgeschwindigkeit). Im vorliegenden Falle wäre nun die Masse m des 600 t Schiffes wegen der räumlichen Exzentrizität (Stoßstelle und Schiffsschwerpunkt sind in verschiedener Höhe) des Stoßes auch räumlich zu reduzieren.

Man könnte sich jedoch mit der Reduktion lediglich in einer, und zwar in der horizontalen Ebene schon deshalb begnügen, weil die zu ermittelnde Stoßkraft P' andernfalls nur einen kleineren Wert und somit eine geringere Sicherheit ergeben hätte.

Die in Gleichung $L = \frac{m_1 v^2}{2}$ an Stelle von m einzuführende, reduzierte Masse m₁, ist dann $(m_1 = \frac{t^2}{t^2 + p^2} \cdot m)$, wobei t den Trägheitshalbmesser bedeutet.

Als Stoßgeschwindigkeit wurde die mit Rücksicht auf Winddruck und Wellenschlag auf 0,05 m/sec erhöhte, zur Trogwand senkrechte Geschwindigkeitskomponente eingeführt, die sich aus der bekannten Schiffsgeschwindigkeit (im Troge 0,6 m/sec) und aus den in der Textfigur 16 ersichtlichen Beziehungen der Schiffs- und Trogmaße leicht berechnen läßt.



Der zur Berechnung des vorgenannten K erforderliche Wert der Gesamtverschiebung δ an der Stoßstelle setzt sich nach Textfigur 17 zusammen aus:

1. der Durchbiegung der lotrechten Streifbalken δ₁,
2. der Zusammenpressung der Unterstützungsbalken bei I und II δ₂,
3. der Durchbiegung der Längsträger I und II δ₃,
4. der Durchbiegung der Trograhmen δ₄,
- und 5. aus der Durchbiegung des Trogbodens δ₅,

wobei δ₂, δ₃ und δ₄ auf die Stoßstelle reduziert werden müssen.

Unter der Annahme, daß die Stoßstelle in der Höhe des Normalwasserspiegels, also hinsichtlich der Größe P' ungünstiger liegt, als es der Wirklichkeit entspricht, wurden nunmehr die Teilwerte δ₁, δ₂, δ₃, δ₄ und δ₅ beziehungsweise der erforderliche Summenwert

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5$$

in bekannter Weise ermittelt.

Als Ergänzung wäre noch folgendes zu bemerken: Bei der Berechnung von δ₄, das ist der Durchbiegung des Trograhmens an der Stoßstelle, wurde der Einfachheit halber nur der Rahmenteil I bis II in Betracht gezogen und die Verbiegung des Rahmens vom Punkte I bis zum Punkte II als geradlinig und bis auf 0 abnehmend gedacht.

Ferners wurde die Verschiebung δ₅ für das kürzeste, 27,3 m lange Bodenstück des durch die Dilatationsvorrichtungen vierfach unterteilten Trogbodens ermittelt, weil diesem Durchbiegungswerte der größte, also ungünstigste Wert von P' entspricht.

Aus dem nunmehr leicht zu berechnenden K und aus der bereits bestimmten lebendigen Kraft L ergibt sich nach

$$P' = \sqrt{\frac{2L}{K}}$$

die Stoßkraft P'.

Hiebei sind jedoch zwei Fälle zu unterscheiden:

1. der Fall, daß P' unmittelbar am Trograhmen zur Wirkung kommt, (es sind dann δ₃ = 0 und P₁ = 10,6 t be-

ziehungsweise [Textfigur 17] die Einzelkräfte $P_I = 7.6t$ und $P_{II} = 3.0t$ und

2. der Fall, daß der Stoß in der Mitte zwischen zwei Trograhmen ausgeübt wird [$P_I = 8.2t$ und entsprechend dem Früheren $P_I = 5.85t$ und $P_{II} = 2.35t$].

Erst jetzt konnte unter Berücksichtigung dieses zweiten Falles und der bereits vorhin berechneten Einflüsse der Wasserdrücke und Konstruktionsgewichte an die Dimensionierung der Träger I und II geschritten werden.

4. Die Trograhmen.

Es waren vier Arten von Trograhmen durchzubilden:

- Normale Trograhmen,
- Trograhmen über den Strompfeilern,
- Trograhmen neben den Landwiderlagern, in den Knotenpunkten I und 44 des Trogrägers T_B (Fig. 10, Taf. Nr. 2) und
- feste Trograhmen über den Landwiderlagern bei X und V.

Bei der Berechnung aller vier Arten sind folgende Belastungen zu berücksichtigen:

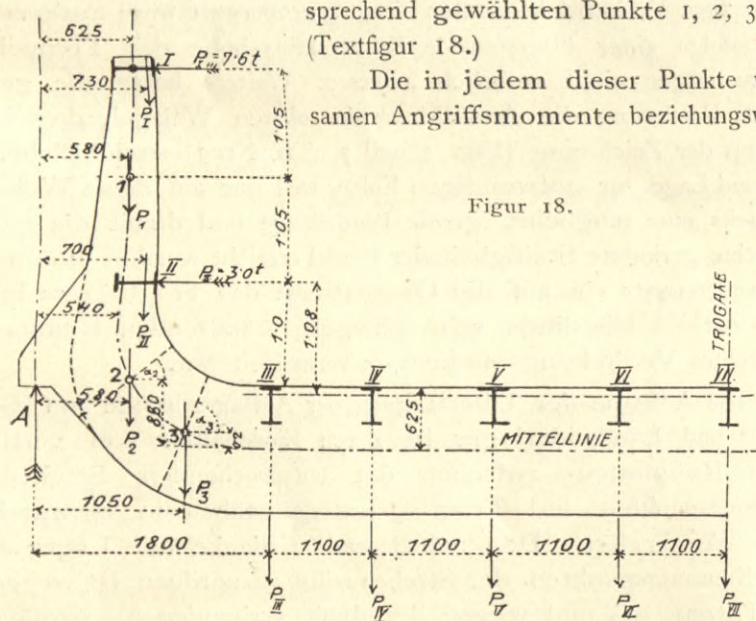
- Das Eigengewicht,
- der Wasserdruck,
- der Schiffsstoß und
- der Winddruck.

a) Die normalen Trograhmen übertragen die Belastung eines ganzen $4.2m$ breiten Feldes auf die Flachpendel.

Es sind nun der einfacheren Berechnung halber alle auf den Trograhmen wirkenden Kräfte, auch die geringen unmittelbar wirkenden Belastungen, in einzelnen Punkten angreifend gedacht.

Solche Angriffspunkte sind außer den bereits gegebenen Anschlüssen der Längsträger (I, II u. s. w.) noch die entsprechend gewählten Punkte 1, 2, 3 etc. (Textfigur 18.)

Die in jedem dieser Punkte wirkenden Angriffsmomente beziehungsweise



Figur 18.

Achskräfte und die entsprechenden Querschnitte sind dann ohneweiters zu bestimmen.

Eine Vereinfachung des eigentlichen Rechnungsvorganges läßt sich durch folgende Überlegung erzielen: Die wagrechten Lagerkräfte in den Wälz Gelenken der Pendel sind einmal infolge der Anordnung von wagrechten Querlagern und der dadurch bedingten jeweiligen nur geringen Schrägstellung der Pendel, dann aber auch infolge des kleinen Reibungswiderstandes in den Wälz Gelenken so unwesentlich, daß die von den einseitig angreifenden wagrechten Kräften (Schiffsstoß und Winddruck) herrührenden achsialen Kräfte, insoweit sie im Bodenteil III — VII — III' des normalen Rahmens wirken, vernachlässigt werden können.

Weiters wäre noch hervorzuheben, daß die durch den seitlichen Wasserdruck im Trogboden hervorgerufenen Zugkräfte (Auflagerkräfte können infolge der entgegengesetzten Richtung der beiderseits gleich großen Wasserdrücke nicht auftreten) sicherheitshalber zum Teil auch dem Trograhmen zugedacht sind. Über die Wirkung des Eigengewichtes ist nach dem Vorgegangenen nichts weiter zu sagen.

Hinsichtlich des Schiffsstoßes ($10.6t$) wäre noch dessen bereits bekannte Teilung in die Komponenten $P_I = 7.6t$ und

$P_{II} = 3.0t$ zu erwähnen, die durch Vermittlung des Trogbodens in die über den Pfeilern gelegenen Querlager geleitet werden.

Die infolge der besonderen Aufhängung der Trograhmen hierbei auftretenden lotrechten Lagerkräfte A und B betragen $2.2t$.

Es müssen dann wegen der einseitigen Wirkung des Schiffsstoßes für jeden der früher genannten Angriffspunkte (I, 1, VII) des halben Rahmens zwei Werte für die Achskräfte und Biegemomente bestimmt werden.

Als Winddruck ist im vorliegenden Falle bloß der von $270 kg/m^2$ maßgebend, weil die vom Schiffsstoß und vom gleichzeitigen Winddruck von $100 kg/m^2$ hervorgerufenen Biegemomente im entgegengesetzten Sinne wirken.

Der auf die vertikale Trogwand mit Berücksichtigung der durch den Trogräger gedeckten Flächen ausgeübte Winddruck ist für die Berechnung der Achskräfte und Biegemomente auf die drei Angriffspunkte I, II, III verteilt gedacht.

b) Die Trograhmen über den Strompfeilern weichen wegen der Anordnung der Dilatationsvorrichtungen in den Knotenpunkten 7, 17, 28 und 38 in ihrer Konstruktion von derjenigen der normalen Trograhmen etwas ab: Die Trägerhöhe ist um die Stärke der Kopfplatten der normalen Rahmen geringer und alle drei Kopfplatten sind zur bequemeren Lagerung der Dilatationsvorrichtungen unter dem Bodenbleche des Troges angeordnet. (Fig. 3, Taf. Nr. 1.)

Außerdem bedingen auch die Querlager in den Punkten 7, 17, 28 und 38 und die dort zur Geltung kommenden wagrechten Auflagerdrücke Änderungen in der Konstruktion sowohl, als auch in der Berechnung dieser über den Pfeilern liegenden Trograhmen.

Hinsichtlich der übrigen Belastungsarten ist die Behandlung dieselbe wie bei den normalen Trograhmen.

c) Für die Trograhmen in den Knotenpunkten I und 44 (neben den Landwiderlagern) werden hinsichtlich des Wind- und Wasserdruckes 75% der für die normalen Trograhmen maßgebenden Werte in Rechnung gestellt.

Der Schiffsstoß ist wieder mit $10.6t$ anzunehmen. Konstruktiv kommt der Unterschied zwischen diesen und den normalen Trograhmen durch eine etwas schwächere Ausgestaltung des wagrechten Teiles zum Ausdruck.

d) Die festen Trograhmen in den Knotenpunkten X und V (über den Landwiderlagern).

Wind- und Wasserdruck kommen hier mit 41% der für die normalen Trograhmen berechneten Werte in Betracht. Die stärkere Ausbildung der lotrechten Seitenteile der beiden Trograhmen erklärt sich aus konstruktiven Gründen.

5. Die Aufhängung des Troges. (Fig. 3, Taf. Nr. 1, Fig. 21, Taf. Nr. 5.)

Als Bestandteile derselben sind zu nennen:

- Die Stützkonsolen,
- die Hängestangen und
- die Wälz Gelenke.

Die Stützkonsole ist erforderlich, weil das untere Wälz Gelenk eines jeden Pendels nicht unmittelbar in dem dazugehörigen Trograhmen angeordnet werden kann.

Um die Befestigungsrieten der Konsole nicht auf Zug zu beanspruchen, reichen zwei von den für die Ausbildung der Konsole erforderlichen Aufagblechen bis zu den inneren Gurtwinkeln der Trograhmen. Daraus ergibt sich zweckmäßig die Überführung der äußeren Gurtwinkel mittels Keilen.

Bei der Berechnung der Niete ist außer der Querkraft von $70t$ auch das Stützenmoment berücksichtigt.

b) Die Hängestangen bestehen aus je zwei Flach-eisen von nur $13mm$ Stärke, damit sich die infolge der Biegung entstehenden Zusatzspannungen nicht zu groß ergeben.

In Fig. 12, Taf. Nr. 2 sind die Formänderungen der Pendel und Dilatationsvorrichtungen ersichtlich.

Δ bedeutet darin den auf die Maschenweite λ entfallenden Anteil der Verschiebung. Der größte Pendelausschlag 6Δ ergibt sich im Knotenpunkte 17.

Unter der Annahme eines beträchtlichen Temperaturunterschiedes von 20° zwischen Trog und Trogräger ist $6\Delta = 6.3mm$ und — wenn hiezu noch das im wagrechten Längs-

lager erforderliche Spiel von $2,5\text{ mm}$ gerechnet wird — der gesamte größte Pendelausschlag rund 9 mm .

Mit diesem Werte wird dann die weitere Berechnung in der in der «Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architektenvereines» Nr. 34 (1906)* beschriebenen Art vorgenommen.

c) Die Wälzelenke. Die einer zulässigen Lagerpressung entsprechenden Druckflächen sind durch Verstärkung der Flachgelenke der Pendel bewerkstelligt.

Über den Gesamtwiderstand des Pendels und über den Widerstand einer Dilatationsvorrichtung.

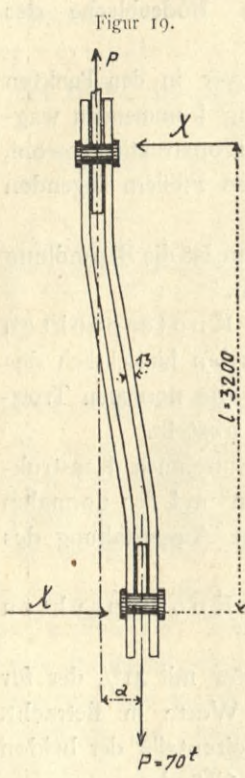
Die Untersuchung ist für die Dilatationsvorrichtung im Knotenpunkt 17 durchgeführt.

Nach der vorgenannten Veröffentlichung ist der Widerstand, den zwei denselben Trograhmen tragende Flachpendel ausüben $X = \frac{2 \cdot P a}{l} (1 + 2 \eta) = 0,5 a$, wobei

l die Pendellänge,

a den Pendelausschlag und

η einen aus einer Zusammenstellung der erwähnten Arbeit entnommenen Beiwert bedeuten. (Textfig. 19.)



Die Ausschläge und die entsprechenden Pendelwiderstände wachsen nun — es sei hier auf die schon in der Einleitung und zu Beginn der Abhandlung über den Trog erwähnten Mitnehmer oder festen Längslager verwiesen — vom Knotenpunkt 23 bis zur Dilatationsvorrichtung im Knotenpunkt 17 nach einer arithmetischen Reihe. (Fig. 12, Taf. Nr. 2.)

Der Summenwert aller Widerstände hat sich dann ergeben mit $X_1 = 1 t$.

Die dieser Kraft entgegenstehenden Widerstände sind nun wesentlich größer und setzen sich zusammen:

1. Aus dem Reibungswiderstande des durch den Wasserdruck angepreßten Bodenbleches und
2. aus dem Eigenwiderstand der Nickelwelle.

Der unter 1. angeführte Widerstand ergibt sich mit rund $12 t$. Die Berechnung des Widerstandes zu 2. ist unter sehr ungünstigen Annahmen durchgeführt. (Verkürzung der Stützweite und Abflachung des als beiderseits eingespannt betrachteten Bogens.)

Unter der weiteren Voraussetzung einer größten wagrechten Verschiebung der Nickelwelle wieder von 9 mm ergibt sich für den unter 2. genannten Widerstand ein Wert von rund $7 t$. Der gesuchte Gesamtwiderstand der Dilatationsvorrichtung beträgt somit $(12 + 7)$, das ist rund $19 t$.

Aus der Gegenüberstellung dieses Widerstandes und desjenigen der Flachpendel ($1 t$) erhellt von selbst die Notwendigkeit der Anordnung der schon mehrfach erwähnten Mitnehmer oder festen Längslager in den Knotenpunkten 12, 23 und 33 (Fig. 10 und 11, Taf. Nr. 2, Fig. 5, Taf. Nr. 1).

B. Die Treppelwegfahrbahn.

(Fig. 3, Taf. Nr. 1 und Fig. 14 und 15, Taf. Nr. 3.)

Die vorliegende Anordnung ist eine Folge der geringen Konstruktionshöhe und des zentrischen Anschlusses der Streben des oberen, wagrechten Verbandes an die Gurte von Trog- und Treppelwegträger. Um diese Streben mit kreuzförmigen Querschnitten unterhalb der Längsträger hinwegführen zu können, muß die Höhe der letzteren und somit auch deren Stützweite auf ein gewisses Maß beschränkt werden. Es ist daher in jedem Haupt- und Zwischenknotenpunkte der beiden Obergurte ein Querträger angeordnet. Die Fahrbahntafel ist als Rippenplatte in Beton-Eisen ausgebildet. Die als Längsträger wirkenden

Rippen sind unter Berücksichtigung der späteren Verlegung des schmalspurigen Gleises angeordnet.

Über die Einzelheiten der Durchbildung der Fahrbahn geben die entsprechenden Tafelfiguren Aufschluß. Es ist nur noch hervorzuheben, daß der trogseitige Randträger zur Führung der Treidelleine mit einem Wulsteisen versehen ist und daß durch die Fahrbahntafel ein Schutz für die Obergurte geschaffen wird.

C. Der Trogträger.

(Fig. 8, Taf. Nr. 2.)

Bereits im ersten Teile des Berichtes sind in steter Folge alle Gründe angeführt, welche sowohl das Trägersystem als auch dessen Auflagerung eindeutig bestimmen.

Die äußerlich vierfach statisch unbestimmten, als zweiseitiges Netzwerk mit parallelen Gurtungen durchgebildeten Trogträger der Kanalbrücke über den Skawafluß sind durchlaufend über sechs Stützen derart hingeleitet, daß die Gesamtstützweite von $184,8\text{ m}$ zwischen den Landwiderlagern in die fünf Stützweiten: $29,4\text{ m}$, $42,0\text{ m}$, $46,2\text{ m}$, $42,0\text{ m}$ und $25,2\text{ m}$ geteilt wird.

Einige ganz allgemein gehaltene Bemerkungen hinsichtlich der Übertragung und Wirkungsweise der Lasten auf den Trogträger sollen nun der Zusammenstellung der Lasten und der darauffolgenden, eigentlichen statischen Untersuchung des Trogträgers vorausgeschickt werden.

Auch für die Durchbildung des Trogträgers gilt wie bei dem Troge als oberster Grundsatz eine möglichst klare Lastübertragung. Die sich unmittelbar daraus ergebende zentrische Gestaltung der Knotenpunkte des ganzen Tragsystemes hat dazugeführt, erstlich in jedem Haupt- und Zwischenknotenpunkte des Obergurtes einen Treppelwegquerträger anzuordnen (siehe «Treppelwegfahrbahn»); ein zentrischer Anschluß des oberen wagrechten Verbandes an den Trogträgerobergurt wäre anderenfalls infolge einer übergroßen Konstruktionshöhe der Treppelwegquerträger nicht möglich gewesen. Weiters hatte die genannte Forderung die Ausbildung des oberen Wälzelenkes in der aus der Zeichnung (Fig. 3 und 7, Taf. Nr. 1) ersichtlichen Art und Lage zur notwendigen Folge, weil nur auf diese Weise einerseits eine möglichst große Pendellänge und damit die gewünschte geringste Steifigkeit der Pendel erreicht werden konnte und andererseits ein auf die Obergurtstäbe des Trogträgers infolge der — allerdings sehr geringen — wälzenden Reibung ausgeübtes Verdrehungsmoment zu vermeiden war.

Die Aufgabe der Übertragung der Auflagerdrücke auf die Pfeiler und Landwiderlager ist durch Einschalten von vertikalen Halbpfeilern zwischen den entsprechenden Strebenkreuzungspunkten und Trogträgeruntergurtstäben in einwandfreier Weise gelöst. Der naheliegende Gedanke, die Lager in den Kreuzungspunkten der Streben selbst anzuordnen, ist wegen des Platzmangels und wegen der damit verbundenen, großen Konstruktionschwierigkeiten nicht durchführbar.

Noch weniger ist an eine Anordnung der Lager in irgend welchen Hauptknotenpunkten des Untergurtes zu denken, weil dann die beiden Strebenzüge ganz ungleichartig zur Lastübertragung herangezogen würden.

Für eine möglichst gleichmäßige Beanspruchung der beiden Strebenzüge wäre eine ausschließliche Belastung der Zwischenknotenpunkte des Obergurtes am vorteilhaftesten. Von dieser Durchführungsart ließen aber mehrfache Mängel (wie Stoßen der Streben an der Kreuzungsstelle oder Auseinanderrücken der Obergurtwände und Teilung der Auflagerständer) aus konstruktiven und ökonomischen Gründen absehen und die Aufhängung des Troges in den Hauptknotenpunkten des Obergurtes vornehmen.

Zunächst seien nachstehend die Belastungsarten, welche den Trogträger lotrecht beanspruchen, zusammengestellt:

1. Das Eigengewicht des Systemes, bestehend aus dem Eigengewichte:

- a) des Trogträgers,
- b) des Troges,
- c) der Treppelwegfahrbahn,
- d) des oberen,

* «Ein Fall des eingespannten auf Zug und Biegung beanspruchten Stabes» von Ivan Arnovjević.

- e) des unteren, wagrechten Verbandes und
- f) des Revisionssteiges;
 - 2. das Gewicht des Wassers im Troge;
 - 3. die Verkehrslast auf dem Treppelwege;
 - 4. die lotrechte Belastung oder Entlastung durch den Schiffsstoß;
 - 5. die lotrechte Belastung oder Entlastung durch den Winddruck auf den Trog;
 - 6. der Einfluß der Temperatur;
 - 7. der Einfluß der etwaigen Stützensenkungen.

ad 1. a) Mit Hilfe von maßstabrichtigen Skizzen, denen wieder eine überschlägige Berechnung der Querschnitte einzelner Stäbe mittels der Clapeyron'schen Gleichungen für konstantes Trägheitsmoment vorangegangen war, konnten die wirklichen, ihrer Größe nach verschiedenen Knotengewichte im Obergurte, Untergurte und in den Strebenkreuzungen mit hinreichender Genauigkeit ermittelt werden.

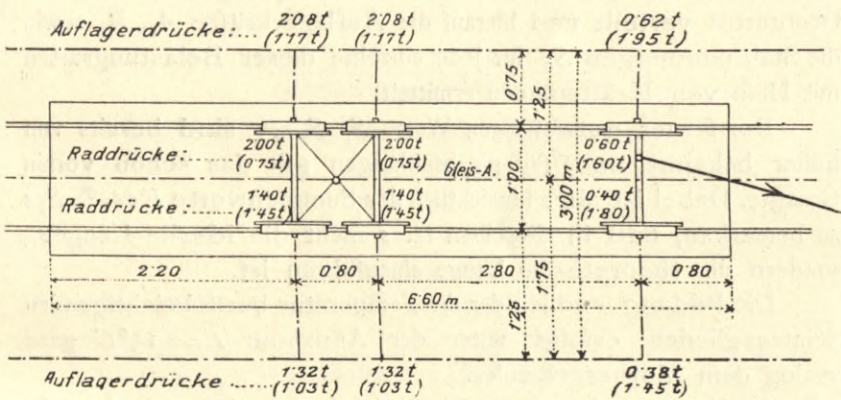
Der endgültigen Berechnung der Stabkräfte wurde dann die Annahme dieser Knotengewichte zugrunde gelegt. Von der sonst üblichen Berechnungsart, das Eigengewicht als gleichförmig verteilt anzunehmen, war mit Rücksicht auf die wesentlichen, schon aus der Vorberechnung sich ergebenden Unterschiede der Knotenlasten abzusehen. Übrigens verlangt der genauere Vorgang infolge der Einfachheit des Tragsystemes keine erhebliche Mehrarbeit gegenüber dem kürzeren und zumeist angewendeten Verfahren.

ad 3. Als Verkehrslast auf dem Treppelwege wurde neben einer gleichförmig verteilten Belastung von 340 kg/m^2 ein Belastungszug, bestehend aus zwei in ihrer ungünstigsten Lage hintereinander gekuppelten Treidellokomotiven, in die statische Untersuchung eingeführt.

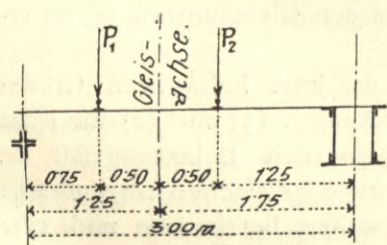
Die Abmessungen der Treidelmaschinen und die aus ihrem Gewichte und aus einer angenommenen Zugkraft von 2000 kg sich ergebenden Lastverteilungen auf die Räder (Raddrücke) sind sowohl für den Belastungszustand der Ruhe als auch des Betriebes (ohne und mit Seilzug) in den Textfiguren 20 und 21 ersichtlich gemacht.

ad 4. Unter der Annahme, daß der wagrechte Schiffsstoß von rd. 10.6 t immer nur in einem Hauptknotenpunkte wirkt,

Figur 20.



Figur 21.



stellt sich dessen lotrechte Komponente als eine von Hauptknotenpunkt zu Hauptknotenpunkt wandernde Einzellast von $\pm 2.2 \text{ t}$ dar.

ad 5. Der wagrechte Winddruck auf die Trogwand äußert sich je nach der Annahme von 270 kg/m^2 oder von 100 kg/m^2

in lotrechten Knotengewichten von 0.34 t beziehungsweise von 0.13 t .

ad 6. Wegen der Durchbildung des Trogrügers als durchlaufender Träger war ein etwaiger Temperaturunterschied zwischen Ober- und Untergurt zu berücksichtigen; er ist mit $+15^\circ\text{C}$ hinreichend groß angenommen.

ad 7. Um schließlich dem bei einem äußerlich statisch unbestimmten Systeme unvermeidlichen und ungünstigen Einfluß der Stützensenkungen mit entsprechender Sicherheit zu begegnen, wurde bei der Berechnung des Trogrügers angenommen, daß diese Senkungen in den Stützen I, II, IV, oder

I, III, V — also in der ungünstigsten Verbindung — je 2 cm betragen. Zudem sind die Lagerkörper, wie noch später besprochen wird, mit Vorrichtungen ausgestattet, mittels deren Richtigstellungen bezüglich der Höhenlage der Stützen vorgenommen werden.

Der nun folgenden statischen Untersuchung des Trogrügers sind die bereits näherungsweise ermittelten Stabquerschnitte und vorerst nur die schon genannten Belastungsarten zugrunde gelegt.

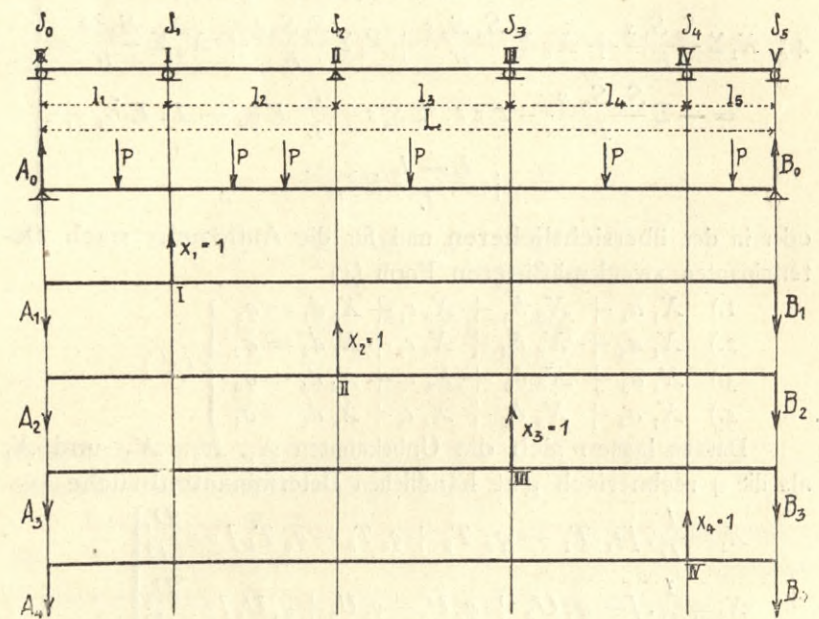
Um Vergleichswerte zu schaffen, hat sowohl das Clapeyron'sche Verfahren u. zw. mit konstantem Trägheitsmoment als auch der genaue Rechnungsvorgang mit Berücksichtigung der Formänderung sämtlicher Stäbe Anwendung gefunden.

Nur der letztere sei hier vorgeführt.

Als die statisch unbestimmten Größen X wurden die Auflagerdrücke der Zwischenpfeiler aufgefaßt und das frei aufliegende Hauptnetz von 184.8 m Stützweite unter den Einfluß je eines der folgenden fünf, aus der Textfigur 22 ersichtlichen Belastungszustände gestellt:

Belastung durch die gegebenen lotrechten Kräfte (vorerst noch unter Ausschaltung der wandernden Lasten, d. s. Verkehrs-

Figur 22.



last und Schiffsstoß), und Belastung durch die Auflagerkräfte $X_1 = 1$, dann $X_2 = 1$, $X_3 = 1$ und schließlich $X_4 = 1$.

Für diese unabhängig, also getrennt von einander einwirkenden Belastungszustände lassen sich die entsprechenden Auflagerdrücke A_0, A_1, \dots, A_4 beziehungsweise B_0, B_1, \dots, B_4 und die zugehörigen Stabspannungen S_0, S_1, S_2, S_3, S_4 , in bekannter Weise ermitteln.

Zur Bestimmung der tatsächlichen, bei den gegebenen Belastungsarten auftretenden Auflagerdrücke und Stabspannungen (A, B und S) des durchlaufenden Trogrügers dienen dann zunächst die allgemein gültigen Beziehungen:

$$\left. \begin{aligned} A &= A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3 + A_4 X_4 \\ B &= B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_4 X_4 \\ S &= S_0 + S_1 X_1 + S_2 X_2 + S_3 X_3 + S_4 X_4 \end{aligned} \right\} \dots \dots (2)$$

und weiter die folgenden vier, alle Stabformänderungen berücksichtigenden, für je einen der vier Belastungszustände $X = 1$ gültigen Arbeitsgleichungen:

$$\left. \begin{aligned} 1.) \quad \frac{L-l_1}{L} \cdot \delta_0 - 1 \times \delta_1 + \frac{l_1}{L} \cdot \delta_5 &= \Sigma \frac{S_1 S^s}{EF} + \Sigma S_1 s \varepsilon t \\ 2.) \quad \frac{L-l_1-l_2}{L} \cdot \delta_0 - 1 \times \delta_2 + \frac{l_1+l_2}{L} \cdot \delta_5 &= \Sigma \frac{S_2 S^s}{EF} + \Sigma S_2 s \varepsilon t \\ 3.) \quad \frac{l_4+l_5}{L} \cdot \delta_0 - 1 \times \delta_3 + \frac{L-l_4-l_5}{L} \cdot \delta_5 &= \Sigma \frac{S_3 S^s}{EF} + \Sigma S_3 s \varepsilon t \\ 4.) \quad \frac{l_5}{L} \cdot \delta_0 - 1 \times \delta_4 + \frac{L-l_5}{L} \cdot \delta_5 &= \Sigma \frac{S_4 S^s}{EF} + \Sigma S_4 s \varepsilon t \end{aligned} \right\} (3)$$

Schon an dieser Stelle soll bemerkt werden, daß für den später angenommenen Fall eines Temperaturunterschiedes von $t^\circ\text{C}$ zwischen Ober- und Untergurt des Trogrügers die Summenwerte $\Sigma S_1 s \varepsilon t \dots$ u. s. w. bloß auf die Stäbe des Obergurtes zu beziehen sind und dann der Deutlichkeit halber mit

der allgemeinen Bezeichnung $\varepsilon t \cdot \sum S_1 s \dots$ u. s. w. in die Gleichungen eingeführt werden.

Durch Einsetzen des allgemeinen Wertes S [Gleichungen (2)] in die Gleichungen (3) und durch Ordnen der einzelnen Glieder derselben nach den Unbekannten X_1, X_2, X_3 und X_4 ergeben sich die vier Grundgleichungen (4)

$$\left. \begin{aligned} 1.) \quad X_1 \sum \frac{S_1^2 s}{F} + X_2 \sum \frac{S_1 S_2 s}{F} + X_3 \sum \frac{S_1 S_3 s}{F} + X_4 \sum \frac{S_1 S_4 s}{F} &= \\ &= - \sum \frac{S_1 S_0 s}{F} - E \varepsilon t \cdot \sum S_1 s + \frac{L-l_1}{L} E \delta_0 - \\ &\quad - 1 \cdot E \delta_1 + \frac{l_1}{L} E \delta_5 \\ 2.) \quad X_1 \sum \frac{S_2 S_1 s}{F} + X_2 \sum \frac{S_2^2 s}{F} + X_3 \sum \frac{S_2 S_3 s}{F} + X_4 \sum \frac{S_2 S_4 s}{F} &= \\ &= - \sum \frac{S_2 S_0 s}{F} - E \varepsilon t \cdot \sum S_2 s + \frac{L-l_1-l_2}{L} E \delta_0 - 1 \cdot E \delta_2 + \\ &\quad + \frac{l_1+l_2}{L} E \delta_5 \\ 3.) \quad X_1 \sum \frac{S_3 S_1 s}{F} + X_2 \sum \frac{S_3 S_2 s}{F} + X_3 \sum \frac{S_3^2 s}{F} + X_4 \sum \frac{S_3 S_4 s}{F} &= \\ &= - \sum \frac{S_3 S_0 s}{F} - E \varepsilon t \cdot \sum S_3 s + \frac{l_4+l_5}{L} E \delta_0 - 1 \cdot E \delta_3 + \\ &\quad + \frac{L-l_4-l_5}{L} E \delta_5 \\ 4.) \quad X_1 \sum \frac{S_4 S_1 s}{F} + X_2 \sum \frac{S_4 S_2 s}{F} + X_3 \sum \frac{S_4 S_3 s}{F} + X_4 \sum \frac{S_4^2 s}{F} &= \\ &= - \sum \frac{S_4 S_0 s}{F} - E \varepsilon t \cdot \sum S_4 s + \frac{l_5}{L} E \delta_0 - 1 \cdot E \delta_4 + \\ &\quad + \frac{L-l_5}{L} E \delta_5 \end{aligned} \right\} (4)$$

oder in der übersichtlicheren und für die Auflösung nach Determinanten zweckmäßigeren Form (4')

$$\left. \begin{aligned} 1.) \quad X_1 a_1 + X_2 b_1 + X_3 c_1 + X_4 d_1 &= q_1 \\ 2.) \quad X_1 a_2 + X_2 b_2 + X_3 c_2 + X_4 d_2 &= q_2 \\ 3.) \quad X_1 a_3 + X_2 b_3 + X_3 c_3 + X_4 d_3 &= q_3 \\ 4.) \quad X_1 a_4 + X_2 b_4 + X_3 c_4 + X_4 d_4 &= q_4 \end{aligned} \right\} (4')$$

Daraus lassen sich die Unbekannten X_1, X_2, X_3 und X_4 als die 4 rechnerisch gut handlichen Determinantenbrüche

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= \frac{1}{D} \cdot [q_1 T_1 - q_2 T_2 + q_3 T_3 - q_4 T_4] = \frac{D_1}{D} \\ X_2 &= \frac{1}{D} \cdot [-q_1 U_2 + q_2 U_2 - q_3 U_3 + q_4 U_4] = \frac{D_2}{D} \\ X_3 &= \frac{1}{D} \cdot [q_1 V_1 - q_2 V_2 + q_3 V_3 - q_4 V_4] = \frac{D_3}{D} \\ X_4 &= \frac{1}{D} \cdot [-q_1 Z_1 + q_2 Z_2 - q_3 Z_3 + q_4 Z_4] = \frac{D_4}{D} \end{aligned} \right\} (5)$$

(wobei $D = a_1 T_1 - a_2 T_2 + a_3 T_3 - a_4 T_4$) darstellen, in denen bloß die Werte q_1, q_2, q_3 und q_4 [das sind die Summenglieder auf der rechten Seite der Gleichungen (4)] von den gegebenen Belastungsarten abhängen.

Für den weiteren Verlauf und namentlich für die Einteilung des Rechnungsvorganges ist nun der Wunsch maßgebend, den Einfluß zahlenmäßig festzustellen, welchen die Strebenformänderungen auf die gesuchten Werte A, B, X_1, X_2, X_3 und X_4 auszuüben vermögen.

Diesem Wunsche entsprechend war sowohl die Ermittlung der von den Belastungsarten unabhängigen Größen D, T, U, V und Z , als auch die davon getrennte Berechnung der Größen q zweifach durchzuführen:

1. ohne Berücksichtigung der Strebenformänderungen,
2. mit Berücksichtigung der Strebenformänderungen.

Mathematisch kommt der Unterschied der beiden Rechnungsvorgänge in den Summenwerten der Gleichungen (4) zum Ausdruck. Jeder einzelne dieser Werte (es sind sowohl die zur Bestimmung der Größen D, T, U, V, Z , als auch von q dienenden Summenwerte gemeint) wird abermals durch algebraische Addition von je drei Summenwerten erhalten, welche nach den drei Stabarten (Obergurt-, Untergurtstäbe und Streben) gesondert zu berechnen sind.

Für die linksstehenden, auf D, T, U, V und Z bezüglichen Summenwerte der Gleichungen (4) ist dieser Vorgang ohne weiteres möglich, weil für sie bloß die vier Belastungszustände $X = 1$ in Betracht kommen.

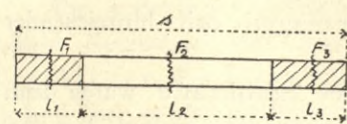
Die Querschnittsflächen der einzelnen Stäbe sind ja aus den vorangegangenen Näherungsberechnungen bereits bekannt und die bei den vier Belastungszuständen auftretenden Stabkräfte ergeben sich einfach aus Kräfteplänen.

Als Stablänge s ist in die Summenglieder eine mittlere ideelle Länge s_i einzuführen, die sich mit Hilfe der bekannten, theoretischen Länge s und der aus den ersten Skizzen gleichfalls bekannten Teillängen l_1, l_2 und l_3 jedes einzelnen Stabes als Mittelwert aus allen Werten

$$s' = F_2 \left(\frac{l_1}{F_1} + \frac{l_2}{F_2} + \frac{l_3}{F_3} \right)$$

darstellt. (Textfigur 23.) Für alle Gurtstäbe ergab sich darnach die mittlere, ideelle Länge als Teilwert der theoretischen Länge mit $s_i = 0,85 \cdot s$, für die Streben mit $s_i = 0,75 \cdot s$.

Figur 23.



Weiters wäre dem Gesagten noch hinzuzufügen, daß die Rechnungswerte der auf der linken Seite der Gleichungen (4) stehenden Summenglieder einfach und

jeder für sich durch Reihenentwicklung ermittelt werden konnten und zwar die für die Obergurt- und Untergurtstäbe gültigen Summen, weil für die vier Belastungszustände $X = 1$ die Gurtstabspannungen proportional den Auflagerdrücken sind, und für die Summenglieder der Streben deshalb, weil die Streben- spannungen für eben dieselben Belastungsfälle von jedem Auflager bis zum Orte des Querkraftwechsels untereinander gleich sind.

Zur Ermittlung der von der jeweiligen Belastung abhängigen Größen q beziehungsweise der wieder wie vorhin aus je drei Summanden bestehenden Summenwerte $\left[\sum \frac{S_1 S_0}{F} s \dots \text{u. s. w.} \right]$

ist im Gegensatz zur Summenbildung für die linksseitigen Glieder der Gleichungen (4) eine Teilung des Vorganges nach den die S_0 beeinflussenden, einzelnen Belastungsarten (Eigengewicht, Wasserlast, lotrechter Einfluß des Winddruckes, Einfluß der Temperatur und der Stützensenkungen) vorzunehmen.

Zunächst werden die drei erstgenannten Außenkräfte als Knotengewichte über den ganzen, 184,8 m frei aufliegenden Träger u. zw. das Eigengewicht auf alle Knotenpunkte, hingegen Wasserlast und Winddruck nur auf die Hauptknotenpunkte des Obergurtes verteilt und hierauf die Auflagerkräfte A_0, B_0 sowie die Stabspannungen S_0 für jede einzelne dieser Belastungsarten mit Hilfe von Kräfteplänen ermittelt.

Die ferner notwendigen Werte S_1, S_2, \dots sind bereits von früher bekannt und für die Stablängen gilt das schon vorhin Gesagte. Dabei ist aber hinsichtlich der Summenwerte $E \varepsilon t \cdot \sum S_1 s$ zu bemerken, daß in dieselben für s nicht die ideelle Länge s_i , sondern die theoretische Länge einzuführen ist.

Die Bildung endlich der die Temperatur berücksichtigenden Summenglieder erfolgt unter der Annahme $t = 15^\circ C$ ganz analog dem Vorhergehenden.

Auch die rechnerische Berücksichtigung der mit je 2 cm und in der ungünstigsten Verbindung vorausgesetzten Stützensenkungen ist hinreichend klar aus den Gleichungen (4) zu ersehen.

Es lassen sich also mit Hilfe der jetzt bekannten Größen D, T, \dots und q und aus den Gleichungen (5) und (2) für jeden einzelnen, bisher in Betracht gezogenen Belastungsfall die gesuchten Auflager- beziehungsweise Zwischenstützendrücke (A, B, X_1, X_2, X_3 und X_4) ohneweiters bestimmen und zwar sowohl ohne als auch mit Berücksichtigung der Strebenformänderungen.

Die Zusammenstellung Nr. 1 läßt erkennen, daß der Einfluß der Strebenformänderung auf die vorgenannten Endwerte nur hinsichtlich des Einflusses der Temperatur und der Stützensenkungen von Belang ist.

Die gesuchten Stabspannungen S ergeben sich sodann aus der allgemein gültigen Gleichung

$$S = S_0 + S_1 X_1 + S_2 X_2 + \dots$$

Die numerische Berechnung der Werte S gestaltet sich am einfachsten, wenn man das Hauptnetz von 184,8 m Stützweite mit den Einzellasten X_1, X_2, X_3 und X_4 belastet denkt

Zusammenstellung Nr. 1.

Stützdruck	1. Eigengewicht		2. Wasserlast		3. Winddruck auf den Trog		4. Einfluß der Temperatur		5. Einfluß der Stützensenkung	
	ohne Berücksichtigung der Strebenformänderung	mit Berücksichtigung der Strebenformänderung	ohne Berücksichtigung der Strebenformänderung	mit Berücksichtigung der Strebenformänderung	270 kg/m ²	100 kg/m ²	ohne Berücksichtigung der Strebenformänderung	mit Berücksichtigung der Strebenformänderung	ohne Berücksichtigung der Strebenformänderung	mit Berücksichtigung der Strebenformänderung
					mit Berücksichtigung der Strebenformänderung					
A	+ 34·13	+ 34·53	+ 145·34	+ 146·82	+ 0·83	+ 0·31	± 13·97	± 13·08	- 20·82	- 17·40
X ₁	+ 162·19	+ 161·43	+ 565·29	+ 562·67	+ 3·16	+ 1·17	+ 15·79	+ 14·10	+ 50·31	+ 41·75
X ₂	+ 192·78	+ 193·24	+ 647·45	+ 648·68	+ 3·65	+ 1·35	± 2·37	± 1·48	- 56·74	- 46·59
X ₃	+ 201·20	+ 201·36	+ 664·31	+ 665·31	+ 3·74	+ 1·39	+ 0·14	+ 0·79	+ 57·67	+ 47·30
X ₄	+ 147·78	+ 147·07	+ 520·62	+ 517·74	+ 2·91	+ 1·08	+ 15·34	+ 13·54	- 56·01	- 46·32
B	+ 26·82	+ 27·27	+ 118·11	+ 119·90	+ 0·67	+ 0·25	± 14·93	± 13·87	+ 25·59	+ 21·26
Zusammen	764·90	764·90	2661·12	2661·12	14·96	5·55	0·00	0·00	0·00	0·00

und die aus diesem Belastungszustande berechneten, den Summenwert $S_1 X_1 + S_2 X_2 + S_3 X_3 + S_4 X_4$ darstellenden Stabkräfte zu dem jeweiligen, bereits bekannten Werte S_0 addiert.

Zur Ermittlung der von der Verkehrslast herrührenden Stabkräfte bediente man sich des Verfahrens der Einflußlinien.

Die Berechnung wird diesmal bloß mit Hilfe der Clapeyron'schen Gleichungen unter der Annahme eines in allen Querschnitten gleichen Trägheitsmomentes und unter der weiterhin vereinfachenden Voraussetzung durchgeführt, daß die Belastung des Hauptnetzes nur in den Hauptknotenpunkten erfolgt. Zur erstgenannten Annahme berechnete der geringe Unterschied, welchen die einmal nach der genauen, das anderemal nach der angenäherten Rechnungsart ermittelten Hilfswerte A, X_1, X_2, X_3, X_4 und B ergeben, sobald ein parallelgurtiges Trägersystem mit lotrechten Kräften belastet erscheint.

Für die vorgenannten Größen wurden beispielsweise unter dem Einflusse der Wasserlast die folgenden Werte erhalten:

1. Nach der genauen Rechnung:

$$\begin{aligned} A &= + 146·82 t \\ X_1 &= + 562·67 \text{ " } \\ X_2 &= + 648·68 \text{ " } \\ X_3 &= + 665·31 \text{ " } \\ X_4 &= + 517·74 \text{ " } \\ B &= + 119·90 \text{ " } \end{aligned}$$

$$\text{Zusammen} = 2661·12 t,$$

2. Nach dem Clapeyron'schen Verfahren:

$$\begin{aligned} A &= + 150·82 t \\ X_1 &= + 559·33 \text{ " } \\ X_2 &= + 649·56 \text{ " } \\ X_3 &= + 656·65 \text{ " } \\ X_4 &= + 528·14 \text{ " } \\ B &= + 116·62 \text{ " } \end{aligned}$$

$$\text{Zusammen} = 2661·12 t.$$

Der Unterschied beträgt somit im äußersten Falle nicht einmal 3%.

Die jeweiligen Ordinaten der Einflußlinien sind abermals durch die Gleichung:

$$S = S_0 + S_1 X_1 + S_2 X_2 + S_3 X_3 + S_4 X_4$$

dargestellt.

S_1, S_2, \dots u. s. w. sind die bereits früher ermittelten Spannungswerte, die den vier aufeinanderfolgenden Belastungszuständen $X = 1$ entsprechen. Hingegen bedeuten diesmal S_0 Spannungszahlen, die einer über das freiaufhängend gedachte Hauptnetz wandernden Last 1 entsprechen und X_1, X_2, X_3 und X_4 die gleichfalls von der Einheitslast herrührenden Einflüsse der Stützdrücke.

Letztere ergeben sich für jede beliebige Laststellung aus den mit Hilfe der Clapeyron'schen Gleichungen leicht zu berechnenden Stützmomenten.

Für $P = 1$ und für die erste Öffnung ist beispielsweise

$$M_1 = - 0·007576 \frac{a}{l_1} (l_1^2 - a^2),$$

$$M_2 = + 0·001948 \frac{a}{l_1} (l_1^2 - a^2),$$

$$M_3 = - 0·000551 \frac{a}{l_1} (l_1^2 - a^2),$$

$$M_4 = + 0·000172 \frac{a}{l_1} (l_1^2 - a^2).$$

In gleicher Weise erhält man je vier Momentenwerte für jede der vier folgenden Öffnungen.

Für die gesuchten Einflußordinaten X_1, X_2, \dots u. s. w. ergeben sich dann je fünf Werte für X_1 , beispielsweise

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{M_2 - M_1}{l_2} - \frac{M_1 - M_0}{l_1} + \frac{a}{l_1}, \\ X_1 &= \frac{M_2 - M_1}{l_2} - \frac{M_1 - M_0}{l_1} + \frac{l_2 - a}{l_2}, \\ X_1 &= \frac{M_2 - M_1}{l_2} - \frac{M_1 - M_0}{l_1}, \\ X_1 &= \frac{M_2 - M_1}{l_2} - \frac{M_1 - M_0}{l_1}, \\ X_1 &= \frac{M_2 - M_1}{l_2} - \frac{M_1 - M_0}{l_1} \end{aligned}$$

entsprechend der Stellung der Einzellast in einer der fünf Zwischenöffnungen des durchlaufenden Trägers.

Der kleine Fehler, der sich in den Einflußlinien infolge der Vernachlässigung der Zwischenknoten als Lastübertragungspunkte ergibt, kann unberücksichtigt bleiben.

Hingegen ist zu beachten, daß die oberen Hälften je zweier Streben im Vereine mit dem zugehörigen Gurtstabe und Zwischenständer als Hängewerk aufgefaßt werden können, und daß dementsprechend die Einflußgrößen sowohl der oberen Hälften der Streben als auch der Obergurtstäbe Zusätze erhalten, die numerisch gleich $(\frac{1}{2})$, aber mit verschiedenen Vorzeichen versehen sind.

Die Auswertung der Einflußlinien für die gegebenen lotrechten Verkehrslasten ist bekannt. Es sei hier nur erwähnt, daß von der gleichförmig verteilten Belastung von 340 km/m^2 auf den Trogträger eine fortschreitende Last von $0·63 t$ für 1 m Länge entfällt und daß die lotrechte Komponente des Schiffstoßes sich als wandernde Einzelkraft von $2·2 t$ ergibt.

Weiters ist als Untersuchungsergebnis anzuführen, daß gegenüber der Belastung von 340 kg/m^2 der Belastungszustand «Lokomotive mit Seilzug» für keinen der Tragwerksstäbe, der Belastungszustand «Lokomotive ohne Seilzug» nur für die Streben des Trogträgers maßgebend ist.

Hiemit erscheinen sämtliche Einflüsse berücksichtigt, die von den lotrechten Lasten herrühren.

Die Mehrbeanspruchung der Gurten infolge der wagrechten Seitenkräfte wird später ermittelt.

D. Der Treppelwegträger (Fig. 9, Taf. Nr. 2)

stimmt in seinem theoretischen Aufbau vollkommen mit jenem des Trogträgers überein.

Die auf ihn einwirkenden lotrechten Lasten sind:

1. das Eigengewicht, bestehend aus dem Gewichte
 - a) des Treppelwegträgers selbst,
 - b) der Fahrbahn des Treppelweges,
 - c) des oberen wagrechten Verbandes,

- d) des unteren wagrechten Verbandes,
- e) des Revisionssteges,
- f) des Geländers, dann
2. die Verkehrslasten,
3. die in der lotrechten Ebene sich äußernden Einflüsse der Temperatur, wobei in dem vorliegenden Falle lediglich eine relative Erhöhung der Temperatur des Untergurtes gegenüber derjenigen des Obergurtes ($+15^{\circ}\text{C}$) in Betracht kommt, und endlich
4. die Einflüsse der allfälligen Stützensenkungen, wieder in der schon beschriebenen, ungünstigsten Verbindung.

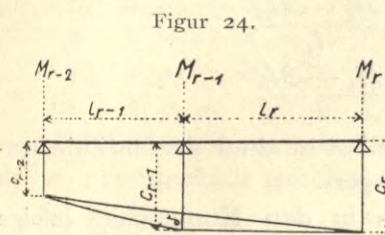
Aus den schon gelegentlich der Berechnung des Trogträgers angeführten Gründen kann die statische Untersuchung des Treppelwegträgers für alle Belastungsarten lediglich mit Hilfe der Clapeyron'schen Gleichungen (mit konstantem Trägheitsmomente) und mit Benützung der Einflußlinien für die Stäbe des Trogträgers vorgenommen werden.

Hier soll bloß der Rechnungsvorgang gezeigt werden, der den Einfluß der Temperatur und der Stützensenkungen ermitteln läßt. Die angenäherte Berechnung der übrigen Einflüsse ist bereits bei der statischen Untersuchung des Trogträgers vorgeführt worden.

Die Temperaturerhöhung des Untergurtes würde eine kreisförmige Durchbiegung des Trägers bedingen, wenn man dessen Mittelstützen wegdächte. Die Pfeilhöhe der Durchbiegung beträgt allgemein

$$f = \frac{\varepsilon t L^2}{8 h},$$

wobei unter ε der Ausdehnungskoeffizient ($\frac{1}{80000}$), unter t der Temperaturunterschied ($+15^{\circ}\text{C}$), unter h die Trägerhöhe (4.2 m) und unter L die Gesamtstützweite (184.8 m) zu verstehen ist.



Die vier, ihrer Größe nach jetzt bekannten Durchbiegungen c in den Pfeilervertikalen können jedoch nicht auftreten und sind in die Rechnung als numerisch gleich

große Stützenhebungen einzuführen.

Die in der Clapeyron'schen Gleichung

$$M_{r-2} \cdot l_{r-1} + 2 M_{r-1} (l_{r-1} + l_r) + M_r \cdot l_r = -3 E J \frac{2 \delta}{l_{r-1} \cdot l_r} (l_{r-1} + l_r)$$

erscheinende, relative Verschiebung δ (Textfigur 24) ist dann aus der für je drei aufeinanderfolgende Stützpunkte gültigen Beziehung

$$\delta = c_{r-1} - c_{r-2} \cdot \frac{l_r}{l_{r-1} + l_r} - c_r \cdot \frac{l_{r-1}}{l_{r-1} + l_r}$$

erhältlich.

Aus den nunmehr bekannten vier Werten der Stützenmomente (E ist mit $21,500.000\text{ t/m}^2$ und J schätzungsweise mit 0.062 m^4 angenommen) lassen sich mittels der Gleichungen

$$A = \frac{M_1 - M_0}{l_1}, \quad X_1 = \frac{M_2 - M_1}{l_2} - \frac{M_1 - M_0}{l_1},$$

$$X_2 = \frac{M_3 - M_2}{l_3} - \frac{M_2 - M_1}{l_2}, \quad X_3 = \frac{M_4 - M_3}{l_4} - \frac{M_3 - M_2}{l_3}$$

$$X_4 = \frac{M_5 - M_4}{l_5} - \frac{M_4 - M_3}{l_4} \quad \text{und} \quad B = -\frac{M_5 - M_4}{l_5}$$

die Auflagerdrücke und aus diesen wieder die von der Temperaturänderung herrührenden Stabkräfte ermitteln.

In ganz gleichartiger Weise wird bei der Berechnung der Einflüsse infolge der Stützensenkungen vorgegangen. Als Höchstmaß der in ungünstigster Verbindung (X, II, IV) auftretenden Stützensenkungen ist auch diesmal $\delta = 2\text{ cm}$ angenommen.

E. Der obere wagrechte Verband (Fig. 10, Taf. Nr. 2).

Die zur Übertragung der wagrechten Kräfte über den Pfeilern und Landwiderlagern angeordneten lotrechten Querrahmen machen den oberen wagrechten Verband gleichfalls zu einem durchlaufenden Träger, dessen Stützweiten dieselben sind, wie die des Trog- und Treppelwegträgers.

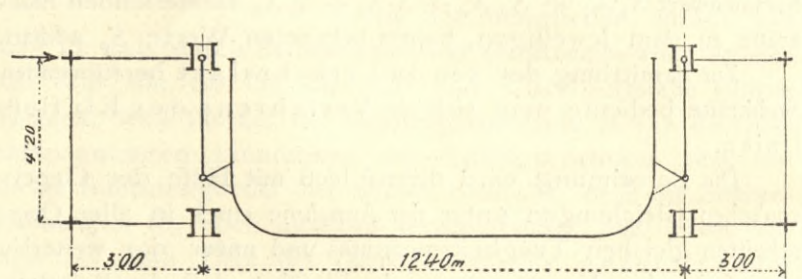
Von einer Berücksichtigung der an sich unbedeutenden Einflüsse der Seitenstöße und der fortschreitenden Last, letztere hervorgerufen durch den auf die Angriffsfläche der Lokomotive wirkenden Winddruck, kann bei der Berechnung des oberen wagrechten Verbandes abgesehen werden, weil die Durchbildung der Fahrbahndecke in Beton-Eisen einen großen Teil aller wagrechten Kräfte direkt auf die Stützpunkte überträgt. Es wurde somit bloß der volle Winddruck auf die Tragkonstruktion in Rechnung gezogen.

Für die Streben des oberen Verbandes kommen dann zwei Belastungsfälle in Betracht:

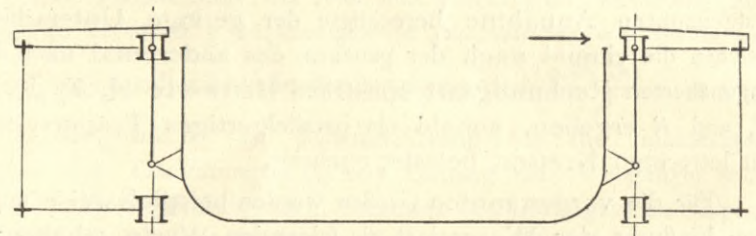
1. Der Winddruck von 270 kg/m^2 , der von außen die Obergurte eines räumlichen Systemes (Trog- und zugehörigen Treppelwegträger) und die Fahrbahn belastet (Textfigur 25).

2. Derselbe Winddruck von innen auf den durch den Trog nicht gedeckten Teil des Obergurtes des Trogträgers und auf die Fahrbahn wirkend (Textfigur 26).

Figur 25.



Figur 26.



Diese Angaben und die aus den Zeichnungen ersichtlichen Angriffsflächen bestimmen die gleichförmige Belastung für das Längenmeter.

Aus der für drei aufeinander folgende Stützen bei gleichmäßig verteilter Vollbelastung gültigen Clapeyron'schen Gleichung

$$M_{r-2} \cdot l_{r-1} + 2 M_{r-1} (l_{r-1} + l_r) + M_r \cdot l_r = -p \left(\frac{l_{r-1}^3}{4} + \frac{l_r^3}{4} \right)$$

lassen sich nunmehr die Auflagerdrücke, die Scherkräfte und somit auch die Streben Spannungen des oberen Verbandes in der bereits früher angeführten Weise ermitteln.

Es erweist sich dabei schon mit Rücksicht auf die folgende Berechnung des unteren Verbandes als vorteilhaft, zunächst die Auflagerkräfte, die Scherkräfte und Stabspannungen für einen Fall zu ermitteln, in dem der obere Verband mit $p = 1\text{ t}$ für das laufende Meter belastet wird. Man braucht dann bloß die für die Einheitsbelastung erhaltenen Endwerte mit den tatsächlichen Lastwerten zu multiplizieren, um die gesuchten Auflagerdrücke beziehungsweise Streben Spannungen zu erhalten.

Bei der Berechnung der Zusatzspannungen, welche die Obergurtstäbe des Trogträgers und des Treppelwegträgers infolge der wagrechten Kräfte erfahren, wird ganz gleichartig vorgegangen. Wichtig ist nur, daß von allen möglichen Fällen als maßgebend bloß diejenigen berücksichtigt werden, die eine Beanspruchung der vorgenannten Gurten in dem gleichen Sinne bewirken, wie die bereits in Rechnung gezogenen lotrechten Kräfte.

Für die Obergurtstäbe des Trogträgers kommen die Belastungsfälle in Betracht:

1. Winddruck von 270 kg/m^2 ,
2. Winddruck von 100 kg/m^2 ,

wirkend auf den durch den Trog nicht gedeckten Teil des Obergurtes und der Fahrbahn (Textfigur 26), und

für die Obergurtstäbe des Treppelwegträgers:

1. Winddruck von 270 kg/m^2 ,
2. Winddruck von 100 kg/m^2

von außen, die Obergurte und die Fahrbahn belastend (Textfigur 25).

F. Der untere wagrechte Verband (Fig. 11, Taf. Nr. 2)

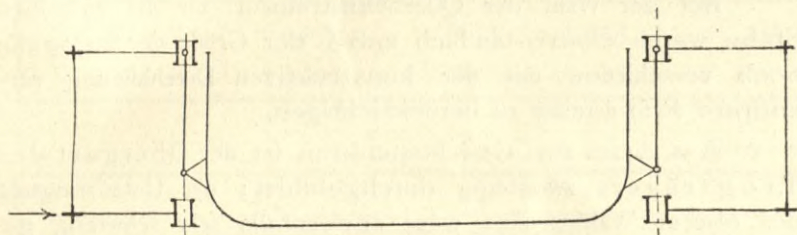
ist gleichfalls ein durchlaufender Träger mit den Stützweiten des Trog- und Treppelwegträgers. Die über den Pfeilern gelegenen Zwischenpfosten dieses Verbandes haben außer dem Zwecke, wie die übrigen Zwischenpfosten den Revisionssteg zu unterstützen, auch noch als Teile der lotrechten Querrahmen bei der Übertragung der Windkräfte des oberen Verbandes mitzuwirken.

Vor Erörterung des eigentlichen Rechnungsvorganges ist nochmals zu betonen, daß der hinsichtlich der wagrechten Kräfte auf die Entfernung je zweier Dilatationsvorrichtungen als Träger wirkende Trogboden theoretisch aus fünf Trägerteilen zusammengesetzt zu denken ist. Jeder dieser Träger verhält sich wegen des gleich o angenommenen Trägheitsmomentes der Dilatationswelle so, als ob er in den Knotenpunkten 7, 17, 28, 38 (also in den schon beschriebenen vier Querlagern) frei aufliegen würde. An den Enden X und V ist der Trogboden als eingespannt zu betrachten.

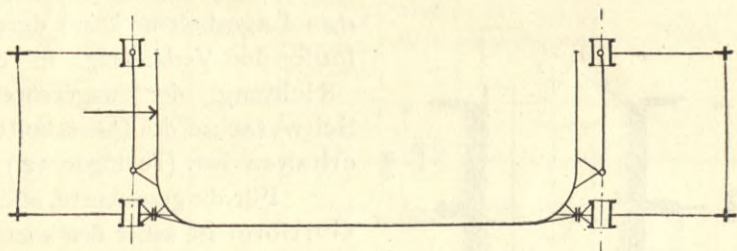
Für die Streben des unteren Verbandes kommen nun drei Belastungsfälle in Betracht:

- 1.) Der Winddruck von 270 kg/m^2 von außen auf die Untergurte eines räumlichen Systemes wirkend (Textfigur 27),
- 2.) derselbe Winddruck den Trog belastend (Textfigur 28),
3. a) der Winddruck von 100 kg/m^2 den Trog belastend (Textfigur 28) nebst
- b) dem wagrechten Schiffsstoße von 10.6 Tonnen (Textfigur 29).

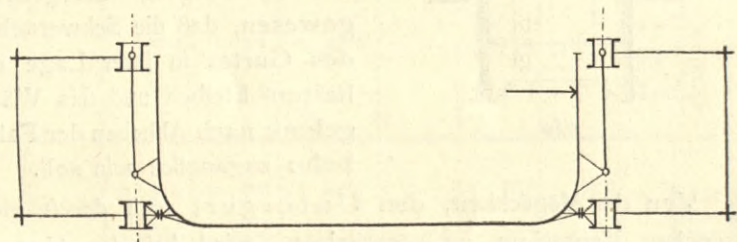
Figur 27.



Figur 28.



Figur 29.



ad 1.) Zur Ermittlung der vom Belastungsfalle 1.) herrührenden Strebenkräfte sind die schon früher gefundenen Auflagerdrücke dienlich, die bei dem oberen Verbande unter der Wirkung einer gleichförmig verteilten Last von 1 t per laufenden Meter auftreten.

ad 2.) und 3.) Die Belastungsfälle 2.) und 3.) werden hinsichtlich ihres Einflusses auf die Streben des unteren Verbandes zweckmäßig untersucht, indem man zunächst mit Hilfe der Clapeyron'schen Gleichungen in der schon bekannten Weise diejenigen Streben Spannungen ermittelt, welche auftreten, wenn immer nur einer der Knotenpunkte 7, 17, 28 und 38 mit einer Tonne belastet wird.

Es bedarf dann nur der Berechnung der von den Winddrücken 2.) und 3. a) herrührenden Knotenlasten in diesen Punkten 7, 17, 28 und 38, um durch einfache Multiplikation wie früher die tatsächlichen Streben Spannungen zu erhalten.

Auch für den seitlichen Schiffsstoß von 10.6 t wird der vorbeschriebene Rechnungsvorgang angewendet. Nur kommt diese Einzelkraft zum Unterschiede von den Belastungen 2.) und 3. a) nacheinander in den genannten vier Knotenpunkten zur Wirkung.

Bei der Berechnung der Zusatzspannungen, welche die Untergurte des Trog- und Treppelwegträgers als Gurte des unteren Verbandes von den wagrechten Seitenkräften erfahren, kommen für die Untergurte des Trogträgers folgende Belastungsfälle in Betracht:

- 1.) Der Winddruck von 270 kg/m^2 von außen (Textfigur 27),
- 2.) " " " 100 kg/m^2 figur 27),
- 3.) " " " 270 kg/m^2 auf den Trog (Textfigur 28),
4. a) " " " 100 kg/m^2 " " " (" 28),
- b) Der wagrechte Schiffsstoß von 10.6 t (Textfigur 29).

Bei der Untersuchung der Untergurtstäbe des Treppelwegträgers sind zu berücksichtigen:

- 1.) Der Winddruck von 270 kg/m^2 auf den Trog (Textfigur 28),
2. a) der Winddruck von 100 kg/m^2 auf den Trog (Textfigur 28),
- b) der wagrechte Schiffsstoß von 10.6 t (Textfigur 29).

Im übrigen ist der Rechnungsvorgang derselbe wie bei der Bestimmung der Zusatzwerte der Gurtspannungen im oberen Verbande beziehungsweise der Streben des unteren Verbandes.

G. Die Querrahmen (Textfigur 30).

Durch die Anordnung eines lotrechten Querrahmens über jedem Pfeiler und Landwiderlager wird erreicht, daß die den oberen Verband belastenden, wagrechten Kräfte auf dem kürzesten Wege in die Stützen gelangen.

Es sollen bloß die Rahmen über den Pfeilern, also an den Orten der größten wagrechten Kräfte untersucht und die jeweilig größten Strebenkräfte als maßgebend für die Dimensionierung aller Rahmenteile angenommen werden, mit Ausnahme der sich auf die Lager stützenden Halbpfosten des Trog- und Treppelwegträgers.

Die in den Halbpfosten auftretenden Stabkräfte sind numerisch gleich den tatsächlichen lotrechten Auflagerdrücken des Trog- beziehungsweise des Treppelwegträgers. Diese Auflagerdrücke setzen sich aus Teilwerten zusammen, die den verschiedenen Belastungsarten entsprechen.

Hinsichtlich der Auflagerdrücke des Trogträgers können nun die aus dem Einflusse der Stützensenkung und Temperaturänderung schon früher erhaltenen Teilwerte (A, X_1, X_2, X_3, X_4, B) hier ohneweiters verwendet werden. Die für die übrigen Belastungsarten bereits berechneten Auflagerdrücke stellen jedoch Hilfswerte vor, aus denen erst für jeden einzelnen Belastungszustand die gesuchten Größenwerte in der nachfolgend beschriebenen Art zu ermitteln sind.

Für die durch das Eigengewicht und die Wasserlast geschaffenen Belastungsfälle bedürfen die seinerzeit erhaltenen Auflagerdrücke einer Vergrößerung um die Knotenlast über den Pfeilern und Landwiderlagern.

Die Wirkung der Verkehrslasten ergibt sich unschwer aus den schon seinerzeit erhaltenen Einflußlinien der Stützendrücke.

Zur Bestimmung der von dem Winddrucke herrührenden, lotrechten Auflagerdrücke dienen die bereits früher berechneten, wagrechten Auflagerkräfte in den über den Widerlagern und Pfeilern gelegenen Knotenpunkten des oberen wagrechten Verbandes.

Als Belastungsfälle kommen dabei in Betracht:

- 1.) Winddruck 270 kg/m^2 beziehungsweise 100 kg/m^2 von außen auf die Obergurte des Trog- und Treppelwegträgers und auf die Fahrbahn (Textfigur 25);
- 2.) Winddruck 270 kg/m^2 beziehungsweise 100 kg/m^2 von innen auf den durch den Trog nicht gedeckten Teil des Obergurtes und auf die Fahrbahn (Textfigur 26);
- 3.) Winddruck 270 kg/m^2 beziehungsweise 100 kg/m^2 auf den Trog (Textfigur 28).

Bei den über den Pfeilern gelegenen Querrahmen ist die Berechnung der Auflagerkräfte auf statischem Wege infolge der Trennung des Tragwerkes vom Troge möglich; aber auch bei den mit den Endrahmen des Troges fest verbundenen Querrahmen ist man mit Rücksicht auf den verhältnismäßig geringen Einfluß der wagrechten Kräfte der Einfachheit halber ebenso vorgegangen unter der Annahme, daß sich die End-

rahmen in der Mitte zwischen jedem Trogräger und dem diesen zugehörigen Treppelwegträger stützen.

Der neben einem Winddrucke von 100 kg/m^2 noch zu berücksichtigende Schiffsstoß äußert sich über den Pfeilern in einem Stützdrucke, der nahezu gleich ist der schon mehrfach genannten, lotrechten Komponente von $2,2 \text{ t}$.

Der vom Schiffsstoße verursachte Auflagerdruck über den Widerlagern wird dann der vorerwähnten, vereinfachenden Annahme entsprechend berechnet.

Die nun allen möglichen Belastungsarten zukommenden Stützdrücke sind algebraisch zu ihren, für die Halbpfeilen des Trogrägers maßgebenden Größtwerten zusammzusetzen.

Die Auflagerkräfte des Treppelwegträgers werden in gleicher Weise bestimmt. Auch hier müssen an den schon aus der früheren Berechnung erhaltenen Werten vielfach Ergänzungen in ähnlicher Art wie beim Trogräger vorgenommen werden.

Bei der Bestimmung der Kräfte, welche in den übrigen Stäben der Querrahmen über den Pfeilern auftreten, kommen folgende Gruppen von Belastungsfällen zur Untersuchung:

1. a) Winddruck 270 kg/m^2 von außen auf die Obergurte eines räumlichen Systemes und auf die Fahrbahn (Textfigur 25);
b) Winddruck 270 kg/m^2 von außen auf die Untergurte eines räumlichen Systemes (Textfigur 27);
2. a) Winddruck 100 kg/m^2 von außen auf die Obergurte eines räumlichen Systemes und auf die Fahrbahn (Textfigur 25);
b) Winddruck 100 kg/m^2 von außen auf die Untergurte eines räumlichen Systemes (Textfigur 27);
3. a) Winddruck 270 kg/m^2 von innen auf den durch den Trog nicht gedeckten Teil des Trogrägerobergurtes und auf die Fahrbahn (Textfigur 26);
b) Winddruck von 270 kg/m^2 auf den Trog (Textfigur 28);
4. a) Winddruck 100 kg/m^2 von innen auf den durch den Trog nicht gedeckten Teil des Trogrägerobergurtes und auf die Fahrbahn (Textfigur 26);
b) Winddruck 100 kg/m^2 auf den Trog (Textfigur 28);
c) wagrechter Schiffsstoß von $10,6 \text{ t}$ (Textfigur 29).

Schon gelegentlich der Berechnung des oberen Verbandes sind die Auflagerkräfte ermittelt worden, die sich für einen durchlaufenden Träger ergeben, dessen von Querrahmen zu Querrahmen sich spannende Felder gleichförmig mit 1 t per laufenden Meter belastet sind. Es sind somit auch die Auflagerdrücke Y bekannt, die unter den soeben angeführten Belastungsarten tatsächlich entstehen.

Die gesuchten Stabkräfte sind dann einfach ermittelt als Produkt aus dem für jeden Querrahmen und für jeden Belastungszustand bekannten Auflagerdruck in die betreffenden Spannungszahlen, die sich ein für allemal für jeden einzelnen Rahmenstab unter der Wirkung

einer (siehe Textfigur 30) angreifenden Last $Y=1$ ergeben. In den Belastungsfällen 1. b), 2. b), 3. b), 4. b) sind nur die unteren Verbindungsriegel beansprucht. Die Größe der Stabkräfte kommt dem Werte des betreffenden wagrechten Auflagerdruckes gleich.

H. Die Lager.

Die Wahl des Ortes, an dem das feste Lager des Trogrägers und des Treppelwegträgers angebracht wurde, ist mit Rücksicht darauf erfolgt, daß sich die gesamte Verschiebung der Träger auf die Dilatationsvorrichtungen an den Landwiderlagern möglichst günstig verteile. (Fig. 12, Taf. Nr. 2.)

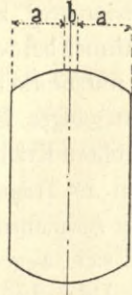
Die beweglichen Lager sind nur mit einer Walze ausgestattet. Das unter ihnen am stärksten beanspruchte erhält dem Auflagerdrucke von 967 t entsprechend, für eine Druckfläche von $b = 1,2 \text{ cm}$ Breite eine Pressung von 9900 kg/cm^2 , die trotz ihrer Größe zulässig ist, wenn das Material dieser am stärksten beanspruchten Zone b durch genügende Materialvorlagen a am Ausweichen gehindert wird. (Textfigur 31.)

Um den Stützpunkten des Tragwerkes eine der Berechnung möglichst entsprechende Höhenlage zu geben, wird es sich empfehlen, letztere nicht durch Nivellieren, sondern durch Abwägen der Stützdrücke für Eigengewicht und Wasserlast mit Hilfe von hydraulischen Pressen zu bestimmen.

Die Ablesung ist zu einer Zeit vorzunehmen, die eine möglichst gleichmäßige Temperatur des ganzen Tragwerkes voraussetzen läßt.

Die Einstellung der Lager in ihre richtige Höhenlage erfolgt dann mit Verwendung der unter den Lagerstühlen angebrachten Leisten.

Figur 31.



J. Die Bestimmung der Stabquerschnitte und die konstruktive Durchbildung.

Um den Vorgang bei der Bestimmung der Stabquerschnitte und Stoßdeckungen beziehungsweise Anschlüsse leichter verfolgen zu können, sind in der Zusammenstellung Nr. 2 für einige in den Fig. 21 und 24 (Taf. Nr. 5 und 6) vorkommende Stäbe des Trogrägers die Stabkräfte für alle früher untersuchten Belastungsfälle angeführt worden. Diese Trennung der Stabkräfte nach den verschiedenen Belastungsfällen mußte mit Rücksicht auf den später (S. 20) besprochenen und in der Zusammenstellung Nr. 3 ersichtlichen Rechnungsvorgang mit verschiedenen, zulässigen Inanspruchnahmen vorgenommen werden.

Bei der Wahl der Querschnittsform für die einzelnen Stäbe waren selbstverständlich außer der Größe der Stabkräfte noch verschiedene, mit der konstruktiven Durchbildung verknüpfte Erfordernisse zu berücksichtigen.

Aus diesen zwei Gesichtspunkten ist der Obergurt des Trogrägers zweistegig durchgebildet; die Unterbringung des oberen Wälzgelenkes wäre andernfalls sehr schwierig ge-

wesen. Hervorzuheben ist auch noch, daß dieser Gurt wegen des Lagerbolzens keine durchlaufende Verbindung in der Richtung der wagrechten Schwerachse des Querschnittes erhalten hat. (Textfigur 32.)

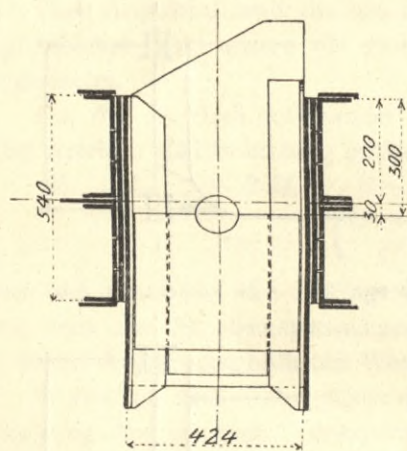
Für die gezeichnete, offene Gurtform ist außer den soeben angeführten Erfordernissen auch die Überlegung maßgebend gewesen, daß die Schwerachse des Gurtes in ihrer Lage erhalten bleiben und das Wälzgelenk nach Abheben der Fahrbahn zugänglich sein soll.

Von der Möglichkeit, den Untergurt auch durch eine wagrechte Versteifung zu verstärken, wird bei den überaus

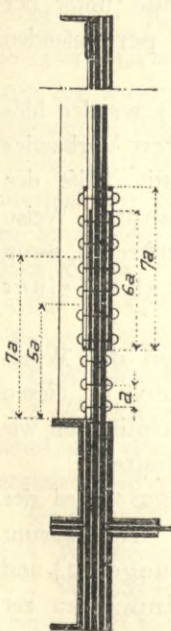
kräftig auszubildenden Druckstäben über den Pfeilern Gebrauch gemacht. (Fig. 24 und 25, Taf. Nr. 6.)

Sowohl für den Obergurt wie auch für den Untergurt ist an dem Grundsatz festgehalten, daß die Verstärkung der Querschnitte hauptsächlich in den lotrechten Stegen und nicht durch eine zu große Anzahl von Auflagen auf den wagrechten Winkelschenkeln zu erfolgen hat.

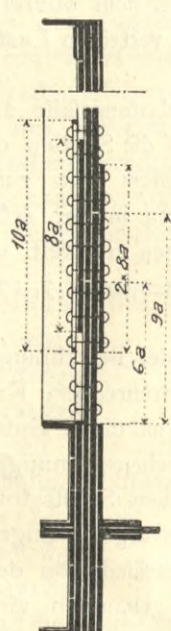
Figur 32.



Figur 33.



Figur 34.



Für die Durchbildung der zusammengesetzten Strebenquerschnitte ist die Forderung von möglichst unmittelbaren und zweischnittigen, kurzen Anschlüssen an die Knotenbleche bestimmend. In den Textfiguren 33 und 34 ist dem Anschluß nach der Stoßdeckungsart Neumann jener nach Weyrauch gegenübergestellt und der Vorteil der erstgenannten Methode für diesen Querschnitt ersichtlich. Die hier dargestellte Strebe M_7-7 ist in den Zusammenstellungen Nr. 2, 3 und 6 sowie auf Fig. 24, Taf. Nr. 6 enthalten.

Hinsichtlich der Durchbildung der Kreuzungspunkte über den Pfeilern ist besonders zu bemerken, daß wegen der außerordentlich großen Stabkräfte — die Stabkraft des Halbpfeilers über dem Untergurtnoten II beträgt beispielsweise 967 t — alle vier Halbstreben nach außen gelegt werden müssen, um derart für die Unterbringung der notwendigen Anschlußrieten Platz zu schaffen. Diese Anordnung hat auch den Vorteil, daß sie eine leichtere Montierung zuläßt und schwer zugängliche Räume vermeidet.

Zusammenstellung Nr. 2.

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Stab		Stabkräfte in Tonnen									
		Eigengewicht	Wasserlast	Einfluß der Stützensenkung	Verkehrslast		Einfluß der Temperatur	Winddruck		Schiffsstoß	
					+	-		270 kg/m ²	100 kg/m ²	+	-
Obergurt	6-7	+ 62.5	+ 222.9	+ 104.4	+ 15.2	- 7.4	+ 78.5	+ 4.5	+ 1.7	+ 1.8	- 1.4
	7-8	+ 136.4	+ 484.3	+ 121.8	+ 24.4	- 5.3	+ 91.6	+ 10.0	+ 3.7	+ 2.4	- 0.7
Untergurt	6-7	- 61.1	- 207.7	+ 104.4	+ 7.4	- 15.3	+ 78.5	- 7.4	- 2.7	+ 3.0	- 5.4
	7-8	- 129.4	- 438.9	+ 121.8	+ 5.7	- 23.4	+ 91.6	- 11.0	- 4.1	+ 3.9	- 2.7
Streben	M_7-7	+ 50.9	+ 163.6	+ 12.3	+ 8.4	- 2.1	+ 9.3	+ 1.0	+ 0.4	+ 3.0	- 1.4
	M_7-7	- 60.8	- 227.6	+ 12.3	+ 2.5	- 9.5	+ 9.3	- 1.3	- 0.5	+ 1.1	- 3.1
Ständer	$\text{X}-M_0$	- 42.9	- 156.2	+ 17.4	+ 2.4	- 9.0	+ 13.1	- 1.6	- 0.6	+ 0.9	- 0.9
	$I-M_7$	- 170.1	- 562.7	+ 41.7	+ 3.1	- 27.5	+ 14.1	- 20.4	- 7.6	+ 2.2	- 2.2

Zusammenstellung Nr. 3.

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
Stab		Erforderliche Querschnittsfläche cm ²						Profil des Stabes	Vorhandene Querschnittsfläche cm ²		Kleinste Trägheitsmoment cm ⁴	Trägheitshalbmesser cm	Knicklänge cm	Verhältnis $\frac{l}{i}$	Knickbeiwert K	Inanspruchnahme kg/cm ²			
		Eigen-gewicht, Wasserlast, Stützensenkung	Verkehrslast	Wind-druck 100 kg/m ² , Temperatureinfluß	Schiffstoß	Zu-sammen	Ungünstigste Kraftsumme in Tonnen		F	Nutzbar F _n						Zug	Knickung		
																		S	
																		$\frac{S}{1.400}$	$\frac{S}{0.900}$
Obergurt	6-7	+ 278.4	+ 16.9	+ 50.1	+ 1.8	+ 347.2	+ 487.0		488.64	401.28							1214		
	7-8	+ 530.4	+ 27.1	+ 59.6	+ 2.4	+ 619.5	+ 864.6		779.68	642.72							1345		
Untergurt	6-7	+ 30.9	+ 8.2	+ 49.1		+ 88.2	+ 129.2		439.68	417.70	112750	15.99	: 315	⊥: 420	19.69	1.078		1227	
	7-8	- 5.4	+ 6.3	+ 59.1		+ 60.0	+ 92.6		691.2	656.65	151270	14.80	: 210	⊥: 210	14.19	1.055		1305	
Streben	M_7-7	+ 161.9	+ 9.3	+ 6.1	+ 3.0	+ 180.3	+ 247.7		263.04	202.56							1223		
	M_7-7	- 214.8	- 10.5	- 6.2	- 3.1	- 234.6	- 323.3		301.44	286.37	40787	11.63	: 238	⊥: 297	20.47	1.081		1220	
Ständer	$\text{X}-M_0$	- 154.6	- 10.0	- 8.6	- 0.9	- 174.1	- 240.1		206.40	196.08	25200	11.06	150	13.56	1.052		1288		
	$I-M_7$	- 553.2	- 30.6	- 13.6	- 2.2	- 599.6	- 825.9		700.48	665.45	190036	16.47	120	7.29	1.030		1280		

Es wäre allenfalls noch zu erwähnen, daß bei allen wichtigen Konstruktionsteilen zur Vermeidung von Kröpfungen Keilfütter vorgesehen sind.

K. Die zulässigen Inanspruchnahmen.

Vonder vielfach üblichen, einheitlichen, zulässigen Inanspruchnahme des Eisens wurde bei der Bestimmung der Querschnitte abgegangen, um den Grad der Einflußnahme abwägen zu können, mit dem die verschiedenen Belastungsarten zur Geltung kommen.

Zur Ermittlung der erforderlichen nutzbaren Querschnittsfläche in cm^2 dient dann die Formel:

$$f = \frac{eS + wS + sS}{1400} + \frac{vS}{900} + \frac{hS + tS}{1600} + \frac{dS}{800} + \frac{iS}{1000},$$

worin in kg

eS	die Stabkraft infolge Eigengewicht,
wS	" " " Wasserlast,
sS	" " " Stützensenkung,
vS	" " " Verkehrslast,
hS	" " " Windbelastung,
tS	" " " Temperatureinfluß,
dS	" " " direkten Schiffsstoß,
iS	" " " indirekten Schiffsstoß

bedeuten.

Für eine vorhandene, nutzbare Fläche $F_n \geq f$ berechnet sich die mittlere Inanspruchnahme auf Zug mit

$$\sigma_z = \frac{\Sigma S}{F_n}$$

Die Bestimmung von F_n erfolgt unter Berücksichtigung der größten Summe der schwächenden Nietflächen des Querschnittes.

Die Berechnung auf Knickung wird nach Prof. Tetmajer vorgenommen nur mit dem Unterschiede, daß die in der ursprünglichen Formel eingeführte Bruchgrenze des Eisens durch die Quetschgrenze*) ersetzt wird.

Die Knickbeanspruchung in t für $1 cm^2$ ergibt sich dann nach der Formel

$$\sigma_k \leq K \cdot \frac{\Sigma S}{F_n}, \text{ wobei}$$

$$K = \frac{3 \cdot 1}{3 \cdot 1 - 0 \cdot 0114 \left(\frac{l}{i}\right)} \text{ für } 10 < \frac{l}{i} < 105 \text{ und}$$

$$K = \frac{3 \cdot 1}{21220 \left(\frac{l}{i}\right)^2} \text{ für } \frac{l}{i} > 105.$$

Der vorhandene nutzbare Druckquerschnitt F_n wird hier mit Rücksicht auf schlecht geschlagene Niete durch Verminderung des Vollquerschnittes um 5% seiner Fläche in Rechnung gestellt.

In Hinsicht auf die verschiedenen großen zulässigen Inanspruchnahmen für die einzelnen Belastungsarten muß außerdem der Bedingung $f \times K \geq F_n$ genügt werden.

Ganz in gleicher Weise wie bei der Berechnung der erforderlichen nutzbaren Fläche f wird bei der Berechnung des Widerstandsmomentes für auf Biegung beanspruchte Stäbe vorgegangen.

$$W = \frac{eM + wM + sM}{1400} + \frac{vM}{900} + \frac{hM + tM}{1600} + \frac{dM}{800} + \frac{iM}{1000}.$$

In allen tragenden Teilen, ob sie nun auf Zug, Druck oder Biegung beansprucht werden, soll bei Berücksichtigung aller gleichzeitig auftretenden Belastungen keine größere Beanspruchung als $1350 kg/cm^2$ erfolgen.

Aus der Zusammenstellung Nr. 3 ist der bei der Querschnittsbestimmung eingehaltene Vorgang ersichtlich.

*) Zeitschr. d. Österr. Ing.- u. Arch.-Ver. Jhrg. 1893, Nr. 25: «Über die Berechnung auf Knickfestigkeit beanspruchter Stäbe aus Schweiß- und Flußeisen». Von R. F. Mayer.

«Österr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst», Jahrg. 1906, Heft 9: «Zur Frage über die zulässige Inanspruchnahme eiserner Brückenorgane hinsichtlich des Widerstandes gegen das Zerknicken». Von Prof. Joh. E. Brik.

«Österr. Wochenschr. f. d. öffentl. Baudienst», Jahrg. 1906, Heft 29: «Beitrag zur Berechnung prismatischer Stäbe auf Knickfestigkeit». Von k. k. Prof. Paul Neumann.

Die Inanspruchnahme der Niete wird der Einfachheit halber allgemein unter der Voraussetzung berechnet, daß jeder Stab mit dem Höchstwerte von $1350 kg/cm^2$ beansprucht wird. Unter der Annahme einer zulässigen Inanspruchnahme auf Scheren von $900 kg/cm^2$ ergibt sich die erforderliche Scherfläche mit dem 1,5 fachen Werte des anzuschließenden Stabquerschnittes F_a .

Für Zugstäbe ist $F_a = F_n$ zu setzen, bei den Druckstäben jedoch

$$F_a = \frac{F_n}{K}.$$

Die notwendige Leibungsfläche beträgt $0,6 \times F_n$, wenn $2200 kg/cm^2$ als größter spezifischer Leibungsdruck zugelassen wird.

Unter Zugrundelegung der vorerwähnten, zulässigen Inanspruchnahmen hat sich das Gesamtgewicht der Eisenkonstruktion für die Kanalbrücke über den Skawafluß mit 1500 Tonnen ergeben.

L. Über die Stoßverbindungen der Eisenkonstruktion.

Von einer einseitigen Verlaschung wurde durchwegs abgesehen und dadurch vermieden, daß

1. der Stab eine beträchtliche Verschiebung seiner Schwerachse und damit eine ungleichmäßige Spannungsverteilung erfährt, daß

2. die Nietbolzen sich schief stellen und stark verbiegen und derart die Ursache einer ungünstigen Verteilung des Leibungsdruckes werden und daß

3. die dem gestoßenen Bleche zugehörige Kraft diejenigen Bleche, die vom Stoße und von der Lasche abseits liegen, mangels einer sie entlastenden zweiten Lasche übermäßig beansprucht.

Sämtliche Stoßverbindungen sind also mit doppelseitig angebrachten Laschen versehen und sind nach den Regeln von Prof. P. Neumann*) durchgebildet. Da diese Regeln bisher wenig Anwendung finden, sollen sie nachstehend auszugsweise wiedergegeben werden:

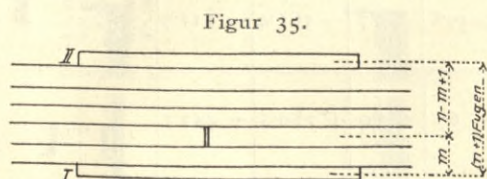
I. Bezüglich der Kraftübertragung wird abweichend von der Weyrauch'schen Voraussetzung angenommen, daß sie entsprechend dem Hebelgesetze erfolgt, das heißt, daß die auf die beiden Laschen entfallenden Kraftanteile sich umgekehrt verhalten, wie die Entfernungen der beiden Laschen von dem gestoßenen Bleche.

Für dieses letztgenannte Streckenverhältnis ist zum praktischen Gebrauche zweckmäßiger das Verhältnis der Zahl jener Fugen anzuwenden, die zwischen dem gestoßenen Bleche und den beiden Laschen liegen. (Der bei ungleich starken Blechen hiedurch begangene Fehler ist nicht nennenswert.)

Die auf die Laschen I und II entfallenden Kraftanteile der auf ein gestoßenes Blech einwirkenden Kraft P_m sind demnach:

$$P_m^I = \frac{n - m + 1}{n + 1} \cdot P_m \text{ und } P_m^{II} = \frac{m}{n + 1} \cdot P_m,$$

wenn zwischen den Laschen $n + 1$ Fugen gezählt werden und das m^{te} Blech gestoßen ist. (Textfigur 35.)



II. Die Stärke der Lasche ist natürlich abhängig von der Größe des auf sie entfallenden Kraftanteiles. Ist von n Blechen nur eines, beispielsweise das m^{te} (mit der Stärke δ_m) gestoßen, so ist nach früherem die Stärke der Lasche I mit

$$\delta^I = \frac{n - m + 1}{n + 1} \cdot \delta_m,$$

die Stärke der Lasche II mit

$$\delta^{II} = \frac{m}{n + 1} \delta_m$$

zu bemessen.

Sind jedoch von n -Blechen alle oder mehrere gestoßen, dann ist für die Stärke jeder Lasche einfach der

*) «Zeitschrift des Österr. Ing.- und Arch.-Vereines», Jahrg. 1892, Nr. 12, 13 und 14.

größte aller Kraftanteile maßgebend, der nach dem vorerwähnten Hebelgesetze von irgend einem der gestoßenen Bleche auf jede der beiden Laschen übertragen wird.

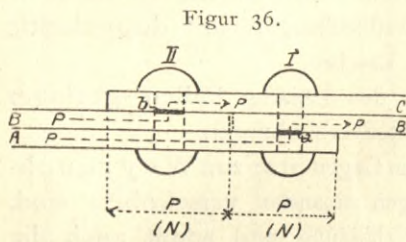
Die Stärken der beiden Laschen ergeben sich nach dieser Regel ungleich, wenn das maßgebende gestoßene Blech nicht genau in der Mitte zwischen beiden Laschen liegt, und wird man nach Möglichkeit die gerechneten Stärken beibehalten.

III. Die Gesamtlänge der Laschen hängt in allen Fällen (ob sämtliche oder nur einige Bleche gestoßen sind) ab:

1. von der Entfernung der Laschenenden von den zunächst gelegenen Blechstößen und

2. von der Entfernung der Blechstöße untereinander.

Unter der (allerdings selten zutreffenden) Annahme, daß die Reibung der zusammengepreßten Teile gar nicht zur Geltung kommt und daß die Übertragung der Kräfte lediglich durch Scherfestigkeit der Niete beziehungsweise durch deren Leibungsdruck ermöglicht wird, und unter der weiteren Voraussetzung, daß die in jedem gestoßenen Bleche wirksame Kraft entsprechend dem Hebelgesetze in Kraftanteile zerlegt wird, die durch alle Bleche bis in die Laschen wandern, kann man sich die Kraftübertragung nach Schwedler folgendermaßen vorstellen:



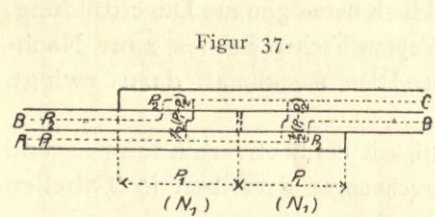
Figur 36.

Die Kraft P des Bleches A (Textfigur 36) soll in das Blech C geleitet werden. — Dabei ist vorausgesetzt, daß das Blech B vorläufig nicht schwächer sei, als jedes der zwei anderen, daß es bereits mit einer seinem Querschnitte entsprechenden

Kraft beansprucht würde und daß endlich (N) die zur einmaligen, unmittelbaren Übertragung der Kraft P notwendige Nietzahl bedeute.

Die Nietgruppe I kann bei a , infolge der dort wirksamen Schubfestigkeit der Niete, wohl die Übertragung der Kraft P vom Bleche A auf das Blech B , nicht aber gleichzeitig von B auf das Blech C bewerkstelligen, sobald die Niete nicht auf Biegung beansprucht werden sollen.

Soll daher eine übermäßige Beanspruchung des Bleches B vermieden werden, so ist zu dessen Entlastung die gleiche Nietgruppe II anzubringen, welche schon vorher die Übertragung der Kraft P von dem Bleche B auf das Blech C besorgt.



Figur 37.

Zur Übertragung der Kraft P von A nach C ist sonach eine der Kraft $2P$ entsprechende Nietzahl erforderlich.

Ist das Blech B schwächer als die beiden äußeren Bleche (Textfigur 37), so ist zunächst die Kraft P_2 des Bleches B nach C gebracht zu denken, so daß B vollständig entlastet erscheint. Die Differenz $P_1 - P_2$ kann man sich sodann in zwei Teilen $\frac{1}{2}(P_1 - P_2)$ von A nach B und von B nach C geleitet vorstellen, so daß in A nur mehr die von A nach B zu übertragende Kraft P_2 (aus $P_1 - 2 \times \frac{1}{2} [P_1 - P_2]$) übrig bleibt.

Zur Übertragung der Kraft P_1 von A nach C ist also einmal für den linken Teil die Kraft $P_2 + 2 \times \frac{1}{2} (P_1 - P_2) = P_1$ und einmal für den rechten Teil die Kraft $2 \times \frac{1}{2} (P_1 - P_2) + P_2 = P_1$ zu übertragen und die der Kraft $2P_1$ entsprechende Nietzahl zu verwenden.

Aus den erörterten zwei einfachen Fällen ergibt sich somit für die Kraftübertragung nach Schwedler allgemein:

Sind m durchlaufende Bleche zwischen den Blechen A und C vorhanden, so ist die zur Übertragung der Kraft P des Bleches A nach C nötige Gesamtnietzahl

$$N + mN = (m + 1)N$$

oder (weil bei m zwischenliegenden Blechen $[m + 1]$ Fugen vorhanden sind) mit anderen Worten: Die notwendige Gesamtnietzahl wird ermittelt, indem man die zur einmaligen Über-

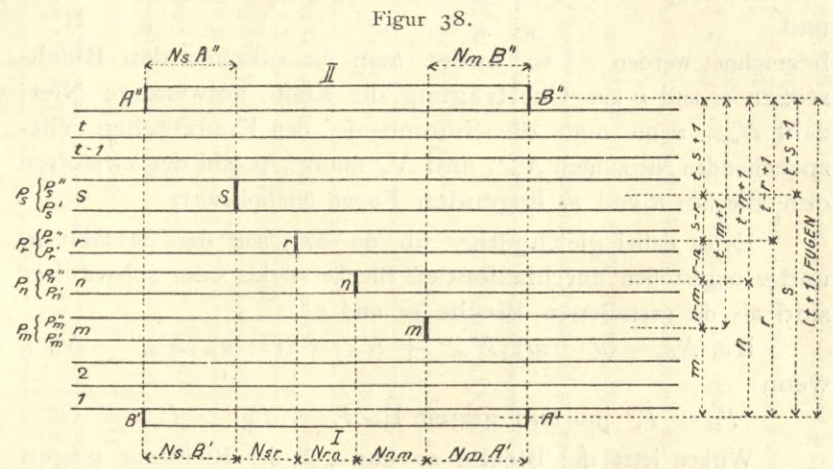
tragung erforderliche Nietzahl N so oft mal nimmt, als Fugen zwischen den betreffenden Blechen liegen.

1. Die Entfernungen der Laschenenden von den in der Längsrichtung zunächst liegenden Blechstößen lassen sich mit Hilfe der Neumann'schen Annahme, daß die Kräfte der gestoßenen Bleche sich nach dem Hebelgesetze auf die beiden Laschen übertragen und unter Zugrundelegung der eben angeführten Schwedler'schen Auffassung der Kraftübertragung leicht ermitteln.

Man findet die Anzahl der zwischen einem Laschenende und dem zunächst gelegenen Blechstoß erforderlichen Niete, wenn man die Nietzahl, welche der einmaligen Übertragung des auf die Lasche entfallenden Kraftanteiles entspricht, mit der Anzahl der zwischen dem gestoßenen Bleche und der Lasche vorhandenen Fugen multipliziert.

Dabei ist es gleichgültig, ob die übrigen zwischen der Lasche und dem betreffenden Bleche liegenden Bleche stärker oder schwächer sind als dieses.

In Textfigur 38 liegen beispielsweise zwischen den Laschen I und II t Bleche mit $(t + 1)$ Fugen. Die Stärke der Bleche sei verschieden.



Figur 38.

Nach dem Hebelgesetze sind dann die von den gestoßenen Blechen m , n , r und s auf die Laschen übertragenen Kraftanteile und zwar für die Lasche I:

$$P'_m = \frac{t - m + 1}{t + 1} \cdot P_m; \quad P'_n = \frac{t - n + 1}{t + 1} \cdot P_n,$$

$$P'_r = \frac{t - r + 1}{t + 1} \cdot P_r \quad \text{und} \quad P'_s = \frac{t - s + 1}{t + 1} \cdot P_s$$

und für die Lasche II:

$$P''_m = \frac{m}{t + 1} \cdot P_m; \quad P''_n = \frac{n}{t + 1} \cdot P_n,$$

$$P''_r = \frac{r}{t + 1} \cdot P_r \quad \text{und} \quad P''_s = \frac{s}{t + 1} \cdot P_s.$$

Da nun der Stoß des Bleches m für die beiden Laschenenden A' und B'' zunächst liegend ist, so ergibt sich die für die Entfernung der Laschenenden A' und B'' von dem Blechstoße m maßgebende, notwendige Nietzahl mit

$$N_{mA'} = \frac{t - m + 1}{t + 1} \cdot P_m \times m$$

und

$$N_{mB''} = \frac{m}{t + 1} \cdot P_m \times (t - m + 1).$$

Daraus erhellt, daß die Laschenenden A' und B'' gegenüberliegen und daß — da das Gleiche auch für die Enden A'' und B' gilt — die Laschen gleich lang sind.

Es wäre leicht nachzuweisen, daß die Entfernungen der Enden A' , B'' beziehungsweise A'' , B' unter allen Umständen nur von den zunächst oder zu äußerst gelegenen Blechstößen m beziehungsweise s abhängig sind, und daß man also die übrigen gestoßenen Bleche nicht zu berücksichtigen braucht, auch wenn sie stärker wären als die in Rechnung zu ziehenden Bleche m und s .

2. Die Entfernungen der Blechstöße untereinander beziehungsweise die zur Kraftübertragung zwischen den Stößen erforderlichen Nietzahlen lassen sich wieder mit Hilfe der genannten Schwedler'schen und Neumann'schen Grundannahmen bestimmen.

Neumann hat für alle möglichen Fälle von Stoßanordnungen Kräftelinienpläne gezeichnet und aus ihnen nachstehende Regeln abgeleitet.

Bezeichnet man in Textfigur 38 die ganze im Bleche m wirkende Kraft mit P_m , die auf die Laschen I und II übertragene Kraftanteile mit P_m' und P_m'' , die zur einmaligen Kraftübertragung notwendige Nietzahl mit N_m beziehungsweise N_m' und N_m'' und desgleichen für das n te Blech mit N_n beziehungsweise N_n' und N_n'' u. s. w., so gilt:

$$I. N_{nm} = (n - m) (N_m'' + N_n') \text{, wenn } P_m' > P_n' \text{ und } P_m'' < P_n'' \text{,}$$

das heißt:

Ist der Kraftanteil P_m' des der Lasche I näher liegenden Bleches m auch wirklich größer als der Kraftanteil P_n' des von der Lasche I entfernter liegenden Bleches n und ist ferner P_n'' des der Lasche II näherliegenden Bleches n ebenfalls größer als P_m'' — der Kürze halber sollen diese Zustände in der Folge mit:

normal wirkend in der Richtung gegen die Lasche I
und " " " " " " " " " " " " " " II
oder im entgegengesetzten Falle mit:

abnormal wirkend in der Richtung gegen die Lasche I
und " " " " " " " " " " " " " " II
bezeichnet werden — so findet man die zwischen den Blechstößen m und n zur Übertragung der Kräfte notwendige Nietzahl N_{nm} , wenn man die Summe der den Kraftanteilen entsprechenden Nietzahlen N_m' und N_n' mit der Anzahl der zwischen den Blechen n und m liegenden Fugen multipliziert.

Es ist dabei gleichgültig, ob die zwischen den Stößen m und n ungestoßen durchlaufenden Bleche stärker oder schwächer sind als die gestoßenen Bleche m und n .

$$II a. N_{nm} = (n - m) (N_m'' + N_n') + (r - n) (N_m'' - N_n'') \text{, wenn}$$

$$P_m' > P_n' \text{ [normal gegen I]; } P_r'' > P_m'' > P_n'' \text{.}$$

Wirken jetzt die Bleche m und n in der Richtung gegen die Lasche I normal, in der Richtung gegen die Lasche II aber abnormal (in der Folge soll der normale Zustand immer in der Richtung gegen die Lasche I, der allfällige abnormale Zustand jedoch in der Richtung gegen die Lasche II angenommen werden), und ist das Blech r das erste, das in der abnormalen Richtung gegenüber m , aber wegen $P_m'' > P_n''$ auch gegenüber n wieder normalen Einfluß übt, so ist die früher unter I angegebene Nietzahl so oftmal um die Differenz der den Kraftanteilen P_m'' und P_n'' entsprechenden Nietzahlen N_m'' und N_n'' zu vermehren, als Fugen zwischen den Blechen n und r zu zählen sind.

$$II b. N_{nm} = (n - m) (N_m'' + N_n') + (t - n + 1) (N_m'' - N_n'') \text{, wenn}$$

$$P_m' > P_n' \text{ (normal gegen I), aber } P_m'' > P_n'' > P_r'' \text{ und } P_s'' \text{.}$$

Ist in der Richtung gegen die Lasche II kein Blech vorhanden, welches gegenüber n wieder normal wirken würde, so ist die unter II a genannte Differenz mit der Anzahl der zwischen n und II liegenden Fugen zu multiplizieren.

$$III a. N_{nm} = (n - m) (N_m'' + N_n') + (r - n) (N_m'' - N_n'') + (s - r) (N_m'' - N_r'') \text{, wenn}$$

$$P_m' > P_n' \text{ (normal gegen I) aber } P_s'' > P_m'' > P_r'' > P_n'' \text{.}$$

Bezüglich der Lasche I sei der Einfluß der gestoßenen Bleche m' und n wieder normal, in der Richtung gegen II jedoch abnormal. Verhält sich weiters das Blech r wie früher normal gegenüber dem Bleche n , aber immer noch abnormal gegenüber m und übt erst das Blech s wieder als erstes bezüglich aller übrigen Bleche (m, n und r) den normalen Einfluß auf die Lasche II aus, so ist die unter II a genannte Nietzahl noch um die mit der Anzahl der Fugen zwischen r und s multiplizierte Nietanzahl zu vergrößern, welche der Kraftdifferenz ($P_m'' - P_r''$) entspricht.

$$III b. N_{nm} = (n - m) (N_m'' + N_n') + (r - n) (N_m'' - N_n'') + (t - r + 1) (N_m'' - N_r'') \text{, wenn}$$

$$P_m' > P_n' \text{ (normal gegen I), aber } P_m'' > P_r'' > P_n'' \text{ und } P_r'' > P_s'' \text{.}$$

Wenn wie früher in III a das Blech r normal bezüglich n , aber abnormal hinsichtlich m wirkt, in der Richtung gegen II jedoch kein Blech vorhanden ist, das gegenüber dem Bleche r wieder normalen Einfluß üben könnte, dann ist die der Differenz ($P_m'' - P_r''$) zukommende Nietzahl ($N_m'' - N_r''$) mit der Anzahl der Fugen zwischen r und II zu multiplizieren.

Schließlich könnte noch der Fall vorkommen:

$$III c. N_{nm} = (n - m) (N_m'' + N_n') + (r - n) (N_m'' - N_n'') + (s - r) (N_m'' - N_r'') + (t - s + 1) (N_m'' - N_s'') \text{, wenn}$$

$$P_m' > P_n' \text{ (normal gegen I) und } P_m'' > P_s'' > P_r'' > P_n'' \text{ ist.}$$

Aus den Nietzahlen, die nach den unter 1 und 2 (S. 21) angeführten Regeln zunächst ermittelt sind, lassen sich nunmehr die Laschenlängen leicht bestimmen.

Wenn auch die von den Nieten bewirkte Kraftübertragung nicht nach der Neumann'schen Auffassung erfolgen wird, so dürfte sie doch gegenüber anderen üblichen Stoßanordnungen der tatsächlichen Wirkungsweise am nächsten kommen.

Als Vorteile der Neumann'schen Stoßdeckung mögen erwähnt werden:

Die doppelseitig angebrachten und wenn erforderlich, ungleich starken Laschen lassen Mehrbeanspruchungen nicht in dem Maße entstehen, wie die Stoßdeckungen mit doppelseitig gleichstarken oder mit einfachen Laschen.

Der Materialaufwand ist in den meisten Fällen geringer wie bei den übrigen Arten der Stoßverbindungen.

Dadurch, daß die Laschen (im Gegensatz zur Weyrauch'schen Stoßverbindung) nicht gegen einander verschoben sind, ist die Länge der ganzen Stoßverbindung und somit auch die Zahl der auf der Baustelle zu schlagenden Nieten eine geringere.

Die Ermittlung der Laschenlängen beziehungsweise der notwendigen Nietzahl ist in mancher Beziehung einfacher wie bei den anderen Methoden, weil einerseits die Entfernungen der Blechstöße untereinander (ebenso wie bei Weyrauch) eindeutig bestimmt sind, andererseits die Lage der Laschenenden nur durch die zu äußerst gelegenen Blechstöße bedingt ist und nicht, wie bei Weyrauch, auch die übrigen gestoßenen Bleche zu berücksichtigen sind, und ist schließlich auch deshalb einfacher, weil wegen der gleichen Länge und Lage der Laschen bloß eine Länge berechnet werden muß.

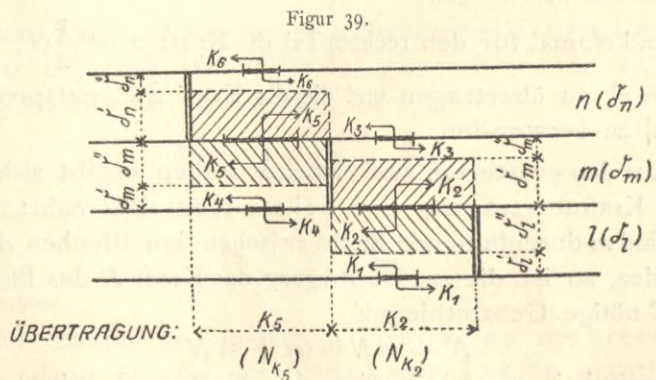
Die geringe Länge der Neumann'schen Stoßverbindung ermöglicht auch dort noch praktisch deren genaue Durchbildung, wo die zu große Länge des Weyrauch'schen Stoßes zum Nachteile einer einheitlichen Konstruktion manchmal dazu zwingt, von den Regeln abzuweichen.

Wegen der großen Wichtigkeit der Stoßverbindungen und der Anschlüsse wurden die Berechnungen derselben in Tabellen zusammengestellt.

Beispielsweise sollen in den Ausweisen (Zusammenstellung Nr. 4 bis 6) die Berechnung der Stoßverbindungen und Anschlüsse einiger Stäbe des Trogträgers (dieselben, die bereits in den Zusammenstellungen Nr. 2 und 3 angeführt sind) gezeigt werden.

Die in diesen Zusammenstellungen angeführte wirksame Leibungsdicke wird nach G. Kapsch *) auf folgende Weise ermittelt.

Sind die auf einer Seite des Blechstoßes m (Textfigur 39) in gleicher Richtung wirkenden Kräfte K_2 und K_3 und die ihnen



*) «Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereines zu Hannover», Jahrg. 1904, Heft 4.

Die Wahl gerade dieses Troges ist durch dessen Entleerungsvorrichtung und durch das im Anschlusse daran die ganze Breite des Vorlandes durchziehende, muldenförmige Abflußgerinne bedingt. (Fig. 34 und 35, Taf. Nr. 8.)

Folgende einfache Überlegung mußte zu diesem eindeutigen Schlusse führen: Will man vermeiden, daß Flußsohle und Einbauten sowie überhaupt die Abflußverhältnisse ungünstig beein-

flußt werden, dann ist die Anordnung der Kaskade und des Abflußgerinnes unterhalb der Kanalbrücke von vornherein außer Frage. Dies einmal festgestellt, ist es aber auch schon selbstverständlich, den der Abflußvorrichtung näher gelegenen Trog zuerst zur Ausführung zu bringen und dadurch nicht nur eine übergroße Länge des 90 cm weiten Abflußrohres, sondern auch alle übrigen, recht kostspieligen Einrichtungen

Zusammenstellung Nr. 6.

Bezeichnung:	Strebe: $M_1 - 7$		Strebe: $M_1 - 7$		Strebe: $M_1 - 7$	
	Anschluß der Stahlele: $2 \times \frac{360}{12}$; je $2 \times \frac{90}{12} + 1 \times \frac{180}{12}$	Anschluß der Winkel: $2 \times \frac{100,100}{12}$	Anschluß der Stahlele: $2 \times \frac{360}{12}$	Anschluß der Winkel: $2 \times \frac{100,100}{12}$	Anschluß der Stahlele: $2 \times \frac{360}{12}$	Anschluß der Winkel: $2 \times \frac{100,100}{12}$
Anzuschließende Stabteile und deren Zerlegung in Streifen:						
Streifen:	$\frac{90}{12}$	$\frac{180}{12}$	$\frac{360}{12}$	$\frac{100,100}{12}$	$\frac{360}{12}$	$\frac{100,100}{12}$
Volle Fläche $F: cm^2$	$10,80 [2,4 \times 1,2]$	$21,60 [2 \times 2,4 \times 1,2]$	$43,20 (5,26)$	$11,28$	$11,28 (1,38)$	$19,20 (2,34)$
Anzuschließende Fläche $F_n: cm^2$	7,92	15,84	37,94	9,72	9,90	16,86
Anordnung der Stöße:						
Zu übertragende Kraft: kg	$3 \times 2,97 = 8,91$	$2 \times 7,92 = 15,84$	$3 \times 14,20 = 42,60$	$9,72 \times 5$	$9,90 \times 5$	$16,86 \times 5$
Erforderliche Nietscherfläche: cm^2	8,91	15,84	42,60	14,58	14,85	25,30
Nietscherfläche: cm^2	$\frac{2}{24}$	$\frac{4}{24}$	$\frac{8}{24}$	$\frac{3}{24}$	$\frac{3}{24}$	$\frac{6}{24}$
Beanspruchung auf Abscheren: kg/cm^2	870	788	903	824	842	842
Erforderliche Leihungsfläche: cm^2	$3 \times 1,22 = 3,66$	$2 \times 3,24 = 6,48$	$3 \times 5,81 = 17,43$	15,93	15,93	27,15
Vorhandene Leihungsfläche: cm^2	$2 \times 2,4 \times 0,9 = 4,32$	$4 \times 2,4 \times 0,8 = 7,68$	$8 \times 2,6 \times 0,9 = 18,72$	15,93	15,93	27,15
Beanspruchung auf Leihung: kg/cm^2	1870	1855	2050	1593	1593	2715
Erforderliche Deckung: cm^2	$a \dots \frac{1}{4} \times 7,92 = 3,96$	$i \dots \frac{2}{3} \times 15,84 = 10,56$	$a \dots \frac{2}{4} \times 37,94 = 18,96$			
Vorhandene Deckung: cm^2	$a \dots \frac{1}{9} \dots 7,92 = 2,4 \times 0,9 = 5,76$	$i \dots \frac{1}{10} \dots 16,00 = 2 \times 2,4 \times 1,0 = 11,20$	$a \dots \frac{3}{9} \dots 30,06 = 1,50 = 28,56$			

Anmerkung: *) Die abstehenden Schenkel der Winkelisen sind bei sämtlichen Streben mittels Hillswinkel angeschlossen; die auf die Verbindungsrieten derselben bezüglichen Werte sind in Klammern [] gesetzt.

zu vermeiden, die sich infolge der Zugänglichmachung dieses langen Rohres und der damit verbundenen Verstärkung des Widerlagers als notwendig ergeben müßten.

Die Entleerung des später auszuführenden zweiten Troges kann einfach durch ein etwa 30 cm weites, besonderes Rohr besorgt werden, das vorteilhaft auf kleinen Konsolen längs der Vorderwand der Trogabslußmauer in die Kaskade zu führen wäre.

Hinsichtlich der baulichen Ausgestaltung der Pfeiler haben Gründe statischer und bauökonomischer Natur nach

einer Überlegung dazu geführt, an Stelle von vier Tragpfeilern in der für eine zweischiffige Kanalbrücke erforderlichen Länge ebenso viele Pfeilergruppen treten zu lassen, deren jede vorläufig aus zwei, bei der späteren, zweischiffigen Kanalbrücke aus drei einzelnen — auch im Fundamente — vollkommen getrennt von einander aufgeführten Pfeilern besteht.

Jede andere der drei noch möglichen Lösungen: — 1. Ausgestaltung der Pfeiler durchgehends in den einer zweischiffigen Anlage entsprechenden Längen, 2. Unterteilung des Funda-

menten, Vollaumauerung der Pfeilerschäfte und Verbindung der Fundamente durch Sparbögen und endlich 3. Aufsetzen der getrennt aufgeführten Pfeilerschäfte auf eine gemeinschaftliche Fundamentplatte — hätte Nachteile der eingangs erwähnten Art im Gefolge gehabt.

In bautechnischer Hinsicht hätte sich im 1. und 3. Falle die unabwiesbare Notwendigkeit ergeben, der bis zur Ausführung des zweiten Troges stark exzentrischen Beanspruchung der Pfeiler durch eine entsprechende Verstärkung derselben zu begegnen; in bauökonomischer Hinsicht aber wirken alle drei letztgenannten Lösungsarten besonders ungünstig durch die ganz bedeutenden Mauerwerksmassen, die jetzt bei der Ausführung der getrennt stehenden Pfeiler infolge der ausgedehnten Unterbrechungen in Wegfall kommen.

Neben der Vermeidung der besprochenen Mängel kann diese Anordnung der Pfeiler gegenüber jeder anderen Lösung als ganz wesentliche Vorzüge geltend machen, daß eine doch leicht mögliche, ungleiche Setzung der einzelnen Pfeiler ohne Bedeutung bleibt, und daß vorläufig ganz entsprechend der späteren Vervollständigung des eisernen Tragwerkes bloß die zwei Pfeiler einer jeden Gruppe zur Ausführung zu kommen brauchen, die zur Auflagerung des flußabwärts gelegenen Troges dienen.

Nach dem gleichen Grundsatz der gesonderten Aufmauerung wird auch bei den Landwiderlagern vorgegangen:

Es trennt eine durchlaufende, vertikale Fuge das Mauerwerk beider Landpfeiler in deren ganzen Breite von der anliegenden Troganschlußmauer und es sind die Fundamente des linken Widerlagers gesondert aufgeführt und erst oberhalb des Terrains durch Sparbögen miteinander verbunden. (Fig. 40, 42, 44, Taf. Nr. 9 und Fig. 55, 59 und 60, Taf. Nr. 10.)

Auch bei der Durchbildung des Anschlusses der Eisenkonstruktion an den Vorhafen der Kanalbrücke ist auf die ungleiche Setzung der Landpfeiler und des Anschlußmauerwerkes gebührend Rücksicht genommen.

Es seien nunmehr die Gesichtspunkte erörtert, unter welchen der Anschluß der eigentlichen Kanalbrücke an den Schiffahrtskanal gestaltet und demgemäß das Bauprogramm aufgestellt ist.

Die Mitte der Treppelwege sowohl der provisorischen einschiffigen, wie auch der künftigen zweischiffigen Kanalbrücke sind bereits durch die Projektierung des eisernen Tragwerkes festgelegt. Das gleiche gilt von den Treppelwegen zu beiden Seiten der zweischiffigen Vorhäfen, sobald deren Sohlenbreite mit 22,4 m bestimmt ist.

Die aus der Zeichnung (Fig. 34 und 35, Taf. Nr. 8) ersichtliche Führung der Treppelwege im Vorhafen und zwar sowohl bei der provisorischen als auch bei der künftigen Anlage hat sich nun aus den Bedingungen ergeben, daß

1. die den Treppelweg gegen den Kanal zu abgrenzenden Mauerflügel möglichst billig, also schon wegen der teuren Bleidichtung so kurz hergestellt werden sollen, als dies mit Rücksicht auf die unbehinderte Aus- und Einfahrt der Schiffe zulässig ist, und

2. aus der Forderung, daß beide Landpfeiler schon für die erste Anlage so auszuführen sind, daß bei der späteren Aufstellung des zweiten Troges jedwede Fundierungsarbeit entfällt.

Der ersten, aus ökonomischen Gründen erhobenen Forderung wird durch die Wahl eines möglichst kleinen Krümmungsradius entsprochen. Das im vorliegenden Projekte mit 25,0 m angenommene Maß kann nach den Ergebnissen der Praxis als die unterste zulässige Grenze gelten.

Möglichst lange, gerade Übergänge — nach mannigfachen zeichnerischen Versuchen haben sich hier die Maße von 40 m beziehungsweise 70 m mit Rücksicht auf die Länge der Flügel als die günstigsten ergeben — können die Mängel wieder beheben, die infolge einer immerhin scharfen Krümmung hinsichtlich eines glatten Schiffszuges entstehen müßten. (Fig. 34 und 35, Taf. Nr. 8.)

Die zweite der vorhin genannten Forderungen mußte erhoben werden, weil eine nachträgliche Ergänzung der Landpfeilerfundamente zunächst einmal eine Gefährdung der bereits bestehenden und schwer belasteten Teile durch Unterwaschungen und Setzungen befürchten ließe, und dann auch schon deshalb, weil diese nachträgliche Bauarbeit eine teilweise Abgrabung der stromaufwärtigen Dammböschung bedingte und somit ohne Unterbrechung des Kanalverkehrs nur mit Hilfe eines kostspieligen, hölzernen Nottreppelweges möglich wäre.

Allerdings müßten sich bei einem Arbeitsvorgange, der die nachträgliche Ausgestaltung der einschiffigen Kanalbrücke zu einer zweischiffigen unter völliger Aufrechterhaltung des Kanalbetriebes und ohne kostspielige Dammbstützungen und Wasserhaltungen ermöglichen soll, auch Nachteile ergeben. Diese sind aber im vorliegenden Falle sehr unwesentlich. Das breite, stromaufwärtige Plateau der einstweiligen Anlage bedeutet wohl einen Mehraufwand; aber abgesehen davon, daß es auch als Lagerplatz verwendet werden kann, bietet es den überwiegenden Vorteil, daß die stromaufwärtige Dammböschung bereits vom Anbeginn fertiggestellt ist.

Aber auch die Mehrkosten für die Stirnmauer, die vorläufig nur zur Abstützung dieses Plateaus dient und später, bei der Aufstellung des zweiten Troges, dem Anschlußmauerwerk Platz machen soll, sind zu unwesentlich, als daß man darum die bedeutenden Vorteile vermissen möchte, welche der später noch eingehender geschilderte Arbeitsvorgang zu bieten vermag.

Für die Wahl der Fundierungsart — bei den Mittelpfeilern sowohl, als auch bei den Landwiderlagern — sind die Untergrundverhältnisse maßgebend. Ein nach Probebohrungen hergestelltes, geologisches Längenprofil ergibt als tragfähigen Boden eine mächtige, bis zu ihrer Lagerfläche gar nicht erbohrte Tegelschicht, die bei dem rechten Widerlager etwa 1,5 m bis 2,0 m unter der Flußsohle ansteht und von hier gegen das linke Widerlager etwa auf 4,0 m unter den Horizont der Flußsohle fällt. Auf der Tegelschicht lagert Flußschotter.

Mit Rücksicht darauf, daß bei einer durchgehenden, eisernen Tragkonstruktion eine gleichmäßige Setzung der Auflager als ein Hauptfordernis gelten muß, wurden sämtliche Mauerwerksfundamente — ausgenommen bei dem Flügel des linken Widerlagers — auf den tragfähigen Tegel gestellt. (Fig. 36 und 37, Taf. Nr. 9.)

Die geringe Tiefenlage des tragfähigen und wasserundurchlässigen Bodens einerseits, andererseits die günstige Lage der Pfeiler abseits vom Strombett lassen die pneumatische Fundierung nicht als Notwendigkeit und die Anwendung von Spundwänden hinreichend sicher erscheinen. Die Baugrube kann dann den günstigen Verhältnissen entsprechend vollkommen trocken gelegt und der Fundamentbeton im Trockenen eingebracht werden. Für die Rammtiefe der Spundwände beziehungsweise für die Grenze des Trockenaushubes ist neben der Tiefenlage des Tegels auch die Situierung der Fundamente hinsichtlich des Skawafusses bestimmend.

Die Abdichtung der Kanalbrücke. Der eiserne Trog ist — wie bereits geschildert — vollkommen dicht herstellbar.

In diesem Teile des Berichtes soll nun erörtert werden, in welcher Weise eine einheitliche und lückenlose Abdichtung einmal der Dämme der Vorhäfen und deren dem Aquäduktrog sich nähernden Übergangsstücke erfolgen soll, und weiters, welche Vorkehrungen geplant sind, einen wasserdichten Anschluß dieses letztgenannten Bauteiles an die Eisenkonstruktion des Troges zu verbürgen.

Innerhalb der parallel zur Kanalachse laufenden Strecke bietet die Abdichtung der Hafendamböschung keine Schwierigkeit; sie wird gleichartig derjenigen der laufenden Kanalstrecke, also einfach und zuverlässig durch eine 70 cm über Niederwasser reichende Tegelschale besorgt, die der Dammböschung und der Kanalsole entsprechend gestaltet ist. (Fig. 64, Taf. Nr. 10.)

In den gegen den Trog zu konvergierenden Übergangsstücken ist dieser Grundsatz der Abdichtung durch eine Tegelschale wohl beibehalten. Die Formgebung muß aber eine wesentlich andere sein mit Rücksicht darauf, daß die Böschungen

immer steiler würden, je näher die Treppelwegachsen zusammenrückten, und daß immer stärker geneigte, vom Wasser bespülte Rutschflächen entstehen müßten, auf denen das Deckmaterial kaum zu halten wäre. Es ist deshalb für die Übergangsdämme von der Weiterführung einer wie immer geneigten Tegelplatte abgesehen worden und an deren Stelle ein vertikaler Tegelkern angeordnet, der die Übergangsdämme ihrer ganzen Länge nach immer senkrecht unterhalb der Treppelwegachse durchzieht. (Fig. 65 u. 66, Taf. Nr. 10.) Die Verbindung dieses Tegelkoffers mit dem flachgeneigten Schalenstücke der Hafendammböschung wird einheitlich und lückenlos durch einen gleichfalls vertikalen, aber normal zur Kanalachse gerichteten Tegelkern in der aus der Zeichnung ersichtlichen Weise hergestellt. (Fig. 38, Taf. Nr. 9.)

Die horizontale, überall gleichstarke Tegelsohle findet natürlich ununterbrochen wasserdichten Anschluß an den seitlichen Tegelabgrenzungen.

Als Bindeglied zwischen diesem wasserdichten Tegelbecken einerseits und dem ebenso wasserdichten Aquäduktrog andererseits ist nun das Anschluß- und Flügelmauerwerk eingeschaltet. Es ist wohl nicht nötig, eingehender auf die bekannte Tatsache zurückzukommen, daß dieser Mauerwerkskörper, ebensowenig wie jeder andere, als solcher vollkommen dicht hergestellt werden kann und daß besondere Vorkehrungen getroffen werden müssen, die dieses Verbindungsstück und dessen Anschlüsse an den Trog und an die Tegelschale vollkommen einwandfrei abzudichten vermögen.

Zur Abdeckung der Mauerflächen ist Blei gewählt worden, das sich bisher als dauerhafter und zuverlässiger erwies, wie alle übrigen Materialien. Mit Rücksicht auf die Einflüsse der Temperatur war dem eisernen Troge zunächst eine gewisse Beweglichkeit zu sichern. Dies wurde erreicht, indem man auf das Trogabschlußmauerwerk einen 2,1 m langen, mit dem eigentlichen Troge nur durch eine entsprechende Dilatationsvorrichtung verbundenen Trogring aufsetzte, der im überkragenden Teile durch eiserne Konsolen, an allen anderen Stellen aber durch das Mauerwerk gestützt ist. (Fig. 69, Taf. Nr. 11.) — Die Sohle dieses Trogringes wird nun am kanalseitigen Ende der Anschlußmauer unter einem rechten Winkel abgebogen und als völlig wasserdichter Stirnabschluß der Mauer bis in einen in den Sohlenquadern senkrecht zur Kanalachse verlaufenden Falz geführt. Erst dort wird der wasserdichte Anschluß des verlängerten Trogbodens an das horizontal zwischen zwei Quaderschichten auf der Kote 228^o lagernde Sohlenblei bewerkstelligt. Die Einbindung des letzteren in die Tegelsohle des Vorhafens geschieht dann unmittelbar hinter der 4,0 m breiten Trogabschlußmauer.

Ebenso lückenlos wie der beschriebene Übergang der Sohle wird nun jener der seitlichen Abgrenzung des eisernen Troges zu der des Vorhafens gestaltet und hier wie dort auf die Wahrung der gebotenen Beweglichkeit Rücksicht genommen. Die Seitenwände des vorerwähnten 2,1 m langen Trogringes werden um 2,5 m verlängert und mittels vertikaler Winkel wasserdicht an eine Bleitafel angeschlossen, die an ihrem oberen Rande, 0,7 m über dem Wasserspiegel, durch Einklemmen zwischen zwei horizontalen, von \square Eisen getragenen Winkeln befestigt ist. (Fig. 52, Taf. Nr. 9.)

Diese Bleitafel wird nun ihrer Aufgabe, die Flügelmauer in ihrer ganzen Ausdehnung gegen den Angriff des Kanalwassers zu schützen, durch folgende, aus dem Detail auf Taf. Nr. 39, Fig. 52, ersichtliche Anordnung gerecht: 1 m unter der Kanalsohle ist auf einem 30 cm breiten Absatz der Flügelmauer ein mit den Flanschen nach aufwärts gerichtetes \square Eisen horizontal gelagert. Die vorerwähnte, an der Mauerflucht herabhängende Bleiplatte folgt nun, durch eine bloß aufgelegte, mit dem \square Eisen aber nicht verschraubte Holzschwelle niedergehalten, den inneren Umrissen dieses \square Eisens, ehe sie in den sohlen dichtenden Tegel einschneidet. Derart bis zur Stirne der Flügelmauer und weiter noch um diese und um die 1 m breite, gerade Aufmauerung des Flügelmauerkopfes immer rechtwinklig herumgeführt, bindet die Bleiplatte in den vertikalen Tegelkern ein, der seinerseits den bleiverkleideten Flügelkopf umfaßt. (Fig. 39, Taf. Nr. 9.)

Zum Schutze gegen etwaige äußere Angriffe ist der seitlichen Bleidichtung der Flügelmauer eine mit horizontalen Brettern verschaltete Holzwand vorgelegt und der Raum zwischen dieser und der Bleitafel mit Tegel satt ausgestampft. Die vertikalen Ständer dieser Holzwand sind in die bereits beschriebene, im \square Eisen liegende Schwelle eingezapft und durch zwei horizontale Querriegel steif miteinander verbunden. (Fig. 52, Taf. Nr. 9.)

Die Anordnung der Streifbäume zwischen je zwei kürzeren, vertikalen Ständern der Holzwand, ihre Befestigung an dem unteren Querriegel und an den in das Flügelmauerwerk eingelassenen \square Eisen und die Verbindung der Streifbäume durch einen gemeinschaftlichen, aufgekämmten Holm kann den entsprechenden Detailzeichnungen entnommen werden.

Zu erwähnen ist noch, daß die beschriebene Holzverkleidung bis an die Stirne der Flügelmauer, also noch in den Abschlußkegel hineinzuführen ist, damit eine Verletzung des Bleimantels durch das Schüttungsmaterial des Kegels unmöglich wird.

Eine sichere Einfahrt des Schiffes und dadurch auch der Schutz des von der Flügelmauer und dem Anschlußkegel gebildeten Winkels wird durch die Aufstellung von Duc d'Alben, allenfalls auch durch die Anordnung von Streichwänden erreicht.

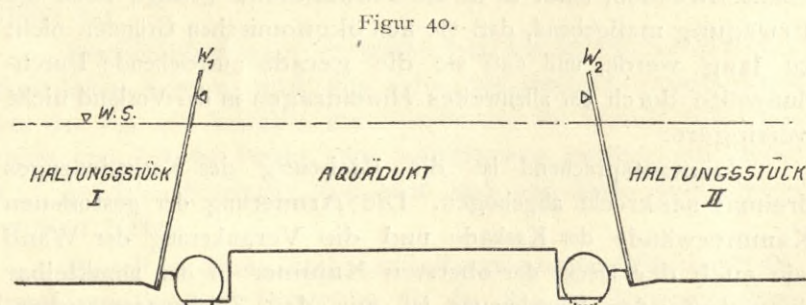
Nunmehr sollen die Einrichtungen vorgeführt werden, die der Entleerung der Haltung und der Kanalbrücke dienen.

Es kommen dabei drei Fälle in Betracht:

1. Daß die ganze 5,77 km lange Haltung trocken gelegt werden soll,
2. daß — bei einem Dammbroche etwa — nur eines der beiden durch die Kanalbrücke getrennten Haltungsstücke zu entleeren ist und endlich
3. der Fall, daß bloß das Wasser des Brückentroges allein Ausbesserungsarbeiten halber entfernt werden muß.

Die drei Möglichkeiten bedingen die Anlage einer Sperrvorrichtung an jedem Trogende. Die Entleerungsöffnungen sind dann zwischen denselben anzuordnen.

Die Art und Reihenfolge, in der nun diese Vorkehrungen in jedem der vorerwähnten drei Fälle anzuwenden sind, ist aus der schematischen Textfigur 40 ohneweiters ersichtlich.



Mit Rücksicht auf eine lückenlose Anbringung der Dichtungsplatten aus Blei kommt als billigste und einfachste Absperrvorrichtung bloß das Nadelwehr in Betracht. Jede andere Konstruktion, wie Stemmtore, Klapptore und vertikale Schützen, hat Unzukömmlichkeiten im Gefolge, die hier eben vermieden werden sollen.

Stemmtore und Klapptore würden durch die vertikalen beziehungsweise horizontalen Tornischen und durch die Lagerung der Drehachsen die Durchführung der Bleidichtung in der beschriebenen Weise sehr erschweren, teilweise sogar unmöglich machen. Ein vertikaler Schütz vermied zwar diese Mängel, bedürfte aber eines unschönen und kostspieligen, eisernen Aufzugerüstes.

Der Anschlag für den Nadelfuß wird durch dieselbe Quaderschicht des Troganschlußmauerwerks gebildet, die zum Schutze der horizontalen Bleieinlagen dient und die 1,10 m breite, die Sohle der Anschlußmauer als Fortsetzung des Abflußrohres durchziehende Querrinne formt. (Fig. 69, Taf. Nr. 11.)

Der untere Anschlag der Nadeln überragt die Kanalsohle um 20 cm. Durch Blechtafeln verschließbare Öffnungen, die stellenweise in dieser Quaderstufe angebracht sind, ermöglichen die Entleerung der Haltung bis auf die Kanalsohle.

Der den oberen Anschlag der Nadeln bildende Wehrsteg (Fig. 69, Taf. Nr. 11) wird im Bedarfsfalle auf einer im Schleusen-

vorhafen vertäuten Platte angefahren und, über der richtigen Stelle angelangt, mit Hilfe einer eigenen Hebevorrichtung auf die für ihn bestimmten Ausnehmungen herabgelassen.

Die nachfolgend beschriebene Entleerungsvorrichtung ist nun (s. S. 29) so bemessen, daß die ganze 5,77 km lange Haltung in $1\frac{1}{4}$ Tagen trocken gelegt werden kann. Nach den unter C auf Seite 29 durchgeführten Berechnungen stellt diese Entleerungsdauer die unterste, erreichbare Grenze dar, wenn man mit den Abmessungen der Entwässerungsrohre über die lichte Weite von 90 cm nicht hinausgehen will. Die ganze Kanalhaltung mit der Wasserspiegelkote 232,0 wird nun durch die Kanalbrücke in zwei so ungleiche Teile geteilt, daß der Gedanke nahe läge, beide Entleerungsrohre, sowohl das dem kürzeren als auch das dem längeren Haltungsstücke dienende, in das linke Widerlager zu verlegen und die rechtsseitige Entwässerungsanlage dadurch zu ersparen. Bei dieser Anordnung würde aber die Kanalsohle weit stärker angegriffen werden; auch müßten die Ausmaße der Kaskade und der Abflußrinne noch größer werden. Außerdem hätte dies erfordert, das zweite, dann notwendige, 90 cm weite Abflußrohr im stromaufwärtigen Teile des linken Widerlagers und zwar durch dessen ganze Länge in die gemeinschaftliche Kaskade zu führen.

Man hatte also keine andere Wahl als die, die Entleerung zu beiden Enden des Brückentrogges gesondert vorzunehmen.

Jede der zwei Entleerungsvorrichtungen besteht dem Wesen nach aus drei Teilen:

Aus dem Rohre mit dem Absperrschieber, der Kaskade und aus dem muldenförmigen Gerinne. (Fig. 68 und 69, Taf. Nr. 11, Fig. 40 bis 44, Taf. Nr. 9, Fig. 34 u. 35, Taf. Nr. 8.)

Das Rohr ist wasserdicht an die schon erwähnte, 2,5 m messende Verlängerung des 2,1 m langen Trogstückes angeschlossen und liegt seiner ganzen Länge nach frei zugänglich und gemeinschaftlich mit dem Absperrschieber in einer Kammer deren Abdeckung so beschaffen ist, daß sie leicht abmontiert und der Schieber unzerlegt herausgehoben werden kann. Die Betätigung des Schiebers geschieht vom Treppelwege aus.

Für die Formgebung und bauliche Ausgestaltung der Kaskade ist neben deren Hauptzweck, die Stoßkraft des Wassers abzuschwächen, bevor es in die Abflußmulde gelangt, noch die Erwägung maßgebend, daß sie aus ökonomischen Gründen nicht zu lang werde, und daß sie die gerade ausreichende Durchflußweite durch ein allzuweites Hineinragen in das Vorland nicht verringere.

Dementsprechend ist die Richtung des Kaskadenzuges dreimal senkrecht abgelenkt. Die Armierung der gestoßenen Kammerwände der Kaskade und die Verankerung der Wand wie auch der Decke der obersten Kammer in der unmittelbar daranstoßenden Flügelmauer ist aus den Zeichnungen zu ersehen.

Die das Vorland beider Ufer in ihrer ganzen Breite durchziehende Mulde ist so flach gehalten, daß sie die Abflußverhältnisse des Vorlandes nicht ungünstig zu beeinflussen vermag.

Der Schleusenvorhafen (rechtes Skawflußufer) soll sofort mit jener Basisbreite (27,0 m) ausgeführt werden, welche die künftige Doppelschleuse in km 102 erfordert.

Eine Erbreiterung der mit 22,4 m angenommenen Sohle des Aquäduktvorhafens (Fig. 34, Taf. Nr. 8) auf das gleiche Maß war mit Rücksicht auf die Eisenkonstruktion wie auch auf die bestehende hölzerne Straßenbrücke unzulässig.

Das über die Widerlager und deren einzelne Teile (Landpfeiler, Troganschlußmauer, definitive und provisorische Flügelmauern) im Verlaufe des Berichtes bereits Gesagte wäre zum leichteren Verständnis der Pläne noch durch eine kurze Schilderung des Arbeitsvorganges zu ergänzen, der die seinerzeitige Ausführung der künftigen Anlage (zwei Tröge) ohne Betriebsstörungen, ohne große Dammbstützungen und kostspielige Wasserhaltungen ermöglichen soll.

Von der Kote 227,1 ab ist vorerst bloß derjenige Teil der stromaufwärtigen Flügelmauer aufgeführt gedacht (siehe Schnitt R — S, Fig. 44, Taf. Nr. 9), der zur Abstützung der bereits definitiven, äußeren Dammböschung dient.

Zur Ausgestaltung der Anlage auf ihre künftige Form ist nun zunächst nötig, daß bis zu diesem Flügelmauerplateau

(Kote 227,1) abgegraben und hierauf der fehlende Teil des Flügels bis auf die Kote 233,2 aufgemauert werde. (Schnitt R' — S', Fig. 57, Taf. Nr. 10.)

Sowohl diese Änderung wie auch die unmittelbar darauffolgende Aufführung des definitiven Tegelkoffers kann unter dem Schutze der mittleren, provisorischen Flügelmauern und des dicht daranschließenden vertikalen Tegelkernes der einstweiligen Anlage vorgenommen werden.

Ebenfalls im Trockenem wird gleichzeitig die Tegelsohle bis an die vorerwähnte Flügelmauer herangeführt und wasserdicht an dieselbe angeschlossen.

Gleichzeitig kann auch das Abtragen der das Treppelwegplateau abstützenden Stirnmauer, die Montierung des zweiten Troges und endlich die ergänzende Aufmauerung der beiden Landwiderlager von ihren bereits bestehenden Fundamenten aus bis auf die jetzt nötige Höhe erfolgen.

Weitere Arbeiten, wie etwa das Abtragen des mittleren provisorischen Flügels, die Beseitigung der inneren Dammböschung und des provisorischen Tegelkernes, könnten während der nächsten, notwendig werdenden Kanalsperre vorgenommen werden. (Fig. 34, Taf. Nr. 8.)

Kurz vor der Wiederaufnahme des Kanalbetriebes ließen sich dann die Verbindung der Bleidichtungen beider Tröge, die Abdichtung der neu aufgeführten Flügel, die Aufführung der inneren Dammböschungen mit den zugehörigen Kegeln und endlich das Legen des Oberbaues für die Treidelbahn leicht bewerkstelligen. (Fig. 35, Taf. Nr. 8.)

Hinsichtlich der Ausführung des Mauerwerkes wäre noch zu erwähnen, daß nach dem vorliegenden Projekte ausschließlich Beton und Quader zur Verwendung gelangen sollen.

Allenfalls wäre zur Verkleidung des aufgehenden Mauerwerkes die Verwendung von Bruchstein oder Zementkunststein in Erwägung zu ziehen.

Die Stellen, an denen eine Pflasterung nötig ist, sind in den Projektplänen ersichtlich.

In Kürze sei noch einiges bezüglich des Treppelweganschlusses an den Trog und bezüglich der geplanten Treidelbahn bemerkt.

Die Dilatation des Treppelweges wird dadurch ermöglicht, daß am Obergurte eines auf drei Lagerplatten verschieblichen, vernieteten Trägers, der den Abschluß der Treppelwegtafel bildet, ein Riffelblech befestigt ist, das auf einer mit Eisenblech armierten Holzschwelle zu gleiten vermag. (Fig. 68, Taf. Nr. 11.)

Die für die Traktion in Aussicht genommenen elektrischen Lokomotiven haben eine Spurweite von 1,00 m. Die Stromzufuhr soll mittels Oberleitung besorgt werden.

Im Anschluß an diesen Teil des Berichtes soll nun die Berechnungsweise der einzelnen Bauteile besprochen werden und zwar nur insoweit, als sie nicht ohnedies als allgemein bekannt vorausgesetzt werden darf.

B. Die Berechnung der Mittelpfeiler.

Die Gliederung der Pfeiler ist möglichst einfach; die Grundform bildet ein Rechteck mit anschließenden, halbkreisförmigen Vorköpfen. Der Mantel des Pfeilerschaftes erhält keinen Anzug. Die Verteilung der Pfeilermassen ist nach mannigfachen Versuchen derart erfolgt, daß die Resultierende der Außenkräfte (Auflagerdrücke des Trog- und Treppelwegträgers und Eigengewicht des Pfeilers) nahezu durch die Mitte des Pfeilerquerschnittes geht.

Bei der Berechnung der durchwegs gleich dimensionierten Pfeiler ist nun zu unterscheiden, ob der Pfeiler durch einen oder durch zwei Tröge belastet wird. Der erstere Belastungsfall ist infolge der starken Exzentrizität des auf den Pfeiler ausgeübten Druckes der weitaus ungünstigere.

Zur Ermittlung der größten spezifischen Pressungen ist hier das zeichnerische Verfahren angewendet worden, das auf der Gleichung der Spannungsebene

$$\sigma = \frac{P}{F} \left(1 + \frac{u}{i_x^2} x + \frac{v}{i_y^2} y \right)$$

beruht.

Es bedeuten darin x und y die Koordinaten der Flächenelemente des Pfeilerquerschnittes F , bezogen auf ein Achsen-

system, dessen Ursprung im Schwerpunkte des Querschnittes liegt, σ die spezifische Pressung, welche in der Richtung der x -Achse, normal zur Querschnittsebene zu messen ist, u und v die Koordinaten des Angriffspunktes der aus den drei genannten Außenkräften resultierenden Kraft P und endlich i_x und i_y die Hauptträgheitshalbmesser des Pfeilerquerschnittes.

Für $\sigma = 0$ geht die Gleichung der Spannungsebene in diejenige der Nulllinie

$$y = -\frac{i_y^2}{i_x^2} \frac{u}{v} \cdot x - \frac{i_y^2}{v}$$

über.

Nachdem die Kraftlinie, wie bereits erwähnt, die Pfeilerachse im Schwerpunkte der Querschnittsfläche schneidet, so behält das Verhältnis $\frac{u}{v}$ immer denselben Wert.

Da auch i_x und i_y unveränderlich sind, verlaufen die Nulllinien aller acht Pfeiler zueinander parallel, und zwar um den veränderlichen Summanden $\frac{i_y^2}{v}$ gegeneinander verschoben.

Die Spannungsverteilung an irgend einer Stelle des Pfeilerquerschnittes vermag man dann ohneweiters mit Hilfe jener in die Querschnittsebene umgelegten Geraden abzulesen, nach der die Spannungsebene von der an der betreffenden Stelle normal zur Nulllinie und zum Querschnitt gelegten Ebene geschnitten wird.

Bloß die Aufstand- und die Fundamentflächen sind auf ihre größte Pressung hin untersucht worden.

Als zulässig gelten im vorliegenden Falle für Kantenpressungen im Beton 30 kg/cm^2 , für Bodenpressungen 5 kg/cm^2 . Zugspannungen sind ausgeschlossen.

Bei der Berechnung des linksseitigen Landpfeilers ist außer den schon bekannten Außenkräften auch noch der Gewölbeschub des die Fundamente verbindenden Sparbogens zu beachten.

Der statischen Untersuchung der Flügelmauer ist der von allen möglichen Fällen ungünstigste Belastungsfall zugrunde gelegt. Die Haltung sei bis zur Kote 232.2 gefüllt und die Dammschüttung hinter der Mauer durch Menschengedränge und durch eine anfahrende Treidellokomotive belastet.

Letztere übt dann nach der Wasserseite zu in der Höhe der Mauerkrone einen Horizontalzug von $0.4 t$ aus. Die Wahl der Profilform ist bedingt durch die Forderung, daß die Innenwand der Flügelmauer vertikal sein muß.

C. Die Entleerungsvorrichtung.

Bei der Berechnung des Zeitraumes, innerhalb dessen die zwei 0.90 m weiten Abflußrohre die Wassermengen des ihnen zugehörigen Haltungsstückes abzuführen vermögen, sind mit Rücksicht darauf, daß der von der Kote 232.2 absinkende Wasserspiegel in der Kote 229.45 den Rohrscheitel erreicht, zwei Phasen zu unterscheiden: 1. der Ausfluß aus vollem und 2. aus dem partiellen Querschnitt des Rohres. (Fig. 69, Taf. Nr. 11.)

Für die Zeit, während welcher der Wasserspiegel eines 1 m langen Kanalstückes von der Kote 232.2 auf die Kote 229.45 sinkt, ergibt sich aus der bekannten Formel für die Entleerungsdauer ein Wert von 31.2 sec .

Zur Entfernung der noch übrigen Wassermenge des 1 m langen Haltungsstückes werden nach einer Näherungsrechnung (die vorhandene Druckhöhe ist entsprechend zu unterteilen) 7.3 sec . benötigt.

Es bedarf also einer Zeit von rund $\frac{38.5 \text{ sec}}{2}$, um ein 1 m langes Kanalstück bei der Anordnung von zwei 0.9 m weiten Rohren vollständig trocken zu legen.

Die Kanalstrecke zwischen der Schleuse in $\text{km } 88.82$ und jener in $\text{km } 101.97$ (das sind also 13.15 km) kann nur in den Skawafuß entleert werden. Dazu wären somit bei der Benützung der zwei Abflußrohre der Kanalbrücke

$\frac{38.5 \cdot 13150}{2 \cdot 3600}$ Stunden oder rund 3 Tage erforderlich, ein Zeitraum, der mit Rücksicht darauf, daß man eine so lange Kanalstrecke nur während der Kanalsperre entleeren wird, als hinreichend kurz bezeichnet werden kann.

Hinsichtlich jener 5.77 km langen Haltung, in deren Bereich die Kanalbrücke zu liegen kommt, ergibt sich für die Entleerungsvorrichtung eine durch die Entleerungsdauer ausgedrückte Leistungsfähigkeit von $\frac{38.5 \cdot 5770}{2 \cdot 3600}$ Stunden oder rund $1\frac{1}{4}$ Tagen.

Die Unterteilung der Haltung durch die zwei Nadelwehre würde jedoch sicher die Möglichkeit bieten, die Entleerungszeit auf 1 Tag zu ermäßigen.

Eine der vorigen gleichartige Berechnung ergibt, daß zwei 30 cm weite Abflußrohre das Wasser des künftigen zweiten Troges in rund 1 Stunde abzuführen vermögen.

Für die Dimensionen der den Abflußrohren gegenüberliegenden Wand der obersten Kaskadenkammer ist der Stoß des aus dem Rohre herausströmenden Wassers maßgebend. Die Größe dieses ausgeübten Stoßes ist gleich dem Gewichte einer Wassersäule, die den Querschnitt des Wasserstrahles ($d = 0.9 \text{ m}$) zur Grundfläche und die doppelte Geschwindigkeitshöhe zur Höhe hat.

Die Sohlenbreite im Vorhafen hat sich mit 22.4 m aus den Annahmen ergeben, daß das 1.8 m tief tauchende $600 t$ -Schiff bei der Ein- und Ausfahrt die Streifbäume der Kanalbrücke berühre und daß der Punkt des Schiffsbodens, welcher der unter $1:1$ geneigten Böschung zunächst liegt, von dieser noch 0.5 m entfernt bleibe.

Es soll an dieser Stelle mit Vergnügen der Mitarbeit der Ingenieure der k. k. Direktion für den Bau der Wasserstraßen Ivan Arnovjević, Anton Wachauer und Norbert Wittmann gedacht werden, die in ihren selbständigen Arbeitsbeiträgen zum eisenkonstruktiven Teil und ihren wertvollen Anregungen eine umfassende Sachkenntnis bekundet haben.

Mitgeteilt von den Ingenieuren der k. k. Direktion für den Bau der Wasserstraßen in Wien, k. k. Bauoberkommissär Dr. Fritz Postuvanschitz und k. k. Baukommissär Richard Kröpfl.

Fig. 1. und 2. — Allgemeine Anordnung.

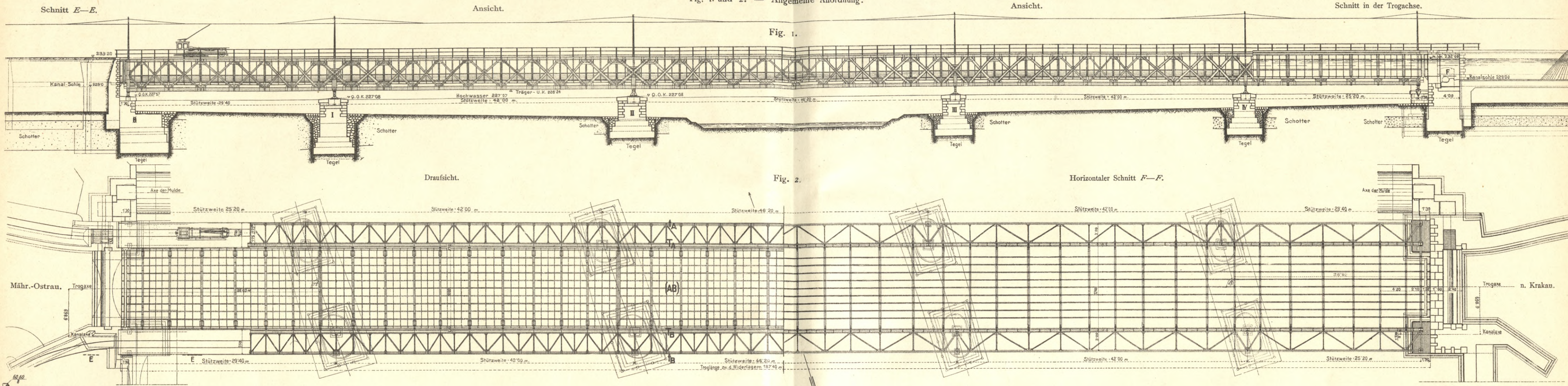
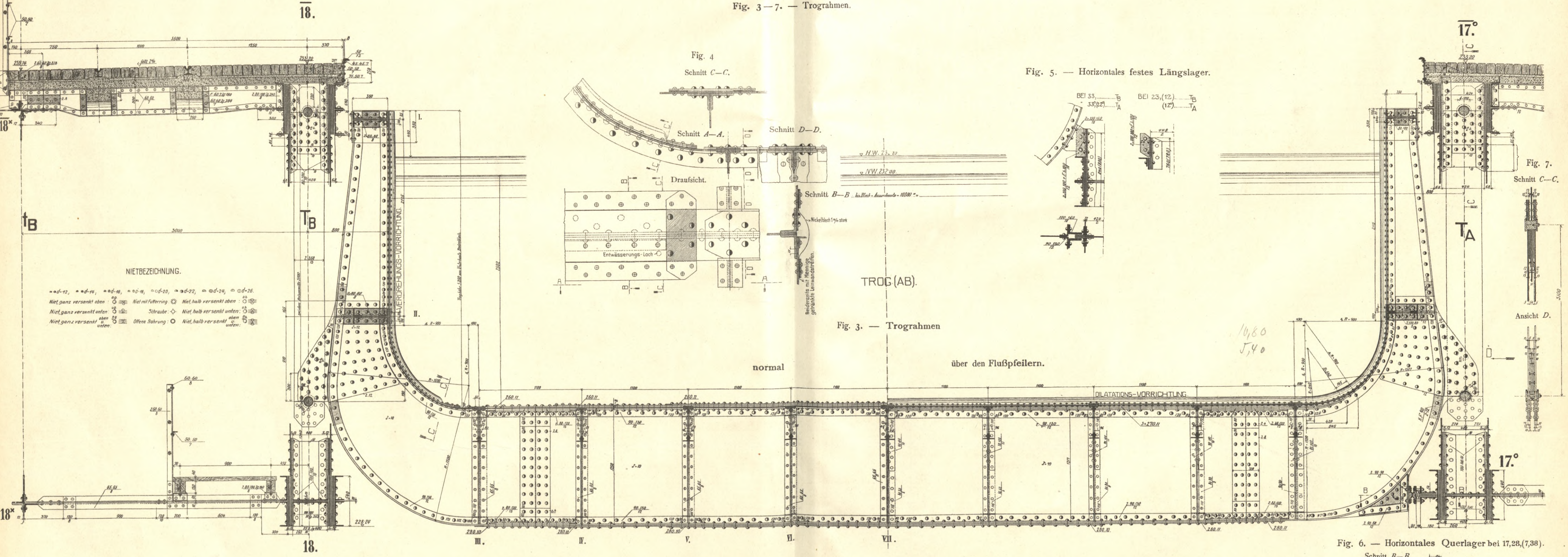


Fig. 3 — 7. — Trograhmen.



NIETBEZEICHNUNG.

••••• Niet ganz versenkt oben
 ••••• Niet mit Fütterung
 ••••• Niet halb versenkt oben
 ••••• Niet ganz versenkt unten
 ••••• Schraube
 ••••• Niet halb versenkt unten
 ••••• Niet ganz versenkt unten
 ••••• Offene Bohrung
 ••••• Niet halb versenkt unten

Maßstab zu Fig. 1 und 2. 1 : 400. Maßstab zu Fig. 3, 5—7. 1 : 30. Maßstab zu Fig. 4. 1 : 15.

PROJEKT EINER EISERNEN KANALBRÜCKE ÜBER DEN SKAWAFLUSS.

Mittheilung von den Ingenieuren der k. k. Direktion für den Bau der Wasserstraßen in Wien, k. k. Bauoberkommissär Dr. Fritz Postuvanschtz und k. k. Baukommissär Richard Kröpfl.

Fig. 8. — Trogträger.

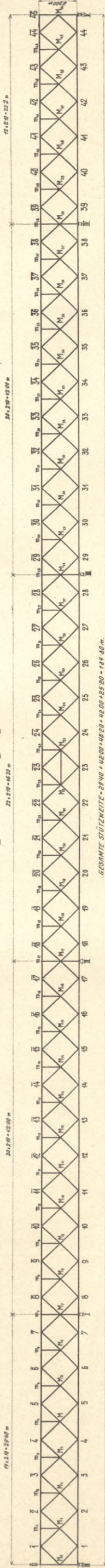


Fig. 9. — Treppelwegträger.

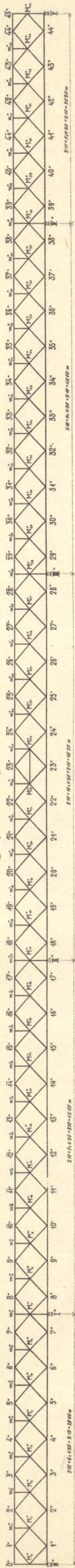


Fig. 10. — Oberer Verband (einstweilige Anlage).

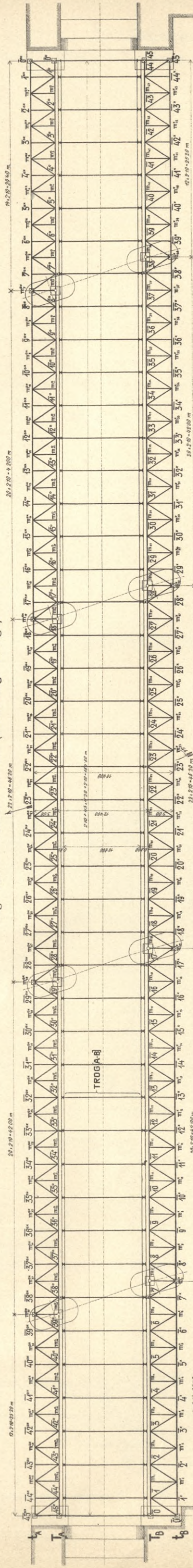


Fig. 11. — Unterer Verband (künftige Anlage).

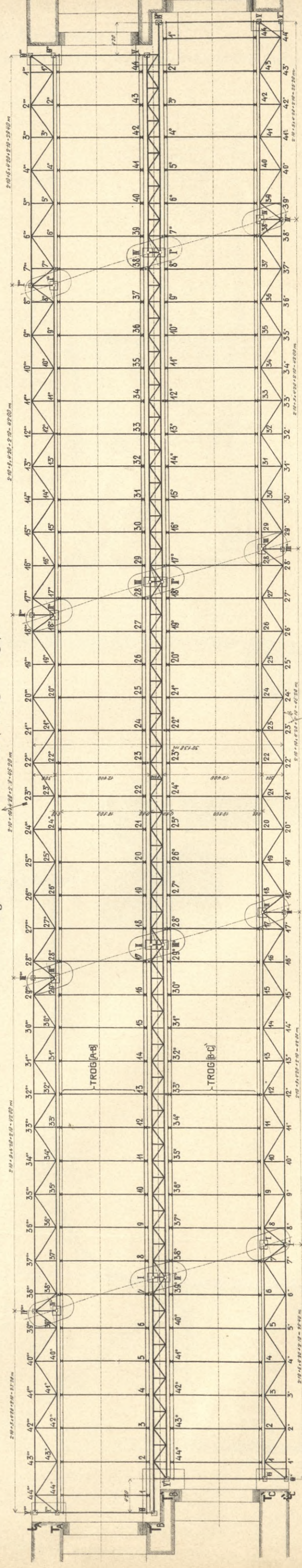
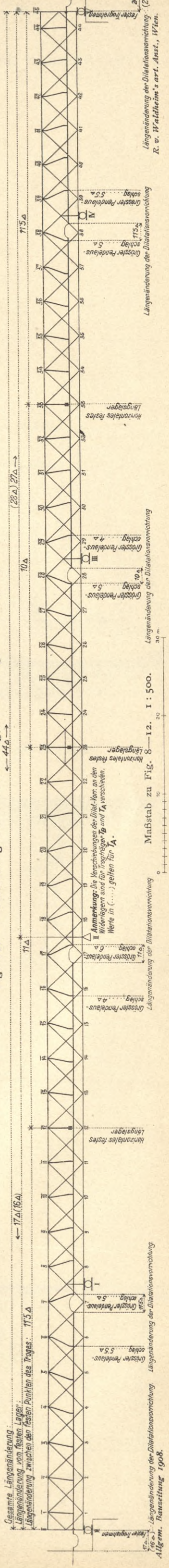


Fig. 12. — Darstellung der Verschiebungen von Trog und Trogträger.



Längenänderung der Dilatationsvorrichtung (28a)
R. v. Waldkirch's art. Anst., Wien.

Längenänderung der Dilatationsvorrichtung
Längslager

Längenänderung der Dilatationsvorrichtung
Längslager

Längenänderung der Dilatationsvorrichtung
Längslager

Längenänderung der Dilatationsvorrichtung
Längslager

Algem. Bauteilung 1908.

Mitgeteilt von den Ingenieuren der
k. k. Direktion für den Bau der Wasserstraßen in Wien, k. k. Bauoberkommissär Dr. Fritz Postuvanschitz und k. k. Baukommissär Richard Kröpfl.

Fig. 13. — Querschnitt.

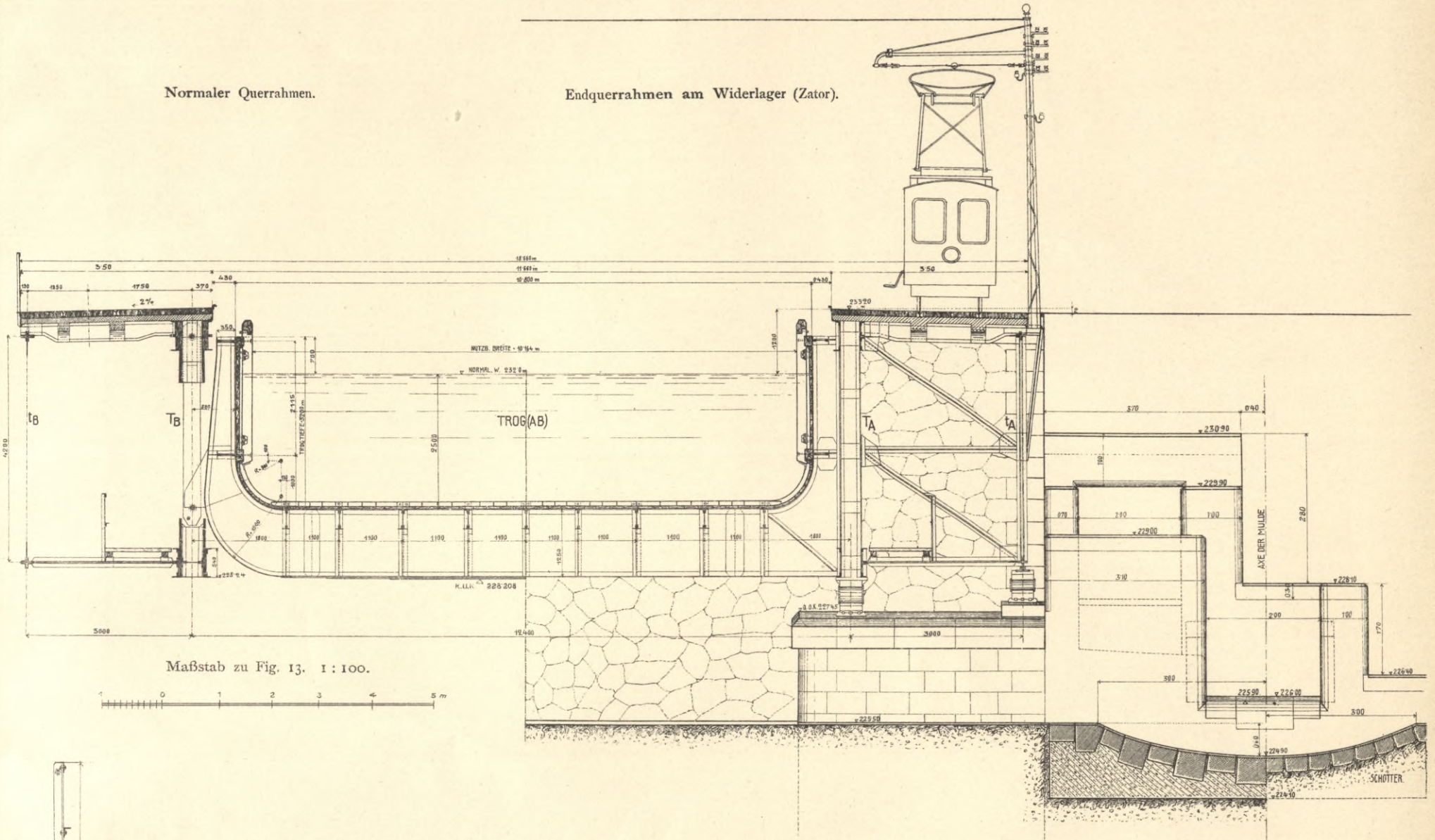


Fig. 14. — Querrahmen über dem Widerlager.

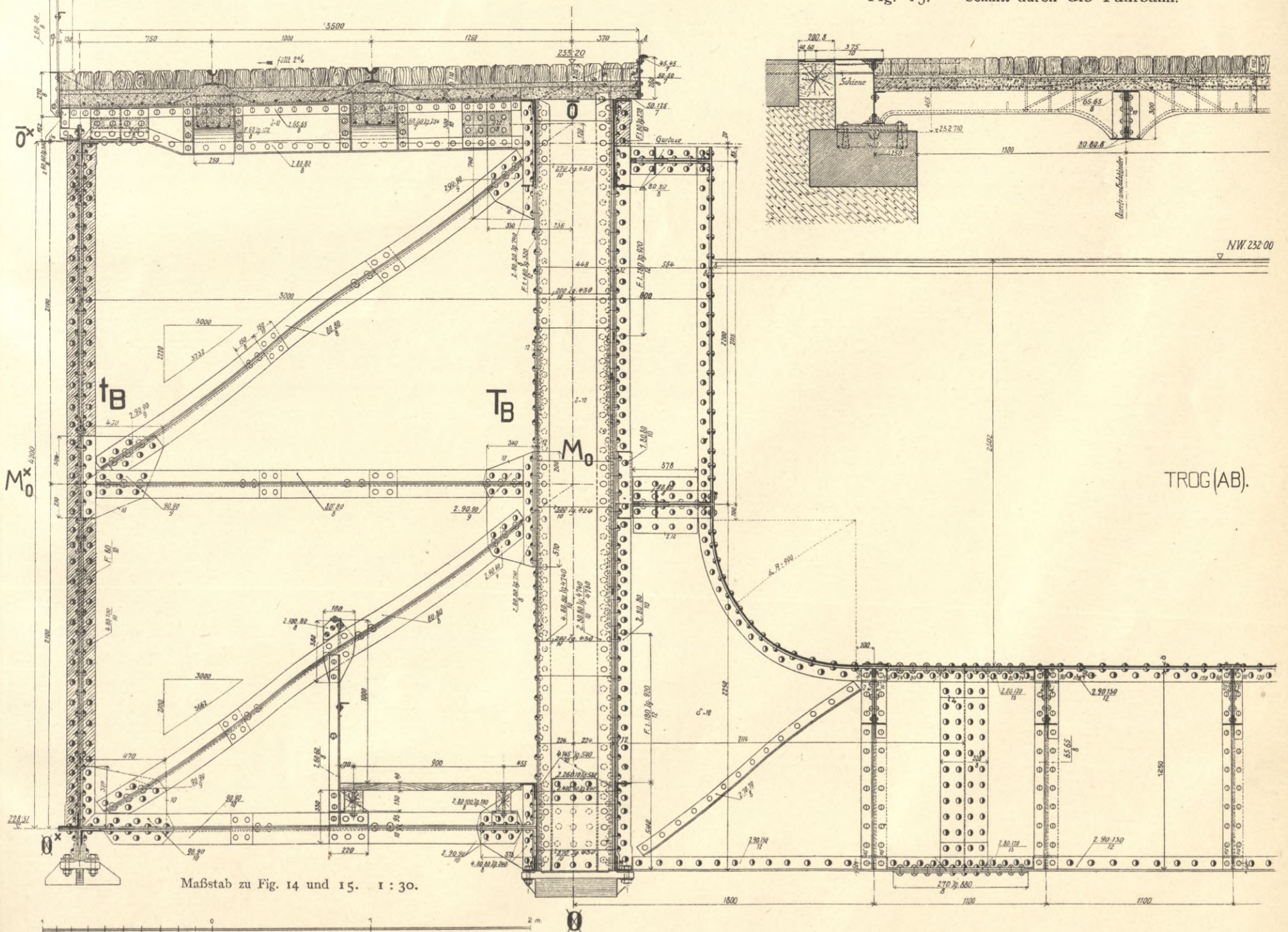
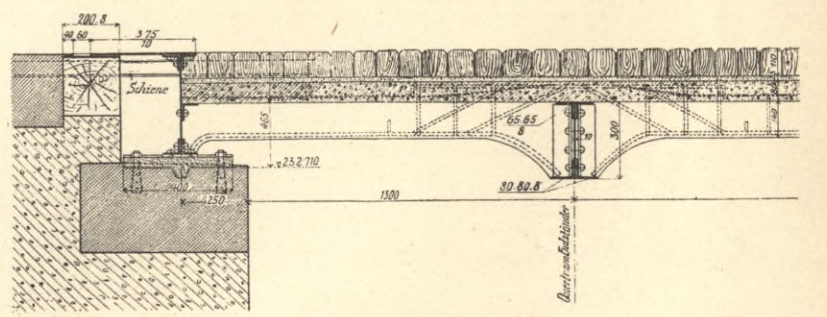


Fig. 15. — Schnitt durch die Fahrbahn.



PROJEKT EINER EISERNEN KANALBRÜCKE ÜBER DEN SKAWAFLUSS.

Mitgeteilt von den Ingenieuren der
k. k. Direktion für den Bau der Wasserstraßen in Wien, k. k. Bauoberkommissär Dr. Fritz Postuvanschitz und k. k. Baukommissär Richard Kröpfl.

Fig. 16—19. — Trogkonstruktion.

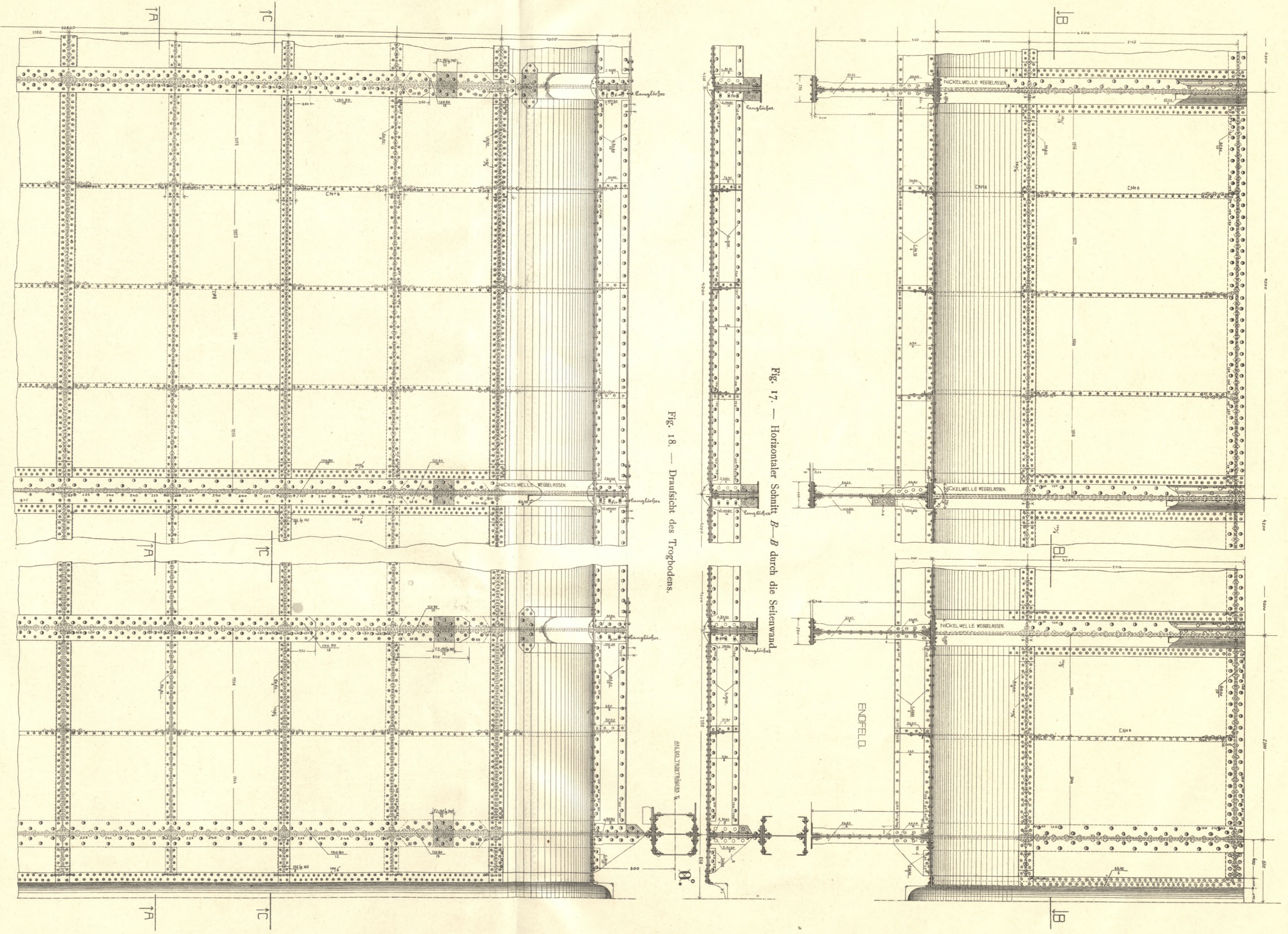


Fig. 16. — Längenschnitt A—A durch den Trogboden.

Fig. 17. — Horizontaler Schnitt B—B durch die Seitenwand

Fig. 18. — Draufsicht des Trogbodens.

Fig. 19. — Längenschnitt C—C durch den Trogboden

Maßstab zu Fig. 16—19. 1 : 30.

PROJEKT EINER EISERNEN KANALBRÜCKE ÜBER DEN SKAWAFLUSS.

Mitgeteilt von den Ingenieuren der
k. k. Direktion für den Bau der Wasserstraßen in Wien, k. k. Bauberkommissär Dr. Fritz Postwanschitz und k. k. Baukommissär Richard Kröpfl.

Fig. 20—22. — Trogträger T_B .

Fig. 20. — Draufsicht auf den Obergurt.

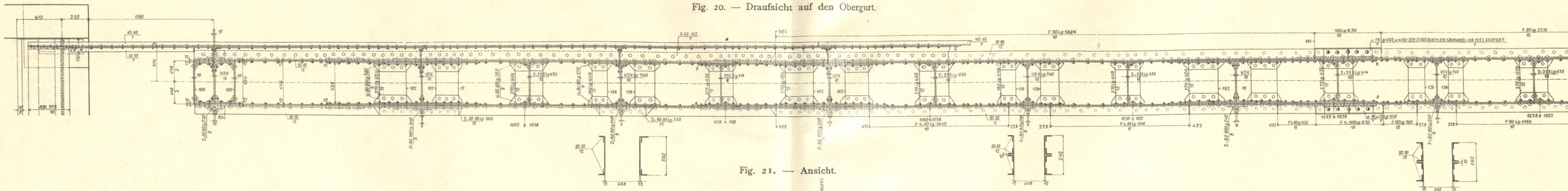


Fig. 21. — Ansicht.

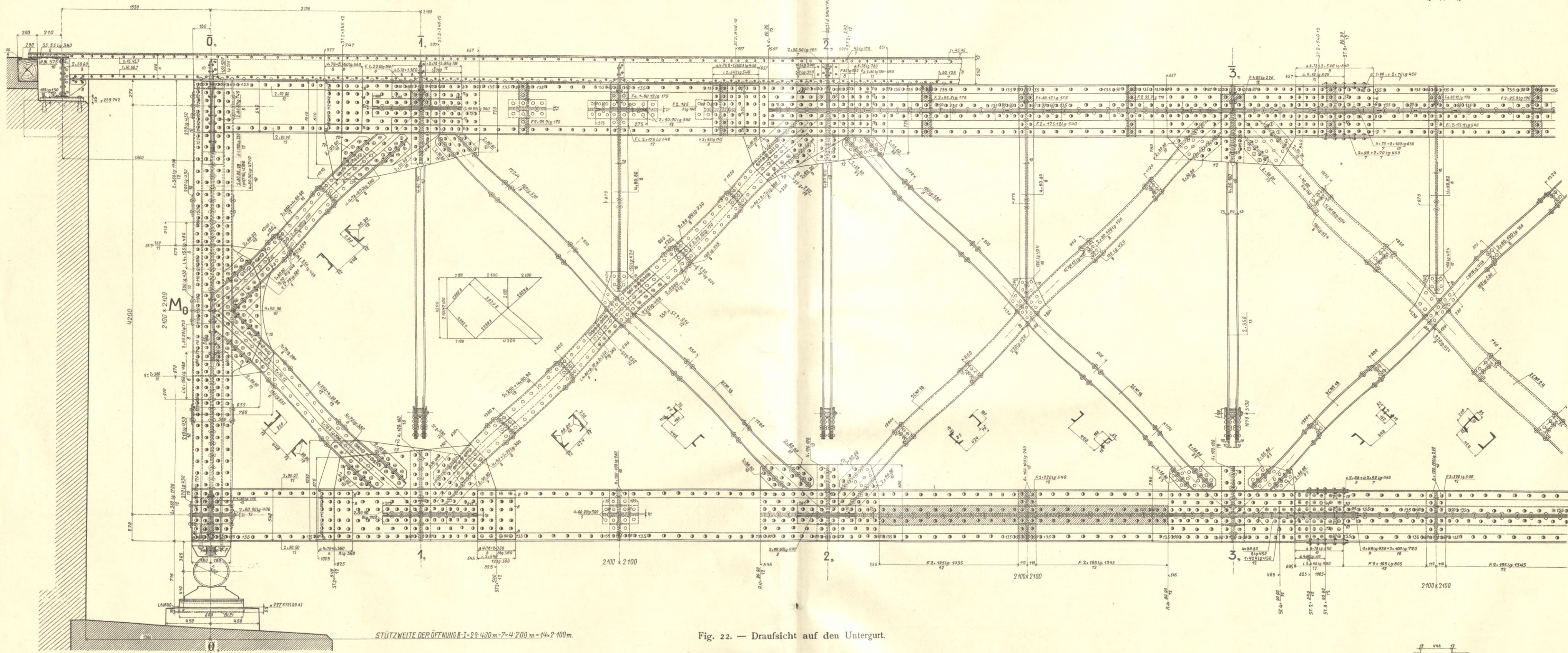


Fig. 22. — Draufsicht auf den Untergurt.

Maßstab zu Fig. 20—22. 1:30.

PROJEKT EINER EISERNEN KANALBRÜCKE ÜBER DEN SKAWAFLUSS.

Mitgeteilt von den Ingenieuren der
k. k. Direktion für den Bau der Wasserstraßen in Wien, k. k. Bauberkommissär Dr. Fritz Postuvanschitz und k. k. Baukommissär Richard Kröpfl.

Fig. 23—25. — Trogräger T_B .

Fig. 23. — Draufsicht auf den Obergurt.

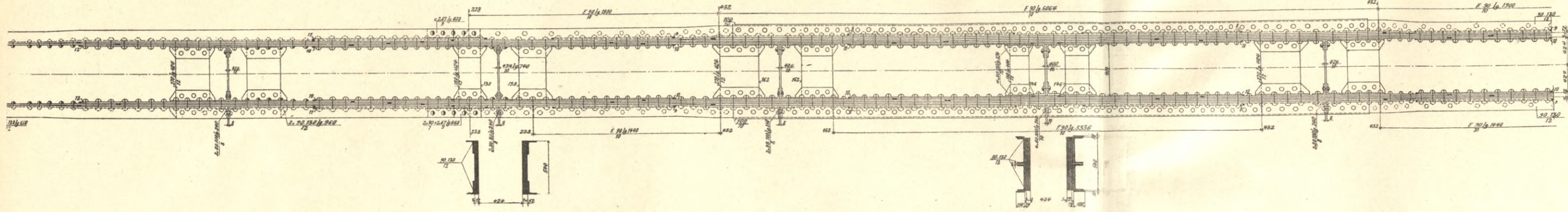


Fig. 24. — Ansicht.

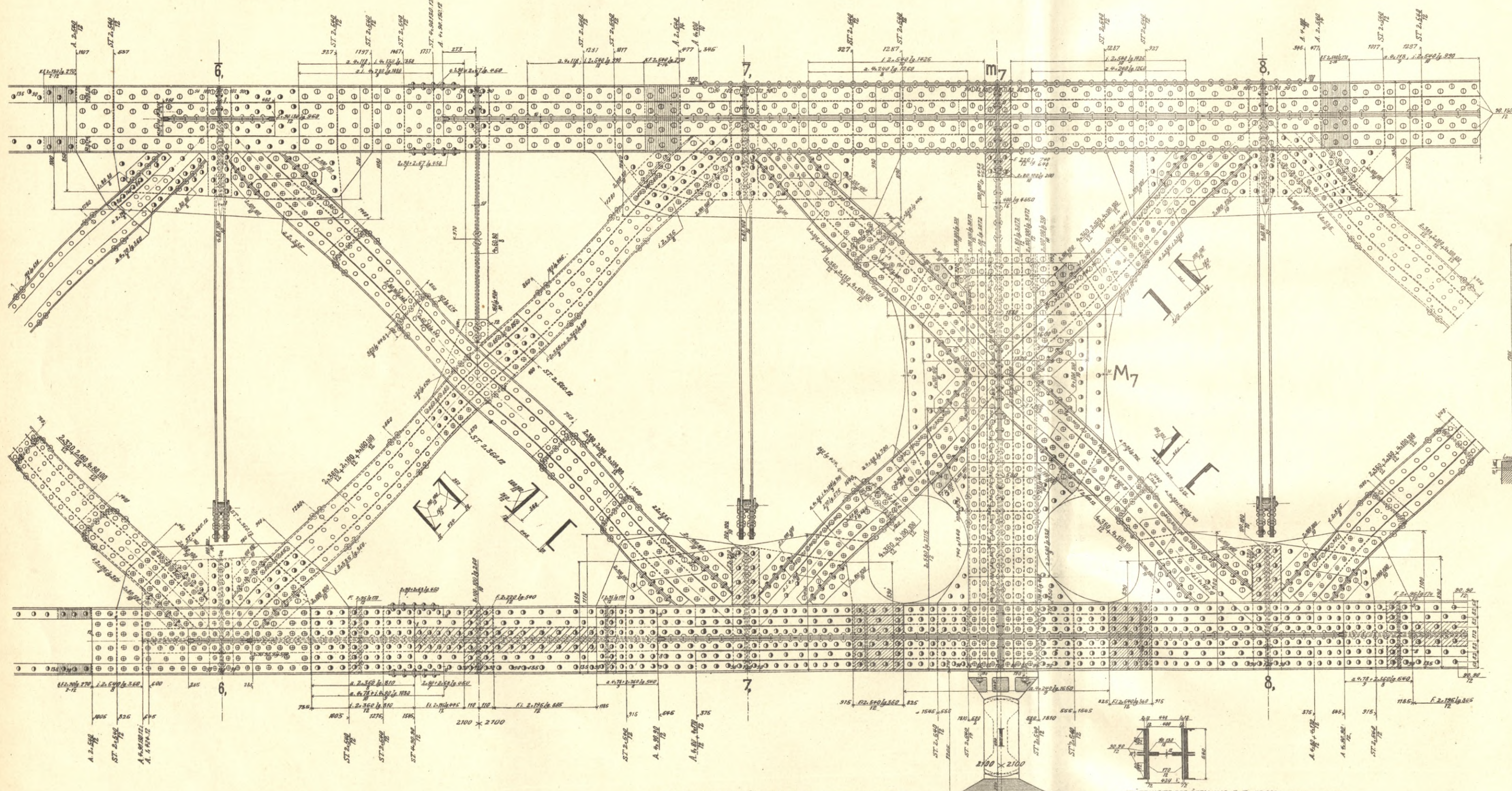
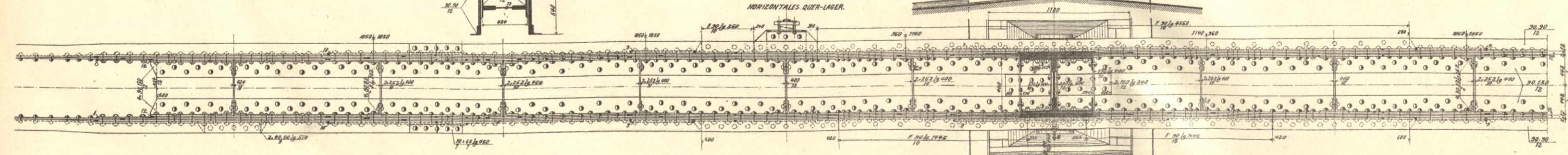


Fig. 25. — Draufsicht auf den Untergurt.



Maßstab zu Fig. 23—25. 1 : 30.

Fig. 26—28. — Lager der Trogräger.

Fig. 26. — Bewegliches Lager bei 8, 8°, V, V°.

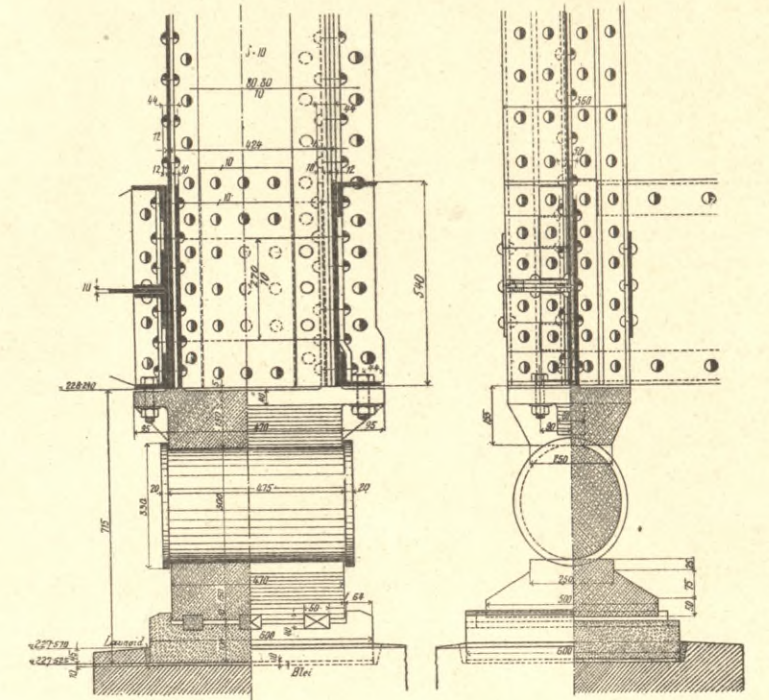


Fig. 27. — Bewegliches Lager bei I, I°, IV, IV°.

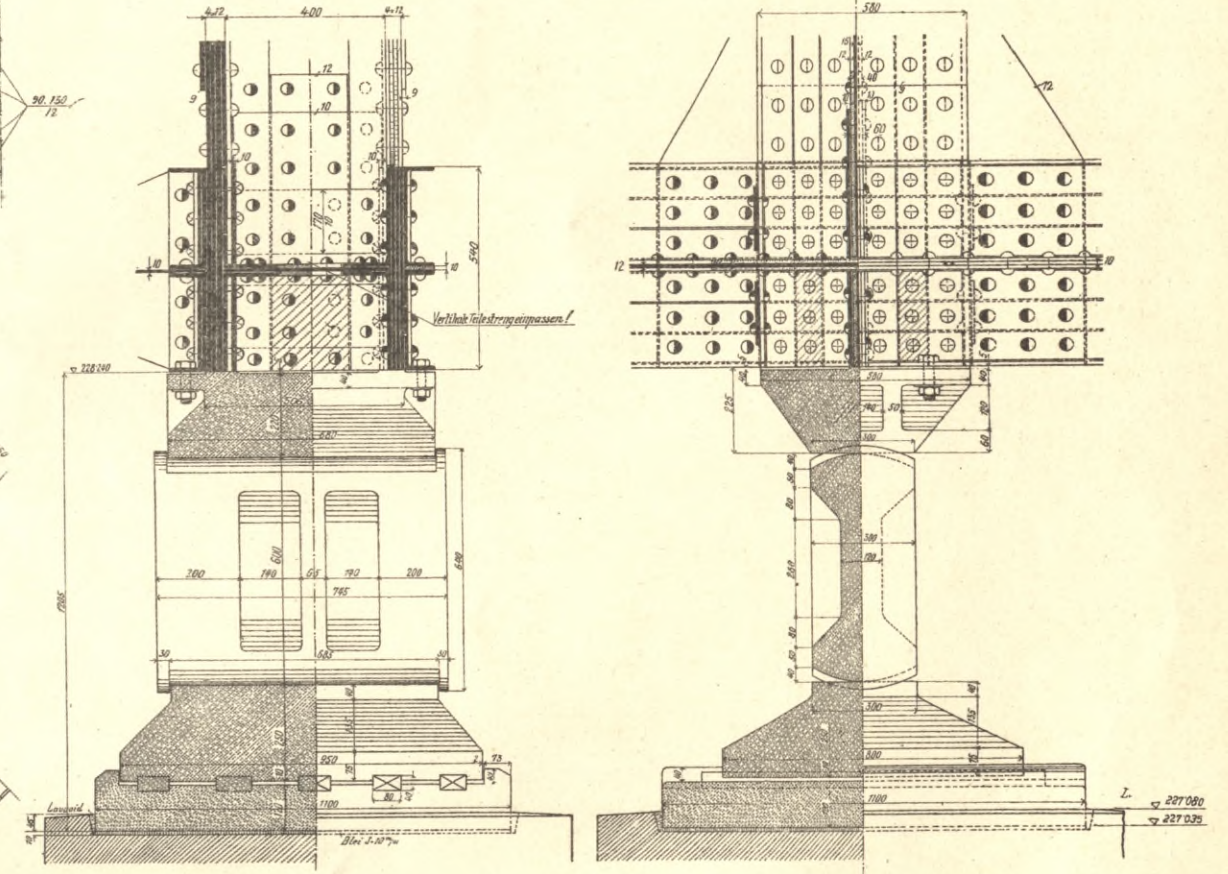
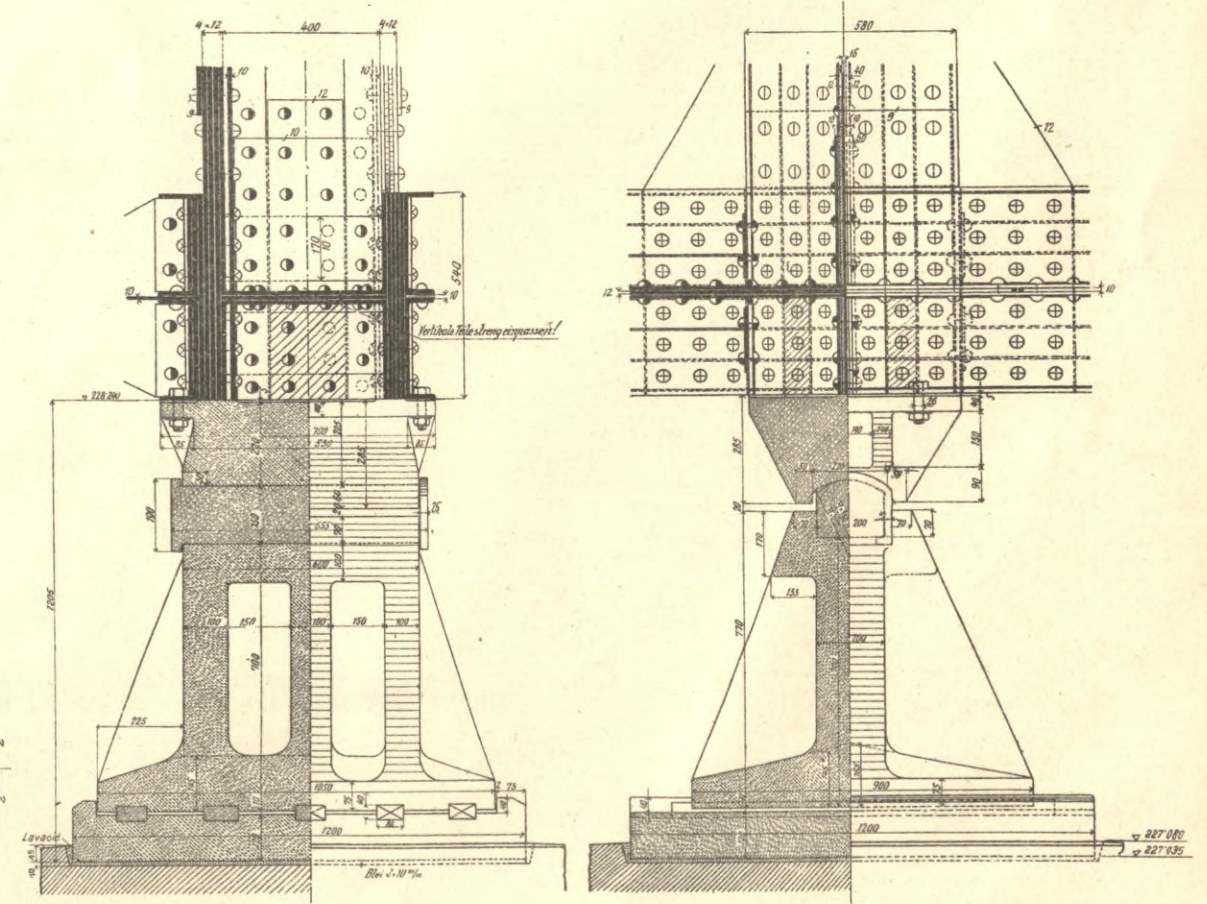


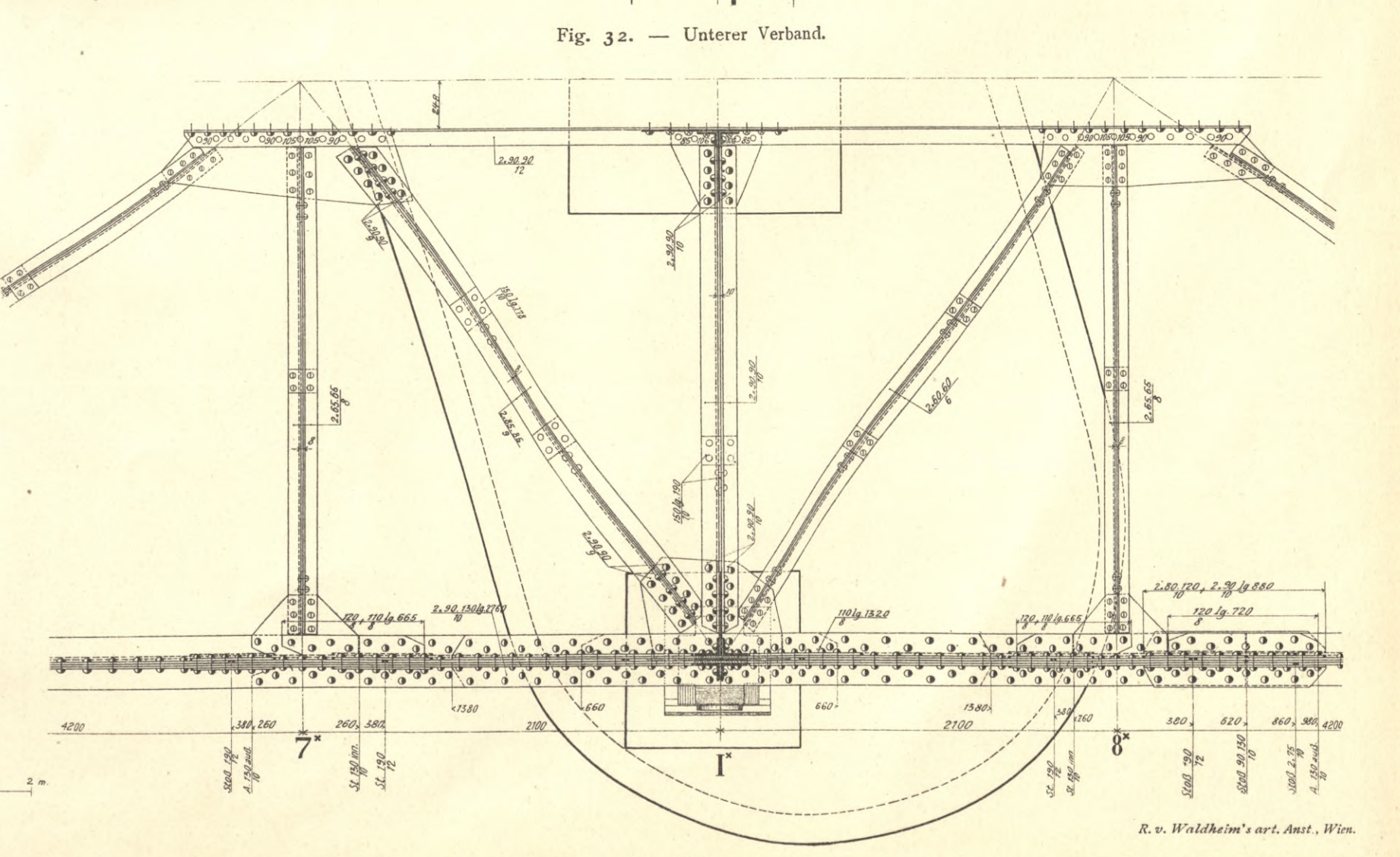
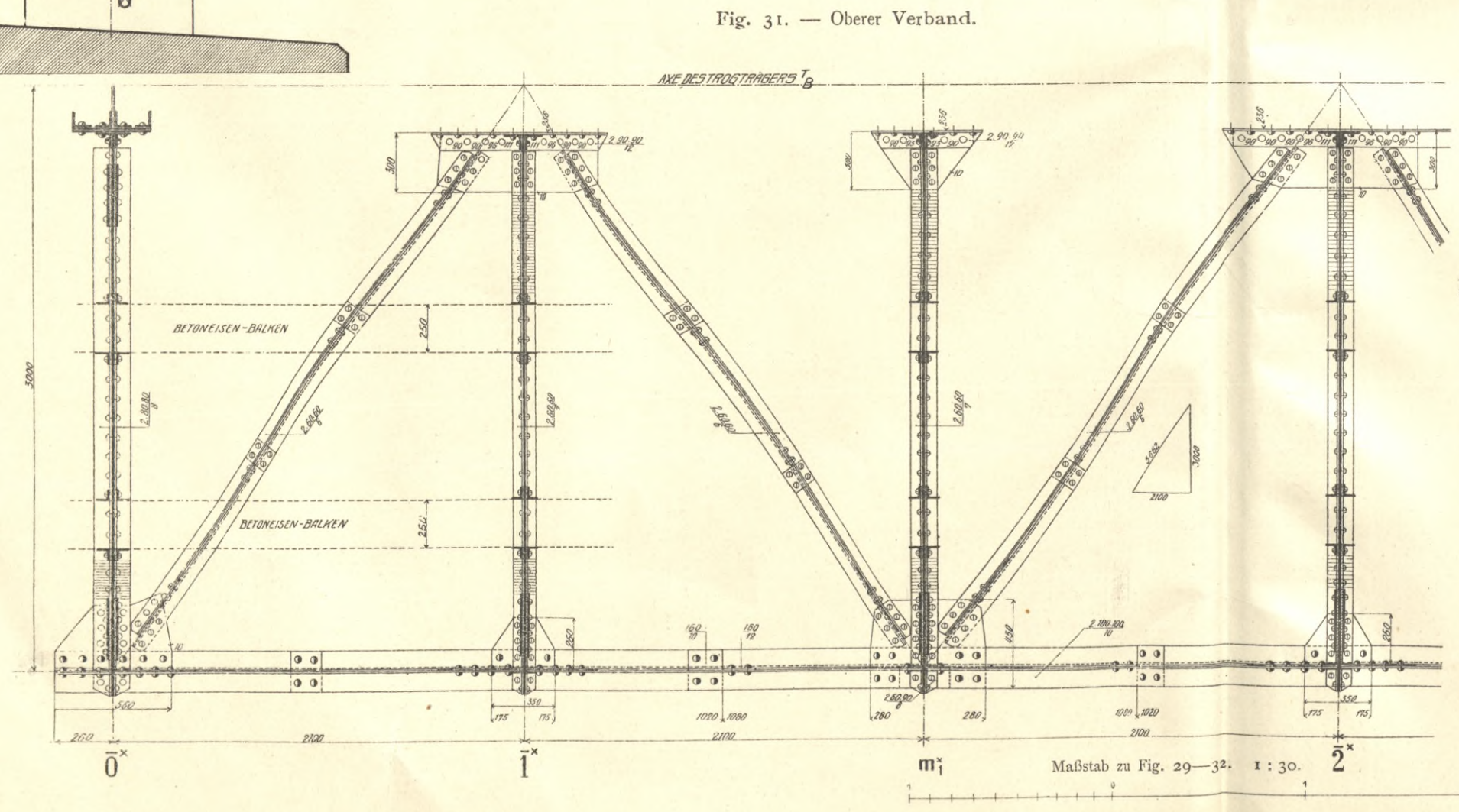
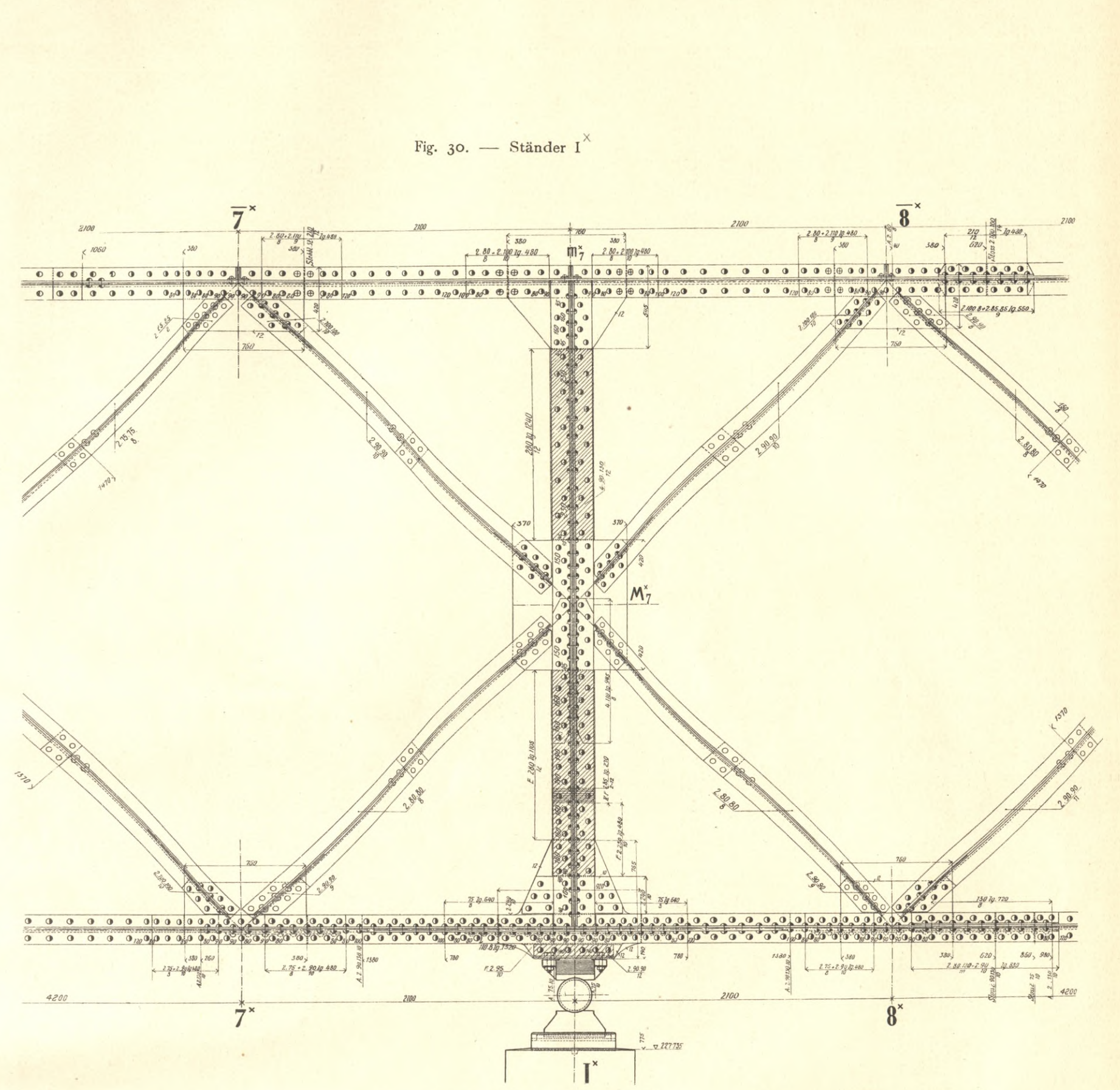
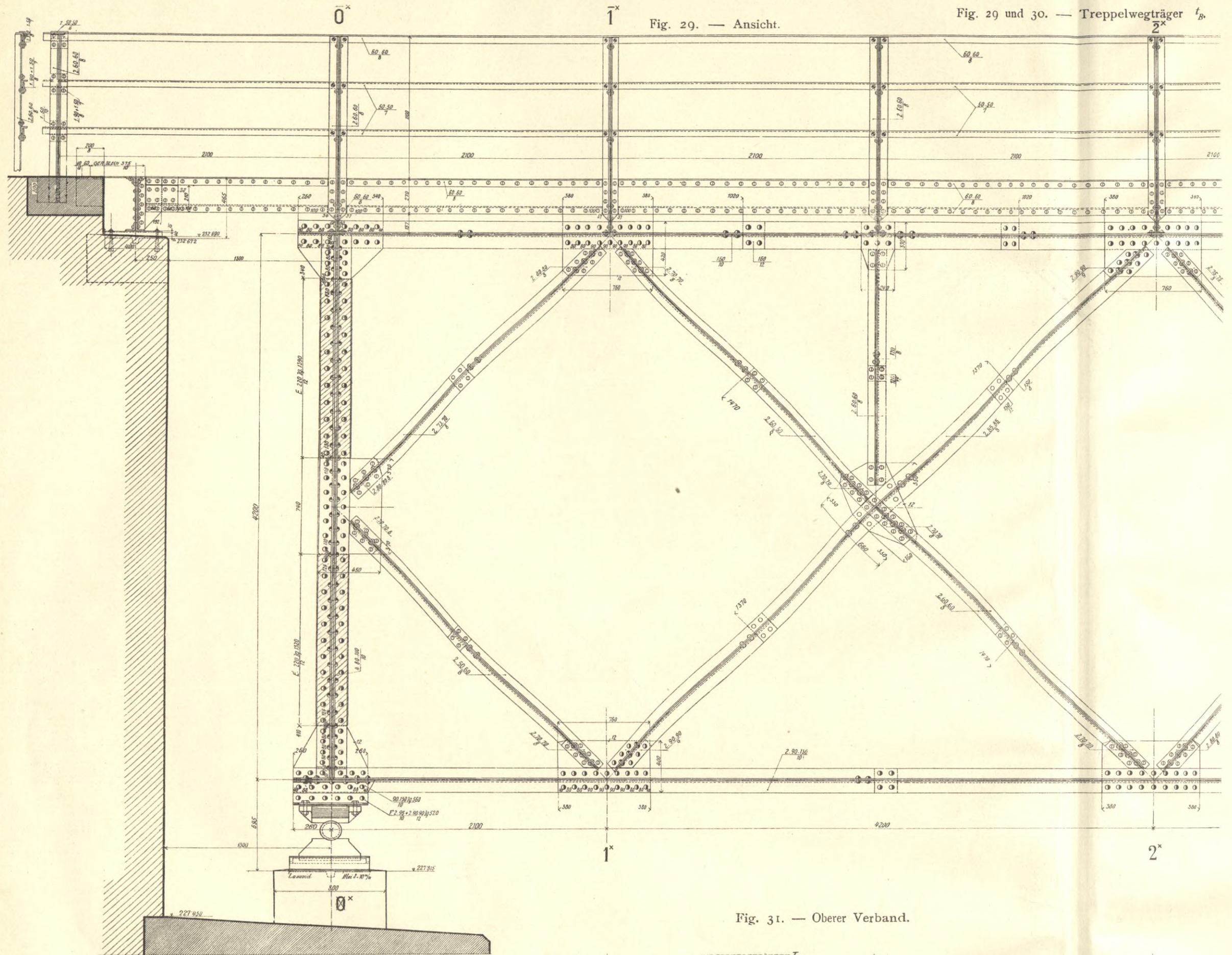
Fig. 28. — Festes Lager bei II, III°.



Maßstab zu Fig. 26—28. 1 : 20.

PROJEKT EINER EISERNEN KANALBRÜCKE ÜBER DEN SKAWAFLUSS.

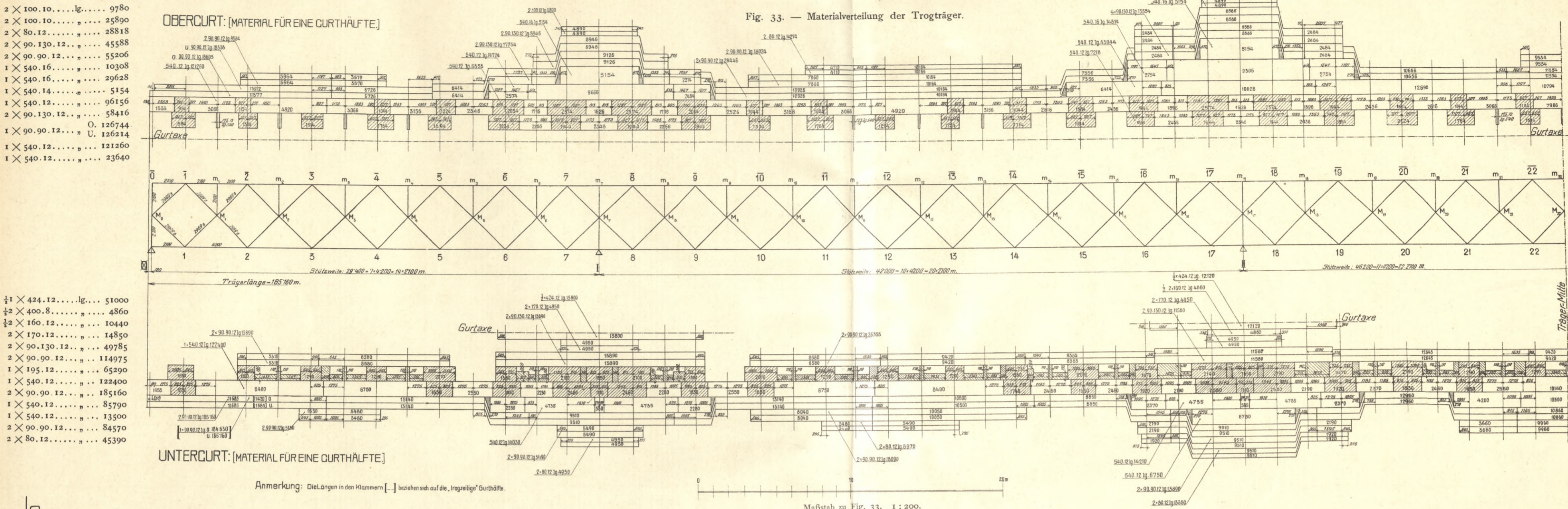
Mitgeteilt von den Ingenieuren der k. k. Direktion für den Bau der Wasserstraßen in Wien, k. k. Bauberkommissär Dr. Fritz Postuvanschütz und k. k. Baukommissär Richard Kröpfl.



PROJEKT EINER EISERNEN KANALBRÜCKE ÜBER DEN SKAWAFLUSS.

Mitgeteilt von den Ingenieuren der k. k. Direktion für den Bau der Wasserstraßen in Wien, k. k. Bauoberkommissär Dr. Fritz Postuvanschtz und k. k. Baukommissär Richard Kröfl.

Fig. 33. — Materialverteilung der Trogräger.



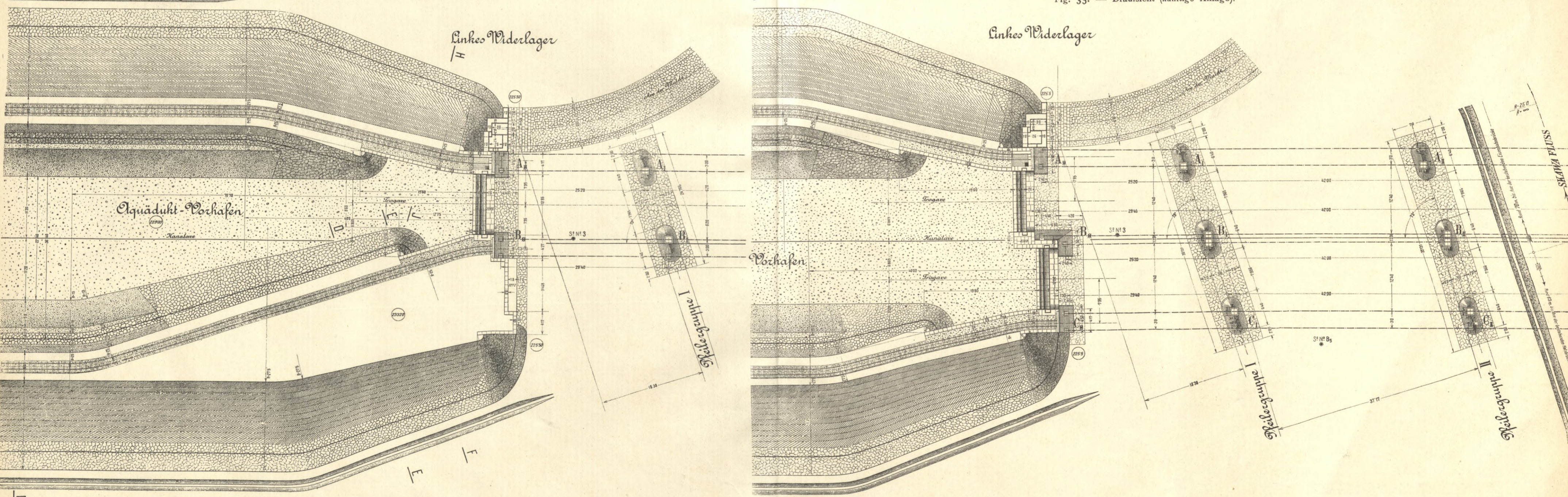
2 × 100.10.....lg.....	9780
2 × 100.10.....	25890
2 × 80.12.....	28818
2 × 90.130.12.....	45588
2 × 90.90.12.....	55206
1 × 540.16.....	10308
1 × 540.16.....	29628
1 × 540.14.....	5154
1 × 540.12.....	96156
2 × 90.130.12.....	58416
1 × 90.90.12.....	O. 126744
1 × 540.12.....	U. 126214
1 × 540.12.....	121260
1 × 540.12.....	23640

1/2 × 424.12.....lg.....	51000
1/2 × 400.8.....	4860
1/2 × 160.12.....	10440
2 × 170.12.....	14850
2 × 90.130.12.....	49785
2 × 90.90.12.....	114975
1 × 195.12.....	65200
1 × 540.12.....	122400
2 × 90.90.12.....	185160
1 × 540.12.....	85790
1 × 540.12.....	13500
2 × 90.90.12.....	84570
2 × 80.12.....	45390

Anmerkung: Die Längen in den Klammern [] beziehen sich auf die „trogartige“ Gurthälfte.

Fig. 34. — Draufsicht (einstweilige Anlage).

Fig. 35. — Draufsicht (künftige Anlage).



Maßstab zu Fig. 34 und 35. 1 : 500.

PROJEKT EINER EISERNEN KANALBRÜCKE ÜBER DEN SKAWAFLUSS.

Mitgeteilt von den Ingenieuren der k. k. Direktion für den Bau der Wasserstraßen in Wien, k. k. Bauberkommissär Dr. Fritz Postuvanschitz und k. k. Baukommissär Richard Kröpfl.

Fig. 40—51. — Mauerwerksanlage der beiden Widerlager (einstwellige Anlage).

Fig. 38. — Anschluß der Tegelschale S an den Tegelkern K.

Fig. 39. — Anschluß des Tegelkernes K an die Flügelmauer M. Schnitt D—E.

Fig. 36. — Längenschnitt in der Achse des Troges (A—B).

Fig. 37. — Längenschnitt in der Achse des Troges (B—C) (künftige Anlage).

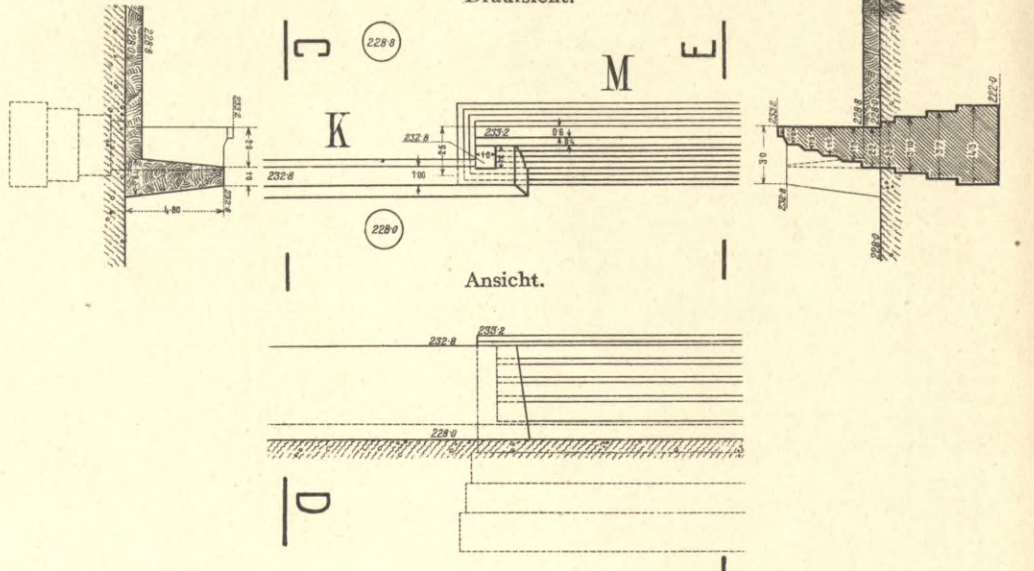
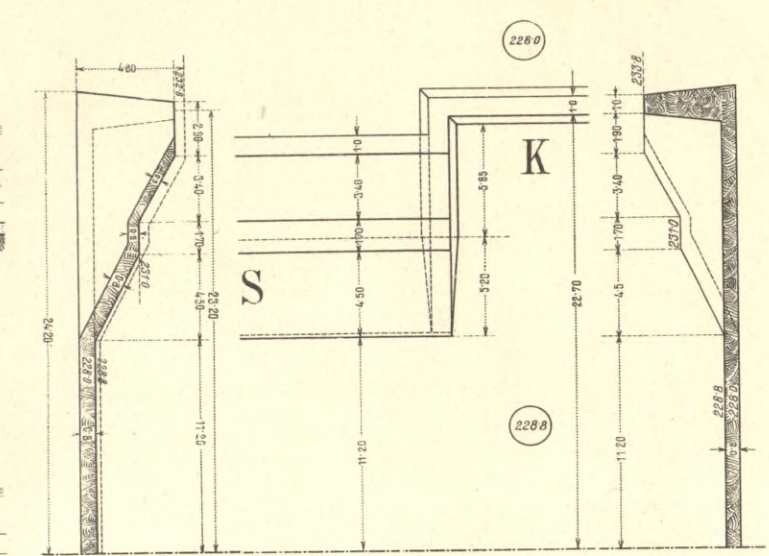
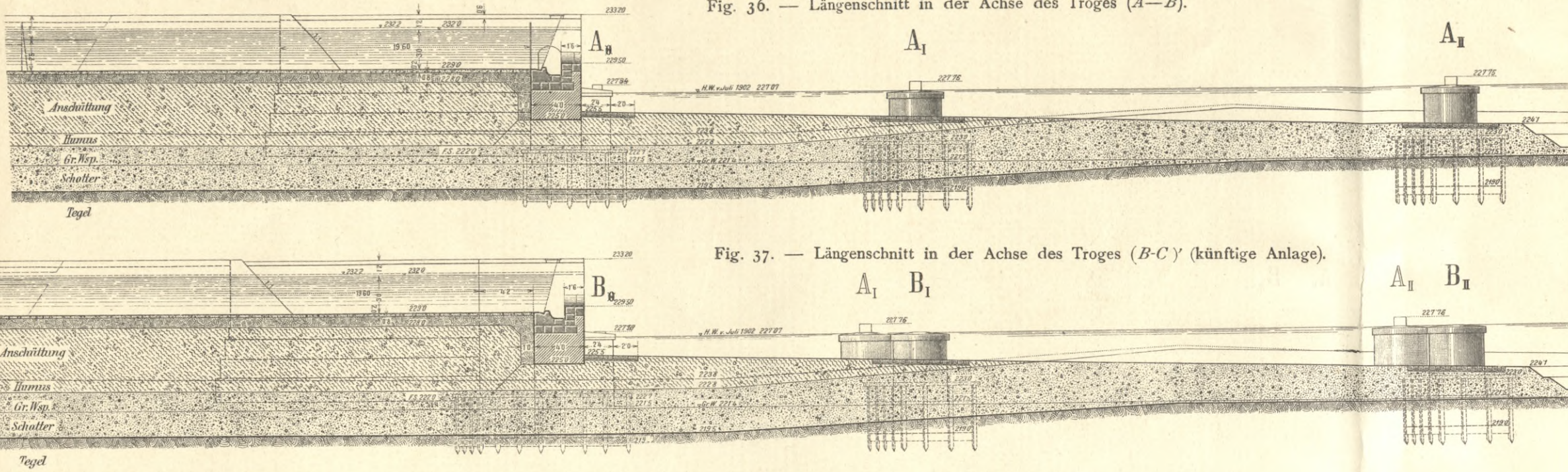


Fig. 40. — Draufsicht auf das linke Widerlager.

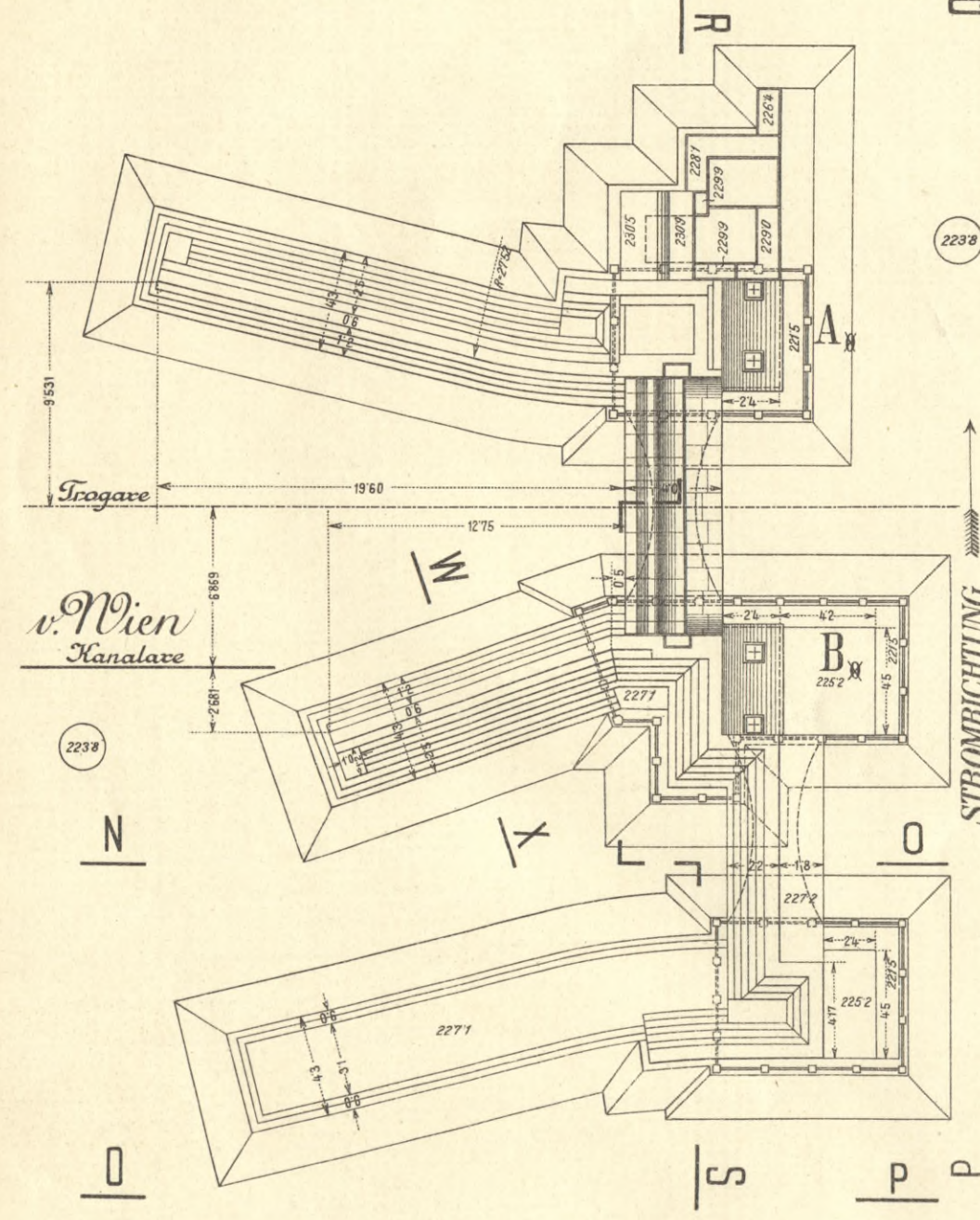


Fig. 42. — Schnitt P—Q.

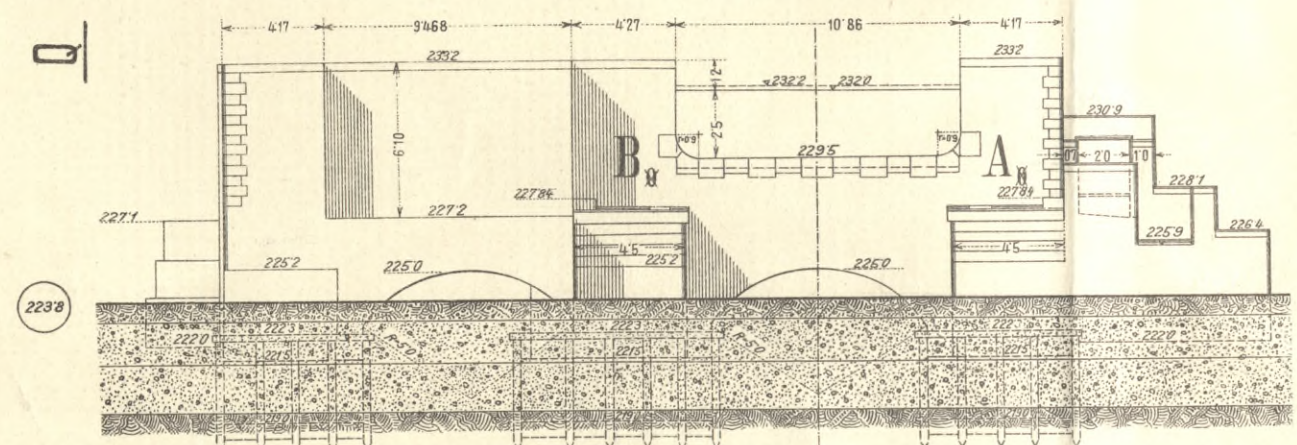


Fig. 48. — Schnitt O—P.

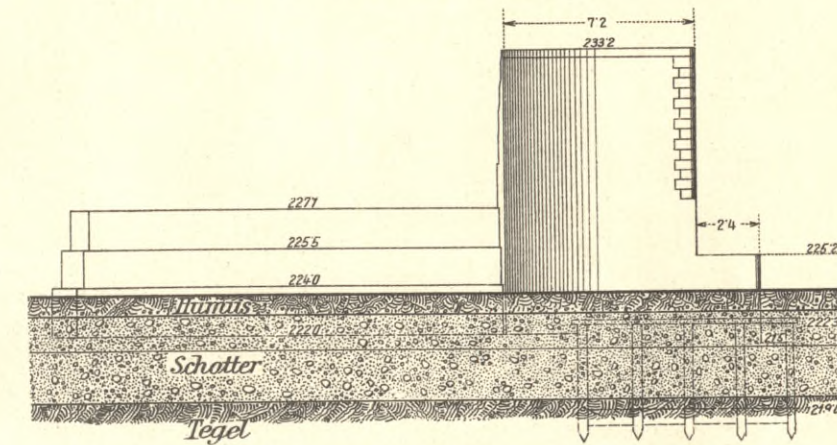


Fig. 43. — Schnitt Q—R.

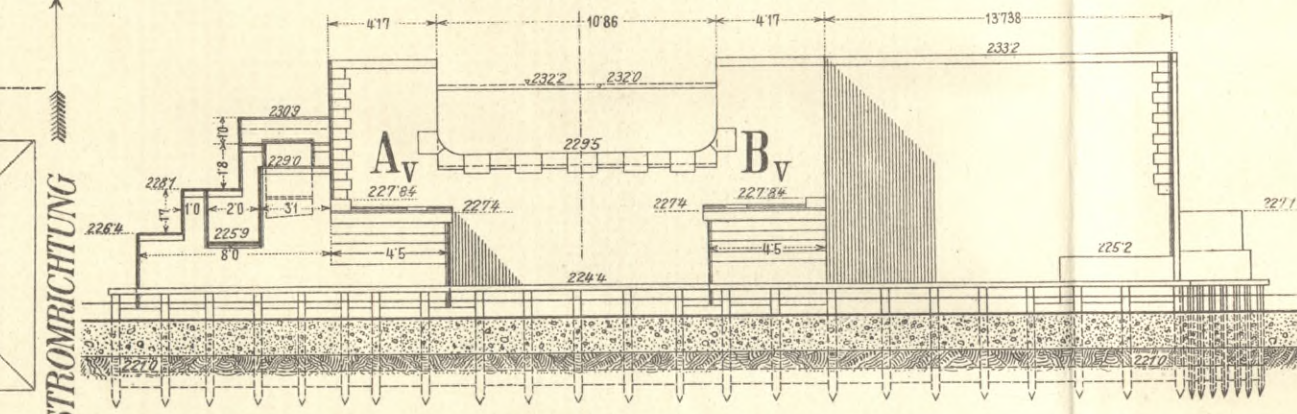


Fig. 49. — Schnitt U—V.

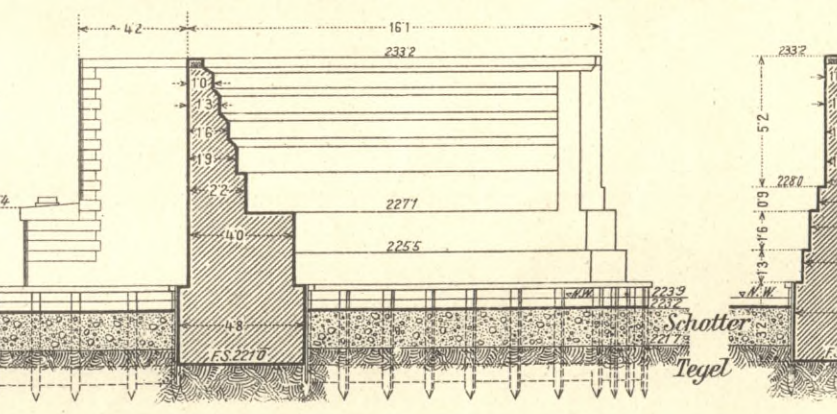


Fig. 50. — Schnitt X—Y.

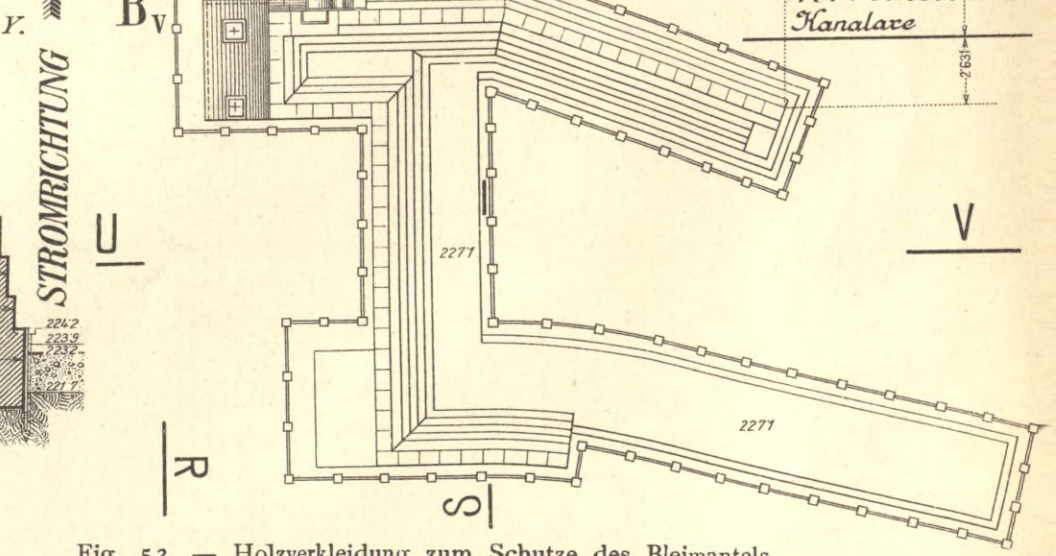


Fig. 44. — Schnitt R—S.

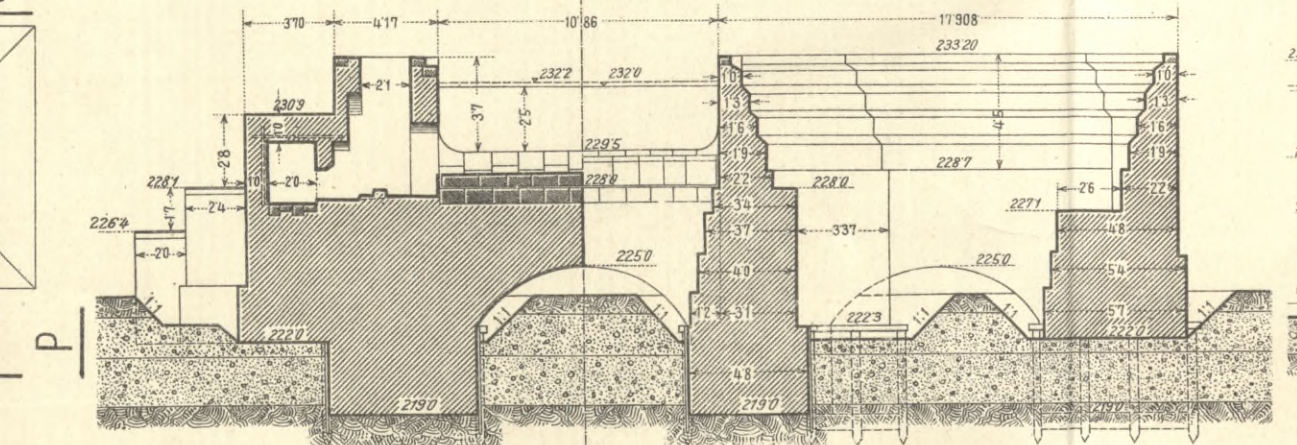


Fig. 51. — Schnitt T—U.

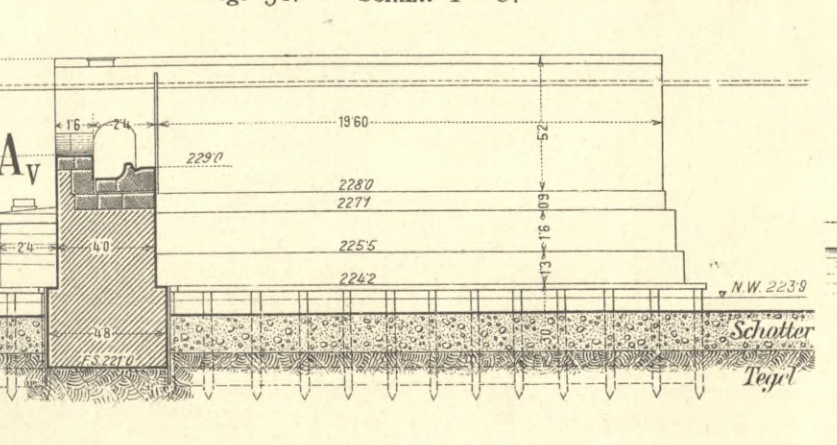


Fig. 52. — Holzverkleidung zum Schutze des Bleimantels. Ansicht.

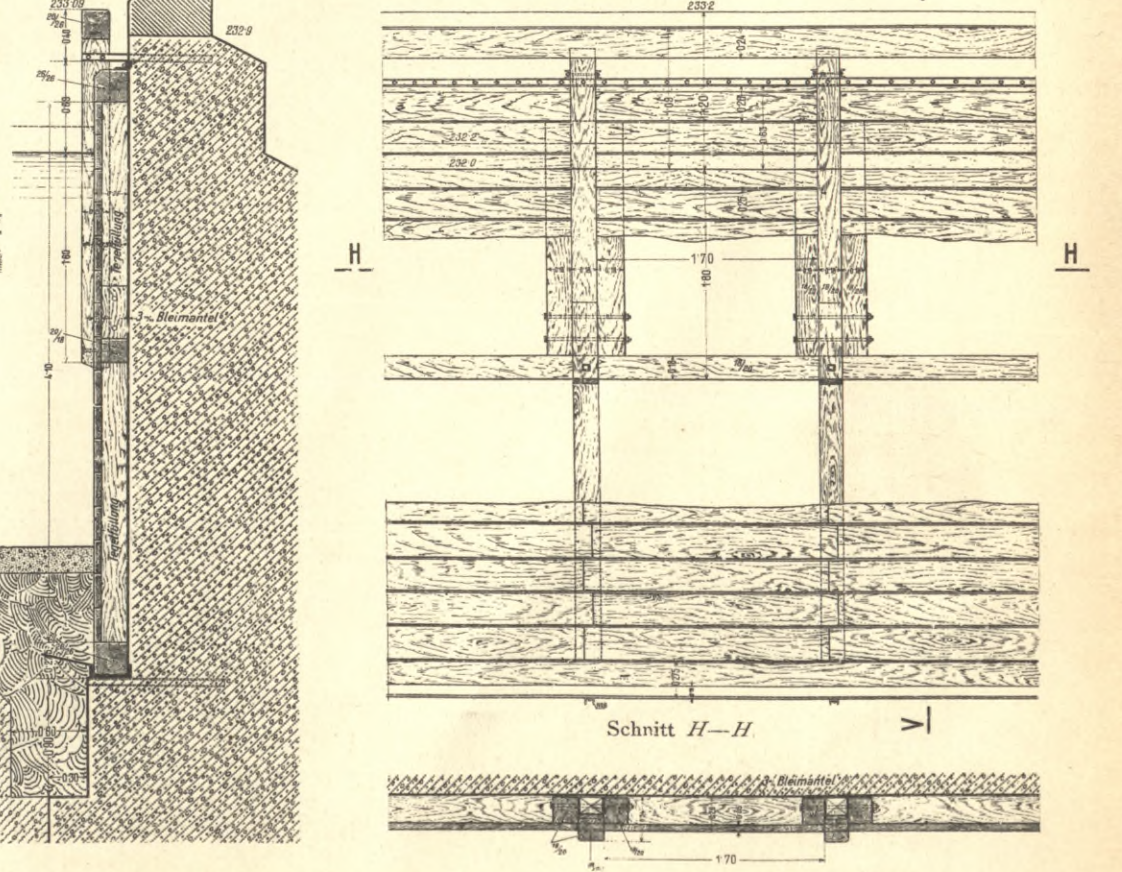


Fig. 46. — Schnitt W—X.

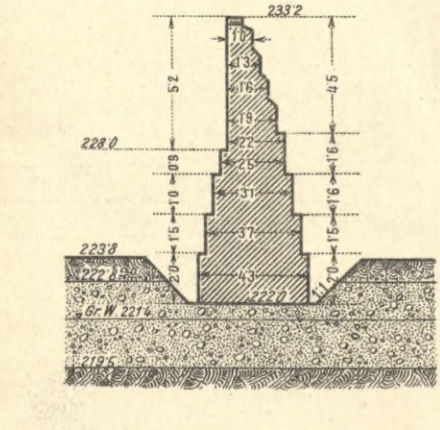


Fig. 47. — Schnitt N—O.

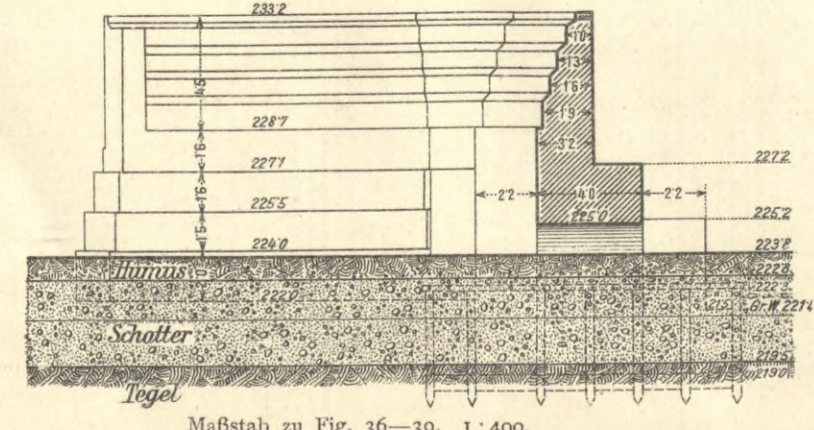
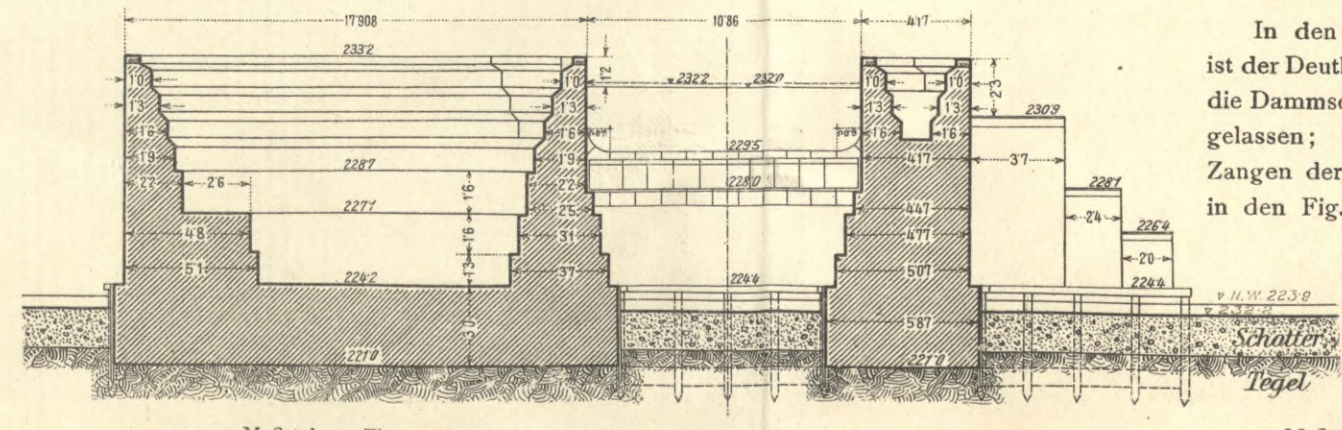
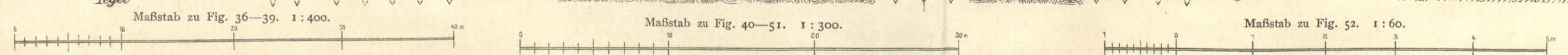
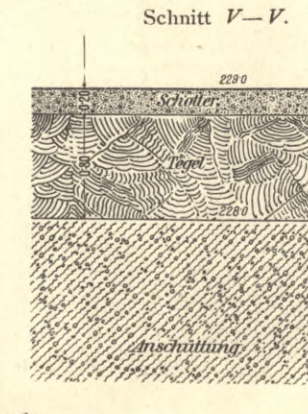


Fig. 45. — Schnitt S—T.



Anmerkung: In den Fig. 40—51 ist der Deutlichkeit halber die Dammschüttung weglassen; ebenso die Zangen der Spundwände in den Fig. 40 und 41.



Mitgeteilt von den Ingenieuren der
k. k. Direktion für den Bau der Wasserstraßen in Wien, k. k. Bauoberkommissär Dr. Fritz Postuvanschitz und k. k. Baukommissär Richard Kröpfl.

Fig. 53—63. — Mauerwerksanlage der beiden Widerlager (künftige Anlage).

Fig. 53. — Draufsicht auf das linke Widerlager.

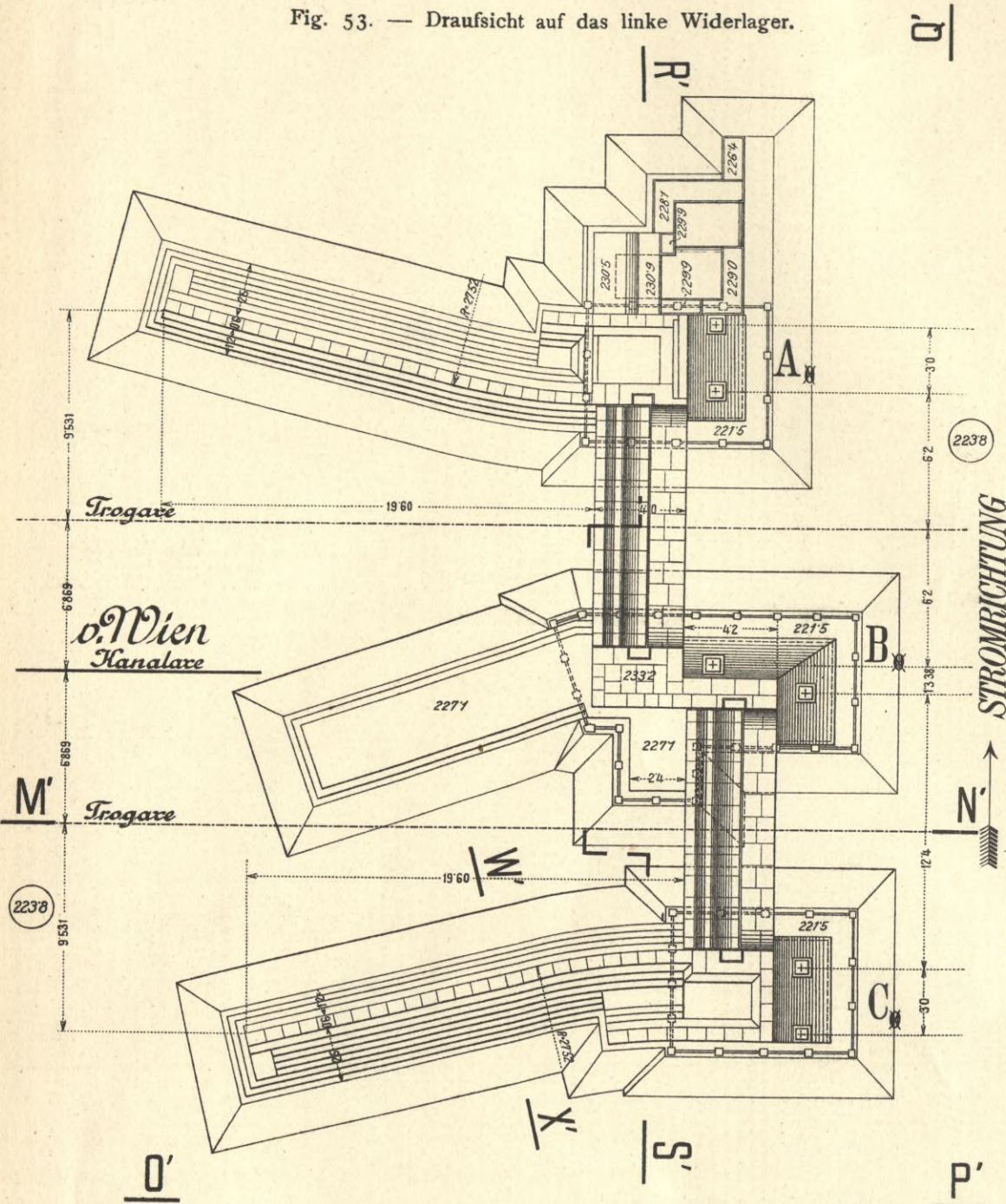
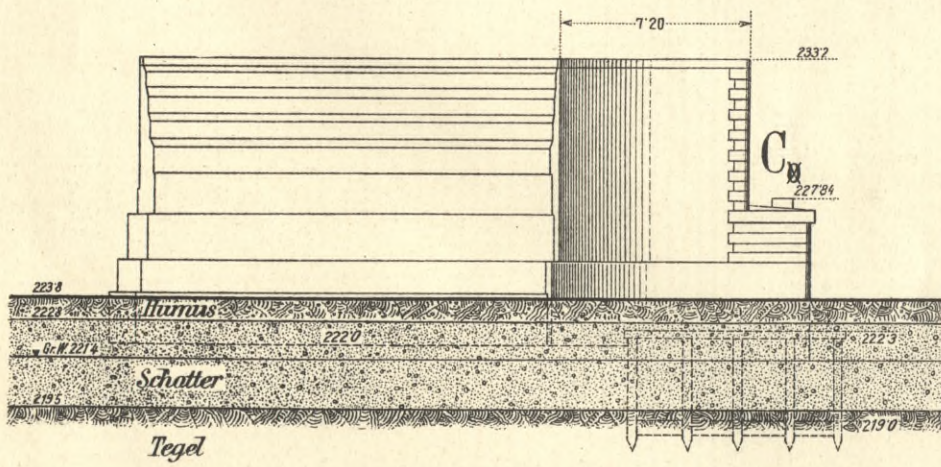
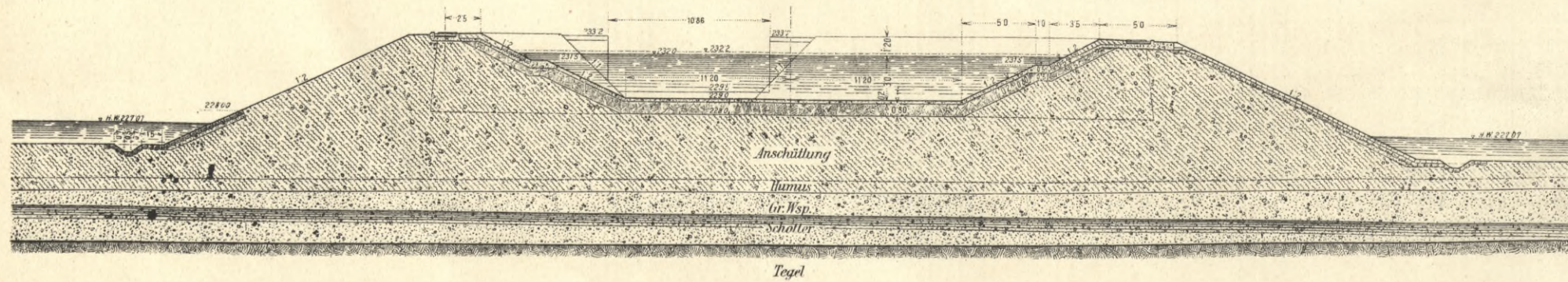


Fig. 59. — Schnitt O'-P'.



Anmerkung: In den Fig. 53—63 ist der Deutlichkeit halber die Damm-
schüttung weggelassen; ebenso die Zangen der Spundwände
in den Fig. 53 und 54.

Fig. 64. — Schnitt C—D.



Maßstab zu Fig. 53—63. 1:300.

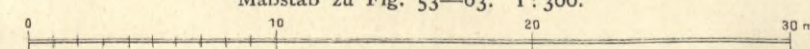


Fig. 55. — Schnitt P'-Q'.

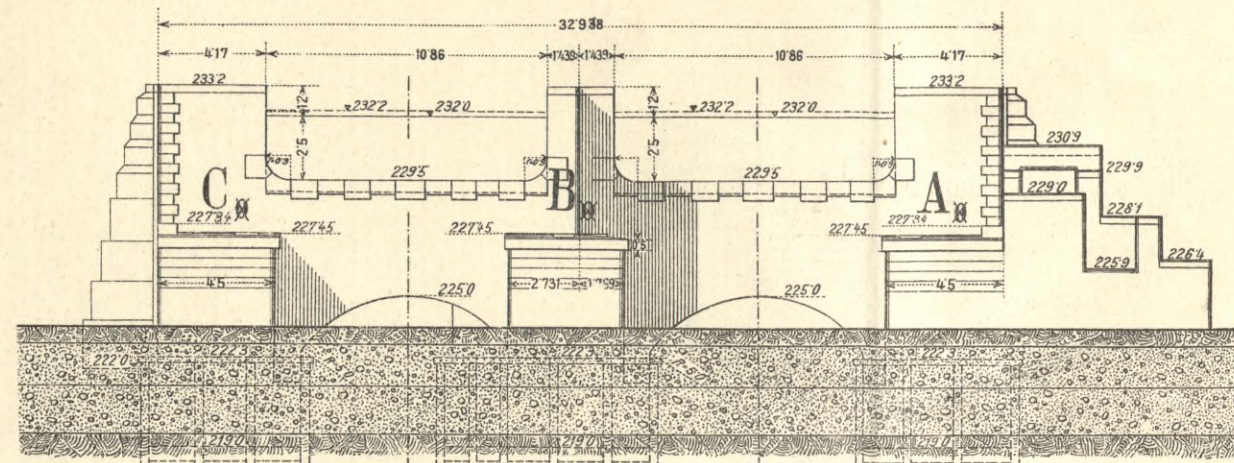


Fig. 56. — Schnitt Q'-R'.

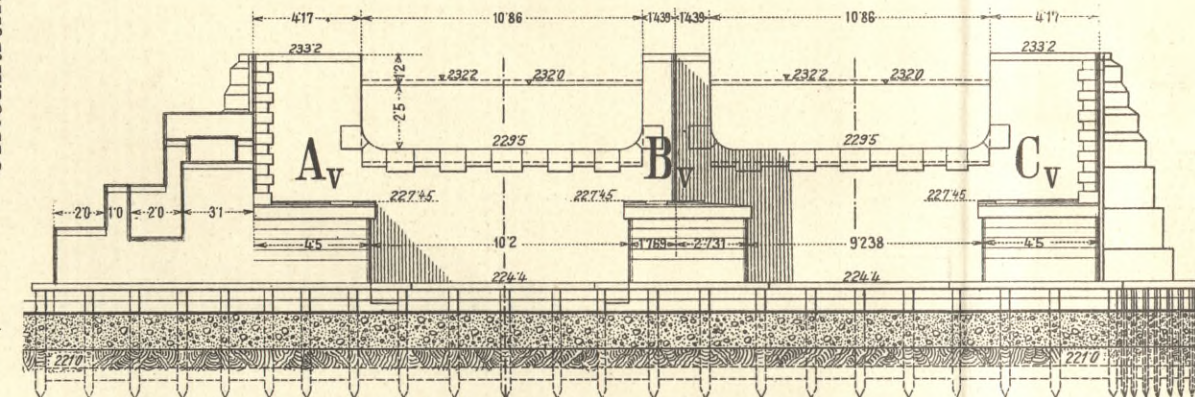


Fig. 57. — Schnitt R'-S'.

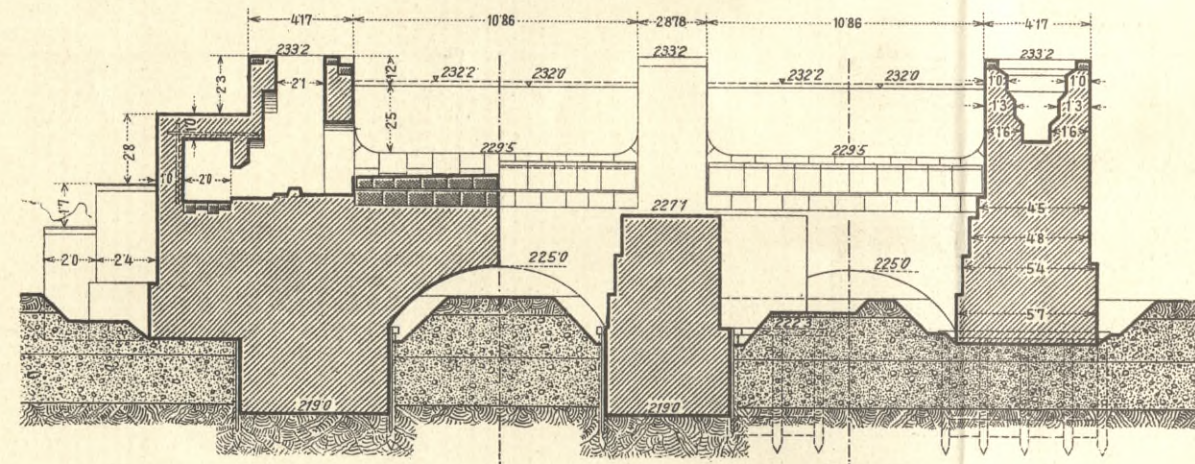


Fig. 58. — Schnitt S'-T'.

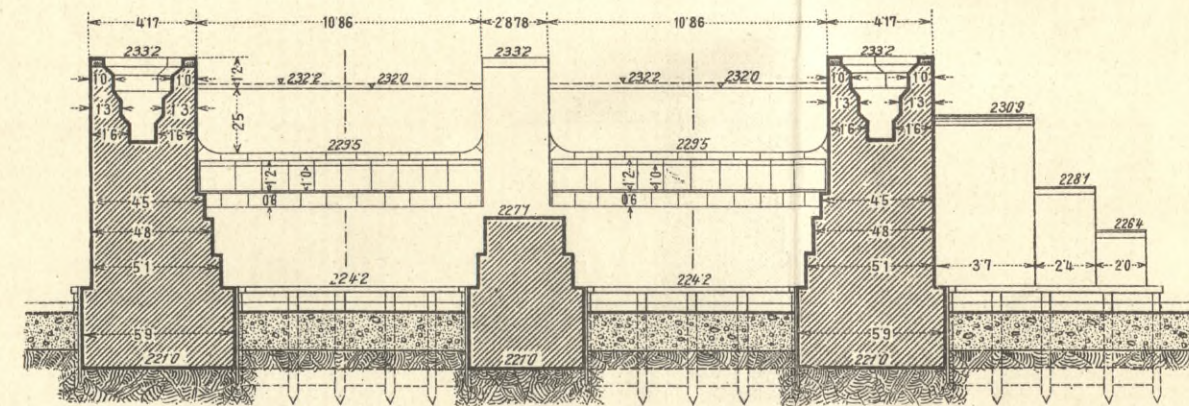
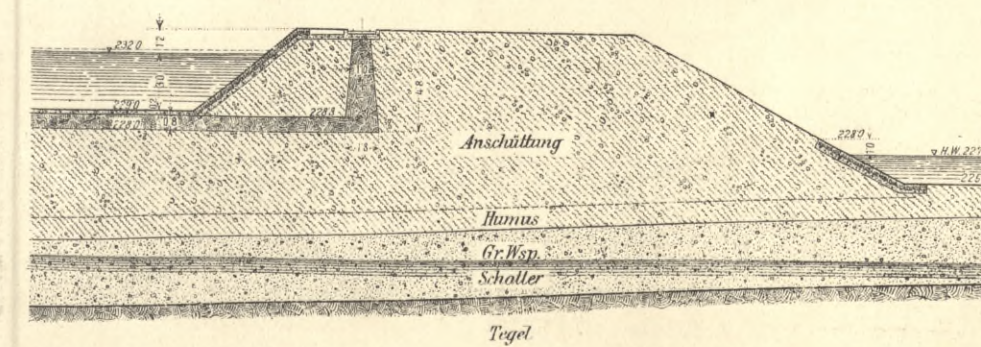


Fig. 64—67. — Querschnitte.



Maßstab zu Fig. 64—67. 1:400.

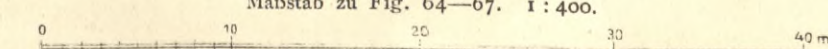


Fig. 60. — Schnitt M'-N'.

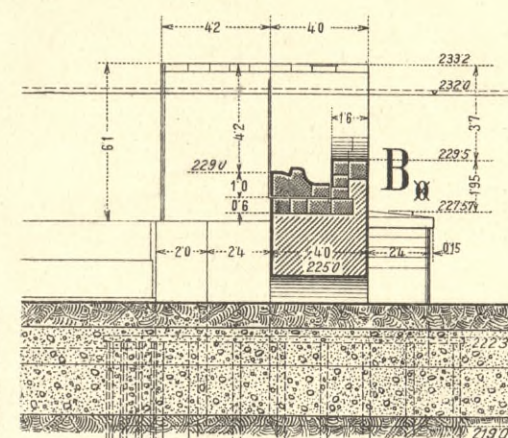


Fig. 61. — Schnitt T'-U'.

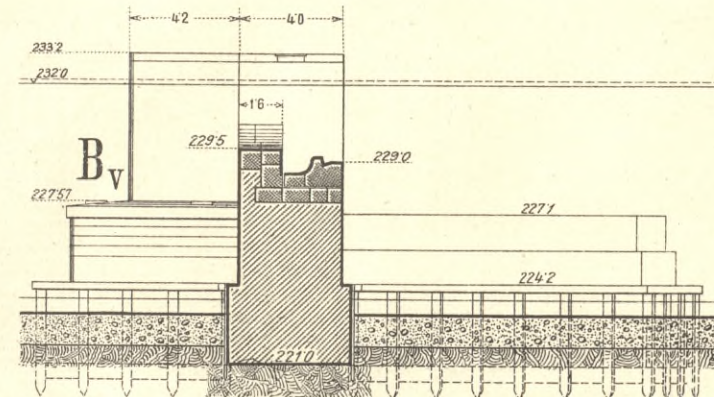


Fig. 62. — Schnitt W'-X'.

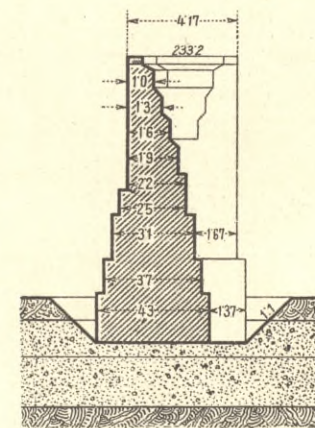


Fig. 54. — Draufsicht auf das rechte Widerlager.

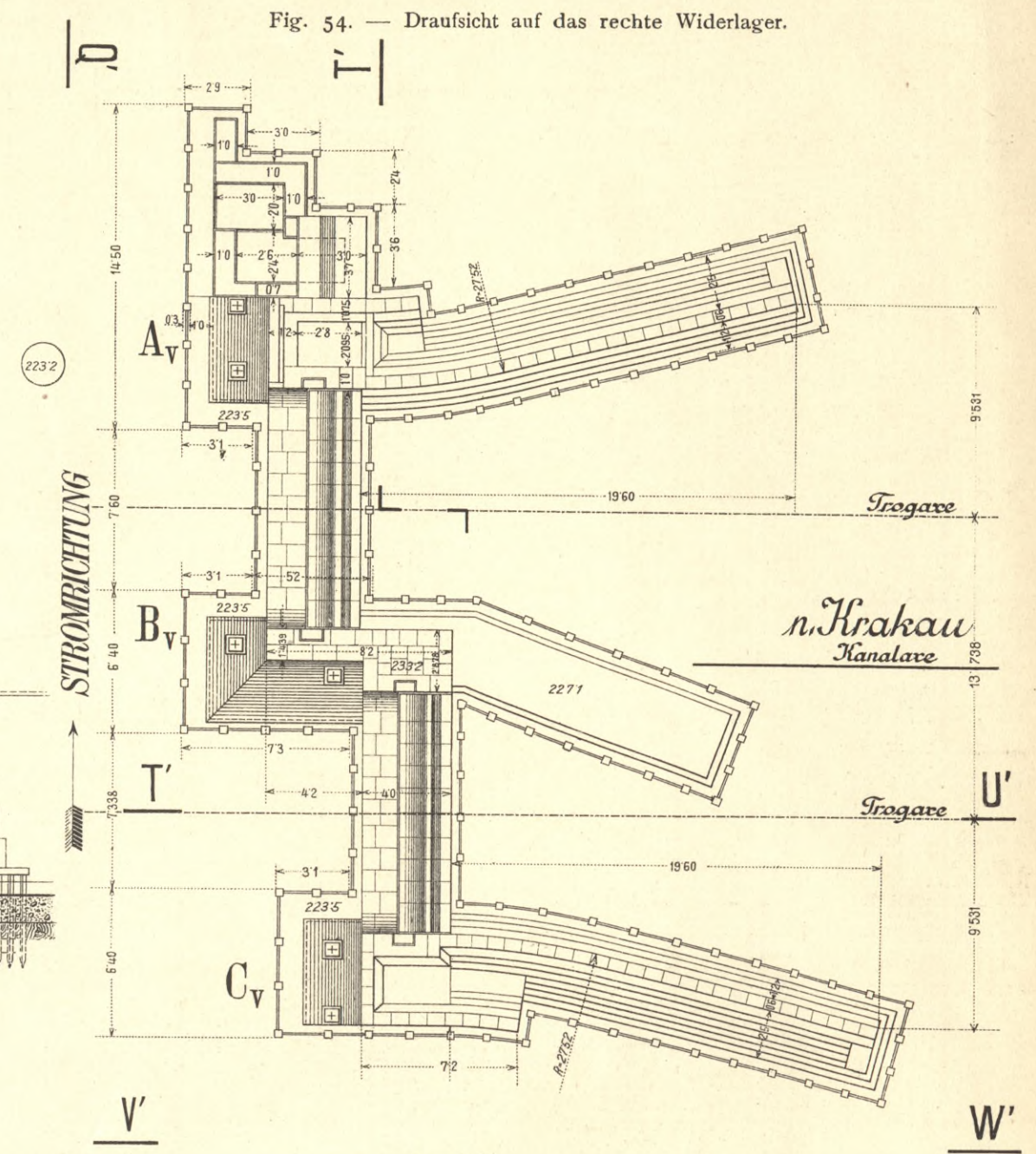


Fig. 63. — Schnitt V'-W'.

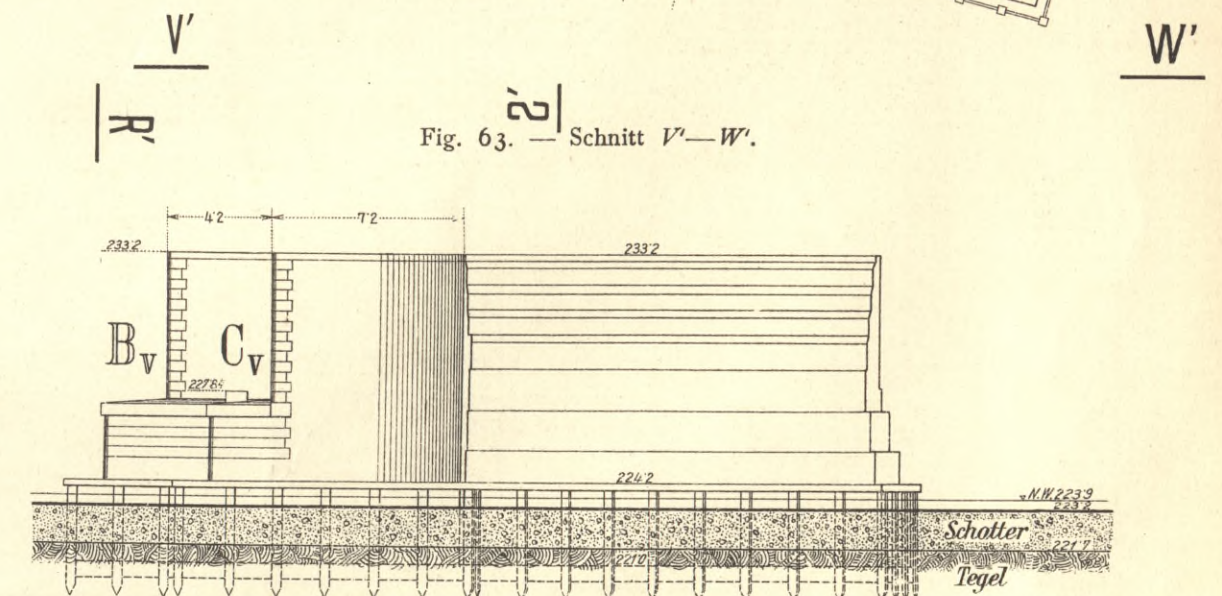


Fig. 67. — Schnitt H—J.

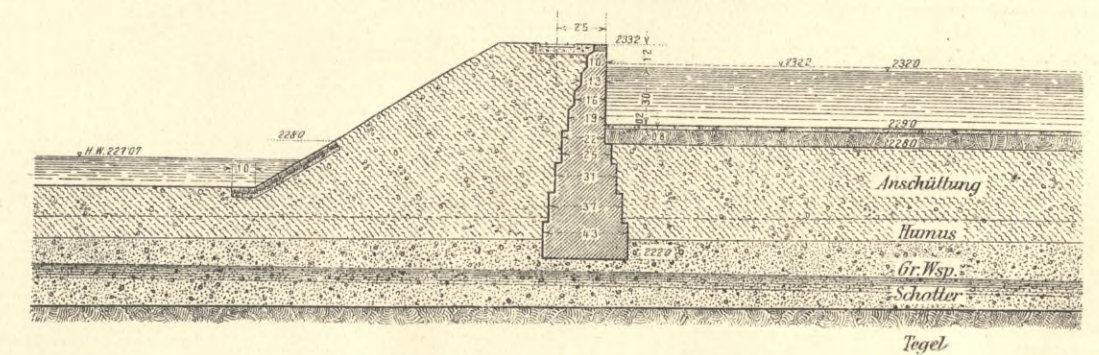
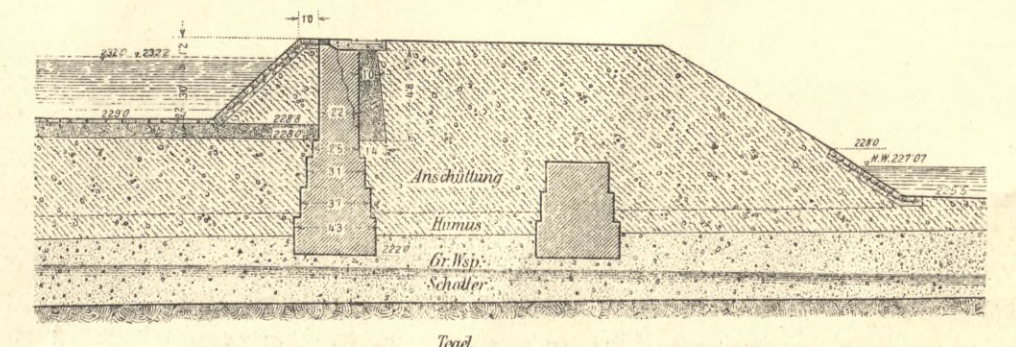


Fig. 66. — Schnitt E—F.



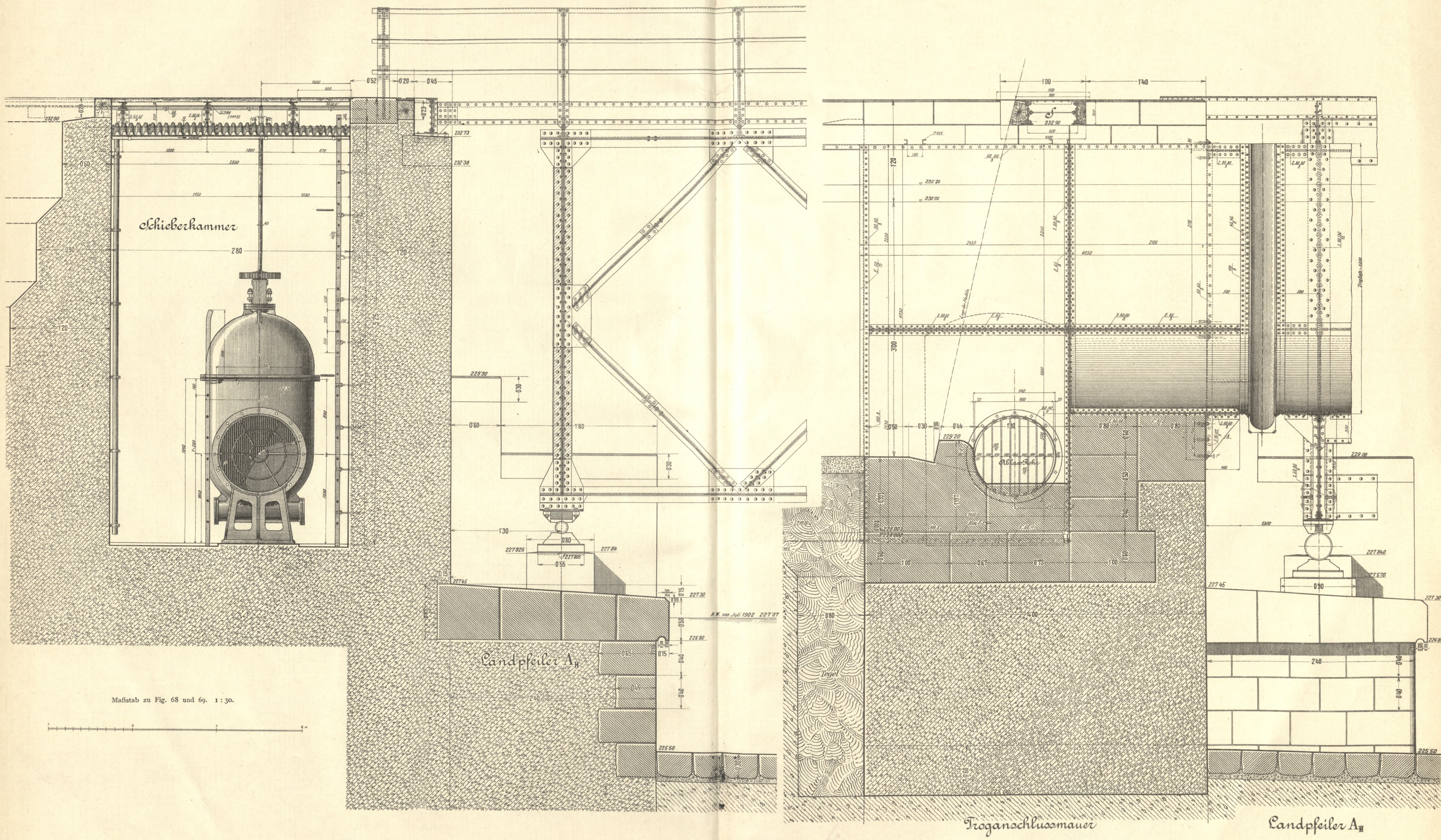
PROJEKT EINER EISERNEN KANALBRÜCKE ÜBER DEN SKAWAFLUSS.

Mitgeteilt von den Ingenieuren der k. k. Direktion für den Bau der Wasserstraßen in Wien, k. k. Bauoberkommissär Dr. Fritz Postuvanschitz und k. k. Baukommissär Richard Kröpfl.

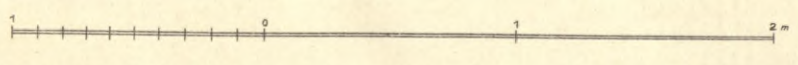
Fig. 68. — Längenschnitt durch die Schieberkammer.

Fig. 68 und 69. — Anschluß des Troges an das Widerlager.

Fig. 69. — Längenschnitt durch den Trog.



Maßstab zu Fig. 68 und 69. 1 : 30.





S. 67

102

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

IV 35197
L. inw.

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000302822