

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300893

x
786

Bewegliche Brücken.

Ein Hand- und Lehrbuch

für

Ingenieure und Studierende des Bauingenieurwesens.

I. Teil: Die Klappbrücken.

L. Hotopp

Von

Dr. Ing. Ludwig Hotopp,

Geheimer Baurat, Professor an der Technischen Hochschule

in Hannover.

Mit 302 in den Text gedruckten Figuren.



Hannover 1913.

Helwingsche Verlagsbuchhandlung.

Bewegliche Brücken.

Ein Hand- und Lehrbuch

für

Ingenieure und Studierende des Bauingenieurwesens.

I. Teil: Die Klappbrücken.

Von

Dr. Ing. Ludwig Hotopp,

Geheimer Baurat, Professor an der Technischen Hochschule

in Hannover.

Mit 302 in den Text gedruckten Figuren.



F. - Nr. 32 864.



Hannover 1913.
Helwingsche Verlagsbuchhandlung.



III 18292

Seinem hochverehrten einstigen Lehrer

Herrn Geheimen Hofrat Professor A. Scheffler
in Braunschweig

in dankbarer Erinnerung zugeeignet.

Der Verfasser.

Vorwort.

Mit der Entwicklung der Schiffahrtsanlagen im allgemeinen hat auch das in diesem Buche behandelte Spezialgebiet der beweglichen Brücken in den letzten Jahrzehnten sowohl hinsichtlich der Zahl und der Abmessungen der ausgeführten Bauwerke, als auch bezüglich der verwirklichten Konstruktionsgedanken eine rasche Ausdehnung erfahren. Dieser Entwicklung und der Bedeutung, die das Gebiet für das Verkehrs- und Wirtschaftsleben gewonnen hat, ist die bezügliche neuere zusammenfassende Literatur nicht im gleichen Maße gefolgt. Verfügt doch die deutsche Buchliteratur nur über ein einziges neueres Werk auf dem Gebiete. Ich selbst empfand die Knappheit der literarischen Orientierungsmittel, als ich vor einer Reihe von Jahren neben meinem Lehrgebiete „Mechanik für Bauingenieure“ die Vorträge über bewegliche Brücken an der hiesigen Technischen Hochschule zu übernehmen hatte.

Da ich während der meiner akademischen Lehrtätigkeit vorausgegangenen praktischen Betätigung sowohl auf dem Gebiete des Wasserbaues als auch auf dem des einschlägigen Maschinenbaues Gelegenheit hatte, mich eingehend mit dem nunmehr lehrweise zu behandelnden Stoffe zu beschäftigen, schien es mir alsbald geboten, mein bescheiden Teil zur Vervollständigung der Literatur des in Frage stehenden Gebietes beizutragen, die Ergebnisse meiner Erfahrung und meiner Forschung in einem Druckwerke der Oeffentlichkeit zu übergeben. Die Ausführung des Planes hat sich aus mancherlei Gründen, vor allem durch die unerwartete anderweite Inanspruchnahme meiner Zeit und durch die Umständlichkeit der Materialbeschaffung, zu deren Zwecke ich mehrfach Reisen ins Ausland (Amerika, England, Niederlande) unternehmen mußte, mehr verzögert als es vorauszusehen war.

Bei der Umgrenzung des zu bearbeitenden Stoffes wurde zugunsten einer tunlichst übersichtlichen Anordnung desselben alles ausgeschieden, was sich auf Grund der Lehren des allgemeinen Brücken- und Eisenbaues sowie der Statik behandeln läßt. Wo für die Anwendung bekannter Regeln besondere Gesichtspunkte in Frage kamen, wurden diese in Kürze dargelegt.

Das Buch will dem ausübenden Ingenieur, der vielleicht erstmalig vor die Lösung von Aufgaben auf dem Gebiete gestellt ist, und den Studierenden technischer Lehranstalten eine allgemeine Orientierung auf dem Gebiete der beweglichen Brücken bieten und ihnen nach Möglichkeit die an ausgeführten Bauwerken gesammelten Erfahrungen zugänglich machen. Der letztere Zweck konnte bei der Neuheit wichtiger Arten beweglicher Brücken naturgemäß nur in beschränktem Maße erfüllt werden. Auftretende wichtige Fragen, wie die des Widerstandes von unter Druck aufeinander rollender Bauteile gegen Abnutzung und Bruch, konnten noch nicht endgültig beantwortet werden.

Dem bezeichneten Zwecke entsprechend beschränkt sich das Buch auf die Darlegung der verschiedenen Systeme beweglicher Brücken in ihrer grundsätzlichen Anordnung und mit den ihnen eigenen wichtigen Einzelheiten. Insbesondere werden die Bewegungsvorgänge verfolgt und die Bewegungsapparate besprochen. Daneben wird an einer größeren Anzahl von ausgeführten Bauwerken die Anwendung der den einzelnen Systemen zugrunde liegenden Konstruktionsprinzipien gezeigt.

Der hier vorliegende erste Teil des Buches umfaßt neben einer einleitenden allgemeinen Betrachtung über Zweck, Anwendung und Einteilung der beweglichen Brücken die Klappbrücken in ihren verschiedenen Systemen. Zu diesen wurden auch die herkömmlich als Zugbrücken bezeichnete

Art von beweglichen Brücken gerechnet, weil die nur historisch begründete Unterscheidung dieser Brückenart von den Klappbrücken im allgemeinen bei der neueren Entwicklung der letzteren sich nicht mehr aufrecht erhalten läßt.

Die besondere Herausgabe dieses ersten Teiles des Gesamtwerkes findet ihre Begründung in dem Wunsche, die neueren Systeme der Klappbrücken, die in ihrer Bedeutung für den Verkehr alle anderen Arten beweglicher Brücken mehr und mehr überragen, den interessierten Kreisen alsbald in übersichtlicher Form vorzuführen.

Der zweite alle übrigen Arten beweglicher Brücken umfassende Teil wird in Bälde folgen. Ich hoffe, darin auch noch ergänzende Mitteilungen über die Erfahrungen mit den neueren Klappbrückensystemen machen zu können.

Am Schluß des hiermit veröffentlichten I. Teiles befindet sich ein Literaturverzeichnis, in dem auch die bei Bearbeitung dieses Buches benutzten Quellen kenntlich gemacht worden sind.

Eine angenehme Pflicht ist es mir, bei dieser Gelegenheit den in- und ausländischen Behörden, Brückenbauanstalten, Maschinenfabriken und Ingenieuren, die das Unternehmen durch Ueberweisung von Zeichnungen und Auskunftserteilung so entgegenkommend gefördert haben, meinen verbindlichsten Dank abzustatten.

Ebenso spreche ich Herrn Regierungsbaumeister W. Quantz für seine wertvolle Unterstützung bei Ausführung der Korrekturen hier nochmals meinen besten Dank aus.

Der Helwingschen Verlagsbuchhandlung gebührt mein Dank für das bewiesene freundliche Entgegenkommen bei der Drucklegung des Buches und für dessen gute Ausstattung.

H a n n o v e r , im Mai 1913.

Ludwig Hotopp.

Inhaltsverzeichnis des I. Teiles.

Allgemeines. Einleitung.		Seite
§ 1.	Zweck und Anwendung beweglicher Brücken	1
§ 2.	Allgemeine Bedingungen für sicheren und leichten Betrieb	2
§ 3.	Einteilung der beweglichen Brücken	5
 Erster Abschnitt: Die Klappbrücken. 		
§ 4.	Allgemeines. Einteilung.	8
§ 5.	Klappbrücken mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich.	
	I. Allgemeines	9
	II. Anordnung einflügeliger Klappbrücken	11
	III. Anordnung zweiflügeliger Klappbrücken	11
	IV. Belag und Abgrenzung der Verkehrsbahn der Klappe gegen die anschließenden festen Bahnen	11
	V. Antriebseinrichtungen für das Oeffnen und Schließen der Klappe	13
	VI. Die Drehachse und ihre Lagerung	16
	VII. Sicherung der Klappen gegen zu große Drehgeschwindigkeit und Stoß	17
	VIII. Stützung und Sicherung der Klappen im geschlossenen Zustande	20
	a) Stützlager	21
	b) Rückendverschlüsse	21
	c) Vorderendverschlüsse	22
	d) Verriegelungen	23
	IX. Statische Berechnung der Klappenträger.	
	a) Hauptträger einteiliger Klappbrücken	25
	b) Hauptträger zweiteiliger Klappbrücken	25
	X. Vergleich ein- und zweiteiliger Klappbrücken in technischer und wirtschaftlicher Beziehung	27
§ 6.	Ausgeführte Klappbrücken mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich.	
	I. Einflügelige Klappbrücken.	
	a) Klappöffnung in der Straßenbrücke über die Dahme-Wasserstraße in Schmöckwitz	27
	b) Klappöffnung in der Straßenbrücke über die Memel in Tilsit	29
	c) Die Duisburg-Ruhrorter Klappbrücken	32
	d) Eisenbahn-Klappbrücke über die Stör bei Itzehoe	37
	II. Zweiflügelige Klappbrücken.	
	a) Die Hohe Brücke in Königsberg	41
	b) Die Schmiedebrücke in Königsberg	42
	c) Die Scheluwe-Brücke in Rotterdam	46
	d) Die Klappbrücke über den Brüsseler Seekanal in Brüssel	46
	e) Die Klappöffnung der Towerbrücke in London	47
	f) Brücke über den Chicagofluß in der Eriestraße in Chicago	51
	g) Klappbrücke über den Schuyikill-Fluß in Philadelphia	53
	h) Straßenbrücke über den Cuyahoga-Fluß in Cleveland (System Cowing).	56
	i) Dreigelenkbogen-Klappbrücke über den Binnenhafen in Fejenoord, Rotterdam	57
§ 7.	Klappbrücken mit fester Achse und zwangsläufigem Gewichtsausgleich.	
	I. Allgemeines	59
	II. Ausgeführte neuere Parallelogramm-Klappbrücken.	
	a) Klappbrücke über die Scharrebie-Schleuse in Rotterdam	61
	b) Eisenbahn-Klappbrücke über den Calumet-Fluß in Chicago	62
	c) Eisenbahn-Klappbrücke über den Swan-Creek in Toledo am Eriesee	63
	d) Eisenbahn-Klappbrücke über den Chicago-Fluß in Chicago	64
	e) Eisenbahn-Klappbrücke über den Cuyahoga-Fluß in Cleveland	66
	f) Straßen-Klappbrücke in Camden, New-Jersey	67
	g) Die neue Knippels-Brücke in Kopenhagen	67

III. Ausgeführte Leitkurven-Klappbrücken.	
a) Klappbrücke über den Conyisland-Creek in N.-A.	69
b) Zweiteilige Klappbrücke über den Sakonet-Fluß zwischen Portsmouth und Tiverton N.-A.	70
c) Klappbrücke über den Chicagofluß in der Ashland-Avenue in Chicago	71
§ 8. Klappbrücken mit wagerecht verschieblicher Achse und starrem Gewichtsausgleich; Rollklappbrücken.	
I. Allgemeines	72
II. Ausgeführte Rollklappbrücken System Scherzer.	
a) Zweiteilige Klappbrücke in der van Buren-Straße in Chicago	76
b) Ruigeplaat-Brücke in Rotterdam	78
c) Brücke über die Kostverloorenfahrt in Amsterdam	80
d) Die neue Albrechtsbrücke in Rotterdam	80
e) Die Hansabrücke in Stettin	82
f) Klappöffnung in der Baumbrücke in Stettin	86
g) Klappbrücke über die Weichsel bei Danzig	88
h) Zweiteilige Klappbrücke über den Newtown-Creek in New-York	89
i) Zweiteilige Klappbrücke über den Riachuelofluß in Buenos-Aires	92
k) Einteilige Eisenbahn-Klappbrücke über den Coyahogafluß in Cleveland (N.-A.)	92
l) Einteilige Eisenbahn-Klappbrücke über die Delftshaven-Schie bei Rotterdam .	93
III. Ausgeführte Rollklappbrücken, System Strobel.	
a) Einteilige Eisenbahn-Klappbrücken über den Ost-Chicago-Kanal in Indiana-Harbor	96
b) Zweiteilige Eisenbahn-Klappbrücke über den Illinoisfluß id Peoria, Illinois N.-A.	99
§ 9. Schlußbemerkungen.	
I. Einzelklappbrücken besonderer Art	100
II. Vergleichsweise Bewertung der behandelten Systeme von Klappbrücken in technischer und wirtschaftlicher Beziehung	101

Allgemeines. Einleitung.

§ 1.

Zweck und Anwendung beweglicher Brücken.

Ueberall da, wo Landstraßen oder Eisenbahnen einerseits und Wasserstraßen andererseits sich kreuzen, ohne daß der verfügbare oder nach Lage der örtlichen Verhältnisse durch bauliche Maßnahmen zu erreichende Höhenunterschied der Verkehrsebenen beider eine Ueberführung der ersteren über die letzteren ohne Behinderung der Schifffahrt gestattet, ist die Anwendung beweglicher Brücken geboten. Zweck derselben ist danach, durch wechselweise Unterbrechung der einen und Oeffnung der andern der sich kreuzenden Verkehrsstraßen die Abwicklung des Gesamtverkehrs zu ermöglichen. Ein ununterbrochener Verkehr in beiden Richtungen läßt sich durch Anwendung beweglicher Brücken also nicht erreichen und *insofern* ist die Befriedigung der Verkehrsinteressen eine weniger vollkommene, als bei Ueberführung der Straße oder Eisenbahn auf fester Brücke in hinreichender Höhe.

In vielen Fällen sind beide Lösungen möglich, und es entsteht dann die Frage, welche von beiden in Abwägung aller berührten Interessen nach Lage der besonderen Umstände den Vorzug verdient.

In erster Linie sind dabei die Verkehrsinteressen zu berücksichtigen, und zwar sowohl hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit als der Sicherheit des Verkehrs. — Ueberwiegt der Landverkehr und kommt insbesondere schwerer Lastverkehr in Frage, so spricht das gegen hohe Anrampungen zur Ermöglichung einer festen und für die Wahl einer beweglichen Brücke, welche die Kreuzung meist ohne unbequeme Steigungen ermöglicht. Tritt dagegen der Landverkehr in seiner Bedeutung wesentlich hinter den Verkehr auf der Wasserstraße zurück, oder kommt vorwiegend leichter Landverkehr in Betracht, so läßt das eine Ueberführung mittels fester Brücke in der entsprechend hohen Lage vorteilhaft erscheinen. In beiden Fällen kommt jedoch mitentscheidend in Betracht, ob es sich um die Ueberbrückung einer Binnenwasserstraße mit dem Verkehr unbemasteter Schiffe also mit verhältnismäßig kleiner, oder um die eines Seeschiffahrtsweges mit großer erforderlicher Durchfahrthöhe handelt.

Wird nach diesen Gesichtspunkten zur Wahl einer Kreuzung mittels beweglicher Brücke geschritten

und kommt, wie in der Nähe von Häfen, neben dem Verkehr bemasteter oder sonst höher über den Wasserspiegel hervorragender Schiffe auch solcher niedrigerer Fahrzeuge in größerer Anzahl in Betracht, so wird man auch der beweglichen Brücke nach Möglichkeit solche lichte Durchfahrthöhe im geschlossenen Zustande geben, daß sie von tunlichst vielen der niedrigeren Schiffe jederzeit, also ungeöffnet durchfahren werden kann und so die gegenseitige Störung zwischen Land- und Schiffsverkehr auf ein kleinstes Maß sich beschränkt. In allen solchen Fällen wird man sich bei der Brücke auch mit einer knappen Bauhöhe (Höhenunterschied zwischen Unterkante der Verträgerung und Oberkante der Verkehrsbahn) behelfen müssen.

Neben den hier besprochenen, ausschließlich verkehrswirtschaftlichen Momenten fallen stets auch Rücksichten auf die Verkehrssicherheit ins Gewicht. Das ist in ausschlaggebendem Maße der Fall, wenn z. B. eine der sich kreuzenden Verkehrslinien wichtige strategische Bedeutung besitzt oder wenn dies gar bei beiden der Fall ist. Rücksichten der Verkehrssicherheit sprechen stets für eine Kreuzung mittels fester Brücke, weil bei einer solchen naturgemäß die Wahrscheinlichkeit von Verkehrsstörungen verschwindend klein ist, gegenüber derjenigen bei beweglichen Brücken.

In zweiter Linie verlangt das finanzielle Interesse des zur Befriedigung des Verkehrsbedürfnisses Verpflichteten Berücksichtigung. Dieses weist darauf hin, daß das zu dem Zwecke für Bau und Unterhaltung bzw. für Bau, Unterhaltung und Betrieb der festen oder beweglichen Brücke erforderliche Gesamtkapital, das sich aus den Neubaukosten sowie aus den kapitalisierten Unterhaltungs- und Betriebskosten zusammensetzt, so klein wie möglich ausfalle. Es bedingt auch, daß, wenn nach Lage der Verhältnisse eine bewegliche Brücke zur Ausführung kommt, die Wahl des Systems derselben nach gleichen Gesichtspunkten zu geschehen hat, insbesondere auch, daß die Brücke eine tunlichst große lichte Durchfahrthöhe erhalte, damit möglichst viele niedrigere Fahrzeuge sie im geschlossenen Zustande durchfahren können, also die Zahl der täglich erforderlichen

Oeffnungen und damit der Aufwand für Unterhaltung und Betrieb so klein wie möglich ausfallen.

Der richtige Ausgleich zwischen den Forderungen der Verkehrsinteressen und dem zu ihrer Befriedigung erforderlichen Kapitalaufwande führt dann zu der allgemein wirtschaftlich vorteilhaftesten Lösung der Aufgabe.

Unter Umständen können neben den vorstehend dargelegten Verkehrs- und finanziellen Interessen auch Rücksichten auf die Erscheinung des Bauwerkes in einem vielleicht in Mitleidenschaft kommenden Landschafts- oder Ortschaftsbilde oder auch Privatinteressen benachbarter Grundstücke für die Wahl einer festen oder beweglichen Brücke ins Gewicht fallen. Erforderliche hohe Rampen z. B. können aus diesen Rücksichten die Errichtung einer festen „Hochbrücke“ so gut wie völlig ausschließen.

Die Anwendung beweglicher Brücken, wenn auch in einfachster, den heutigen Einrichtungen kaum vergleichbarer, unvollkommener Bauart reicht bis in das Altertum zurück. In die Schiffbrücken, welche Darius über die untere Donau und den Bosphorus, Xerxes über den Hellespont herstellen ließen, wurden bereits bewegliche Joche als Durchlaßöffnungen für bemastete Schiffe eingebaut.

Aber nicht immer waren es auf Verkehrsförderung gerichtete Momente, welche zur Entstehung und Entwicklung beweglicher Brücken geführt haben. Zeitweilig ist hierbei gerade das entgegengesetzte Bestreben, nämlich das der Verkehrshemmung in strategischem Sinne wirksamer gewesen.

Wie Plinius erzählt, wurde die zur Verbindung der Stadtteile Roms beiderseits des Tibers von Ancus-Martius erbaute älteste auf Pfählen ruhende Holzbrücke der Stadt zur Verteidigung der letzteren gegen die Etrusker ums Jahr 500 v. Chr. abgebrochen, dann aber, um in etwa wiederkehrenden ähnlichen Fällen die Brücke für einen heranrückenden Feind ohne ihren Abbruch wirksam sperren zu können, wurde ein Teil des Ueberbaues derselben so eingebaut, daß man ihn gegebenenfalls leichter beseitigen und wieder einfügen konnte. Ebenso wurde in die im Jahre 1683 erbaute massiv gewölbte Brücke über die Maas bei Maastricht ein leichter zu beseitigendes Holzjoch eingefügt.

Den ersten beweglichen Brücken mit wirklichen organischen Betriebseinrichtungen begegnen wir erst im späten Mittelalter in den sogenannten Zugbrücken, die indes zunächst und bis in den Anfang des 19. Jahrhunderts hinein noch weitaus vorwiegend zu Zwecken der Absperrung fester Plätze gegen feindlichen Angriff zu dienen hatten. Erst im Laufe der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, als die Dampfkraft für Verkehrszwecke zu Wasser und zu Lande nutzbar wurde, trat auch bei Entwicklung der beweglichen Brücken, namentlich hinsichtlich ihrer Abmessungen das verkehrsfördernde Moment überwiegend in den Vordergrund. Begünstigt wurde diese Entwicklung ausschlaggebend auch dadurch, daß infolge der Fortschritte auf dem Gebiete der Eisenindustrie dieser Baustoff als Walzeisen in konstruktiv immer vorteilhafteren Formen für den Brückenbau zur Verfügung stand, so daß das bis dahin zum Bau beweglicher Brücken vorwiegend benutzte Holz immer mehr in den Hintergrund trat. Gußeisen hat, wie im Brückenbau überhaupt, so namentlich auch beim Bau beweglicher Brücken nur vorübergehend eine gewisse Rolle gespielt.

Die steigenden Anforderungen des Schiffahrtsverkehrs an die Durchfahrtsweiten der beweglichen Brücken konnten nur durch die Verwendung des zugfesteren und zäheren Schmiedeeisens befriedigt werden. Nur mit Hilfe eines solchen Materials ist es möglich, den bei beweglichen Brücken nicht zu vermeidenden dynamischen Beanspruchungen gegenüber die erforderliche Tragsicherheit zu erreichen, ohne ein für ihre Bewegung unbequem großes Gewicht der Ueberbauten in Kauf nehmen zu müssen. Auf eine tunlichst leichte Ausbildung der beweglichen Brücken ist man naturgemäß von vornherein immer bedacht gewesen, und zwar nicht nur wegen tunlichster Minderung der dem Gewichte verhältnismäßigen passiven Bewegungswiderstände, sondern auch, weil der bei den meisten beweglichen Brücken erforderliche Gewichtsausgleich die Hinzufügung toter Massen, sogen. Gegengewichte bedingt, deren Größe gleichfalls dem eigentlichen Brückengewichte proportional ist und weil naturgemäß mit der Größe der an der Bewegung beteiligten Massen auch die Betriebsgefahr wächst.

§ 2.

Allgemeine Bedingung für sicheren und leichten Betrieb.

Um den Betrieb beweglicher Brücken in dem erforderlichen Maße sicher und hinsichtlich des Aufwandes an Betriebskraft vorteilhaft zu gestalten, ist allgemein ein solcher Ausgleich zwischen den an der Bewegung beteiligten, fest oder zwangsläufig miteinander verbundenen Massen (Ausbalanzierung durch Gegengewichte) erforderlich, daß

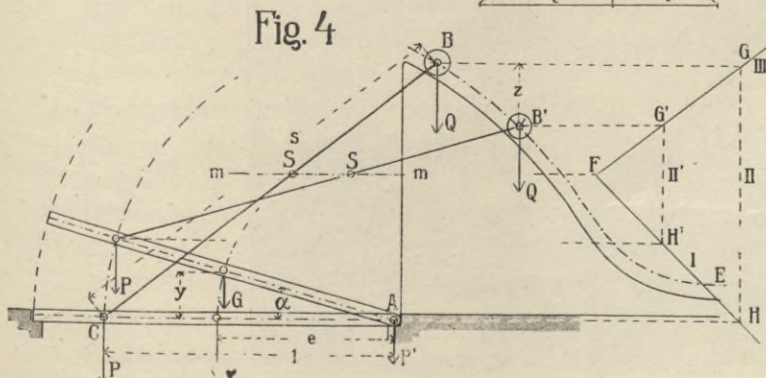
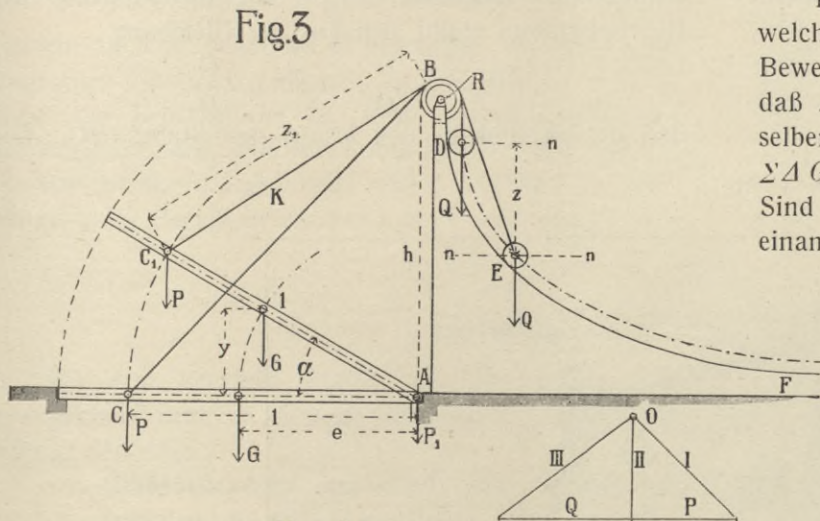
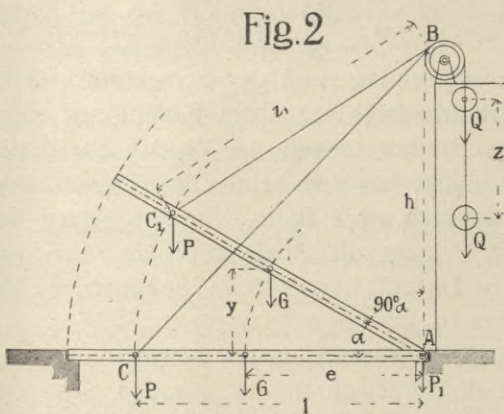
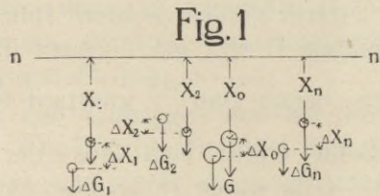
1. wenn etwa infolge irgendeiner Störung die Antriebskraft zu wirken aufhört, die Brücke und alle mit ihr an der Bewegung

beteiligten Massen sich selbst überlassen unter der Wirkung der Schwere keinerlei beschleunigte Bewegung (Sturzbewegung) ausführen, sondern, durch die Reibungswiderstände ihre Bewegung verzögernd, tunlichst ohne Stoß gefahrlos zur Ruhe kommen;

2. die Antriebskraft außer der Trägheit der Massen im Anfange der Bewegung nur Reibungswiderstände und Wind-

druck, aber keine Schwerkkräfte zu überwinden hat.

Beide Bedingungen werden ersichtlich gleichzeitig erfüllt, wenn die Summe der virtuellen Arbeiten der Schwere aller an der Bewegung beteiligten Massen in jedem kleinsten Zeitteilchen und demnach auch für die ganze Bewegung gleich Null ist, d. h., wenn die Positivarbeit der Schwere aller sinkenden in jedem Augenblicke gleich ist der Negativarbeit der Schwere aller steigenden Massenteile, beide sich also infolge der Eigenart der bestehenden zwangläufigen Bewegung aller Massen aufheben.



Das in vorstehendem erläuterte Bewegungsgesetz läßt sich auch einfach so ausdrücken: der gemeinsame Schwerpunkt aller an der Bewegung beteiligten Massen, mag er sich sonst beliebig bewegen, darf jedenfalls keine lotrechte Bewegung ausführen.

Die Uebereinstimmung beider Ausdrucksweisen erkennt man leicht durch folgende Betrachtung aus der Mechanik.

Die Massenteile $\Delta G_1, \Delta G_2 \dots \Delta G_n$ sind mit ihren Schwerpunkten um lotrechte Strecken $X_1, X_2 \dots X_n$ von einer wagerechten Ebene nn (Fig. 1) entfernt. Dann gilt, wenn X_0 der Abstand ihres gemeinsamen Schwerpunktes S und $G = \sum \Delta G$ ihr Gesamtgewicht ist, die Beziehung

$$1) G \cdot X_0 = \Delta G_1 \cdot X_1 + \Delta G_2 \cdot X_2 + \dots + \Delta G_n \cdot X_n = \sum \Delta G \cdot X.$$

Führen jetzt die einzelnen Massenteile beliebige Bewegungen aus, wobei sich ihre lotrechten Entfernungen von nn um $\Delta X_1, \Delta X_2 \dots \Delta X_n$ ändern, so wird im allgemeinen sich auch ihr gemeinsamer Schwerpunkt irgendwie bewegen und dabei seinen Abstand von nn um ein Maß ΔX_0 ändern. Es gilt nun die Gleichung

$$2) G(X_0 + \Delta X_0) = \Delta G_1(X_1 + \Delta X_1) + \Delta G_2(X_2 + \Delta X_2) + \dots + \Delta G_n(X_n + \Delta X_n).$$

Durch Abziehen beider Gleichungen voneinander folgt

$$3) G \cdot \Delta X_0 = \Delta G_1 \Delta X_1 + \Delta G_2 \Delta X_2 + \Delta G_n \cdot \Delta X_n = \sum \Delta G \cdot \Delta X,$$

worin die Streckenelemente $\Delta X_1, \Delta X_2$ usw. positiv oder negativ sein können.

Rechtssteht der Gl. 3 steht die Summe der Arbeiten, welche die Schwerkkräfte $\Delta G_1, \Delta G_2$ usw. während der Bewegung geleistet haben. War die Bewegung derart, daß $\Delta X_0 = 0$, der gemeinsame Schwerpunkt, in derselben Höhe verblieb, so ist auch die Arbeitssumme $\sum \Delta G \cdot \Delta X$ aller Massenteile gleich Null und umgekehrt. Sind die Massenteile nun zwangläufig, d. h. so miteinander verbunden, daß irgendeine Bewegung eines

Teiles bestimmte Bewegungen aller übrigen im Gefolge hat, und ist diese Verbindung noch derart, daß bei jeder danach möglichen (virtuellen) Bewegung ΔX_0 gleich Null bleibt, so muß auch die Summe der Arbeiten aller Schwerkkräfte $\sum \Delta G \cdot \Delta X = 0$ sein. In jedem Stadium der Bewegung besteht also Gleichgewicht zwischen den Gewichtskräften und ist daher beschleunigte Bewegung lediglich unter der Wirkung dieser ausgeschlossen.

Unter Benutzung des hier dargelegten Konstruktionsgrundsatzes, der hinfert kurz als „Betriebsbedingung“ bezeichnet werden möge, hat die im Festungsbau fast ausschließlich angewandte Zugbrücke in Frankreich eine ums Jahr 1740 einsetzende interessante Entwicklung erfahren, die hier beispielsweise kurz besprochen werden soll.

Fig. 5

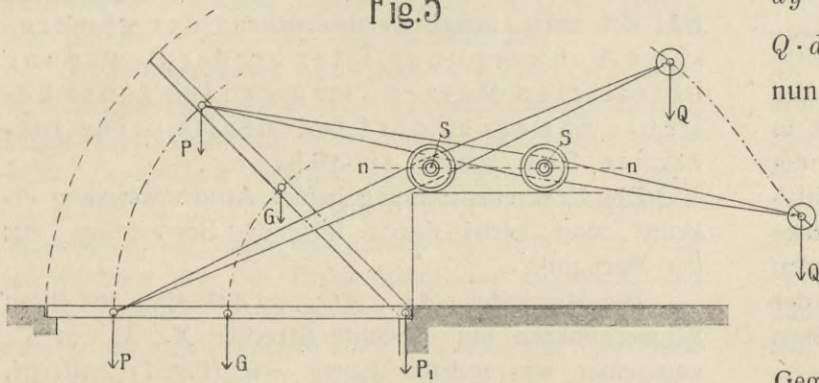
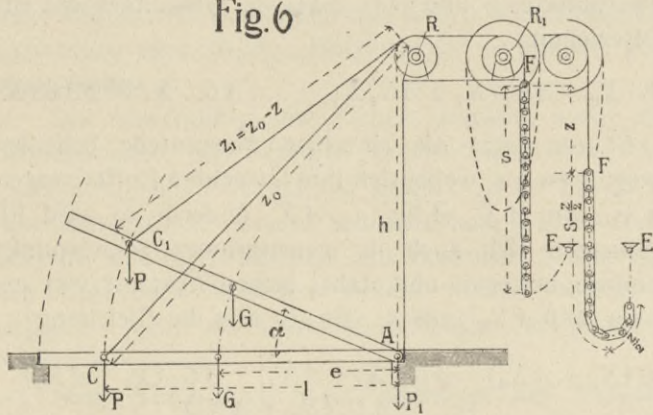


Fig. 6



Es lag sehr nahe, das Öffnen und Schließen der sogen. Kettenzugbrücke im Sinne der Fig. 2 durch Anwendung eines Gegengewichtes Q zu erleichtern. Man erkannte aber, daß mit Hilfe eines während der Bewegung der Brückentafel konstant wirkenden Gegengewichtes Q nur eine unvollkommene Wirkung und die Erfüllung der oben bezeichneten Betriebsbedingung, Gleichgewicht in jedem Augenblicke und in jeder Drehlage α , nicht erreicht werden kann. Zwischen den an der Bewegung beteiligten Massengewichten G und Q (das Kettengewicht außer acht gelassen) und ihren lotrechten Wegelementen

dy und dz müßte nämlich die Gleichung bestehen $Q \cdot dz - G \cdot dy = 0$, also $Q = G \cdot \frac{dy}{dz}$. Im Dreieck ABC_1 ist nun $z_1^2 = l^2 + h^2 - 2hl \cos(90^\circ - \alpha) = l^2 + h^2 - 2hl \sin \alpha$; daher $dz = dz_1 = \frac{hl \cos \alpha d\alpha}{z_1}$. Ferner nach Fig. 2 $y = e \sin \alpha$, also $dy = e \cos \alpha d\alpha$ und $\frac{dy}{dz} = \frac{z_1 e}{hl}$. Somit müßte $Q = \frac{z_1 \cdot e}{hl} \cdot G$, d. h. Q mit z_1 veränderlich sein.

Um die „Betriebsbedingung“ mit konstantem Gegengewicht Q zu erfüllen, läßt Bellidor (1740) dasselbe nicht lotrecht sinken, sondern führt es auf einer nach bestimmtem Gesetz gekrümmten Bahn DEF (Fig. 3) abwärts, derart, daß $\frac{dy}{dz}$ konstant wird. Für die Form der Bahn ergibt sich aus der Betriebsbedingung $Q \cdot dz = G dy$ durch Integration zwischen den Grenzen o und z und o und y

$$z = \frac{G}{Q} \cdot y = \frac{G}{Q} \sin \alpha \cdot e.$$

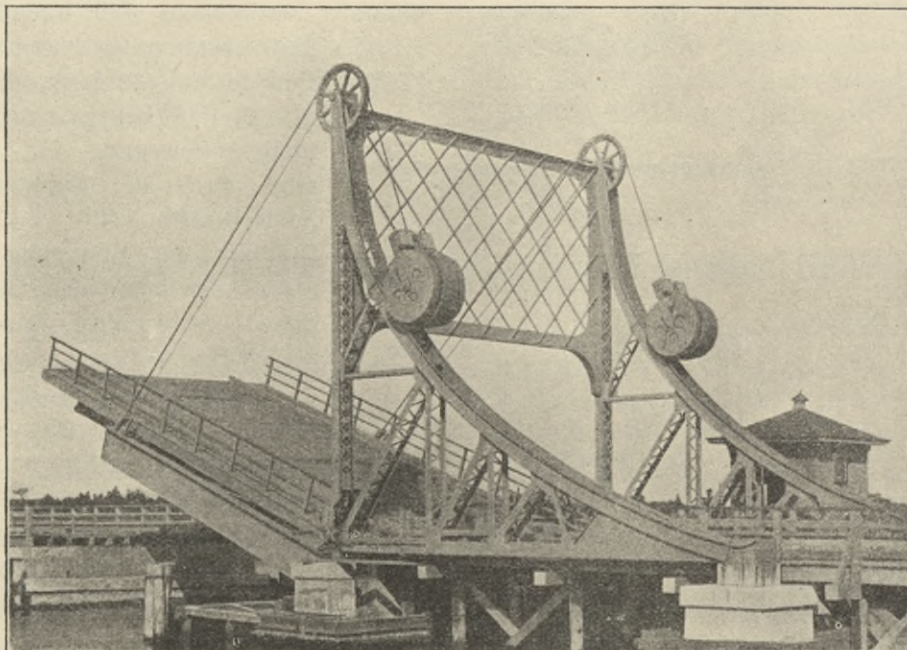
Nach dieser Gleichung muß der Schwerpunkt von Q für eine bestimmte Drehlage α der Klappe auf einer bestimmten wagerechten Gerade nn liegen; durch die konstante Kettenlänge ist er in seiner Lage auf der nn festgelegt und dadurch seine Bahn, eine Art Sinuslinie, bestimmt. Fig. 7 zeigt die Ausführung einer solchen Brücke neueren Datums von 15 m Spannweite für Schiffahrtzwecke in Brooklyn (Newyork).

Kapitän Delille ersetzte unter Vermeidung der Rolle R die Zugkette K durch den geraden Stab BC (Fig. 4). Die zur Erfüllung der Betriebsbedingung jetzt erforderliche Bahnlinie BB_1E für die Führung des Gegengewichtes ergibt sich aus der Gleichung

$$z = y \cdot \frac{G}{Q} = e \sin \alpha \cdot \frac{G}{Q}$$

und der gleichbleibenden Länge des Stabes BC . Die

Fig. 7.



jedesmalige Ordinate z des Gegengewichtes Q unter seiner Anfangslage läßt sich bei der Delilleschen Lösung (Fig. 4) wie bei der Bellidorschen (Fig. 3) auch sehr bequem auf graphischem Wege durch ein Seileck bestimmen, wie in Fig. 4 rechts angedeutet ist. Denkt man sich nämlich das Gewicht G der Klappe durch zwei Parallelkräfte P und P_1 , in C und A angreifend, ersetzt, so nimmt nur der Anteil P in C an der Bewegung teil. Der gemeinsame Schwerpunkt S von Q und P in seiner Höhenlage durch den Schnittpunkt F der Seilecksseiten I und III bestimmt, muß in dieser Höhe verbleiben; die Seilecksseite II verschiebt sich mit der Bewegung der Klappe und der Gewichte P und Q parallel und bestimmt dadurch zusammengehörige Punkte G und H , G_1 und H_1 usw.

Bergère benutzt den Umstand, daß der Schwerpunkt S von P und Q bei solcher Führung von Q sich nur wagerecht bewegt und führt S zwangsläufig auf wagerechter Bahn (Fig. 5), dann beschreibt Q von selbst eine der Bahnlinie BB_1E (Fig. 4) ähnliche Linie, und die Betriebsbedingung ist erfüllt. Der Stab BC wirkt dabei als Hebel mit wagerecht verschieblicher Achse und ist demgemäß biegefest zu gestalten. Bei Bestimmung des Schwerpunktes S ist das Gewicht des Hebels natürlich mit zu berücksichtigen.

Unabhängig von der zusammenhängenden Entwicklung dieser Reihe entstammen jener Zeit noch andere Vorschläge zur Lösung derselben Aufgabe, von denen hier nur diejenige des bekannten französischen Ingenieurs Poncelet erwähnt werden möge.

Poncelet wendet ein nach Maßgabe der oben abgeleiteten Gleichung $Q = \frac{z_1 e}{hl} G$ veränderliches Gegengewicht an, und zwar gibt er demselben die Form einer biegsamen Kette (Fig. 6), die im Augenblicke des Anhubes der Brückentafel mit ihrer ganzen Länge s an der Zugkette hängt und mit ihrem ganzen Gewichte $q \cdot s$ (q Gewicht der Längeneinheit) wirkt. Infolge der Aufhängung der Gegengewichtskette bei E geht das Gewicht

derselben in dem Maße als sie sinkt und die Brückentafel hochklappt allmählich in den Aufhängungspunkt E über, während die Zugkette entsprechend entlastet wird. Ist das Ende F der Kette um ein Maß z gesunken, so hat sich ein Stück derselben von der Länge $\frac{z}{2}$ in E aufgehängt und für die Bewegung der Brücke ist noch wirksam das Gewicht $\left(s - \frac{z}{2}\right)q$. Gleichzeitig hat sich das Stück z_0 der Zugkette verringert auf $z_1 = z_0 - z$. Für den Anfang der Bewegung lautet die Gleichgewichtsbedingung daher $Q_0 = qs = z_0 \frac{e}{hl} \cdot G$, und während derselben

$$Q_1 = q \left(s - \frac{z}{2}\right) = (z_0 - z) \cdot \frac{e}{hl} \cdot G.$$

Durch Abziehen beider Gleichungen erhält man $\frac{q}{2} = G \frac{e}{hl}$, also das erforderliche Gewicht der Längeneinheit der Gegengewichtskette zu $q = 2G \cdot \frac{e}{hl}$ und damit aus der ersten Gleichung die notwendige Länge derselben $s = \frac{z_0}{2}$.

Die Gegengewichtskette bildete Poncelet durch gelenkartige Verbindung von Gußeisenstücken, und der Bewegungsantrieb der Brückentafel geschah durch ein mit der Rolle R_1 verbundenes Kettenrad, um das sich eine „Kette ohne Ende“ schlingt. Zugbrücken der Art sind in größerer Zahl, namentlich in französischen Festungen, ausgeführt.

Der vorstehend nun auch an einigen Beispielen in seiner Anwendung gezeigte Konstruktionsgrundsatz, daß die Schwerkkräfte aller an der Bewegung beteiligten Massen in jedem Stadium der Bewegung miteinander im Gleichgewicht sein müssen, also die Summe ihrer virtuellen Arbeiten fortlaufend für jedes kleinste Zeiteilchen gleich Null sein muß, ist für alle beweglichen Brücken eine unerläßliche Betriebsbedingung. Besonders leitend für ihre bauliche Anordnung ist er naturgemäß bei allen den Arten beweglicher Brücken, bei denen wesentlich lotrechte Massenbewegungen in Frage kommen.

§ 3.

Einteilung der beweglichen Brücken.

Bei dem heutigen Stande der Entwicklung der beweglichen Brücken kommt man zu folgender Einteilung derselben:

1. **Klappbrücken;** das sind alle beweglichen Brücken, die sich beim Öffnen und Schließen um eine wagerechte feste oder verschiebliche Achse drehen (vergl. Fig. 8—13).
2. **Drehbrücken;** sie geben die Durchfahrtsöffnung durch Drehung um eine lotrechte Achse frei. (Fig. 14—17.)
3. **Hubbrücken;** sie sind dadurch gekennzeichnet, daß durch lotrechte Parallelverschiebung der Brückentafel die Durchfahrt geöffnet wird. Fig. 18.
4. **Rollbrücken;** bei diesen erfolgt das Öffnen

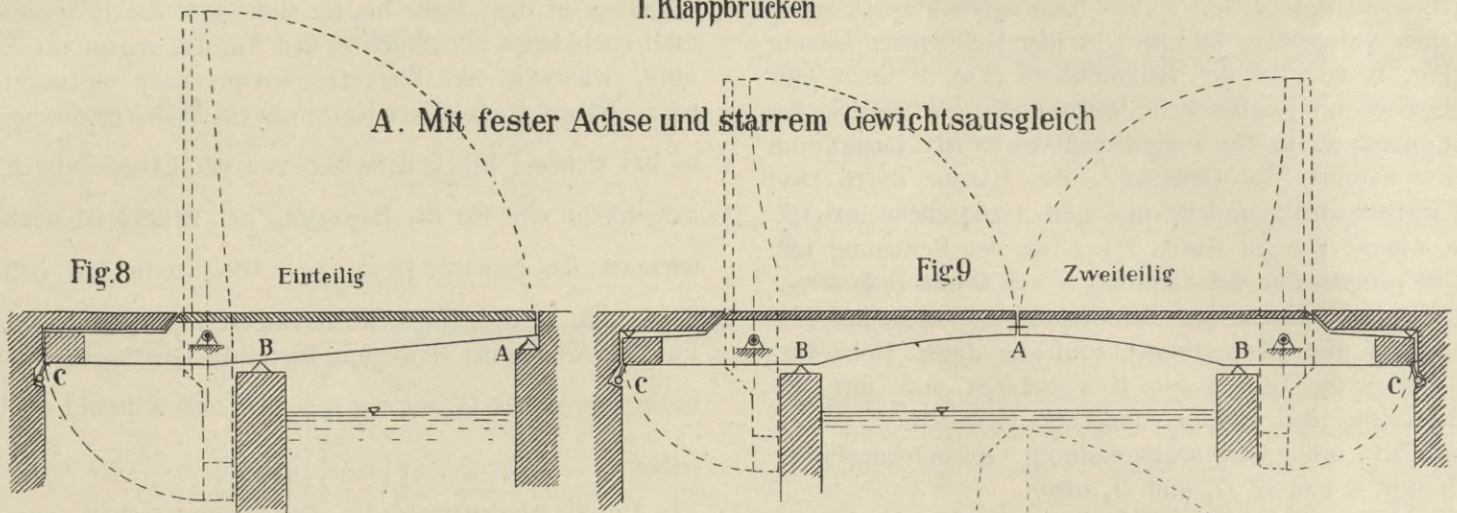
und Schließen im wesentlichen durch wagerechte Parallelverschiebung. (Fig. 19—22.)

Ferner sollen hier den beweglichen Brücken noch zugezählt werden:

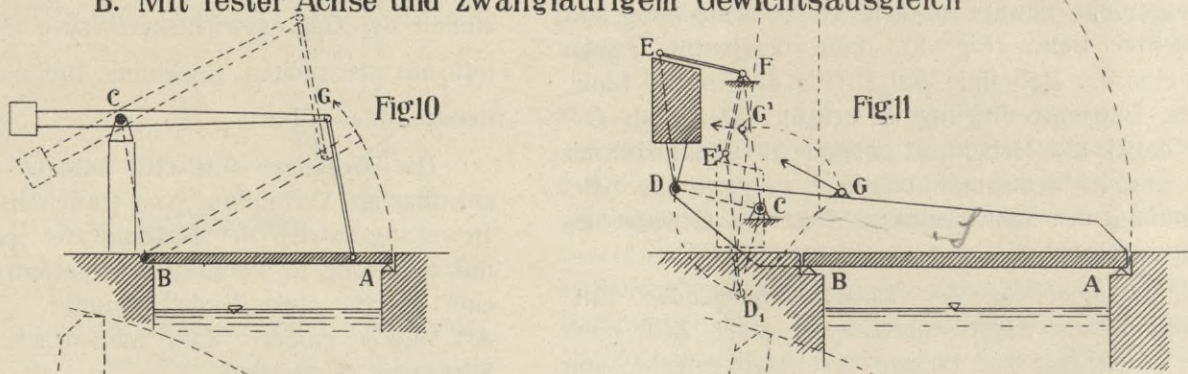
5. **Die Brückenfähren** (Schwebefähren) (Fig. 23). Eine feste Brücke überspannt den Schiffahrtsweg in voller Breite und in solcher Höhe, daß der Schiffsverkehr unbehindert ist. Zur Aufrechterhaltung des Landverkehrs wird ein zur Aufnahme und periodischen Ueberführung desselben geeignetes Transportgerät, die „Fährtafel“ hängend an der festen Brücke, quer über das Fahrwasser hin und her bewegt. (Fig. 23.)
6. Beweglich zum Durchlassen von Schiffen geeignete **Joche** in Schiffbrücken. (Fig. 23 a und 23 b.)

I. Klappbrücken

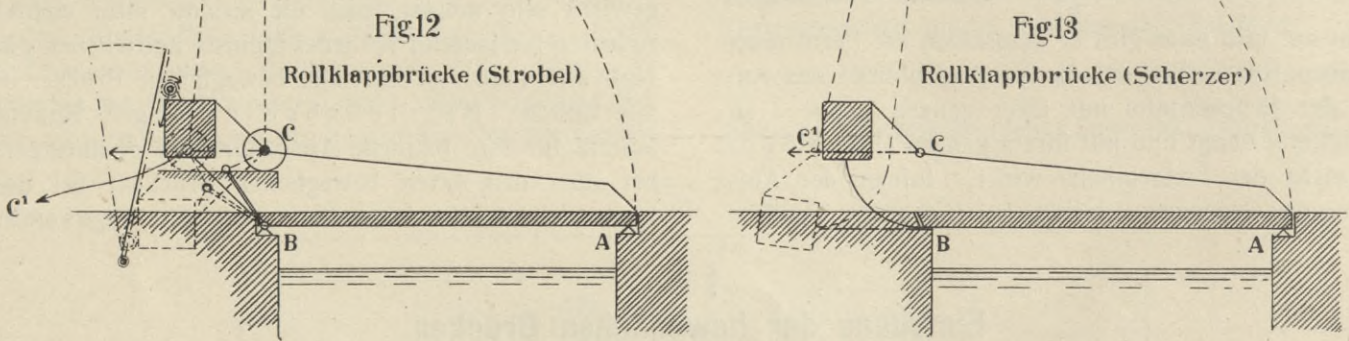
A. Mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich



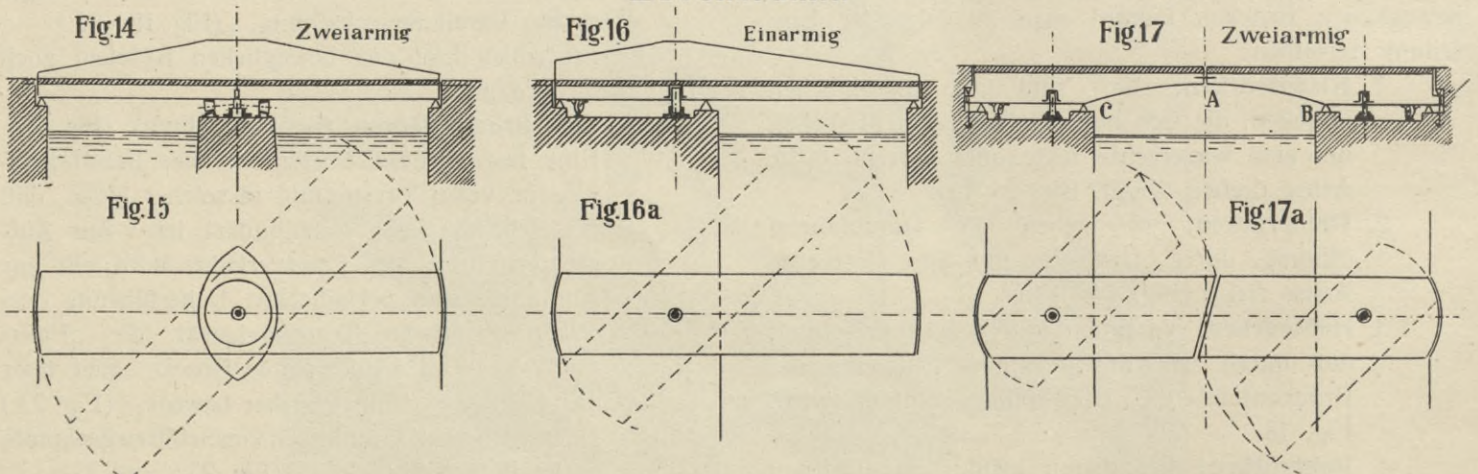
B. Mit fester Achse und zwangläufigem Gewichtsausgleich



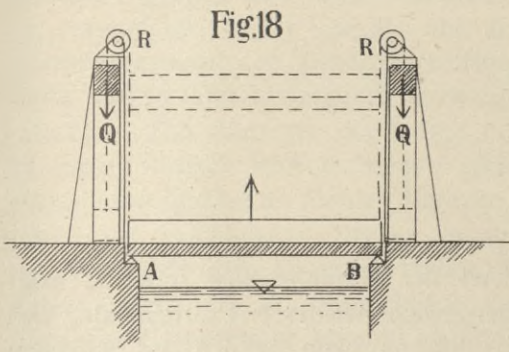
C. Mit wagerecht verschiebb. Achse und starrem Gewichtsausgleich



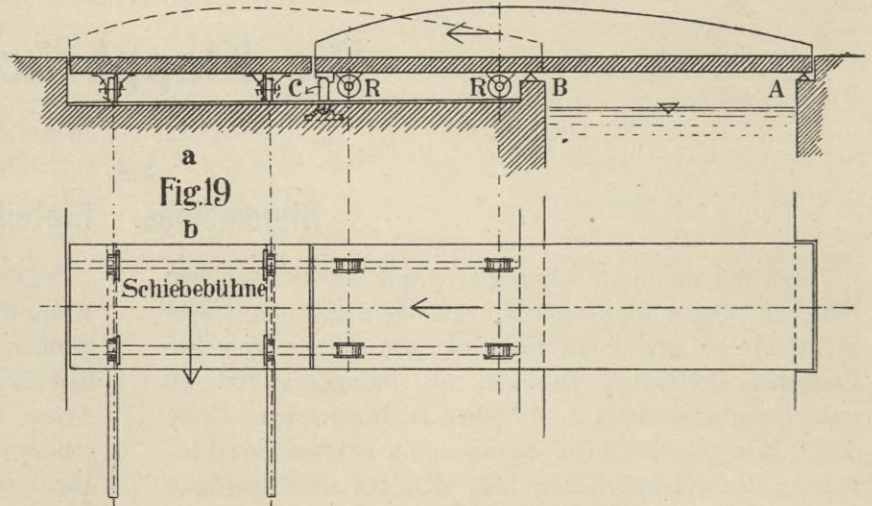
II. Drehbrücken



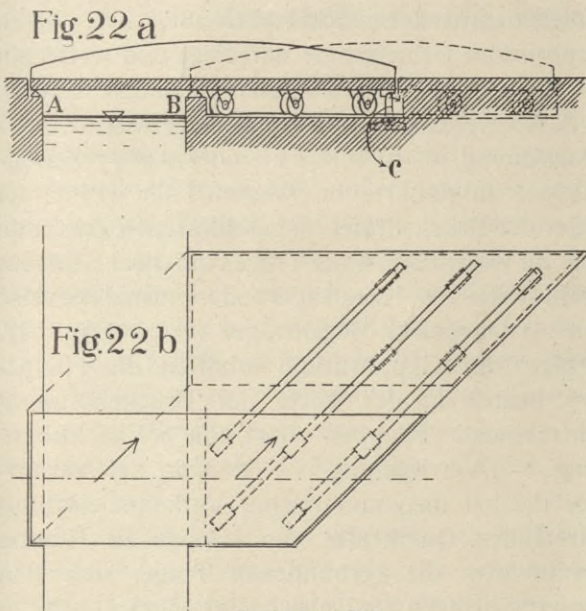
Hubbrücke



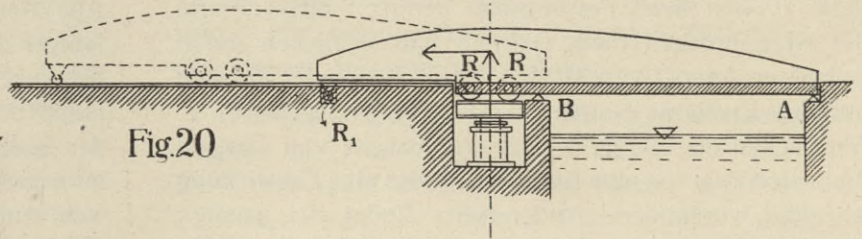
Niveau-Rollbrücke mit Schiebebühne



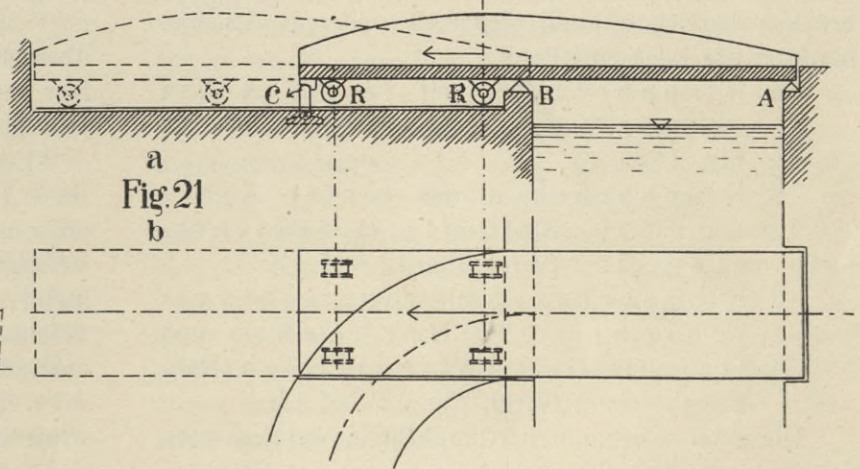
Schiefe Niveau-Rollbrücke



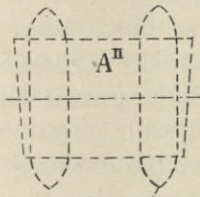
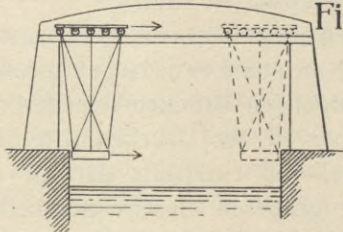
Hubrollbrücke



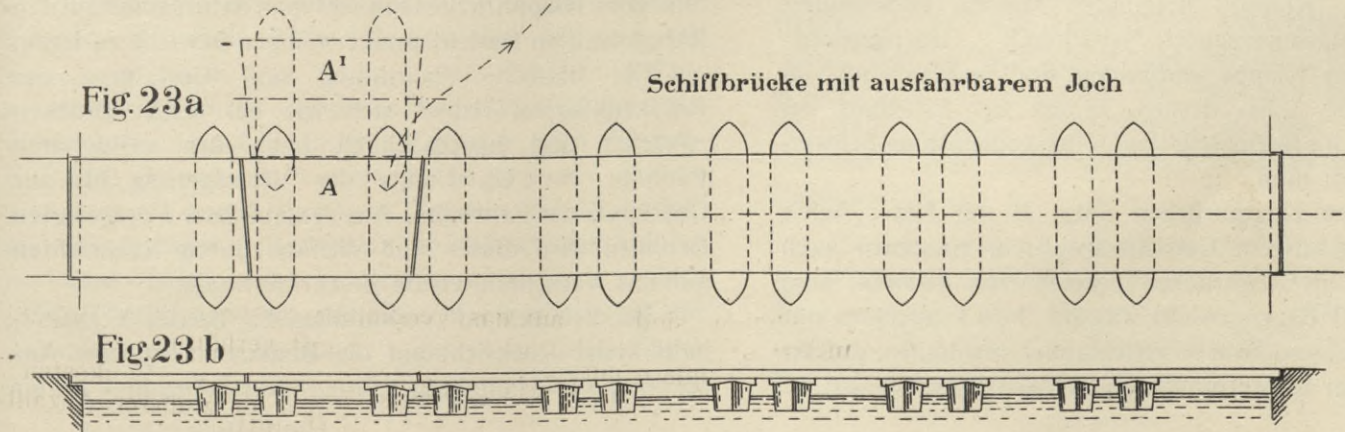
Niveau-Rollbrücke mit Seitenauffahrt für Strassenverkehr



Brückenfähre Fig. 23



Schiffbrücke mit ausfahrbarem Joch



Erster Abschnitt.

Die Klappbrücken.

§ 4.

Allgemeines. Einteilung.

Bei der herkömmlichen Einteilung der beweglichen Brücken pflegte man von den allgemein um eine wagerechte Achse drehbaren noch die um eine wagerechte **Endachse** drehbaren Brücken als besondere Art zu unterscheiden und als Zugbrücken zu bezeichnen. Diese durch ihre geschichtliche Entwicklung entstandene Einteilung der Klappbrücken läßt sich bei dem heutigen Stande der Entwicklung dieser wichtigen Art beweglicher Brücken nicht mehr aufrecht erhalten. Die Bezeichnung „Zugbrücke“ erklärt sich aus der Art, wie diese zumeist beim Festungsbau benutzte älteste Form der Klappbrücken beim Öffnen und Schließen durch zugweisen Angriff vermittle Ketten, Seile oder Stangen um eine Endachse gedreht wurden (vergl. Fig. 2—6). — Aber schon die in Fig. 5 skizzierte Brücke von Bergère dreht sich zwar um eine Endachse, indes eine Zugwirkung ist nicht vorhanden. Andererseits findet bei neueren Klappbrücken (vergl. Fig. 11) wie bei den alten Zugbrücken das Öffnen durch zugweisen Angriff statt, aber die Drehungsachse ist **keine** Endachse.

Wir wollen daher hier grundsätzlich alle Brücken, die sich um eine wagerechte Achse drehen, als Klappbrücken bezeichnen und sie nach anderen Gesichtspunkten wie folgt einteilen:

- A. Klappbrücken mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich (vergl. Fig. 8 und 9).
- B. Klappbrücken mit fester Achse und mit zwangläufigem Gewichtsausgleich (vergl. Fig. 10 und 11).
- C. Klappbrücken mit wagerechtverschieblicher Drehachse und starrem Gewichtsausgleich (Rollklappbrücken) (vergl. Fig. 12 und 13).

Die unter A genannten Klappbrücken kennzeichnen sich dadurch, daß alle an der Bewegung der Brückentafel oder „Klappe“ beteiligten Massen, insbesondere das den Massenausgleich bewirkende „Gegengewicht“ fest mit der Klappe verbunden sind und sich mit ihr um dieselbe Achse drehen, in die zur Erfüllung der „Betriebsbedingung“ auch der gemeinsame Schwerpunkt fallen muß.

Bei den Klappbrücken unter B mit fester Achse und zwangläufigem Gewichtsausgleich, zu denen auch die bisher als Zugbrücken bezeichneten gehören, sind Klappe und Gegengewicht **nicht** fest, sondern nur zwangläufig, und zwar so miteinander verbunden, daß ihr gemeinsamer Schwerpunkt seine Höhenlage nicht ändert.

Die dritte Art der Klappbrücken unter C zeigt Klappe und Gegengewicht wieder fest miteinander verbunden und beide erfahren beim Öffnen und Schließen der Brücke nicht nur Drehung um eine wagerechte Achse, in die auch ihr gemeinsamer Schwerpunkt fällt, sondern auch eine wagerechte Verschiebung, im ganzen also eine Rollbewegung.

In folgendem soll zunächst das allen drei Arten von Klappbrücken Gemeinsame dargelegt und weiterhin dann jede einzelne Art im besonderen behandelt werden. Alle drei Arten werden sowohl in einteiliger als in zweiteiliger Anordnung, d. h. mit **ein** oder **zwei** beweglichen Klappen ausgeführt. In ersterem Falle wirken die Hauptträger der Brückentafel im geschlossenen Zustande der Brücke im wesentlichen als Träger auf zwei Stützen, in letzterem Falle als Kragträger oder ausnahmsweise wohl auch als Dreigelenk-Bogenträger (vergl. Fig. 161). Bei zweiflügeligen Klappbrücken erhalten die Hauptträger der beiden in der Mitte der Brückenöffnung zusammentretenden „Klappen“ dort eine solche lösbare Verbindung — „Verriegelung“ —, daß an der Verbindungsstelle die bei unsymmetrischer Verkehrsbelastung dort auftretenden Querkräfte von Klappe zu Klappe übergehen können, die verbundenen Träger sich also hier gegenseitig stützen und gleiche lotrechte elastische Bewegungen auszuführen gezwungen sind.

Eisenbahnklappbrücken pflegt man, wenigstens soweit sie in Hauptgleisen liegen, meistens einflügelig anzuordnen, weil die bei zweiflügeligen Brücken erforderliche Verriegelung beider Klappen in der Brückenmitte sich kaum so durchbilden läßt, daß einerseits der für ein Befahren der Brücke mit größeren Geschwindigkeiten unerläßliche genaue Zusammenschluß des Gleisgestänges sicher gewährleistet und andererseits eine hinreichend schnelle Handhabung der Verriegelung beim Öffnen und Schließen der Brücke möglich ist. Nur bei selten zu öffnenden Klappbrücken braucht man naturgemäß auf den letztgenannten Gesichtspunkt weniger Gewicht zu legen.

Die bauliche Anordnung und Gestaltung der Brückenklappen richtet sich wie bei festen Brücken zunächst und hauptsächlich nach der verfügbaren Bauhöhe von Unterkante der Verträgerung bis zur Oberkante der Fahrbahn. Aus den auf Seite 1 dargelegten Gründen wird dieses Maß vielfach durch Rücksichten auf das Verkehrsinteresse beschränkt sein.

Bei Brücken mit verhältnismäßig breiter Verkehrsbahn weist Rücksicht auf die Baukosten auf eine Anordnung der Hauptträger in größerer Anzahl **unter**

der Fahrbahn hin. Bei zweiflügeligen Klappbrücken wird diese Trägeranordnung auch bei beschränkter Bauhöhe vielfach von selbst dadurch ermöglicht, daß die Hauptträger beider Klappen über den beiderseitigen Abschlußmauern der Durchfahrtsöffnung ihre größte Höhe und in ihrer Untergurtlinie zusammen Bogenform erhalten. Das führt für die Träger der Einzelklappen zu einer statisch und ästhetisch gleich vorteilhaften Konsolform und bietet für den Verkehr kleinerer Schiffe durch die geschlossene Brücke in deren Mitte eine tunlichst große lichte Durchfahrtsweite. Diese und andere weiter unten noch zu besprechende Vorteile der zweiflügeligen Klappbrücke bringen es mit sich, daß sie bei Ueberführung von Straßen über Wasserwege von nicht

sehr geringer Durchfahrtsweite der sonst einfacheren einflügeligen Brücke gegenüber bevorzugt wird.

Können hiernach die Hauptträger unter der Verkehrsbahn Platz finden, so bestimmt sich ihre Anzahl bei gegebener Brückenbreite wesentlich mit aus dem wirtschaftlichen Erfordernis geringsten Kostenaufwandes für Bau, Betrieb und Unterhaltung.

Müssen nach Lage der örtlichen Verhältnisse die Hauptträger über die Verkehrsoberfläche hervortreten, so werden meist zwei oder ausnahmsweise bei sehr breiten Brücken auch wohl drei Hauptträger gewählt. Die Fußwege werden in solchen Fällen fast stets außerhalb der Hauptträger auf Konsolen angeordnet.

§ 5.

Klappbrücken mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich.

I. Allgemeines.

Bei Klappbrücken mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich ist dieser so durchzuführen, daß der gemeinsame Schwerpunkt aller fest mit der Klappe verbundenen Massen in deren Drehachse zu liegen kommt. Diese ist so anzuordnen, daß die Klappe in geöffneter Stellung um ein gewisses Maß hinter die, die nutzbare lichte Durchfahrtsweite der Brücke begrenzenden Lotebenen zurücktritt, damit zwischen den etwa seitlich über Schiffsbord etwas hinausragenden Teilen der Schiffe und der Brückenklappe stoßweise Berührung und Beschädigungen beider vermieden werden.

In Fig. 24 bis 31 ist je eine ein- und eine zweiflügelige Klappbrücke der hier zu besprechenden Art in ihrer allgemeinen Anordnung dargestellt.

Die materielle Drehachse durchsetzt entweder als selbständiges Bauglied den ganzen Klappenkörper und wird in dessen Hauptträger drehfest eingebaut (vergl. Fig. 30), oder sie besteht nur aus den Drehzapfen, die dann mit der an betreffender Stelle danach gefügten Verträgerung biege- und drehfest verbunden werden (vergl. Fig. 25). Bei einigen neueren Brücken ist eine materielle Drehachse überhaupt nicht vorhanden. Die Drehung um eine bestimmte mathematische Achse wird dann durch Anordnung eines Rollenkranzes gesichert (vergl. Fig. 156—160).

Geschieht, wie in den meisten Fällen, die Drehung um eine materielle Achse, so hat diese während der Bewegung der Klappe deren ganzes Gewicht aufzunehmen. Bei ihrer drehbaren Lagerung ist daher in erster Linie darauf Bedacht zu nehmen, daß die auftretenden Biegemomente derselben so klein wie möglich ausfallen. Wenn bei größeren Brücken die Drehachse als selbständiger zylindrischer Vollkörper ausgebildet ist, wird daher meist beiderseits unmittelbar neben jedem Hauptträger, wo das Gewicht der Klappe in die Achse übergeht, je ein Lager angeordnet. Diese Lager werden teils auf den Seitenmauern, teils auf besonderen

festen Trägern gestützt (vergl. Fig. 30). Nur bei ganz kleinen Brücken begnügt man sich der Einfachheit halber mit einer drehbaren Lagerung der Achse auf den Mauern beiderseits der Klappe.

Zur Erreichung des erforderlichen Gewichtsausgleichs, erhalten die Hauptträger der Klappe nach rückwärts über die Achse hinausragende Arme — „Gegengewichtsarme“ zur Aufnahme des Ausgleichs- oder „Gegengewichtes“ in entsprechender Größe und Lage. Das Gegengewicht fällt naturgemäß um so kleiner aus, je länger der Gegengewichtsarm gewählt wird, bezw. nach den örtlichen Verhältnissen gewählt werden kann. Muß, wie in vielen Fällen, der für seine Abwärtsbewegung beim Öffnen der Brücke notwendige Raum durch wasserdichte Umbauung als sogenannter „Brückenkeller“ hergestellt werden, was meistens sehr erhebliche Kosten verursacht, so weisen Sparsamkeitsrücksichten auf eine tunlichst knappe Bemessung der Länge des Gegengewichtsarmes hin. In solchen Fällen pflegt man auch, um mit einer tunlichst geringen Breite des Brückenkellers auszukommen, wenn mehr als zwei Hauptträger vorhanden sind, nur die unter der Fahrbahn liegenden Hauptträger mit Gegengewichtsarmen zu versehen; die etwa unter den Fußwegen liegenden Hauptträger aber etwas vor der Drehachse endigen zu lassen.

Die Gegengewichtsarme liegen meist mit ihrer Oberkante um soviel tiefer als die zugehörigen Hauptträger, daß sie mit dem Gegengewicht unter der anschließenden festen Decke des Brückenkellers, deren Oberfläche zugleich Verkehrsbahn ist, oder unter der Fahrbahn einer etwa anschließenden festen Brücke Platz finden.

Die Längsträger der Kellerdecke dienen meist auch zur Unterstützung der Lager der Drehachse, soweit diese nicht auf den Seitenmauern des Brückenkellers ruhen, und erhalten zu diesem Zwecke eine gekröpfte Form (vergl. Fig. 28 und 30).

Allgemeine Anordnung der Klappbrücken mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich.

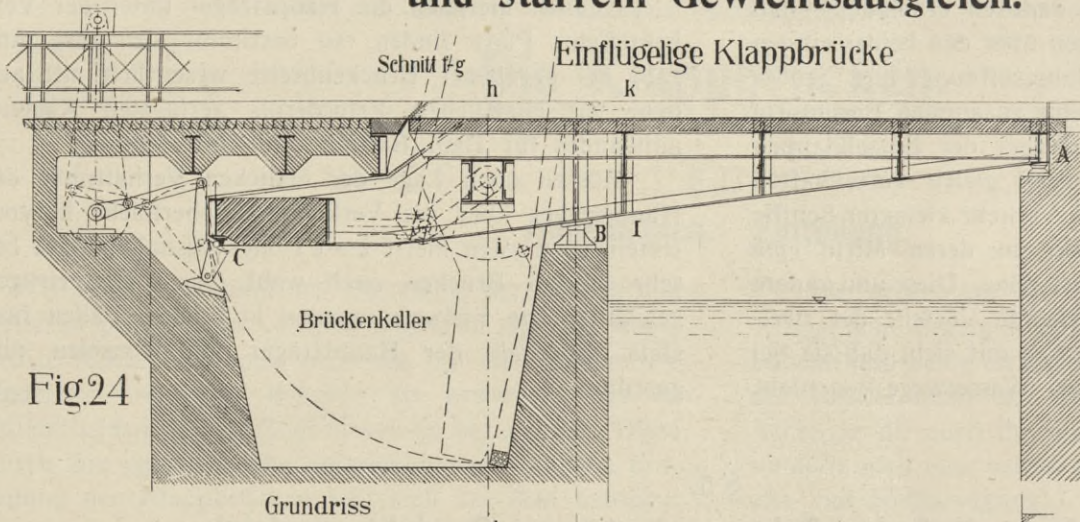


Fig. 24

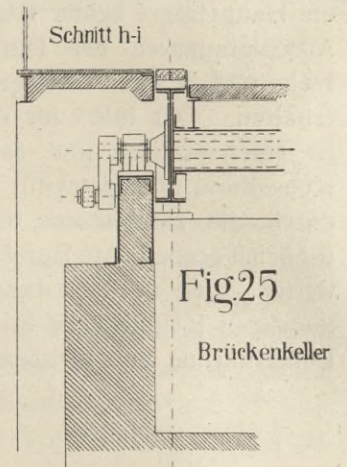


Fig. 25

Brückenkeller

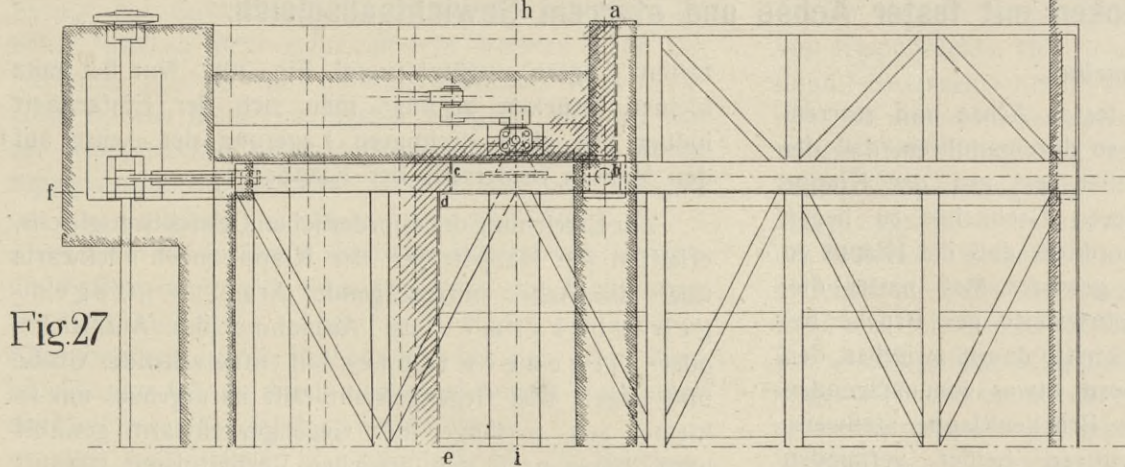


Fig. 27

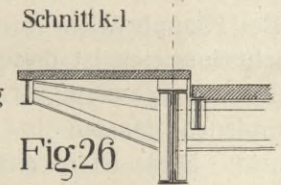


Fig. 26

Zweiflügelige Klappbrücke

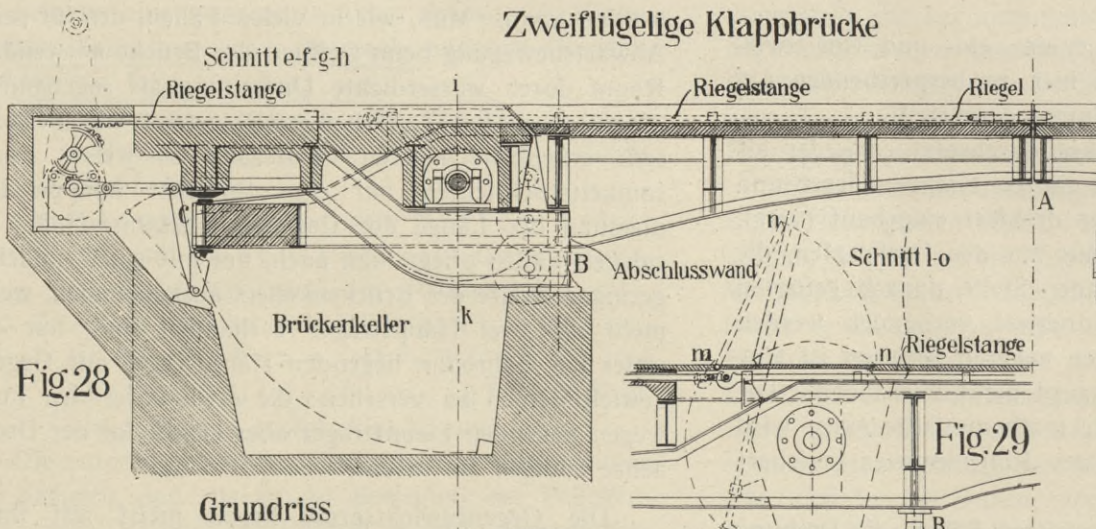


Fig. 28

Grundriss

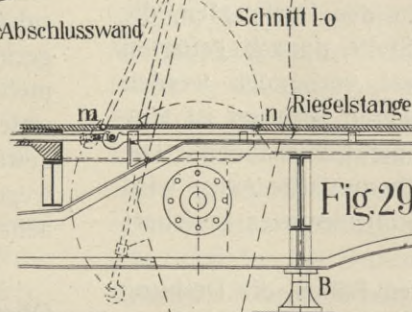


Fig. 29

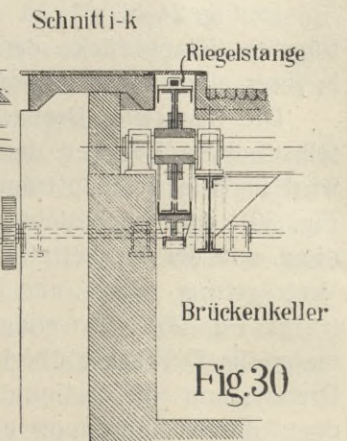


Fig. 30

Brückenkeller

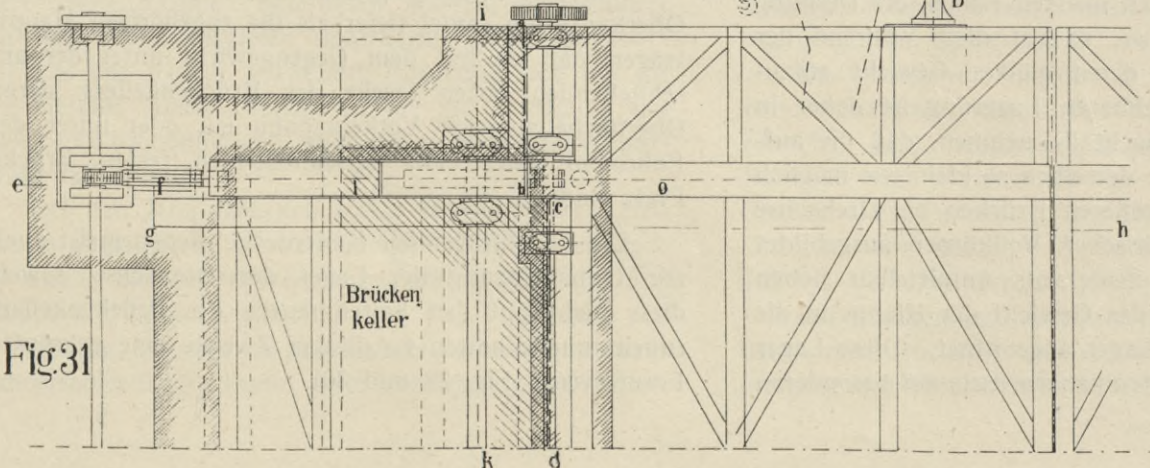


Fig. 31

Brückenkeller

II. Anordnung einflügelige Klappbrücken.

In Fig. 24—27 ist eine einflügelige Klappbrücke in ihrer allgemeinen Anordnung skizziert. In geschlossenem Zustande stützen sich die Hauptträger der Brückentafel meist auf feste Lager *A* und *B*. — Wenn, wie das vielfach der Fall ist (vergl. Ziffer IV S. 12), die Fahrbahn der beweglichen Brückentafel nach rückwärts um ein gewisses Maß über die Achse hinausragt, durch die Verkehrslast also rückdrehende Momente im Sinne der Oeffnung der Klappe hervorgerufen werden können, so fordert der dauernd sichere Schluß der Brücke eine Unterstützung auch der Gegengewichtsarme der Hauptträger bei *C*, einen „Rückendverschluss“ (Fig. 24), oder wenigstens eine solche Einrichtung des Stützlagers bei *A*, daß dort auch eine abwärts gekehrte, negative Stützkraft geleistet werden kann, einen „Vorderendverschluss“. Letztere Anordnung, also das Fehlen einer Stütze bei *C*, hat indes den Nachteil, daß das am Ende des Gegengewichtsarmes auf diesem ruhende Gegengewicht beim Befahren der Klappe in Schwingung gerät, die den Bestand der Gesamtkonstruktion ungünstig beeinflusst.

Diese Verschlussvorrichtungen müssen für das Oeffnen der Brücke lösbar eingerichtet sein. Man pflegt sie meist so anzuordnen und einzurichten, daß sie beim Schließen gleichzeitig auch die grundsätzlich wünschenswerte Entlastung der Drehachse im geschlossenen Zustande der Klappe namentlich gegenüber den Stoßwirkungen der Verkehrslasten herbeiführen. Die Achslager sind zu diesem Zwecke so eingerichtet, daß sie sich beim Anziehen der Verschlussvorrichtung mit der Achse um etwas zu heben vermögen.

Bei Anwendung eines Rückendverschlusses empfiehlt es sich, zum Zwecke der Achsentlastung die Höhenlage der Stützlagers *A* und *B* so zu regulieren, daß die Hauptträger der Klappe in dem der Eigenbelastung entsprechenden Formänderungszustande beim Schließen der Klappe beide Stützlagers gleichzeitig berühren. Durch den Rückendverschluss ist dann der Gegengewichtsarm bei *C* um soviel anzuheben, daß einerseits eine hinreichende Entlastung der Achse eintritt und andererseits infolge der Verkehrsbelastung zwischen den Stützen *A* und *B* ein negativer Stützdruck bzw. ein Abheben der Trägerenden bei *C* nicht eintritt (vergl. Ziffer IX S. 24).

Bei Anwendung eines Vorderendverschlusses empfiehlt es sich, die Höhenlage der Stützlagers *A* und *B* so zu regulieren, daß die Klappenträger, wenn sie beim Schließen der Brücke die Stütze *B* berühren, von der Stütze *A* noch um etwas abstehen. Beim Anziehen des Verschlusses findet dann eine geringe Drehung um *B* und damit die erwünschte Entlastung der Achse statt.

Zuweilen, und selbst bei neueren Ausführungen großer Klappbrücken hat man in Rücksicht auf tunlichste Einfachheit der Konstruktion und um den Stützzustand der Klappe beim Uebergange aus der Ruhe in die Bewegung tunlichst wenig zu ändern, auch etwaige Stöße zwischen den Klappenträgern und der

Stütze *B* zu vermeiden, diese Stütze ganz fehlen lassen und statt ihrer die Lager der Drehungsachse zur Unterstützung der Klappe auch im geschlossenen Zustande benutzt (vergl. Fig. 78—93). Grundsätzlich wird eine solche Anordnung nicht wohl ganz befriedigen können. Man muß vielmehr wünschen, daß maschinelle Teile, wie Achszapfen und Lager von den Stößen der Verkehrslasten, die hier naturgemäß ohne Federeinlagen übergehen, tunlichst nicht getroffen werden. Ob die mit der Benutzung der Achslager zugleich als Stützlager der Brücke angestrebten und zweifellos auch erreichten Vorteile mit der erschwerten Wartung und Unterhaltung nicht zu teuer erkauft sein werden, kann nur weitere Erfahrung auf dem in seiner jetzigen Ausdehnung noch verhältnismäßig neuem Gebiet erweisen.

III. Anordnung zweiflügelige Klappbrücken.

In Fig. 28—31 ist eine zweiflügelige Klappbrücke in ihrer allgemeinen Anordnung dargestellt. Sie unterscheidet sich in jedem der beiden Flügel grundsätzlich nur dadurch von der einflügeligen (Fig. 24—27), daß die Stütze bei *A* fortfällt und jede der beiden hier zusammentretenden Klappen im geschlossenen Zustande der Brücke gegenüber der Verkehrslast als Kragträger wirkt. Am Rückende bei *C* tritt jetzt wechselweise ein auf- und abwärts gerichteter, positiver und negativer Stützdruck auf und ist danach neben dem Rückendverschluss noch eine negative Stütze anzuordnen (vergl. Fig. 28). Die Leistung des meist überwiegenden negativen Stützdruckes erfordert eine Verankerung der Stütze in einem Mauerwerkskörper von hinreichendem Gewicht.

Bei *A* erhalten je zwei der dort zusammentretenden Hauptträger beider Klappen eine solche lösbare Verbindung, sogenannte „Verriegelung“, daß die bei unsymmetrischer Verkehrsbelastung dort auftretenden, auf gegenseitige lotrechte Verschiebung der verbundenen Klappenenden gerichteten Querkräfte ohne solche Verschiebung übergehen können.

Bei der in Fig. 28—31 beispielsweise dargestellten Klappbrücke ist die Verriegelung unmittelbar auf dem Obergurt der Hauptträger angeordnet. Ihre Bewegung kann unter Umständen, wie angedeutet, im Zusammenhange mit derjenigen der löslichen Rückendstütze bei *C* erfolgen.

Werden die Hauptträger beider Klappen zusammen als Dreigelenk-Bogenträger ausgebildet (vergl. Fig. 161), so kommt die Verriegelung bei *A* in Fortfall.

IV. Belag und Abgrenzung der Verkehrsbahn der Klappen gegen die anschließenden festen Bahnen.

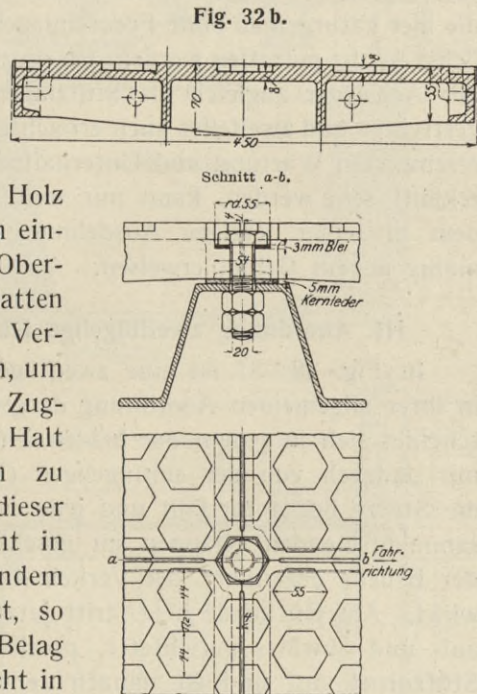
Der Belag der Verkehrsbahnen der Klappbrücken wurde bis in die achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts fast ausschließlich aus meist eichenen Bohlen hergestellt. Die starke Abnutzung dieser Belagsart auf Brücken mit stärkerem Verkehr hat in neuerer Zeit dazu geführt, namentlich die Fahrbahnen der Straßenklappbrücken mit stärkerem Verkehr aus dauerhafterem und doch auch tunlichst leichtem Material herzustellen.

Frühling und Naumann belegten die Klappen der 1883 dem Verkehr übergebenen „H o h e n B r ü c k e“ in Königsberg mit Stahlgußplatten in der in Fig. 32 b skizzierten Anordnung. Die zur Erzielung der erforderlichen Biegefestigkeit durch Rippen verstärkten, 15 bis 16 mm starken Platten tragen etwa 0,50 m frei und werden durch Zoreisen unterstützt. Zur Milderung der Stöße durch den Verkehr werden Zwischenfutter

aus Leder oder Holz auf die Zoreisen eingefügt. In ihrer Oberfläche sind die Platten mit polygonalen Vertiefungen versehen, um den Hufen der Zugtiere tunlichst Halt gegen Ausgleiten zu bieten. Wenn dieser Zweck auch nicht in völlig befriedigendem Maße erreicht ist, so läßt sich der Belag doch, wenn er nicht in zu großen Steigungen verlegt wird, ziemlich sicher befahren. Infolge der mit ihm gemachten guten Erfahrungen ist er inzwischen auch bei anderen Klappbrücken in Königsberg, Stettin und Danzig angewandt worden.

Auch Holzpflaster hat mit Erfolg Verwendung gefunden. So u. a. auf den Klappen der Tower-Brücke in London. Die dort aus ostpreußischem Kiefernholz bestehenden 10 cm breiten, 22 cm langen und 11 cm dicken Klötze sind auf Greenhardt-Bohlen in Diagonalreihen verlegt, unter sich mit Eichenholz verdübelt und in ca. 60 cm Abständen mit der Unterlage verschraubt.

In den letzten Jahren hat auf verschiedenen Klappbrücken der Königl. preußischen Wasserbauverwaltung, so bei denjenigen über die Dahme-Wasserstraße in Schmöckwitz, über die Memel in Tilsit und über den Hafencanal in Ruhrort-Duisburg eine Belagsart Verwendung gefunden, die mancherlei Vorzüge bietet. Sie besteht aus einem Bohlenbelage, der in seiner Oberfläche durch mit Teer getränkte Hanfseilgurten von 3—3,5 cm Stärke geschützt ist. Bei den genannten Bauwerken sind alte in Bergwerksbetrieben benutzte Förderseilgurte verwandt. Sie sind durch geeignete Nagelung auf den Holzbohlen befestigt und haben gegenüber dem Belag aus Stahlplatten den Vorzug einer wirksamen Milderung der Stöße der Fuhrwerke, aber den Nachteil, daß durch die größere Feuchtigkeitsaufnahme der Gewichtsausgleich mehr gestört wird als bei Stahlplatten. Trotzdem würde die Anwendung dieser Belagsart sich wohl empfehlen, vorausgesetzt, daß die Erfahrung eine befriedigende Dauer derselben gegen Abnutzung erweist.



Für die Abgrenzung der Verkehrsbahn der Klappen gegen die anschließenden festen Bahnen kommen folgende Gesichtspunkte in Betracht: Die Oberkante der lotrechten Abschlußfläche der ersteren beschreibt bei der Drehung der Klappe um ihre Achse eine Zylinderfläche. Um die Fuge in der Verkehrsbahn so klein wie möglich zu gestalten, erhalten die Abschlußflächen der Bahnen beiderseits der Trennungsfuge zweckmäßig tangentielle Richtung zu jener Zylinderfläche. Eine Lage der Trennungsfuge über der Drehachse ist danach ausgeschlossen und nur eine solche in hinreichendem Abstände vor oder hinter der Drehachse möglich. Liegt die Trennungsfuge hinter der Drehachse, so kann die Abschlußfläche der Klappenbahn lotrecht sein (Fig. 24), liegt sie vor der Achse (Fig. 28), so gilt dies für die Abschlußfläche der festen Bahn.

Je näher die Trennungsfuge der Achse liegt, um so spitzwinkliger schneidet sie den Fuß- bzw. Fahrkörper. Der zweckmäßige und haltbare Abschluß der beweglichen gegen die feste Verkehrsbahn bedingt daher, daß die Trennungsfuge beider der Achse nicht zu nahe liegt. Aber auch wenn diese Bedingung erfüllt ist, verlangt die bauliche Gestaltung jenes Abschlusses besondere Aufmerksamkeit und die Verwendung von Baustoffen, die den Angriffen des Verkehrs nachhaltig Widerstand leisten. Bei den Fahrbahnen der Straßenbrücken pflegt man den Abschluß aus entsprechend profilierten Stahl- oder Stahlgußleisten herzustellen.

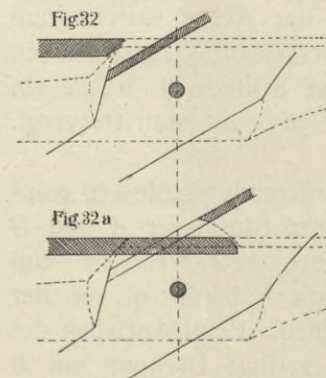
Liegt die Trennungsfuge vor der Achse, so fällt der bewegliche Teil der Verkehrsbahn naturgemäß kürzer und die Klappe im ganzen etwas leichter aus, als wenn sie hinter derselben angeordnet ist; auch kann nun durch die Verkehrslast ein rückdrehendes Moment im Sinne einer Öffnung der Klappe nicht hervorgerufen werden (vergl. die Ausführung S. 9), so daß die Verschlusseinrichtung weniger belastet wird.

Je nachdem endlich die Trennungsfuge vor oder hinter der Achse liegt, tritt das hintere Ende der Verkehrsbahn der Klappe beim Öffnen ü b e r oder u n t e r

die anschließende feste Verkehrsbahn (vergl. Fig. 32 und 32 a). Schmutz oder sonst lose auf der Klappe liegende Gegenstände fallen also a u f die feste Verkehrsbahn oder u n t e r diese in den Brückenkeller und verunreinigen diesen; ein Umstand, der für die Anordnung der Trennungsfuge v o r der Achse spricht und n u r dann ohne Belang bleibt,

wenn ein Brückenkeller überhaupt nicht vorhanden ist, der Gegengewichtsarm der Klappe sich etwa in einer anschließenden freien Brückenöffnung bewegt.

Wenn trotz der Vorteile, welche die Anordnung der Trennungsfuge vor der Achse bietet, diese doch, wenigstens soweit die Fahrbahn der Brücke in Betracht



kommt, bisher meist hinter der Achse angeordnet ist, so hat dies seinen Grund darin, daß bei jener Anordnung die Unterstüzung der über die Achse vortretenden festen Fahrbahn meist umständlich ausfällt und daß für die zur Aufnahme des Gegengewichts nach rückwärts über die Achse hinaustretenden Hauptträger der Klappe Schlitz in der festen Verkehrsbahn offen gehalten werden müssen, auch die Windverstrebung zwischen den Hauptträgern nicht bis zur Achse durchgeführt werden kann (vergl. Fig. 31). Werden daher die Hauptträger der Klappe unter deren Verkehrsbahn und dann in größerer Anzahl angeordnet, so verbietet sich die Lage der Trennungsfuge vor der Achse. Nur wenn zwei oder höchstens drei Hauptträger in Anwendung kommen, kann sich die Lage der Trennungsfuge durchweg vor der Achse empfehlen.

Werden die Hauptträger der Klappe in größerer Anzahl unter deren Verkehrsbahn angeordnet und ist für den Gegengewichtsarm der Klappe ein Brückenkeller zu schaffen, so läßt man, wie bereits früher erwähnt, nur die unter der Fahrbahn liegenden Hauptträger nach rückwärts über die Achse hinaus zur Aufnahme des Gegengewichts durchtreten und legt die Trennungsfuge in der Fahrbahn hinter die Achse; diejenige in den Fußwegen aber, die dann auf Konsolen oder auf nicht nach rückwärts durchgehenden Hauptträgern ruhen, vor die Achse. Um dabei das Hinabfallen von Schmutz in den Brückenkeller möglichst zu verhüten, hat man die Fuge in der Fahrbahn wohl mit einer geriffelten Stahlplatte abgedeckt (vergl. Fig. 130), die auch den beim Öffnen entstehenden größeren Spalt zu schließen geeignet ist, indem sie sich um ihre eine Kante dreht und mit der andern auf der Brückenkante ruhen bleibt.

Bei der in Fig. 24—27 in allgemeiner Anordnung dargestellten einflügeligen Klappbrücke liegt die Trennungsfuge zwischen der festen und beweglichen Fahrbahn auf der Strecke *de* hinter der Achse, in den Fußwegen auf der Strecke *ab* vor der Achse.

Die in gleicher Weise in Fig. 28—31 dargestellte zweiflügelige Klappbrücke zeigt die Trennungsfuge zwischen der ganzen festen und beweglichen Verkehrsbahn in der Lage *abcd* vor der Achse. Die unter den Fußwegen unmittelbar hinter der Bordkante liegenden beiden Hauptträger müssen sich daher beim Öffnen der Brücke aus dem festen Teile der Verkehrsbahn herausheben, wozu in dieser Schlitz von entsprechender Breite und Länge vorhanden sind. Damit diese bei geschlossener Brücke für den Verkehr nutzbar bleiben, müssen sie sich mit der Brücke schließen. Das kann durch Deckplatten geschehen, die mit den Hauptträgern fest verbunden sind und dann in die Schlitz hineintreten, wird aber gegebenenfalls besser, wie in Fig. 29 und 30 gezeigt, durch eine bei *m* drehbare Deckplatte *mn* bewirkt, die den Schlitz seitlich überdeckt und daher dichter schließt, und der bei geöffneter Brücke die Stellung *mn₁* einnimmt. Für die Beantwortung der Frage, welche von den beiden hier besprochenen

möglichen Lagen der Trennungsfuge zwischen fester und beweglicher Verkehrsbahn zweckmäßig zur Anwendung gebracht wird, ist natürlich die ein- oder zweiflügelige Anordnung der Brücke belanglos.

Fig. 28 zeigt, daß bei Anordnung der Trennungsfuge vor der Achse der Brückenkeller auch bei geöffneter Brücke im wesentlichen geschlossen bleibt; ein Vorteil, der bei Lage derselben hinter der Achse nicht erreichbar ist.

V. Antriebseinrichtungen für das Öffnen und Schließen der Klappen.

Die zumeist gebräuchlichen Einrichtungen für die Bewegung der Brückenkappen sind in Fig. 33—38 in ihrer grundsätzlichen Anordnung schematisch dargestellt.

Bei dem Antrieb (Fig. 33 und 33 a) wird das zur Bewegung erforderliche Drehmoment durch einen Zahnradmechanismus auf die Drehachse ausgeübt und von dieser unter Inanspruchnahme ihrer Torsionsfestigkeit auf die Klappe selbst übertragen. Bei der in Fig. 33 dargestellten Einrichtung wird die Antriebskraft durch Druckwasser in einem Zylinder mit verschieblichen Kolben erzeugt, der sie mit seiner in ihrem äußeren Teile gezahnten Stange *S* auf das auf der Achse festgekeilte Zahnsegment *R* überträgt. Die Einrichtung (Fig. 33 a) unterscheidet sich von der vorerwähnten nur dadurch, daß an Stelle der Zahnstange *S* ein Zahnrad *R*, eines (in der Figur nicht dargestellten) Zahnradvorgeleges das Drehmoment auf das Zahnsegment *R* überträgt. Diese Einrichtung eignet sich besonders für elektromotorischen Antrieb, oder auch für Handantrieb. Meistens bestehen beide Antriebsarten nebeneinander derart, daß der letztere bei etwa eintretenden Betriebsstörungen als Reserve für den ersteren zu dienen hat.

Fig. 34 und 34 a zeigen Kurbelmechanismen für den Antrieb. Das Drehmoment geht auch hier durch die Drehachse in die Klappe über. In Fig. 34 ist ein (um *A*) schwingender Zylinder vorausgesetzt, dessen Kolbenstange direkt an der Kurbel angreift, während in Fig. 34 a der Zylinder festliegt und zwischen Kolbenstange und Kurbel eine Gelenkstange (Pleulstange) eingefügt ist. In beiden Fällen wird die Antriebskraft zweckmäßig durch Druckwasser erzeugt. Eine Verwendung von Druckluft oder Dampf ist zwar an sich auch möglich, aber weniger empfehlenswert, weil bei deren Elastizität die erforderliche zwangsläufig genaue Bewegung nicht in gleichem Maße gesichert ist.

Der Kurbelmechanismus (Fig. 34 und 34 a) ist gegenüber dem Zahnradmechanismus (Fig. 33 und 33 a) weniger vorteilhaft, weil bei ersterem der Hebelarm der Antriebskraft, also das Antriebsmoment in seiner Größe sehr veränderlich, und insbesondere während der Beschleunigungsperiode zu Anfang der Bewegung verhältnismäßig klein ist. Auch läßt sich mit dem Kurbelantrieb ein Reserve-Handantrieb nicht oder doch nicht in gleich vorteilhafter Weise als mit dem Zahnradantrieb verbinden.

Beide hier besprochenen Antriebsarten haben gegenüber anderen den Nachteil, daß das Antriebsmoment durch die Drehachse geht, die dadurch auf Torsion beansprucht wird und dementsprechend stärker bemessen

des Antriebsmomentes direkt auf die Klappe mit dieser bzw. ihren Hauptträgern fest verbunden. Das Trieb-
rad R_1 mit zugehörigem (in der Figur nicht dargestelltem) Vorgelege ist am Rückende der Klappe auf dem Mauerwerk oder auf einer anschließenden festen Konstruktion gelagert.

Die Anordnung Fig. 37 zeigt das Zahnsegment R an einem ruhenden Bauteil vor dem Rückende der Klappe befestigt, so daß es an der Bewegung der Klappe nicht teilnimmt; dagegen ist jetzt das Trieb-
rad R_1 mit Vorgelege in dem Rückende der Klappe drehbar gelagert, schwingt also mit dieser um ihre Achse. Die Uebertragung der bewegenden Kraft auf das sich um die Achse der Klappe mitdrehende Rädervorgelege kann bei dieser Anordnung zweckmäßig auf elektrischem Wege geschehen, derart, daß der Elektromotor in unmittelbarer Verbindung mit dem Rädervorgelege im Rückende der Klappe, also gleichfalls mit dieser um ihre Achse drehbar befestigt ist. Das Kabel für die Zuleitung des Stromes wird in seinem außerhalb der Klappe festliegenden Teile mittels eines Schleifkontaktes an das mit der Klappe bewegliche Stück angeschlossen.

Der Elektromotor wird bei dieser Anordnung mit seiner nicht unerheblichen Masse für den Gewichtsausgleich nutzbar (vergl. die in Fig. 78—93 dargestellte Klappbrücke).

Geschieht der Antrieb im Sinne der Fig. 37 von einem außerhalb der Klappe fest liegenden Motor aus, so kann die Uebertragung der Bewegung auf das Vorgelege R_1 nur unter Anwendung einer hohlen Drehachse geschehen, durch welche die Antriebswelle zentrisch in die Klappe eingeführt wird (vergl. Fig. 71—77).

Bei der in Fig. 38 dargestellten Antriebseinrichtung, die in ihrer grundsätzlichen Anordnung als Kurbelmechanismus gelten kann, wird die Antriebskraft durch die Zahnstangen Z , die mit den Rückenden der Klappen-träger bei B drehbar verbunden sind, direkt auf die Klappe übertragen. Die Zahnstange rollt dabei um das drehbar fest gelagerte Antriebsrad R_1 und wird zur Erhaltung des sicheren Eingriffes mit diesem durch Rollen r geführt, die gegeneinander unverschieblich gelagert, gemeinsam um die Achse des Triebrades R_1 schwingen.

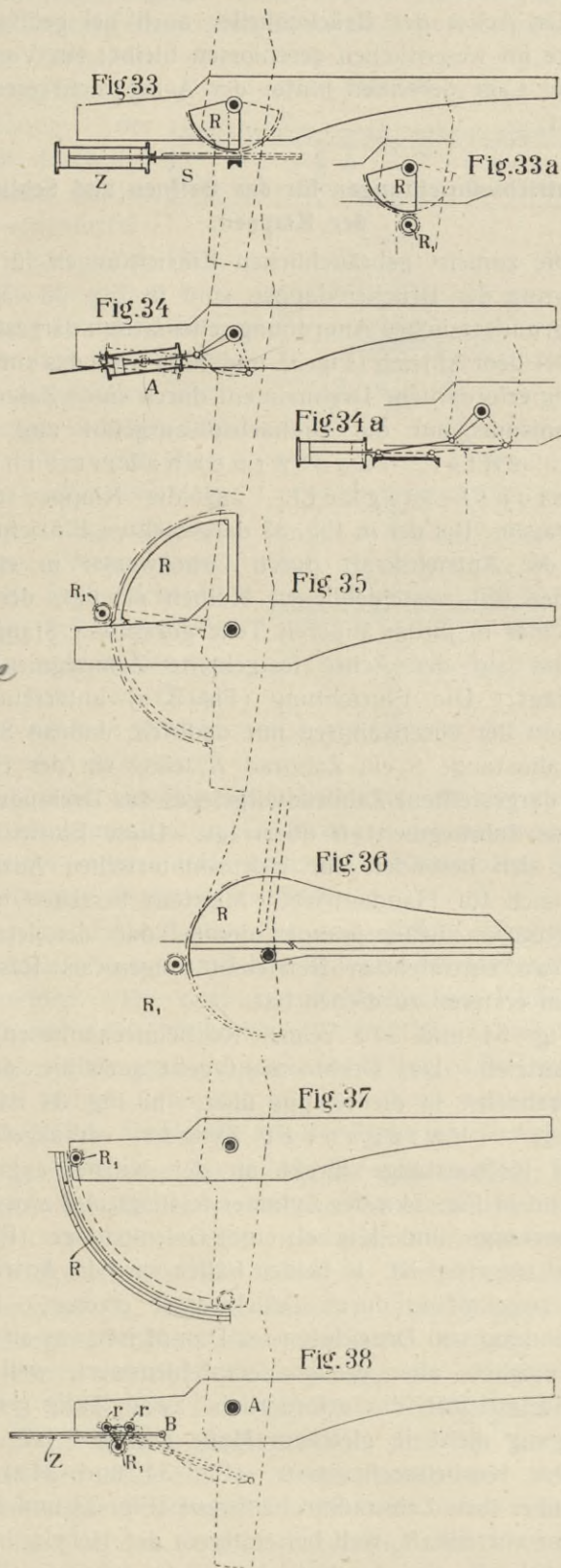
Das von der Antriebseinrichtung zu leistende Antriebsmoment M_a bestimmt sich aus dem widerstehenden Reibungsmomente M_r der Zapfen und dem der Bewegung der Klappe entgegenwirkenden Momente M_w des Winddruckes und ist gleich der Summe beider.

$$1) \quad M_a = M_r + M_w.$$

Der Reibung erzeugende resultierende Zapfendruck ist mit Bezug auf Fig. 39 $R = \sqrt{G^2 + (K + D)^2}$, und mit d als Zapfendurchmesser und f als Reibungsziffer das Reibungsmoment

$$2) \quad M_r = f \cdot \frac{d}{2} \cdot \sqrt{G^2 + (K + D)^2},$$

worin G das Gewicht der Klappe, D den Winddruck und K die wagerechte Antriebskraft bezeichnen. Wirkt K nicht wagerecht, so erfährt der Ausdruck für M_r



werden muß als wenn das Moment nicht durch sie, sondern direkt in die Klappe übergeht, wie das bei den in Fig. 35—38 dargestellten Antriebseinrichtungen der Fall ist.

Bei den Zahnradmechanismen Fig. 35 und 36 ist das Zahnsegment R zur Aufnahme und Uebertragung

Gl. 2 eine entsprechende Änderung. Meist kann man indes ohne erheblichen Fehler $(K + D)^2$ gegen G^2 in Gl. 2 vernachlässigen und mit hinreichender Annäherung schreiben

$$2a) \quad M_r = f \frac{d}{2} \cdot G.$$

Ist ferner b die Breite der Klappe, w der Winddruck pro Flächeneinheit der Klappe in lotrechter Stellung, so wird

$$D = w \cdot b l \quad \text{und}$$

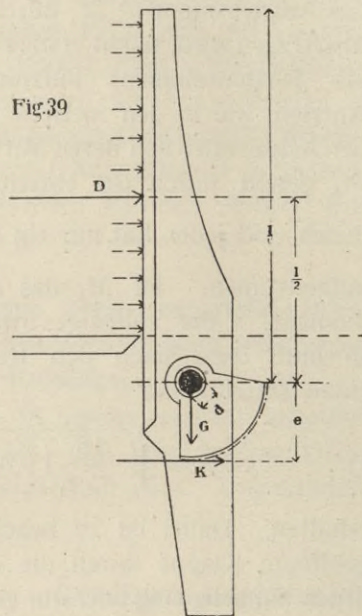
$$3) \quad M_w = D \frac{l}{2} = \frac{w b l^2}{2}.$$

Mit $M_a = K \cdot e$ erhält man aus den Gleichungen 1, 2a und 3 die erforderliche Antriebskraft K zu

$$4) \quad K = \frac{f \cdot d \cdot G + w b l^2}{2 \cdot e}.$$

Ausschlaggebend für die Bemessung der erforderlichen Antriebskraft ist in erster Linie das dem Winddruck entsprechende zweite Glied des Zählers (Gl. 4) $w b l^2$.

Der Druck, den der Wind bei wechselnder Stärke auf einen Quadratmeter einer von ihm rechtwinklich getroffenen ebenen Fläche ausübt, schwankt im allgemeinen zwischen Null und einem Höchstwerte, der je nach der Lage der Oertlichkeit 150—200 kg/m², und an sehr frei gelegenen Stellen momentweise noch mehr betragen kann. Die Erfahrung hat aber gezeigt, daß Winddrücke von mehr als 25—40 kg/m² oder an sehr frei gelegenen Stellen von 50 kg/m² immer nur von kurzer, wenige Sekunden umfassender Dauer sind und beim Betriebe beweglicher Brücken um deswillen nicht berücksichtigt zu werden brauchen, weil sie die in Bewegung begriffenen Massen nur vorübergehend zu verzögern, nicht aber die Bewegung länger als wenige Augenblicke zu hindern vermögen. Alle in den letzten Jahrzehnten beim Betriebe beweglicher Brücken gesammelten Erfahrungen gehen dahin, daß durch Antriebseinrichtungen, die einen Winddruck von 25 bis 40 kg/m² oder an besonders freigelegenen Stellen einen solchen von 50 kg/m² zu überwinden vermögen, ein allzeit sicherer Betrieb gewährleistet wird. In Fällen, wo man möglichen stärkeren Winddrücken gegenüber Einrichtungen getroffen hat, die gegebenenfalls die Leistung einer entsprechend gesteigerten Betriebskraft ermöglichen, sind diese Einrichtungen selbst bei stärksten Stürmen, bei denen der Betrieb noch aufrecht erhalten werden mußte, völlig unbenutzt geblieben. In Betracht kommt hierbei auch noch, daß für die Aufrechterhaltung des Betriebes bei Stürmen über eine gewisse Stärke hinaus ein Interesse der Schifffahrt meist nicht oder doch nur in ganz geringem Maße besteht. Selbstverständlich ist bei Bemessung der erforderlichen Betriebskraft auch das Interesse zu berücksichtigen, das der



jeweils in Frage kommende Schifffahrtsverkehr an einer weitgehenden Aufrechterhaltung des Betriebes bei wachsenden Windstärken hat. Wir halten es je nach dem vorliegenden Verkehrsinteresse und je nach der mehr oder weniger freien Lage des Bauwerks für ausreichend, einen **Winddruck von 25—40 kg/m²** und nur ganz ausnahmsweise, wenn der Betrieb einer dem Winddruck in besonderem Maße ausgesetzten Brücke auch bei stärkstem Sturm aufrecht erhalten werden muß, einen Druck bis zu 50 kg/m² zugrunde zu legen. Eine danach bemessene Antriebskraft wird stets auch den sachrichtigen Anforderungen an die Schnelligkeit der Bewegung und insbesondere an die Beschleunigung im Anfange derselben genügen.

Bei zweiflügeligen Klappbrücken werden die beiden Klappen in ihrer Bewegung stets im entgegengesetzten Sinne durch den Winddruck beeinflusst, die eine wird verzögert, die andere beschleunigt, oder umgekehrt. Durch Einfügung geeigneter Organe in die Bewegungseinrichtung läßt sich diese Wirkung bis zum gewissen Grade dahin ausgleichen, daß der störende Einfluß des Windes überhaupt beseitigt wird. Derartige Einrichtungen weisen die neueren Klappbrücken im Stettiner Hafen auf und sind mit diesen Bauwerken weiter unten beschrieben.

Die Sicherheit des Betriebes erfordert, daß eine gewisse größte Drehgeschwindigkeit ω der Klappen nicht überschritten wird. Natürlich dürfen kleinere Brücken ohne Gefahr schneller als große bewegt werden. Die innezuhaltende Drehgeschwindigkeit ω schwankt je nach der Größe der Brücke etwa zwischen $\frac{\pi}{100}$ und $\frac{\pi}{30}$.

Außer dem in vorstehendem kurz besprochenen Einflusse des Winddruckes auf die Bewegung der Klappen ist noch dessen statische Wirkung auf die in geöffneter Stellung etwa festgehaltene Klappe insoweit zu berücksichtigen, als sie für die Beanspruchung der Festigkeit der einzelnen Bauteile der Antriebseinrichtungen bestimmend sein kann. Wird nämlich durch diese die Klappe in geöffneter Stellung derart festgehalten, daß sie auch bei den stärksten Windstößen um kein noch so geringes Maß zurückweichen kann, so haben die dabei mitwirkenden Teile diese Windstöße in voller Stärke aufzunehmen. Würde beispielsweise das Druckwasser in dem Triebzylinder (Fig. 33), nachdem es den Kolben vorwärts getrieben und die Klappe völlig geöffnet hat, dicht abgeschlossen, der Kolben also an jedem Zurückweichen gehindert, so müßte er bei Windstößen, die, wenn auch nur vorübergehend, den der Berechnung der Antriebskraft zugrunde gelegten Druck vielleicht um das Mehrfache übertreffen, einen die Antriebskraft annähernd ebenso vielfach übertreffenden Widerstand leisten. Der Druck des eingeschlossenen Wassers würde den Betriebsdruck in gleichem Verhältnis übersteigen und die Zylinderwandungen, wie die Kolbenstange selbst, die Verzahnung zwischen Zahnstange und Zahnsegment, wie endlich auch die Achse (auf Torsion) würden ebenso vielfach beansprucht

werden. Das würde bei der Berechnung der Stärkenabmessungen jener Teile zu berücksichtigen sein, wenn man nicht, wie es sich empfiehlt, anstatt das Druckwasser im Zylinder nach Oeffnung der Klappe abzuschließen, es mit dem Druckwassersammler derart in Verbindung läßt, daß beim Eintreten stärkerer Windstöße vorübergehend ein geringes unschädliches Zurückweichen der Klappe möglich, eine stärkere Beanspruchung der Bauteile, als sie der normalen Antriebskraft entspricht, aber ausgeschlossen bleibt. — Aus gleichen Gründen muß, wenn der Antrieb durch ein Räderwerk geschieht (Fig. 33 a, 36, 37 und 38) und eine starre Feststellung durch Sperrhaken erfolgen soll, die Beanspruchung der beim Festhalten der Klappe mitwirkenden Teile der Antriebseinrichtung unter Zugrundelegung eines Winddruckes von $w = 100$ bis 150 kg/m^2 berechnet werden. Dasselbe gilt, wenn der Zahnradmechanismus durch eine selbstsperrende Schnecke angetrieben wird.

Als Arbeitsmittel für den Antrieb sowohl von Klappbrücken als von beweglichen Brücken überhaupt kommen zurzeit fast ausschließlich Druckwasser oder elektrischer Strom in Betracht; daneben bei kleineren Brücken und zur Reserve Handarbeit.

In wirtschaftlicher Beziehung ist der elektromotorische Antrieb insofern vorteilhafter, als sich bei ihm der Arbeitsaufwand in weitgehendem Maße den auftretenden Bewegungswiderständen anzupassen vermag, die bei Klappbrücken je nach der herrschenden Windstärke sehr veränderlich sind. Bei Druckwasserantrieb ist nur ein stufenweiser Anschluß des Arbeitsaufwandes an die Bewegungswiderstände möglich, was aber die Anwendung mehrerer Motoren erforderlich macht, weil die Druckwassererzeugung und Ansammlung es meist mit sich bringen, daß immer derselbe Druck erzeugt wird. Der wirtschaftliche Vorzug des elektromotorischen Antriebs fällt besonders ins Gewicht, wenn ein starker Schiffsverkehr durch die Brücke täglich eine verhältnismäßig oftmalige Bewegung derselben erforderlich macht. Andererseits wird der Druckwasserantrieb, wenn auch in immer mehr abnehmendem Maße, hier und dort noch als betriebssicherer angesehen. Wo Gelegenheit zu einigermaßen vorteilhaftem Bezuge elektrischer Energie besteht, verdient der elektromotorische Antrieb auch wegen seiner immerhin größeren Einfachheit den Vorzug.

VI. Die Drehachse und ihre Lagerung.

Die Drehachse, bzw. die sie zuweilen ersetzenden Drehzapfen (vergl. Ziff. I S. 9) haben zunächst in allen Fällen während der Drehbewegung der Klappe deren ganzes Gewicht aufzunehmen und in die Lager zu übertragen. Dabei findet eine Beanspruchung derselben auf Biegung statt. Um die auftretenden Biegemomente M_b so klein wie möglich zu halten, empfiehlt es sich bei größeren Brücken, die etwa die ganze Klappe durchsetzende Achse unmittelbar zu beiden Seiten der das

Gewicht der Klappe auf die Achse übertragenden Hauptträger zu lagern.

Erfolgt der Bewegungsantrieb in der in Fig. 33 und 33 a, 34 und 34 a dargestellten Weise derart, daß das Antriebsmoment M_a durch die Achse auf die Klappe übertragen wird, so hat erstere auch noch das Moment M_a als Torsionsmoment aufzunehmen. Geschieht der Antrieb, wie in den meisten Fällen, von beiden Enden der Achse, oder von deren Mitte aus, so geht das Moment M_a geteilt durch die einzelnen Achsquerschnitte hindurch und jeder hat nur ein Torsionsmoment $M_t = \frac{M_a}{2}$ aufzunehmen. Ist M_b das auftretende größte Biegemoment, s die zulässige Stoffanstrengung der Achse, so muß diese nach den Regeln der Festigkeitslehre einen Durchmesser

$$1) \quad \dots d = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \cdot s} \left(\frac{3}{4} M_b + \frac{5}{4} \sqrt{M_b^2 + M_t^2} \right)}$$

erhalten. Dabei ist zu beachten, daß, jenachdem die geöffnete Klappe durch die Achse gegen jeden Winddruck unnachgiebig oder nur gegen den von den Antriebseinrichtungen bei der Bewegung zu überwindenden Winddruck von $25\text{--}40 \text{ kg/m}^2$ festgehalten wird, bei der Berechnung des Torsionsmomentes M_t ein Winddruck von $w = 100\text{--}150 \text{ kg/m}^2$ oder ein solcher von $25\text{--}40 \text{ kg/m}^2$ zugrunde zu legen ist.

Geht das Antriebsmoment nicht durch die Achse, sondern direkt in die Klappe über, so wird $M_t = 0$ und

$$2) \quad \dots d = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi \cdot s} M_b}$$

Die Lager der Achse werden meist als einfache Halslager ausgebildet. Bei einigen neueren Klappbrücken von größeren Abmessungen, so z. B. bei der Klappöffnung der Tower-Brücke in London, sind indes auch Rollenlager zur Anwendung gekommen (vergl. Fig. 136 und 137).

Für die Beantwortung der Frage, ob und inwiefern die Anwendung von Rollenlagern allgemein als vorteilhafter gelten kann, als diejenige gewöhnlicher Halslager, kommt weniger der den Rollenlagern eigene geringere Reibungswiderstand, als die erforderliche Wartung und Unterhaltung der Lager in Betracht; zumal wenn es sich um kraftmaschinellen Antrieb handelt. Das widerstehende Moment der Zapfenreibung tritt auch bei Halslagern derart gegen das widerstehende Windmoment zurück, daß lediglich der Vorteil einer Verminderung des ersteren durch Anwendung der weniger einfachen und kostspieligeren Rollenlager wohl zu teuer erkaufte sein würde. Nur im Falle dauernden Handantriebes könnte jener Vorteil ausschlaggebend sein, weil er dann bei ruhigem Wetter für die Bedienungsmannschaft eine sehr wohl fühlbare Entlastung mit sich bringen würde. Ein wesentlicher Vorzug der Rollenlager ist aber darin zu erblicken, daß sie erheblich geringere Wartung erfordern. Ob und inwieweit bei dem jetzt sowohl für die Lagerkörper als für die Rollen und die

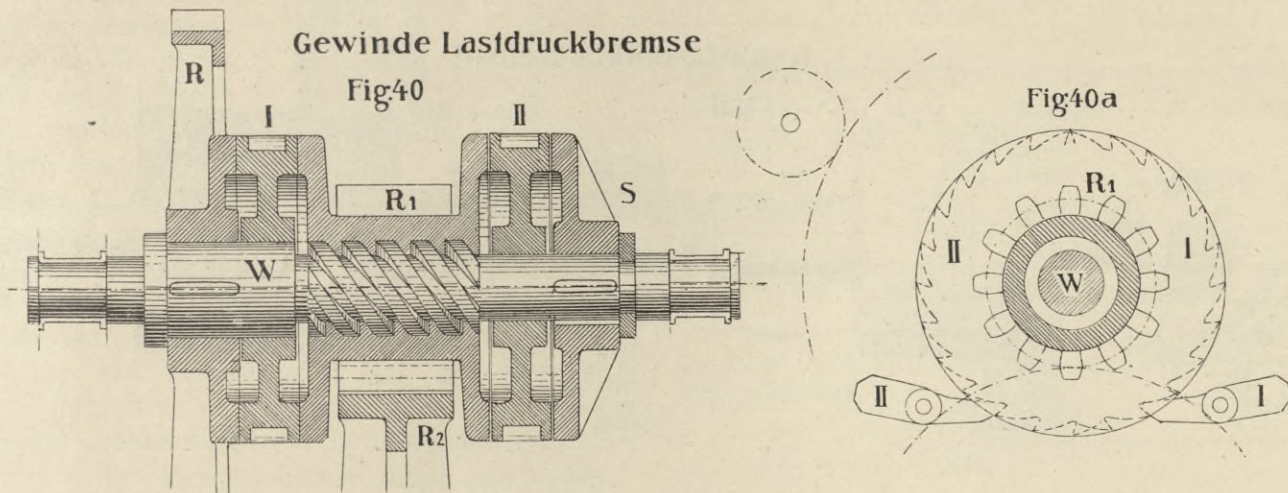
Achse ohne unverhältnismäßige Mehrkosten zur Verfügung stehenden Stahlmaterialien (Stahlguß, Gußstahl usw.) auch die Unterhaltung der in ihrer Anwendung für Klappbrücken noch neueren Rollenlager sich vorteilhafter gestaltet, als die der Halslager, kann nur auf Grund einer längeren Erfahrung mit ersteren entschieden werden. Die bereits rund achtzehnjährige Erfahrung mit den Rollenlagern der Tower-Brücke in London, wo solche nicht nur für die Lagerung der Hauptachse, sondern auch für die der Antriebswelle angewandt sind, ist, soweit wir feststellen konnten, bisher eine durchaus vorteilhafte.

VII. Sicherung der Klappe gegen zu große Drehgeschwindigkeit und Stoß, insbesondere beim Uebergange in die Ruhelage.

Wie unter Ziffer V S. 15 bereits erwähnt, erfordert die Sicherheit des Betriebes, daß eine gewisse Drehgeschwindigkeit nicht überschritten wird. Insbesondere

angewandt. Sie sind geeignet, selbsttätig sowohl die vorhandene Geschwindigkeit der Klappe stoßfrei zu vernichten als auch eine zu große Beschleunigung durch Winddruck in der Bewegungsrichtung zu verhindern, wie endlich auch die Klappe bei etwaigem Versagen der Antriebsorgane oder bei sonstigen Störungen in beiden Richtungen auch gegen Winddruck selbsttätig festzuhalten. In Fig. 40 und 41 sind derartige Lastdruckbremsen dargestellt. Ihre Einrichtung und Wirkungsweise ist die folgende:

Die Vorgelegewelle W Fig. 40 erhält durch das Zahnrad R Bewegungsantrieb und überträgt diesen durch das Zahnrad R_1 weiter auf das Zahnrad R_2 . Dabei ist das Rad R auf der Welle W drehfest, das Rad R_1 aber ist wie eine Schraubenmutter mit steigängigem nicht sperrendem Gewinde auf der an betreffender Stelle mit gleichem Gewinde versehenen Welle W drehbar; doch ist seine Bewegung in achsialer Richtung einerseits durch das Zahnrad R und anderer-



muß beim Uebergange der Klappe in den Ruhestand für eine allmähliche Vernichtung der Geschwindigkeit gesorgt werden. Bremsen, Wasser-, Luft- oder Federbuffer (Puffer) sind, neben richtiger Anordnung und Bemessung der Antriebsorgane, die verfügbaren und meist ausreichenden technischen Mittel zur Erreichung des Zweckes.

Als einfachstes Mittel kommt die sogenannte Bandbremse in Betracht, deren Einrichtung hier als bekannt vorausgesetzt wird. Sie ist immer anwendbar, wenn der Drehantrieb durch Zahnradmechanismen erfolgt. Die Bremstrommel wird dann auf eine der Vorgelegewellen tunlichst nahe dem Antriebsmotor angeordnet. Die Betätigung erfolgt teils durch Handhebel teils selbsttätig durch Gewichte, die auf den Bremshebel einwirken. In letzterem Falle geschieht die Freigabe der Bremse entweder durch Handhebel oder neuerdings auch vielfach mit Vorteil durch Elektromagnete.

Neben den Bandbremsen oder auch an Stelle derselben sind in neuerer Zeit vielfach die selbsttätig wirkenden sogenannten Lastdruckbremsen, wie sie vielfach bei Hebezeugen Verwendung finden, mit Vorteil

seits durch die gleichfalls drehfest auf derselben Welle sitzende Scheibe S auf ein ganz geringes Maß beschränkt, wie es der geringe Spielraum zwischen den Sperrädern I und II bedingt. Letztere sitzen zwischen den Rädern R , R_1 und der Scheibe S drehbar auf der Welle W .

Je nachdem nun diese durch das Rad R rechts- oder linksherum gedreht wird, während die Welle schraubenförmig umfassendes Zahnrad R_1 infolge des Drehwiderstandes der Klappe momentan noch still steht, schraubt dieses sich auf der Welle nach links bzw. nach rechts um ein geringes Maß, nämlich soweit vorwärts, bis es das Sperrad I gegen das Rad R bzw. das Sperrad II gegen die Scheibe S drückt. Dadurch wird das Rad R_1 in der einen oder anderen Richtung drehfest auf der Welle und befähigt, den Drehantrieb auf das Rad R_2 zu übertragen. Je nachdem die Drehung der Welle W nach rechts oder links herum erfolgt, wird auch eines der Sperräder I bzw. II infolge der Reibung an den Rädern R_1 und R bzw. R_1 und der Scheibe S drehfest auf der Welle, während jeweils das andere drehbar auf dieser bleibt. Hört nun der Drehantrieb der Klappe etwa infolge einer Störung oder aus einem

anderen Grunde zu wirken auf, so wird eine Drehung der Welle W links- oder rechtsherum durch das Sperrad I nebst Sperrklinke I bzw. durch das Sperrad II nebst Sperrklinke II verhindert und damit auch die Brückenklappe gegen jede Bewegung selbsttätig festgestellt. Auch ein Voreilen der Klappe etwa durch Winddruck in der Bewegungsrichtung oder infolge des etwa in der bewegten Masse der Klappe angehäuften Arbeitsvermögens während einer betriebsmäßigen Verzögerungsperiode wird damit verhindert.

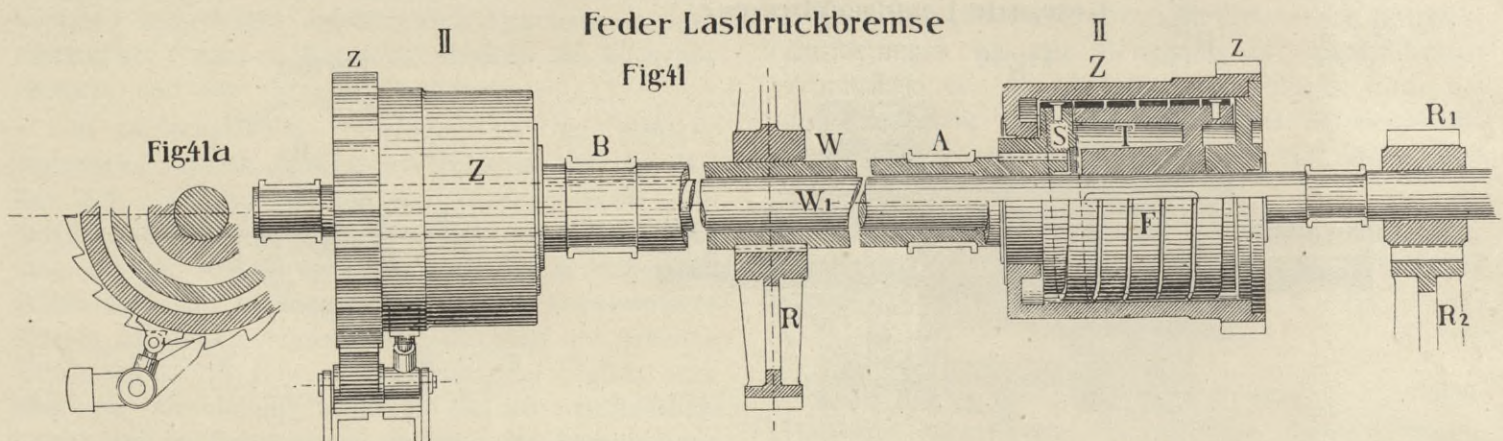
Völlig den gleichen Zwecken dient die zweiteilige Feder-Lastdruckbremse Fig. 41. Sie besteht aus den Teilen I und II und hat folgende Einrichtung:

Das Antriebsrad R sitzt drehfest auf der bei A und B gelagerten Hohlwelle W . Durch diese hindurch geht und achsrecht mit ihr gelagert ist die Welle W_1 , die drehfest mit dem Zahnrad R_1 verbunden ist. Auf den Wellen W und W_1 sitzen ferner drehfest in jedem der Teile I und II die Scheibe S bzw. die Trommel T . Beide haben zylindrische Oberflächen von gleichen

Die Teile I und II der Bremse sind symmetrisch zueinander angeordnet, und wie die Sperrzähne z bei beiden in entgegengesetztem Sinne sperren, so sind auch die Federn F bei beiden in entgegengesetztem Sinne um die Trommel T gewunden, so daß bei Drehung der Hohlwelle W in einem oder anderen Sinne jeweils eine der Federn gegen den inneren Umfang eines der Hohlzylinder Z gepreßt wird, wodurch dieser infolge der Reibung in drehfester Verbindung mit dem Triebwerke und der Brückenklappe kommt. Sobald also der Drehantrieb, sei es im normalen Verlaufe des Betriebes oder infolge einer Störung zu wirken aufhört, wird das Triebwerk und die Klappe durch die Hohlzylinder Z mit den Sperrzähnen z und der zugehörigen Sperrklinke in beiden Richtungen bremsend festgehalten.

Eine ähnlich wirkende Einrichtung ist in Fig. 104, 105 und 105 a dargestellt und dort beschrieben.

Bei den in Fig. 33, 34 und 34 a dargestellten Mechanismen mit Druckwasserantrieb kann die Bremswirkung dadurch erreicht werden, daß man mit Hilfe geeigneter



Durchmessern und werden gemeinsam von einer im Querschnitt rechteckigen Spiralfeder F umschlungen, die an einem Ende mit der Trommel T , am anderen mit der Scheibe S fest verbunden und, solange Kräfte auf das Triebwerk nicht einwirken, spannungslos ist. Ein Hohlzylinder Z , achsrecht und drehbar auf den Wellen W und W_1 sitzend, umschließt das Ganze als Gehäuse und trägt an seinem Umfange Sperrzähne z , die an den Teilen I und II in entgegengesetztem Sinne sperren, so daß der Hohlzylinder Z am Teil I sich nur in einem, der am Teil II sich nur im anderen Sinne drehen kann.

Je nachdem nun die Hohlwelle W mit der Scheibe S durch das Zahnrad R rechts- oder linksherum gedreht wird, während der Drehwiderstand der Klappe die Welle W_1 mit der Trommel T noch festhält, windet sich die Feder F auf der Trommel T auf bzw. ab, bis sie fest gegen deren äußeren Umfang bzw. gegen den inneren Umfang des Hohlzylinders Z zu liegen kommt. Sobald dies geschehen, vermag sie den Drehantrieb von der Scheibe S auf die Trommel T bzw. von der Welle W auf die Welle W_1 zu übertragen, eine hinreichende Stärke der meist aus Phosphorbronze hergestellten Federn vorausgesetzt.

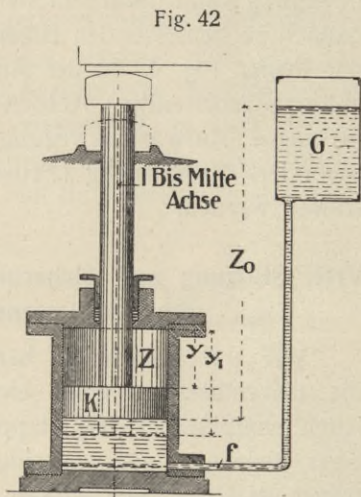
Steuereinrichtungen für die Zu- und Rückleitung des Druckwassers dieses anstatt treibend hinter den Kolben, hemmend vor ihn treten, also seiner Bewegung entgegenwirken läßt, derart, daß der Kolben das vor ihm zurückweichende Wasser in den Druckwassersammler zurücktreibt. Diese bremsende Wirkung läßt sich nötigenfalls noch dadurch steigern, daß man die Rohrleitung zwischen dem Triebzylinder und dem Druckwassersammler teilweise schließt und damit die hydraulischen Widerstände beim Rückfluß des Wassers und den Druck vor dem Kolben vermehrt. Solche Maßnahme ist indes nur zulässig, wenn die bei ihrer Anwendung mitwirkenden Bauteile in ihren Stärken dem möglichen höheren Drucke entsprechend bemessen sind.

Eine ähnliche Wirkung läßt sich auch bei elektromotorischem Antriebe erzielen, wobei dann allerdings auch die gleiche Vorsicht geboten ist.

Zur Erreichung eines tunlichst stoßfreien Ueberganges in den Ruhestand werden neben den vorstehend beschriebenen Apparaten, bei kleinen Klappbrücken zuweilen aber auch als einzige Sicherung gegen Stoß „Buffer“ oder „Puffer“, und zwar als Wasser-, Luft- oder Federpuffer in Anwendung gebracht.

Die grundsätzliche Anordnung von Wasserpuffern ist in Fig. 42 und 43 schematisch dargestellt; und ganz ähnlich ist die eines Luftpuffers.

Die Wirkungsweise beider besteht darin, daß in einem mit Luft oder Wasser gefülltem Zylinder Z (Fig. 42) ein schließend verschieblicher Kolben K von dem sich abwärts bewegendem Ende der Klappe bzw. eines Hauptträgers derselben getroffen und derart gegen die eingeschlossene Flüssigkeit vorwärts bewegt wird, daß diese durch eine Oeffnung f zum Antritt kommt. Je nach der Weite der Austrittsöffnung und der dadurch bedingten Ausflußgeschwindigkeit ist dazu eine bestimmte Arbeitsleistung erforderlich, die dem Arbeitsvermögen der sich drehenden Klappe entzogen wird. Bei zweckentsprechender Bemessung der Länge und Weite des Zylinders und der Weite der Austrittsöffnung läßt es sich erreichen, daß mit



der völligen Abwärtsbewegung des Kolbens und dem Austritt der Flüssigkeitsmenge das Arbeitsvermögen der Klappe ganz verzehrt wird und diese selbst zur Ruhe kommt. Bei der zumeist gebräuchlichen Anwendung von Wasserpuffern läßt man das Wasser zweckmäßig in ein um ein hinreichendes Maß höherliegendes Gefäß G übertreten, so daß der Kolben bei Wiederöffnung der Brücke durch den hydrostatischen Druck von selbst wieder in seine höchste Lage zurückkehrt, um beim Schließen der Brücke erneut im bezeichneten Sinne zu wirken.

Wie der wirksame Querschnitt F des Kolbens, sein Hub y_1 und der Querschnitt f der Ausflußöffnung im Verhältnis zueinander zu bemessen sind, damit die volle Vernichtung der Drehgeschwindigkeit ω_1 der Brückenklappe schadlos und sicher erreicht wird, ergibt sich aus folgender Betrachtung. Darin bezeichne n die Anzahl der an jeder Klappe angebrachten Puffer (meist zwei), μ die Ausflußziffer des Wassers, z_0 den mittleren Höhenunterschied zwischen der Unterfläche des Kolbens und dem Wasserspiegel im Gefäß G , J das materielle Trägheitsmoment der Klappe in bezug auf die Drehachse und l die Entfernung der Puffermitte von der Drehachse; ferner in irgendeinem Augenblicke ω die in Abnahme begriffene Drehgeschwindigkeit der Klappe, y den zurückgelegten Kolbenweg und h den mit ω abnehmenden Wasserdruck unterhalb des Kolbens in Metern Wassersäule gemessen.

Aus der Gleichheit des Rauminhaltes, den der Kolben in einem Zeiteilchen durchläuft und dem Volumen der gleichzeitig austretenden Wassermenge ergibt sich zunächst mit $\omega \cdot l$ als Kolbengeschwindigkeit

und $\sqrt{2g(h - z_0)}$ als Geschwindigkeit des austretenden Wassers die Beziehung

$$1) \quad \dots l \cdot \omega \cdot F = \mu \cdot f \cdot \sqrt{2g(h - z_0)}.$$

Daraus erhält man mit ω_1 als anfängliche Drehgeschwindigkeit der Klappe, h_1 als etwa vorgeschriebene Anfangsdruckhöhe den erforderlichen Querschnitt der Ausflußöffnung zu

$$2) \quad f = \frac{l \omega_1 F}{\mu \cdot \sqrt{2g(h_1 - z_0)}}.$$

Mit dem Kolbenwege dy ist eine Änderung $-d\omega$ der Drehgeschwindigkeit verknüpft; daraus folgt die Arbeitsgleichung

$$n \cdot dy \cdot F \cdot h \cdot \gamma = \frac{[(\omega - d\omega)^2 - \omega^2] J}{2} = -\omega \cdot d\omega \cdot J.$$

Löst man für dy und setzt aus Gl. 1 den Wert für

$$h = \frac{l^2 \omega^2 F^2 + 2g z_0 \mu^2 f^2}{2g \mu^2 f^2} \quad \text{ein, so folgt}$$

$$3) \quad dy = - \frac{2g J \mu^2 f^2}{n \cdot r \cdot F^3 \cdot l^2} \frac{\omega \cdot d\omega}{\omega^2 + \frac{2g z_0 \mu^2 f^2}{l^2 F^2}}.$$

Die Integration zwischen den Grenzen $y = 0$ und $y = y_1$ bzw. $\omega = \omega_1$ und $\omega = 0$ ergibt den erforderlichen Kolbenhub zu

$$4) \quad \dots y_1 = \frac{g \cdot J \cdot \mu^2 f^2}{n \cdot r \cdot F^3 l^2} \ln \left(\frac{\omega_1^2 l^2 F^2}{2g z_0 \mu^2 f^2} + 1 \right) \\ = \frac{g J \mu^2 f^2}{n \cdot r \cdot F^3 l^2 \cdot \text{Log } e} \cdot \text{Log} \left(\frac{\omega_1^2 l^2 F^2}{2g z_0 \mu^2 f^2} + 1 \right).$$

Beispiel: Es sei $J = 160 \text{ m}^4/\text{t}$, $n = 2$, $F = 0,02 \text{ m}^2$, $h_1 = 100 \text{ m}$, $\gamma = 1 \text{ t/m}^3$, $l = 8 \text{ m}$, $\omega_1 = 0,10$, $z_0 = 5 \text{ m}$ und $g = \text{rund } 10 \text{ m/sec}^2$, dann wird nach Gl. 2

$$f = \frac{8 \cdot 0,1 \cdot 0,02}{0,4 \sqrt{2 \cdot 10 (100 - 5)}} = 0,0009 \text{ m}^2 = 9 \text{ cm}^2$$

und nach Gl. 4

$$y_1 = \frac{10 \cdot 160 \cdot 0,40^2 \cdot 0,0009^2}{2 \cdot 1 \cdot 0,02^3 \cdot 8^2 \cdot \text{Log } 718} \cdot \text{Log} \left(\frac{0,1^2 \cdot 8^2 \cdot 0,02^2}{2 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 0,40^2 \cdot 0,0009^2} + 1 \right) = 0,375 \text{ m}.$$

Die Kolbenkraft ist zu Anfang $K = 0,02 \cdot 100 = 2 \text{ t}$ und nimmt allmählich ab bis auf $0,02 \cdot 5 = 0,1 \text{ t}$.

Bei der vorstehend beschriebenen Anordnung des Puffers nimmt die Kolbenkraft von einem anfänglichen Größtwert bis zu einem gewissen Kleinstwert ab. Rücksichten auf die Erhaltung der Klappenkonstruktion machen es erwünscht, daß die größte Kolbenkraft ein gewisses Maß nicht überschreitet. Das läßt sich durch Bemessung des Kolbenhubes in hinreichender Größe auch immer erreichen. In Rücksicht auf eine vorteilhafte Gesamtanordnung ist andererseits ein nicht zu großer Hub wünschenswert. Der fällt natürlich am kleinsten aus, wenn die Kolbenkraft ihre anfängliche Größe während des ganzen Hubes beibehält. Um dies zu erreichen, muß die Austrittsöffnung für das Wasser in bestimmter Abhängigkeit von der Bewegung des Kolbens allmählich verkleinert werden. In der in Fig. 43 und 43a dargestellten Anordnung tritt das Wasser durch Schlitze s in der Kolbenscheibe beim Vordringen derselben durch diese hindurch auf ihre Rückseite. Im Zylinder angebrachte Leisten L von veränderlicher

Dicke, über die sich die Schlitze schieben, bewirken die allmähliche Verkleinerung der Durchflußöffnung. Für die theoretische Beurteilung der Wirkungsweise des so angeordneten Puffers mögen wieder die oben eingeführten Bezeichnungen gelten. Dabei wird dann der Querschnitt f der Ausflußöffnung mit der abnehmenden Drehgeschwindigkeit ω der Klappe so verkleinert, daß die Druckhöhe h des Wassers vor dem Kolben konstant bleibt.

Die konstante Kolbenkraft ist dann für jeden Puffer gleich $F \cdot h \cdot \gamma$ und für den vollen Uebergang von der Drehgeschwindigkeit ω_1 in den Ruhezustand gilt die Gleichung

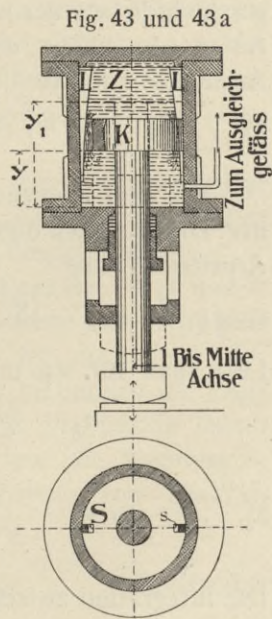
$$5) \quad n \cdot F \cdot h \cdot \gamma \cdot y_1 = \frac{J \omega_1^2}{2}.$$

Nach Zurücklegung eines Kolbenweges y ist die Geschwindigkeit von ω_1 auf ω herabgesunken; es muß daher sein

$$6) \quad n F \cdot h \cdot \gamma \cdot y = J \frac{\omega_1^2 - \omega^2}{2}.$$

Gleichung 1 behält auch hier ihre Gültigkeit, nur ist in ihr jetzt f veränderlich. Gl. 5 ermöglicht die Berechnung einer der Größen h , F und y_1 , nachdem die beiden anderen zweckmäßig gewählt sind, und aus Gl. 1 und 6 erhält man den veränderlichen Querschnitt f der Ausflußmündung zu

$$7) \quad f = \frac{l F}{\mu} \sqrt{\frac{\omega_1^2 J - 2 h F \cdot \gamma \cdot y \cdot n}{2 g (h - z_0) J}}.$$

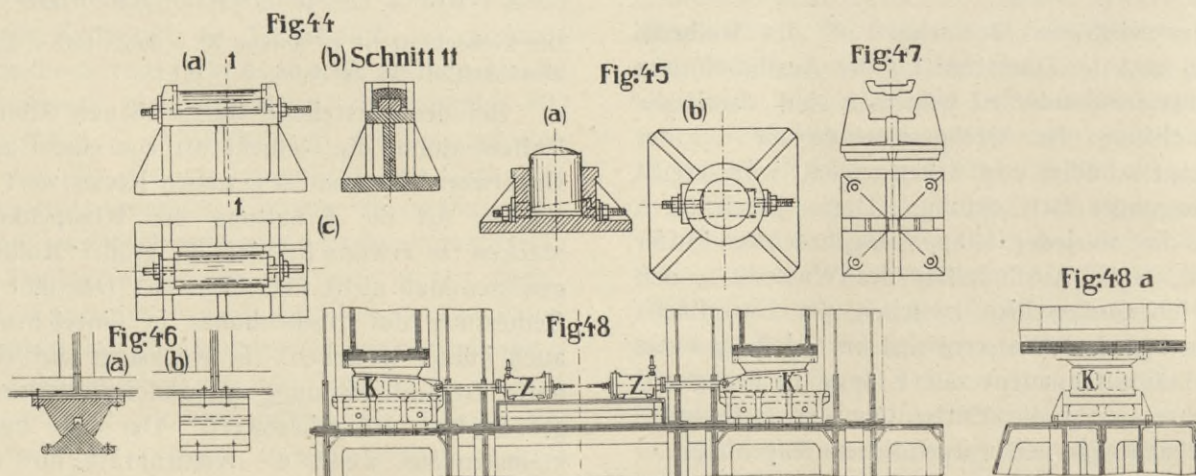


und dem Kolbenquerschnitt $F = 0,02 \text{ m}^2$, $y_1 = \frac{J \cdot \omega_1^2}{2 \cdot n \cdot h F \gamma}$
 $= \frac{160 \cdot 0,1^2}{2 \cdot 2 \cdot 100 \cdot 0,02 \cdot 1} = 0,20 \text{ m}$ (gegen 0,375 m im Falle der Pufferanordnung Fig. 42).

Bei zweiteiligen Klappbrücken können Puffer nur an den Gegengewichtsarmen angebracht werden und der Kolben verrichtet dann während seiner Aufwärtsbewegung seine verzögernde Tätigkeit. Seine Rückwärtsbewegung kann dann lediglich unter der Wirkung seines danach zu bemessenden Eigengewichtes geschehen. Soll der Puffer Fig. 43 in der Anordnung Fig. 42 mit a b w ä r t s arbeitendem Kolben verwandt werden, so muß für seine Aufwärtsbewegung nach geöffneter Klappe besondere Vorkehrung (Feder, Gegengewicht usw.) getroffen werden.

VIII. Stützung und Sicherung der Lage der Klappen im geschlossenen Zustande.

Wie unter Ziffer II bereits ausgeführt, erfordert die Unterstützung einer einteiligen Klappbrücke für jeden Hauptträger der Klappe zwei positive Stützlager, diejenige einer zweiteiligen Brücke, deren Klappen-träger als Kragträger wirken, dagegen ein positives und ein negatives, letzteres am Rückende des Gegengewichtsarmes befindlich (vergl. Fig. 28). Daneben kommt bei beiden Brückenarten am Rückende des Gegengewichtsarmes meistens noch ein lösbarer Verschuß (Rückenendverschuß) zur Sicherung der Klappe gegen ein Oeffnen durch die Verkehrslast und bei zweiteiligen Klappbrücken außerdem in der Mitte, wo beide Klappen zusammenstoßen, eine sogenannte Verriegelung in Anwendung, die den Verkehrsbahnen beider Klappen hier gleiche Höhenlage zu sichern be-



Für $y = y_1$ wird unter Beachtung der Gl. 5 $f = 0$ und für $y = 0$, $f = f_1 = \frac{l F \omega_1}{\mu \sqrt{2 g (h - z_0)}}$, wie in Gl. 2 für konstanten Querschnitt f im Falle der Pufferanordnung Fig. 42. Für das oben angeführte Zahlenbeispiel erhält man aus Gl. 5 mit der konstanten Druckhöhe $h = 100 \text{ m}$

stimmt ist. Statt des Rückenendverschlusses kommt bei einteiligen Brücken zuweilen, wenn auch weniger vorteilhaft (vergl. S. 10), eine Verschußvorrichtung am vorderen Ende der Klappe (Vorderendverschuß) in Anwendung. Der Rückenendverschuß wirkt als positive, der Vorderendverschuß als negative Stütze, beide sollten stets so

eingrichtet sein, daß sie in geschlossenem Zustande eine Entlastung der Drehungsachse herbeiführen.

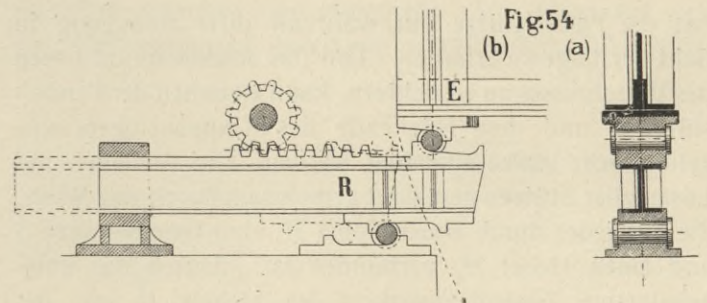
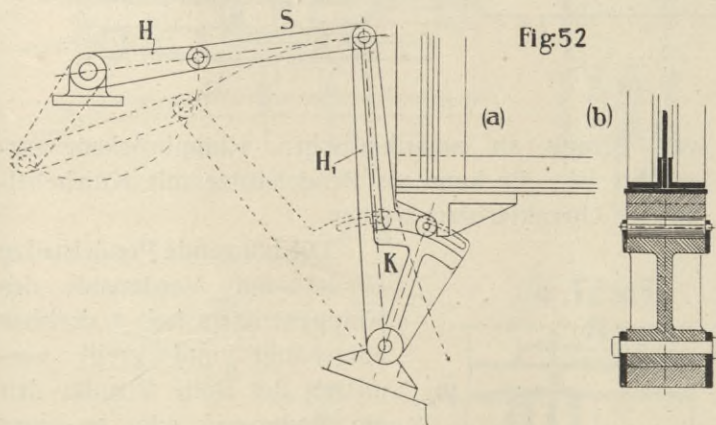
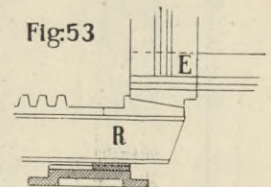
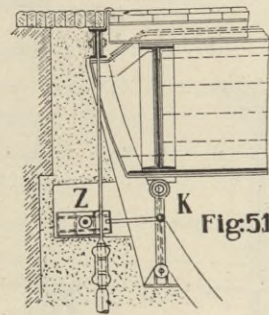
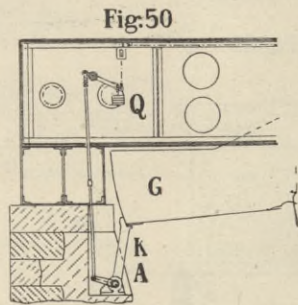
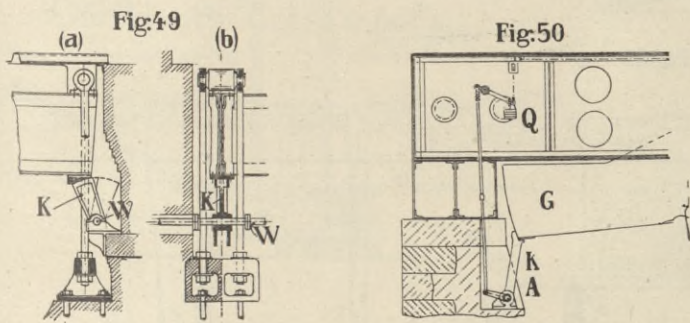
a) Die **Stützlager** der Klappbrücken müssen, wenn die Entlastung der Drehachse stets sicher erreicht werden soll, in ihrer Höhe regulierbar eingerichtet sein. Das kann in verschiedener Weise geschehen, wird aber meist und zweckmäßig durch Keillager bewirkt, etwa wie solche in Fig. 44 a, b und c und in Fig. 45 a und b dargestellt sind. Die Keile sind dabei so anzuordnen und einzurichten, daß ihre einmal herbeigeführte Stellung unter allen Umständen gesichert ist und nur bei etwa erforderlicher Neueregulierung verstellt wird.

Das in Fig. 46 a und b skizzierte Stützlager mit keilförmigen Stützflächen, ausgeführt an einer Klappbrücke in Rotterdam (Ruigeplaatbrug), über die Straßenbahngleise hinwegführen, soll in Rücksicht auf einen

vor der Drehachse. Es ist keilförmig und die Keilklötze *K* werden nach dem Schluß der Klappe mittels der Druckwasserzylinder *Z* so angezogen, daß die Achse gegenüber den Verkehrslasten entlastet wird (vergl. auch Fig. 128).

b) Die **Rückendverschlüsse** sind meist als lösbare Pendelstützen durchgebildet (Fig. 49—52). Auch Riegelverschlüsse (Fig. 53 und 54) kommen mit Vorteil zur Anwendung.

Der in Fig. 49 a und b skizzierte Verschluss findet sich an einer zweiteiligen Klappbrücke, der „Schmiedebrücke“ in Königsberg. Die Pendelstützen *K*, von denen für jeden der vier Hauptträger einer vorhanden ist, sind auf einer durchgehenden Welle *W* drehfest aufgekeilt und werden mittels dieser alle zugleich angezogen und gelöst. Die Welle ist unmittelbar beider-



genauen Zusammenschluß der Schienen vor und auf der Brücke dem Klappenende in wagrechtem Sinne eine genaue Lage sichern.

Gleichen Zwecken dient das in Fig. 47 a und b skizzierte Stützlager der einteiligen Klappöffnung in der Straßenbrücke über die Memel in Tilsit.

Bei verhältnismäßig langen und schmalen einteiligen Klappbrücken muß damit gerechnet werden, daß infolge einseitiger Wärmebestrahlung sich das freie Klappenende um etwas wagrecht verschiebt. Bei Straßenbrücken ist das belanglos; bei Eisenbahnbrücken kann ihm durch Stützlager im Sinne der Fig. 46 und 47 begegnet werden, indem diese bei zweckentsprechender Gestaltung das freie Klappenende in die richtige Lage zwingen.

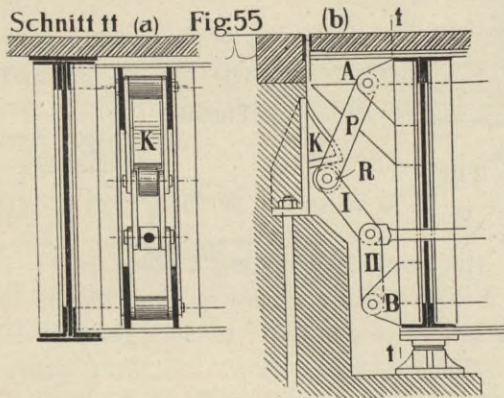
Fig. 48 und 48 a zeigen das Stützlager der zweiteiligen Klappöffnung in der Towerbrücke in London,

seits einer jeden der Stützen *K* gelagert und diese Lager übertragen den Stützdruck auf das Mauerwerk. Die Darstellungen zeigen gleichzeitig auch die negativen Rückendstützen und deren Verankerung im Mauerwerk.

Fig. 50 zeigt den Rückendverschluss der Towerbrücke. Die Pendelstützen *K* werden durch die sich aufwärts drehenden Gegengewichtsarme *G* um ihre Achse *A* zurückgedreht und, wenn dieser seine höchste Stellung erreicht hat, unter der Wirkung eines Gegengewichtes *Q* zum Eingriff gebracht. Ihre Belastung erhalten diese Rückendstützen *K* aber erst, wenn die Keillager Fig. 48 und 48 a angezogen werden. Vor dem Öffnen der Brücke werden diese zuerst gelöst und dann wird durch Anheben des Gewichtes *Q* mittels eines Seilrollenzuges der Rückendverschluss geöffnet.

Der in Fig. 51 dargestellte Rückendverschluß entstammt einer großen zweiflügeligen Klappbrücke in Cleveland in Amerika. Die Pendelstützen K tragen an ihrem oberen Ende Rollen, um ihr Schließen und Lösen zu erleichtern. Beides wird auf elektromagnetischem Wege durch ein oszillierendes Solenoid Z bewirkt. Fig. 51 zeigt auch die negative Rückendstütze und deren Verankerung.

Bei den bisher beschriebenen Rückendverschlüssen Fig. 49—51 wird der von den Pendelstützen K zu leistende Stützdruck durch Zapfen und Lager auf das Mauerwerk übertragen. Der in Fig. 52 dargestellte Rückendverschluß ist so durchgebildet, daß der von der Pendelstütze K aufgenommene Stützdruck wie bei den Pendelstützen einer festen Brücke direkt durch eine Lagerplatte ins Mauerwerk übergeht, was als grundsätzlich richtiger gelten muß; der angedeutete Bolzen



hat die Pendelstütze nur während ihrer Bewegung in richtiger Lage zu erhalten. Um das Anziehen und Lösen des Verschlusses zu erleichtern, kann zwischen der Pendelstütze K und dem Rückende des Klappenträgers eine zylindrische Walze eingefügt werden. Das Anziehen und Lösen aller Stützen geschieht gemeinsam durch eine Welle, die mit jeder durch einen Hebel H , eine Gelenkstange S und einen Hebel H_1 verbunden ist. Durch das kniehebelartige Zusammenwirken des Hebels H mit der Gelenkstange S wird die erforderliche Antriebskraft für das Anziehen und Lösen der Einrichtung vorteilhaft verringert und auch die Antriebswelle gegenüber der in Fig. 49 vorgesehenen direkten und festen Verbindung zwischen Welle und Pendelstützen erheblich geringer beansprucht.

Fig. 53. und 54 a und b zeigen Riegelverschlüsse, deren Lösen und Schließen durch Zahnradantrieb erfolgt. Bei demjenigen in Fig. 53 sind der Riegel R und das Rückende E des Gegengewichtsarmes je mit einem Keilstück versehen, wodurch das erforderliche „Anziehen“ ermöglicht wird.

Bei dem in Fig. 54 a und b dargestellten Verschlusse ist zur Verminderung der Reibung zwischen den Keiflächen eine zylindrische Walze eingefügt und eine gleiche findet sich als Stütze unter dem Riegel an seinem Vorderende.

c) **Vorderendverschlüsse** zeigen die Fig. 55 und 56. Wie schon hervorgehoben, ist die übrigens nur bei einteiligen Klappbrücken mögliche Anwendung von Vorderendverschlüssen an Stelle von Rückendverschlüssen um deswillen weniger vorteilhaft, weil dabei das am Rückarme der Klappen freischwebende Gegengewicht durch die dynamische Wirkung der Verkehrslast in Schwingungen gerät und dadurch mehr oder weniger schädigend auf den Bestand der Gesamtkonstruktion einwirkt.

Fig. 55 a und b stellt einen Vorderendverschluß einteiliger Klappbrücken dar, wie er

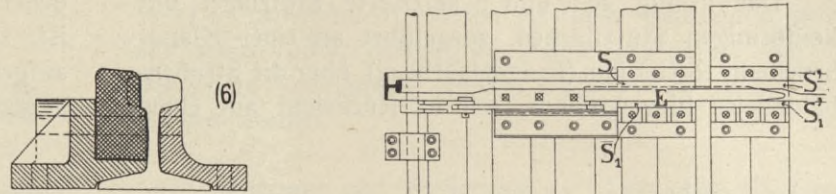
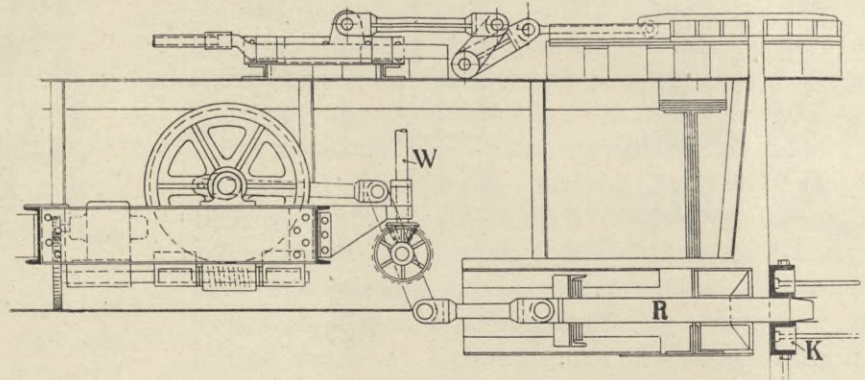
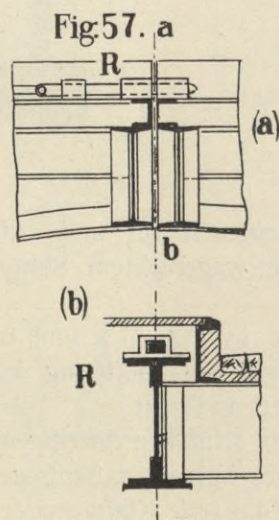


Fig. 56 (a)



von Strauß an amerikanischen Klappbrücken ausgeführt ist. Er kann als Pendelstütze mit Kniehebelantrieb charakterisiert werden.



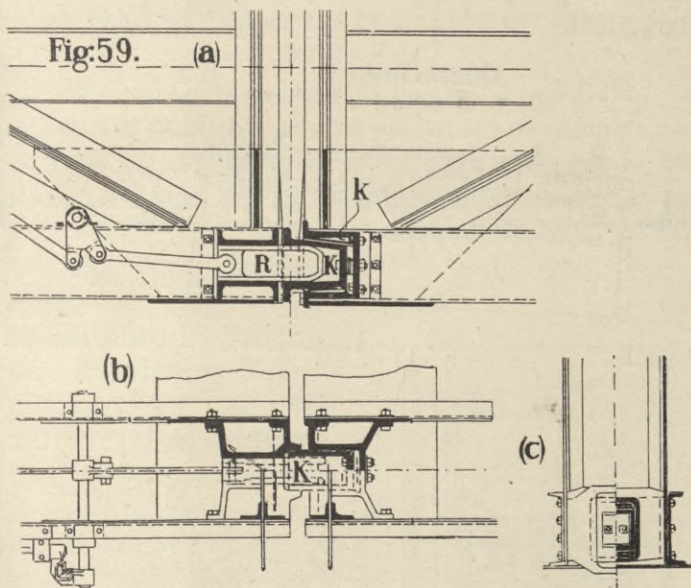
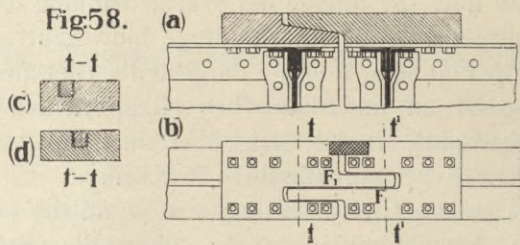
Die hängende Pendelstütze P ist am Vorderende des Klappenträgers bei A drehbar aufgehängt und greift vermittels der Rolle R unter den am Mauerwerk oder an einer anschließenden festen Brücke befestigten Knagge K . Der Kniehebel I, II ist außerdem bei B drehbar an der Klappe fest. Dieser Verschluß würde sich ohne weiteres auch als Rückendverschluß eignen. Es brauchten dann nur die Drehpunkte A und B am Mauerwerk oder an einer anschließenden festen Brücke, der Knaggen K

dagegen am Rückende der Klappe befestigt zu werden.

Der im unteren Teile der Fig. 56 dargestellte Vorderendverschluß ist an vier großen einflügeligen Eisenbahnklappbrücken in Amerika zur Ausführung gekommen, von denen eine weiter unten mitgeteilt wird. Er besteht aus einem Riegel R , der in einen Mauerkasten K

eingreift und durch einen kleinen Elektromotor, oder im Notfalle durch Gongspill mittels der stehenden Welle *W* von Hand in skizzierter Weise bewegt werden kann. Aehnliche Verschlüsse sind neuerdings auch an deutschen Klappbrücken verwandt.

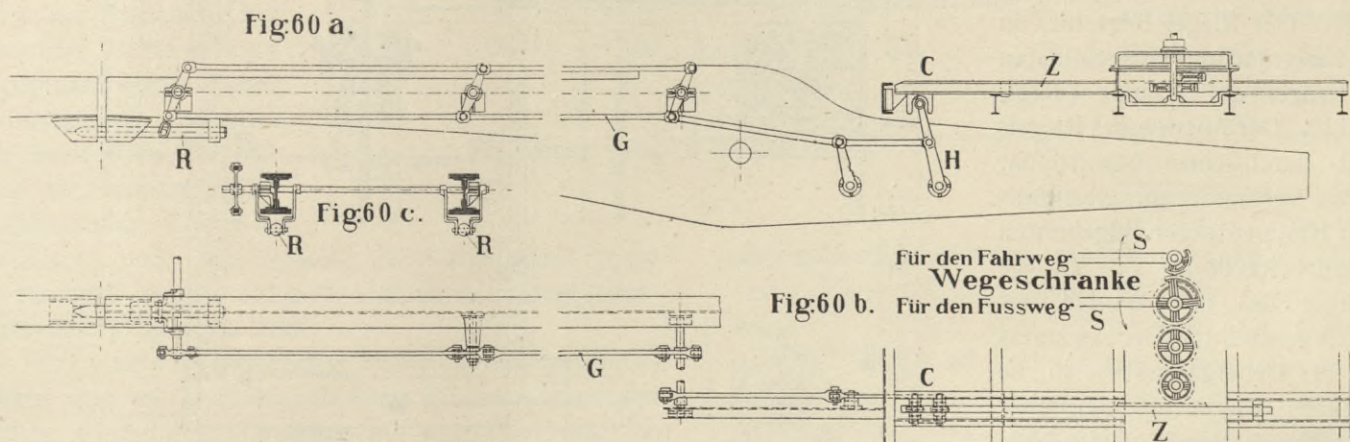
d) **Verriegelungen** zweiteiliger Klappbrücken sind in den Fig. 57—61 dargestellt.



Die in Fig. 58 a, b und c skizzierte Verriegelung wird ohne weiteres mit der Bewegung der Klappen betätigt. Sie ist nach dem Vorbilde einer älteren Kopenhagener Klappbrücke an der „Hohen Brücke“ in Königsberg und später an verschiedenen anderen deutschen Klappbrücken mit gutem Erfolge angewandt. Sie besteht aus zwei Teilen, von denen je einer auf der Kopfplatte eines der zu verbindenden Klappenträger befestigt ist und die fingerartig ineinander greifen. Um den Verlauf dieses Vorganges zu sichern, sind die Finger *F* und *F*₁ etwas keilförmig gestaltet, ein Umstand, der allerdings infolge der Wärmedehnung der Klappenträger einen gewissen kleinen Spielraum zwischen den Berührungsf lächen der Finger und den Fingernuten bedingt. Bei Straßenbrücken von nicht zu großen Weiten ist dies indes erfahrungsmäßig kaum als ein wesentlicher Mangel anzusehen, der gegenüber der außerordentlichen Einfachheit dieser Verriegelung ins Gewicht fällt.

In Fig. 59 a, b und c ist die Verriegelung einer neueren Klappbrücke in Chicago skizziert. Sie ist in dem kastenförmigen Untergurt eingebaut. Der Riegelkasten *K* ist in seiner Höhenlage durch Keile *k* verstellbar, um eine genaue gegenseitige Höheneinstellung der zu verbindenden Klappenenden zu ermöglichen. Der Antrieb erfolgt in der aus Fig. 145—147 ersichtlichen Weise durch einen Elektromotor oder von Hand.

Fig. 60 a, b und c zeigt die Verriegelung der Klappbrücke über den Seekanal von Brüssel zur Nordsee in der Stadt Brüssel. Hier ist der runde Riegel *R* unter den Klappenträgern angebracht (vergl. Fig. 60 a und c). Sein Antrieb erfolgt von Hand mit den die Brückenbahn abschließenden Wegeschränken *S*. Indem eine derselben ergriffen und zuge dreht wird, überträgt sich ihre Drehbewegung durch ein viergliedriges Räderwerk



Bei der in Fig. 57 a und b skizzierten Verriegelung ist der Riegel *R* auf der Kopfplatte der oberen Gurtung der beiden Hauptträger angeordnet, welche letzteren hinter der Bordkante unter den erhöhten Fußwegen liegen. Vergl. Fig. 57 b und Fig. 28—30. Der Antrieb dieser Verriegelung kann gleichzeitig und im Zusammenhange mit der Bewegung des Rückendverschlusses von der Welle *W* (Fig. 52 a) aus in der aus Fig. 28 und 29 ersichtlichen Weise geschehen.

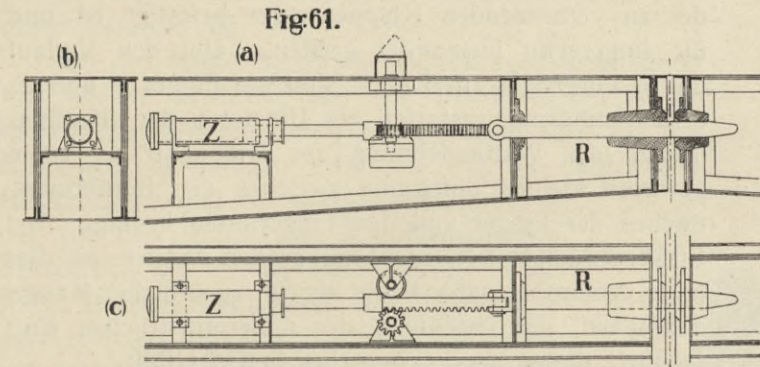
auf die Zahnstange *Z*, die in ihrer Verlängerung bei *C* mit dem Hebel *H*, wie aus der Figur ersichtlich, lösbar verbunden ist, so daß sich ihre Längsbewegung bei geschlossener Brücke auf das Hebelgestänge *G* und den Riegel *R* überträgt. Wenn die Brückenklappe sich öffnet, trennt sich der mit dem Gestänge an der Drehbewegung der Klappen beteiligte Hebel *H* von der verlängerten Zahnstange *Z*, kommt aber beim Schließen der Brückenklappe von selbst wieder mit ihr in die

vorherige Verbindung. Durch diese Verbindung der Bewegung der Verriegelung mit derjenigen der Wegeschränken kommen beide derart in Abhängigkeit voneinander, daß die Entriegelung der Brücke nicht geschehen kann, bevor die Schranken geschlossen sind, und die Verriegelung stets gleichzeitig mit dem Öffnen

neuerer Zeit besondere leicht zu handhabende Anschlußeinrichtungen angewandt. Meistens bestehen diese in der Hauptsache aus einem Keilstück *E* (Fig. 56), das zwischen Schiene *S* und Schienenstuhl *S*₁ auf der Brückenklappe genau geführt und in gleicher Weise zwischen Schiene *S'* und Schienenstuhl *S'*₁ des festliegenden Anschlußgleises geschoben wird. Das Keilstück erfüllt zugleich auch den Zweck, die Räder der Fahrzeuge ohne Stoß über die infolge der Wärmedehnung zeitweise verhältnismäßig große Anschlußfuge hinwegzutragen.

Die in Fig. 56 a, b und c dargestellte Gleisanschlußsicherung ist an amerikanischen Klappbrücken mehrfach angewandt, findet sich aber in ähnlicher Anordnung auch bei europäischen Brücken.

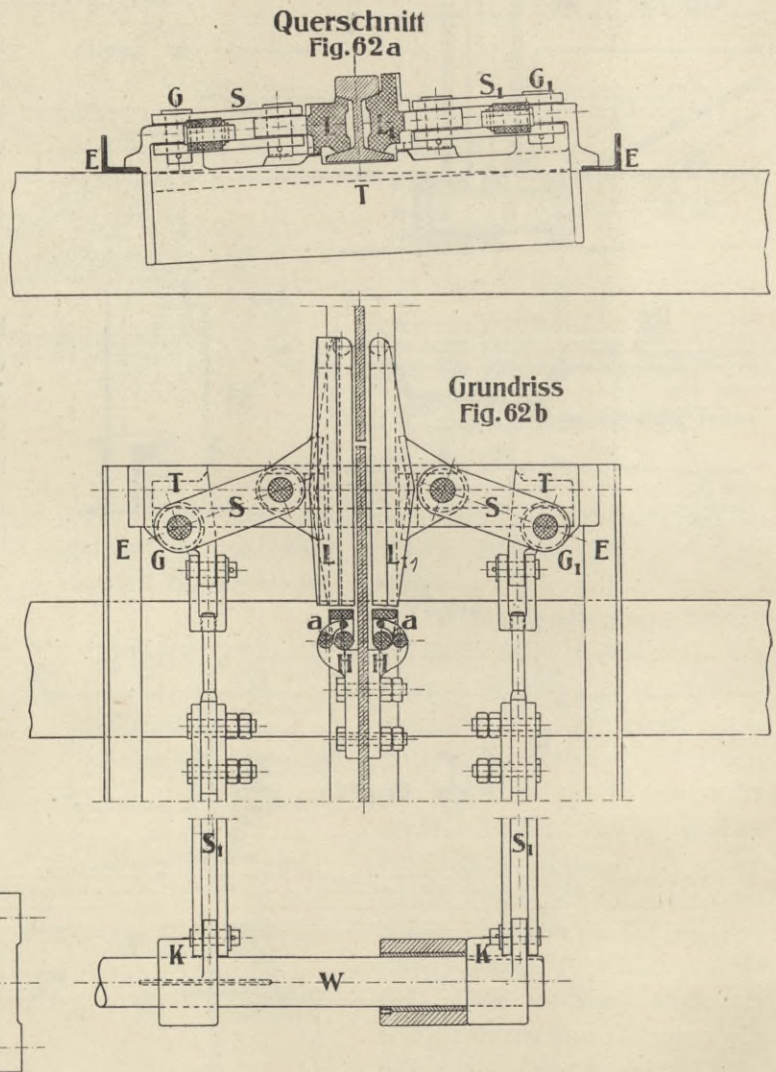
Eine andere Gleissicherung, wie sie an der kürzlich erbauten Eisenbahnklappbrücke über die Stör bei Itzehoe angewandt ist, findet sich in Fig. 62 a, b und c dargestellt.



der Schranken erfolgt, eine Bedingung, deren Erfüllung im Interesse der Sicherheit des Verkehrs allgemein verlangt werden sollte und bei neueren bedeutenderen Klappbrücken meist auch erfüllt wird.

Es mag noch besonders hervorgehoben werden, daß bei der hier erwähnten Klappbrücke ein Rückendverschluß nicht vorhanden ist und daß daher die Verriegelung auch die geringen negativen Biegemomente aufzunehmen hat, die bei Verkehrsbelastung der Klappe außerhalb der Drehachsen entstehen, soweit eine Aufhebung der letzteren nicht durch die Zapfenreibung erfolgt. In Fig. 61 a, b und c ist noch die Verriegelung der Klappöffnung in der Towerbrücke in London dargestellt. Der Riegel liegt hier in dem kastenförmig ausgebildeten Hauptträger der Klappe (vergl. Fig. 61 b). Der Antrieb des Riegels erfolgt durch einen unmittelbar mit ihm verbundenen, gleichfalls in den Klappenträger eingebauten Wasserdruckzylinder *Z*. In die Zuleitung des (im Winter mit Glycerin gemischten) Druckwassers ist an der Uebergangsstelle in die bewegliche Klappe ein biegsamer Spiralschlauch eingefügt. Im Notfalle können die Riegel auch, wie in der Figur angedeutet, durch einen Zahnstangenantrieb von Hand bewegt werden.

Bei schneller befahrenen Eisenbahnklappbrücken, die, wie früher schon erwähnt, meist einflügelig ausgeführt werden, verlangt noch der genaue Anschluß der Gleise auf der Brückenklappe an die beiderseits festgelagerten Zu- bzw. Abfahrtsgleise besondere Aufmerksamkeit. Um diesen Anschluß unter allen Umständen in genügender Weise sicherzustellen, sind in



Die lösbare Verbindung besteht aus zwei Stoßlaschen *L* und *L*₁, die bei *a* je durch einen Haken *H* mit einem der beiden zusammen zu schließenden Schienenenden drehbar verbunden sind. Das Öffnen und Schließen geschieht vermittelt einer Welle *W* gemeinsam für beide Schienen. Durch die Kurbeln *K* und die Gelenkstäbe *S*₁ wird die Traverse *T* in der Gleisrichtung wagrecht verschoben, und mit ihr die

Gelenke G und G_1 , in denen die Gelenkstäbe S drehbar mit der Traverse verbunden sind. Je nach der Bewegungsrichtung der Traverse öffnen oder schließen sich die Laschen L und L_1 . Beim Schließen wirken die Gelenkstäbe S kniehebelartig zusammen und pressen die Laschen mit dem erforderlichen Drucke gegen die Schiene. Die Lasche L_1 trägt die Räder über die Stoßfuge hinweg.

IX. Statische Berechnung der Klappenträger.

Auf die statische Berechnung der Klappenträger soll hier nur insofern eingegangen werden, als die grundlegenden besonderen statischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkte, die dabei in Frage kommen, eine Besprechung erfordern.

a) Hauptträger einteiliger Klappbrücken.

Wir setzen voraus, daß die Stützen A und B (Fig. 63), wie es sich empfiehlt, in ihrer Höhenlage so reguliert sind, daß die zugedrehte verkehrsfreie Brückenklappe in dem ihrem Gewichtsausgleich entsprechenden Formänderungszustande (Fig. 63 d) beide Stützen drucklos berührt und daß durch das Anziehen des Rückendverschlusses das Rückende C der Hauptträger soweit gehoben wird, daß bei stärkster Verkehrsbelastung der Klappe zwischen A und B (vergl. Fig. 63 c) der Stützdruck in C eben gleich Null, aber nicht negativ wird, also ein Abheben des Rückendes bei C von der Stütze nicht stattfindet. Unter dieser Voraussetzung gestaltet sich die statische Berechnung der Hauptträger in geschlossenem Zustande der Klappe unter der Wirkung der Verkehrslast genau wie die eines Trägers auf zwei Stützen mit einem (rückwärts) überkragenden Ende.

Für Klappbrücken von kleineren bis mittleren Weiten sind als Verkehrsbelastung die vorkommenden größten Einzellasten für Momente und Querkräfte zu berücksichtigen, bei größeren Weiten dagegen kann mit verteilter Belastung gerechnet werden.

Sind g und p die dem Eigengewicht der Brückentafel und der Verkehrsbelastung entsprechenden Lasten pro Längeneinheit eines Hauptträgers, G das auf einen Hauptträger entfallende Eigengewicht der Klappe einschließlich des Gegengewichtes, so erhält man bei voller Verkehrsbelastung mit Bezug auf Fig. 63 a den Stützdruck A zu

$$1) \quad A = \frac{pl}{2} - \frac{G \cdot e}{l},$$

für das Biegemoment im Abstand X von A

$$2) \quad M_x = A \cdot x - \left(\frac{p+g}{2}\right)x^2$$

und für die Querkraft

$$3) \quad Q_x = A - (p+g)x.$$

Das größte positive Moment zwischen den Stützen findet sich im Querschnitt $x = \frac{A}{p+g}$ und hat den Wert

$$4) \quad M_{max} = \frac{A^2}{2(p+g)}.$$

Das größte negative Biegemoment über der Stütze B ist

$$5) \quad M_1 = -\left(Ge + \frac{gl^2}{2}\right)$$

Während der Bewegung der Klappe stützt sich diese allein auf die Drehachse und die Klappenträger erfahren daher nur negative Biegemomente. Diese und die Querkräfte sind am größten, wenn die Klappe sich in wagerechter Lage befindet. Es ist dann

$$6) \quad M_x = -\frac{g \cdot x^2}{2} \quad \text{und für } x = l + e.$$

$$7) \quad M_2 = -g \left(\frac{l+e}{2}\right)^2.$$

Ein Blick auf die Momentenfläche Fig. 63 b zeigt, daß M_2 stets kleiner als M_1 sein muß.

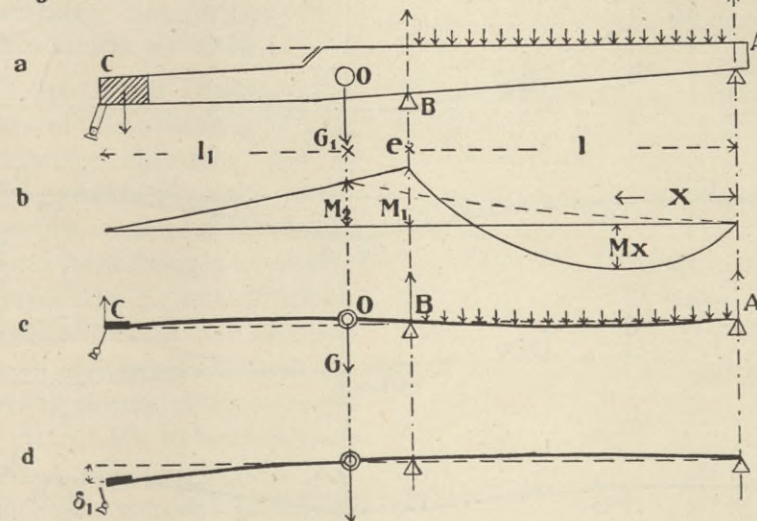
Die beim Anziehen des Rückendverschlusses lotrecht aufwärts ausübende Kraft C , die zugleich die größte dort auftretende Stützkraft ist, erhält man mit Bezug auf Fig. 63 c und 63 d zu $C = \frac{\delta_1}{\delta_0}$, wenn δ_1 die elastische Senkung des ungestützten Rückendes C

der zwischen den Stützen A und B verkehrsfreien Klappenträger (Fig. 63 d) gegen dessen Höhe bei voller Verkehrsbelastung zwischen A und B ist (Fig. 63 c), und δ_0 die lotrechte elastische Verschiebung bezeichnet, die eine Kraft $C = 1$ dem Punkte C der bei A und B aufliegenden Klappenträger im lotrechten Sinne mitzuteilen vermag.

b) Hauptträger zweiteiliger Klappbrücken.

Im geschlossenen Zustande der Brücke (Fig. 64 a) ist der Klappenträger, unter der Voraussetzung, daß die Drehachse durch den Rückendverschluß völlig entlastet ist, ein bei B und C gestützter, in die Brückenöffnung überkragender Träger.

Fig. 63



Ist die Brücke frei von Verkehrslast, so sind die Stützdrücke bei B und C

$$8) \quad B = G \cdot \frac{l_1}{l_1 + e} \quad \text{und}$$

$$9) \quad C = G \cdot \frac{e}{l_1 + e},$$

wobei C zugleich die beim Anziehen des Rückendverschlusses im lotrechten Sinne auszuübende Kraft ist. Trägt die Brücke zwischen den Stützen B volle Verkehrslast p pro Längeneinheit der Hauptträger, so ist

$$10) \quad B = G \frac{l_1}{l_1 + e} + \frac{p \cdot l}{2} \frac{(l_1 + e + \frac{l}{4})}{l_1 + e} \quad \text{und}$$

$$11) \quad C = G \frac{e}{l_1 + e} - \frac{p l^2}{8(l_1 + e)}.$$

Der Stützdruck B ist stets positiv; C dagegen ist bei unbelasteter Brücke positiv, wird aber bei voll belasteter

und das größte Biegemoment über der Stütze B für $x = \frac{l}{2}$

$$13) \quad M_1 = - (g + p) \frac{l^2}{8}.$$

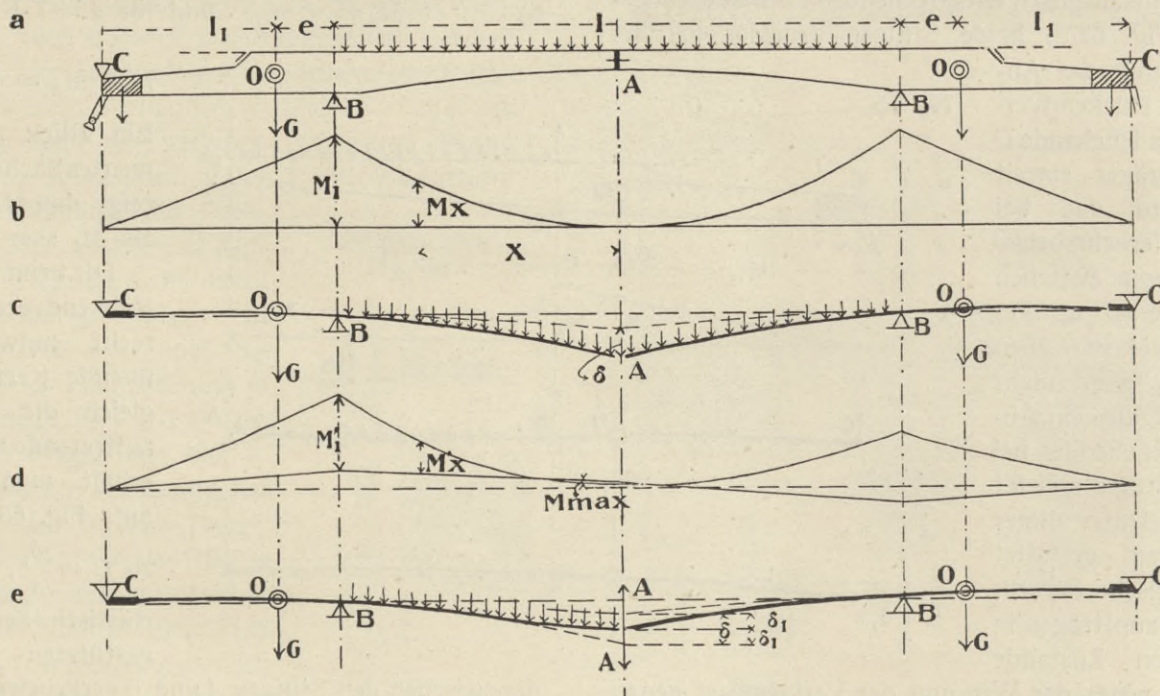
Für die Querkraft Q_x erhält man

$$14) \quad Q_x = (g + p) \cdot x.$$

Ist nur eine Klappe voll belastet (Fig. 64e), so treten in deren Hauptträgern in der Nähe der Brückenmitte infolge der stützenden Wirkung der Träger der unbelasteten, bzw. nur ihr Eigengewicht tragenden Klappe auch positive Momente auf. Um diese zu berechnen, ist zunächst die von den Trägern der belasteten und unbelasteten Klappe im lotrechten Sinne wechselseitig aufeinander ausgeübte Kraft A , die für den belasteten Träger als Stützkraft, für den sonst unbelasteten als Einzellast gelten kann, zu bestimmen.

Ohne die Verriegelung würden die freien Enden der vollbelasteten Träger durch die Verkehrslast eine

Fig. 64



Brücke meist negativ, so daß eine entsprechende Verankerung der Stütze C gegen das Mauerwerk erforderlich wird. Durch geeignete Wahl des wagerechten Abstandes e zwischen der Drehachse und der Stütze B hat man es in der Hand, den Stützdruck C auch bei voll belasteter Klappe in bestimmten Grenzen zu halten. Verlangt man z. B. $C = 0$, so erhält man aus Gl. 11

$$e = \frac{p l^2}{8G}.$$

Alle Biegemomente der Hauptträger sind bei voller Verkehrsbelastung der Träger beider Klappen negativ. Ein solches im Abstände x von der Brückenmitte ist

$$12) \quad M_x = - (g + p) \frac{x^2}{2}$$

elastische Senkung δ erfahren, die nach den Regeln der Elastizitätslehre ermittelt werden kann. Infolge der Verriegelung senken sich die Enden der vollbelasteten und der nur durch das Eigengewicht belasteten Träger (Fig. 64e) um ein gleiches Maß $\delta' = \delta/2$; denn die Kraft A , die beide nun wechselseitig aufeinander ausüben, bewegt das Ende des unbelasteten Trägers um dasselbe Maß δ' abwärts, als sie dasjenige des vollbelasteten aus seiner durch die Verkehrslast erzeugten Senkung δ aufwärts führt. Daraus folgt $\delta = 2 \delta'$ und $\delta' = \delta/2$. Ist nun δ_0 die lotrechte elastische Verschiebung, die eine Kraft $A = 1$ herbeizuführen vermag, so ist die Kraft A , die eine Verschiebung $\delta/2$ erzeugt

$$15) \quad A = \frac{\delta}{2\delta_0}.$$

Nachdem damit die Kraft A bekannt geworden, kann ihr Beitrag zu den Biegemomenten und Querkräften in den belasteten und unbelasteten Klappen-trägern in üblicher Weise berechnet und nötigenfalls bei Beurteilung der Stärkenabmessungen berücksichtigt werden. Fig. 64 d und e lassen den Einfluß auf die Biegemomente erkennen.

Die während der Bewegung der Klappen auftretenden Biegemomente und Querkräfte berechnen sich genau wie bei der einteiligen Klappbrücke. Gl. 6 und 7 können daher unmittelbar Anwendung finden; nur ist in Gl. 7 $l/2$ statt l zu setzen, so daß im Achsquerschnitt des Trägers

$$16) \quad M_2 = -\frac{(l+2e)^2}{8} \cdot g \quad \text{wird.}$$

Die in Gl. 15 berechnete Kraft A muß als Querkraft durch die Verriegelung von Träger zu Träger übergehen und ist daher auch für die Berechnung des Riegelquerschnittes maßgebend.

Im übrigen werden die nach vorstehendem bekannten Biegemomente und Querkräfte in üblicher Weise zur Berechnung der Stärkenabmessungen der Träger, der Querschnitte bei vollwandigen und der Stäbe bei gegliederten Trägern benutzt.

X. Vergleich ein- und zweiteiliger Klappbrücken in technischer und wirtschaftlicher Beziehung.

Nachdem unter Ziffer I bis IX die Klappbrücken mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich in ein- und zweiteiliger Anordnung allgemein und in ihren wichtigsten Einzelheiten besprochen sind, bleibt noch darzulegen, nach welchen Gesichtspunkten im gegebenen Falle eine der beiden Anordnungen zu wählen sein wird. Hier ist von vornherein zu unterscheiden, ob die Brücke schnellen Eisenbahn- oder nur Straßenverkehr zu überführen hat. In ersterem Falle stellt die Sicherheit des Verkehrs weitergehende Anforderungen als in letzterem und diese in erster Linie zu befriedigende Forderung fällt daher, wenn es sich um schneller befahrene Eisenbahnbrücken handelt, meistens ausschlaggebend für die Wahl der einfacheren einteiligen Klappbrücke ins Gewicht, weil bei dieser die erforderliche sichere Lage im geschlossenen Zustande leichter und vollkommener zu erreichen ist als bei zwei-

teiligen. Zweiteilige schneller befahrene Eisenbahn-Klappbrücken gehören daher zu den seltenen Ausnahmen und kommen in Deutschland überhaupt nicht vor.

Straßenklappbrücken dagegen können auch in zweiteiliger Anordnung den Anforderungen der Verkehrssicherheit leicht und vollkommen genügen und werden bei nicht zu geringen Weiten (6—8 m) aus wirtschaftlichen Rücksichten meist zweiteilig ausgeführt.

Die größere Wirtschaftlichkeit zweiteiliger Straßenklappbrücken ist in erster Linie begründet in dem geringeren Konstruktionsgewicht derselben und sodann auch in dem geringeren Kraftaufwande bei der Bewegung gegen Winddruck.

Was unter Ziffer IX über die statische Berechnung der Klappenträger gesagt ist, läßt nämlich erkennen, daß die maßgebenden Biegemomente und Querkräfte in den Trägern einteiliger Klappbrücken wesentlich größer ausfallen als bei zweiteiligen. Das trifft besonders bei Straßenbrücken mit verhältnismäßig größerem Eigengewicht zu. Sodann treten Biegemomente und Querkräfte in zweiteiligen Klappbrücken in geschlossenem Zustande und während der Bewegung in der Hauptsache gleichsinnig auf, während bei einteiligen Brücken der Richtungssinn derselben stellenweise Wechseln unterliegt, ein Umstand, der die Lockerung der Verbindungen begünstigt und erfahrungsmäßig die Erhaltung erschwert.

Sodann ist das widerstehende Moment des Winddruckes (vergl. S. 14) bei einer einteiligen Klappbrücke etwa viermal so groß, als an jeder Klappe einer zweiteiligen gleicher Lichtweite. Diesem Vorzug der letzteren steht nun zwar der Nachteil gegenüber, daß bei zweiteiligen Klappbrücken zwei Antriebsmechanismen erforderlich werden, doch fallen diese erheblich leichter aus. Auch bieten zweiteilige Brücken die Möglichkeit, für kleinere Schiffe nur einen Flügel oder beide nur teilweise zu öffnen.

Danach kann als Regel gelten, daß schneller befahrene Eisenbahnbrücken im allgemeinen sachrichtiger einteilig, Straßenbrücken von nicht zu geringer Weite (6—8 m) besser zweiteilig ausgeführt werden, soweit nicht etwa örtliche Verhältnisse eine Abweichung von dieser Regel wünschenswert machen.

§ 6.

Ausgeführte Klappbrücken mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich.

Nachdem im vorigen Paragraph die leitenden Gesichtspunkte für die allgemeine Anordnung von Klappbrücken mit fester Drehachse und starrem Gewichtsausgleich nebst den grundsätzlich wichtigen Einzelheiten derselben besprochen sind, sollen nunmehr eine Anzahl ausgeführter Beispiele solcher Brücken mitgeteilt werden.

I. Einflügelige Klappbrücken.

a) Klappöffnung in der Straßenbrücke über die Dahme-Wasserstraße in Schmöckwitz bei Berlin (Fig. 65—70).

Der eiserne Ueberbau dieser Klappbrücke nebst Antriebseinrichtung sind in Fig. 65—68 dargestellt. Die Klappe überspannt in 7,30 m Stützweite die im

Lichten 6,70 m weite Durchfahrtsöffnung und überführt einen Fahrweg von 5,6 m und zwei Fußwege von je 1,75 m Breite. Der Belag des ersteren besteht aus 14 cm starken Holzbohlen und ist zum Schutze gegen zu starke Abnutzung mit 3 m starken, in Teer getränkten Hanfgurten überdeckt und mit scharfem Sande überstreut, der durch die über die Brücke hinwegrollenden Fuhrwerke in die satt geteerten Gurten hineingepreßt werden und mit diesen eine einheitliche elastische Straßendecke bilden soll. Die Hanfgurten sind in Abständen von 200 mm mit breitköpfigen geschmiedeten Nägeln auf dem Bohlenbelage befestigt.

Die Gehbahnen der Fußwege haben nur einen 5 cm starken Bohlenbelag erhalten.

Die Verträgerung der Klappe besteht aus zwei vollwandigen Hauptträgern mit zwischengefügten Quer- und Längsträgern und beiderseits ausgekragten Konsolen für die Fußwege.

Die Drehachse durchsetzt den Klappenkörper von Hauptträger zu Hauptträger und ist von einem kastenförmigen Querträger eingeschlossen, der die Hauptträger hier wirksam gegeneinander absteift. Sie ist beiderseits auf den Mauern des Brückenkellers gelagert und erhält den Drehtrieb einseitig von Hand durch ein Rädervorgelege (vgl. Fig. 66, 67 und 68), in das zur Regulierung der Drehbewegung der Klappe im Sinne der Ausführungen auf S. 16 eine Lastdruckbremse von der in Fig. 40 dargestellten Einrichtung eingefügt ist. Die abnehmbaren Handkurbeln für den Drehtrieb werden von einem der Gehwege aus betätigt und die Bewegung durch eine stehende Welle mit Kegelrädern abwärts auf das Rädervorgelege übertragen. Bei stärkerem Winde kann eine weitere Vorgelegestufe eingeschaltet werden.

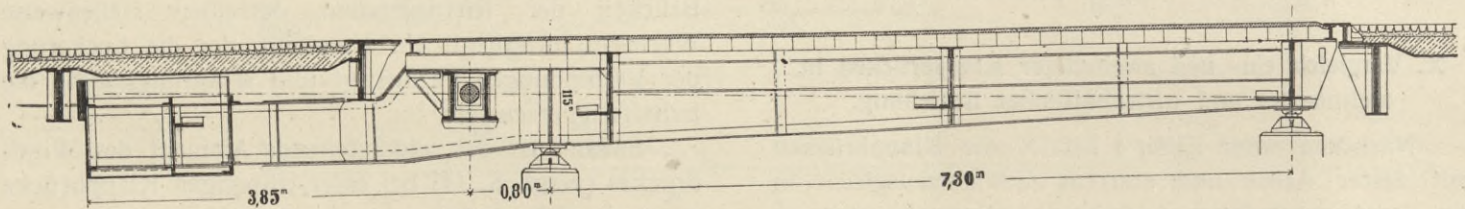
Durch das Anziehen des in Fig. 69 dargestellten Vorderendverschlusses, dessen Hakenriegel in ent-

Klappbrücke über die Dahme in Schmöckwitz.

M.1:75.

Längenschnitt

Fig.65.



Grundriss.

Fig.66.

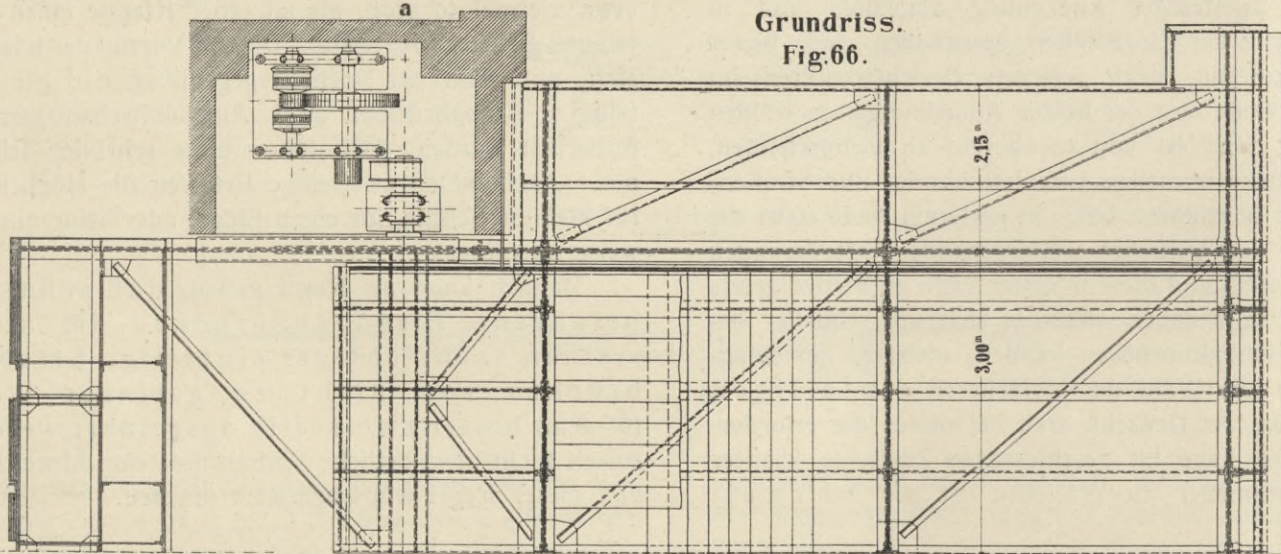
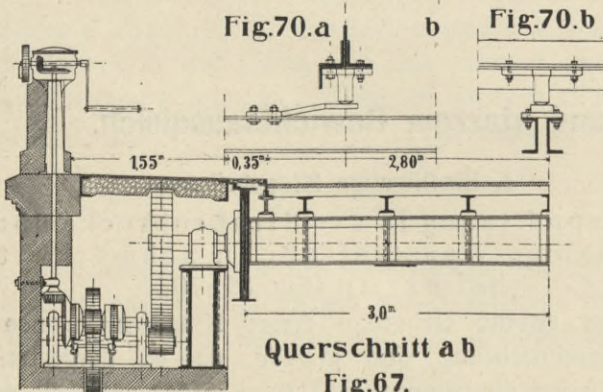


Fig.70.a

b

Fig.70.b



Querschnitt a b

Fig.67.

Fig.68.

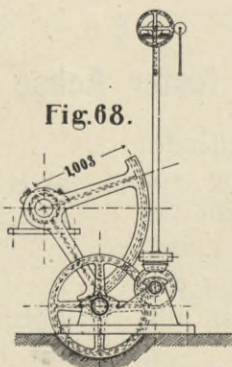
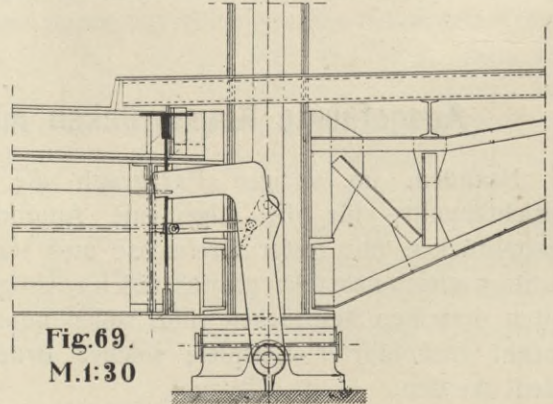


Fig.69.

M.1:30



sprechende rechteckige Oeffnungen der konsolartig verlängerten Hauptträger greifen (vergl. Fig. 65 rechts), wird eine Achsentlastung angestrebt und die Klappe in geschlossener Lage festgehalten. Das Gegengewicht ist also nicht direkt unterstützt und daher sind Schwingungen desselben beim Befahren der Klappe nicht verhindert.

Beim Oeffnen der Klappe schlägt diese mit ihrem Gegengewichtsarm am Ende der Bewegung gegen Federpuffer (vergl. Fig. 70a und 70b).

b) Die Klappöffnung in der Straßenbrücke über die Memel in Tilsit (Fig. 71—77).

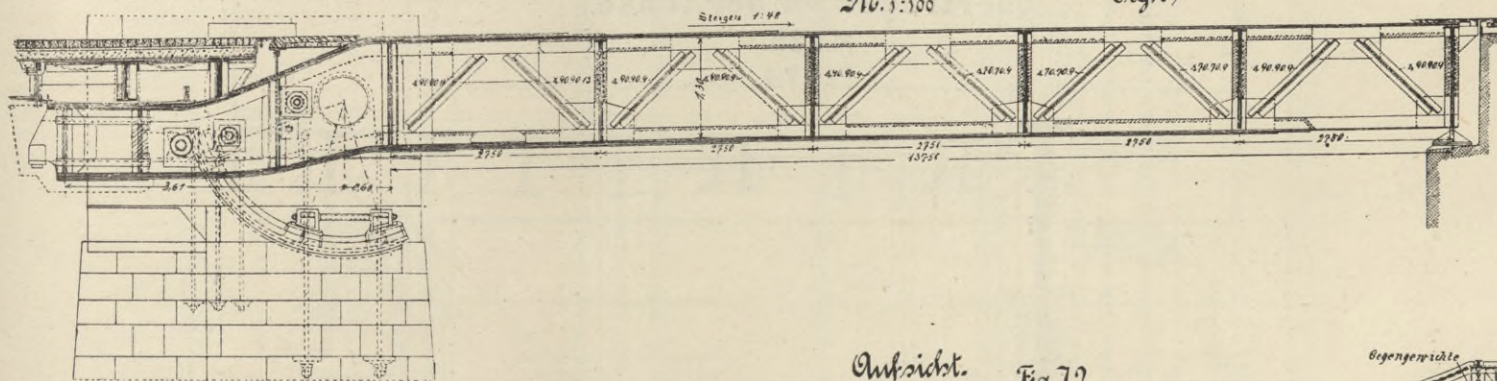
Die im Oktober 1907 dem Verkehr übergebene Straßenbrücke über die Memel in Tilsit (Königin Luise-Brücke) überspannt den Fluß in einer Gesamtweite von 416,50 m, wovon 320,4 m auf drei annähernd gleiche Mittelöffnungen, 49,85 m auf eine rechtsseitige, 28,90 m und 17,35 m auf zwei linksseitige kleinere Oeffnungen entfallen. Die kleinere (zweite) linksseitige Oeffnung ist als Schiffsdurchlaß mit einer einteiligen Klappbrücke von 13,75 m Stützweite geschlossen. Fig. 71—77 zeigen dieses Bauwerk in seiner allgemeinen Anordnung und in seinen wichtigeren Einzelheiten.

Die Klappe hat ihre Drehachse auf dem ersten linksseitigen Stropfweiler. Ihre beiden Hauptträger sind Parallel-Netzwerkträger von 1,30 m theoretischer Höhe, zwischen denen die 7,2 m breite Fahrbahn so

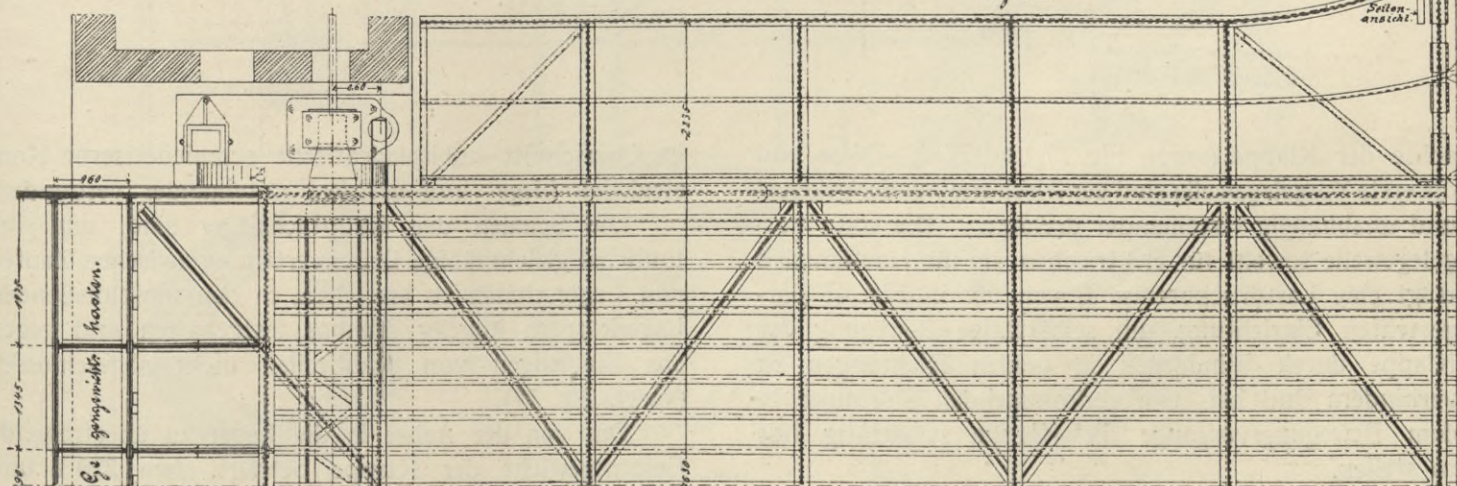
angeordnet ist, daß ihre Oberkante mit der der Hauptträger übereinstimmt. Vollwandige Querträger von 1,10 m Höhe mit zwischengefügten I-förmigen Längsträgern bilden das Gerippe der Fahrbahn. Diese selbst besteht aus einer auf der Verträgerung ruhenden 13 mm starken Blechplatte mit darüber liegender 60 mm starker Bohlenlage aus Karriholz, die in gleicher Weise, wie bei der unter a beschriebenen Klappbrücke mit 35 mm starken geteerten Hanfgurten abgedeckt ist. Die 2,40 m breiten Fußwege sind beiderseits ausgekragt und haben einfachen Bohlenbelag. Die Trennungsfuge in der Fahrbahn liegt hinter, die in den Fußwegen vor der Drehachse. Im geschlossenen Zustande der Klappe ruhen deren Hauptträger auf regulierbaren festen Stützlagern mit Kippzapfen. Um die Entfernung zwischen der Drehachse und den vor ihr liegenden Stützlagern und damit auch die Länge der Hauptträger und der Klappe so gering wie möglich zu erhalten, sind die Träger vor der Achse nicht direkt gestützt, die Stützlager vielmehr im Sinne der Fig. 72 und 74 seitlich unter dem konsolartig verlängerten nächsten Querträger angeordnet. Dadurch wurde eine Unterbrechung des Pfeilers in solcher Weite und Tiefe ermöglicht, daß die Hauptträger mit den Gegengewichtsarmen beim Oeffnen der Klappe zwischen die seitlich liegenden beiden Stützlager treten können. Diese sind mit den Lagerkörpern der Achslager aus einem Stück gefertigt und ihre Stützzapfen sind zur Ermöglichung der Höhenregulierung mit flachem Gewinde versehen.

Klappöffnung in der Straßenbrücke über die Memel in Tilsit. Klappbrücke.

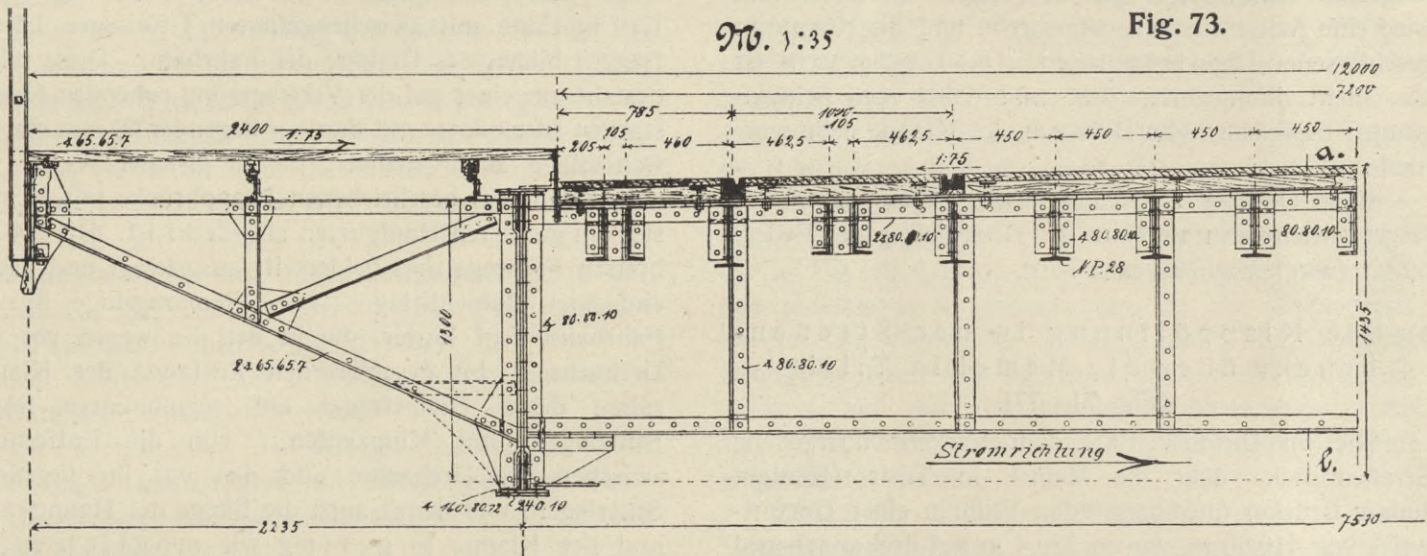
Hauptträger der Klappbrücke. Fig. 71



Aufsicht. Fig. 72



Normaler Querträger der Klappe.



Der Drehantrieb geschieht mittels zweier beiderseits am Mauerwerk des Drehpfeilers befestigter Zahnsegmente von 2 m Radius (vergl. Fig. 71 und 75), deren Zähne nach unten gerichtet sind, um zu verhindern, daß herabfallende Gegenstände sich in die Zahnlücken legen. Die Antriebsmaschinen sind in den Pfeilerköpfen untergebracht und zwar in dem flußaufwärts für elektrischen, flußabwärts für Handantrieb. Die Uebertragung der Bewegung auf die mit den festen Zahnsegmenten in Eingriff stehenden, im Gegengewichtsarm der Klappe drehbar gelagerten Zahnräder geschieht durch die zu diesem Zwecke hohl ausgebildete Dreh-

Der Zahndruck im festen Zahnsegment berechnet sich bei Annahme von 30 kg/m Winddruck und völlig geöffneter Klappe zu

$$Z = \frac{30 \cdot 12 \cdot 13,75 \cdot 7,5}{2} = 18\,500 \text{ kg}$$

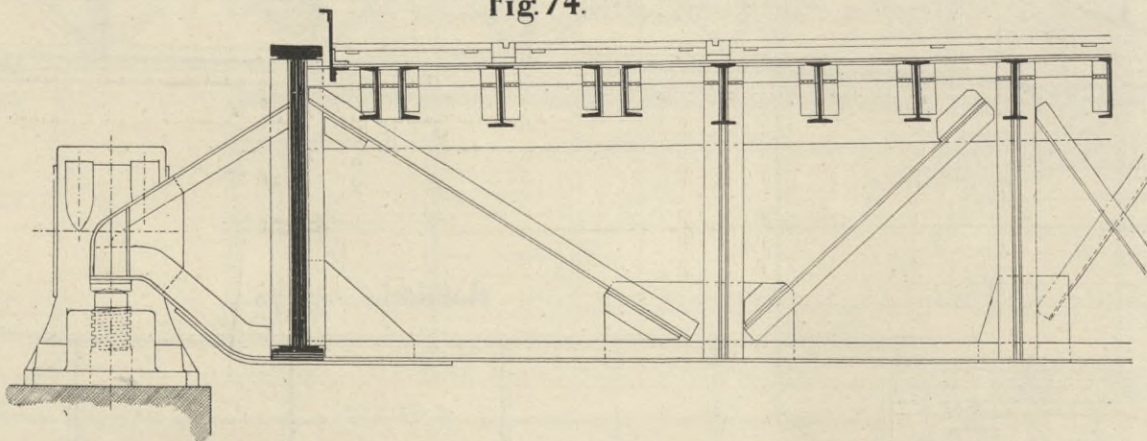
und erfährt bei geöffneter und festgehaltener Klappe je nach der herrschenden Windstärke eine entsprechende Steigerung.

Die in Fig. 77 dargestellte, nur auf Biegung beanspruchte hohle Drehachse besteht in ihren beiden Endstücken, soweit sie drehfest in den Hauptträgern steckt, aus Stahlguß. Beide Endstücke sind durch eine

Querträger vor der Achse.

M. 1:35.

Fig. 74.



achse der Klappe (vergl. Fig. 77 und 77a). Diese und die erste Vorgelegewelle sind zentrisch zueinander gelagert und unabhängig voneinander drehbar. Die erste Vorgelegewelle sowohl für elektrischen als für Handantrieb trägt eine Lastdruckbremse *L* von der in Fig. 41 dargestellten Einrichtung, um selbsttätige Bewegung der Klappe durch Winddruck in beiden Richtungen zu verhindern und bei etwa vorkommenden Störungen in dem Bewegungsvorgange die Klappe selbsttätig fest zu stellen.

im Querschnitt hohlquadratische schmiedeeiserne Konstruktion biege- und drehfest miteinander verbunden.

Die Schalen der Hauptachslager sind, um eine tunlichst gleichmäßige Druckverteilung zwischen Zapfen und Lagerschalen zu erreichen, in den umschließenden Lagerkörpern kugelig drehbar festgehalten und gegen das Eindringen von Staubteilen dicht abgeschlossen (vergl. Fig. 77).

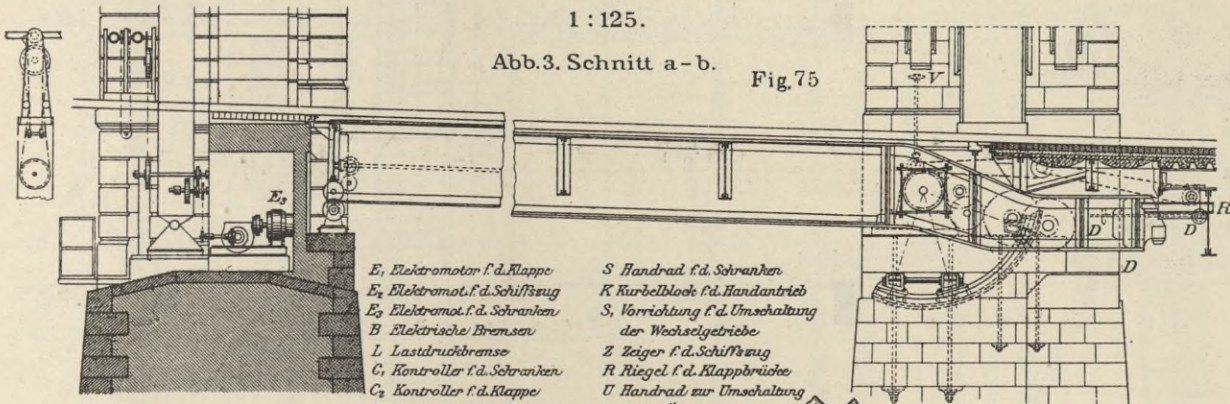
Das von der Achse in die Lager zu übertragende Gesamtgewicht der Klappe beträgt etwa 220 t und

Maschinenanlagen zum Bewegen der Klappbrücke
und zum Durchschleppen der Schiffe.

1 : 125.

Abb.3. Schnitt a-b.

Fig.75



- E*, Elektromotor f. d. Klappe
- E₂*, Elektromot. f. d. Schiffszug
- E₃*, Elektromot. f. d. Schranken
- B*, Elektrische Bremsen
- L*, Lastdruckbremse
- C₁*, Controller f. d. Schranken
- C₂*, Controller f. d. Klappe
- C₃*, Controller f. d. Schiffszug
- V*, Handrad f. d. Verriegung der Klappe
- A*, Handrad f. die Bremse der Schiffswinde
- S*, Handrad f. d. Schranken
- K*, Kurbelblock f. d. Handantrieb
- S*, Vorrichtung f. d. Umschaltung der Wechselgetriebe
- Z*, Zeiger f. d. Schiffszug
- R*, Riegel f. d. Klappbrücke
- U*, Handrad zur Umschaltung beim Übergang v. elektr. zum Handbetrieb
- G*, Grenzausschalter
- M*, Momentausschalter
- T*, Seiltrommel

Fig.76

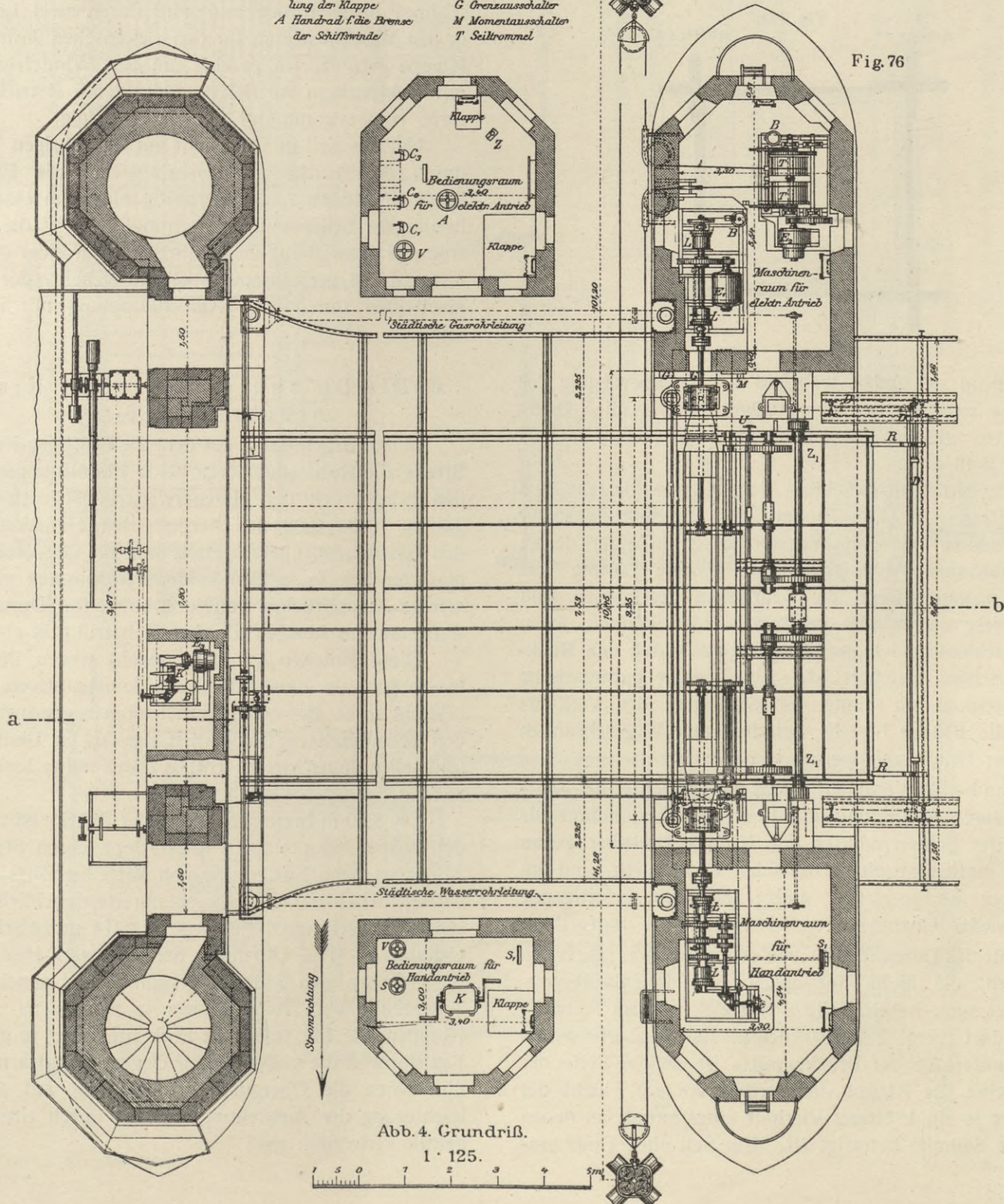
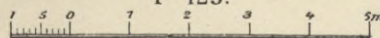
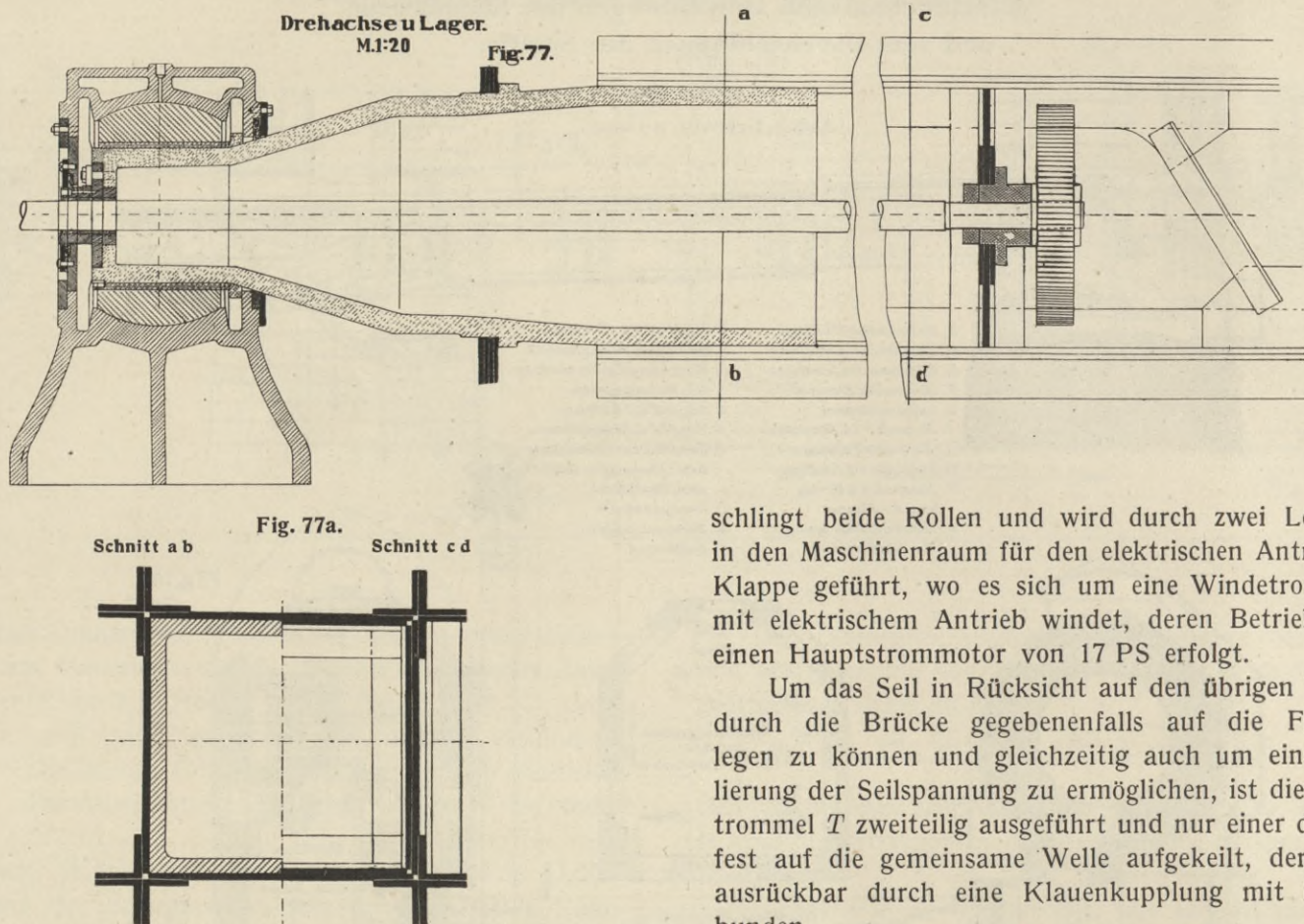


Abb.4. Grundriß.

1 : 125.





schlingt beide Rollen und wird durch zwei Leitrollen in den Maschinenraum für den elektrischen Antrieb der Klappe geführt, wo es sich um eine Windetrommel *T* mit elektrischem Antrieb windet, deren Betrieb durch einen Hauptstrommotor von 17 PS erfolgt.

Um das Seil in Rücksicht auf den übrigen Verkehr durch die Brücke gegebenenfalls auf die Flußsohle legen zu können und gleichzeitig auch um eine Regulierung der Seilspannung zu ermöglichen, ist die Windetrommel *T* zweiteilig ausgeführt und nur einer der Teile fest auf die gemeinsame Welle aufgekeilt, der andere ausrückbar durch eine Klauenkupplung mit ihr verbunden.

erzeugt in der Achse während der Drehbewegung der Klappe zwischen den Hauptträgern ein in allen Querschnitten gleiches Biegemoment von $(220 : 2) 1,03 = 113,3 \text{ m/t}$.

Der Rückendverschluß der Klappe besteht aus zwei Riegeln *B* (Fig. 75 und 76). Er steht in seiner Handhabung mit den Wegeschränken in einer derart automatischen Abhängigkeit, daß seine Lösung erst erfolgen kann, wenn die Schranken geschlossen sind und diese erst wieder geöffnet werden können, wenn die geschlossene Klappe in ihrer Lage durch den Rückendverschluß gesichert ist. Eine gleiche automatische Abhängigkeit im Sinne der Sicherung des Verkehrs über die Brücke besteht zwischen den Wegeschränken und der Brückenklappe.

Um bei der Veränderlichkeit des Gewichtes der Fahrbahn durch Abnutzung und Feuchtigkeitsaufnahme die Lage des Schwerpunktes der Klappe tunlichst genau in der mathematischen Drehachse zu erhalten, sind am vorderen Endquerträger einige leicht zu beseitigende und wieder einzufügende Gewichtsplatten angeordnet.

Für das Durchbringen von stromaufwärts fahrenden Schiffen, die nicht mit eigener Maschinenkraft ausgerüstet sind, ist ein Seilzug mit elektrischem Antriebe ausgeführt (vergl. Fig. 76). Rund 100 m oberhalb und 40 m unterhalb der Brückenmitte ist an der Seite der Drehachse der Klappe unmittelbar vor der Flucht des Pfeilers je ein kräftiges Vierhöft eingerammt, an denen je eine Seilrolle befestigt ist. Ein Seil ohne Ende um-

c) Die Duisburg-Ruhrorter Klappbrücken (Fig. 78—93).

In den Brückenzug, auf dem die Duisburg-Ruhrorter Straße die Ruhr und deren beide Flutöffnungen, sowie den gelegentlich der Hafenerweiterungsbauten in den Jahren 1903—1908 neu hergestellten Hafenkil und den Kaiserhafen überschreitet, sind für den Verkehr bemasteter Schiffe in den beiden Hafendarmen zwei einarmige Klappbrücken von je 20 m lichter Durchfahrtsweite und im übrigen gleicher Konstruktion eingebaut.

Diese Brücken gehören sowohl wegen ihrer Abmessungen als hinsichtlich der konstruktiven Durchbildung ihrer Bewegungseinrichtungen gegenwärtig zu den bedeutendsten Bauwerken der Art in Deutschland und sollen daher hier gleichfalls etwas näher beschrieben werden.

Die 8,50 m breite Fahrbahn der Brücke ist zwischen den beiden Hauptträgern angeordnet, deren Stützweite 24 m und deren Entfernung von Mitte bis Mitte 10,10 m beträgt bei einer Gesamtklappenbreite einschließlich der seitlich ausgekragten Fußwege von 14 m zwischen den Geländern. Die Gurtform der Netzwerk-Hauptträger ist zwischen den Stützen geradlinig bei abnehmender Trägerhöhe vom Achsquerschnitt nach dem vorderen Klappenende hin und geht nach rückwärts in gefälliger Kreisform in die vollwandigen Gegengewichtsarme über, mit denen die Obergurte in Rücksicht auf eine Erleichterung der Aufstellungsarbeiten durch ein Bolzen-gelenk verbunden sind.

Duisburg-Ruhrorter Klappbrücken.

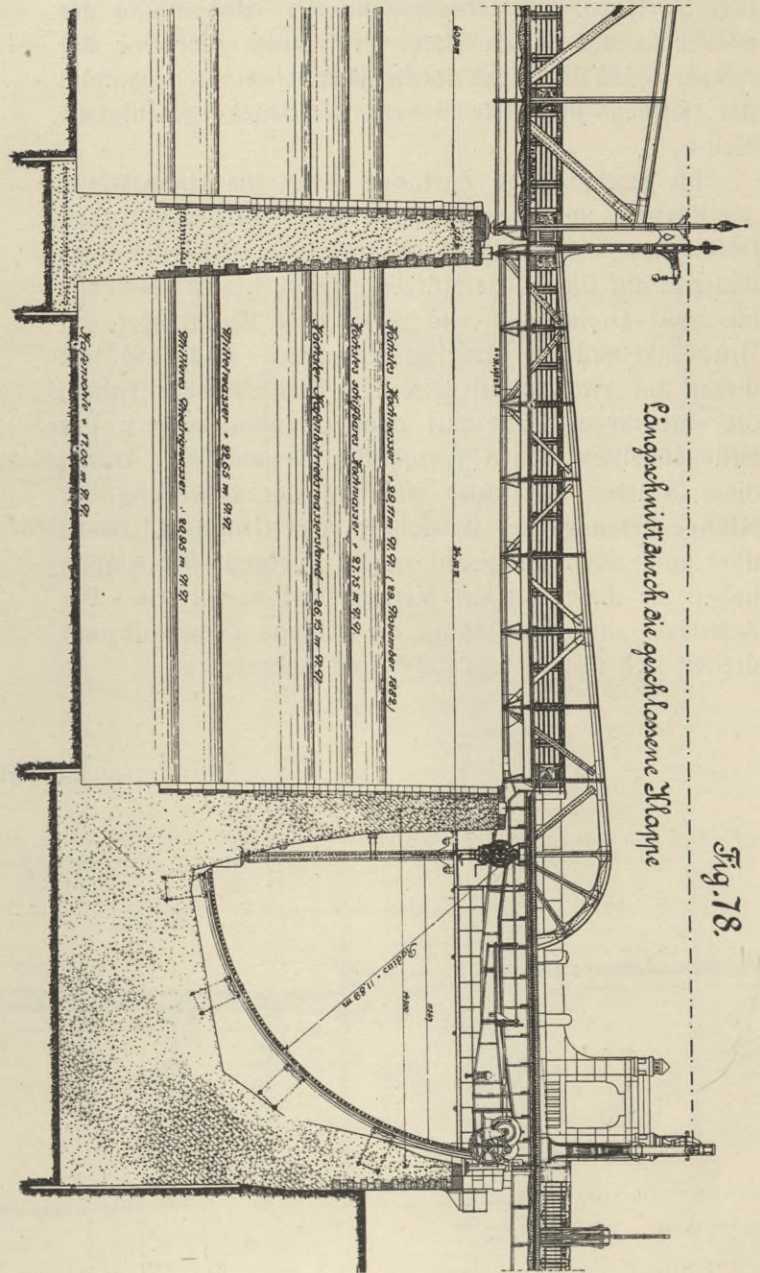
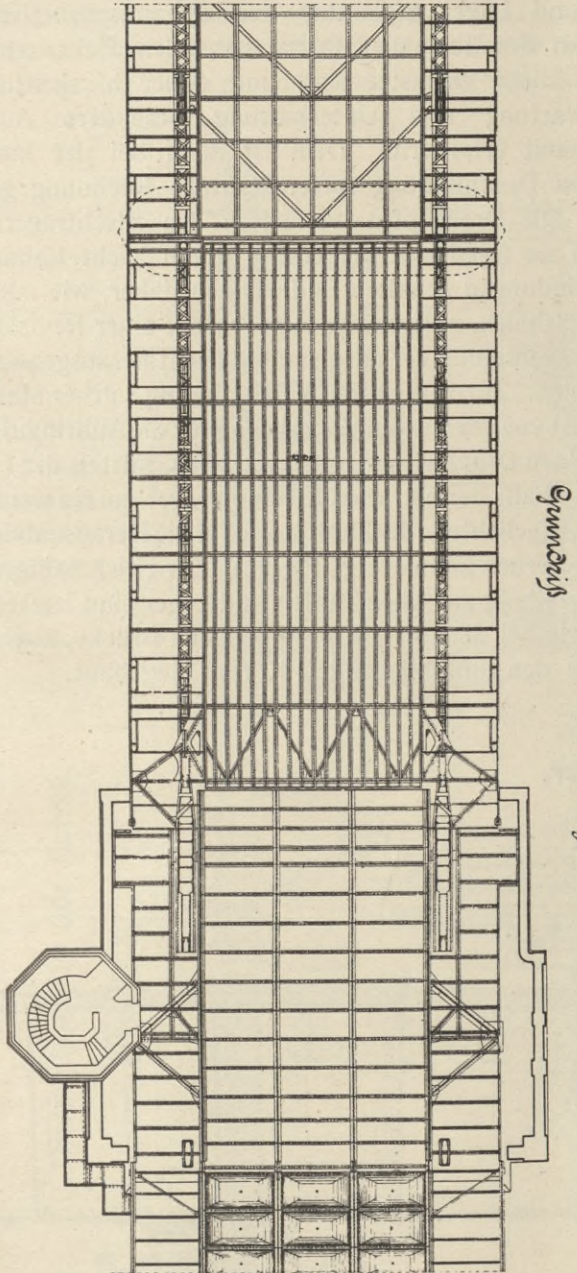
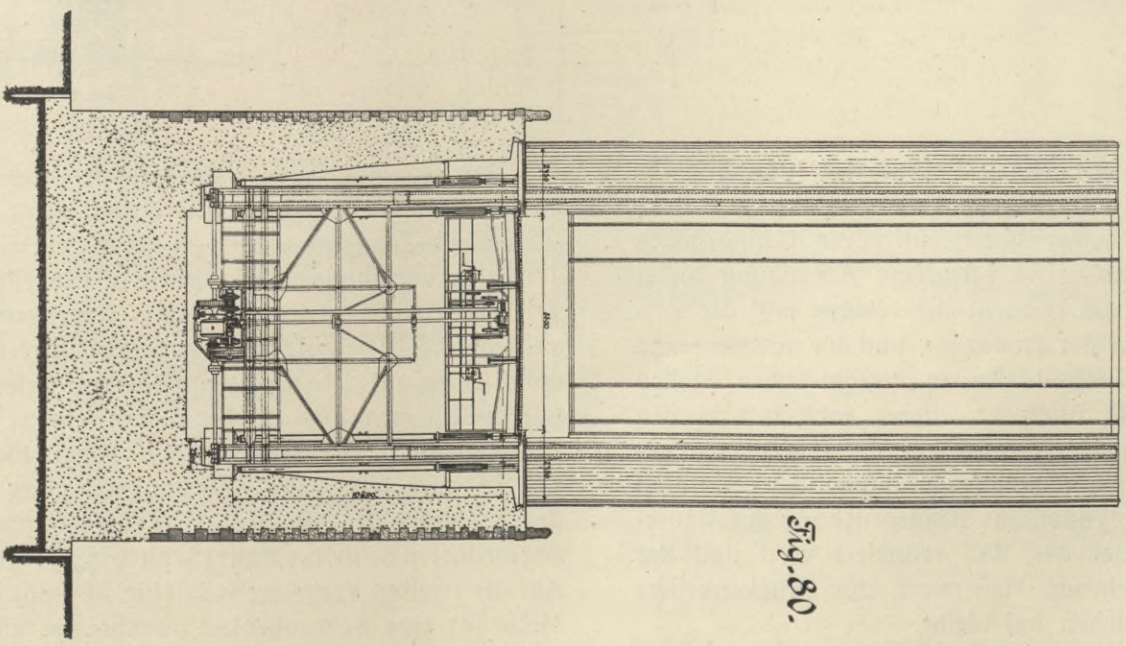


Fig. 78.



Grundriss

Fig. 79.



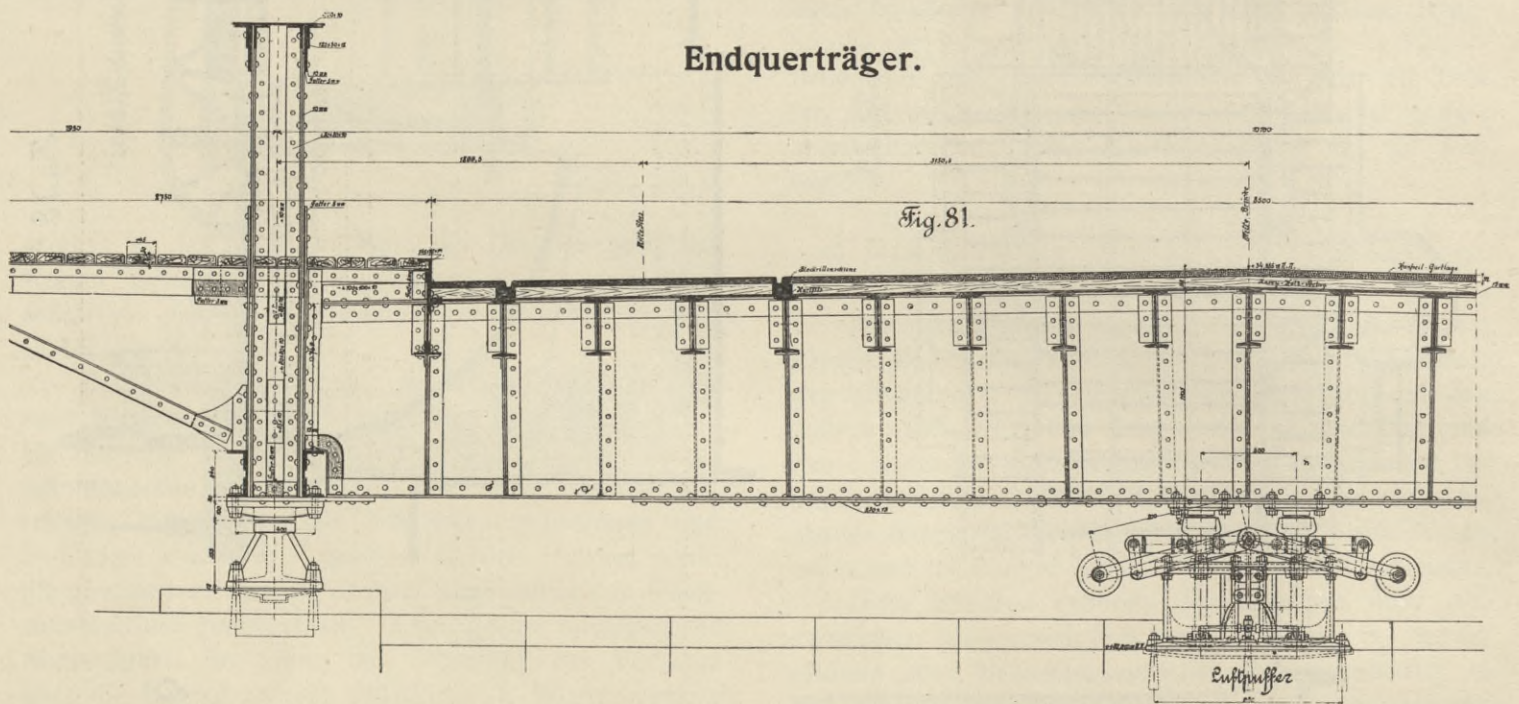
Querschnitt bei geöffneter Klappe.

Fig. 80.

Fahrbahn- und Fußwegbelag gleichen denen der unter a und b beschriebenen Brücken. Die Trennungsfuge zwischen der Verkehrsbahn der Klappe und der anschließenden festen Bahn liegt indes hier vor der Achse, so daß die Decke des Brückenkellers auch während des Öffnens und Offenstehens der Brücke geschlossen bleibt.

Im geschlossenen Zustande ruhen die Hauptträger der Klappen an deren vorderen Ende auf gewöhnlichen festen Zapfen-Kipplagern, während sie sich rückwärts dauernd auf die Achse stützen. Diese besteht lediglich aus zwei Drehzapfen, die je in zwei Blechträger der Brückenkellerdecke drehfest eingebaut sind und mit dieser auf zwei schmiedeeisernen Pendelstützen ruhen, die mit ihrem Fuße auf dem Grundmauerwerk des Brückenkellers stehen (vergl. Fig. 78 und 82). Durch diese Stützen geht also während der Bewegung der Klappe deren ganzes Gewicht in das Grundmauerwerk über und auch im geschlossenen Zustande der Klappe haben sie diese mit der Verkehrslast zu stützen. Die Achslager sind drehfest in die Klappe eingebaut und drehen sich mit ihr um die festen Achszapfen.

Andererseits mußte mit den erwähnten Vorteilen der Nachteil in Kauf genommen werden, daß Achszapfen und Lager gegenüber den dynamischen Einwirkungen des über die Brücke gehenden Fuhrwerksverkehrs nicht entlastet sind und daher hinsichtlich ihrer Wartung und Unterhaltung besondere Aufmerksamkeit erfordern. Dem ist auch bei der konstruktiven Durchbildung dieser Bauteile Rechnung getragen. Die Drehzapfen werden in den Blechträgern, in denen sie festsitzen, beiderseits durch leicht lösbare Keilverbindungen gehalten und können daher, wie auch die Lagerschalen, nötigenfalls zum Zwecke einer Revision oder Auswechslung verhältnismäßig leicht herausgenommen werden. Zur tunlichsten Erleichterung solcher Maßnahmen ist von vornherein Vorkehrung für die Anbringung einer kleinen Druckwasserpresse getroffen, mittels der im gegebenen Falle der betreffende Hauptträger um ein wenig angehoben (gelichtet), der Zapfen also für die Herausnahme entlastet werden kann (vergl. Fig. 82). Zur gleichmäßigen Druckverteilung zwischen Zapfen und Lager sind letztere wieder, wie bei der unter b besprochenen Brücke, kugelförmig in den umschließenden Körper eingebaut.



Mit diesem eigenartigen Einbau der Klappe in die feste Konstruktion des Brückenkellers weicht die Brücke von der herkömmlichen Bauart einteiliger Klappbrücken charakteristisch ab. Die getroffene Anordnung bietet den Vorteil, daß das Gewicht der Klappe und der Verkehrslast während der Bewegung und im geschlossenen Zustande nicht wechselweise an verschiedenen Stellen in das Mauerwerk übergeht; dieses auch nur in den massigeren Teilen des Fundamentes von der Last getroffen wird. Hinzu kommt noch, daß bei der gewählten Lösung auch die dynamische Beanspruchung des Mauerwerks auf ein kleinstes Maß reduziert wird und das schwächere aufgehende Mauerwerk des Brückenkellers fast ganz von solchen frei bleibt.

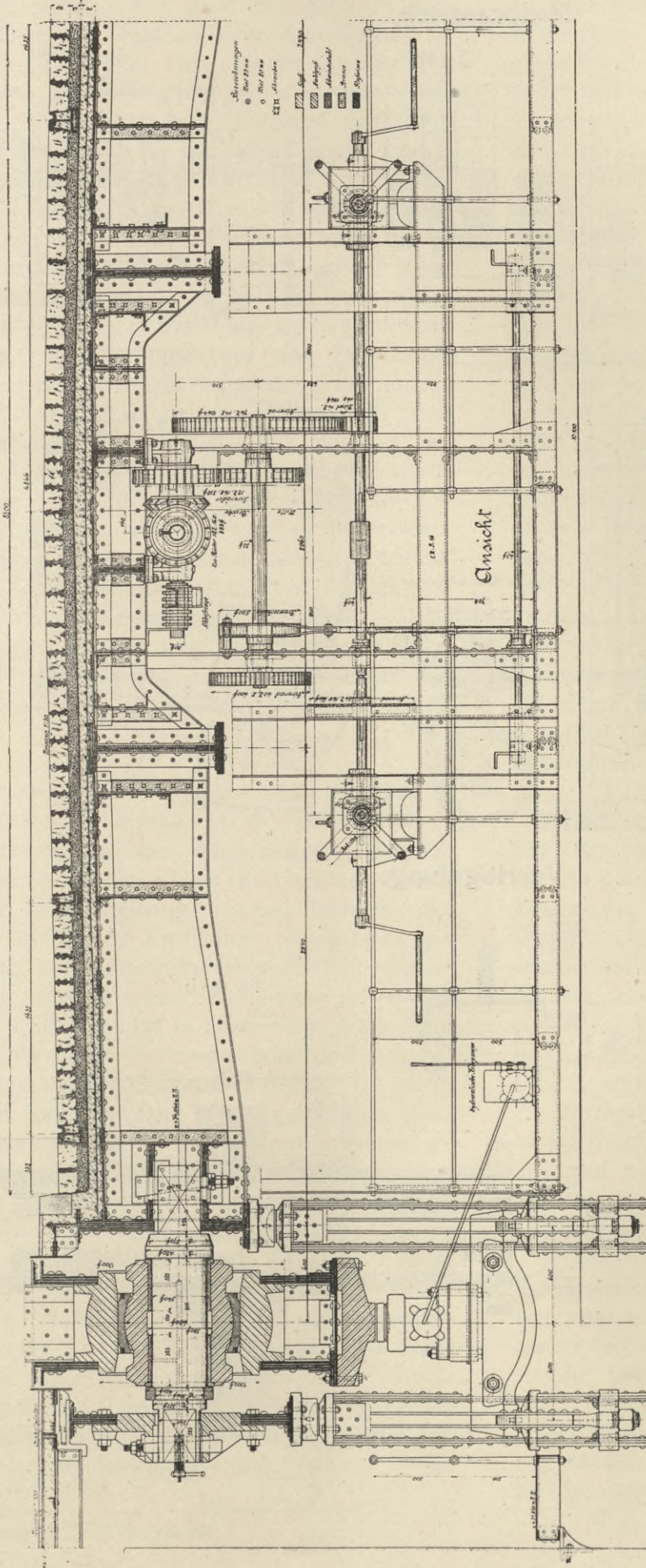
Der Bewegungsantrieb der Klappe geschieht mittels zweier am Mauerwerk des Brückenkellers befestigter Viertelkreis-Zahnsegmente von 11,89 m Radius mit Triebstockverzahnung. Die damit in Eingriff stehenden Triebräder sind an dem Ende des Gegengewichtsarmes auf einer Welle festsitzend drehbar gelagert und werden durch einen auf dem Gegengewichtsarm befestigten und mit diesem sich um die Achse der Klappe drehenden Elektromotor (Drehstrommotor) angetrieben (vergl. Fig. 78 und 80). Die Stromübertragung geschieht durch einen mit der Drehachse der Klappe zentrisch angeordneten Schleifkontakt (Schleifringe) (vergl. Fig. 84). Auf der zweiten Vorgelegewelle (Fig. 84—86) hinter dem Motor ist eine Schraubenlastdruckbremse eingeschaltet

und daneben auf der Motorwelle noch eine Bandbremse mit Keilnuteneingriff und elektromagnetischer Entlastung vorhanden, die indes zum allmählichen Abbremsen der Geschwindigkeit der Klappe nicht benutzbar ist, sondern nur zum endgültigen Stillstellen

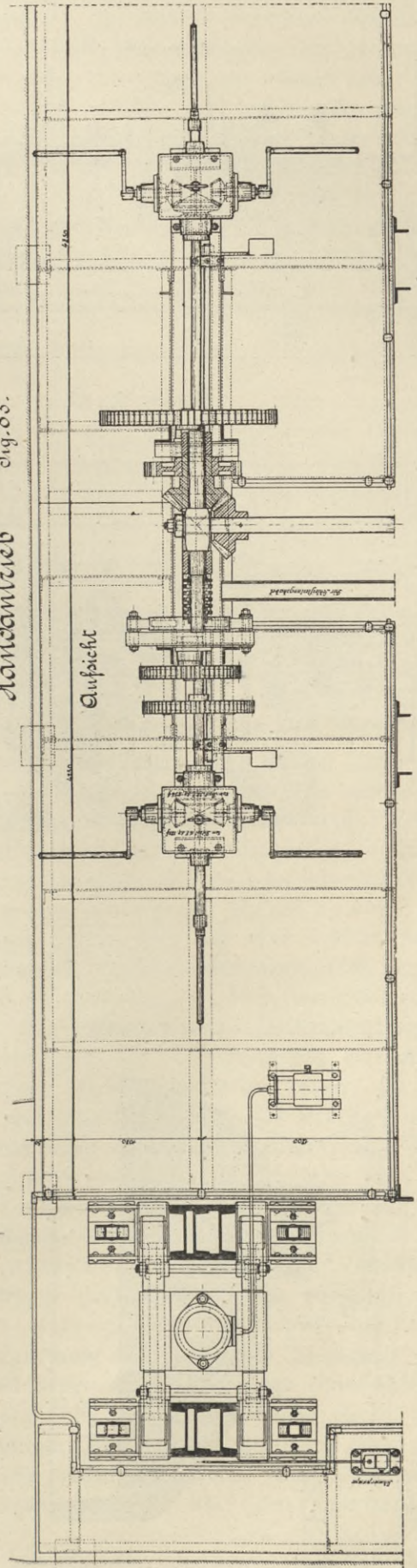
der Klappe als „Haltbremse“ dienen kann. Die Schalteinrichtung ist dabei so getroffen, daß, wenn die Haltbremse nach Unterbrechung des Stromkreises ihres Elektromagneten unter der Wirkung eines Gewichtes einsetzt, immer auch der Stromkreis des An-

Querschnitt in der Achse.

Fig. 82.



Handantrieb Fig. 83.

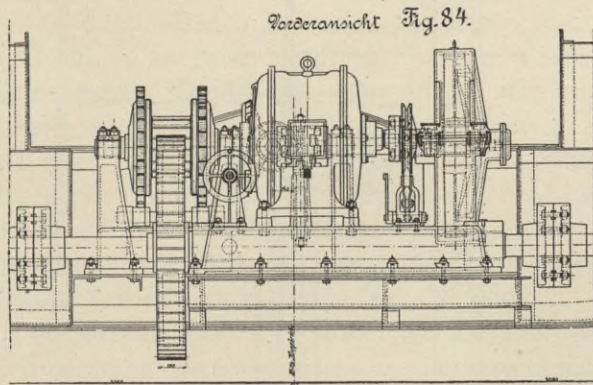


triebmotors der Klappe sicher unterbrochen ist. Zur weiteren Sicherung gegen Stoß beim Schluß der Klappe ist am vorderen Ende derselben mitten unter dem Endquerträger ein Luftpuffer angebracht (Fig. 81).

Der Reserve-Handantrieb erfolgt von einer zentrisch

mit der Drehachse der Klappe eingebauten, gegen die feste Kellerdecke drehbar gelagerten wagerechten Vorlegewelle aus, die in üblicher Weise mittels eines je nach der herrschenden Windstärke abgestuften Räder- vorgeleges mit Handkurbeln angetrieben wird (Fig. 82

Motorantrieb.



Vorderansicht Fig. 84.

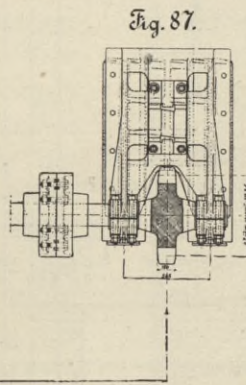


Fig. 87.

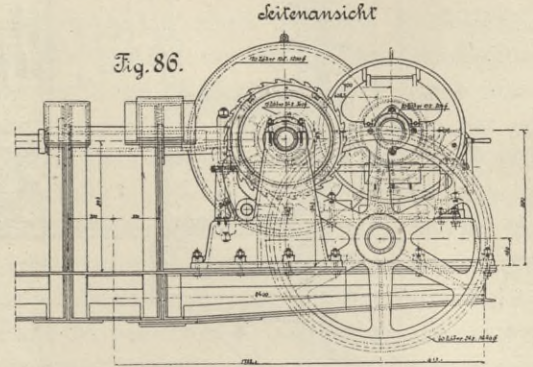
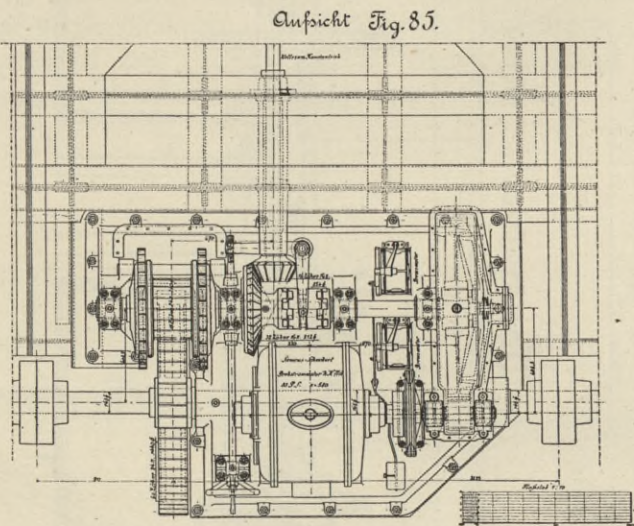


Fig. 86.

Seitenansicht



Aufsicht Fig. 85.

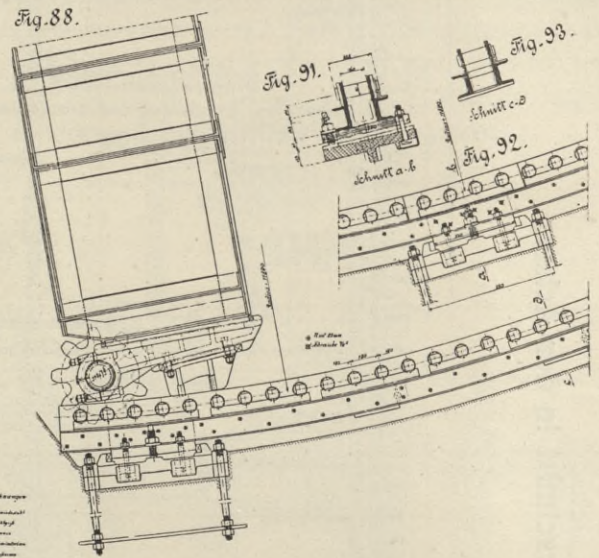


Fig. 88.

Fig. 91.

Fig. 93.

Schnitt c-b

Fig. 92.

Schnitt a-b

Schraub-Laststufbremse

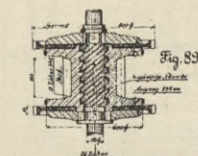


Fig. 89.

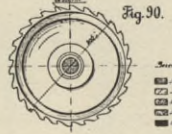


Fig. 90.

- Schraubgewinde
- Schraubkopf
- Schraubbohrung
- Schraubbohrung
- Schraubbohrung
- Schraubbohrung

Verriegelung.

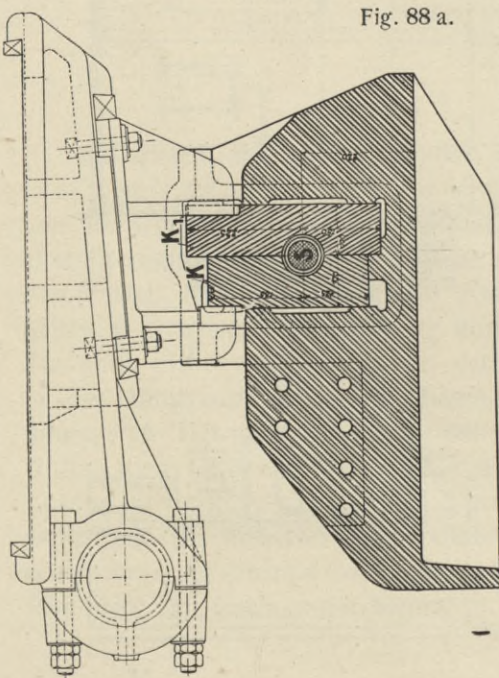


Fig. 88 a.

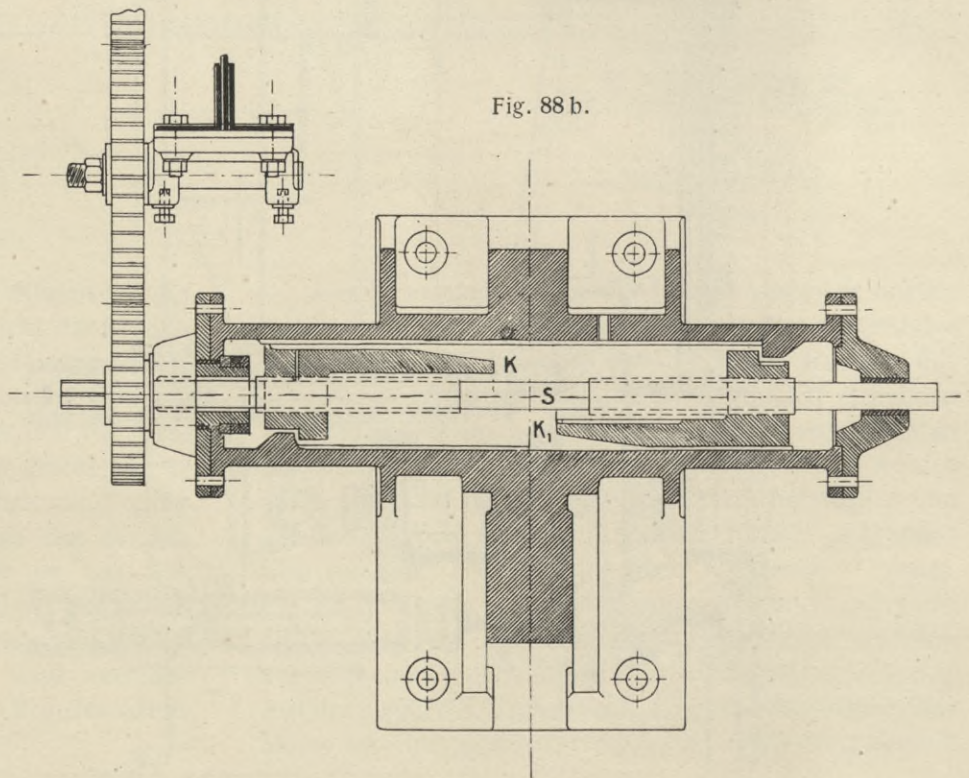


Fig. 88 b.

und 83), Die Bewegung wird von der zuerst erwähnten Vorgelegewelle aus durch zwei Kegelräderpaare und eine parallel dem Gegengewichtsarm angeordnete und mit diesem um die Drehachse der Klappe schwingende Welle auf das Triebwerk am Ende desselben übertragen. Die Bedienungsmannschaft steht dabei auf einer in entsprechender Höhe angebrachten festen Arbeitsbühne.

Als Rückendverschluß dient die in Fig. 88a und 88b dargestellte Keilverriegelung mit elektrischem Antriebe. Zwei Keilstücke K und K_1 können durch eine Spindel S mit Links- und Rechtsgewinde parallel gegeneinander verschoben, sich genähert oder voneinander entfernt und dadurch zum Eingriff in entsprechende Schlitz der Gegengewichtsarme der Hauptträger (vergl. Fig. 88) gebracht oder aus demselben zurückgezogen werden, wodurch die Verriegelung oder die Entriegelung erfolgt. Die Einrichtung ist maschinell sehr vollkommen durchgebildet. Sie hat nicht nur den Zweck, die Rückenden der Klappenträger bei geschlossener Brücke gegen Abwärtsbewegung zu sichern, sondern auch deren elastische Aufwärtsbewegung unter der Wirkung der Verkehrslast zu verhindern, damit nicht die im Eingriff bleibende Verzahnung des Zahnkranzes und des Getriebes von den Stößen der Verkehrslast getroffen werden.

Beim Öffnen der Klappe werden die über ihr befindlichen Oberleitungskabel der elektrischen Straßenbahn unter der Wirkung von Spanngewichten soweit auf eine Trommel gewickelt als dies der Näherung der Aufhängepunkte in dem festen Portal auf der Kellerdecke und dem beweglichen auf der Klappe entspricht (vergl. Fig. 78).

d) Eisenbahn-Klappbrücken über die Stör bei Itzehoe (Fig. 94—105).

Zur Ueberführung der zweigleisigen Eisenbahn Elmshorn-Husum über die Stör bei Itzehoe sind in jüngster Zeit zwei eingleisige, nur in ihren eisernen Ueberbauten in 7,0 m Entfernung voneinander getrennten, sonst auf demselben Pfeilerunterbau ruhende Brücken über den Fluß erbaut, die je einen im Lichten 22 m weiten Schiffsdurchlaß in Form einer einflügeligen Klappbrücke von 27 m Stützweite erhalten haben.

Diese Eisenbahn-Klappbrücken sind die weitgespanntesten ihrer Art auf dem europäischen Kontinent und weisen in ihrer konstruktiven Durchbildung in verschiedener Hinsicht bemerkenswerte Einzelösungen auf. Sie stimmen in ihrer Anordnung insofern mit den unter c besprochenen Klappbrücken überein, als sie wie diese in geschlossenem Zustande in einer durch die Drehachse gehenden Lotebene auf Pendelstützen ruhen, die auf der Sohle des Brückenkellers stehen (vergl. Fig. 94 und 97). Auch besteht bei ihnen die materielle Achse lediglich aus zwei in feste Träger drehfest eingebauten Drehzapfen, während die Achslager in die Klappenträger drehfest eingebaut sind und sich mit diesen um die Klappenachse drehen (vergl. Fig. 97 und 103).

Unterschiedlich von den Duisburg-Ruhrorter Klappbrücken sind aber die Drehzapfen und Achslager im geschlossenen Zustande der Klappe *entlastet*. Das wird durch zweckentsprechende Anordnung der Pendelstützen erreicht (vergl. Fig. 94 und 97).*)

Die Hauptträger der Klappe ruhen nämlich im geschlossenen Zustande der Brücke mittels Kipplager direkt auf den Stützen, während zwischen den Achszapfen und Lagern im lotrechten Sinne ein kleiner Spielraum vorhanden ist. Beim Auf- und Zudrehen der Klappe schwingen die im Sinne der Fig. 97 in der Querrichtung gegeneinander verstrebt Stützen um ihre Fußpunkte A . Dabei hebt und senkt sich die mathematische Achse der Klappe mit den Achslagern um das geringe Maß des erforderlichen Spielraumes zwischen diesen und den Zapfen. Beim Aufdrehen der Klappe senkt und legt sich diese zunächst mit den Lagern auf die Achszapfen und bei weiterer Drehung trennen die Klappenträger sich von den Stützen. Diese nehmen die in Fig. 94 in punktierten Linien dargestellte geneigte Lage ein. Beim Zudrehen der Klappe werden sie mittels der an ihren oberen Enden befestigten Gabeln, in die am Hauptträger feststehende Zapfen hineingreifen, wieder in ihre lotrechte Stellung zurückgenommen. Dabei heben sie die Klappe mit den Lagern wieder um das zur Entlastung der Achszapfen erforderliche Maß.

Die 2,3 m hohen Hauptträger der Klappe sind als vollwandige Blechträger ausgebildet, liegen 3,70 m auseinander und tragen zwischen sich in üblicher Weise auf einem System von Quer- und Längsträgern nebst hölzernen Querschwellen das Gleisgestänge. Beiderseits unmittelbar neben den Klappenträgern sind paarweise je in 0,80 m Entfernung voneinander die gleichfalls vollwandigen Drehzapfenträger angeordnet (vergl. Fig. 102 und 103). Diese ruhen auf den abschließenden Quermauern des Brückenkellers, und zwar an ihren hinteren Enden fest, an den vorderen auf Walzen beweglich. Die Walzenlager stützen sich auf eine 1,40 m hohe schmiedeiserne wandartige Querkonstruktion (vgl. Fig. 94 und 96), durch die der Druck ins Mauerwerk übergeht.

Zwischen den beiden inneren Drehzapfenträgern ist zur Unterstützung des Gleisgestänges eine feste Brücke vorhanden, deren vollwandige Träger, wie die Zapfenträger, auf den Quermauern des Brückenkellers hinten fest und vorn beweglich gestützt sind. Unmittelbar vor dem beweglichen Walzenlager liegt die Trennungsfuge zwischen dem festen und dem mit der Klappe beweglichen Gleisgestänge (Fig. 94 und 101).

Da eine *unmittelbare* wagerechte Verstrebung der Klappenträger gegeneinander nur zwischen den Querträgern 1—8 (vergl. Fig. 94) möglich war, sind erstere zur Erhöhung der seitlichen Steifigkeit der Klappe sowohl gegen die dynamischen Einwirkungen der Verkehrslast als gegen Winddruck durch eine außen hinzugefügte Dreieckskonstruktion im Sinne der Fig. 95 und 102 weiter abgesteift. Das Windsystem ist dadurch nach rückwärts über den Querträger 8

*) Gatzemeyer D.-R.-P. 231278.

hinaus bis zur Achse bzw. zu der Pendelstütze fortgeleitet und die Seitenkräfte durch diese in das Mauerwerk des Brückenkellers übergeführt.

Der Drehantrieb der Klappe erfolgt wie bei den Duisburg-Ruhrorter Klappbrücken mittels fester Zahnsegmente von 8,5 m Teilkreisradien mit Triebstockverzahnung, die an dem Kellermauerwerk befestigt sind. Die damit in Eingriff stehenden Antriebräder werden

dagegen ähnlich wie bei der unter b besprochenen Klappbrücke von einer außerhalb der Klappe zwischen den beiden Brücken aufgestellten elektrisch oder im Notfall von Hand betätigten Maschinenanlage in Drehung versetzt (vergl. Fig. 102 und 103). Die Uebertragung geschieht mittels einer durch die hohlen Drehzapfen *D* eingeführten Wellenleitung *E* mit Zahnradverbindung *F*.

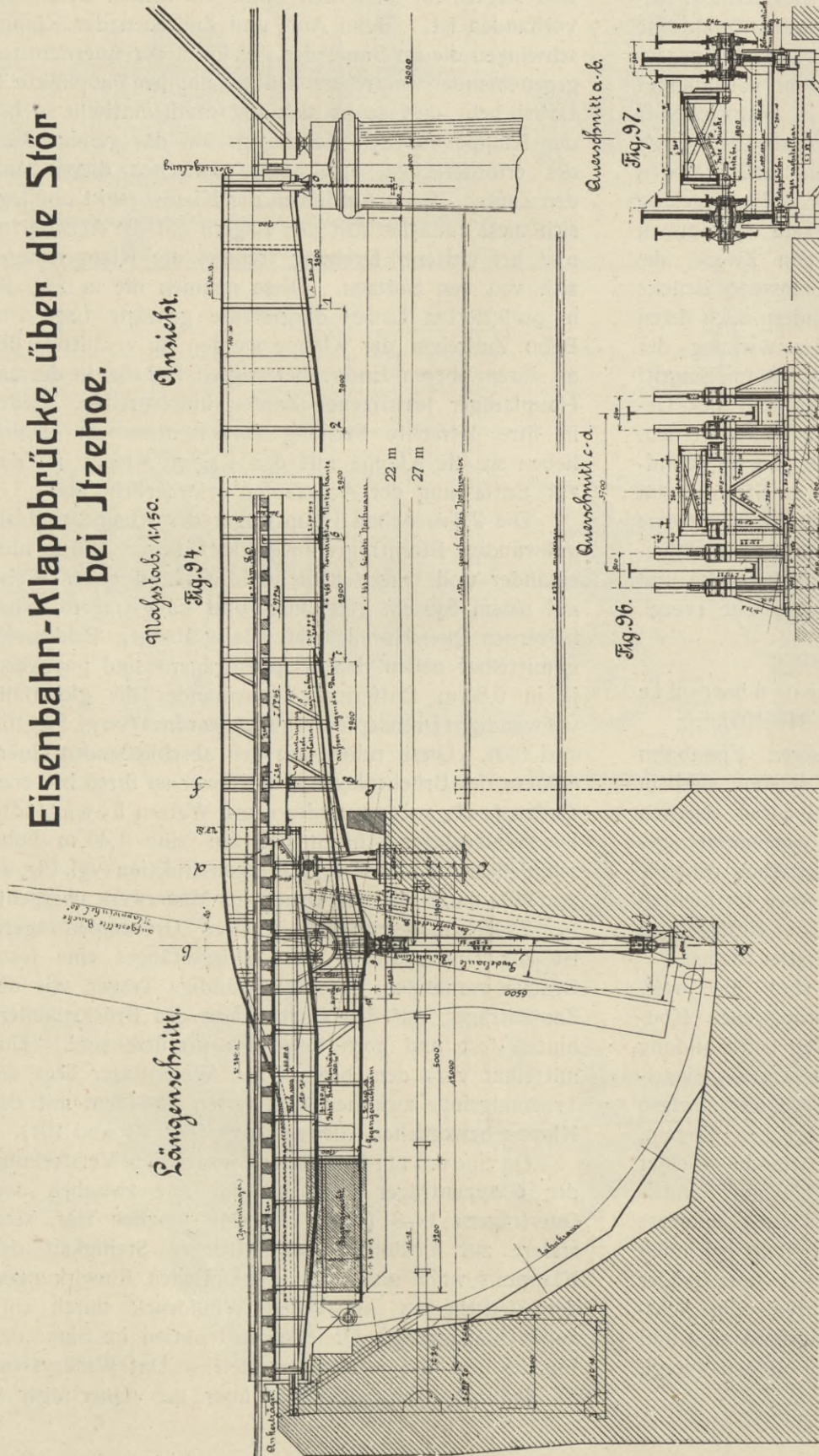
Eisenbahn-Klappbrücke über die Stör bei Jtzehoe.

Annsicht

Masstab 1:150

Fig. 94.

Längenschnitt

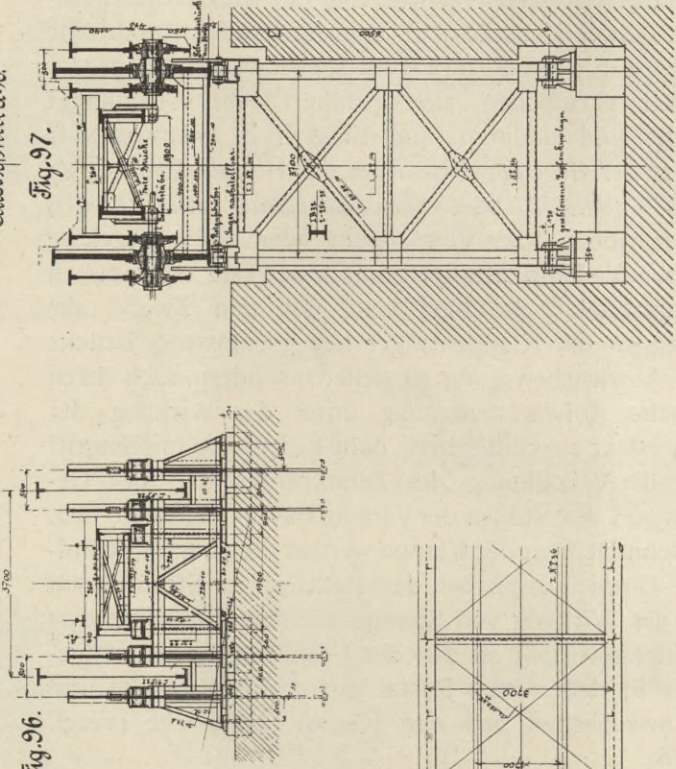


Querschnitt a-b

Fig. 97.

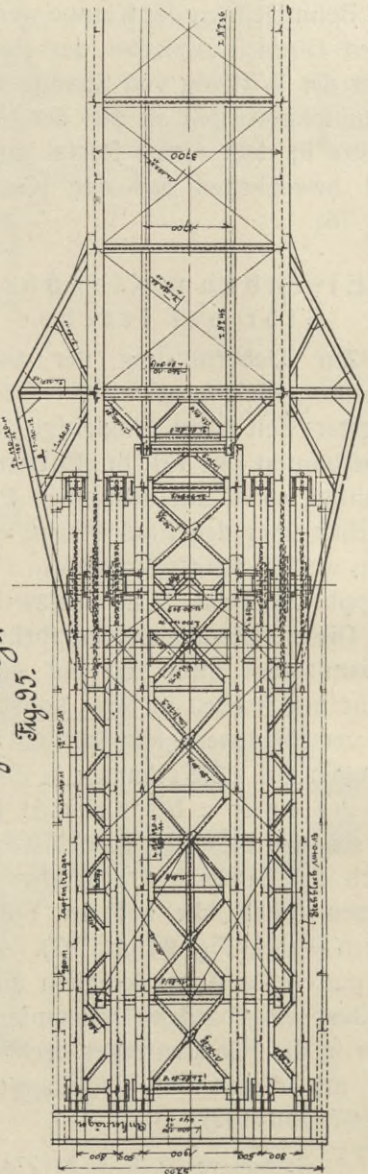
Querschnitt c-d

Fig. 96.

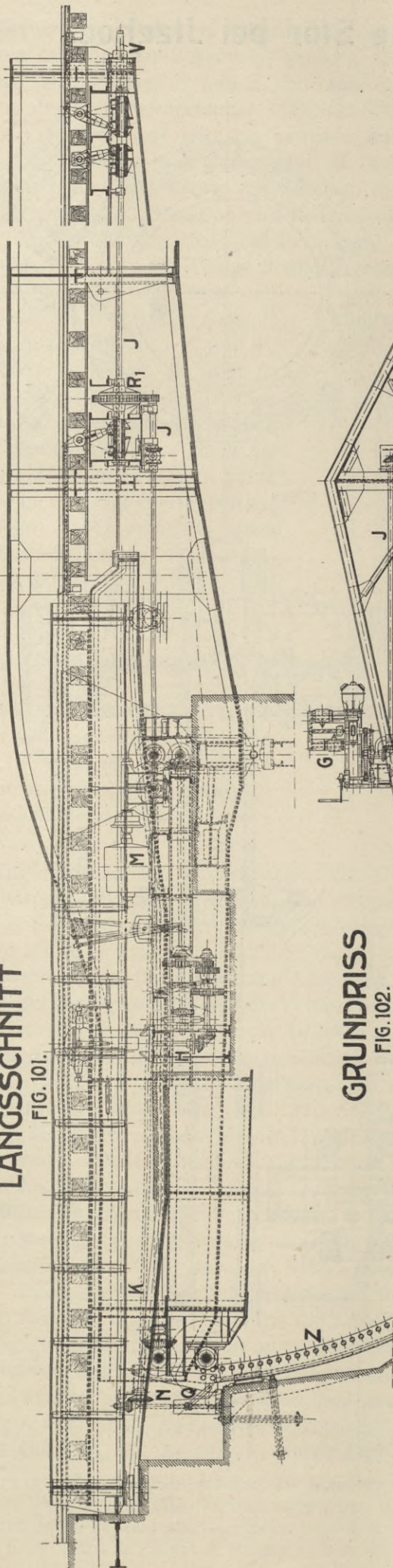


Grundriss

Fig. 95.



KLAPPBRÜCKE ÜBER DIE STÖR BEI JTZEHOE 1:125
LÄNGSSCHNITT



GRUNDRISS
FIG. 102.

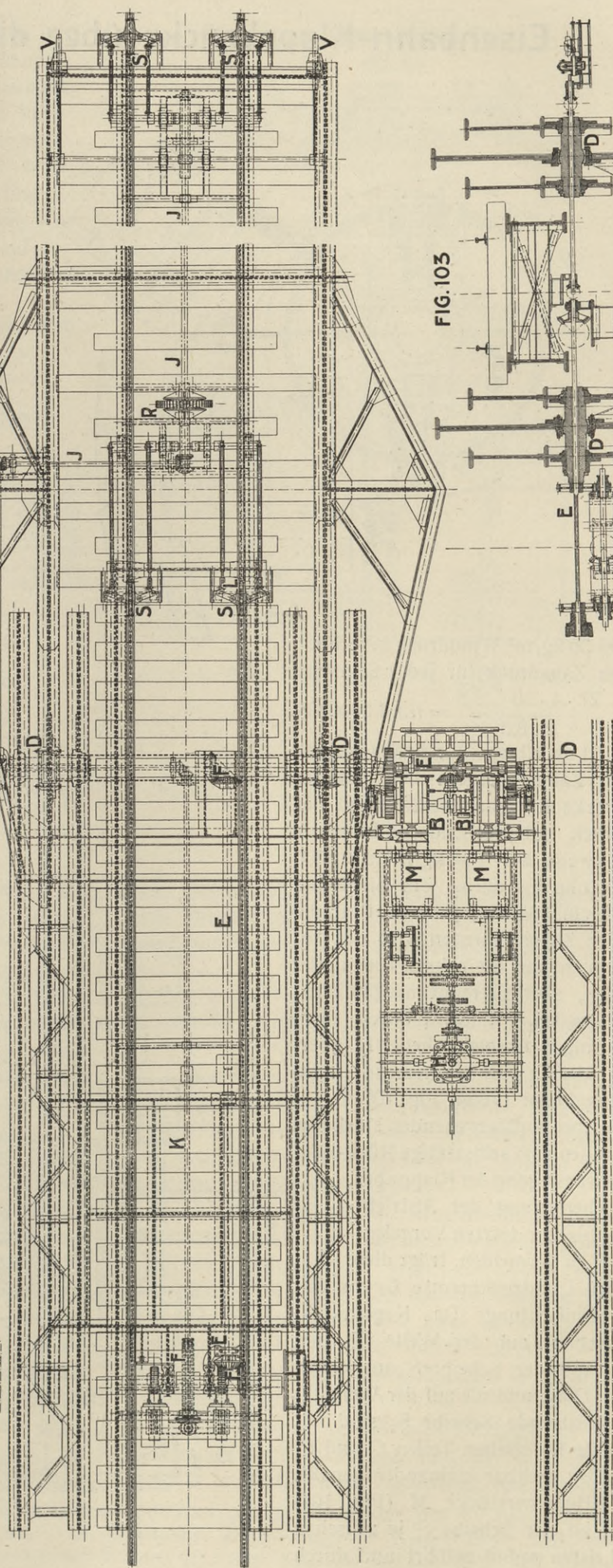
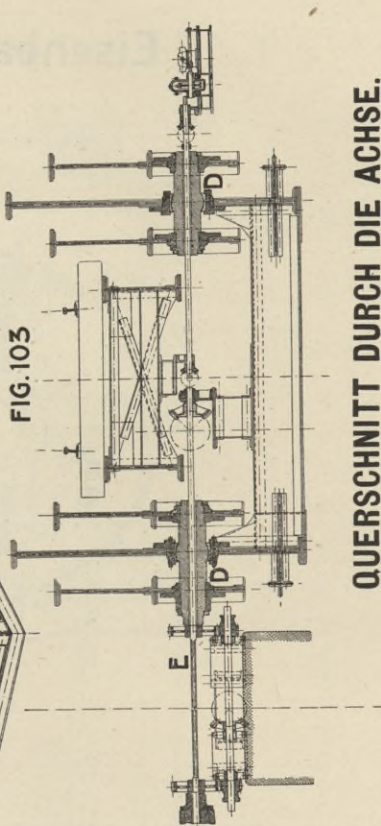
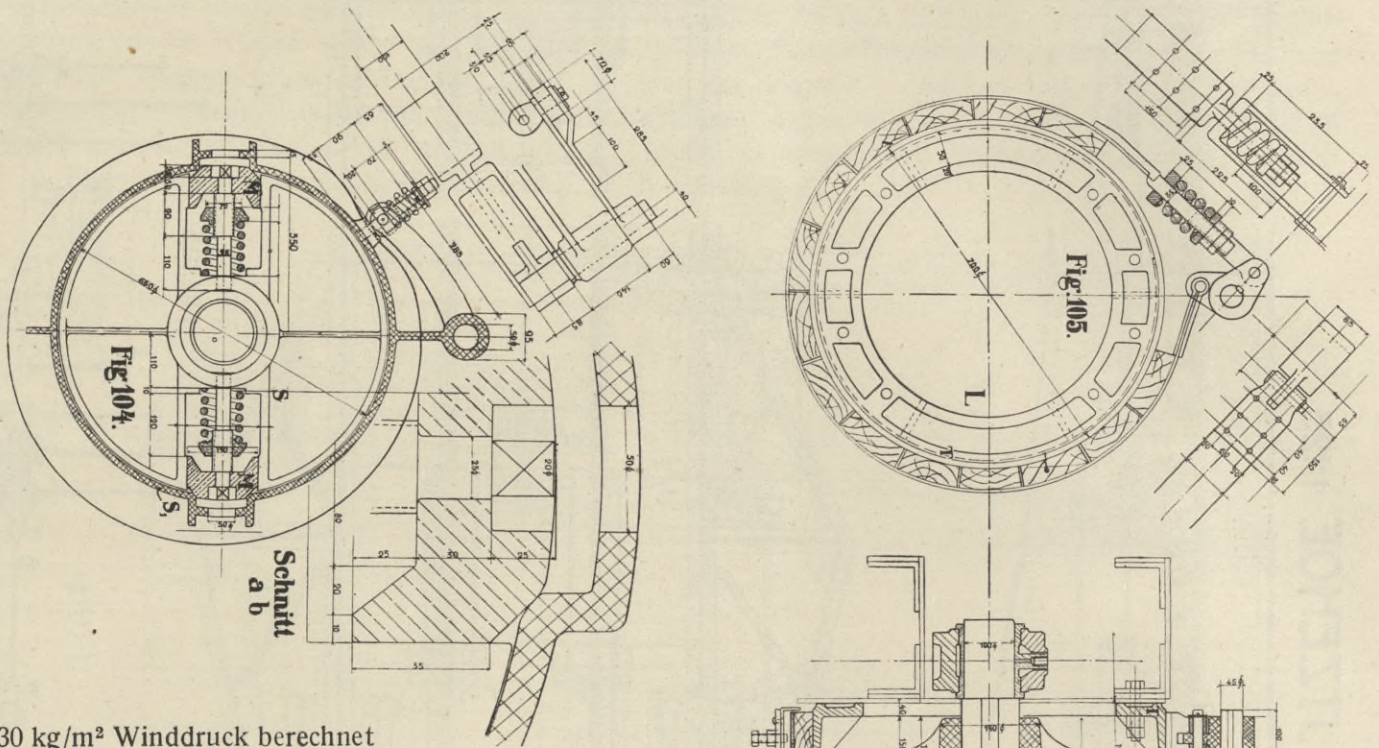


FIG. 103



QUERSCHNITT DURCH DIE ACHSE.

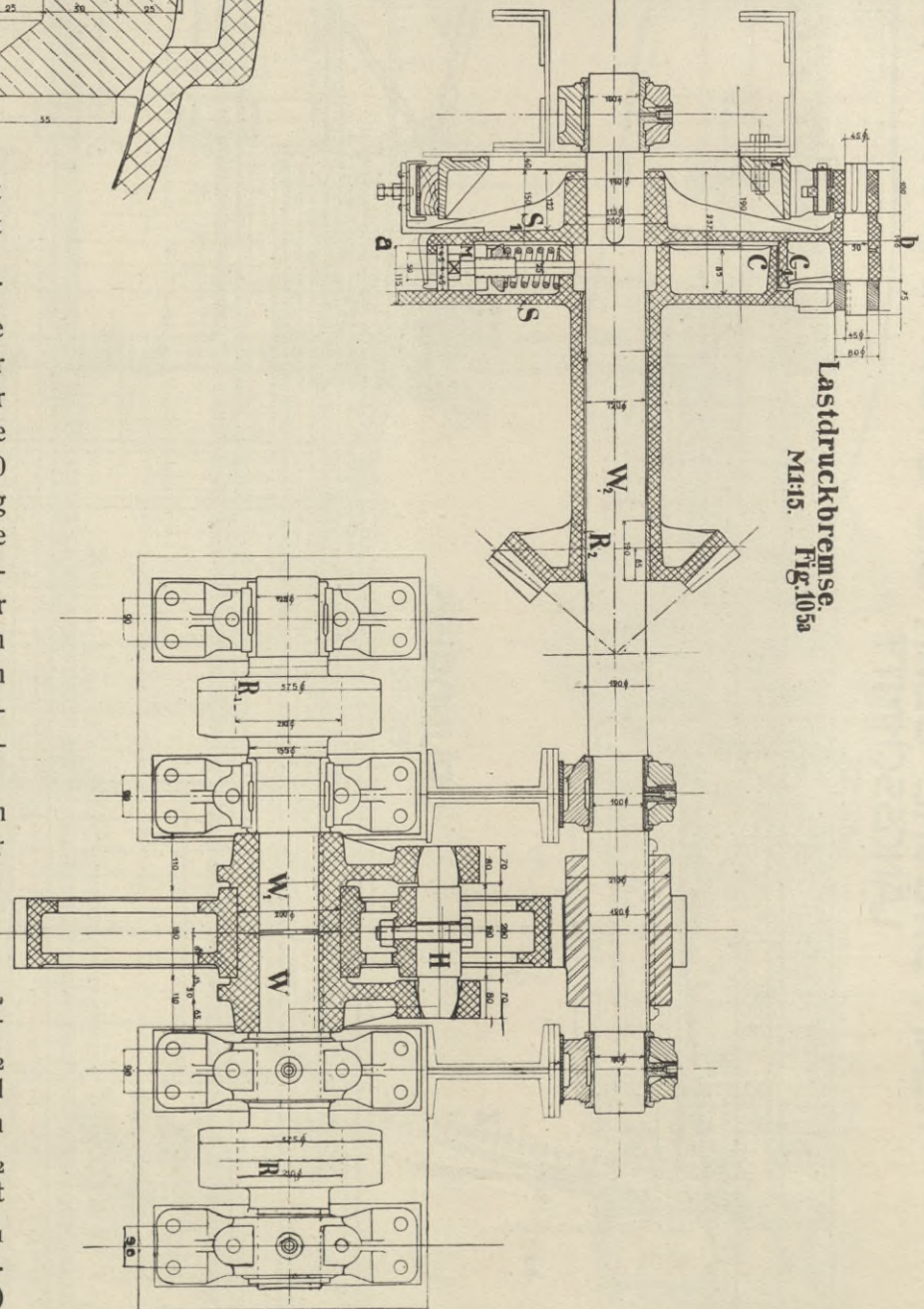
Eisenbahn-Klappbrücke über die Stör bei Itzehoe.



Bei 30 kg/m² Winddruck berechnet sich der Zahndruck für jedes Segment zu $Z = \frac{27 \cdot 4 \cdot 30 \cdot 13,5}{2 \cdot 8,5} = \text{rund } 2600 \text{ kg.}$

Wird die Klappe durch die Getriebe in den Zahnsegmenten bei größerer Windstärke festgehalten, so steigt der Zahndruck entsprechend und würde beispielsweise bei 150 kg/m² $5 \cdot 2600 = 13\,000 \text{ kg}$ betragen. Zur Sicherung eines gleichmäßigen Angriffs der Getriebe in beiden Zahnsegmenten wird das Antriebsmoment auf die achsial zueinander liegenden, aber getrennt ausgeführten Getriebewellen W und W_1 durch einen gleicharmigen Ausgleichshebel H übertragen, der in dem Antriebsrade drehbar gelagert ist (vergl. Fig. 105 a).

Um bei vorübergehenden stärkeren Windstößen eine selbsttätige Rück- oder Vorwärtsbewegung der Klappe bez. eine Ueberlastung der Antriebsorgane bis zur letzten Vorgelegewelle W_2 zu vermeiden, trägt diese eine Art Lastdruckbremse L von folgender Einrichtung: Das Kegelrad R_2 sitzt drehbar auf der Welle W_2 und besteht mit der Scheibe S aus einem Stück. Diese und die auf der Welle W_2 drehfest sitzende Scheibe S_1 sind mit den hohlzylindrischen Teilen C und C_1 gegenseitig drehbar ineinander gepaßt. Zwei Mitnehmerstücke M (Fig. 104) werden an der Scheibe S je zwischen zwei Leisten radial geführt und durch



regulierbare Spiralfedern in keilartige Einschnitte am inneren Umfange der Scheibe S_1 gepreßt. Dadurch werden die Scheiben S und S_1 bis zum gewissen Grade drehfest gegeneinander. Sobald das übergehende Drehmoment aber ein gewisses Maß überschreitet, verlassen die Mitnehmer M die Keileinschnitte und nun drehen die Scheiben S und S_1 sich gegeneinander. Dadurch wird in der aus Fig. 104 und 105 ersichtlichen Weise das Bremsband auf der mit dem Rückarm der Klappe drehfest verbundenen Bremstrommel T angezogen und die Welle W_2 festgehalten. Damit stehen auch die Wellen W und W_1 mit den Getrieben R und R_1 sowie der Rückarm der Klappe gegen die Zahnsegmente fest. Durch diese Einrichtung wird auch die Geschwindigkeit der Klappe bzw. das in ihr aufgespeicherte Arbeitsvermögen stoßlos verrichtet, wenn die Antriebsmotoren aus irgendeinem Grunde zu wirken aufhören, etwa gegen Schluß der Bewegung abgestellt werden.

Zur Sicherung der Klappen in ihrer geschlossenen Lage befinden sich an der Innenseite der Hauptträger an deren Vorderende zwei Riegel V (Fig. 101 und 102), die in entsprechende Oeffnungen in der anschließenden festen Brücke eingreifen.

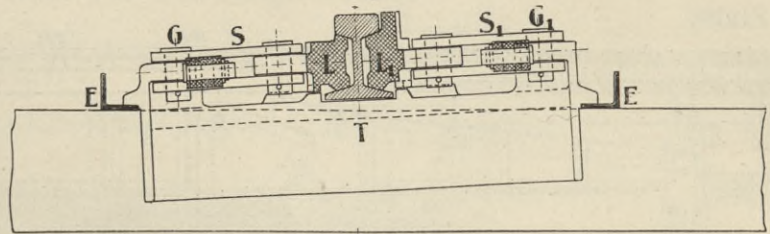
Zur Deckung der Schienenstöße des Gleises auf der Klappe mit den anschließenden festen Gleisen dient je ein lösbares Laschenpaar, wie solches in Fig. 98, 99 und 100 dargestellt ist (vergl. die Beschreibung dieser Einrichtung S. 24). Der Antrieb zum Lösen und Schließen sowohl der Verriegelung als auch der Verlaschung geschieht durch an den Außenseiten beider Brücken aufgestellte elektrisch oder im Notfalle von Hand betätigte Bewegungsapparate G (Fig. 102). Die Bewegung wird durch die Wellenleitung J übertragen (Fig. 101 und 102).

Da die Gegengewichtsarme der Klappenträger nicht durch einen Rückendverschluß festgehalten sind, erfahren ihre äußeren Enden, abgesehen von den elastischen Schwingungen, durch die Verkehrslast eine Auf- und Abwärtsbewegung. Um demgegenüber die Verzahnung der Segmente Z und der Getriebe R und R_1 gegen Angriffe durch die Verkehrslast zu sichern, ist das die oberen zwei Zähne umfassende Stück des Segments in der aus Fig. 101 ersichtlichen Weise ausrückbar eingerichtet. Der Antrieb hierfür geht von dem Bewegungsapparat G für die Verriegelung und Verlaschung aus. Die Wellenleitung K tritt durch den hohlen Drehzapfen D_1 ein. Ihr letztes Glied ist eine Spindel N , durch die vermittels

*) Aus den bei Inbetriebnahme der Klappbrücken gemachten Beobachtungen hat sich ergeben, daß die Ausrückung des Zahntriebes ohne wesentlichen Nachteil unterbleiben kann. Die konstruktive Durchbildung der Klappbrücken nebst Bewegungseinrichtungen ist im Zusammenwirken der beteiligten technischen Beamten der Königl. Eisenbahndirektion Altona und der Maschinenfabrik Herm. Nagel & Kaemp in Hamburg geschehen.

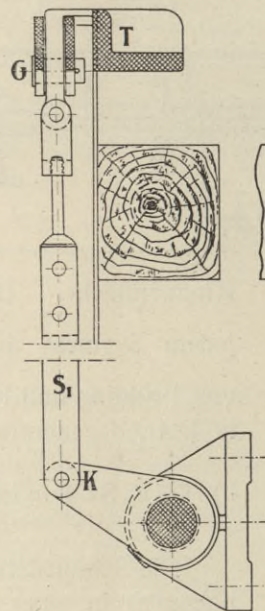
Querschnitt.

Fig. 98.



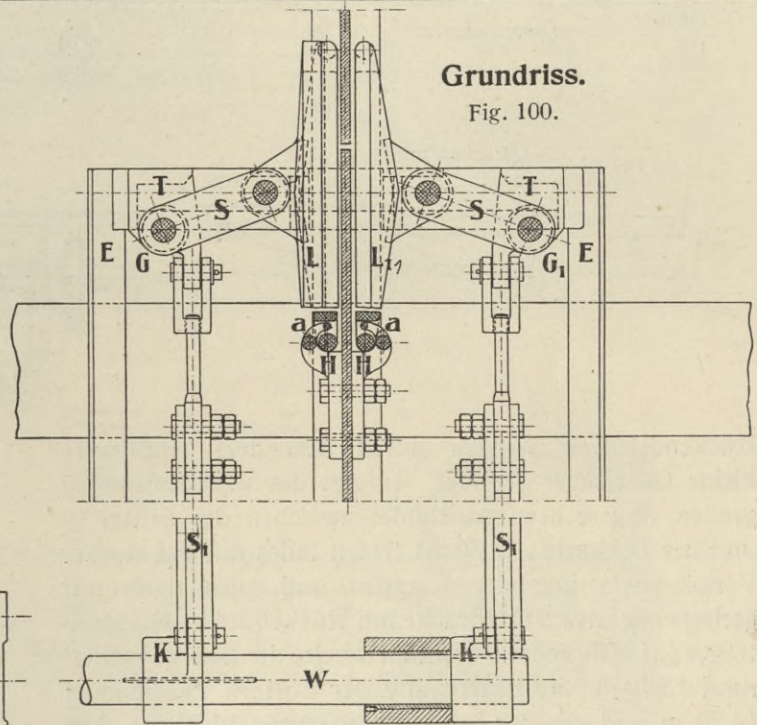
Längsschnitt.

Fig. 99.



Grundriss.

Fig. 100.



der Gelenkstange Q die Ausrückung geschieht. Diese, die Verriegelung und Verlaschung werden gleichzeitig und durch denselben Bewegungsapparat G bewirkt.*)

II. Zweiflügelige Klappbrücken.

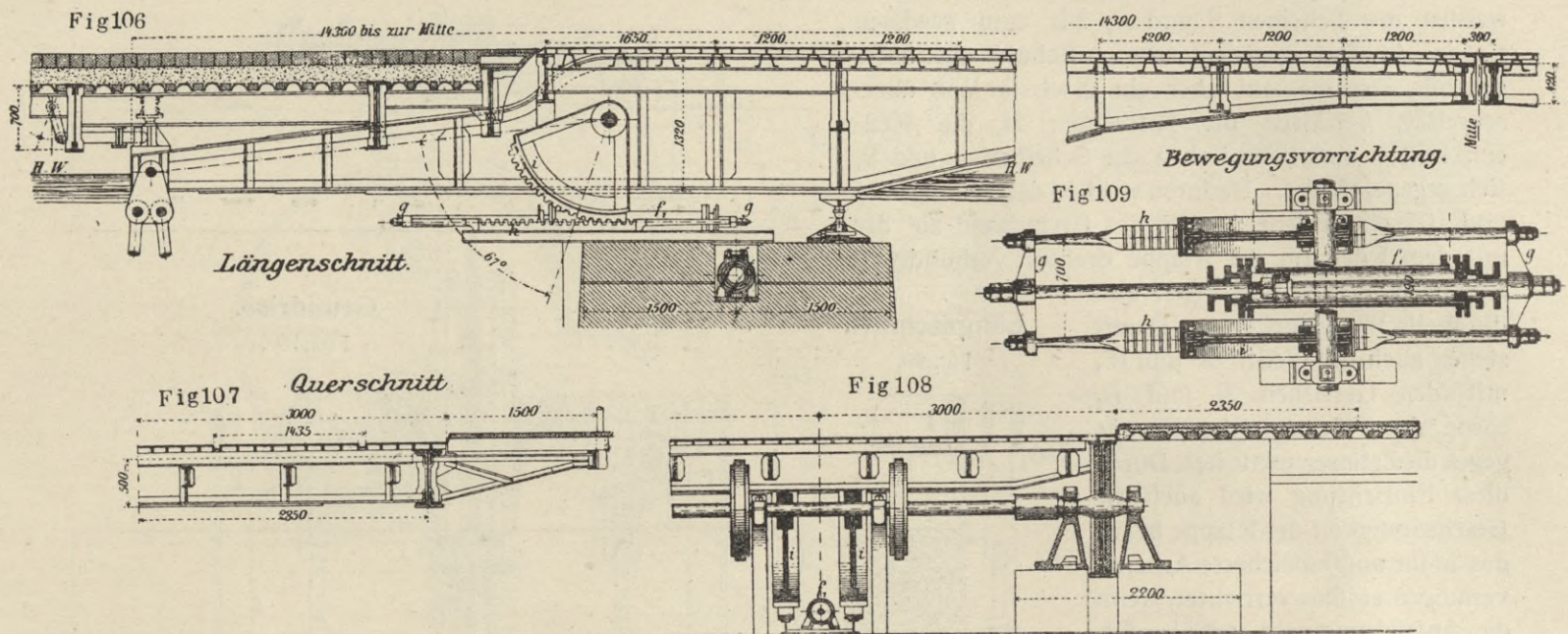
a) Die Hohe Brücke in Königsberg (Fig. 106—109).

Der Stadt Königsberg kommt für die Entwicklung der Klappbrücken eine besondere Bedeutung zu. Namentlich ist die hier zu beschreibende Klappbrücke in verschiedenen Punkten für die spätere Erbauung anderer vorbildlich geworden.

Die Hohe Brücke führt eine Straße in 9 m Gesamtbreite über den Pregel. Die beiden vollwandigen schmiedeisernen Klappenträger liegen in 4,7 m Entfernung voneinander, haben in der unteren Gurtung zusammen Bogenform und treten mit ihrer Oberkante bis dicht unter die Decke der 6 m breiten Fahrbahn. Diese ist hier zuerst aus Stahlgußplatten in der in Fig. 32 b skizzierten Art hergestellt.

Die beiden festen positiven Stützlager vor der Achse ruhen auf dem Pfeiler und sind im Sinne der Fig. 45a und b in ihrer Höhe regulierbar und die negativen

Hohe Brücke in Königsberg.



Rückendstützen werden durch besonders eingebaute kleine Querträger gebildet. Infolge des verhältnismäßig großen wagerechten Abstandes zwischen der Stütze *B* und der Drehachse (2,30 m) treten indes nur bei starker Verkehrsbelastung der Klappen und auch dann nur geringe negative Stützdrücke am Rückende der Klappenträger auf. Die lichte Durchfahrtsweite der Brücke beträgt rund 13,70 m, die Entfernung der Stützen voneinander 14,70 m und die der beiden Drehachsen 19,30 m. Der Rückendverschluß besteht aus einem Riegel mit Hebelantrieb (vgl. Fig. 106). Die Verbindung der beiden Klappen in der Brückenmitte ist hier zuerst mittels der in Fig. 58 S. 23 dargestellten Fingerverriegelung erfolgt.

Um die kostspielige Herstellung eines wasserdichten Brückenkellers zu vermeiden, ist das Gegengewicht ein für allemal tauchend angeordnet, so daß seine Wirkung bei allen Wasserständen nahezu um den gleichen Auftrieb vermindert wird. Bei Hochwasser tauchen allerdings auch die Gegengewichtsarme der Hauptträger, wodurch der Gewichtsausgleich immerhin etwas gestört wird.

Der Bewegungsantrieb der einschließlich Gegengewicht je etwa 51 t schweren Klappen geschieht bei dieser Brücke zuerst in der in Fig. 33 S. 14 skizzierten Weise vermittelt zweier in 70 cm Entfernung voneinander symmetrisch zur Mitte der Achse drehfest auf dieser sitzenden Zahnsegmente *i* von 1,0 m Radius und der damit im Eingriff stehenden beiden Zahnstangen *h* (vergl. Fig. 106, 108 und 109). Diese erhalten ihre Antriebskraft durch den Kolben eines 19 cm weiten Druckwasser-Zylinders *f*, der durch zwei Querhäupter *g* mit den Zahnstangen verbunden ist.

Bei einem für den Betrieb verfügbarem Wasserdruck von 37 Atm. und unter Annahme eines Wirkungsgrades der Antriebseinrichtung von $\eta = 0,85$ würde sich der mit dieser zu bewältigende Winddruck berechnen zu $w = \frac{0,85 \cdot 19^2 \cdot \pi \cdot 37}{4 \cdot 9 \cdot 9 \cdot 4,5} = \text{rund } 25 \text{ kg/m}^2$

Klappenfläche. Dabei stellt sich der Zahndruck in jedem Segment auf $\frac{0,85 \cdot 19^2 \cdot \pi \cdot 37}{2 \cdot 4} = 4500 \text{ kg}$. Die von Frühling und Naumann erbaute Brücke wurde 1883 in Betrieb genommen.

b) Die Schmiedebrücke in Königsberg (Fig. 110—116).

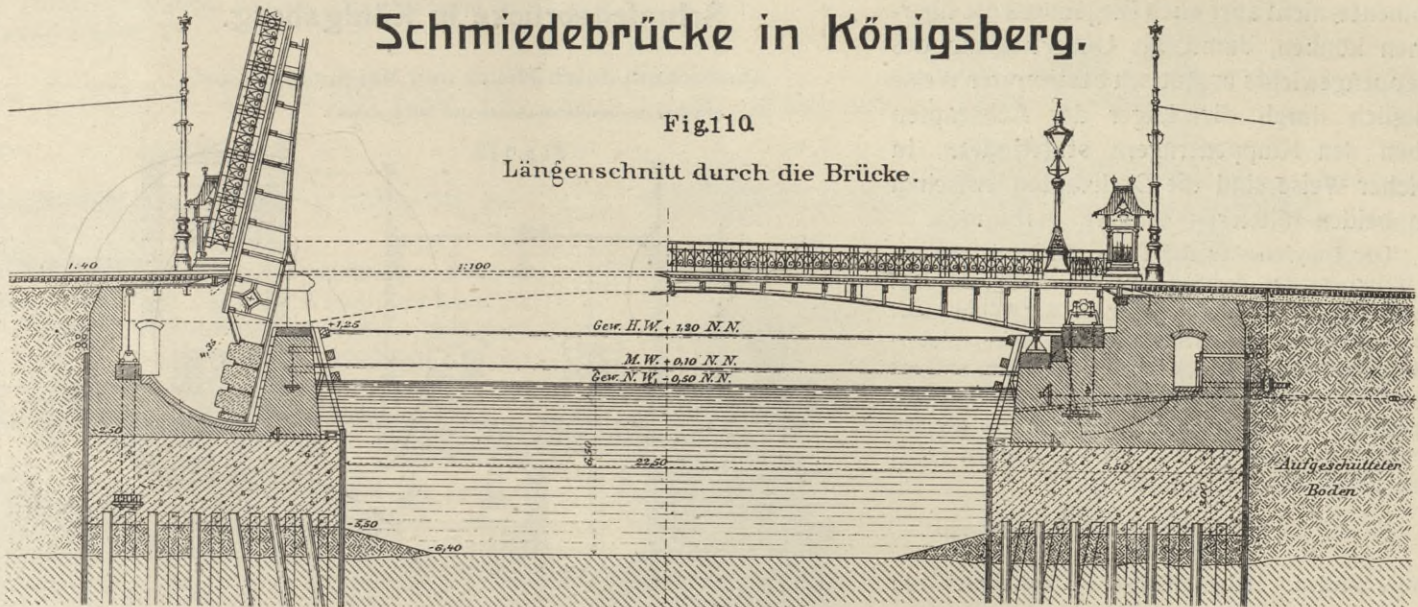
Die Schmiedebrücke führt eine Straße mit Straßenbahngleis in einer Gesamtbreite von 12,5 m über den Pregel. In ihrer konstruktiven Durchbildung schließt diese Brücke wie die vorher über denselben Fluß erbaute „Köttelbrücke“ sich an diejenige der „Hohen Brücke“, doch ist dieser gegenüber eine Fortentwicklung ersichtlich. Mit der lichten Durchfahrtsweite von 22,5 m, der Weite zwischen den positiven Stützen von 25,18 m und derjenigen zwischen den Drehachsen beider Klappen von 28,3 m gehört die Schmiedebrücke auch ihren Abmessungen nach zu den bedeutenderen Brücken der Art auf dem europäischen Festlande. Sie hat in Rücksicht auf ihre verhältnismäßig große Breite und die verfügbare geringe Konstruktionshöhe (0,55 m in der Mitte, 1,64 m an den Achsen) vier Hauptträger erhalten, die paarweise gewissermaßen besondere Systeme bilden, ohne daß diese indes unabhängig voneinander betriebsfähig sind, wie das bei der in Fig. 161—163 dargestellten Brücke im Hafen von Rotterdam der Fall ist.

Für die Rückarme der Klappenträger mit den Gegengewichten ist unterschiedlich von der „Hohen Brücke“ ein wasserdicht umbauter Brückenkeller vorhanden. In Rücksicht auf dessen erforderliche Abmessungen sind die Gegengewichtsarme verhältnismäßig kurz, nämlich auf 0,30 der Vorderarmlänge bemessen gegen fast 0,50 bei der „Hohen Brücke“. Der Rückendverschluß hat die in Fig. 49 skizzierte Einrichtung, und die Verbindung der Hauptträger beider

Schmiedebrücke in Königsberg.

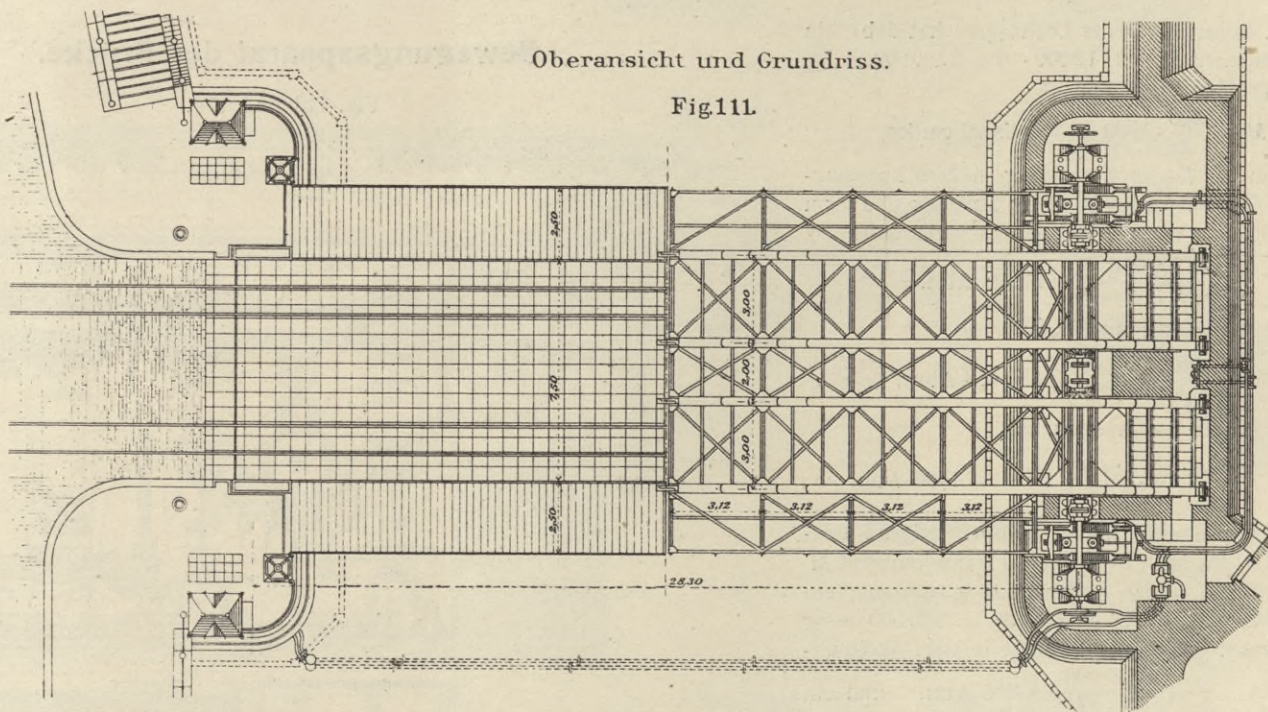
Fig. 110

Längenschnitt durch die Brücke.



Oberansicht und Grundriss.

Fig. 111



Klappen in der Brückenmitte geschieht wie bei der „Hohen Brücke“ durch die in Fig. 58 skizzierte Finger-Verriegelung.

Fig. 49 zeigt auch die negative Rückendstütze, die aus zwei verankerten Zugstangen besteht, welche mittels einer mit ihnen verholzten Rolle auf den Gegengewichtsarm greifen. Bei dem Gesamtgewichte einer Klappe einschl. Gegengewicht von 208 t, dem Abstände der positiven Vorderstütze von der Achse von 1,56 m und der negativen Rückendstütze von 4,15 m, erzeugt eine Verkehrsbelastung beider Klappen von 400 kg/m² zwischen den positiven Stützen an der negativen Rückendstütze einen von der Verankerung aufzunehmenden Stützdruck von

$$C = - \left(\frac{12,6 \cdot 12,6}{2} \cdot 12,5 \cdot 0,40 + 208 \cdot 1,56 \right) \frac{1}{5,71} = -12,2 \text{ t.}$$

Die Bewegungseinrichtung der Klappen ist in Fig. 111—116 dargestellt. Sie ist grundsätzlich die

gleiche wie bei der „Hohen Brücke“. Unterschiedlich von dieser sind die Zahnsegmente für den Antrieb mit den Zahnstangen und den zwischen diesen liegenden Druckwasserzylindern beiderseits an den Enden der Drehachse angeordnet. Letztere besteht lediglich aus vier Drehzapfen, deren Anordnung aus Fig. 112 und deren Abmessungen, Formgebung und Verbindung mit der Eisenkonstruktion der Klappe aus Fig. 113 des näheren zu ersehen ist. Zwischen den Drehzapfen sind die Hauptträger durch eine kastenförmige Querkonstruktion so gegeneinander abgesteift, daß die Ueberleitung der Torsions- und Biegemomente von den Drehzapfen in die Klappen gesichert ist. Die Drehzapfen sind aus Stahlguß hergestellt, während die beiderseitigen Antriebswellen aus geschmiedetem Stahl bestehen. Die Verbindung dieser Wellen mit den Achszapfen ist mit Scheibenkupplungen bewirkt, derart jedoch, daß an der Verbindungsstelle nur Torsions-

momente, nicht aber auch Biegemomente übergehen können, damit die Uebertragung des Klappengewichts in statisch bestimmter Weise lediglich durch die Lager der Achszapfen neben den Klappenträgern stattfindet. In gleicher Weise sind die Drehzapfen zwischen den beiden mittleren Trägern verbunden.

Der Durchmesser der Triebzylinder ist 30 cm, der Teilkreisradius der Segmente gleich 0,70 m. Das Betriebsdruckwasser kann je nach der Windstärke durch entsprechende Belastung des Akkumulatorkolbens mit einem Drucke bis zu 40 Atm. erzeugt werden. Wird wieder ein Wirkungsgrad der Betriebs-einrichtung von $\eta = 0,85$ angenommen, so können die rund 14 m langen, 12 m breiten Klappen gegen einen anhaltenden Winddruck von

$$w = \frac{30^2 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{40 \cdot 0,85 \cdot 0,97 \cdot 2}{14 \cdot 7 \cdot 12,5} = 38 \text{ kg/m}^2$$

bewegt werden. Dabei entsteht ein Zahndruck von

$$Z = \frac{30^2 \pi}{4} \cdot \frac{40 \cdot 0,85}{2} = 12000 \text{ kg}$$

an jedem Segment. Jeder Drehzapfen hat dabei ein Torsionsmoment $M_t = 2 \cdot 12000 \cdot 97 = 2350000 \text{ cm/kg}$ und ein größtes Biegemoment

$$M_b = \frac{208}{2} \cdot 1000 \cdot 8 = 832000 \text{ cm/kg}$$

aufzunehmen. Dadurch entsteht in dem kreisringförmigen Querschnitte von 12 cm äußerem und 6 cm innerem Radius eine größte Torsionsspannung

$$\tau = \frac{2350000 \cdot 12}{\pi/2 (12^4 - 6^4)} = 920 \text{ Atm.}$$

und eine größte Biegespannung

$$\sigma = \frac{832000 \cdot 12}{\pi/4 (12^4 - 6^4)} = \pm 654 \text{ Atm.,}$$

also eine Stoffanstrengung

$$s = \sqrt[3]{\frac{1}{8} \cdot \sigma^2 + \frac{5}{4} \cdot \tau^2} = 1466 \text{ Atm.}$$

Die Antriebswelle hat im klappenseitigen Lagerquerschnitt das oben berechnete Torsionsmoment M_t und daneben, von der Kolbenkraft herrührend, ein Biegemoment $M_b = 12 \cdot 1000 \cdot 30 = 360000 \text{ m/kg}$ aufzunehmen. Dadurch entsteht in dem Vollquerschnitt ein

$$\tau = \frac{2350000}{\pi/2 \cdot 12^3} = 865 \text{ Atm.}$$

und ein

$$\sigma = \frac{360000}{\pi/4 \cdot 12^3} = 265 \text{ Atm.;}$$

also eine Stoffanstrengung

$$s = \sqrt[3]{\frac{1}{8} \cdot 265^2 + \frac{5}{4} \cdot 865^2} = 1190 \text{ Atm.}$$

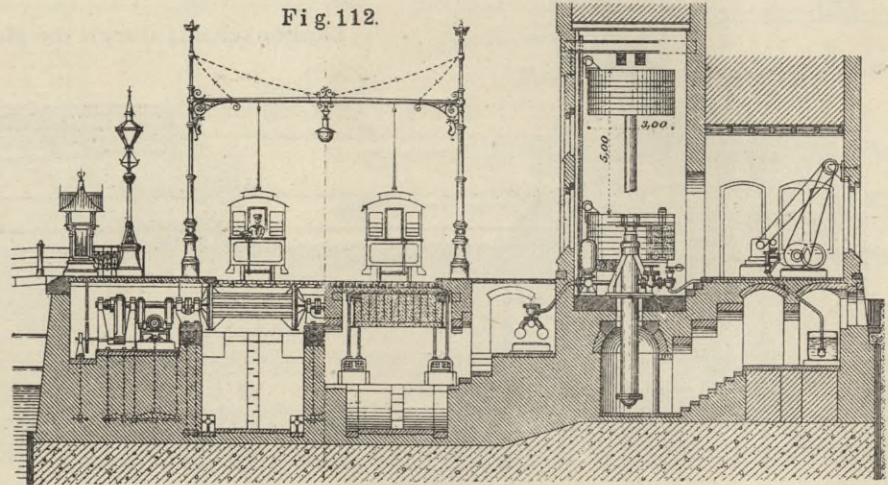
Diese Anstrengungen des Materials würden in Rücksicht auf die noch hinzukommenden dynamischen Wirkungen als reichlich hoch bemessen gelten müssen. Da man indes beobachtetermaßen bisher stets mit dem wesentlich geringeren Betriebsdruck von 15 Atm. ausgekommen ist, so können die Klappen während des Betriebes nur einem anhaltenden Winddrucke von $\frac{15}{40} \cdot 38 = \text{rund } 15 \text{ kg/m}^2$ ausgesetzt gewesen sein und die Torsionsspannungen der Drehzapfen und der Antriebswelle können daher nur betragen haben

$$\frac{15}{40} \cdot 920 = 345 \text{ Atm.}$$

bezw. $\frac{15}{40} \cdot 865 = 325 \text{ Atm.}$

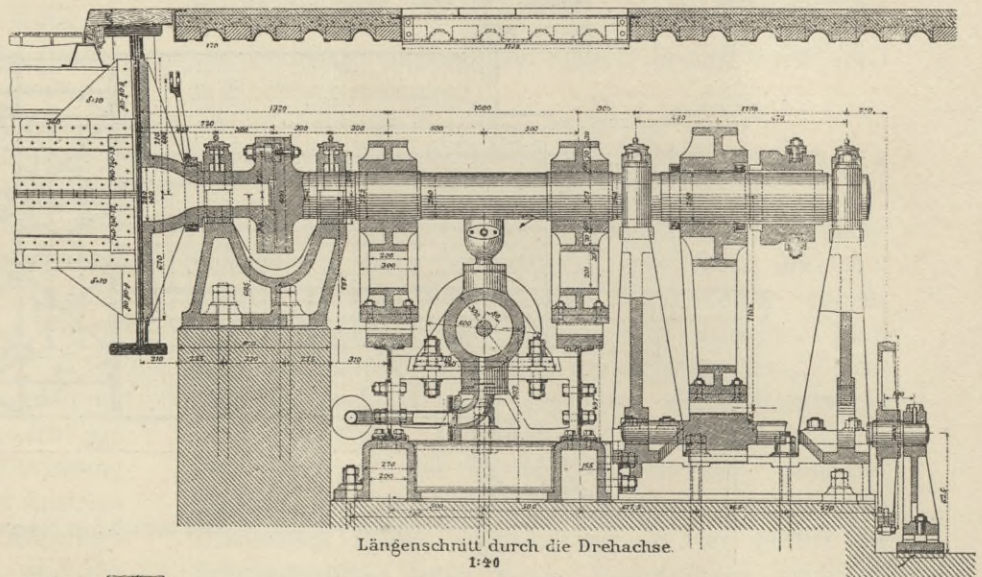
Schmiedebrücke in Königsberg.

Querschnitt durch Pfeiler und Maschinengebäude
(in der Accumulator-Achse um 90° gedreht).

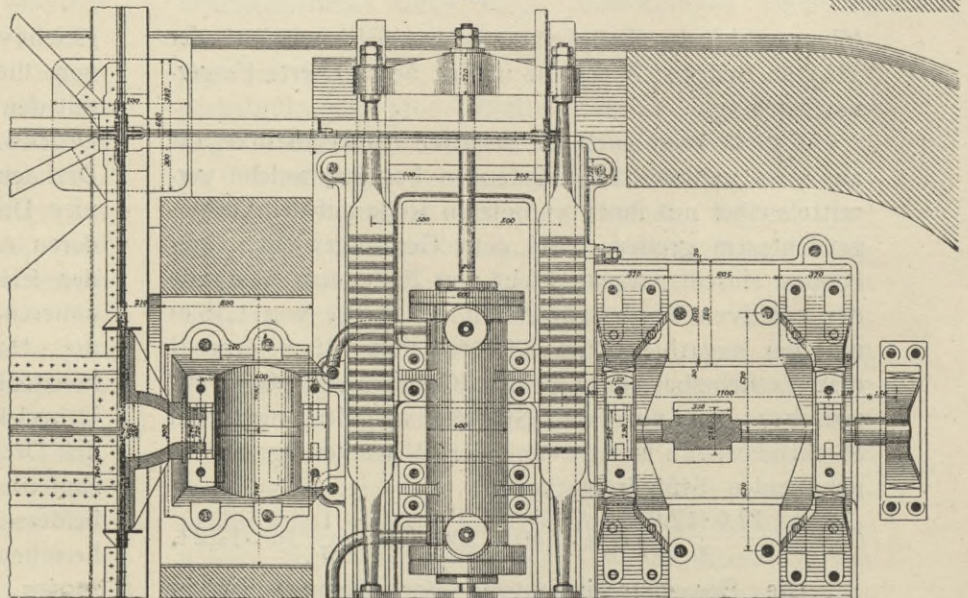


Bewegungsapparat der Brücke.

Fig. 113 und 114.



Längenschnitt durch die Drehachse.
1:20



Grundriss des Pfeilervorkopfes

Die Stoffanstregungen werden dabei während der Bewegung nicht über

$$s = \frac{3}{8} \cdot 654 + \frac{5}{4} \cdot \sqrt{327^2 + 345^2} = 835 \text{ Atm.}$$

bezw.

$$s = \frac{3}{8} \cdot 265 + \frac{5}{4} \cdot \sqrt{\left(\frac{265}{2}\right)^2 + 325^2} = 345 \text{ Atm.}$$

gestiegen sein. Nur bei offenstehenden Klappen und vorübergehend stärkeren Windstößen kann die Anstregung des Materials der Wellen obige Maße überschritten haben. Gegen **erheblich** stärkere Beanspruchung schützen die Sicherheitsventile auf den Druckzylindern (vergl. Fig. 115).

Der Querschnitt Fig. 112 zeigt seitlich auch das Maschinengebäude.

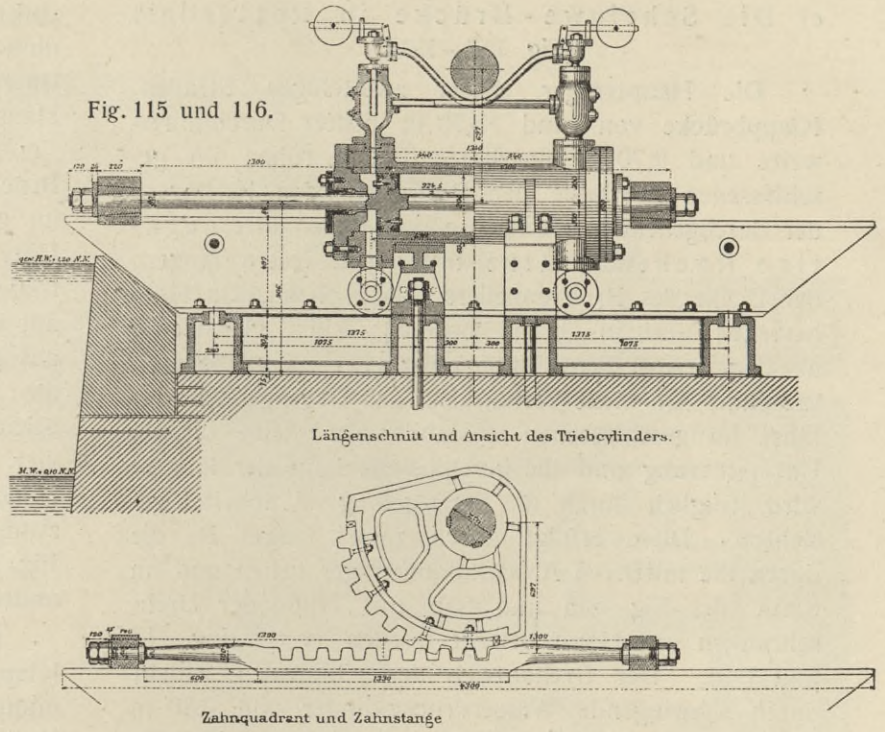
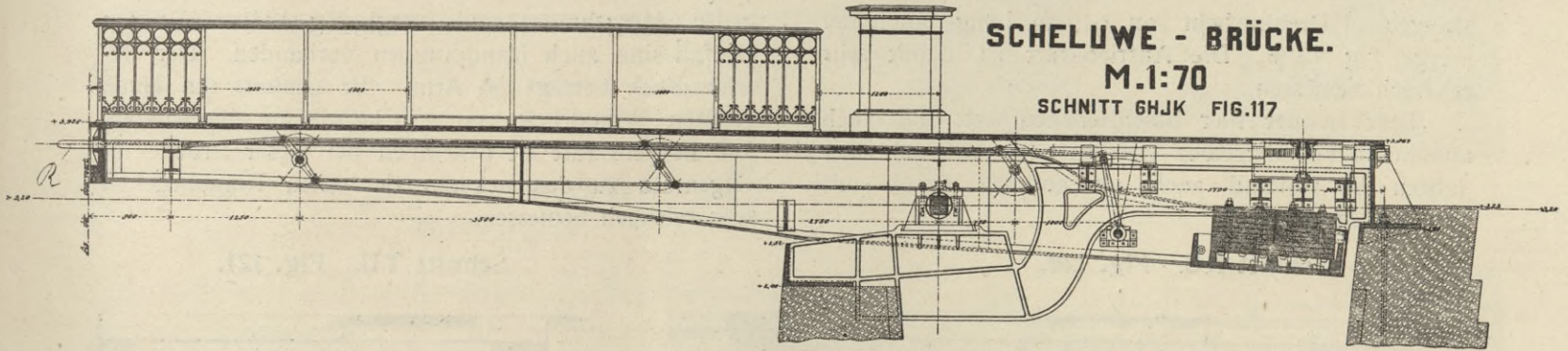


Fig. 115 und 116.

Längenschnitt und Ansicht des Triebzylinders.

Zahnquadrant und Zahnstange

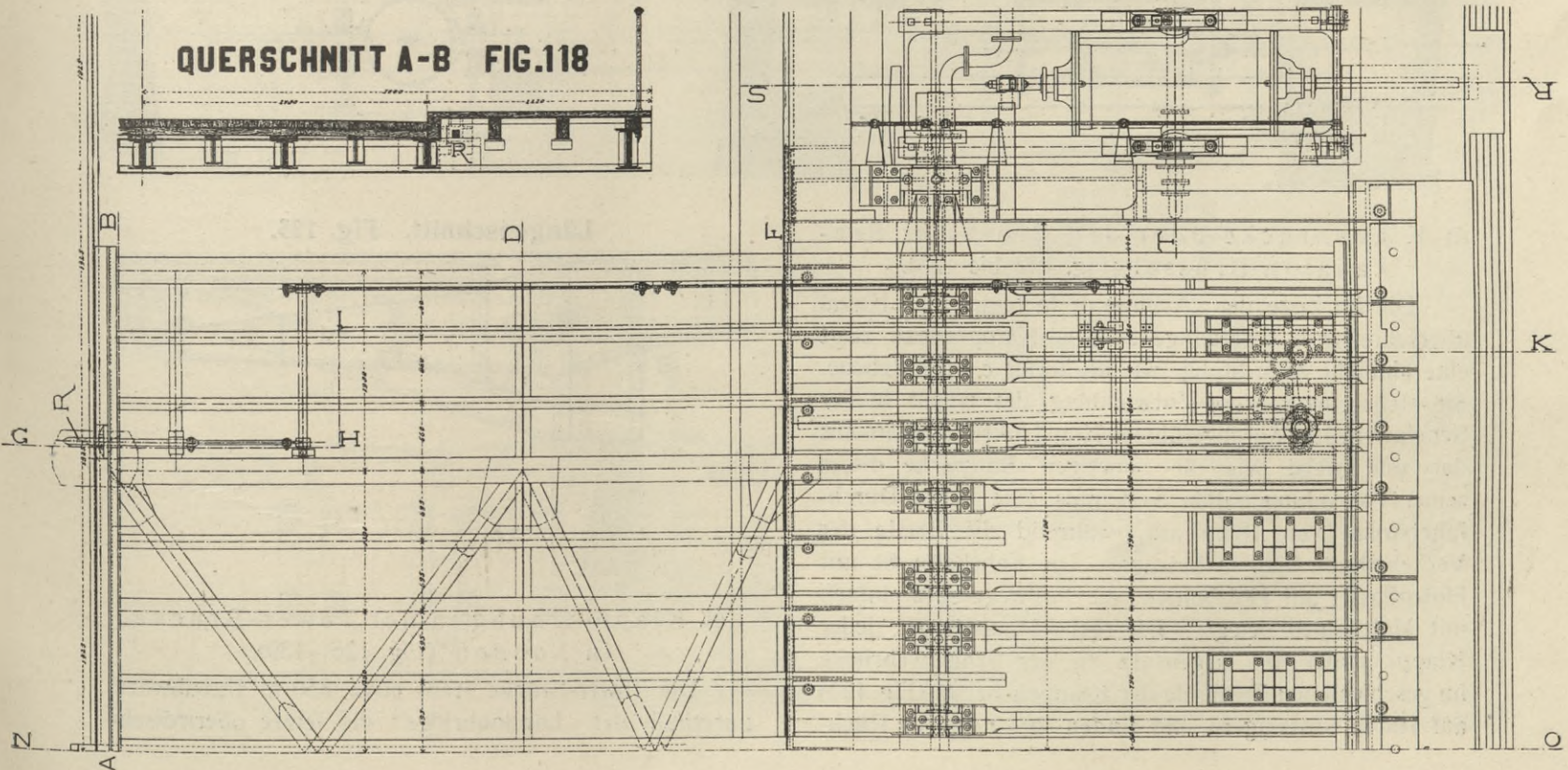


SCHELUWE - BRÜCKE.

M.1:70

SCHNITT 6HJK FIG.117

GRUNDRISS. FIG. 119.



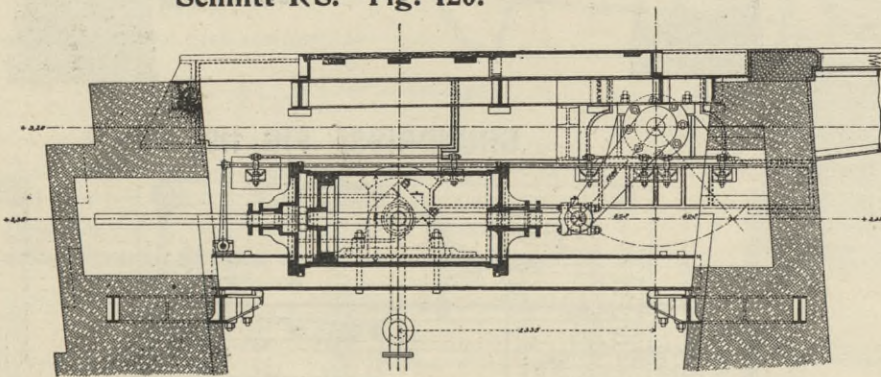
QUERSCHNITT A-B FIG.118

c) Die Scheluwe - Brücke in Rotterdam (Fig. 117—121).

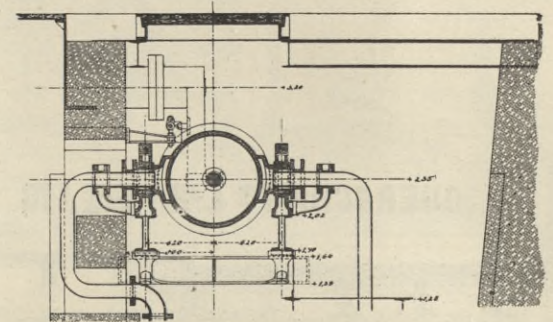
Die Hauptträger dieser zweiteiligen Straßen-Klappbrücke von rund 13,50 m lichter Durchfahrtsweite und 9,70 m nutzbarer Breite ruhen im geschlossenen Zustande der Brücke in den 16 Lagern der durchgehenden Drehachse und finden ihre negative Rückendstütze unter den festen Trägern der Decke des Brückenkellers, die noch aus Gußeisen bestehen und in ihren vorderen Teilen gleichzeitig als Lagerträger dienen (vergl. Fig. 117). Ein Rückendverschluß ist nicht vorhanden, das Gegengewicht erfährt im geschlossenen Zustande also keine direkte Unterstützung und die geschlossene Lage der Klappe wird lediglich durch die Verriegelung im Scheitel gesichert. Diese erfolgt durch zwei Riegel *R*, die durch die mittleren Abschlußquerträger gehen und im Sinne der Fig. 60a und 60b mit Hilfe der Drehstrahlen von Hand bewegt werden (vergl. Fig. 117 und 119). Der Drehantrieb der Klappen geschieht durch schwingende Wasserdruckzylinder von 0,80 m Durchmesser bei 15 Atm. Betriebsdruck, deren Kolbenstangen an Drehkurbeln von 1,10 m Länge angreifen (vergl. Fig. 120). Die Antriebskraft ist damit sehr reichlich bemessen.

Brücken der hier beschriebenen Art und auch annähernd von derselben Größe sind in den achtziger Jahren in Holland auch an anderen Orten mit Erfolg ausgeführt.

Schnitt RS. Fig. 120.



Schnitt TU. Fig. 121.



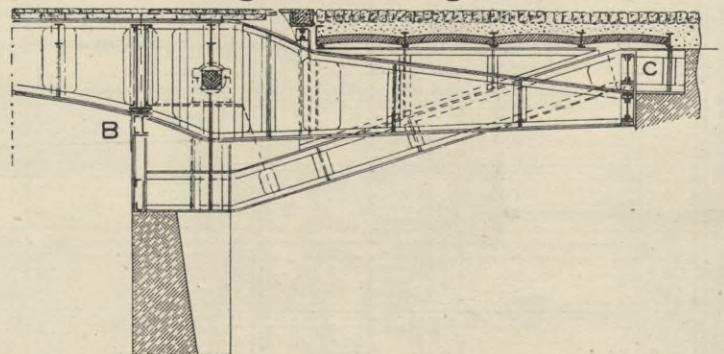
d) Klappbrücke über den Brüsseler See-kanal in Brüssel (Fig. 122 bis 125).

Die im Zuge der „Avenue de la reine“ den Kanal überschreitende zweiteilige Straßen-Klappbrücke zeigt eine ähnliche Anordnung, wie die unter c) beschriebene. Sie stellt eine weitere Entwicklung des zuerst in der Scheluwebrücke durchgeführten Konstruktionsgedankens dar und weist wie die sonstigen Bauwerke dieses seiner Vollendung nahen Seekanals eine lichte Durchfahrtsweite von 18 m auf, während die Breite der Verkehrsbahn 9,20 m beträgt. Die Fahrbahn ist mit Holzpflaster auf Holzbohlen, die Fußwege sind einfach mit Holzbohlen belegt. Die sechs Hauptträger jeder Klappe ruhen im Gegensatz zu der Scheluwebrücke im geschlossenen Zustande der Klappen bei *B* (Fig. 125) auf festen Stützlagern und finden ihre negative Rück-

endstütze bei *C*. Die Stützung bei *B* findet nicht direkt, sondern vermittelt des dort anschließenden Querträgers statt, der beiderseits dicht neben den Hauptträgern auf den festen Lagerträgern ruht (vergl. Fig. 125). Ein Rückendverschluß ist auch an dieser Brücke nicht vorhanden, die Gegengewichte schweben im geschlossenen Zustande der Brücke ohne direkte Unterstützung frei an den Rückenden der Hauptträger. Ein Öffnen der geschlossenen Brücke wird nur durch die Verriegelung bei *A* verhindert, die auch das geringe negative Biegemoment aufzunehmen hat, das entsteht, wenn die Klappe hinter der Drehachse durch Verkehrslast getroffen wird. Die Riegel *R*, vier an der Zahl, sind unter den mittleren vier Hauptträgern angeordnet und werden von Hand zwangsläufig mit den Wegeschränken *W* bewegt (vergl. Fig. 123), und zwar je zwei von einem und zwei vom anderen Brückenende aus.

Das Druckwasser für den Bewegungsantrieb der Klappe wird durch elektrisch angetriebene Hochdruckpumpen erzeugt, die mit den zugehörigen Akkumulatoren in je einem Raume beiderseits neben dem Brückenkeller untergebracht sind (vergl. Fig. 123). Für den Notfall sind auch Handpumpen vorhanden. Der Betriebsdruck beträgt 50 Atm. Er genügt, um einen größten Winddruck von 170 kg/m² zu überwinden. Die Betriebskraft ist also auch bei dieser Brücke im Gegensatz zu den neueren deutschen Klappbrücken sehr reichlich bemessen.

Längenschnitt. Fig. 125.

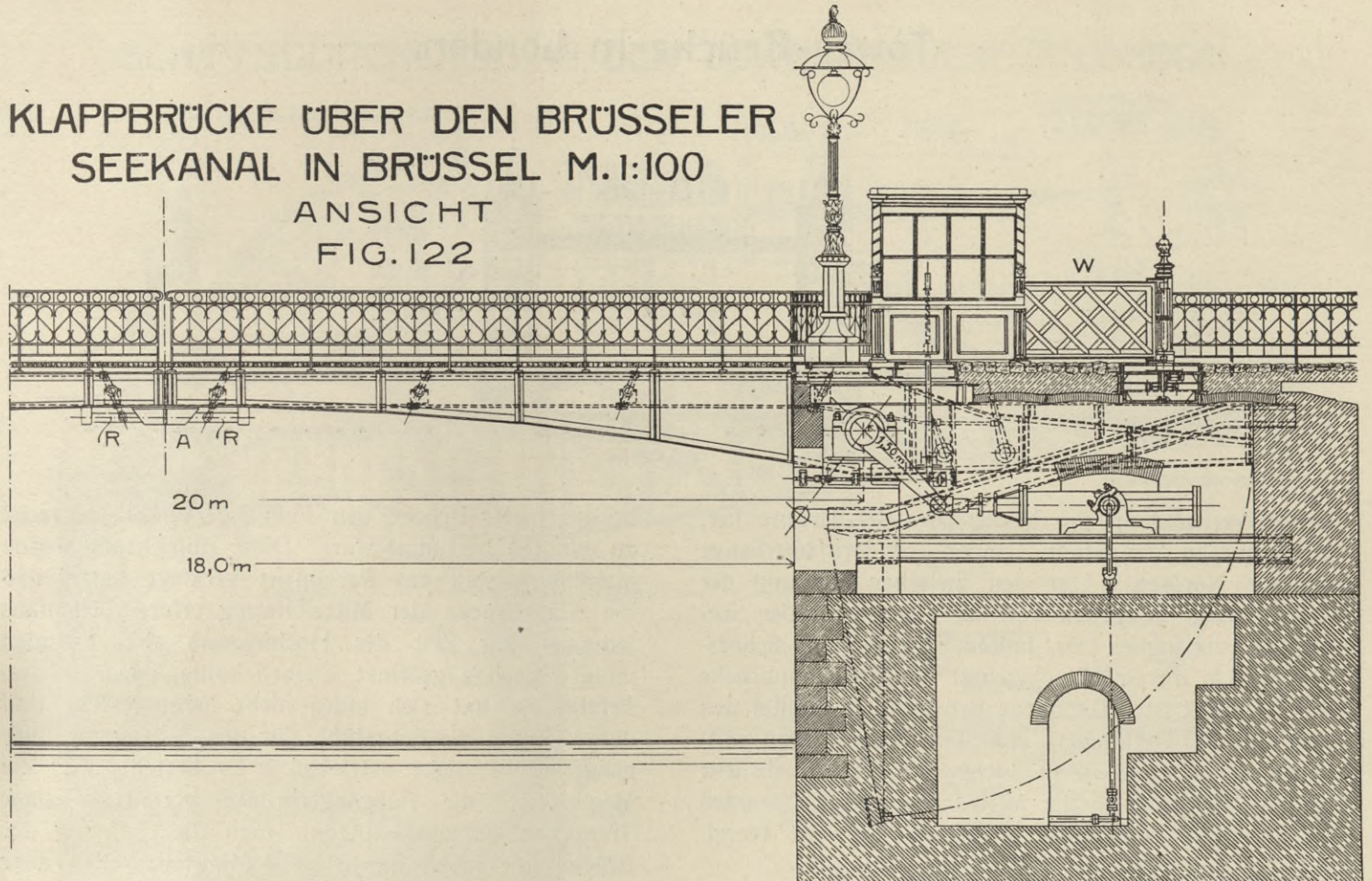


e) Klappöffnung in der Tower-Brücke in London (Fig. 126—139).

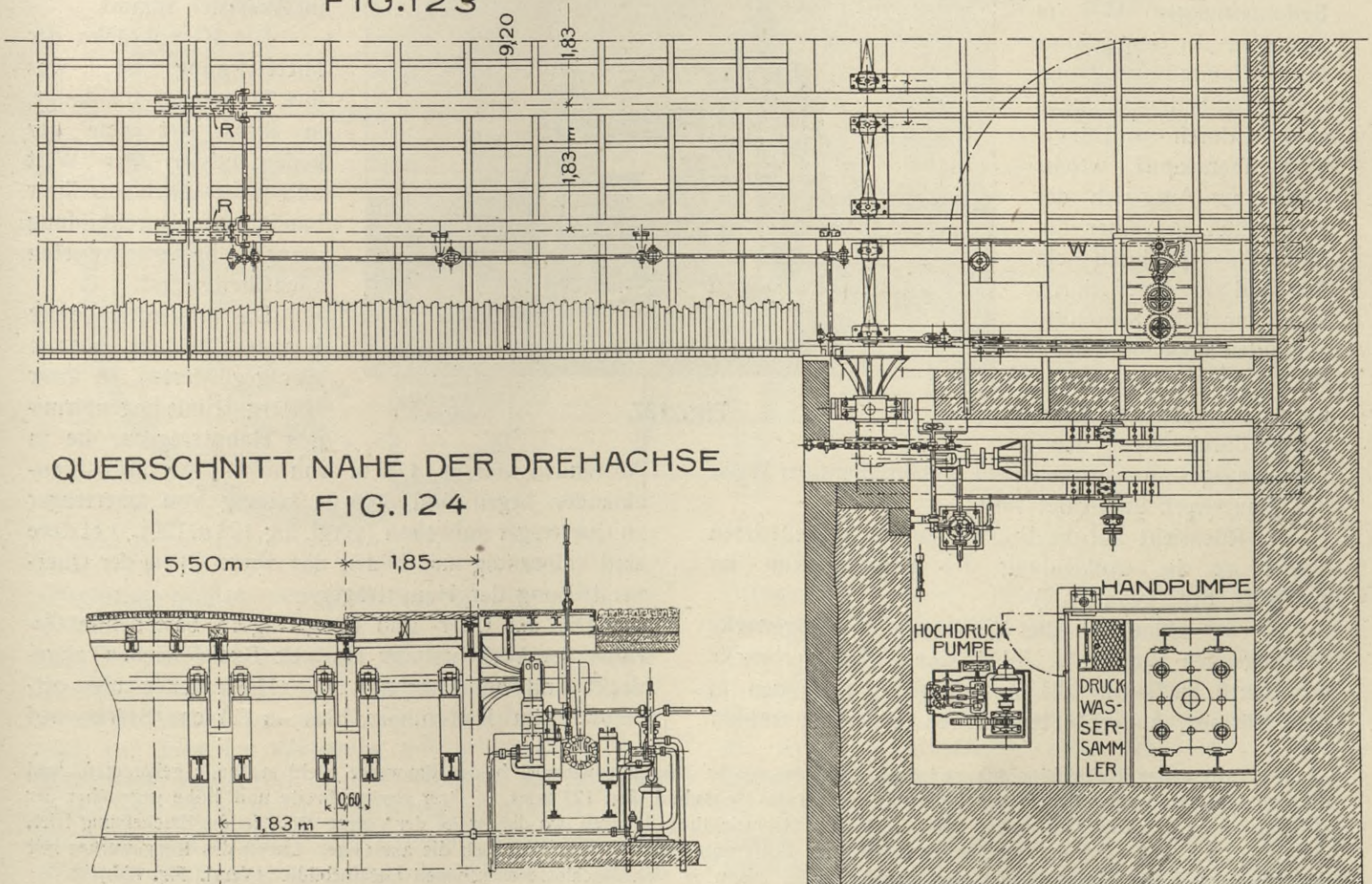
Die Tower-Brücke stellt etwa 850 m flußabwärts unterhalb der „Londonbridge“ die letzte oberirdische

KLAPPBRÜCKE ÜBER DEN BRÜSSELER SEEKANAL IN BRÜSSEL M.1:100

ANSICHT
FIG. 122

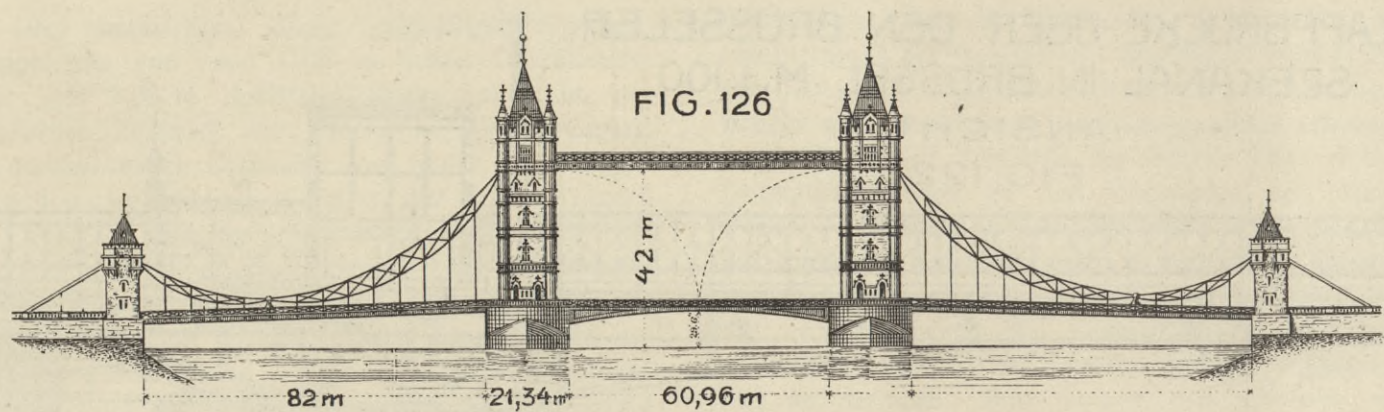


GRUNDRISS
FIG. 123



QUERSCHNITT NAHE DER DREHACHSE
FIG. 124

Tower-Brücke in London.



Verkehrsverbindung der beiden Ufer der Themse her, nicht nur in der Stadt London, sondern überhaupt bis zur Nordsee. Um den zwischen ihr und der Londonbridge gelegenen Teil der Themse für den Seeverkehr zugänglich zu halten, wurde ein Schiffsdurchlaß in die Brücke eingefügt, der als Klappbrücke durchgebildet ist. Die ganze Brücke überschreitet den Fluß in drei Oeffnungen, von denen die beiden seitlichen je in rund 82 m Lichtweite fest überbrückt sind, während der in der Mitte angeordnete Durchlaß für Seeschiffe rund 61 m Lichtweite aufweist (vergl. Fig. 126 und 127).

Die überführte Straße besitzt über den festen Seitenöffnungen 17,7 m und über der beweglichen Mittelöffnung 14,7 m Nutzbreite. Die Seitenöffnungen sind je durch ein Hängewerk überspannt, welche beide zum Ausgleich des Horizontalzuges über der Mittelöffnung durch ein Zugband in einer durch die bemasteten Seeschiffe bedingten Höhe verbunden sind. Die lotrechten Kräfte über den Strompfeilern werden durch eiserne Turmbauten aufgenommen, die außen in monumentaler Weise mit Mauerwerk umkleidet sind.

In Rücksicht auf die Bauformen des benachbarten Tower ist die Umkleidung der Brückentürme im gotischen Stile gehalten.*)

In der Höhe des die beiderseitigen Hängewerke vereinigenden Zugbandes führt eine Fußgängerbrücke von Turm zu Turm, die zusammen mit in den in den Türmen angeordneten Druckwasser-Fahrstühlen

bei geöffneter Brücke den Fußgängerverkehr aufrecht zu erhalten bestimmt war. Diese Einrichtung wurde ausgeführt, weil das Parlament verlangt hatte, daß die Klappbrücke der Mittelöffnung erforderlichenfalls jedesmal zur Zeit des Hochwassers zwei Stunden ununterbrochen geöffnet bleiben sollte. Ein solches Erfordernis hat sich indes nicht herausgestellt und daher werden die Fahrstühle für den Zugang zur Fußgängerbrücke nicht betrieben. Es besteht aber die Möglichkeit, die Fußgängerbrücke vermittels einer Treppenanlage zu benutzen, wenn die Oeffnung der Brücke, die meist nur 3 bis 4 Minuten, selten aber

länger als 6 Minuten dauert, ausnahmsweise längere Zeit in Anspruch nimmt.

Die Klappbrücke der Mittelöffnung ist, was ihre Abmessungen anlangt, in ihrer Art eine der bedeutendsten der Welt und weist auch in ihrer baulichen Durchbildung manche bemerkenswerten Einzelheiten auf.

Das Trägergerippe der Klappen besteht aus je vier gegliederten, in ihrer Untergurtlinie bogenförmigen Hauptträgern, die in

Abständen von je 4,05 m von Mitte bis Mitte voneinander liegen und 3,66 m Teilung von Querträger zu Querträger aufweisen (vergl. Fig. 128 u. 129). Letztere sind vollwandig und bilden das obere Glied der Querverstrebung der Hauptträger.

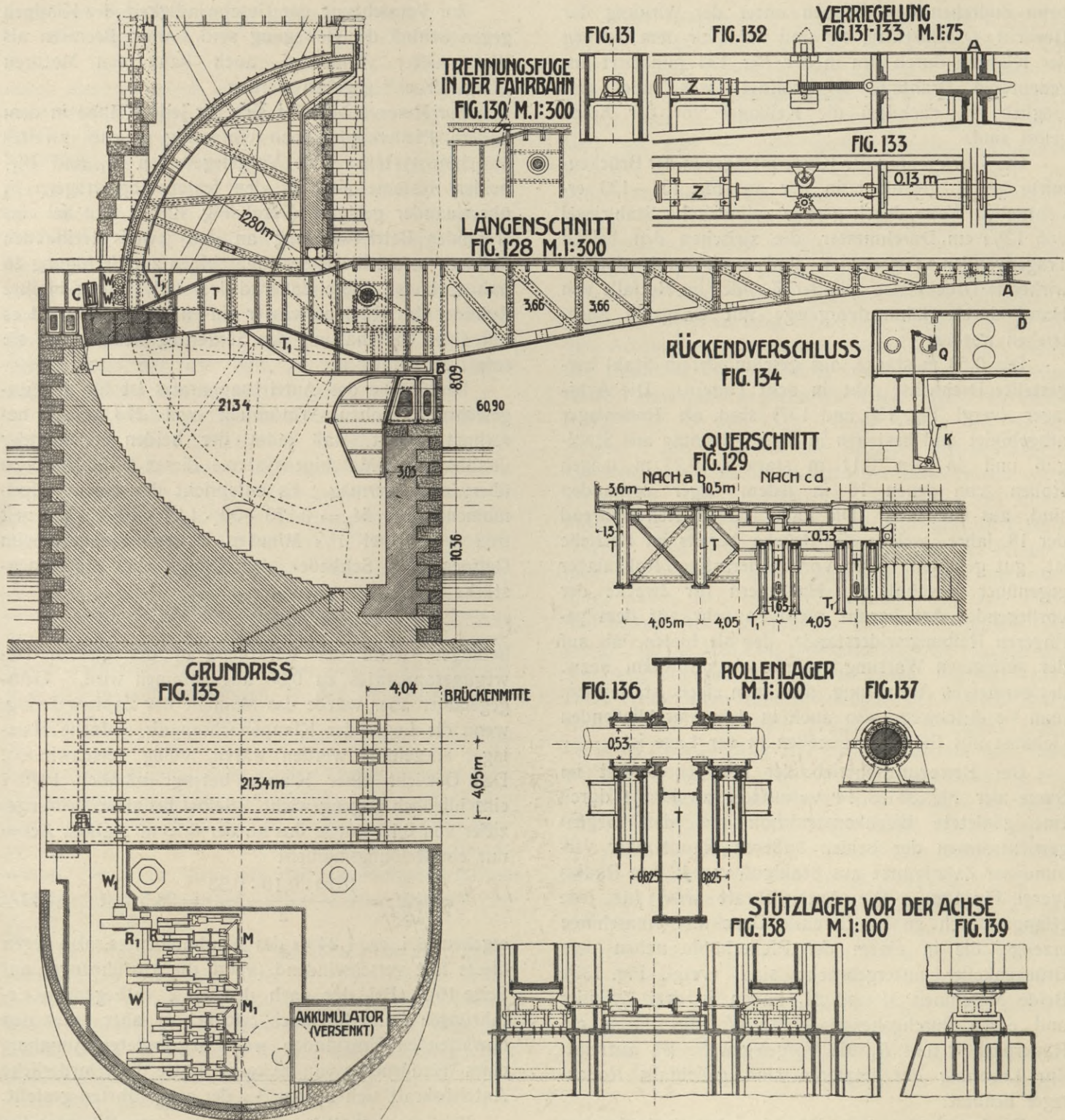
Das aus Quer- und Längsträgern bestehende Gerippe der Verkehrsbahn ist mit Buckelblechen abgedeckt und die Fahrbahn mit Holzpflaster aus ostpreußischem Kiefernholz, das in 11 cm Stärke auf



Fig. 127.

*) Trotz dieser Rücksichtnahme ist jedoch eine harmonische Zusammenwirkung beider Bauwerke nicht zustande gekommen, weil die Brückentürme namentlich in der Richtung, wie sie das Schaubild Fig. 127 zeigt, in ihrer großen Breite und Höhe gegenüber der Gebäudegruppe des Tower zu massig wirken. In der Stromrichtung dagegen, wo die Breite der Türme nicht in die Erscheinung tritt, diese sich auch dem Blick des Beschauers in größerer Entfernung zeigen, vereinigen sich die anmutigen Linien des Hängewerkes mit den Türmen und den übrigen Teilen des Bauwerkes zu einem in sich geschlossenen schönen Gesamtbilde. (Vergl. Fig. 126.)

SCHIFFSDURCHGLASS IN DER TOWER-BRÜCKE IN LONDON



Greenheart-Bohlen verlegt ist (vergl. Seite 12), abgedeckt.

Die positiven Stützlager der Hauptträger vor der Drehachse bei B ruhen nicht unmittelbar auf der vorderen Abschlußmauer des Brückenkellers, sondern sind zur besseren Verteilung des Druckes auf dem Mauerwerk, namentlich auch in Hinblick auf mögliche Stöße, auf 2,5 m hohen Kastenträgern gelagert. Die Stützlager bei B selbst sind Keillager, deren quer zur Richtung der Hauptträger angeordnete Keile vor jedem

Öffnen der Klappen durch hydraulische Pressen im Sinne der Fig. 138 gelöst und nach dem Schließen so wieder angezogen werden, daß eine wirksame Entlastung der Drehachse und ihrer Lager stattfindet. Diese ruhen auf besonderen festen Lagerträgern T₁, die paarweise beiderseits dicht neben den Hauptträgern T liegen (vergl. Fig. 129 und 136) und zugleich die Kellerdecke mit darüberliegender Verkehrsbahn tragen. Daneben halten sie bei C auch die negative Rückendstütze und sind zu diesem Zwecke gegen das

Pfeilermauerwerk verankert. Der aus Fig. 134 ersichtliche Rückendverschluß schnappt mit seinen Pendelstützen K beim Zudrehen der Klappen unter der Wirkung der Gewichte Q selbsttätig ein und wird vor dem Öffnen der Klappen durch den in der Fig. 134 punktiert angedeuteten Drahtzug D geöffnet, was indes erst möglich ist, nachdem die Keillager vor der Achse gelöst sind.

Die Verriegelung der Klappenträger in der Brückenmitte bei A geschieht in der aus Fig. 131—133 ersichtlichen Weise durch gerade zylindrische Stahlriegel von $12\frac{1}{2}$ cm Durchmesser, die zwischen den beiden Trägerwänden angeordnet sind und durch doppelt wirkende Druckwasserzylinder Z , oder im Notfalle von Hand durch Zahnradvorgelege mit Gangspill angetrieben werden.

Die 0,53 m starke, aus geschmiedetem Stahl hergestellte Drehachse ruht in acht Lagern. Die Achslager (vergl. Fig. 136 und 137) sind als Rollenlager ausgebildet und bestehen in ihrem Gehäuse aus Stahlguß und in den 0,11 m starken, 0,75 m langen Rollen, von denen 16 in jedem Lager vorhanden sind, aus Gußstahl. Die Lager haben sich während der 18 Jahre, welche die Brücke bereits im Betriebe ist, gut gehalten. Der Vorzug derartiger Rollenlager gegenüber gewöhnlichen Halslagern für Zwecke der vorliegenden Art beruht nicht so sehr auf dem geringeren Reibungswiderstande, den sie bieten, als auf der geringeren Wartung, welche sie erfordern, bzw. der geringeren Abnutzung, die ihnen eigen ist, seitdem man sie durchweg, also auch in dem umschließenden Gehäuse aus Stahl herzustellen in der Lage ist.

Der Bewegungsantrieb der Klappen erfolgt im Sinne der Fig. 35 S. 14 vermittels zweier je durch eine genietete Eisenkonstruktion mit den Gegengewichtsarmen der beiden äußeren Hauptträger verbundener Zahnkränze aus Stahlguß von 12,8 m Radius (vergl. Fig. 128). Die Antriebskraft wird für jede Klappe durch zwei rotierende Druckwassermaschinen erzeugt, die in einem der Pfeilerköpfe neben dem Brückenkeller untergebracht sind (vergl. Fig. 135). Beide Maschinen M und M_1 haben je drei Zylinder und eine durchgehende Welle W , die durch ein Räderpaar R und R_1 die Vorgelegewelle W_1 antreibt. Zur Lagerung der letzteren sind gleichfalls Rollenlager benutzt.

Die Anordnung zweier Maschinen hat stattgefunden, um bei wechselnder Windstärke eine Abstufung des Kraftaufwandes zu ermöglichen. Aus gleichem Grunde sind auch die beiden Maschinen im Verhältnis 2 : 3 verschieden stark ausgeführt, so daß je nach der herrschenden Windstärke der Antrieb mit $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{5}$ oder mit $\frac{2}{5} + \frac{3}{5}$, also mit Vollkraft erfolgen kann. Die Zylinder der kleineren Maschine haben bei 0,19 m Durchmesser einen Hub von 0,60 m, die der größeren bei 0,22 m Durchmesser 0,68 m Hub.

Mit diesem Bewegungsapparat wird die Brücke meist in $1\frac{1}{4}$ Minuten geöffnet. Die Maschinenkraft

würde auch eine schnellere Öffnung ermöglichen, doch wird das aus Sicherheitsrücksichten vermieden.

Zur Vernichtung der Geschwindigkeit der Klappen gegen Schluß der Bewegung sind sowohl Bremsen als Wasserpuffer vorhanden, auch kann den Motoren „Gegendruck“ gegeben werden.

Zur Reserve befindet sich für jede Klappe in dem andern Pfeilerkopfe noch ein völlig gleiches zweites Maschinensystem. Die Vorgelegewellen W_1 und W_1' beider Systeme sind in den festen Lagerträgern T_1 übereinander gelagert (vergl. Fig. 128). Um bei eintretender Betriebsstörung an den jeweils treibenden Motoren sofort die Reservemaschinen zur Verfügung zu haben, laufen diese dauernd leer mit, indem in ihre Zylinder das Rücklaufwasser ein- und austritt und es nur einer Umschaltung der Steuerung bedarf, um sie sofort zu betätigen.

Die Stärke des Antriebsapparates ist für den ungewöhnlich hohen Winddruck von 273 kg/m^2 berechnet, derart, daß jedes der beiden voneinander unabhängigen Maschinensysteme diesen Winddruck zu überwinden vermag. Es entspricht das einem Windmoment von $M_w = 0,273 \cdot 30 \cdot 14,7 \cdot 19 = 2300 \text{ m/t}$ und würde bei $1\frac{1}{4}$ Minuten Bewegungsdauer beim Öffnen oder Schließen der Klappe eine Maschinenstärke von
$$\frac{2300 \cdot 1000}{75 \cdot 75 \cdot 0,80} \cdot \frac{\pi}{2} = 800 \text{ PS}$$

bedingen, wenn der Wirkungsgrad des ganzen Bewegungsapparates zu 0,80 angenommen wird. Demgegenüber aber würde das Moment der Zapfenreibung, wenn die Lager der Klappenachsen als einfache Halslager ausgeführt worden wären, völlig verschwinden. Das Gewicht einer Klappe beträgt nämlich 1070 t einschließlich Gegengewicht. Selbst bei einer Reibungsziffer von 0,10 würde das an der 0,53 m starken Achse nur ein Reibungsmoment

$$M_r = \frac{1070 \cdot 0,10 \cdot 0,53}{2} = 28,5 \text{ m/t}$$

ergeben, d. i. ca. 1,24 % des Windmomentes, also gegen dieses fast verschwindend (vergl. die Ausführungen auf Seite 16). Bei der nach den jetzt vorliegenden Erfahrungen immerhin noch reichlichen, aber unter den obwaltenden Umständen wohl begründeten Annahme eines Winddruckes von 50 kg/m^2 hätte die erforderliche Antriebskraft sich auf ca. $\frac{1}{5}$ der ausgeführten gestellt.

Die ungewöhnlich hohe Annahme des Winddruckes mit 273 kg/m^2 ist veranlaßt durch eine aus Anlaß des Einsturzes der Tay-Brücke s. Z. von dem „Board of Trade“ (Verkehrsbehörde) erlassenen Vorschrift, wonach bei Berechnung von Brücken an besonders exponierten Stellen der Winddruck in jener Stärke zugrunde zu legen ist. In der Uebertragung dieser für statische Verhältnisse erlassenen Regel auf dynamische Vorgänge der vorliegenden Art liegt der Irrtum. Tatsächlich ist die Brücke bisher bei jeder Windstärke mit dem kleinsten Motor, also $\frac{2}{5}$ der Vollkraft, anstandslos bewegt worden, und nach den an anderen Orten

gesammelten neueren Erfahrungen besteht kein Zweifel, daß das auch noch mit erheblich kleinerer Antriebskraft mit Sicherheit würde geschehen können.

Es möge hier noch darauf hingewiesen werden, daß der Verkehr sowohl über die Brücke hinweg wie durch diese hindurch ein außerordentlich starker, das materielle Interesse desselben an einem ungestörten Betriebe der Brücke daher ein sehr großes ist und daß man daher gut daran tat, die Betriebseinrichtungen der Brücke mit großer Sicherheit auszurüsten. Immerhin würde man sich wohl nach den jetzt vorliegenden Erfahrungen heute mit einem Bruchteil der vorgesehenen Betriebskraft begnügen. Uebrigens rechnete man bis gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts beim Bau beweglicher Brücken fast allgemein mit übertrieben großen Windkräften, und auch in Deutschland finden sich Brücken aus jener Zeit, die mit zwei- und mehrfach zu großen Antriebskräften ausgerüstet sind.

Die Maschinenanlage zur Erzeugung des Druckwassers von rund 50 Atm. ist in Räumen unter der südlichen Zufahrtsrampe untergebracht und besteht aus zwei 360 PS starken Verbunddampfmaschinen in direkter Kupplung mit den Hochdruckpumpen. Eine der beiden Maschinen ist für den Betrieb ausreichend, die andere dient als Reserve. Für die Ansammlung des Druckwassers sind in den vier Maschinenräumen in den Pfeilerköpfen vier Akkumulatoren von je 0,55 m Durchmesser und 5,4 m Hub und in dem Maschinenhaus noch zwei dergleichen von 0,50 m Durchmesser und 10,5 m Hub vorhanden, so daß im ganzen

$$4 \cdot \frac{0,55^2 \pi}{4} \cdot 5,4 + 2 \cdot \frac{0,50^2 \pi}{4} \cdot 10,5 = 5,1 + 4,1 = 9,2 \text{ cbm}$$

Druckwasser angesammelt werden können. Jedes volle Öffnen und Schließen der Brücke, das unter allen Umständen mit dem kleinen Motor eines Maschinensystems erfolgen kann, erfordert etwa 4,5 cbm Druckwasser; es kann also mit den sämtlichen gefüllten Akkumulatoren die Brücke etwa zweimal geöffnet und geschlossen werden.

Die Brücke wird im Jahresdurchschnitt täglich etwa 20 mal, zeitweise aber in einer Stunde 6 mal geöffnet und geschlossen. Der größte stündliche Druckwasserverbrauch beträgt demnach $4,5 \cdot 6 = 27$ cbm und würde, wenn bei stärkeren Winden beide Motoren eines Maschinensystems betätigt werden müßten, $6 \cdot (4,5 + 6,75) = 68$ cbm betragen. Die 360 PS starke Dampfhochdruckpumpe vermag in einer Stunde ca. 140 cbm Druckwasser zu erzeugen. Die Kosten der ganzen Maschinenanlage haben 1720000 Mk. betragen.

Die Brücke ist am 30. Juni 1894 unter Teilnahme des damaligen Prinzen von Wales, späteren Königs Eduard VII., feierlich eröffnet und am 8. Juli desselben Jahres dem Verkehr übergeben. Sie ist seitdem ohne jede Störung betrieben worden.

f) Brücke über den Chicago-Fluß im Zuge der Eriestraße in Chicago (Fig. 140—149).

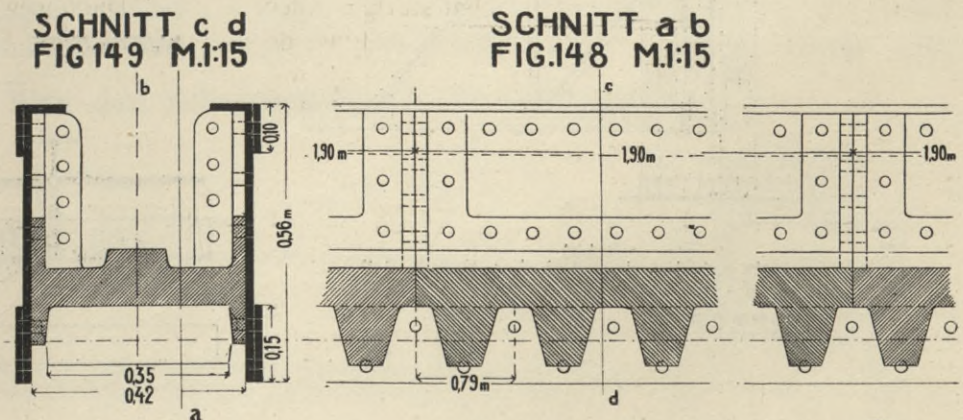
Diese Klappbrücke führt die Eriestraße in 17,0 m nutzbarer Verkehrsweite über den Chicagofluß. Die 11,6 m breite Fahrbahn liegt zwischen, die beiden je 2,75 m breiten Fußwege liegen außerhalb der beiden Hauptträger auf Konsolen. Fahrbahn und Fußwege sind, wie fast bei allen amerikanischen beweglichen Brücken, mit Holzbohlen belegt (vergl. Fig. 143). Die lichte Durchfahrtsweite zwischen den hölzernen Leitwerken stellt sich auf rund 47 m und die Entfernung der Drehachsen beider Klappen auf 58 m (vergl. Fig. 140).

Beide Klappen stützen sich im geschlossenen Zustande mit ihren beiden gegliederten Hauptträgern *T* nicht auf feste Stützlager, sondern lediglich je auf die vier Achslager, die paarweise beiderseits dicht neben den Hauptträgern angeordnet sind und auf den beiden festen, gleichfalls gegliederten Lagerträgern *T*₁ ruhen (vergl. Fig. 140 und 143). Diese bieten den Hauptträgern *T* bei *C* auch die negative Rückendstütze. Ein Rückendverschluß ist auch bei dieser Brücke nicht vorhanden; das Gegengewicht ist also nicht direkt unterstützt, sondern hängt frei am Rückarm der Hauptträger. Eine Gefahr für ein Aufdrehen der Klappen unter der Wirkung der Verkehrslast besteht hier allerdings nicht, weil die Trennungsfuge zwischen fester und beweglicher Verkehrsbahn vor der Drehachse liegt (vergl. Fig. 140 und 144) und außerdem die Verriegelung sehr sorgfältig durchgebildet ist (vergl. Fig. 145—147). Diese erhält ihren Antrieb im Sinne der Fig. 147 durch einen mitten zwischen beiden Hauptträgern angebrachten Elektromotor *E*₁, oder im Notfalle von Hand mit dem Gangspill *G*, Fig. 147 (vergl. auch S. 23, Fig. 59).

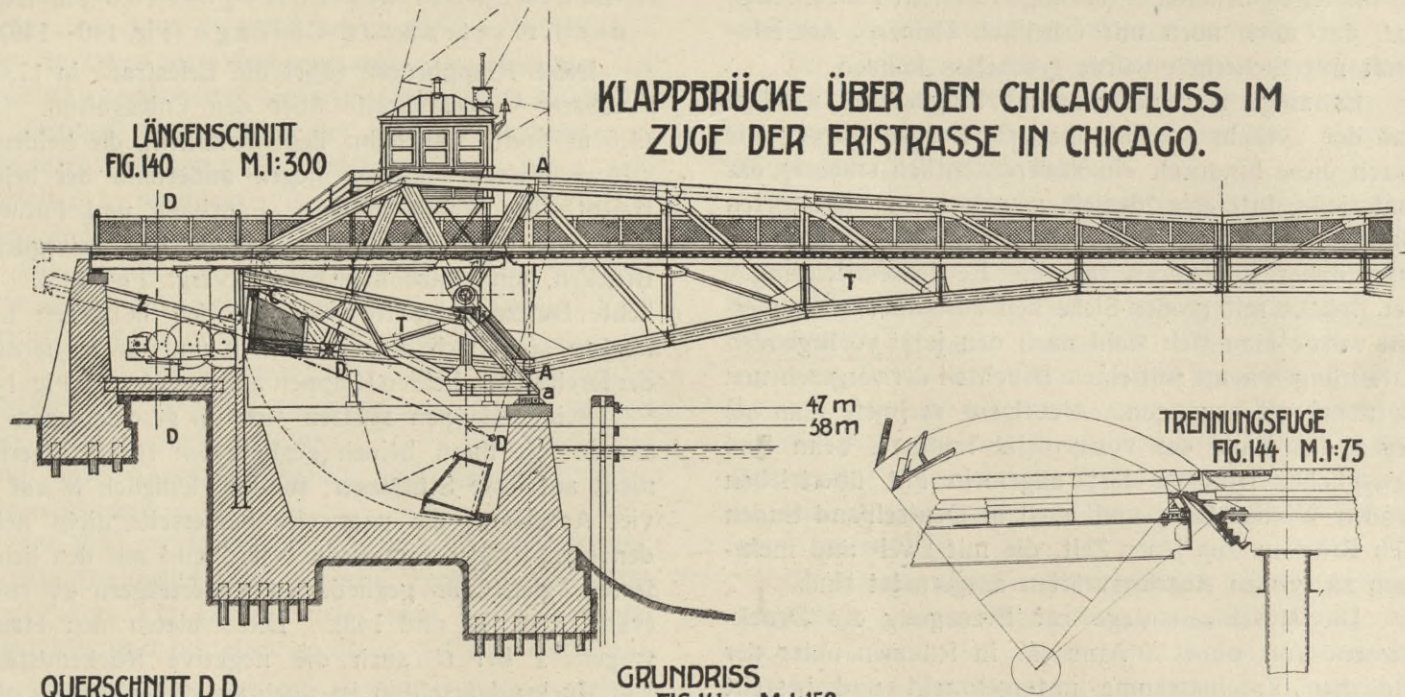
Die 0,46 m starke materielle Drehachse geht nicht von Hauptträger zu Hauptträger durch, sondern besteht für jeden derselben für sich aus einem drehfest in die Träger eingebauten Stück (vergl. Fig. 143).

Der Drehantrieb der Klappen geschieht im Sinne der Fig. 38, S. 14 je durch eine Zahnstange *Z*, die in der aus Fig. 140 ersichtlichen Weise im Punkt *D* an den Rückarmen der Hauptträger angreift und vermittelt eines vierfachen Rädervorgeleges durch Elektromotoren *E* von 37 PS bewegt wird.

Die konstruktive Durchbildung der Zahnstange zeigen Fig. 148 und 149. Sie ist in 1,9 m langen

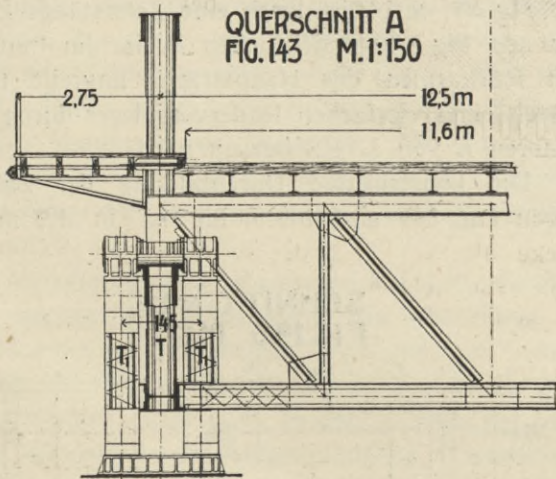
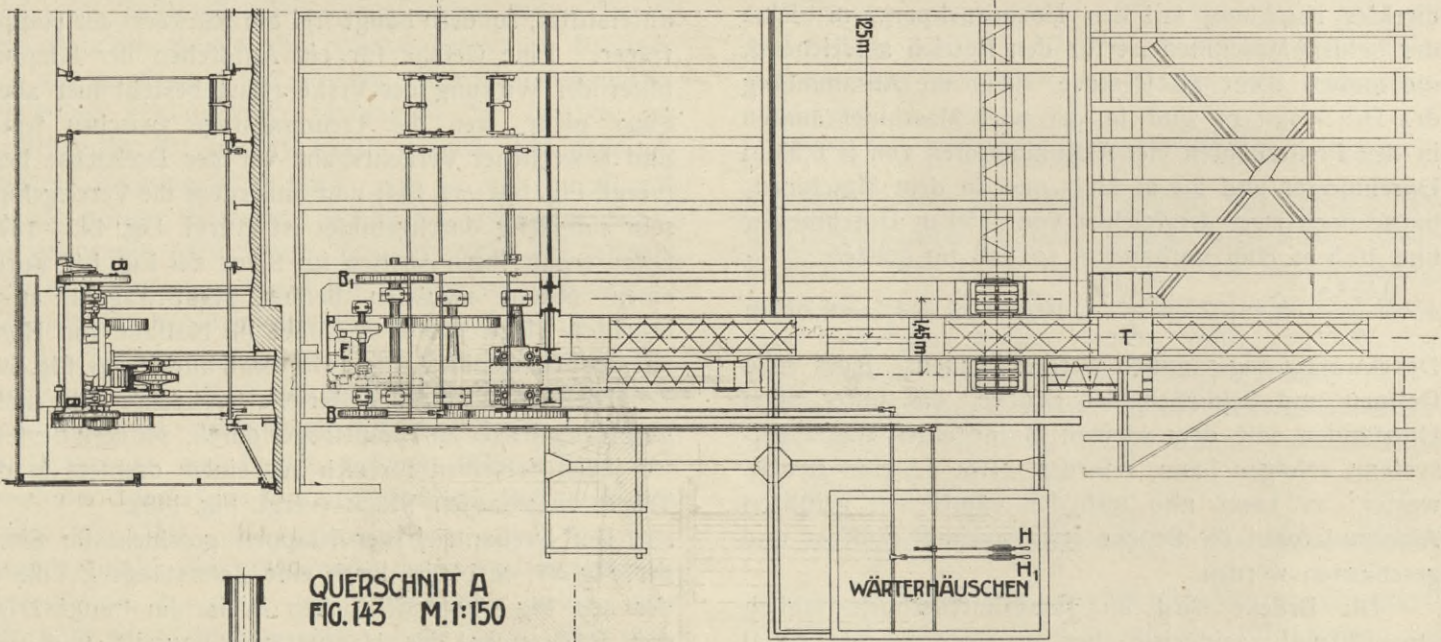


KLAPPBRÜCKE ÜBER DEN CHICAGOFLUSS IM ZUGE DER ERISTRASSE IN CHICAGO.

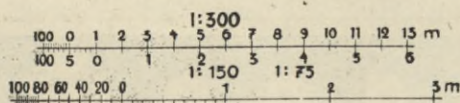
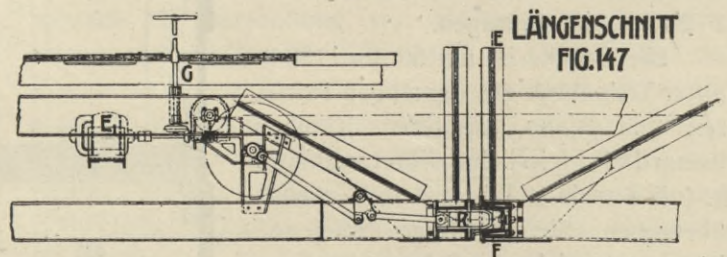
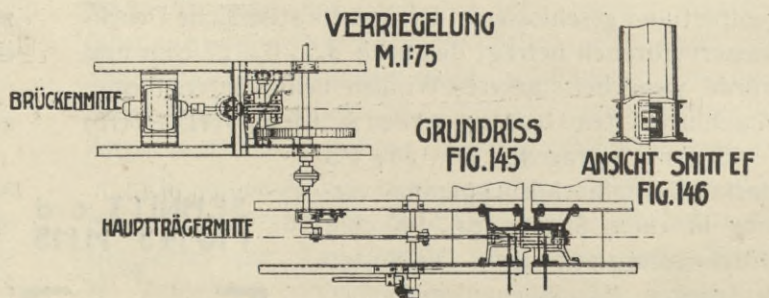


QUERSCHNITT D D
FIG.142 M.1:150

GRUNDRISS
FIG.141 M.1:150



QUERSCHNITT A
FIG.143 M.1:150



Enden aus Stahlguß gefertigt und die Verbindung der Teile ist durch Verschraubung und durch eine Armierung aus durchlaufendem Walzeisen geschehen.

Auf der ersten und zweiten Vorgelegewelle, vom Motor ab gerechnet, ist zum Zwecke der Vernichtung

der Geschwindigkeit der Klappen gegen das Ende der Bewegung oder sonst zum Stillstellen der Klappen je eine Bandbremse B und B_1 (Fig. 141) angeordnet, die von dem in Fig. 140 u. 141 angedeuteten Wärterhäuschen aus je durch einen Handhebel H und H_1 mit

Drahtzugübertragung im Sinne der Fig. 141 und 142 betätigt werden. Die Anwendung zweier Bremsen in den beiden Bewegungsapparaten jeder Klappe ist zum Zwecke erhöhter Sicherheit erfolgt, derart, daß jeweils nur eine benutzt und die andere in Reserve gehalten wird.

Der Brückenkeller ist im Zuge der Linie abc (Fig. 140) in Verbindung mit den festen Lagerträgern durch eine Schallwand abgeschlossen.

Die Brücke ist im Jahre 1909 in Betrieb genommen.

acht festen Oeffnungen von je 30 m, zwei dergl. von je 38 m Spannweite und einem als zweiteilige Klappbrücke ausgebildeten Schiffsdurchlaß von 68 m Weite von Mitte zu Mitte Pfeiler bei einer lichten Durchfahrtsweite zwischen den Leitwerken von rund 60 m. Die

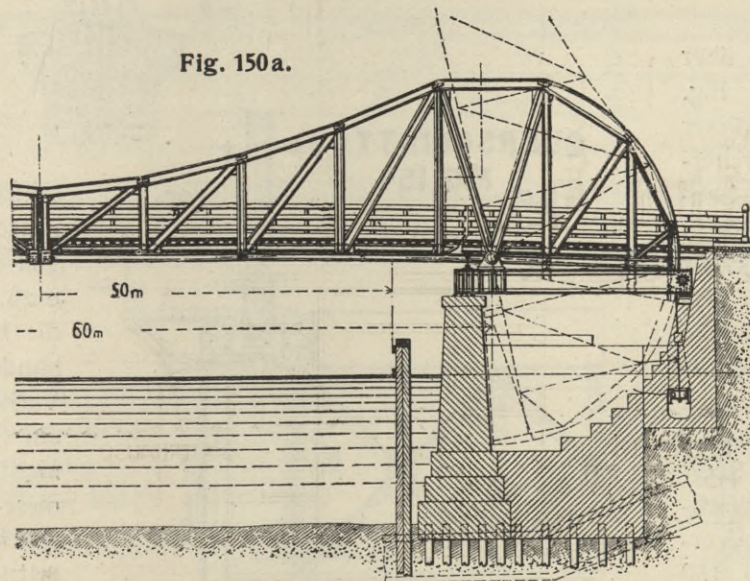
festen Oeffnungen sind symmetrisch zu dem Schiffsdurchlaß angeordnet, derart, daß die beiden weiteren Oeffnungen sich beiderseits an die Klappbrücke schließen und um deswillen die größere Weite erhalten haben, weil die als Kragarme wirkenden Klappen mit ihren Rückarmen sich nach aufwärts gegen die eisernen Ueberbauten der benachbarten Oeffnungen stützen müssen, wodurch ein

Mindestgewicht dieser festen Ueberbauten bedingt ist. Eine Verankerung auf dem Pfeiler war ausgeschlossen, weil das feste Auflager auf dem Mittelpfeiler anzuordnen war. Die Fahrbahn der überführten Straße besitzt auf den festen Oeffnungen eine Breite von 11,60 m und auf den beweglichen eine solche von 11,0 m, während die beiderseitigen Fußwege durchweg eine Breite von 2,70 m erhalten haben.

Archer-Avenue-Brücke in Chicago. Fig. 150.



Fig. 150a.

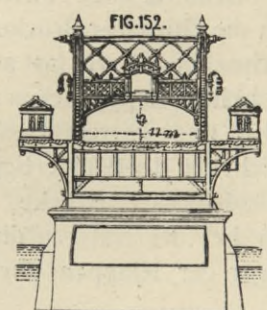
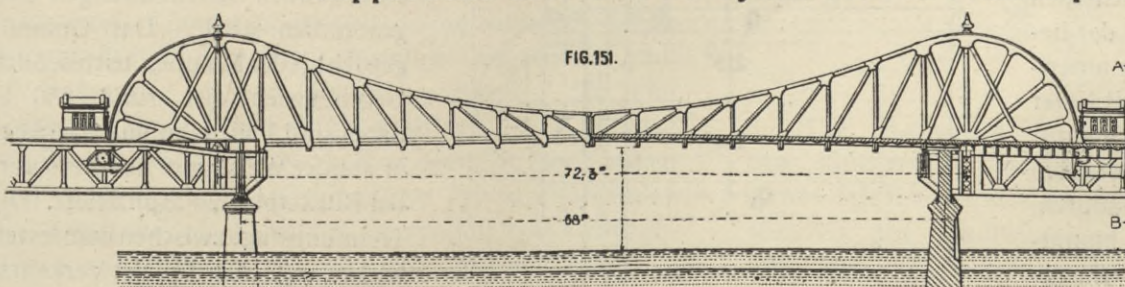


g) Klappbrücke über den Schuylkill-Fluß in Philadelphia.

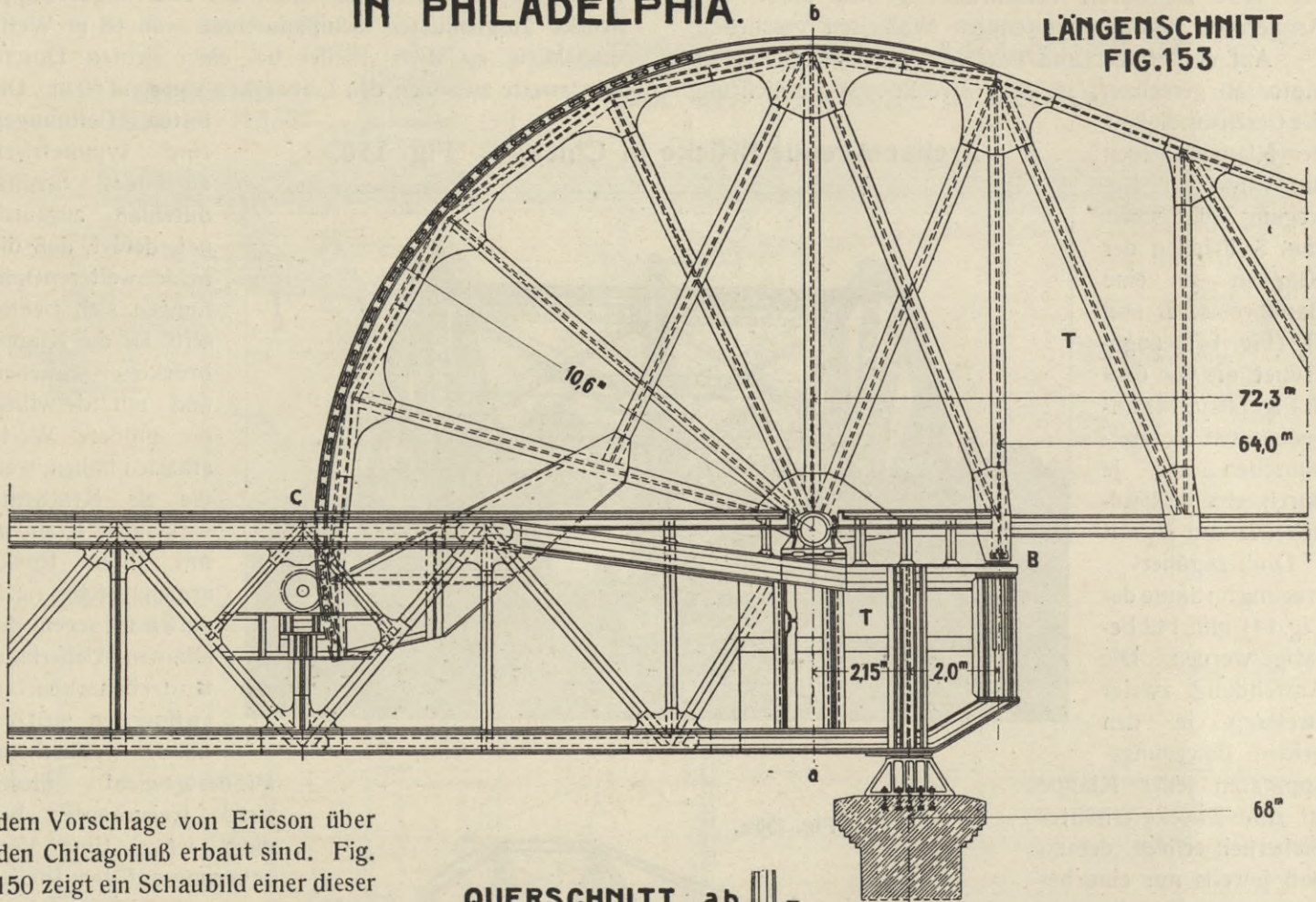
Diese Brücke überschreitet den Schuylkill-Fluß in Philadelphia in einer Länge von rund 404 m mit

In ihrer allgemeinen Anordnung kann diese Klappbrücke als ein Glied der weiteren Entwicklung einer Reihe von Klappbrücken gelten, die in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts zuerst in Chicago nach

Klappbrücke über den Schuylkill-Fluß in Philadelphia.



KLAPPBRÜCKE ÜBER DEN SCHUYLKILL-FLUSS IN PHILADELPHIA.

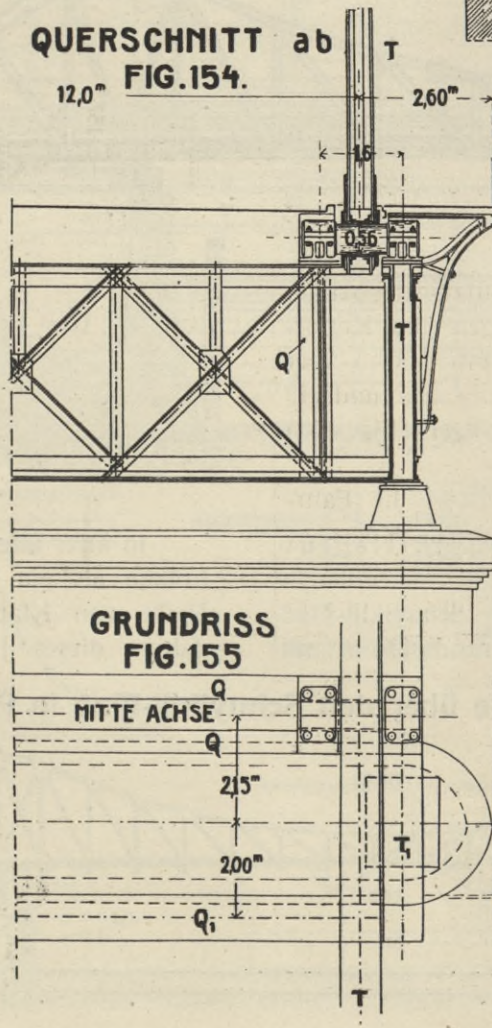


LÄNGENSCHNITT
FIG.153

dem Vorschlage von Ericson über den Chicagofluß erbaut sind. Fig. 150 zeigt ein Schaubild einer dieser Brücken im Zuge der Archer-Avenue und Fig. 150a ihre bauliche Anordnung. Sie kennzeichnen sich dadurch, daß der Zahnkranz für den Bewegungsantrieb in Verbindung mit den zu diesem Zwecke am Rückende nach einer Kreislinie gebogenen oberen Gurtungen der Hauptträger hergestellt ist, derart, daß die lotrechten Stegbleche der H-Gurtungen gleichzeitig die Stäbe der Triebstockverzahnung tragen (vergl. Fig. 150 und 153). Die in Figur 150 dargestellte Chicagoer Brücke ist 1906 dem Verkehr übergeben. Sie hat bei der großen Verkehrsbreite von rund 18 m drei Hauptträger erhalten.

Grundsätzlich unterscheiden sich die Chicagoer Brücken der bezeichneten Art, wie fast alle amerikanischen Klappbrücken mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich, von der 1911 fertiggestellten Philadelphiaer Brücke dadurch, daß bei der ersteren die Hauptträger der Klappen auch im ge-

QUERSCHNITT ab
12,0m FIG.154.



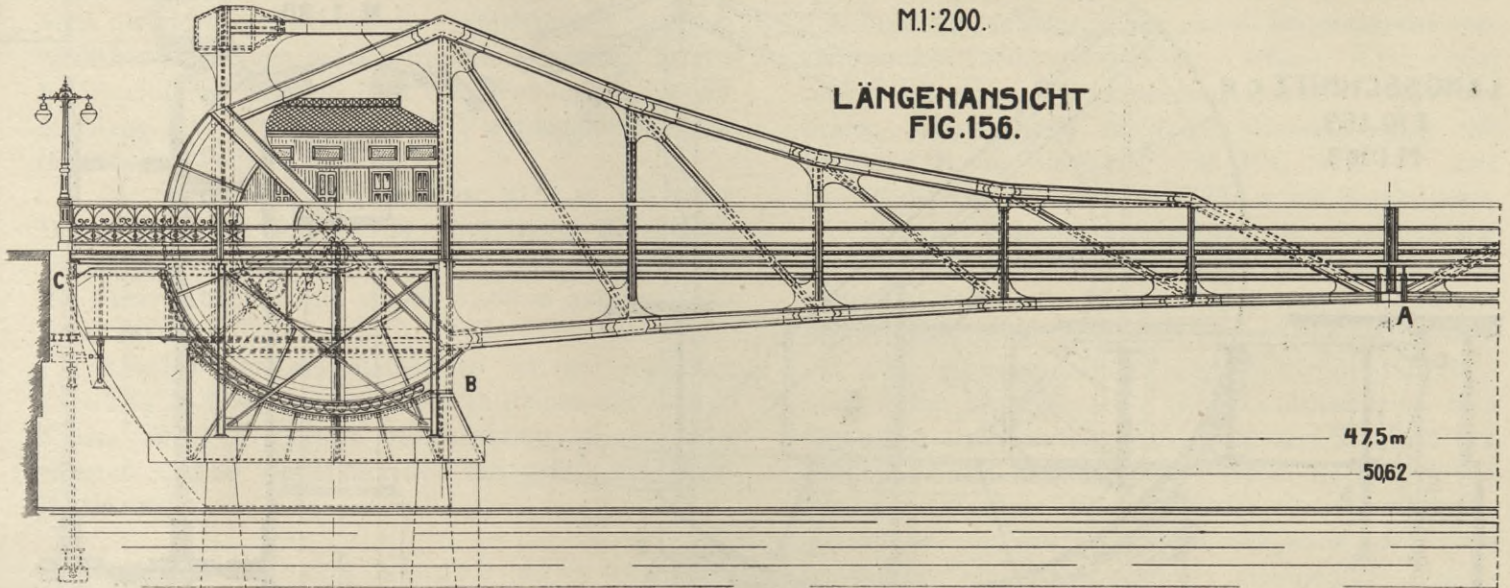
GRUNDRISS
FIG.155

schlossenen Zustande auf der Drehachse ruhen und die Verkehrslast von dieser aufgenommen werden muß, während bei der letzteren die Hauptträger, deren zwei vorhanden sind, sich gegenüber der Verkehrslast vor der Achse bei B auf feste Auflager stützen, so daß nicht nur jede Verkehrslast in diese Auflager übergeht, sondern gleichzeitig auch eine gewisse Entlastung der Drehachse vom Eigengewicht herbeiführt. Bei voller Verkehrsbelastung beider Klappen, 440 kg/m², tritt am Rückende eines jeden Hauptträgers ein negativer Stützdruck von nur 36 t auf, der von den Ueberbauten der anschließenden Seitenöffnungen aufgenommen wird. Das Gesamtgewicht jeder Klappe einschließlich Gegengewicht ist rund 650 t; dabei sind Fahrbahn und Fußwege in solider Weise auf überbetonierten Buckelplatten asphaltiert. Die Trennungsfuge zwischen dem festen und beweglichen Teil der Verkehrs-

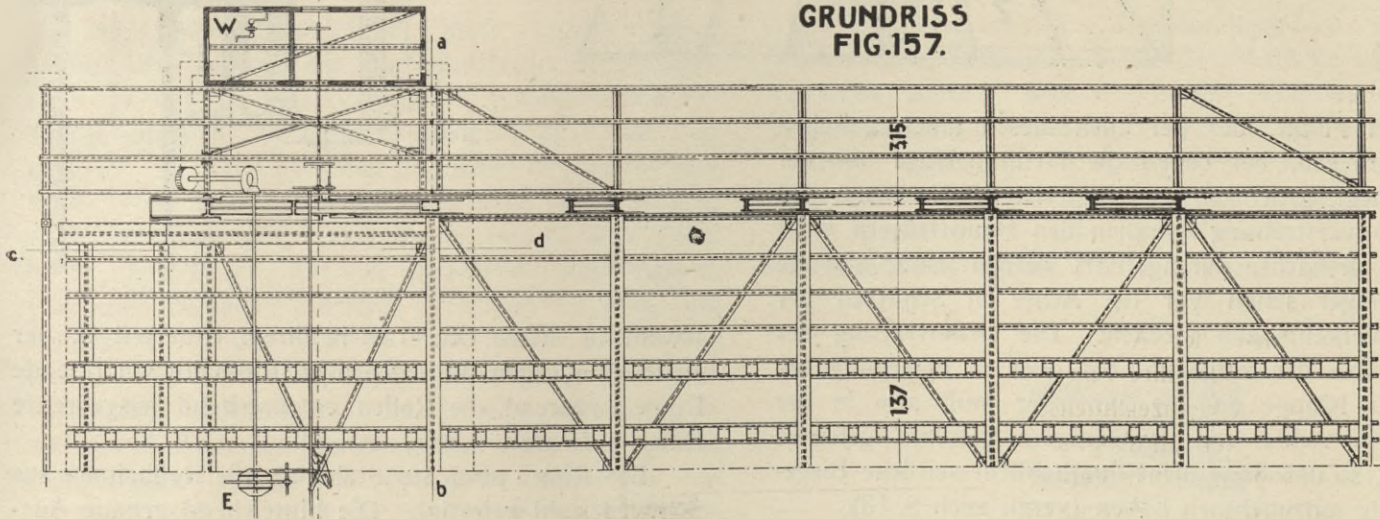
KLAPPBRÜCKE ÜBER DEN CUYAHOGA-FLUSS IN CLEVELAND.

M 1:200.

LÄNGENANSICHT
FIG. 156.



GRUNDRISS
FIG. 157.

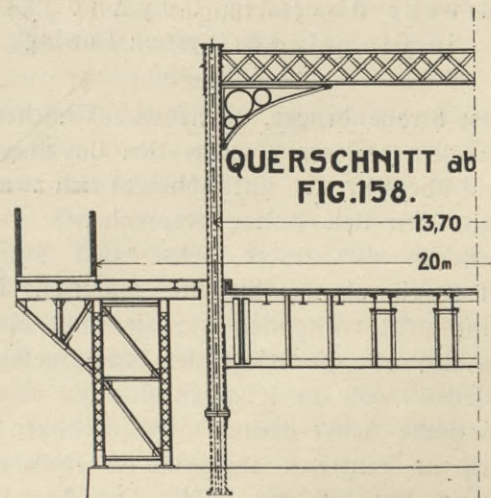


bahn liegt vor der Achse, über den Stützlagern bei B. Zur Aufnahme dieser Stützlager kragen die Hauptträger der anschließenden Oeffnungen um 2,00 m über die Pfeiler in den Schiffsdurchlaß hinein aus und ein hier eingefügter kastenförmiger Querträger (Fig. 153) nimmt die Stützlager auf.

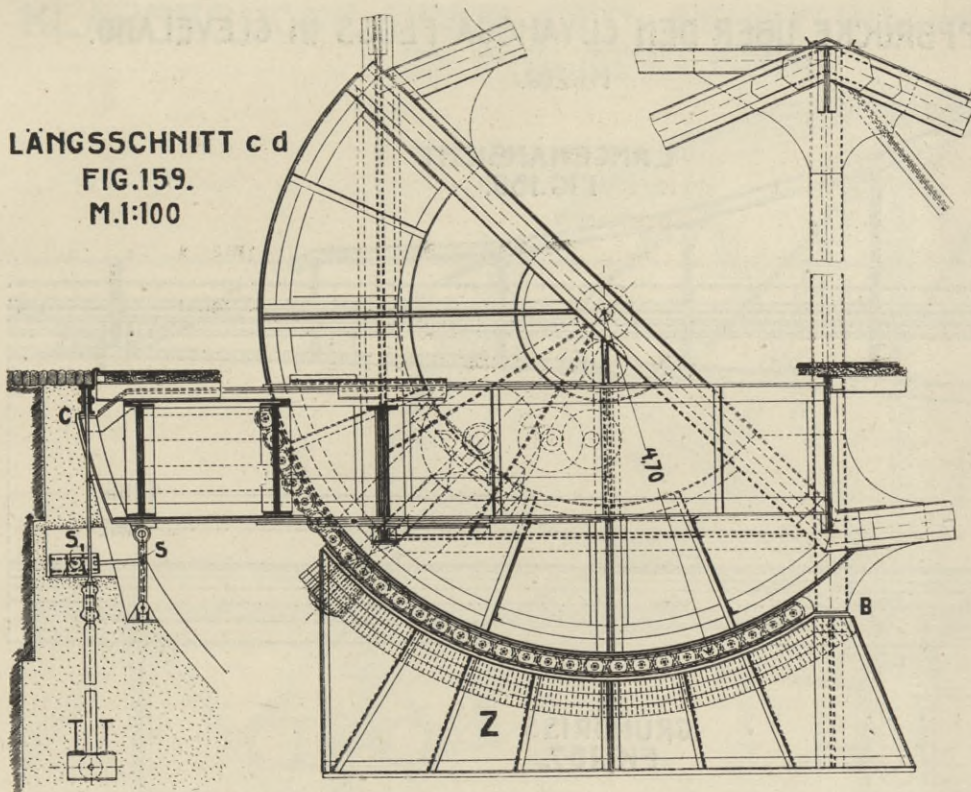
Die Hauptträger der Klappen, welche die Fahrbahn zwischen sich und die Fußwege auf Konsolen tragen, sind von Mitte bis Mitte 12 m, diejenigen der anschließenden fest überbrückten Oeffnungen 13,5 m voneinander entfernt, so daß erstere mit ihren Rückarmen Platz zwischen den letzteren finden.

Die 0,56 m starke materielle Drehachse geht nicht von Klappenträger zu Klappenträger durch, sondern besteht für jeden derselben aus einem rund 2,0 m langen, zweifach gelagerten Stück. Die vier Achslager sind gewöhnliche Halslager mit Schalen aus Phosphorbronze. Die beiden äußeren Lager ruhen direkt auf den festen Hauptträgern der anschließenden Brückenöffnungen, die beiden inneren auf zwei zwischengefügtten Querträgern Q (vergl. Fig. 154 und 155).

QUERSCHNITT ab
FIG. 158.



Die Rückenden der Hauptträger treten wie bei den Chicagoer Klappbrücken (Fig. 150 und 150 a) durch Schlitze in der festen Verkehrsbahn der beiderseits an den Schiffsdurchlaß anschließenden Brückenöffnungen.

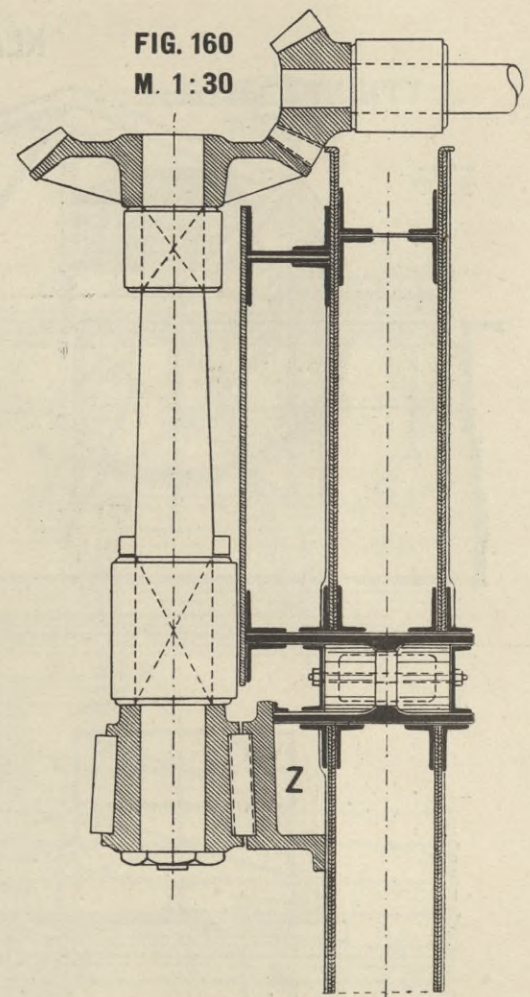


Ein Punkt, der bei allen diesen amerikanischen Klappbrücken, bei denen die Trennungsfuge vor der Achse liegt, nicht voll befriedigt, ist der Umstand, daß die Windverstrebung zwischen den Hauptträgern nicht bis zur Drehachse durchgeführt werden kann, weil die Hauptträger schon vor der Achse in Schlitzen der festen Verkehrsbahn stecken. Die Uebertragung der Windkräfte der aufgerichteten oder in Bewegung begriffenen Klappe auf die Achslager muß also in der Nähe der Achse von den Trägern getrennt geleistet werden, so daß diese nicht unerhebliche seitliche Biegemomente aufzunehmen haben (vergl. auch S. 13).

h) Brücke über den Cuyahoga-Fluß
in Cleveland (System Cowing).

Fig. 156—160.

Diese Straßenbrücke, die neben zahlreichen anderen Klappbrücken anderer Systeme den Cuyahoga-Fluß in Cleveland überschreitet, unterscheidet sich zwar insofern wesentlich von den bisher besprochenen zweiteiligen Klappbrücken mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich, als bei ihr eine materielle Drehachse überhaupt nicht vorhanden ist; sie muß aber gleichwohl zu den Klappbrücken der bezeichneten Art gezählt werden, weil die Klappen sich um eine ruhende mathematische Achse drehen. Die drehbare Lagerung ist durch ein zentrisch angeordnetes Rollsegment erzielt (vergl. Fig. 156 und 159). Die Anordnung der Rollen oder Walzen, von denen 29 vorhanden sind, zeigt Fig. 160 im Querschnitt. Durch zwei \square -Eisen, in denen die Achsen der Rollen drehfest verschraubt sind, werden diese gegeneinander in konstanter Entfernung gehalten. Um eine Verschiebung der Rollsegmente quer zur Rollbahn zu verhindern, trägt letztere



sowohl in ihrem Ober- als in ihrem Unterteil in der Mitte eine gegen die eigentliche Rollbahn vortretende Rippe, während die Rollen entsprechend ausgedrehte Rillen aufweisen.

Die Rollen sind aus Stahlguß, die Rollbahnen aus Schmiedestahl gefertigt. Die hinreichend genaue Ausführung der letzteren erfordert naturgemäß besondere Aufmerksamkeit und bildet die einzige Schwierigkeit in der Durchführung des sonst nicht unvorteilhaften Konstruktionsgedankens des Gesamtbauwerkes. Der Drehantrieb erfolgt für jede Klappe vermittle eines am Unterteil des Rollsegmentes angebrachten Zahnkranzes *Z* durch einen in ihrem Rückende angebrachten Elektromotor *E* (vergl. Fig. 157, 159 und 160). Getriebe und Zahnkranz müssen bei der gewählten Anordnung Kegelform erhalten, wobei die Spitze der Teilkegelfläche in der mathematischen Drehachse der Klappen liegt.

Für den Reserve-Handantrieb ist in dem Steuerhäuschen seitlich der Klappen je eine Handwinde *W* vorhanden, deren Bewegung durch eine zentrisch mit der Klappe angeordnete Welle auf das in der Klappe vorhandene Zahnradvorgelege übertragen wird.

Im geschlossenen Zustande stützen sich die Klappen gegenüber der Verkehrslast auf das vor dem Rollsegment angeordnete Stützlager *B*, während der negative Stützdruck bei *C* in eine Verankerung übergeht. Der Rückendverschluß besteht aus Pendelstützen *S*, die auf elektromagnetischem Wege durch ein oszillierendes

Solenoid S_1 betätigt werden. Da die Trennungsfuge in der Fahrbahn sich am Rückende der Gegengewichtsarme befindet, so werden die Pendelstützen S in erheblichem Maße von der Verkehrslast getroffen. In den beiderseitigen Fußwegen liegt die Trennungsfuge in der Richtung $a b$. (Fig. 157.) Bei A werden die Klappen in üblicher Weise verriegelt.

Die Stützweite der Brücke ist 50,62 m, die lichte Durchfahrtsweite 47,5 m, die Entfernung der beiden Hauptträger von M . bis M . 13,7 m, die Gesamtbreite der Verkehrsbahn 20 m, wovon 12,60 m auf die Fahrbahn entfallen.

Konstrukteur des Bauwerkes ist der Ingenieur Cowing in Cleveland, nach dessen Plänen auch einige andere Brücken gleicher Konstruktion in den Vereinigten Staaten ausgeführt und mit gutem Erfolge in Betrieb sind.

i) Dreigelenkbogen-Klappbrücke über den Binnenhafen in Fejenoord, Rotterdam. (Fig. 161 bis 164).

Diese Brücke stellt die erste bemerkenswerte Lösung des Problems dar, die Hauptträger der Klappen einer zweiteiligen Klappbrücke im geschlossenen Zustande statisch zu Dreigelenkbogenträgern zu vereinigen. Sie weist zwischen den Kämpfergelenken eine Weite von 24 m auf, bei rund 22,8 m Lichtweite, 10,35 m Breite der Verkehrsbahn und 2,10 m Pfeilhöhe. Jede Klappe hat vier gegliederte Hauptträger T , von denen die beiden mittleren unter sich in 1,50 m, und beiderseits von den äußeren in je 3,50 m Entfernung liegen. Für den Gewichtsausgleich sind vier besondere vollwandige Längsträger T_1 da, je zwei zwischen dem ersten und zweiten und zwischen dem dritten und vierten Hauptträger. Ein in der Figur nicht dargestellter Teil des Gegengewichts ist durch Spindeln verschiebbar, um den Gewichtsausgleich gegenüber dem Feuchtigkeitswechsel des hölzernen Brückenbelages aufrecht zu erhalten.

In Fig. 161 verläuft die Untergurtlinie dieser Zwischenträger T_1 zwischen den Linien des Ober- und Untergurtes der Hauptträger. Nur die Zwischenträger haben Gegengewichtsarme, während die Hauptträger nur bis zu der hinter der Achse liegenden Trennungsfuge durchgehen.

Die in Entfernungen von 1,5 m angebrachten vollwandigen Querträger gehen von Hauptträger zu Hauptträger durch und tragen auf hölzernen Längsbalken den Bohlenbelag der Verkehrsbahn. Die vollwandigen Zwischenlängsträger für den Gewichtsausgleich stoßen mit ihren Stehblechen gegen die Querträger und gehen nur mit den Gurtungsblechen über und unter den Querträgern hinweg durch (vergl. Fig. 163). In der Brückenmitte sind die Querträger derart lösbar gestoßen, daß im Notfalle von den beiden der Länge nach geteilten Brückenhälften jede für sich betrieben werden kann, während etwa die andere einer Reparatur unterzogen wird.

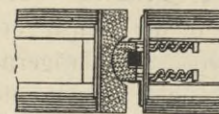
Die materielle Drehachse einer jeden Klappe durchsetzt diese in ganzer Breite und ist achtmal in gewöhnlichen Halslagern, die auf in Brückenkeller vorspringenden Pfeilerverlagen der vorderen Kellermauer ruhen, gelagert. Der Bewegungsantrieb erfolgt von beiden Seiten durch einen Kurbelmechanismus mit Druckwasser im Sinne der Fig. 34a, Seite 14. Das Drehmoment geht durch die Welle in die Klappe über.

Eine der Hauptschwierigkeiten bei Durchführung des Konstruktionsgedankens, die Klappenträger zusammen statisch als Dreigelenkbogenträger wirken zu lassen, bestand in einer befriedigenden Durchbildung des Scheitelgelenks. Nach den vorliegenden Zeichnungen hat man zuerst von der Ausbildung eines wirklichen Gelenkes abgesehen und den Scheiteldruck lediglich durch eine vor den Abschlußquerträger der Klappen befestigte 0,10 m starke Eichenbohle aufgenommen, um den Stoß beim Schließen der Brücke zu mildern und eine tunlichst gleichmäßige Druckübertragung zu erreichen.

Als diese Lösung nicht befriedigte, wurde das Scheitelgelenk nach Fig. 164 durchgebildet. Von der Anwendung beiderseits fester Gelenkstücke mußte abgesehen werden, weil die beiden Klappen nicht so übereinstimmend zu bewegen waren, daß beim jedesmaligen Schließen der Klappen der richtige Eingriff der beiden Gelenkhälften ineinander gesichert war. Der Zapfen wurde daher im Sinne der Fig. 164 verschieblich angeordnet. Er konnte durch einen Querkeil

Fig. 164

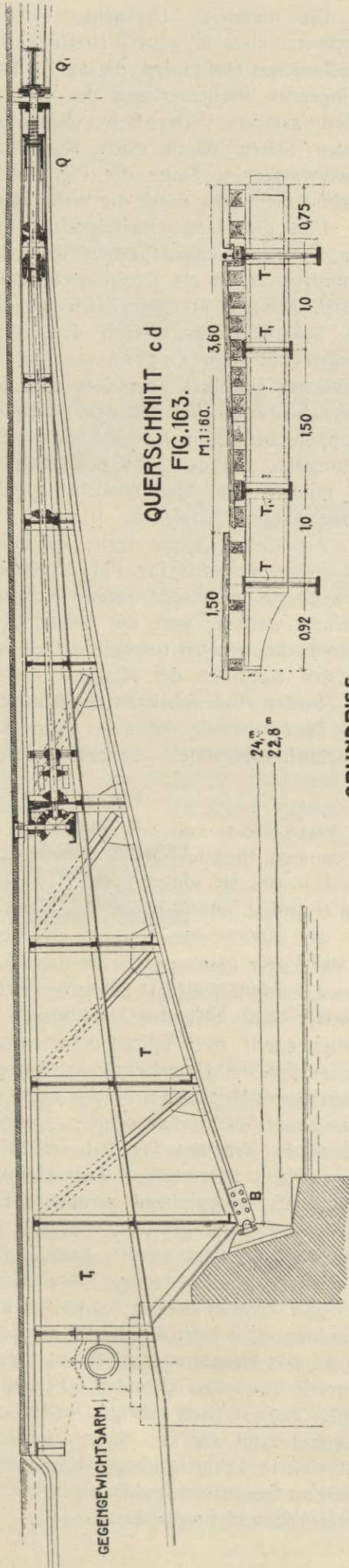
M. 1:50.



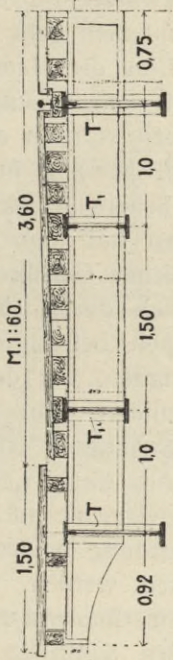
in das Lager hineingepreßt werden, wenn die Klappenenden nach erfolgtem Schließen sich in annähernd gleicher Höhe befanden, und wurde beim Lösen des Keiles durch zwei Spiralfedern zurückgezogen. Die Keile aller vier Hauptträger wurden gleichzeitig durch einen Querstab bewegt. — Als auch diese Lösung auf die Dauer nicht befriedigte, wurde das Scheitelgelenk in der aus Fig. 161 ersichtlichen Weise als Kugelgelenk hergestellt. Der Halbkugelzapfen wird durch das entsprechend gerundete Ende einer flachgängigen Spindel gebildet, die, wie aus der Fig. 161 ersichtlich, bewegt werden kann. Diese Einrichtung ist zurzeit in Benutzung. Ihre Handhabung bietet keinerlei Schwierigkeiten. Statisch kann sie aber um deswillen nicht befriedigen, weil der Scheiteldruck nicht direkt von Hauptträger zu Hauptträger, sondern durch liegende Querträger Q und Q_1 (Fig. 161 und 162) übergeht. Eine statisch richtige Durchbildung des Scheitelgelenkes zeigt die vor einigen Jahren in Kopenhagen ausgeführte Dreigelenkbogen-Klappbrücke mit zwangläufigem Gewichtsausgleich, die in Fig. 201—205 Seite 68 dargestellt und beschrieben ist.

Dreigelenkbogen-Klappbrücke über den Binnenhafen in Fejenoord, Rotterdam.

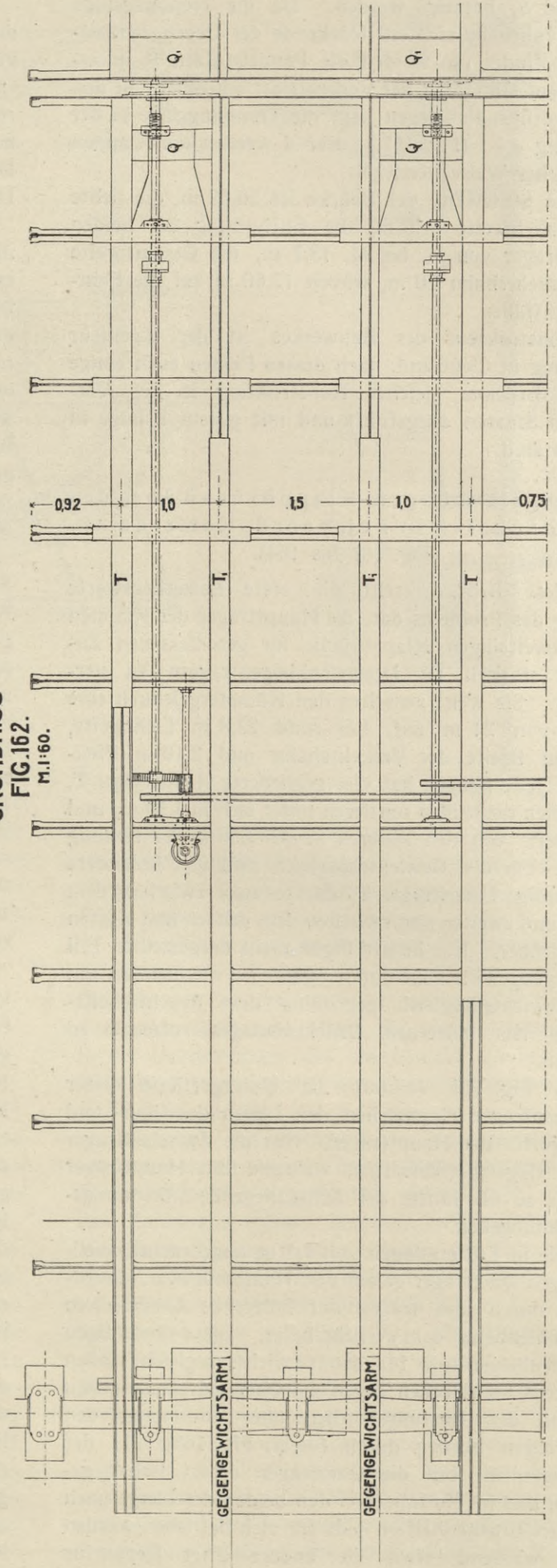
LÄNGSSCHNITT. FIG. 161



QUERSCHNITT cd
FIG. 163.



GRUNDRISS
FIG. 162.



§ 7.

Klappbrücken mit fester Achse und zwangläufigem Gewichtsausgleich.

I. Allgemeines.

Die hauptsächlichsten Repräsentanten dieser Art von Klappbrücken sind in ihrer grundsätzlichen Anordnung in Fig. 3—6 und in Fig. 10 und 11 dargestellt. Man kann sie einteilen in folgende drei Gruppen:

- a) Parallelogramm-Klappbrücken (Fig. 10 und 11),
- b) Leitkurven-Klappbrücken (Fig. 3—5),
- c) Klappbrücken mit veränderlichem Gegengewicht (Fig. 6).

Die Parallelogramm-Klappbrücke ist in der Form der alten Zug- oder Schlagbalken-Brücke (Fig. 10) zu Befestigungszwecken bereits im späten Mittelalter, und zur Kreuzung von Schiffsstraßen auch etwa schon seit Mitte des 18. Jahrhunderts in Anwendung. In dieser Form ist sie vielfach auch, namentlich in skandinavischen Häfen, als Lösch- und Ladebrücke beim Anlegen von Schiffen an geböschten Hafenufern benutzt worden.

Der Gewichtsausgleich erfolgt vermittels eines in gewisser Höhe über der Fahrbahn bei *C* (Fig. 165) drehbar gelagerten zweiarmigen Hebels, der durch eine Kette oder einen Gelenkstab *AD* so mit der Klappe

verbunden ist, daß die Punkte *ABCD* Eckpunkte eines während der Bewegung der Klappe in sich verschieblichen, nur in einer Seite *BC* ruhenden Parallelogramms bilden. Wird das Gegengewicht auf dem Hebel *CD* noch so angeordnet, daß der gemeinsame Schwerpunkt *S*₁ beider in eine Parallele *CS*₁ durch den Drehpunkt *C* zur Geraden *BS* zu liegen kommt, wenn *S* der Schwerpunkt der Klappe und *B* ihre Drehachse ist, so ist das Gleichgewicht der Klappe in jeder Drehlage gesichert. Wie die Seiten *AB* und *CD* des Parallelogramms, so bleiben nämlich auch die Geraden *BS* und *CS*₁ während der Bewegung einander parallel, bilden in jedem Augenblicke den gleichen Winkel α mit der Wagerechten. Die veränderlichen Höhenunterschiede *z* und *y* der Punkte *B* und *S* und *C* und *S*₁ sind dann stets

- 1) $y = e \sin \alpha$ und
- 2) $z = e_1 \sin \alpha$

und während *S* sich um $dy = e \cos \alpha da$ auf- oder abwärts bewegt, sinkt oder steigt der Punkt *S*₁ um $dz = e_1 \cos \alpha da$. Die Betriebsbedingung

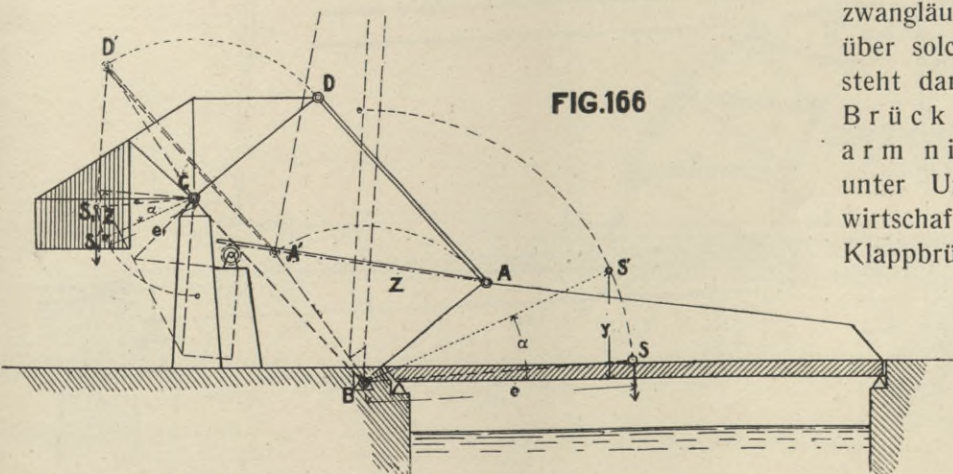
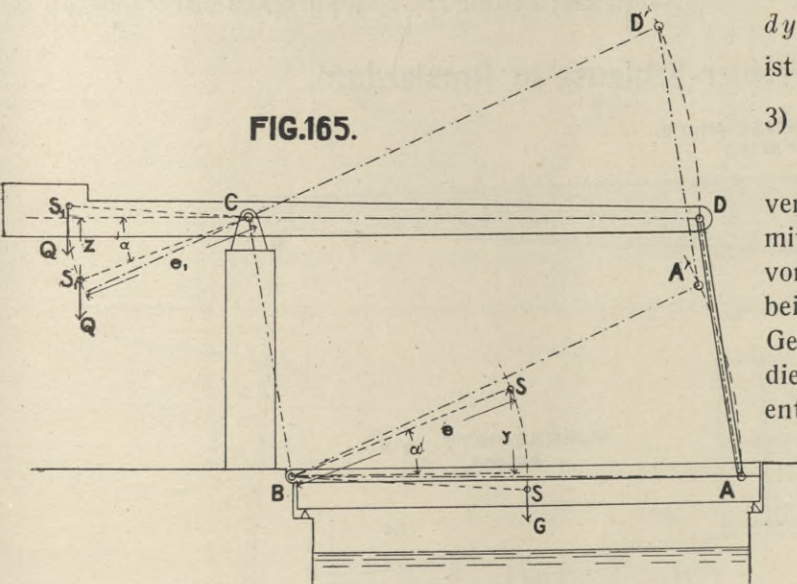
$dy \cdot G - dz \cdot Q = e \cdot \cos \alpha da \cdot G - e_1 \cos \alpha da \cdot Q = 0$ ist daher erfüllt, wenn

3) $e G = e_1 \cdot Q$ ist.

Denkt man sich den Hebel *CD* parallel abwärts verschoben, so daß *C* auf *B* fällt, so kommen *S* und *S*₁ mit *B* in eine Gerade und der gemeinsame Schwerpunkt von *G* und *Q* kommt in die Drehachse *B* zu liegen, wie bei der Klappbrücke mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich. Man könnte sich also aus dieser die Parallelogramm-Klappbrücke (Fig. 165) dadurch entstanden denken, daß der Gegengewichtsarm parallel aufwärts verschoben und in dieser Lage durch ein verschiebliches Parallelogramm mit der Klappe verbunden ist.

Ein in die Augen fallender Vorteil der Parallelogramm-Klappbrücke wie der Klappbrücken mit zwangläufigem Gewichtsausgleich überhaupt gegenüber solchem mit starrem Gewichtsausgleich besteht darin, daß die Herstellung eines Brückenkellers für den Gewichtsarml nicht erforderlich wird. Dieser unter Umständen nicht gering anzuschlagende wirtschaftliche Vorzug hat dazu geführt, daß Klappbrücken der bezeichneten Art neuerdings häufiger und auch in großen Abmessungen, namentlich in Amerika, zur Ausführung gekommen sind.

Der Grundgedanke der alten Zug- oder Schlagbalken-Brücke (Fig. 10 u. 165) ist im Anfang dieses Jahrhunderts



von dem deutschamerikanischen Ingenieur Strauß in Chicago wieder aufgenommen und allgemeiner durchgebildet. Diese Brücken weichen je nach den örtlichen Verhältnissen in ihrer allgemeinen Anordnung voneinander ab, stimmen aber alle darin überein, daß das Gegengewicht durch ein eingefügtes Gelenkparallelogramm zwangsläufig mit der Klappe verbunden ist.

Eine mehrfach ausgeführte Anordnung ist in Fig. 11 schematisch dargestellt. Das Gegengewicht ist durch das Parallelogramm $CDEF$ mit den mit kurzen Armen CD rückwärts über die Achse C hinausragenden Hauptträgern verbunden. Es findet sich im geschlossenen Zustande der Klappe so hoch über der Verkehrsbahn, daß der Verkehr sich darunter hinweg bewegen kann, bleibt aber auch bei geöffneter Klappe mit seiner Unterkante noch über der Verkehrsbahn, und nur die Gegengewichtsarme der Hauptträger und die Stützkonstruktion des Gegengewichtes, mit denen dieses bei D aufruht, erfordern eine kleine Vertiefung in der Verkehrsbahn. Das Gegengewicht verschiebt sich parallel aus seiner höchsten in seine tiefste Stellung und wirkt daher bei D mit einer stets gleichbleibenden lotrechten Kraft auf die Rückarme CD der Klappenträger; gerade so, als wenn ein Gewicht gleicher Größe in D mit den Trägern fest verbunden wäre. Das Gleichgewicht der Klappe in jeder Drehlage bedingt, daß ihr Schwerpunkt mit den Punkten C und D auf eine Gerade fällt.

Der Bewegungsantrieb erfolgt entweder, wie in Fig. 11 angedeutet, durch eine bei G angreifende Zahn- oder Zugstange oder durch einen mit den Hauptträgern fest und zentrisch zur Achse verbundenen Zahnkranz im Sinne der Fig. 35.

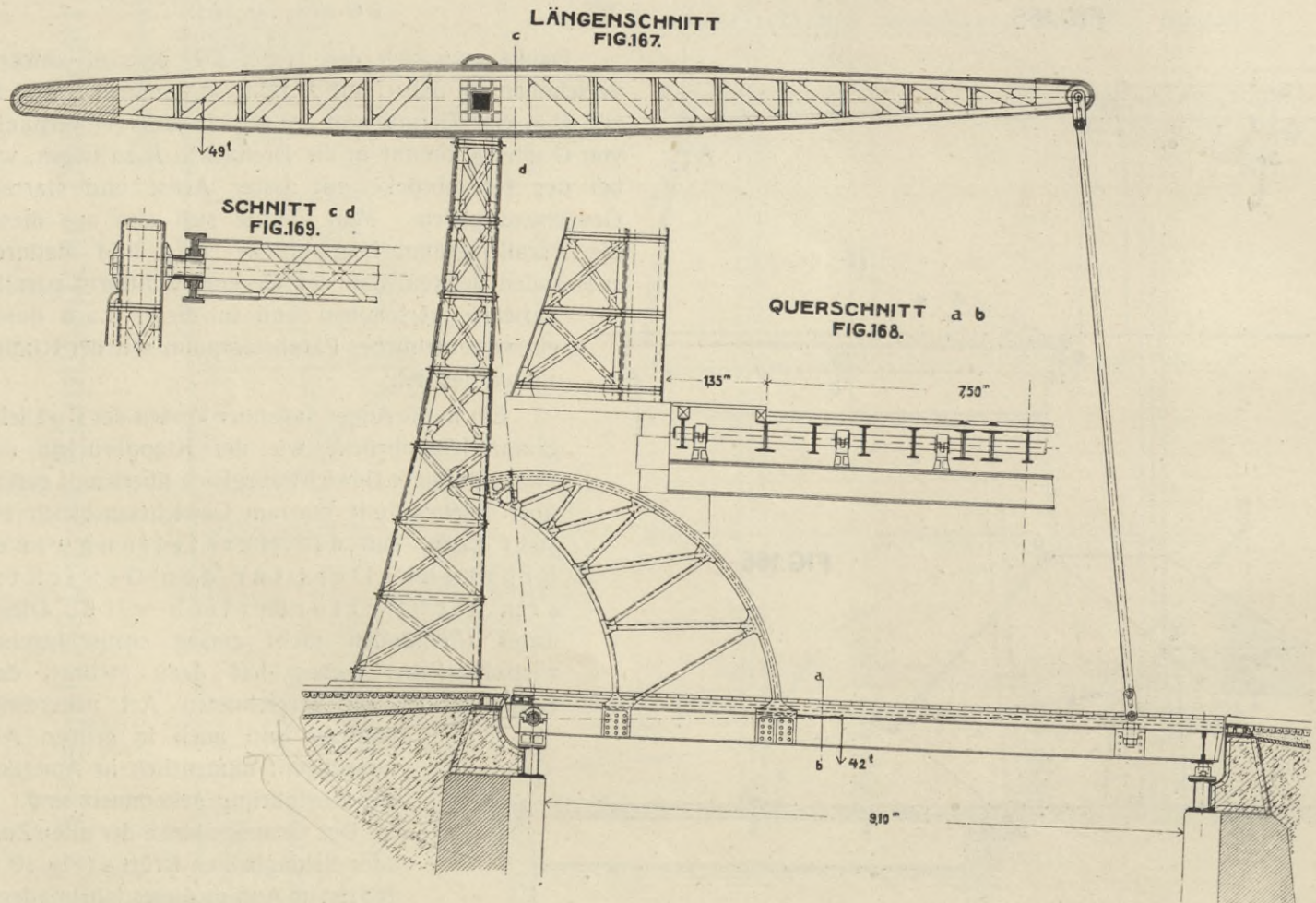
Eine andere auch von Strauß ausgeführte Anordnung ist in Fig. 166 schematisch dargestellt. Sie stimmt grundsätzlich genau mit der alten Zugbrücke Fig. 165 überein und ist nur für die Ausführungen in größeren Abmessungen ihr gegenüber in der Form umgestaltet. Der Antrieb kann, wie skizziert, durch eine bei A angreifende Zahnstange Z oder in ähnlicher Weise erfolgen.

Der auf Seite 59 bezüglich der Klappbrücken in der Anordnung Fig. 165 geführte Nachweis des Gleichgewichtes in jeder Drehlage ist ohne weiteres auch für solche in der Anordnung Fig. 11 und Fig. 166 gültig.

Bei den Leitkurven-Klappbrücken (Fig. 3—5) wird das Gegengewicht so geführt, daß das Gleichgewicht der Klappe in jeder Drehlage gesichert ist. (Vergl. die Ausführungen S. 3—5.)

Die Größe des Gegengewichtes kann dabei innerhalb gewisser Grenzen beliebig gewählt werden. Maßgebend für die Wahl sind ausschließlich die räumlichen Verhältnisse, weil der lotrechte Schwerpunktsweg des Gegengewichtes um so größer ausfallen muß, je kleiner das Gewicht ist. Zur Kreuzung von Wasserstraßen sind Leitkurven-Klappbrücken bisher verhältnis-

Brücke über die Scharreber-Schleuse in Amsterdam.



mäßig selten, für Festungszwecke dagegen öfter angewandt. Das trifft noch mehr zu in bezug auf die Klappbrücken mit veränderlichem Gegengewicht.

Die Parallelogramm- und die Leitkurven-Klappbrücken werden sowohl zwei- als einflügelig ausgeführt, wieweil die letztere Anordnung bis jetzt vorwiegt.

Was in § 5 unter Ziffer IV bis VII über den Belag der Klappen, über den Drehantrieb und die Bewegungswiderstände, über die Drehachse und ihre Lagerung, über Regulierung der Bewegung und Sicherung gegen Stoß, sowie über Stützung und Sicherung der Klappe im geschlossenen Zustande gesagt wurde, findet auch auf Klappbrücken der hier in Rede stehenden Art sinn-gemäße Anwendung.

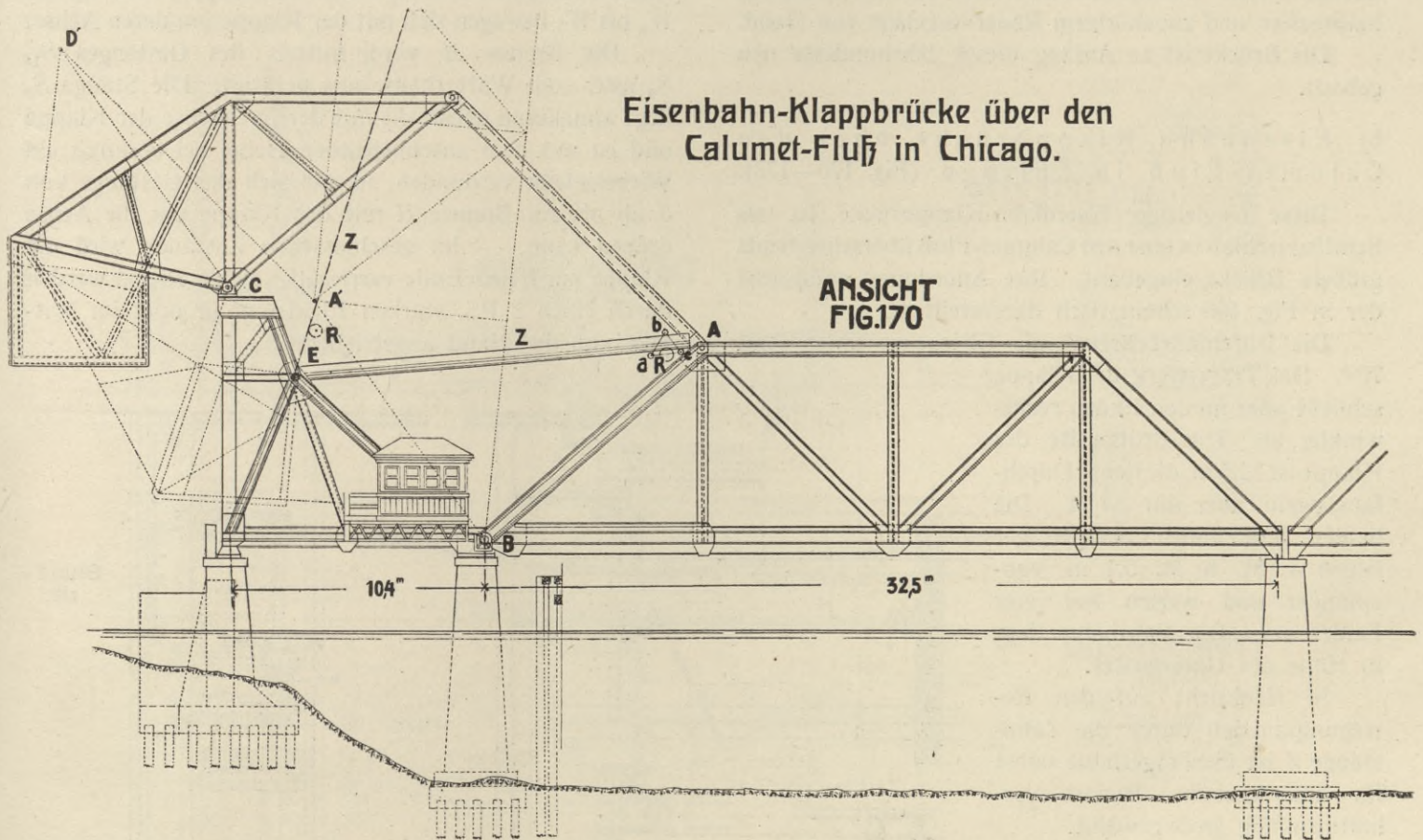
II. Ausgeführte neuere Parallelogramm-Klappbrücken.

a) Brücke über die Scharreber-Schleuse in Amsterdam (Fig. 167—169).

Diese einteilige Klappbrücke führt eine Straße in 10,20 m Nutzbreite über die im Lichten 9,10 m weite Schleuse. Das Tragwerk der Klappen besteht aus 15 zum Teil breitflanshigen I-Walzträgern von 42 cm Höhe; Fahrbahn und Fußwege sind mit Bohlen abgedeckt.

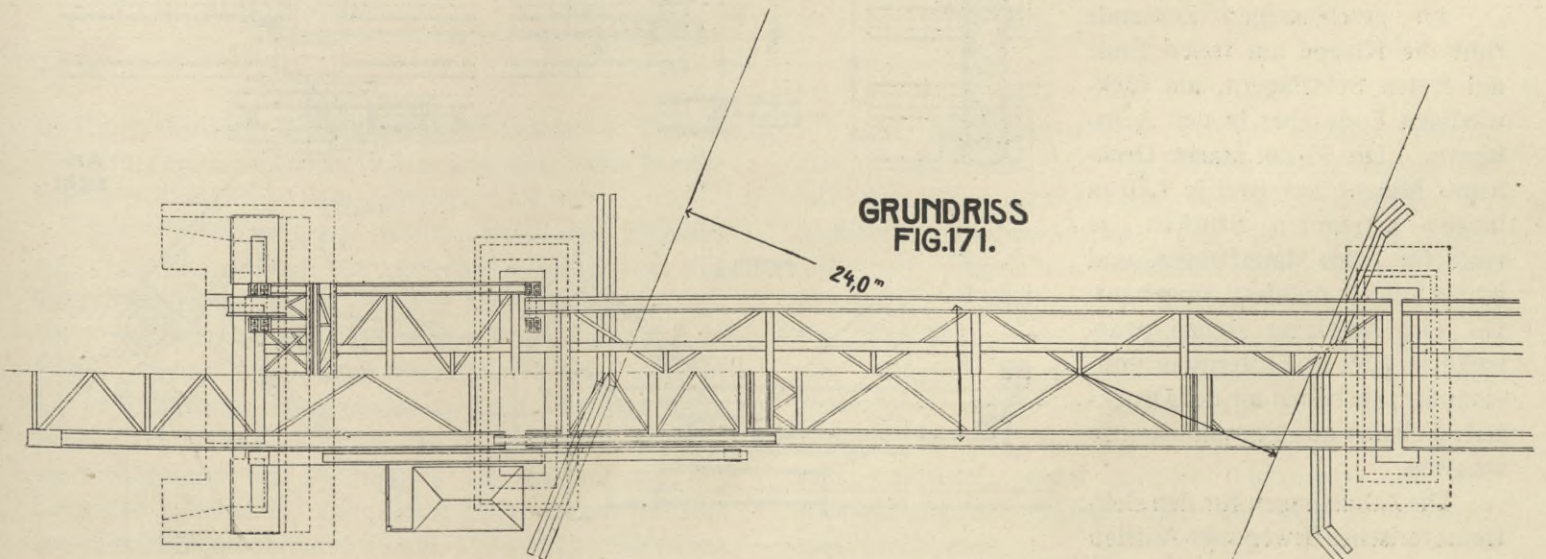
Im geschlossenen Zustande ruhen die Träger der Klappe am freien Ende auf festen Stützlagern und rückwärts auf der 16 cm starken sechsmal gelagerten Achse. Das Gesamtgewicht der Klappe beträgt 42 t.

Eisenbahn-Klappbrücke über den Calumet-Fluß in Chicago.



GRUNDRISS FIG.171.

24,0"



Die im Achsquerschnitt 0,98 m hohen zweiarmigen Fachwerkhebel für den Gewichtsausgleich stützen sich auf zwei beiderseits der Klappe angeordnete Fachwerkspfeiler und schwingen um eine in diese drehfest eingebaute 0,25 m starke, im Querschnitt quadratische Achse, die nur an den Lagerstellen zylindrisch abgedreht ist (Fig. 169). Die verhältnismäßig große Stärke der Achse rechtfertigt sich dadurch, daß sie nicht allein das Gewicht der Hebel nebst Gegengewicht sowie etwa die Hälfte des Klappengewichtes, d. i. im ganzen etwa $22 + 27 + \frac{42}{2} = 70$ t lotrechte Last, aufzunehmen und auf die Pfeiler zu übertragen, sondern diese auch noch wirksam gegeneinander abzusteifen hat.

Der Drehantrieb erfolgt im Sinne der Fig. 167 vermittelt zweier Zahnquadranten von 3,50 m Teilkreis-halbmesser und zugehörigem Rädervorgelage von Hand.

Die Brücke ist zu Anfang dieses Jahrhunderts neu gebaut.

b) Eisenbahn-Klappbrücke über den Calumet-Fluß in Chicago (Fig. 170—173).

Diese eingleisige Eisenbahn-Klappbrücke ist als Schiffsdurchlaß in eine den Calumet-Fluß überschreitende größere Brücke eingebaut. Ihre Anordnung entspricht der in Fig. 166 schematisch dargestellten.

Die Durchfahrt kreuzt die Gleisachse unter etwa 70°. Das Trägerwerk der Klappe schließt aber an den Enden rechtwinklig ab. Die Stützweite der Klappe ist 32,5 m, die lichte Durchfahrtsweite aber nur 24 m. Die beiden 8 m hohen Hauptträger liegen v. M. b. M. 5,1 m voneinander und weisen nur vier Felder auf. Die Fahrbahn liegt in Höhe des Untergurtes.

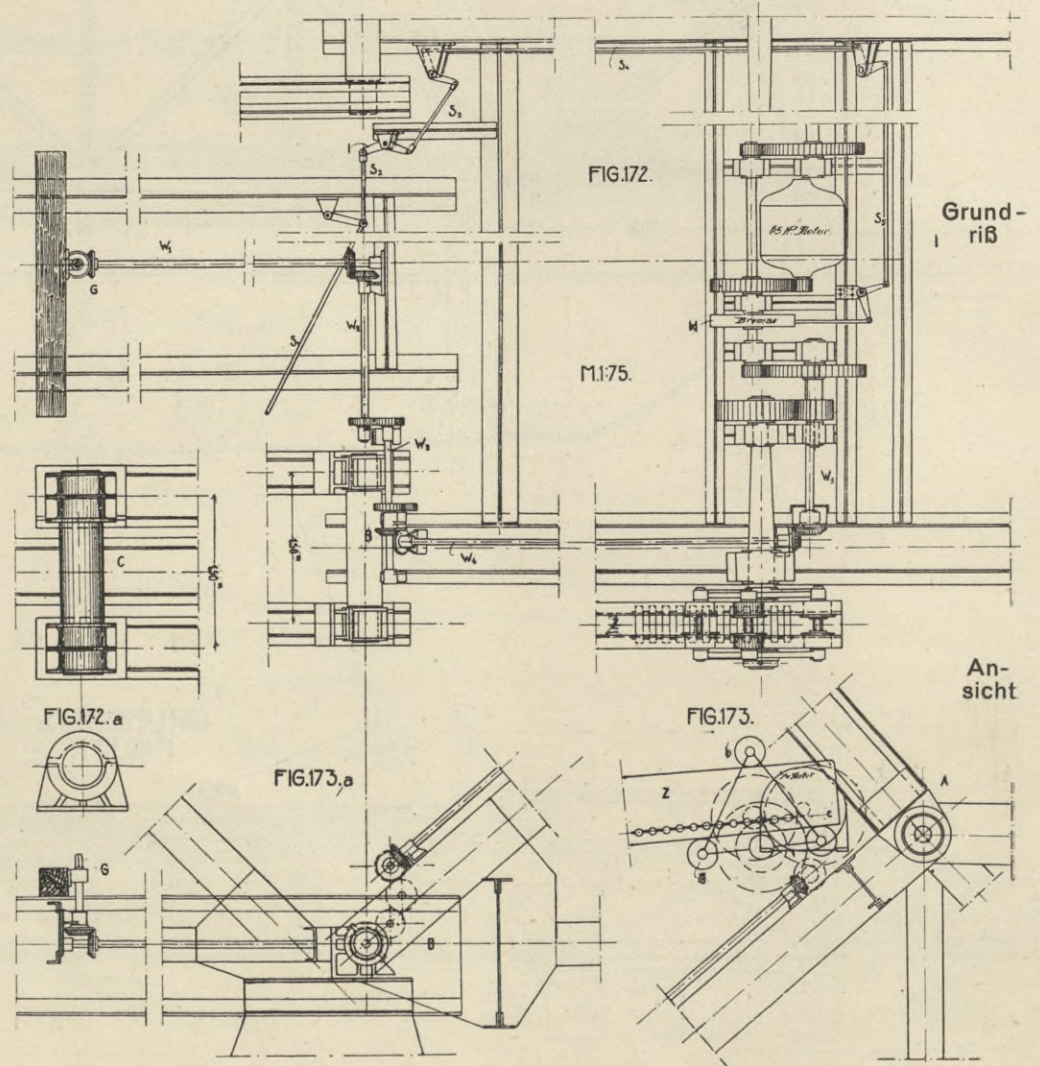
In Rücksicht auf den Bewegungsantrieb durch die Zahnstange Z ist die Trägerhöhe selbst für amerikanische Bauart verhältnismäßig groß gewählt.

Im geschlossenen Zustande ruht die Klappe am freien Ende auf festen Stützlagern, am rückwärtigen Ende aber in den Achslagern. Die 31 cm starke Drehachse besteht aus zwei je 1,70 m langen getrennten Stücken, je eines für jeden Hauptträger, und ist in diese drehfest eingebaut. Die vier Achslager stehen paarweise in 1,50 m Entfernung voneinander; sie haben an der Druckseite Schalen aus Phosphorbronze erhalten.

Die Zahnstangen für den elektromotorischen Bewegungs-Antrieb

schwingen um die Festpunkte E. Der 65 PS. starke Antriebsmotor ist bei A zwischen den Hauptträgern der Klappe angeordnet und schwingt mit dieser um die Achse B. Das mit der Zahnstange Z, die Triebstockverzahnung besitzt, im Eingriff stehende Getriebe R wickelt sich in derselben während des Oeffnens und Schließens der Klappe von A nach E und umgekehrt ab. Dabei wird das Getriebe R durch das Rollendreieck a b c im richtigen Eingriff mit der Zahnstange Z erhalten. Der Bewegungsapparat ist in Fig. 172—173 a dargestellt. Zur Reserve ist ein Handantrieb vorgesehen, der durch ein zwischen den Schienen angeordnetes Gangspil G betätigt wird. Die Uebertragung findet etwas umständlich durch die Wellenleitung W₁, W₂, W₃, W₄ und W₅ statt. Die Wellen W₁ und W₂ liegen fest, und zwar letztere achsrecht mit der Achse der Klappe. Die Wellen W₃ bis W₅ bewegen sich mit der Klappe um deren Achse.

Die Bremse H wird mittels des Gestänges S₁, S₂ usw. vom Wärterhause aus betätigt. Die Stange S₂ liegt annähernd achsrecht mit der Drehachse der Klappe und ist mit dem anschließenden Hebel bei J durch ein Wirbelgelenk verbunden, so daß sich das Gestänge von J ab bis zur Bremse H mit der Klappe um die Achse drehen kann. — Im geschlossenen Zustande wird die Klappe am freien Ende verriegelt. Beide Riegel werden durch einen 3 PS. starken Elektromotor oder im Notfalle von der Hand angetrieben.



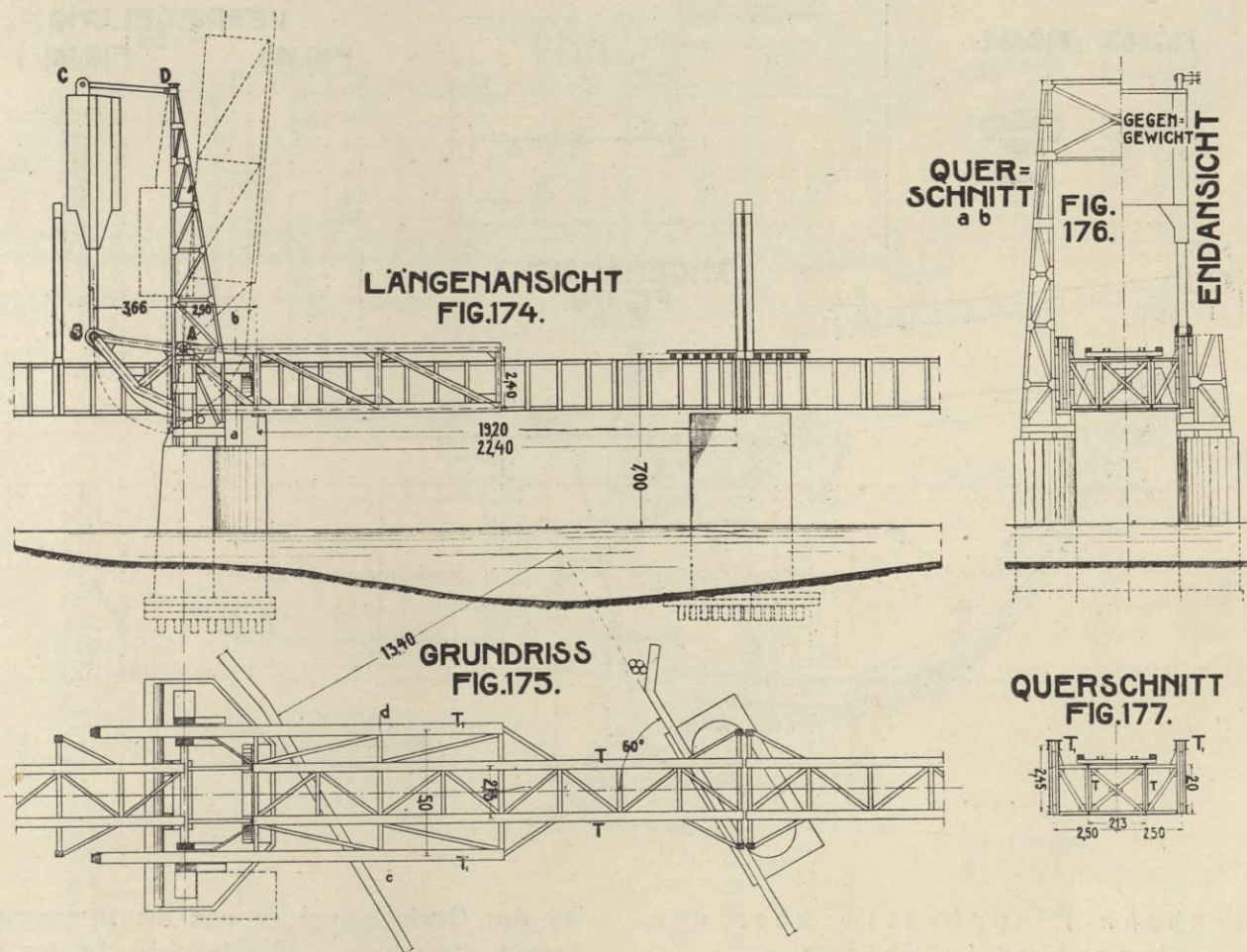
Der gegliederte Gegengewichtshebel ist bei *C* Fig.170 auf einer schmiedeeisernen Bockkonstruktion gelagert, die auch der Zahnstange *Z* den festen Drehpunkt *E* darbietet. Das aus Eisenbeton hergestellte Gegengewicht läßt im geschlossenen Zustande der Klappe unter sich hinreichend Raum für den Verkehr der Eisenbahnfahrzeuge frei.

c) Eisenbahn-Klappbrücke über den Swan-Creek in Toledo am Eriesee (Fig. 174—183).

Die eingleisige Klappbrücke führt eine elektrische Eisenbahn unter einem Winkel von 60° über eine kleine

die Wirkung, daß sie beim Öffnen der Klappe das im Achsquerschnitt auftretende größte negative Biegemoment in wirtschaftlich vorteilhafter Weise aufnehmen, als die etwa bis zur Achse durchgeführten Blechträger *T* der eigentlichen Brücke dazu imstande sein würden, und auch die Klappe während ihrer Bewegung in der Querrichtung steifer zu gestalten. Das Gegengewicht, aus Eisenbeton bestehend, ist wiederum so hoch angeordnet, daß der Verkehr unter demselben hindurch stattfinden kann. Es ist durch das Parallelogramm *ABCD* mit den Trägern *T*₁ zwangsläufig verbunden und verschiebt sich während des Öffnens der Klappe parallel abwärts (vergl. Fig. 174).

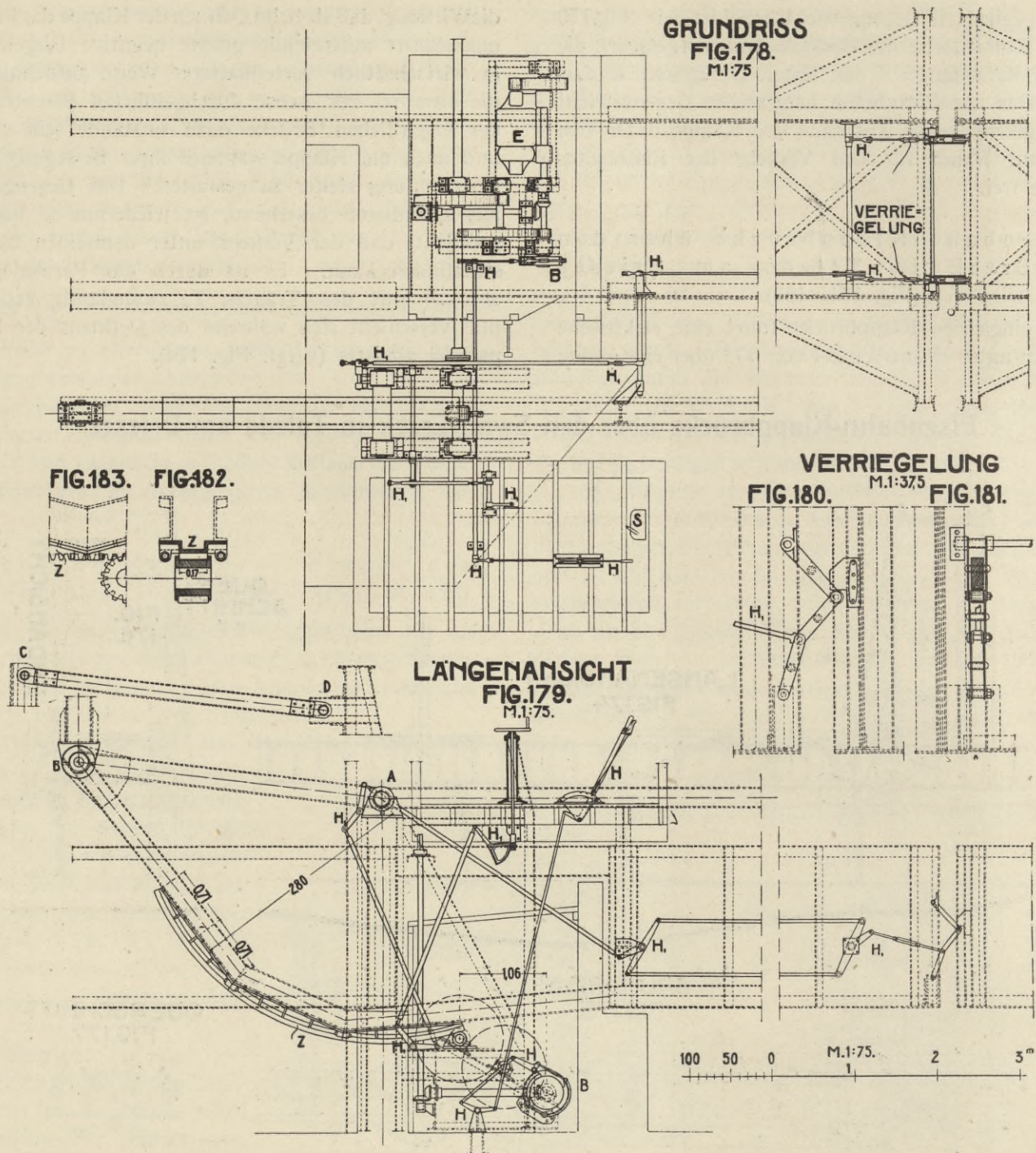
Eisenbahn-Klappbrücke über den Swan-Creek in Toledo am Eriesee.



als Hafen dienende Bucht (Creek) des Eriesees in Toledo. Ihre Stützweite ist gleich 19,2 m und ihre lichte Durchfahrtsweite zwischen dem Leitwerk 13,4 m.

Die Verträgerung der Klappe weist eine Eigenart auf. Die Gleise ruhen wie bei einer festen Brücke mit Querschwellen auf einem an seinen Enden fest gestützten Blechträgerpaar *T* von 2,13 m Entfernung und 2,0 m Höhe. Beiderseits dieser Blechträgerbrücke sind in 5,0 m Entfernung voneinander zwei Fachwerkträger *T*₁ von 2,45 m Höhe angeordnet, die den Gewichtsausgleich vermitteln und die Verbindung der Brücke mit der Drehachse herstellen, von dieser ab aber nur bis zur Brückenmitte durchlaufen (vergl. 174—177). Sie haben

Der Bewegungsantrieb erfolgt elektromotorisch durch ein Zahnsegment *Z* Fig.179 von 2,86 m Radius, das mit dem Gegengewichtsarm der Fachwerkträger *T*₁ unmittelbar verbunden ist. Der Motor *E* von 25 PS. mit dem zugehörigen Rädertriebwerk ist in einer Aussparung zwischen den Gleisen angebracht (vergl. Fig. 178—183). Als Handantrieb dient ein zwischen den Schienen angebrachtes Gangspill. Von einem Steuerhause neben der Brücke aus wird der Schaltapparat *S*, der Hebelzug *H* der Bremse *B* betätigt und vermittels eines zweiten Hebelzuges *H*₁ die Verriegelung am freien Ende der Klappe geöffnet und geschlossen.



d) Eisenbahn-Klappbrücke über den Chicagofluß in Chicago.

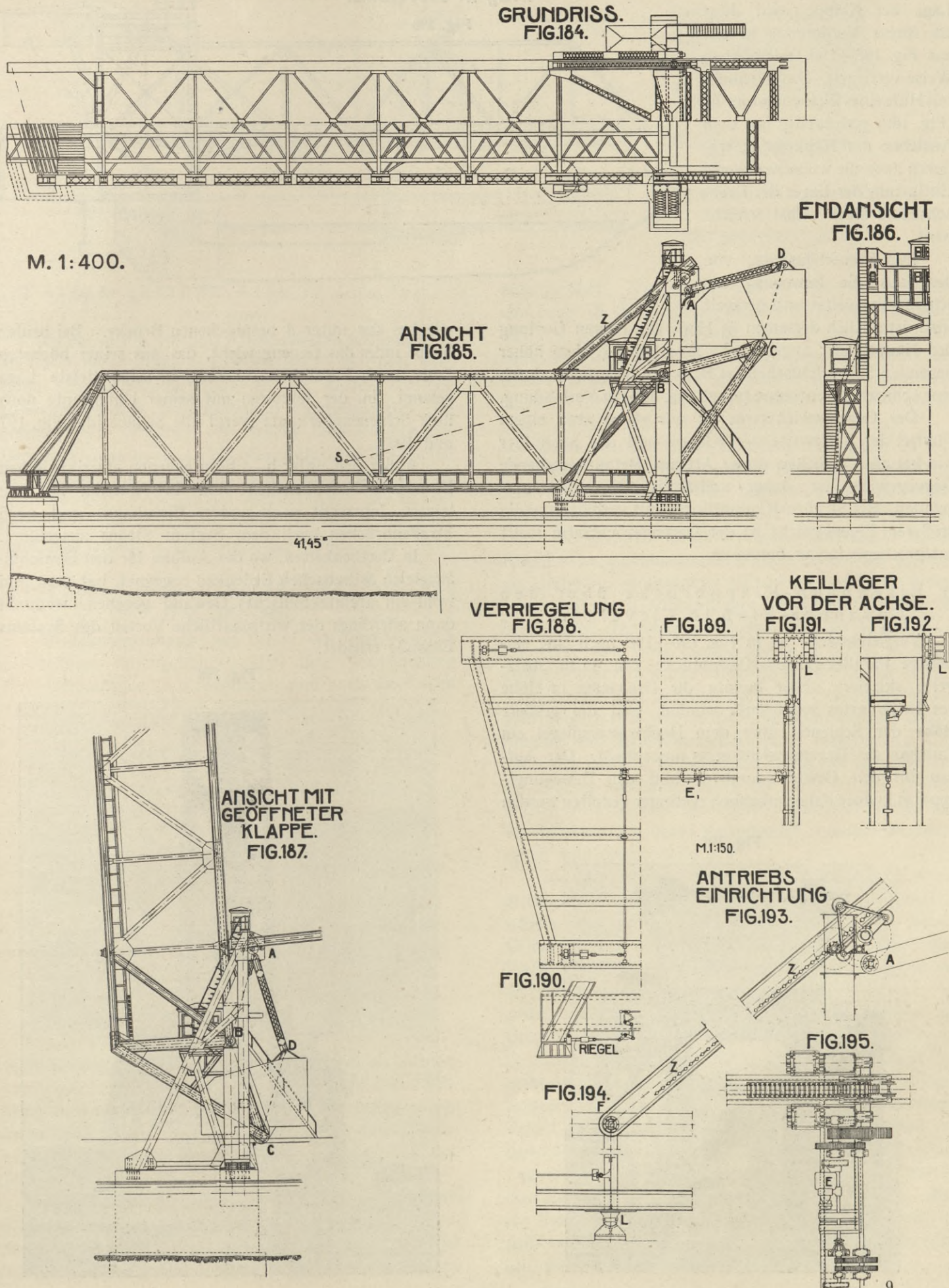
Von den innerhalb der Stadt Chicago den Chicagofluß überschreitenden meist einflügeligen Eisenbahn-Klappbrücken ist eine der neuesten die in Fig. 184 bis 195 dargestellte Parallelogramm-Klappbrücke (System Strauß). Sie ist zugleich auch eine der größten zwei-gleisigen einteiligen Eisenbahn-Klappbrücken der Gegenwart. Die Klappe hat eine Stützweite von 41,45 m bei einer Höhe der Hauptträger von 9,20 m und einer gleichen Entfernung derselben von M. b. M.

Um bei der verhältnismäßig geringen Höhenlage der Gleise über dem höchsten Wasserstande ein Eintauchen irgendwelcher Teile der Klappe im geöffneten Zustande zu vermeiden, ist die Drehachse *B* in der Höhe des Obergurtes angeordnet, wodurch der Aufbau

für den Gewichtsausgleich und die Bewegungseinrichtungen etwas hoch ausgefallen ist. In der Richtung der Parallelogrammseite *BC* liegt der Schwerpunkt *S* der Klappe. Die Gelenkstange *AD* hat ihren Festpunkt *A* an einem schmiedeisernen Bockgerüst, das auch den Bewegungsapparat trägt. Letzterer, in Fig. 193 und 194 in der Seitenansicht und in Fig. 195 im Grundriß dargestellt, liegt über dem Schwanzende der Klappe und erhält durch einen Elektromotor *E* seine Antriebskraft. Er wirkt auf die Klappe durch zwei Zahnstangen *Z* ein, die bei *F* je mit einem Hauptträger gelenkig verbunden sind (vergl. Fig. 185, 193 und 194).

Im geschlossenen Zustande der Klappe finden deren beide Hauptträger je in zwei festen Lagern ihre Unterstützung, von denen die beiden an der Seite der Drehachse bei *L* als Keillager ausgebildet sind (vergl. Fig. 191 und

Eisenbahn-Klappbrücke über den Chicagofluß in Chicago.



192, Grundriß und Schnitt). Zur Sicherung der geschlossenen Lage der Klappe wird diese an ihrem Vorderende in der aus Fig. 188—190 ersichtlichen Weise verriegelt. Das geschieht mit Hilfe eines Elektromotors E_1 (Fig. 189) gleichzeitig mit dem Anziehen der Keillager L , wodurch auch die wünschenswerte Entlastung der Lager der Drehachse und dieser selbst erreicht wird.

Das Steuerhäuschen, von dem aus die Bewegung der Klappe eingeleitet und geregelt wird, ist seitlich derselben in Höhe der oberen Gurtung der Hauptträger angeordnet. Es steht mit dem höher liegenden Schutzhäuschen des Bewegungsapparates durch eine schmale Eisentreppe (vergl. Fig. 185) in Verbindung.

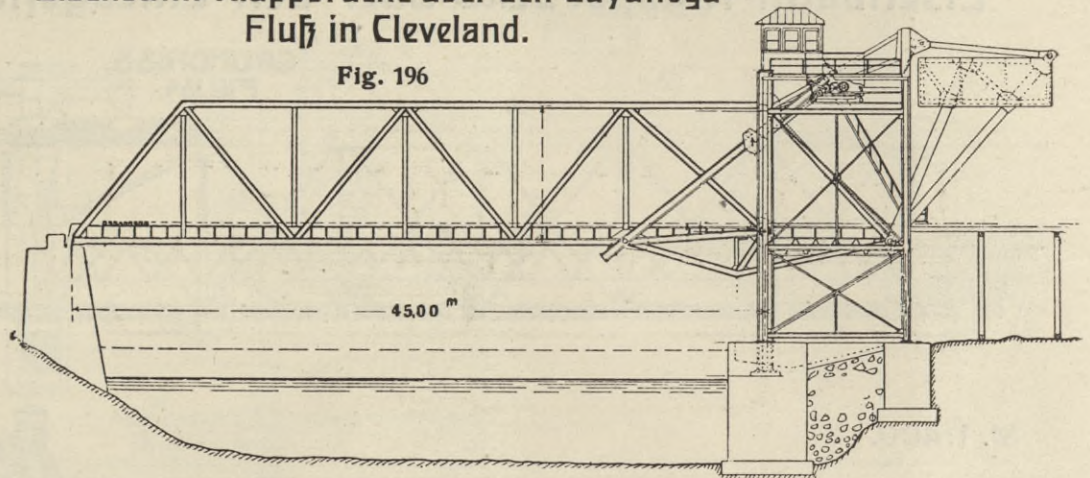
Der Gegengewichtsarm ist nur gleich etwa einem Fünftel der Stützweite der Klappe und das auch hier wie bei allen Brücken dieser Art aus Beton bestehende Gegengewicht ist daher verhältnismäßig groß ausgefallen. Bei Straßen-Klappbrücken mit verhältnismäßig größerem Eigengewicht ist der Gegengewichtsarm meist entsprechend länger bemessen.

e) Eisenbahn-Klappbrücke über den Cuyahoga-Fluß in Cleveland.

Vergleichsweise ist in Fig. 196—198 noch eine eingleisige Parallelogramm-Klappbrücke von 45 m Stützweite skizziert. Hier konnte die Drehachse in Höhe des Untergurtes angeordnet werden, weil die größere Höhe der Schienen über dem Hochwasserspiegel ein Tauchen des Gegengewichtsarms ausschließt. Der Aufbau für den Gewichtsausgleich und den Bewegungsapparat konnte daher erheblich niedriger gehalten werden

Eisenbahn-Klappbrücke über den Cuyahoga-Fluß in Cleveland.

Fig. 196



wie bei der unter *d* besprochenen Brücke. Bei beiden bleibt indes das Gegengewicht, das aus seiner höchsten Lage durch Parallelverschiebung in seine tiefste Lage gelangt, in der letzteren mit seiner Unterkante noch über Schienenoberkante (vergl. die Schaubilder Fig. 197 und 198).

Außer den unter *b—e* besprochenen amerikanischen Eisenbahn-Klappbrücken sind in Amerika in dem letzten Jahrzehnt noch andere Eisenbahn- und auch Straßenbrücken nach dem System Strous ausgeführt.

In Oertlichkeiten, wo der Aufbau für den Gewichtsausgleich ästhetischen Bedenken begegnet, hat man ihm wohl ein architektonisches Gewand gegeben, wodurch dann allerdings der wirtschaftliche Vorteil des Systems Einbuße erleidet.

Fig. 198

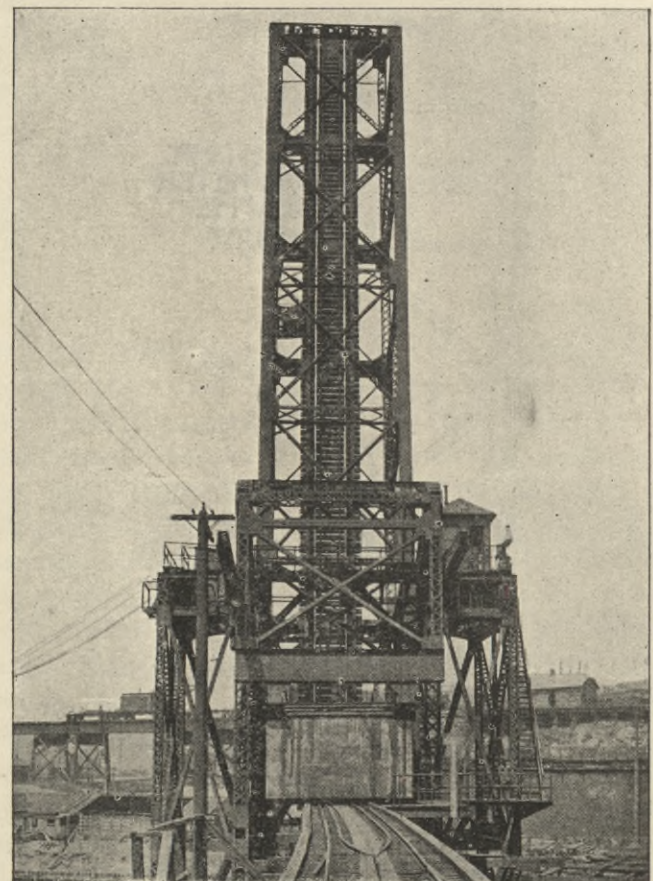
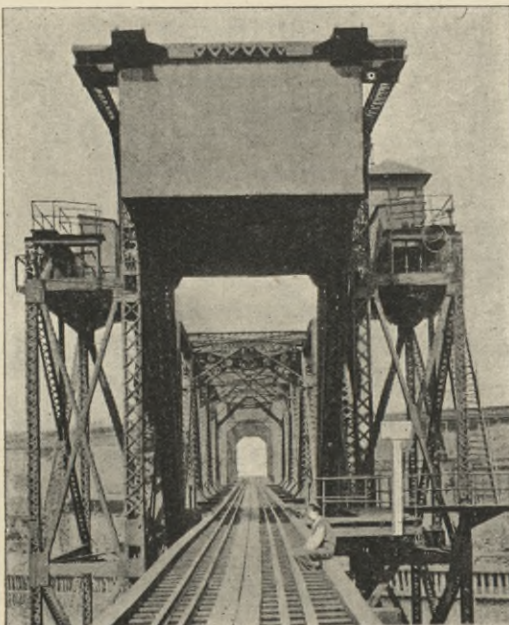
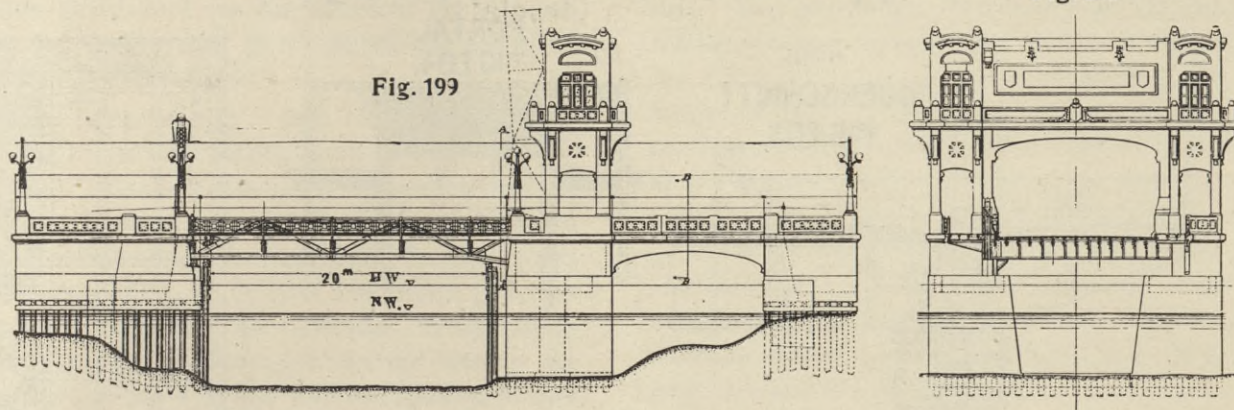


Fig. 197



Straßen-Klappbrücke in Camden, New-Jersey.



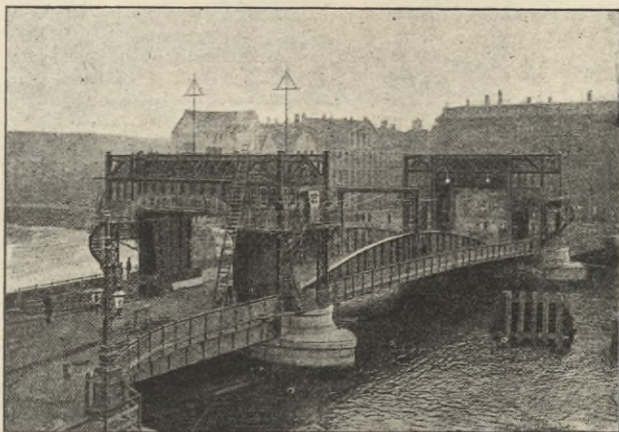
f) Straßenklappbrücke in Camden, New-Jersey.

Bei der in Fig. 199 und 200 skizzierten Klappbrücke, die die Federal-Straße in Camden bei Philadelphia über einen Schiffahrtskanal führt, ist der Aufbau für den Gewichtsausgleich architektonisch eingeschlossen. Im geschlossenen Zustande der Brücke befindet sich der Gegengewichtskörper in dem oberen Querbau des Portalabschlusses (Fig. 200) und sinkt beim Öffnen der Klappe in den Lichtraum des Portales hinab. Die Brücke hat eine lichte Durchfahrtsweite von 20 m bei einer nutzbaren Gesamtverkehrsweite der Klappe von 16,70 m.

g) Die neue Knippels-Brücke in Kopenhagen (Fig. 201—206).

Im Zusammenhange mit der in den letzten beiden Jahrzehnten durchgeführten Um- und Neugestaltung der Hafenanlagen in Kopenhagen sind auch die beiden

Fig 205



alten Klappbrücken, die „Knippelsbro“ und die „Langebro“, welche beide die Verbindung zwischen den Stadtteilen beiderseits des Hafens, Kopenhagen und Christianshavn herstellten, durch neue leistungsfähigere Bauwerke ersetzt. Jene durch eine Klappbrücke, diese durch eine Drehbrücke.

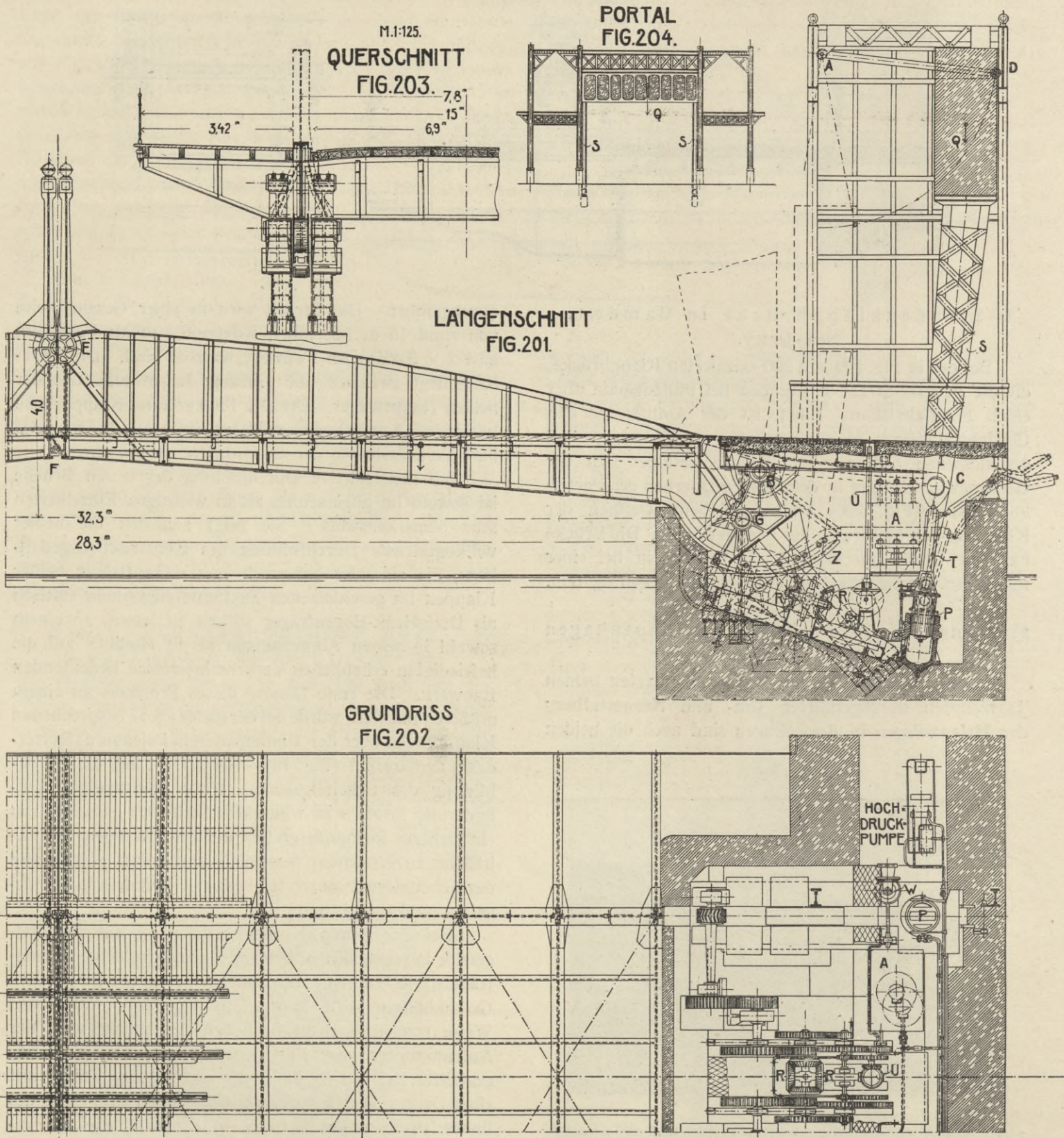
Die neue Knippelsbrücke (Fig. 205) ist zweiteilig als Dreigelenkbogen-Klappbrücke von 28,3 m lichter Durchfahrtsweite konstruiert und der Gewichtsausgleich der Klappen im Sinne der Parallelgramm-Klappbrücken

durchgeführt. Die Straße wird in einer Gesamtbreite von rund 15 m überführt, wovon 6,9 m als Fahrbahn und $2 \times 3,45$ m als Fußwege nutzbar sind. Die Fahrbahn liegt zwischen, die Fußwege liegen außerhalb der beiden Hauptträger. Die alte 1869 erbaute Klappbrücke bot nur 17,3 m lichte Durchfahrtsweite und 9,4 m nutzbare Verkehrsweite der überführten Straße dar.

Die konstruktive Durchbildung der neuen Brücke ist sowohl im allgemeinen als in wichtigen Einzelheiten sehr bemerkenswert. Sie zeigt zunächst die bisher vollkommenste Durchführung des Konstruktionsgedankens, die einander entsprechenden Hauptträger beider Klappen im geschlossenen Zustande zusammen statisch als Dreigelenk-Bogenträger wirken zu lassen, an einem sowohl in seinen Abmessungen als in Hinblick auf die befriedigten erheblichen Verkehrsinteressen bedeutenden Bauwerk. Die erste Lösung dieses Problems an einem größeren Bauwerk wurde bei der unter i S.57 besprochenen Klappbrücke über den Binnenhafen in Fejenoord (Rotterdam) angetroffen (Fig. 161—164). Dort ließ die Durchbildung des Scheitgelenkes trotz mehrmaliger Umänderung insofern zu wünschen übrig, als dasselbe, um ein sicheres Ineinandergreifen der beiderseitigen Gelenkhälften zu erreichen, beweglich angeordnet wurde und der Scheiteldruck durch flachgängige Spindeln hindurchgehen muß (vergl. Seite 57).

Bei der neuen Knippelsbrücke ist das Scheitgelenke in seinen Teilen beiderseits fest mit den Klappen-trägern verbunden. Der sichere Eingriff der beiden Gelenkhälften wird in der aus Fig. 201 ersichtlichen Weise erreicht. Beim Schließen der Brücke wird der Antriebsmotor der linken Klappe zuerst abgestellt. Bei *F* tritt dann der rechtsseitige Träger mit einer Druckrolle gegen einen entsprechenden Anschlag des linksseitigen, wodurch beide in die richtige Lage zueinander gelangen und nun gleichzeitig zum völligen Schluß kommen, indem der rechtsseitige den linksseitigen Träger mitnimmt. — Die Kämpfergelenke *G* sind mit den Lagern der Drehachse *B* zur Erhaltung der genauen Lage beider gegeneinander gemeinsam auf einen schmiedeeisernen genieteten Unterbau gestützt (vergl. Fig. 201), der bei geschlossener Brücke den Kämpferdruck und bei geöffneter das Gewicht der Klappen nebst Gegengewicht auf das Pfeilermauerwerk überträgt.

Die neue Knipfelsbrücke in Kopenhagen. M. 1:125



Die Kämpfergelenke liegen in 32,30 m Entfernung bei 4,0 m Pfeilhöhe des Bogens, so daß sich das Pfeilverhältnis auf rund 1 : 8 stellt. Die Kämpfergelenke bestehen aus zwei beiderseits mit dem Träger verbundenen Stahlgußstücken, die sich gegen die Stahlzapfen der Lager setzen.

Das Gegengewicht *Q* ist beiderseits in einem Portalbau untergebracht und stützt sich bei *C* mit zwei Gitter-

ständern *S* auf die Rückenden der Hauptträger. Seine Parallelführung erfolgt durch das in *A* und *B* feste Gelenkstab-Parallelogramm *ABCD*. Der Schwerpunkt jeder Klappe liegt auf einer Geraden durch *BC*.

Nach jedem Schließen der Brücke werden die Gegengewichte je durch zwei hydraulische Pressen *P* etwas gelichtet, zu welchem Zwecke die Bolzenlöcher in den Ständern *S* etwas länglich gestaltet sind. Dadurch

werden die Achslager *B* entlastet, das Scheitelgelenk *E* kommt unter Druck und das Eigengewicht der Klappen sowohl als die Verkehrslast gehen durch die Kämpfergelenke *G* in die Pfeiler über.

Der Angriff der Pressen *P* zum Lichten der Gegengewichte erfolgt durch die Säulen *T*, die an ihrem unteren Ende mit dem Preßkolben *P* gelenkig verbunden sind. In ihrer höchsten Stellung werden die Preßkolben durch zwei sie umschließende halbzyklindrische Schalen gegen die Zylinder abgestützt, so in ihrer Höhenlage gesichert und dadurch gleichzeitig die Zylinder hydrostatisch entlastet. Vor dem Öffnen der Brücke werden die Gegengewichte zunächst wieder auf die Rückenden der Träger herabgelassen, die Preßkolben unter völliger Entleerung der Zylinder in ihre tiefste Lage gesenkt, wobei sich die Säulen *T* in der aus Fig. 201 ersichtlichen Weise von selbst in die punktierte Lage drehen und dadurch den Weg für das sich abwärts drehende Rückende der Klappenträger frei machen.

Das Wiederanheben der Kolben nach dem Schließen der Brücke erfordert bis zur Berührung der Säulen *T* mit den Ständern *S* bei *C* nur geringe Kraft und wird aus wirtschaftlichen Rücksichten mit Druckwasser von geringem Drucke bewirkt. Nur für den letzten geringen Hubweg zum Lichten der Gegengewichte wird Hochdruckwasser benutzt. Zur Ansammlung des letzteren ist ein Akkumulator *A* vorhanden, während das Niederdruckwasser einem offenen Hochbehälter entnommen wird, der in den Portalbauten untergebracht ist, welche die Gegengewichtskörper umschließen (vergl. die Schaubilder Fig. 205 und 206).

Fig. 206 zeigt den in Aufstellung begriffenen Gegengewichtskasten mit den angeschlossenen Gitterwerkständern und läßt die oben beiderseits neben dem Gewicht vorhandenen Räume erkennen, in denen die Elektromotoren für den Antrieb der Klappen untergebracht sind und in denen auch der Brücken-Maschinist sich aufhält; je einer für jede Klappe. Die in jedem Portal vorhandenen beiden Räume sind, wie Fig. 205 zeigt, durch eine Umlaufgalerie verbunden und von den Verkehrsbahnen der Brücke aus durch Wendeltreppen zugänglich. Unter ihnen hindurch führen die beiderseitigen Fußwege, während unter dem Gegengewicht hindurch die Fahrbahn geht. Das Gegengewicht einer jeden 146 t schweren Klappe wiegt 247 t und ist aus alten Eisenbahnschienen und Gußeisenmasseln, die Zwischenräume mit Zement ausgefüllt, gebildet. Ein Eisenkasten umschließt das ganze.

Der Bewegungsantrieb der Klappen erfolgt im Sinne der Fig. 201 und 202 durch Zahnsegmente *Z* mit Winkel-

verzahnung, die direkt mit den Hauptträgern verbunden sind. Das zugehörige Rädervorgeläge ist zwischen den Rückenden der Hauptträger in den Pfeilern unterhalb der Fahrbahn untergebracht und erhält durch stehende Wellen *W* (Fig. 202) von den oben in den Seitenräumen der Portale aufgestellten 54 PS starken Elektromotoren seinen Antrieb; und zwar sind für jede Klappe zwei voneinander unabhängige Motoren vorhanden, von denen jeder für sich allein zum Betriebe der Klappe ausreicht. Der Maschinist kann also von jedem der oberen Räume aus die Klappe in Bewegung setzen. Außerdem ist zur Reserve noch ein Antrieb von Hand durch ein Gangspill *U* (Fig. 201 und 202) vorgesehen.

Zur Sicherung gleichen Kraftangriffes in beiden Zahnsegmenten *Z* einer Klappe sind Ausgleichs-(Differential-)Getriebe *R* in das Räderwerk eingefügt.

Die vorteilhafte ästhetische Gesamtwirkung des architektonischen Aufbaues der Brücke wird vielleicht dadurch etwas beeinträchtigt, daß die Form der Hauptträger nicht ihre statische Wirkung als Bogenträger zum Ausdruck bringt, sondern mehr den Eindruck eines Balkenträgers macht.

Die Brücke ist am 30. Dezember 1908 dem Verkehr übergeben und seitdem mit gutem Erfolge in Betrieb.

III. Ausgeführte neuere Leitkurven-Klappbrücken.

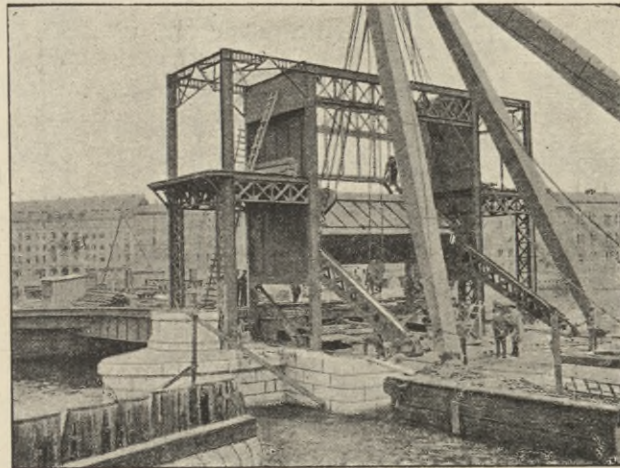
a) Klappbrücke über den Conyisland-Creek in Nordamerika.

(Fig. 207—208).

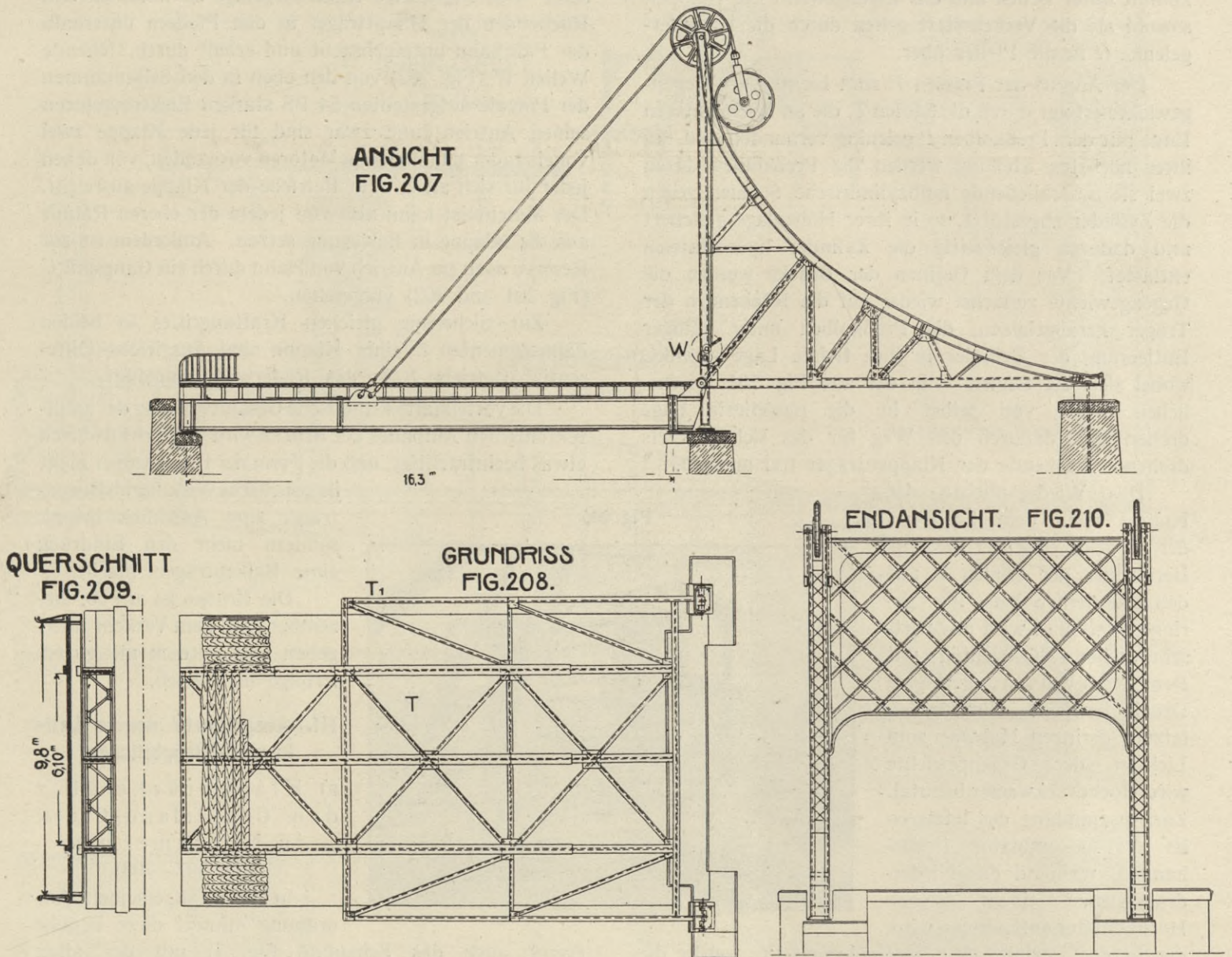
In ihrer allgemeinen Anordnung stimmt diese Brücke (vergl. auch das Schaubild Fig. 7) mit der alten Bellidorschen Brücke (vergl. Fig. 3) überein, doch übertrifft sie in ihren Abmessungen jene erheblich. Sie überschreitet den Conyisland-Creek mit rund 16 m Spannweite bei 9,60 m Verkehrsbreite der Klappenbahn.

Die Verträgerung besteht aus drei 1,05 m hohen Blechträgern *T* in 3,3 m Entfernung voneinander mit quer darüber liegenden einfachen Holzbalken. Die Fahrbahn hat einen doppelten, die Fußwege haben einfachen Bohlenbelag aus Yellow-Pine-Holz erhalten. Zum Angriff der 4,3 cm starken Drahtseile für den Gewichtsausgleich sind beiderseits neben den äußeren Klappenträgern und in fester Verbindung mit diesen noch Längsträger *T*₁ vorhanden, die in 10,50 m Entfernung voneinander liegen und von der Drehachse aus nur zwei Drittel der Länge der Klappenträger aufweisen. Nur sie sind drehbar gelagert und halten die Klappe während ihrer Drehbewegung. Die Rollbahnen der Gegengewichte werden von einer Eisenkonstruktion getragen. Der Bewegungsantrieb geschieht vermittels eines zweiten 2 cm starken Drahtseiles beiderseits durch je eine der beiden Winden *W*. Um das Schließen der Klappe beim Nachlassen

Fig. 206



Klappbrücke über den Conyisland-Creek in Nordamerika.



der Winde auch gegen Winddruck sicher zu ermöglichen, sind die Gegengewichte so bemessen, daß kein vollständiger Gewichtsausgleich besteht, die Klappe vielmehr ein gewisses Uebergewicht im Sinne des Schließens besitzt; ein Zustand, der allerdings nicht voll befriedigt.

b) Zweiteilige Klappbrücke über den Sakonet-Fluß zwischen Portsmouth und Tiverton (Röhde-Inland, Nord-Amerika). (Fig. 211—216.)

Zwischen den Städten Portsmouth und Tiverton im Staate Rohde-Inland führt eine im ganzen rund 490 m lange Straßenbrücke über den Sakonet-Fluß. Das sonst massive Bauwerk hat in seiner Mitte einen Schiffsdurchlaß von 30 m Lichtweite erhalten, der als zweiteilige Leitkurven-Klappbrücke ausgebildet ist und in seiner grundsätzlichen Anordnung der alten Delilleschen Brücke entspricht (vergl. Fig. 4).

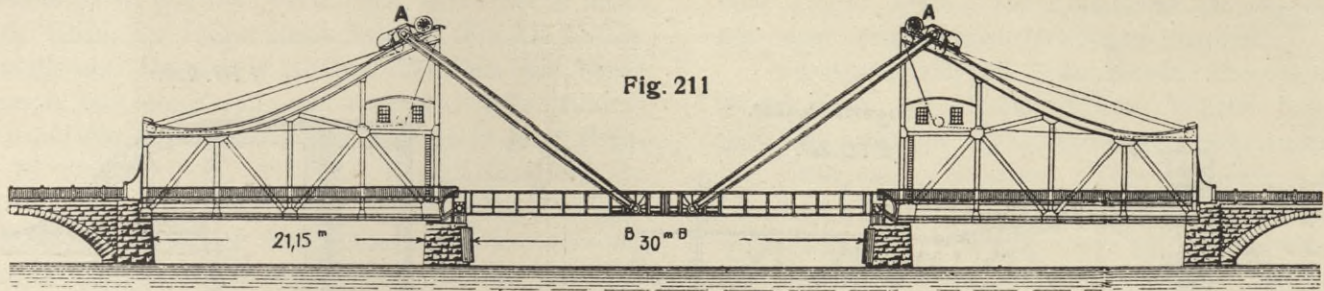
Beiderseits der eigentlichen Klappbrücke und organisch noch zu dieser gehörig sind zwei kleinere

eisenüberspannte Oeffnungen von je 21,15 m Lichtweite vorhanden, deren beide gegliederte Hauptträger in ihrer oberen Gurtung die gekrümmten Rollbahnen für das Gegengewicht tragen. Die Form dieser Rollbahnen ergibt sich aus dem Erfordernis des Gleichgewichtes der Klappen in jeder Drehlage. Für sie gelten die Ausführungen auf Seite 4. Die Verträgerung der Klappen mit im ganzen 11,10 m Nutzbreite besteht aus zwei Blechträgern von 1,88 m Höhe und zwischengefügtten Quer- und Längsträgern, die zur Aufnahme des Verkehrs einen Bohlenbelag tragen. Die Brücke ist für jeden Straßenverkehr passierbar.

Die Lagerung der 0,30 m starken, für jeden der beiden Hauptträger 1,15 m langen Drehachsen, die außer den lotrechten auch erhebliche wagerechte Kräfte aufzunehmen hat, ist aus Fig. 215 und 216 ersichtlich.

Das Gegengewicht ist in einem vierradrigen Wagen untergebracht, Fig. 214, der mit je zwei Rädern beiderseits auf den gekrümmten Obergurten der Seitenöffnung rollt und durch zwei gleichfalls in ihm aufgestellte Elektro-

Klappbrücke über den Sakonet-Fluß zwischen Portsmouth und Tiverton (Nord-Amerika).



motoren oder von Hand im Sinne der Fig. 212, 213 und 214 angetrieben wird. Je nachdem dieser Antrieb in der einen oder anderen Richtung erfolgt, findet ein Öffnen oder Schließen der Klappen statt. Die Hängestäbe *A B* sind aus Stahl genietet. Im geschlossenen Zustande der Brücke haben sie neben den Drehachsen der Klappen sowohl das Eigengewicht der letzteren als einen entsprechenden Teil der Verkehrslast aufzunehmen. Um ihnen bei *A* den dazu erforderlichen Halt zu geben, tritt der Gegengewichtswagen in seiner äußersten Stellung gegen einen Anschlag der Rollbahn. Durch diesen kann auch die gegenseitige Höhenlage der Klappen in der Brückenmitte geregelt werden, die außerdem noch durch eine Verriegelung gesichert wird. Die Hängestäbe und Hauptträger der Klappen wirken also im geschlossenen Zustande der Brücke zusammen statisch als Kragarme der Träger der Seitenöffnungen.

Die Steuerung des Bewegungsapparates einer jeden Klappe findet von einem in das Trägerwerk der Seitenöffnungen eingebauten Häuschen aus statt.

Die Brücke ist seit Ende 1907 im Betriebe.

c) Klappbrücke über den Chicagofluß in der Ashland-Avenue in Chicago (Fig. 217—220).

Diese Brücke zeigt hinsichtlich des Gewichtsausgleichs die umgekehrte Anordnung der unter *b* besprochenen. Das Gegengewicht ist zu einem Teil *G* mit den Rückarmen der Klappenträger fest verbunden (Fig. 217), zum anderen *H*, in einem Kasten untergebracht, der mit je zwei Rollen *R* beiderseits auf den Obergurten der Klappenträger rollt und dabei gleichzeitig um einen Festpunkt *C* der Seitenöffnung schwingt, mit dem er durch zwei in Fig. 217 sich deckende, in Fig. 218 und 219 mit *B* bezeichnete Gelenkstäbe verbunden ist. Die Krümmung des Obergurtes mit der daraufliegenden Rollbahn für das Gegengewicht *H* ist wieder bestimmt durch die Bedingung des Gleichgewichtes der Klappen in jeder Drehlage. Ist *P* das Gewicht einer Klappe einschließlich des mit ihr fest verbundenen Gegengewichtsanteiles *G*, so muß für jeden Teil der Bewegung sein $z \cdot H = P \cdot y$, wenn *z* und *y* die Schwerpunktswege beider Gewichte *H* und *P* im lotrechten Sinne bezeichnen.

Die Rollbewegung des beweglichen Gegengewichts *H* (Fig. 217) ist in vorliegendem Falle durch eine auf der Rollbahn angebrachte

Fig. 212

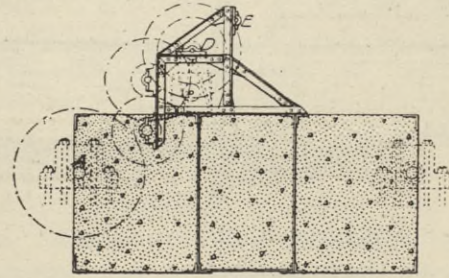


Fig. 213

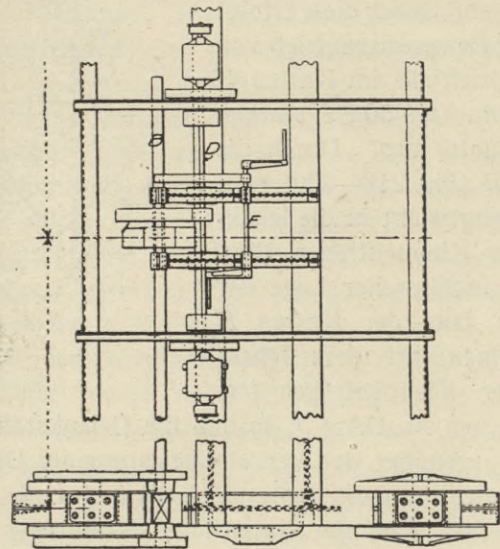


Fig. 214

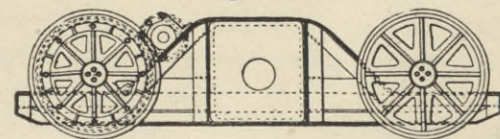


Fig. 215

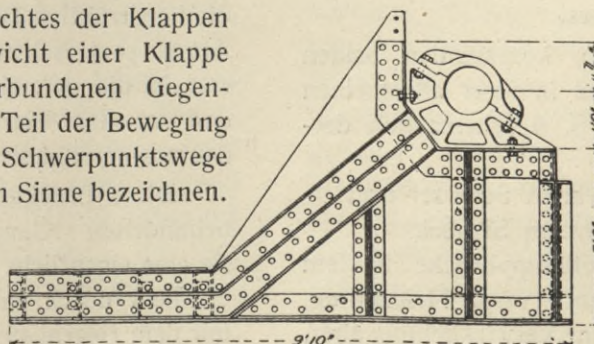
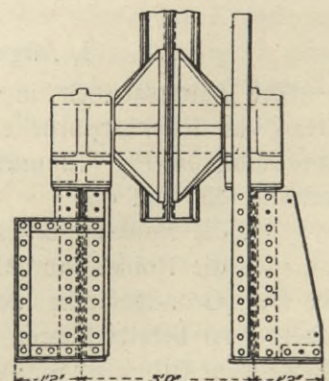


Fig. 216



Klappbrücke über den Chicagofluß in der Ashland-Avenue in Chicago.

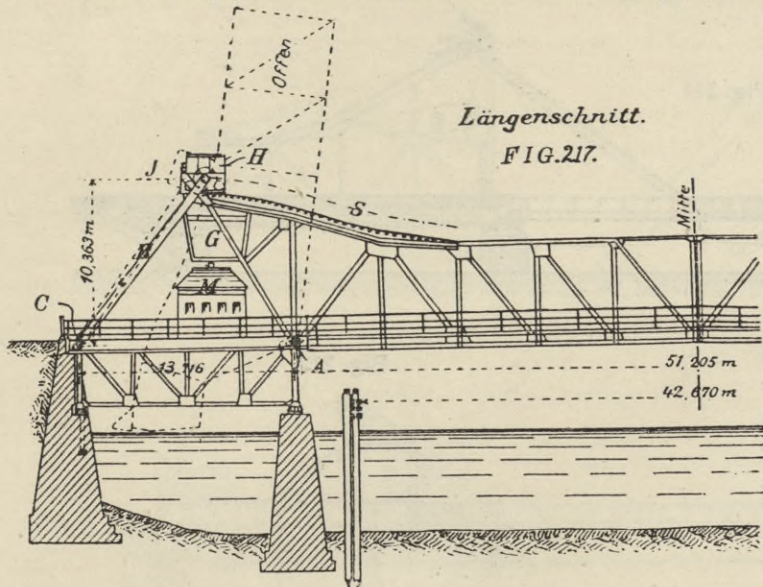
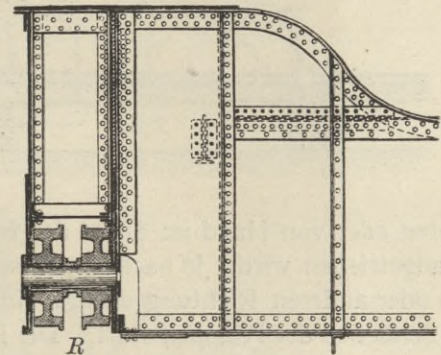
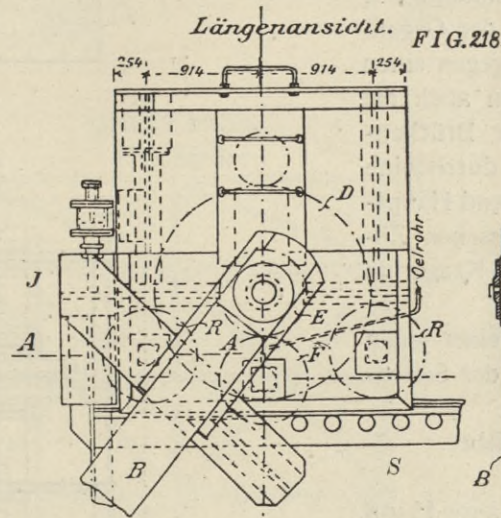


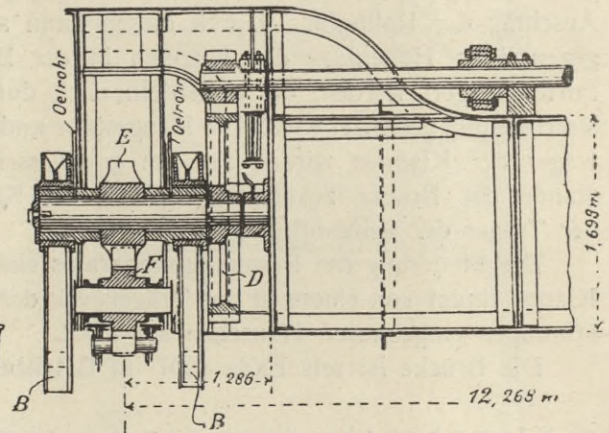
FIG. 220.



Zahnstange *S* sichergestellt, mit welcher die am Gegengewichtskasten *H* drehbar gelagerten Getriebe *F* (Fig. 218 u. 219) im Eingriff stehen. Durch diese erfolgt auch der Bewegungsantrieb von einem gleichfalls im Kasten *H* untergebrachten 50 PS. starken Elektromotor aus. Durch die Rollen *R* (Fig. 218—220) geht das Gegengewicht in die Rückarme der Klappenträger über.



Querschnitt. FIG. 219.



In geschlossener Lage der Klappen tritt der Kasten *H* gegen einen mit dem Rückende der Klappenträger fest verbundenen Anschlag *J*, so daß die Gelenkstäbe *B* die Klappe gegenüber der Verkehrsbelastung im Drehungsgleichgewicht um die Achse *A* halten und die Hauptträger beider Klappen statisch als Kragträger wirken.

Hauptträger der Brücke liegen 12 m von Mitte bis Mitte auseinander, schließen eine Fahrbahn von 10,80 m Nutzbreite ein und tragen außerhalb auf Konsolen zwei Fußwege von je 2,4 m Nutzbreite.

Die Brücke überschreitet in 42,67 m Lichtweite zwischen den Leitwerken den Chicagofluß. Die beiden

Die Brücke ist 1902 fertiggestellt und in Betrieb genommen.

§ 8.

Klappbrücken mit wagerecht verschieblicher Achse und starrem Gewichtsausgleich. Rollklappbrücken.

I. Allgemeines.

Die hauptsächlich in Frage kommenden beiden Arten von Rollklappbrücken sind in ihrer allgemeinen Anordnung in Fig. 12 und 13 S. 6 schematisch dargestellt. Es sind das

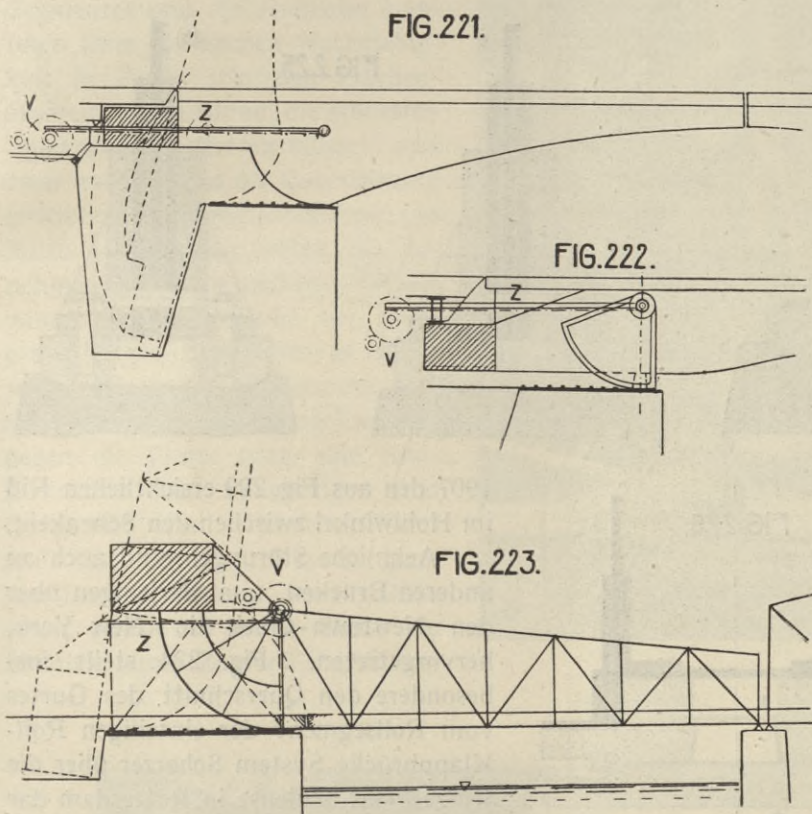
1. die Rollklappbrücke System Scherzer und
2. die Rollklappbrücke System Strobel.

Der Grundgedanke der Rollklappbrücke System Scherzer ist bereits älteren Datums (vergl. Heinzerling, „Bewegliche Brücken“ S. 52). Seine Verwirklichung aber,

die konstruktive Durchbildung von Klappbrücken dieser Art zu praktisch wertvollen Verkehrseinrichtungen fällt erst in die neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts und ist das Verdienst des inzwischen verstorbenen deutsch-amerikanischen Ingenieur Scherzer in Chicago.

Diese Brücken unterscheiden sich von den bisher behandelten Klappbrücken vor allem dadurch, daß sie eine eigentliche Drehachse überhaupt nicht besitzen, vielmehr durch eine Rollbewegung der ganzen Klappe mit dem Gegengewicht geöffnet und geschlossen werden.

Zu diesem Zwecke sind mit den Klappenträgern Kreis-segmente bzw. Sektoren verbunden, deren Ebene meist mit der Ebene der Träger zusammenfällt (Fig. 221 u. 223), jedenfalls aber ihr parallel ist (Fig. 222). Mit Hilfe dieser Segmente rollt die Klappe auf wagerechten Rollbahnen. Um dabei das Gleichgewicht der Klappe in jeder Drehlage zu gewährleisten, wird der Gewichtsausgleich so bewirkt, daß der Schwerpunkt in die Achse der Roll-segmente fällt. Nur in dem Sinne kann diese auch als Achse der Klappe angesehen werden. Um die Lage der Klappe auf der Rollbahn zu sichern, kleine Verschiebungen zu verhindern, wie sie durch störende Ein-flüsse, seitlichen Winddruck, Angriff der Triebkräfte



für die Bewegung usw. entstehen können, ist eine Art Verzahnung zwischen Rollsegment und Rollbahn vorhanden, die meist nur aus zahnartigen Zapfen auf der Rollbahn und entsprechenden Löchern in den Segmenten besteht, neuerdings aber auch bei einigen Brücken neben der Rollbahn als wirkliche Verzahnung durchgeführt ist.

Der Bewegungsantrieb erfolgte zuerst und geschieht auch jetzt noch vielfach durch in den Achsen der Roll-segmente angreifende wagerechte Zahnstangen Z (Fig. 221 und 222), die von einem außerhalb der Klappe fest gelagerten Zahnradvorgelege bewegt werden. Neuerdings wird häufig auch die Zahnstange Z beiderseits dicht neben der Klappe in wagerechter Lage fest eingebaut und der Antrieb erfolgt durch ein in der Klappe achsrecht mit den Rollsegmenten gelagertes Getriebe v , das sich in der festen Zahnstange entlang wickelt und von einem gleichfalls in die Klappe fest eingebauten Elektro-

motor bewegt wird (Fig. 223). Auch wagerechte „Seile ohne Ende“ werden zur Erzeugung der erforderlichen hin- und hergehenden Bewegung benutzt.

Die Anordnung der Rollsegmente richtet sich natur-gemäß nach der Gestaltung des ganzen Bauwerkes, nach den örtlichen Verhältnissen und insbesondere nach der verfügbaren Bauhöhe. Werden nach Lage der Umstände die Klappenträger unterhalb der Verkehrsbahn angeordnet (Fig. 221), so müssen auch die Rollsegmente und Rollbahnen hier ihren Platz finden. Der mögliche Radius der ersteren ist in solchen Fällen in seiner Länge durch die verfügbare Bauhöhe begrenzt und kann unter Umständen verhältnismäßig klein ausfallen, um so mehr, als über die Rollsegmente auch die Gegengewichts-arme der Klappenträger zu liegen kommen. Um auch in solchen Fällen beschränkter Bau-höhe noch die Lage der Fahrbahn über den Klappenträgern zu ermöglichen, ist man zuerst bei der Hansabrücke in Stettin dazu geschritten, die Rollsegmente als selbständige Bauteile aus-zubilden und in symmetrischer Queranordnung seitlich mit den Trägern zu verbinden (Fig. 222), wobei dann allerdings während der Rollbewegung der Klappen deren ganzes Gewicht durch die Verbindung in die Segmente übergehen muß. Diese Lösung bringt aber andererseits noch den Vorteil mit sich, daß die Rollsegmente nun aus einem Stück bestehen und in ihrer Form exakter hergestellt werden können, als wenn sie einen Teil der Klappenträger bilden und in diese ein-gebaut sind. Auch fallen sie, aus gutem Stahlguß einteilig hergestellt, den konzentrierten Druck-kräften gegenüber, die von ihnen in die Roll-bahnen übergehen, widerstandsfähiger aus, worauf weiter unten noch zurückzukommen sein wird.

Kommt die Verkehrsbahn zwischen die Haupt-träger zu liegen, so ist man hinsichtlich der Größe der Rollsegmente nicht beschränkt (Fig. 223). Sie werden dann aber wieder als Teile der Klappen-träger in diese eingefügt. Naturgemäß fallen jetzt auch die in der Achse der Rollsegmente angreifenden Bewegungskräfte, weil sie an größeren Hebelarmen angreifen, kleiner und die Uebertragungsorgane, Ver-zahnungen usw. schwächer aus.

Ueber das größere Rollsegment ragt nun das Gegen-gewicht rückwärts meist nur wenig und zuweilen gar nicht hinaus, so daß ein Brückenkeller nur in geringer Tiefe oder garnicht erforderlich wird. Auch wenn ein kleineres Rollsegment mit den Klappenträgern unter der Verkehrsbahn angeordnet wird, ist für die Gegen-gewichtsarme, nur soweit sie über das Rollsegment hinausragen, eine Vertiefung, bzw. ein Brückenkeller geringer Tiefe erforderlich. Neben ihrer großen Einfachheit liegt hierin hauptsächlich der wirtschaftliche Vorzug der Klappbrücken dieser Art. Ein anderer wesentlicher wirtschaftlicher Vorteil derselben gegenüber den Klapp-brücken mit fester Achse und starrem Gewichts-ausgleich liegt darin, daß die Klappenträger erheblich kürzer

ausfallen, weil die Unterstützung sowohl im geöffneten als im geschlossenen Zustande im Achsquerschnitt erfolgt, der bei geschlossener Brücke der Mauerfront der Durchfahrtsöffnung meist sehr nahe liegt.

Da alle Punkte der Klappe während der Rollbewegung Zykloiden beschreiben, so durchläuft die Abschlußkante der beweglichen gegen die anschließende feste Verkehrsbahn eine einfach zyklologisch gekrümmte Fläche und die Trennungsfuge zwischen beiden muß daher tangential zu jener Fläche gerichtet sein, wobei indes zu bemerken ist, daß eine der bis auf einen geringen Zwischenraum zusammentretenden Fugenflächen — wenn die Fuge hinter der Achse der ge-

(vgl. Fig. 231–235) erhielt im Rollsegment den aus Fig. 235 ersichtlichen Querschnitt. Sie ist bis heute ungestört im Betriebe. Die erste Zerstörung trat im Jahre 1905 an den Rollsegmenten der 1901 in Betrieb genommenen zweiteiligen Brücke in der Tailor-Straße in Chicago hervor, die in rund 49,0 m Weite den Chicago-Fluß überschreitet und eine 9,8 m breite Verkehrsbahn aufweist. Die Gurte der Rollsegmente sind in der Querschnittsanordnung (Fig. 224) ausgeführt. Fig. 227 und 228 zeigen die Zerstörung der Gurte an einem der beiden Flügel im Jahre 1905. Sie besteht in einer Trennung der Schenkel der Gurtwinkel voneinander. An dem anderen Flügel derselben Brücke zeigten die Gurtwinkel der Segmente erst im Jahre

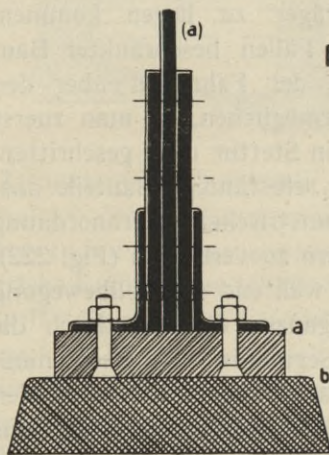


FIG. 224.

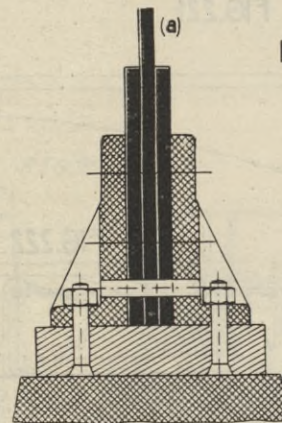
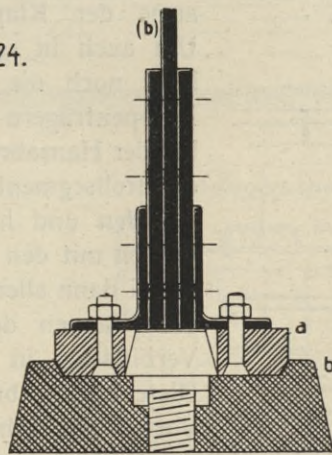
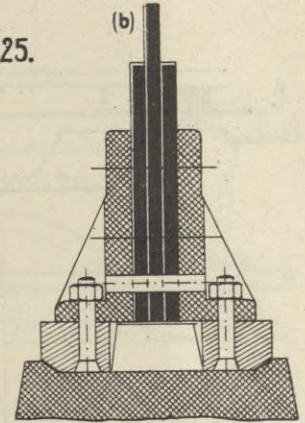


FIG. 225.



schlossenen Klappe liegt, die bewegliche (Fig. 221 und 222), wenn sie vor der Achse liegt, die feste (Fig. 223) — lotrecht gerichtet sein kann.

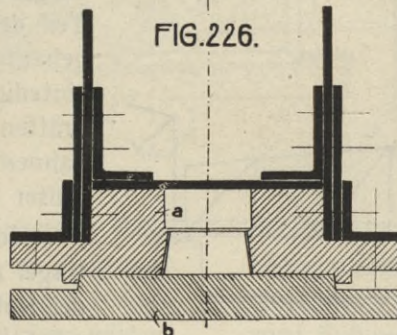
Die Sicherung der Klappe bzw. der Klappen in geschlossener Lage erfolgt durch dieselben Mittel, Rückendverschluß, Vorderendverschluß, Verriegelung usw., wie bei den Klappbrücken mit fester Achse.

Ein Punkt, der bei der konstruktiven Durchbildung der Rollklappbrücken System Scherzer nicht sogleich eine völlig befriedigende Lösung gefunden hat, ist die für den konzentrierten Druckübergang vom Rollsegment zur Rollbahn hinreichend widerstandsfähige Gestaltung beider, insbesondere aber des ersteren. Mißerfolge durch Zerstörungen an den Rollsegmenten sind denn auch mehrfach hervorgetreten und zwar naturgemäß zuerst dort, wo Brücken der Art ihre erste Ausführung erfahren haben, nämlich in Chicago, von wo aus, um es gleich auch hervorzuheben, die Rollklappbrücken System Scherzer trotz jener erstlichen Mißerfolge eine überraschend schnelle Verbreitung gefunden haben.

Die Gestaltung der an der Druckübertragung in erster Linie beteiligten Gurte des Rollsegmentes erfolgt im allgemeinen wie aus Fig. 224 und 226 ersichtlich. Hat der Trägergurt \perp -Form, so erhält auch der Gurt des Rollsegmentes die entsprechende Form (Fig. 226).

Die erste im Jahre 1895 in der Van-Buren-Straße in Chicago nach dem System erbaute zweiteilige Brücke

FIG. 226.



1907 den aus Fig. 229 ersichtlichen Riß im Hohlwinkel zwischen den Schenkeln.

Ähnliche Störungen sind auch an anderen Brücken, u. a. derjenigen über den Newtown-Creek in New York, hervorgetreten. Fig. 224 stellt insbesondere den Querschnitt des Gurtes vom Rollsegment der einteiligen Rollklappbrücke System Scherzer über die Ruige-Plaat-Schleuse in Rotterdam dar (vergl. auch Fig. 236 und 237). An dieser

Brücke hatten sich im Jahre 1910 gleichfalls die Schenkel der Gurtwinkel des Rollsegmentes voneinander getrennt und wurde eine Reparatur erforderlich. Die gewalzten Winkel von 1,3 cm Stärke wurden durch Stahlgußwinkel von 3,5 cm Schenkelstärke mit Querrippen zwischen den Schenkeln ersetzt (Fig. 225).

Eine dem konzentrierten Kraftangriff gegenüber hinreichend widerstandsfähige Gestaltung der Gurte der Rollsegmente wird immer besondere Aufmerksamkeit des Konstrukteurs erfordern. Eine einigermaßen zutreffende rechnerische Verfolgung der verwickelten Spannungsvorgänge bei dem Druckübergange vom Rollsegment zur Rollbahn ist bislang nicht gelungen und wird auch wohl kaum in dem Maße zu erwarten sein, daß sich von vornherein mit Sicherheit die erforderlichen Stärkenabmessungen rechnerisch feststellen ließen. Die bisher gesammelten Erfahrungen aber werden genügen, um durch zweckmäßige Querschnittsanordnung und Stärkenbemessung der Segmentgurte und der Rollbahnen,

sowie durch Verwendung von Stoffen mit tunlichst hoher Elastizitätsgrenze der Schwierigkeiten soweit Herr zu werden, daß es gelingt, die dem System eigenen technischen und wirtschaftlichen Vorzüge auszunutzen und ihm ein entsprechendes Verwendungsgebiet offen zu halten.

Das Ziel wird sicher erreicht, wenn es gelingt, die auftretenden Spannungen innerhalb der Elastizitätsgrenze und dauernde sich nach und nach summierende Formänderungen fern zu halten. Verfolgt man den Kräftefluß vom Segment zur Rollbahn und umgekehrt an Hand der Querschnitte (Fig. 224), so erkennt man zunächst, daß dort, wo die Rollplatte *a* des Segmentes und die Rollbahn *b* infolge ihrer elastischen Nachgiebigkeit in einem schmalen Flächenstreifen sich berühren, die stärksten Spannungen auftreten müssen, und zwar wegen der in der Querrichtung auftretenden Biegemomente von der Mitte nach beiden Seiten hin abnehmend. Ebenso muß beim Uebergange der Kräfte von der Rollplatte *a* des Segmentes in dieses selbst, der in der Hauptsache dort stattfindet, wo der verstärkte Steg gegen die Platte tritt, eine Konzentration der Spannungen und demgemäß eine erhebliche Formänderung und Stoffanstrengung stattfinden. Wird nun, wie Fig. 224b zeigt, gerade an dieser Stelle die Platte *a* durch Zapfenlöcher unter-

Rollsegmente der Klappbrücke in der Tailorstraße, Chicago. Fig. 227.

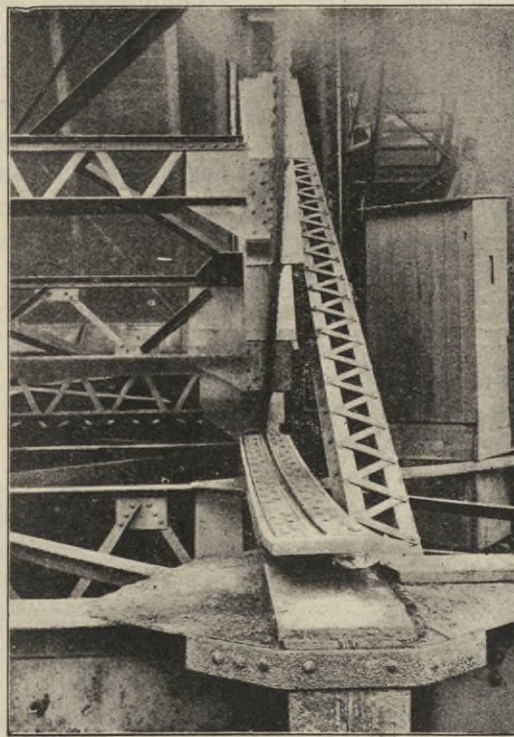
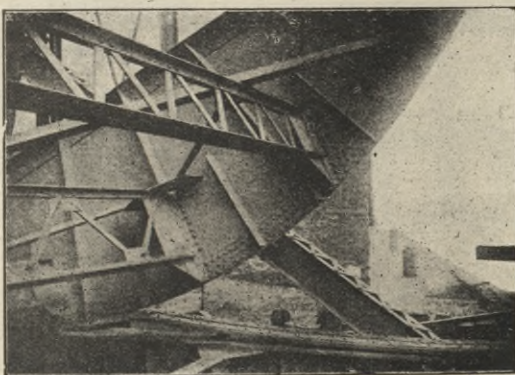


Fig. 228.

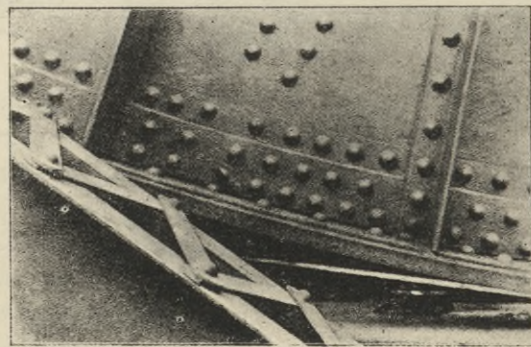


brochen und dadurch der naturgemäße Kraftübergang gestört, derart, daß dieser nun, wenn die Berührung zwischen Segment und Rollbahn gerade über ein Loch hinweg stattfindet, wesentlich auch durch die wagerechten Winkelschenkel hindurch erfolgen muß, so kann es natürlich ohne Ueberanstrengung derselben namentlich in ihrer Wurzel nicht abgehen, und dieser Umstand wird wesentlich zu der Trennung der Schenkel beigetragen haben, die sicher von den Zapfenlöchern ihren Ausgang genommen hat.

Ist die Verstärkung des Steges, dort wo er gegen die Rollplatte *a* tritt, nicht hinreichend, sodaß die Spannungen hier die Elastizitätsgrenze überschreiten und dauernde Reckungen in der Längsrichtung auftreten, die in dem wagerechten Winkelschenkel nicht in gleichem Maße entstehen können, so sind dadurch allmählich stärker werdende Scherspannungen in der Längsrichtung an seiner Wurzel unvermeidlich. Auch dieser Vorgang muß im Sinne der Trennung der Winkelschenkel wirken.

Aus diesen Darlegungen wird ersichtlich, daß eine Anordnung des Rollsegment-Gurtes nach Fig. 224 und 224a statisch unvorteilhaft ist, wenn die Zapfen und Zapfenlöcher wie in Fig. 224a angeordnet werden. Läßt es sich nicht erreichen, die Zapfenlöcher aus der Rollplatte *a* überhaupt fern zu halten, so bietet die Gestaltung des Querschnittes nach Fig. 225 einen befriedigenden Ausweg. Eine andere und wohl noch bessere Lösung bietet die Gestaltung, welche die Rollsegmente u. a. an der neuen Albrechtsbrücke in Rotterdam erhalten haben, bei der sie aus einem einheitlichen Stahlgußstück bestehen (vergl. Fig. 246 und 247), ein Ausweg, der allerdings nur gangbar ist, wenn es sich nicht um zu große Segmente handelt. Können die Gurte der Klappen-träger \perp -Form erhalten, so wird man die Zapfenlöcher zwischen den

Fig. 229.



beiden Stegen anordnen und so von selbst zu der statisch vorteilhaften Gestaltung des Rollsegment-Querschnittes Fig. 226 gelangen, welcher an der in Fig. 270—272 dargestellten Rollklappbrücke in Buenos-Aires ausgeführt ist.

Die erstlichen Mißerfolge an den Segmenten der Rollklappbrücken System Scherzer haben den deutsch-amerikanischen Ingenieur Strobel zur Konstruktion der in Fig. 12 schematisch dargestellten Art von Rollklappbrücken veranlaßt (vergl. auch Fig. 230). Bei

diesen ist eine wirkliche materielle Drehachse vorhanden, die mit der Klappe auf Rollen R wagrecht verschieblich ist. Sie besteht meist aus zwei Stücken und ist so hoch angeordnet, daß das fest mit der Klappe verbundene Gegengewicht, durch welches der gemeinsame Schwerpunkt beider in die mathematische Drehachse verlegt wird, beim Oeffnen der Klappe über dem Wasser und, wenn erforderlich und möglich, über der Verkehrsbahn verbleibt, sodaß ein Brückenkeller nicht erforderlich wird. Um bei dieser hohen Lage der Achse einerseits die Stützweite der Klappen so gering wie möglich zu halten und andererseits beim Oeffnen der Klappe die freie Durchfahrt nicht zu beschränken, rollt jene, indem sie geöffnet wird, selbsttätig soweit zurück, daß sie völlig hinter die die Durchfahrt begrenzende Lotebene zu liegen kommt. Das wird erreicht durch zwei Gelenkstäbe AB , die in A mit einem Festpunkt am Endauflager und bei B mit den Rückarmen der Klappenträger drehbar verbunden sind. Wird die Klappe um ihre Achse O gedreht, so schwingt der Stab AB um A und erstere rollt zurück.

Der Bewegungsantrieb der Klappe kann beispielsweise durch zwei in O angreifende wagerechte Zahnstangen Z geschehen, die durch Getriebe T bewegt werden. Statt der wagerecht verschieb-

lichen Zahnstange Z kann auch eine solche Z_1 Verwendung finden, die um einen Festpunkt C schwingt. Der Antrieb erfolgt dann durch ein am Rückarm festes Getriebe R_2 .

II. Ausgeführte Rollklappbrücken System Scherzer.

a) Zweiteilige Klappbrücke über den Chicagofluß in der van Burenstraße in Chicago. (Fig. 231—235.)

Es ist dies die erste nach dem System ausgeführte Klappbrücke. Sie ist am 4. Februar 1895 für den Verkehr eröffnet und überschreitet den Fluß in 33,25 m Lichtweite. Jede Klappe hat drei gegliederte Hauptträger von der aus Fig. 231 ersichtlichen Form, die in je 6,40 m Entfernung von Mitte bis Mitte voneinander liegen, zwischen sich in mittlerer Höhe zwei mit Bohlen abgedeckte Fahrbahnen und beiderseits außen auf Konsolen je einen 2,45 m breiten Fußweg tragen

(Fig. 232). Die im geschlossenen Zustande der Brücke als Kragträger wirkenden Hauptträger der Klappen ruhen mit ihren Rollsegmenten bei a auf der aus Stahlguß hergestellten Rollbahn bzw. auf dem Pfeilermauerwerk. Sie finden ihre negative

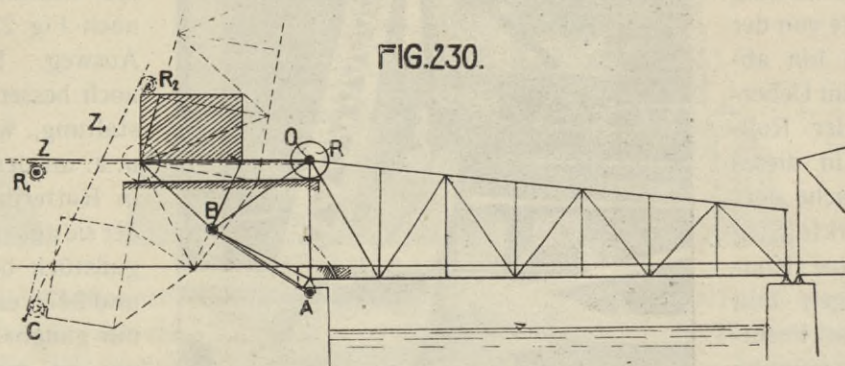


FIG. 230.

Rollklappbrücke in der van Burenstraße in Chicago.

FIG. 231.

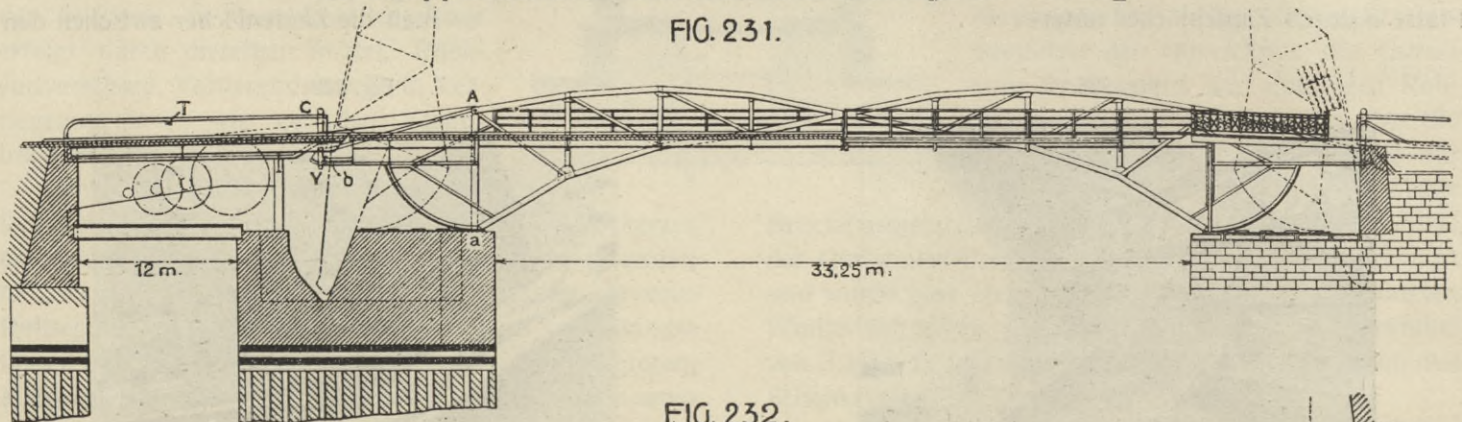
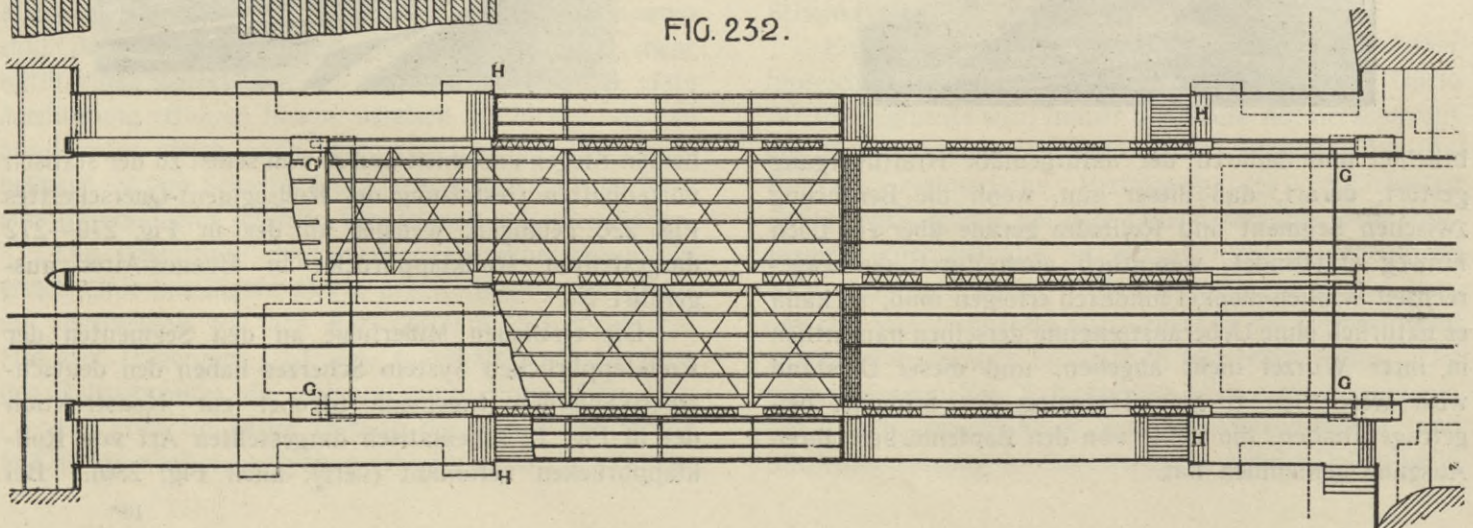
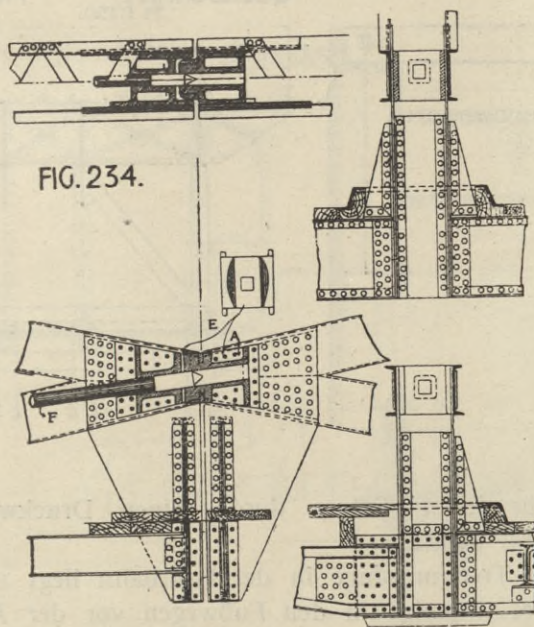
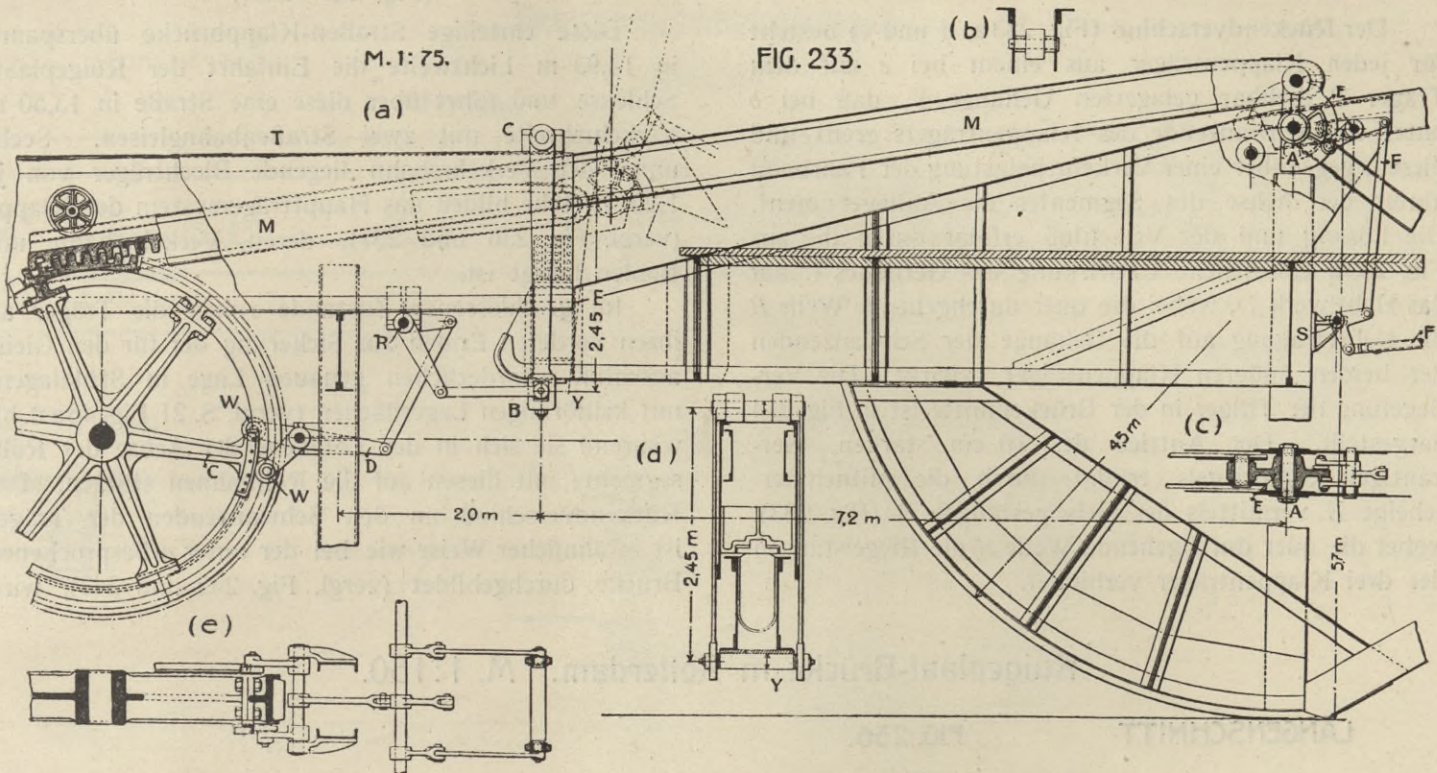


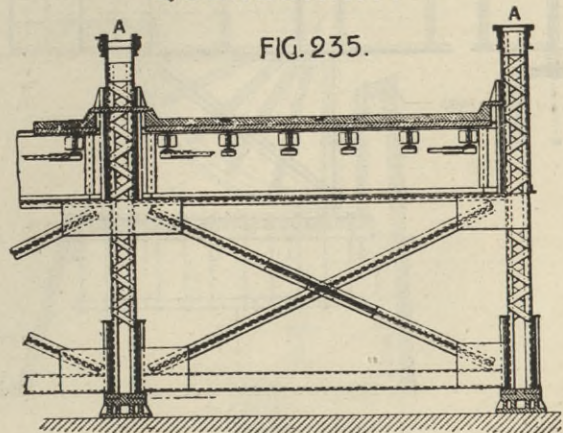
FIG. 232.



Rollklappbrücke in der van Burenstraße in Chicago. Einzelheiten.



QUERSCHNITT



Rückendstütze bei *b* unter dem vollwandigen Kastenträger *T* einer kleinen Seitenöffnung, der über seine schmiedeeiserne Stütze *S* hinwegragt und mit dieser im Mauerwerk verankert ist (vergl. Fig. 233 a und d). Um den Stoß an der Berührungsstelle der negativen Stütze beim Schließen der Brücke zu mildern, sind die im Querschnitt \square \square -förmigen Schwanzenden der Klappenträger mit Eichenholz ausgefüllt, die gegen in den Kastenträgern der Seitenöffnung befestigte Stahlfußstücke treten (vergl. Fig. 233 d).

Die Trennungsfuge der Fahrbahn liegt hinter der Achse des Rollsegmentes in der Richtung *GG* (Fig. 232), diejenige der Fußwege dicht vor der Achse in der Richtung *HH*.

Die Rollsegmente und Rollbahnen haben die aus Fig. 235 ersichtlichen Querschnittsformen.

Der Bewegungsapparat ist in seinen Hauptteilen aus Fig. 233 ersichtlich. Sein Antrieb erfolgt für jede Klappe durch einen Elektromotor von 50 PS. Der Angriff der Klappen durch die Zahnstangen *M* mit zugehörigem Getriebe geschieht nur an dem mittleren Hauptträger. Die Uebertragung der Antriebskraft auf die beiden andern ist durch eine kräftige Querverstrebung nach Maßgabe der Fig. 235 gesichert. Die Zahnstange *M* ist nicht unmittelbar, sondern vermittels einer Mitnehmerscheibe *E* bei *A* mit dem mittleren Klappenträger verbunden (vergl. Fig. 233 a). Dadurch, daß sich diese Scheibe um etwa 90° gegen die Klappe zu drehen und die Zahnstange *M* sich um ein entsprechendes Maß zu verschieben vermag, bevor die Klappe in Bewegung kommt, wird es ermöglicht, vermittels des Antriebsapparates gleich auch den Rückendverschluß und die Verriegelung vor dem Öffnen

der Klappen zu lösen und nach Schluß derselben zu verschließen.

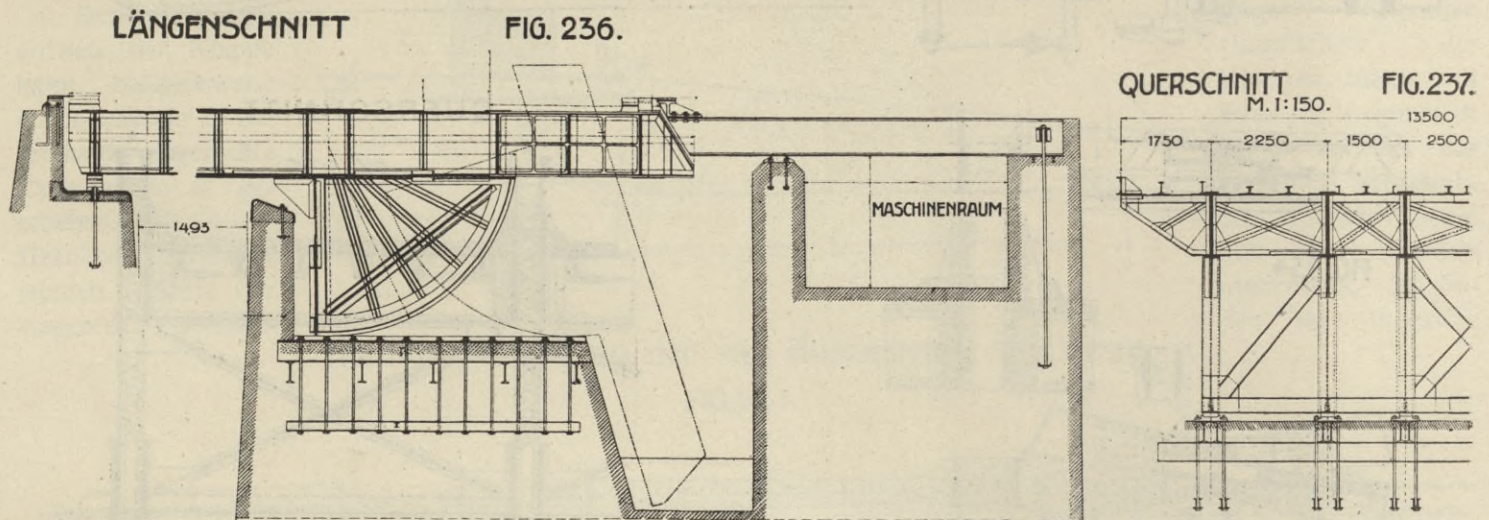
Der Rückendverschluß (Fig. 233 a, d und e) besteht für jeden Klappenträger aus einem bei *c* auf dem Träger *T* drehbar gelagerten Gehänge *Y*, daß bei *b* unter das Schwanzende des Klappenträgers greift und diesem gegenüber einer Verkehrsbelastung der Fahrbahn hinter der Achse des Segmentes als Auflager dient. Die Lösung und der Verschluß erfolgt durch die aus Fig. 233 a ersichtliche Einwirkung des Getriebes *C* auf das Hebelwerk *D*, wobei die quer durchgehende Welle *R* die Uebertragung auf die Gehänge der Schwanzenden der beiden äußeren Klappenträger bewirkt. Die Verriegelung der Träger in der Brückenmitte ist in Fig. 234 dargestellt. Der Antrieb des 10 cm starken, vierkantigen Stahlriegels erfolgt durch die Mitnehmerscheibe *E* vermittels des Hebelgestänges *F* (Fig. 233), wobei die quer durchgehende Welle *S* die Riegelstangen der drei Klappenträger verbindet.

b) Ruigeplaat-Brücke in Rotterdam. (Fig. 236—243.)

Diese einteilige Straßen-Klappbrücke überspannt in 14,93 m Lichtweite die Einfahrt der Ruigeplaat-Schleuse und führt über diese eine Straße in 13,50 m Verkehrsbreite mit zwei Straßenbahngleisen. Sechs unter der Verkehrsbahn liegende Blechträger von je 1,20 m Höhe bilden das Hauptträgersystem der Klappe (vergl. Fig. 236 und 237), deren Verkehrsbahn mit Bohlen belegt ist.

Im geschlossenen Zustande ruhen die Träger an ihren vorderen Enden zur Sicherung der für den Gleisanschluß erforderlichen genauen Lage in Stützlagern mit keilförmigen Lagerflächen (vergl. S. 21 Fig. 46 a u. b), während sie sich in der Lotebene der Achse der Rollsegmente mit diesen auf die Rollbahnen stützen. Der Rückendverschluß an den Schwanzenden der Träger ist in ähnlicher Weise wie bei der unter *a* besprochenen Brücke durchgebildet (vergl. Fig. 242 und 243), wird

Ruigeplaat-Brücke in Rotterdam. M. 1:150.



Der Gewichtsausgleich ist bei dieser ersten Rollklappbrücke so bewirkt, daß der Schwerpunkt einer jeden Klappe im geschlossenen Zustande der Brücke etwas unter und seitlich neben der Achse der Rollsegmente liegt, so daß beim Öffnen und Schließen der Klappen gegen das Ende der Bewegung ein rückdrehendes, also verzögerndes Moment entsteht, das einem Stoße entgegenwirkt. Für den Fall eines etwaigen Versagens der Betriebskraft sind automatisch wirkende Luftdruckbremsen vorhanden, welche die Klappen in jeder Lage festzuhalten vermögen.

Diese Brücke ist seither in ungestörtem Betriebe gewesen, abgesehen von einem kurz nach ihrer Inbetriebnahme plötzlich während der Öffnung eingetretenen Versagens der Stromzuleitung. Durch das Stillstehen der Brücke in halb geöffneter Stellung wurde eine Kollision mit einem heranfahrenden Schiff veranlaßt, dessen Masten dabei zu Bruch gingen, während die Brücke unbeschädigt blieb.

aber für jeden Träger durch einen Druckwasserzylinder *C* betätigt.

Die Trennungsfuge in der Fahrbahn liegt wieder hinter, diejenige in den Fußwegen vor der Achse.

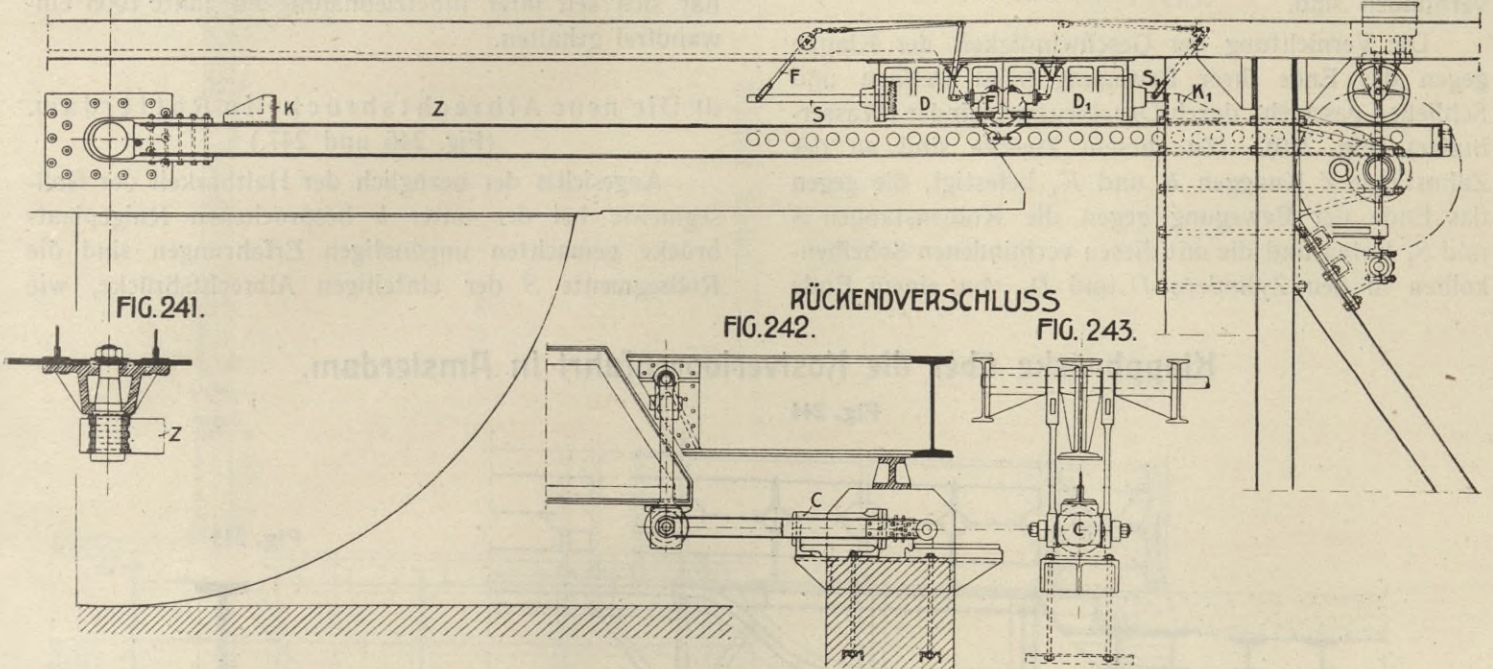
Die Brückenklappe ist der Länge nach derart in zwei für gewöhnlich fest miteinander verbundenen Hälften gebaut, daß diese sich notfalls, wenn Ausbesserungen erforderlich werden, trennen und jede für sich betreiben lassen.

Die Rollsegmente haben beim Neubau der Brücke im Jahre 1905 den in Fig. 224 dargestellten Querschnitt erhalten, sind dann aber 1910, als die auf Seite 74 besprochene Zerstörung der Gurtwinkel eintrat, durch Auswechslung der letzteren gegen Stahlgußwinkel nach Fig. 225 verstärkt.

Der Bewegungsantrieb erfolgt in der aus Fig. 238 bis 240 ersichtlichen Weise durch Elektromotoren *E*. Nur die beiden äußeren Hauptträger werden durch Zahnstangen *Z* angegriffen, welche, wie aus Fig. 241

Ruigeplaat-Brücke in Amsterdam. Bewegungseinrichtungen.

FIG.240. ANSICHT M. 1:60.



GRUNDRISS

FIG.238.

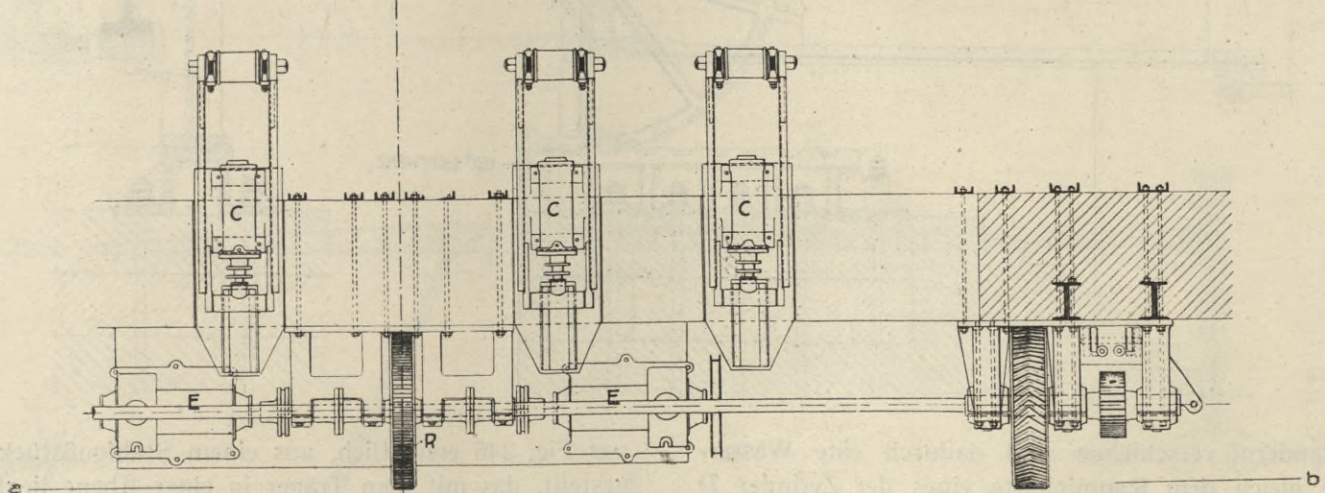
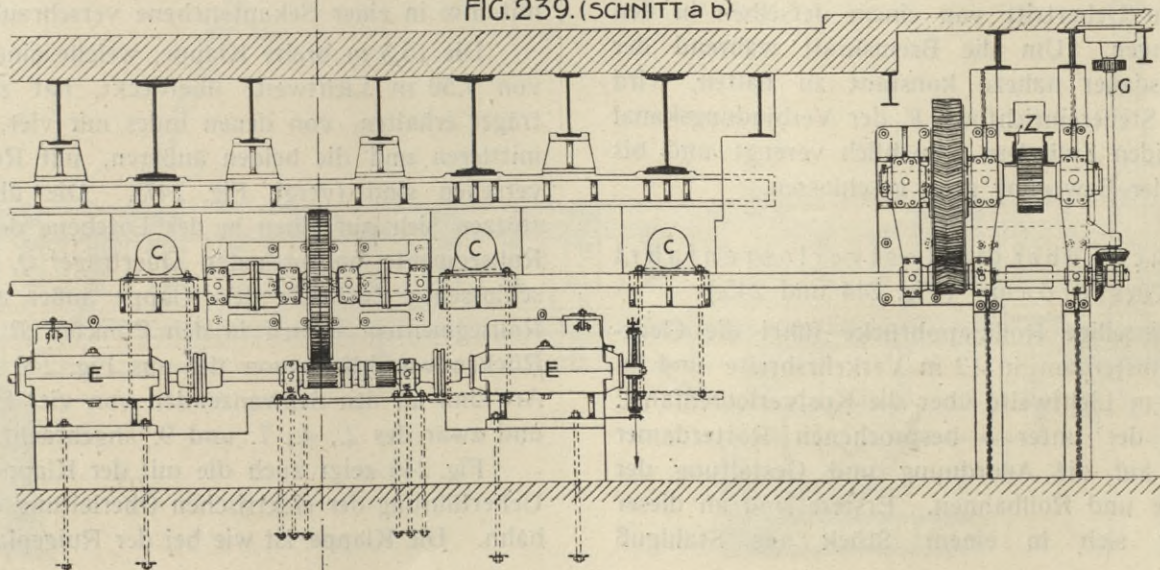


FIG.239. (SCHNITT a b)



ersichtlich, mit ihnen in der Achse des Rollsegmentes verbunden sind. Zur Sicherung eines gleichen Kraftüberganges in beide äußeren Hauptträger ist die Vorgelegewelle W in zwei Teilen ausgeführt, die durch ein Ausgleichsgetriebe R (Fig. 238 und 239) verbunden sind.

Die Vernichtung der Geschwindigkeit der Klappe gegen das Ende ihrer Bewegung beim Öffnen und Schließen geschieht durch Druckwasserzylinder (Wasserbuffer) (Fig. 240). Zu diesem Zwecke sind an der Zahnstange Z Knaggen K und K_1 befestigt, die gegen das Ende der Bewegung gegen die Kolbenstangen S und S_1 treten und die mit diesen verbundenen Scheibenkolben in den Zylindern D und D_1 von einem Ende

hergestellt und mit den vier Vollwandhauptträgern seitlich verschraubt. Die Verzahnung befindet sich nicht, wie bei der Ruigeplaatbrücke in der Mitte der Rollbahn, sondern seitwärts derselben, sodaß der Druckübergang durch sie nicht gestört wird. Die Brücke hat sich seit ihrer Inbetriebnahme im Jahre 1905 einwandfrei gehalten.

d) Die neue Albrechtsbrücke in Rotterdam.
(Fig. 246 und 247.)

Angesichts der bezüglich der Haltbarkeit der Rollsegmente bei der unter b besprochenen Ruigeplaatbrücke gemachten ungünstigen Erfahrungen sind die Rollsegmente S der einteiligen Albrechtsbrücke, wie

Klappbrücke über die Kostverloorenfahrt in Amsterdam.

Fig. 244

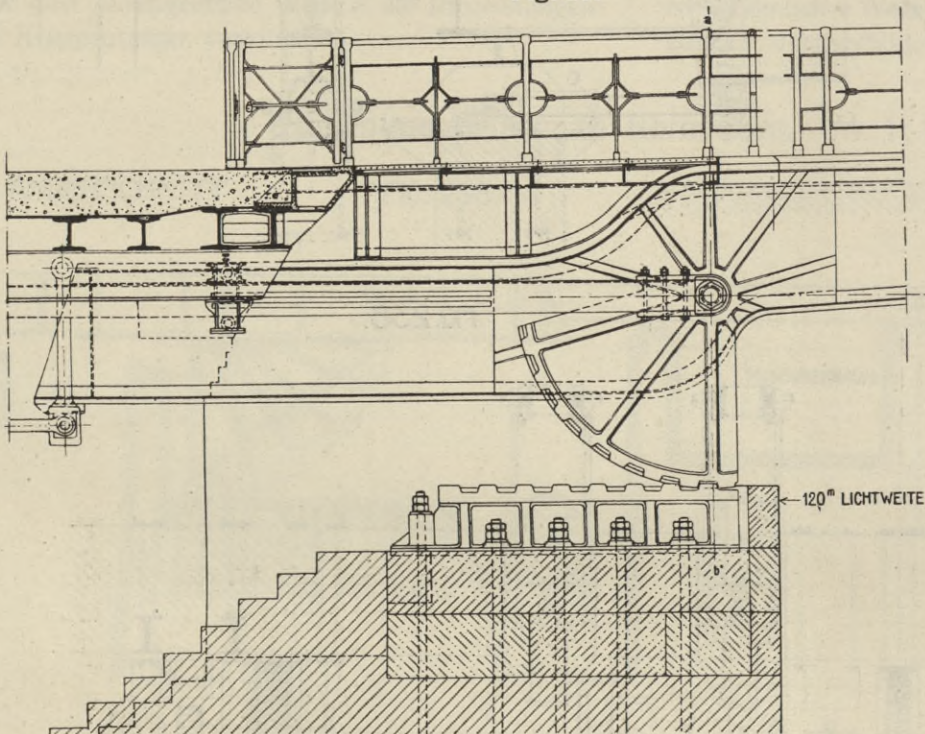
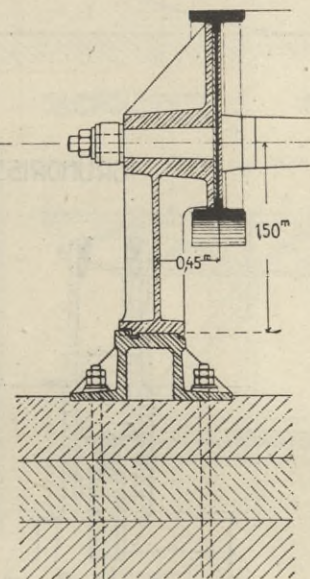


Fig. 245



zum andern verschieben und dadurch eine Wassermenge gleich dem Rauminhalte eines der Zylinder D und D_1 zum Uebertritt von einem derselben in den andern zwingen. Um die Bremskraft während der Verzögerungsdauer nahezu konstant zu halten, wird durch eine Steuereinrichtung F der Verbindungskanal zwischen beiden Zylindern allmählich verengt und bis zum Ende der Bewegung ganz geschlossen.

c) Die Brücke über die Kostverloorenfahrt in Amsterdam. (Fig. 244 und 245.)

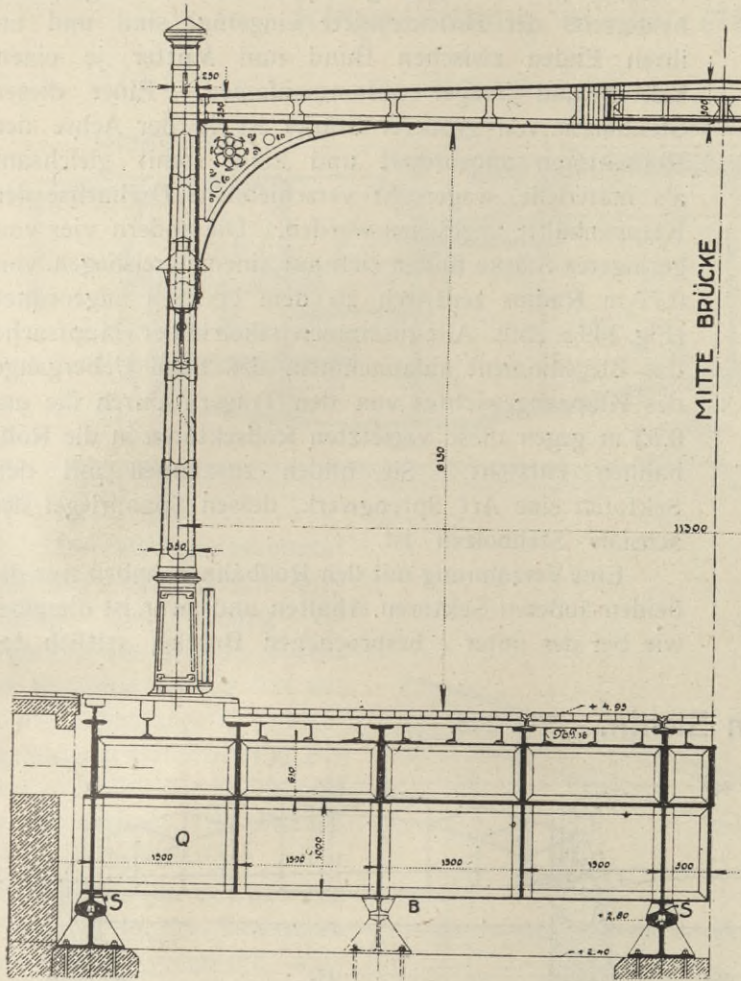
Diese einteilige Rollklappbrücke führt die Clerkstraße in Amsterdam in 12 m Verkehrsbreite und in ebenfalls 12 m Lichtweite über die Kostverloorenfahrt. Sie gleicht der unter b besprochenen Rotterdamer Brücke bis auf die Anordnung und Gestaltung der Rollsegmente und Rollbahnen. Erstere sind an dieser Brücke für sich in einem Stück aus Stahlguß

aus Fig. 246 ersichtlich, aus einem Stahlgußstück hergestellt, das mit dem Träger in einer Ebene liegt und mit ihm in einer Sekantenebene verschraubt ist.

Die 15,5 m breite Klappe, welche eine Durchfahrt von 7,50 m Lichtweite überdeckt, hat zehn Hauptträger erhalten, von denen indes nur vier, die beiden mittleren und die beiden äußeren, mit Rollsegmenten versehen sind (vergl. Fig. 247). Die übrigen sechs stützen sich auf einen in der Lotebene der Achse der Rollsegmente angeordneten Querträger Q , der im geschlossenen Zustande der Klappe außer auf den vier Rollsegmenten S noch in den Punkten B gestützt ist. Rückendverschlüsse von der aus Fig. 246 ersichtlichen Art sind an den Schwanzenden von vier Hauptträgern und zwar des 2., 4., 7. und 9. angebracht.

Fig. 246 zeigt auch die mit der Klappe bewegliche Ueberführung der elektrischen Oberleitung der Straßenbahn. Die Klappe ist wie bei der Ruigeplaatbrücke so

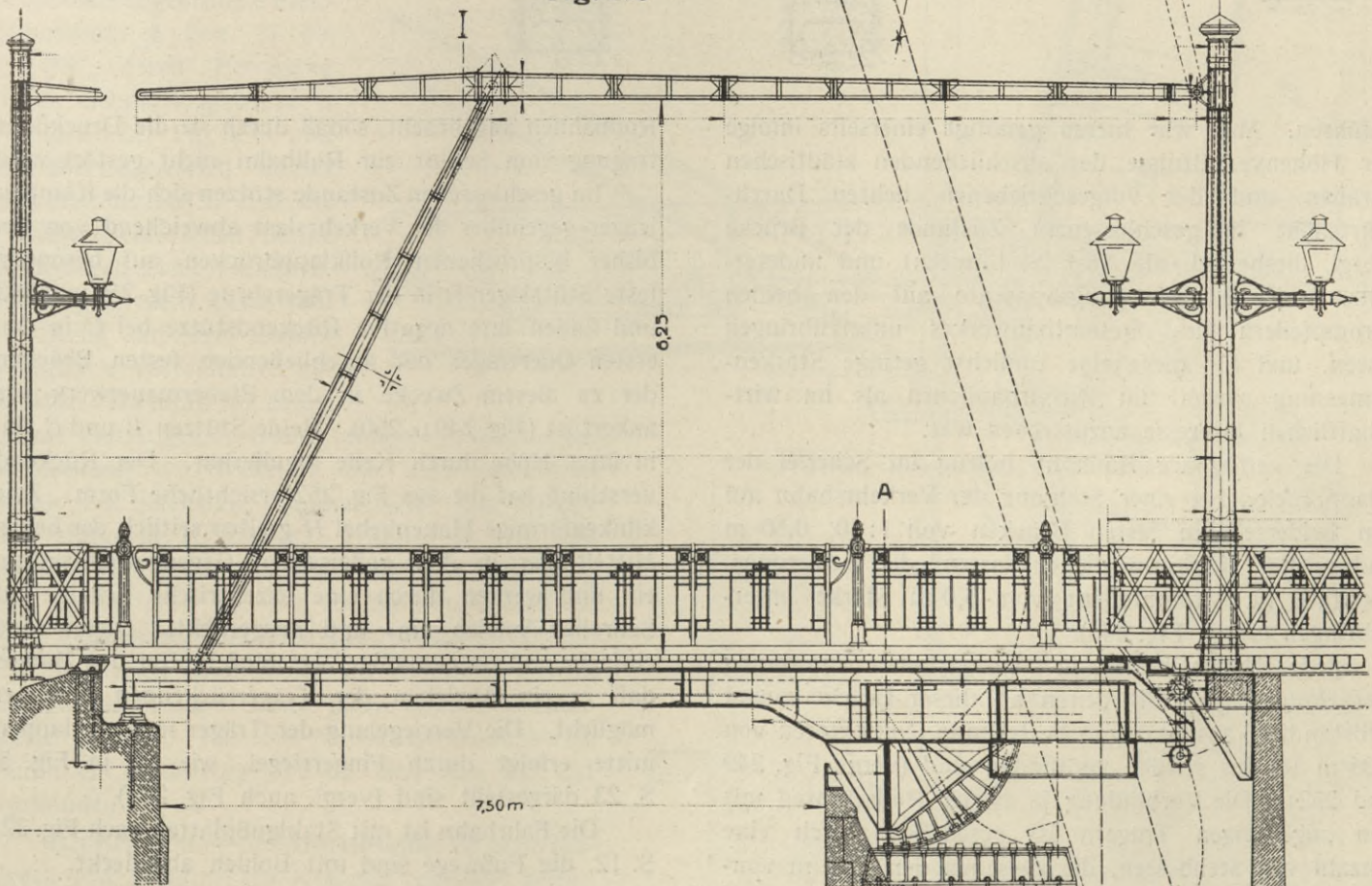
Fig. 247



Die neue Albrechtsbrücke in Rotterdam.

M. 1:80.

Fig. 246



konstruiert, daß sie notfällig in der Mitte geteilt und jede Hälfte für sich betrieben werden kann.

Der maschinelle Antrieb erfolgt gleichfalls wie bei der genannten älteren Rollklappbrücke. Die Brücke ist im Jahre 1910 neu gebaut.

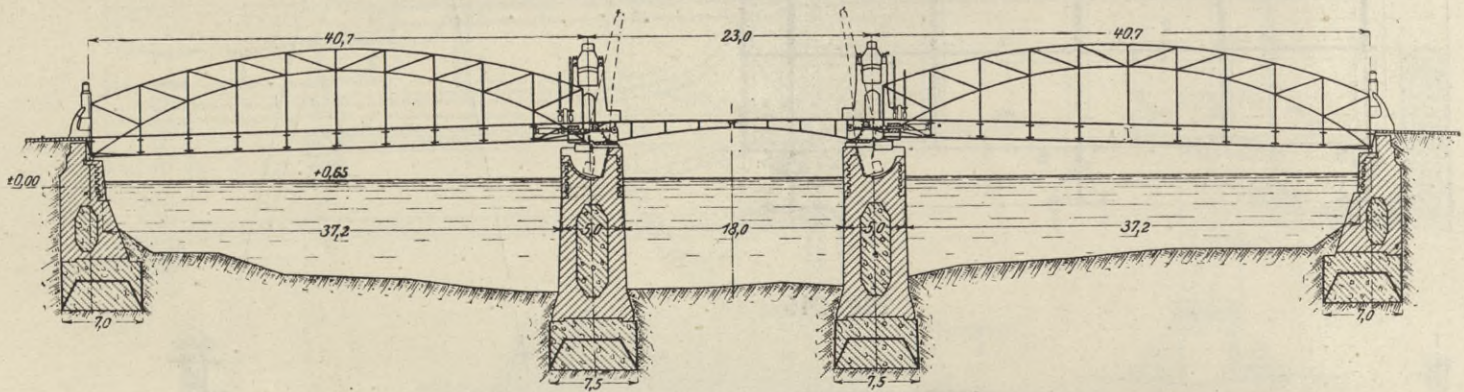
e) Die Klappöffnung der Hansabrücke in Stettin.

Eine besondere Entwicklung hat die Rollklappbrücke, System Scherzer, an einer Reihe von Brücken in Stettin und anderen Ostsee-Hafenstädten erfahren. Der Schiffsdurchlaß in der am 8. Mai 1903 dem Verkehr übergebenen Hansabrücke in Stettin ist die älteste dieser Brücken, die man in ihrer Besonderheit wohl als „Stettiner Rollklappbrücken“ bezeichnen könnte. Bei ihnen handelte es sich in erster Linie um die Lösung der Aufgabe, den Scherzerschen Konstruktionsgedanken bei knappster Bauhöhe und Lage der Klappen-träger unter der Fahrbahn, sowie mit geringster wagerechter Ausdehnung des Bewegungsapparates durch-

einander entfernten Trägern der beiden Trägerpaare beiderseits der Brückenmitte eingefügt sind und an ihren Enden zwischen Bund und Mutter je einen Sektor und Träger zusammenfassen. Einer dieser Stehbolzen von größerer Stärke ist in der Achse der Rollsektoren angeordnet und kann somit gleichsam als materielle, wagrecht verschiebliche Drehachse der Klappenhälfte angesehen werden. Die andern vier von geringerer Stärke finden sich auf einem Kreisbogen von 0,77 m Radius zentrisch zu dem ersteren angeordnet (Fig. 249 u. 250). Alle zusammen haben in der Hauptsache das Biegemoment aufzunehmen, das beim Uebergange des Klappengewichtes von den Trägern durch die um 0,35 m gegen diese versetzten Rollsektoren in die Rollbahnen entsteht. Sie bilden zusammen mit den Sektoren eine Art Sprengwerk, dessen Spannriegel der achsiale Stehbolzen ist.

Eine Verzahnung mit den Rollbahnen haben nur die beiden äußeren Sektoren erhalten und zwar ist dieselbe, wie bei der unter *c* besprochenen Brücke, seitlich der

Hansabrücke in Stettin. Fig. 248.



zuführen. Man war hierzu genötigt einerseits infolge der Höhenverhältnisse der anschließenden städtischen Straßen und der vorgeschriebenen lichten Durchfahrts Höhe in geschlossenem Zustande der Brücke (vergl. diesbezügl. die Ausf. S. 1 unten) und andererseits, weil die Bewegungsapparate auf den beiden Stropfteilern des Gesamtbauwerkes unterzubringen waren, und für diese eine tunlichst geringe Stärkenabmessung sowohl im wasserbaulichen als im wirtschaftlichen Interesse anzustreben war.

Die verfügbare Bauhöhe betrug im Scheitel der Klappbrücke, bei einer Steigung der Verkehrsbahn auf den beiderseitigen festen Brücken von 1:40, 0,50 m und es hat sich ermöglichen lassen, die Bewegungsapparate in Stropfteilern von 5,0 m Stärke unterzubringen (vergl. Fig. 248).

Jede Klappe besitzt in symmetrischer Anordnung vier Hauptträger, mit denen an dieser Brücke zuerst selbständige, aus Stahlguß bestehende Rollsektoren von 1,05 m Radius seitlich verbunden sind (vergl. Fig. 249 und 252). Die Verbindung je zweier Rollsektoren mit den zugehörigen Trägern ist geschehen durch eine Anzahl von Stehbolzen, die zwischen den 2,85 m von-

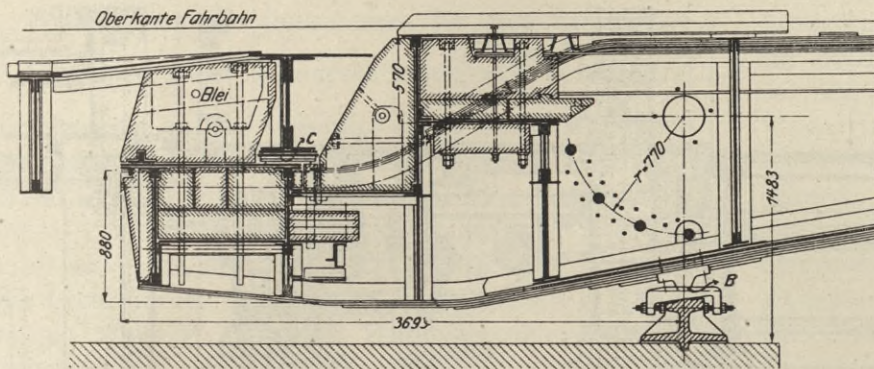
Rollbahnen angebracht, sodaß durch sie die Druckübertragung vom Sektor zur Rollbahn nicht gestört wird.

Im geschlossenen Zustande stützen sich die Klappen-träger gegenüber der Verkehrslast abweichend von den bisher besprochenen Rollklappbrücken auf besondere feste Stützlager *B* in der Trägerebene (Fig. 250 und 252) und finden ihre negative Rückendstütze bei *C* in dem ersten Querträger der anschließenden festen Brücken, der zu diesem Zwecke in dem Pfeilermauerwerk verankert ist (Fig. 249 u. 250). Beide Stützen *B* und *C* sind in ihrer Höhe durch Keile regulierbar. Der Rückendverschluß hat die aus Fig. 252 ersichtliche Form. Zwei klinkenförmige Hakenhebel *H* greifen seitlich der beiden Mittelträger in den gußeisernen Gegengewichtskörper ein und werden durch eine exzentrische Scheibe mit Seilrollen-Antrieb ein- und ausgerückt. Dieser sonst einfache und zweckmäßige Verschluß besitzt den Mangel, daß er ein Anziehen der Trägerrückenden nicht ermöglicht. Die Verriegelung der Träger in der Klappenmitte erfolgt durch Fingerriegel, wie sie in Fig. 58 S. 23 dargestellt sind (vergl. auch Fig. 249).

Die Fahrbahn ist mit Stahlgußplatten nach Fig. 32b S. 12, die Fußwege sind mit Bohlen abgedeckt.

Klappöffnung in der Hansabrücke in Stettin.

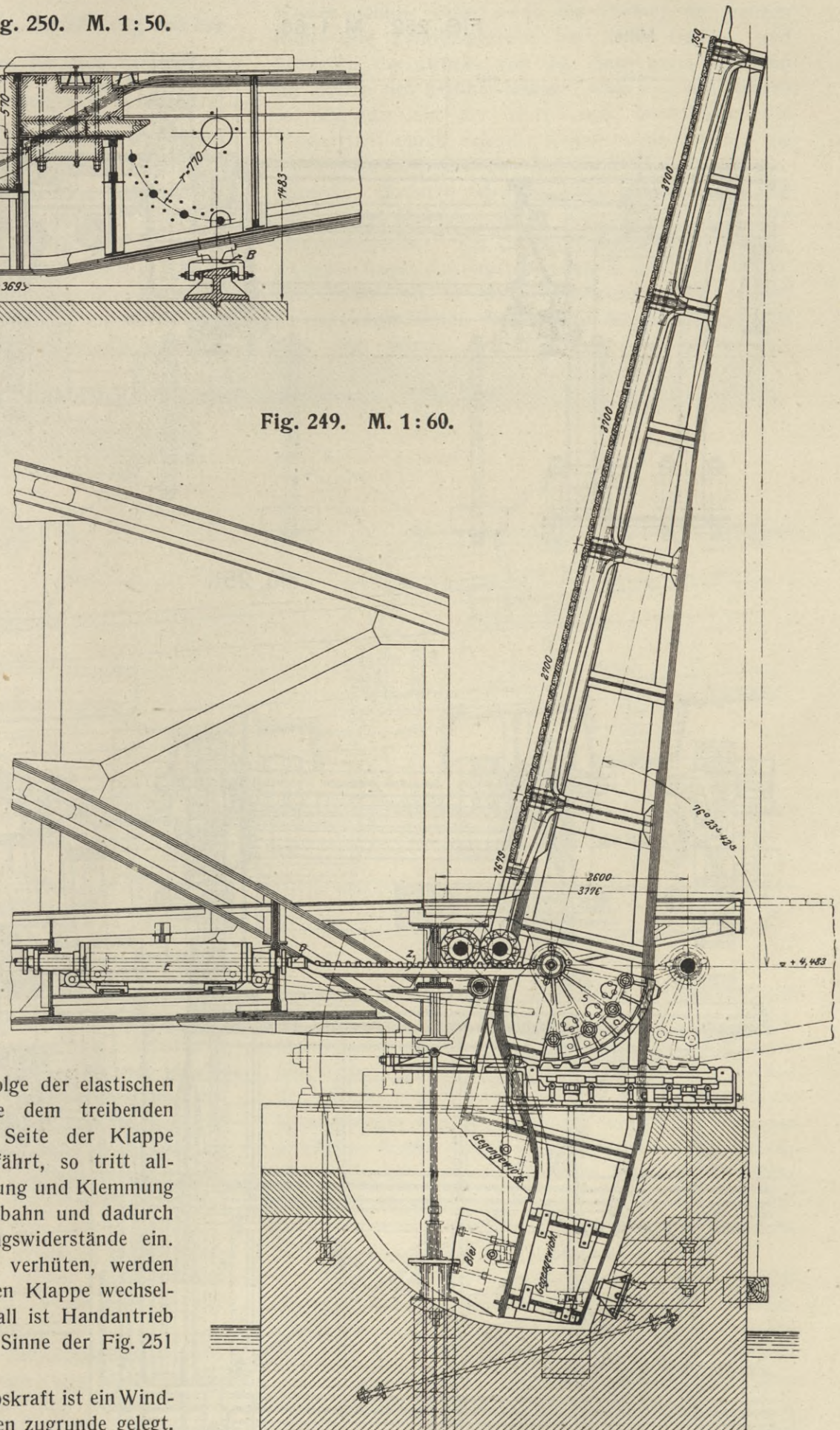
Fig. 250. M. 1:50.



Der Bewegungsapparat hat hier eine besonders sorgfältige Durchbildung erfahren. Im Grunde besteht er im Sinne der Fig. 221 aus einer Zahnstange *Z* mit zugehörigem Getriebe (Fig. 249 bis 252) und bietet insofern nichts Neues. Der Antrieb beider Zahnstangen einer Klappe, die an den äußeren Sektoren in der Drehachse angreifen, geschieht vermittle einer durchgehenden Welle *W* (Fig. 251) durch beiderseits angeordnete Elektromotoren *A* von 27 bis 35 PS., deren Bewegung durch Schneckengetriebe *G* im Sinne der Fig. 251 und 253 übertragen wird. Es hat sich herausgestellt, daß die Bewegung einer jeden Klappe auch durch einen Elektromotor geschehen kann und in Bezug auf den Stromverbrauch vorteilhafter geschieht. Da indes bei einem derart einseitigen Antriebe infolge der elastischen Verdrehung der Welle *W* die dem treibenden Motor am nächsten liegende Seite der Klappe den stärksten Kraftangriff erfährt, so tritt allmählich eine gewisse Verschiebung und Klemmung der Rollsektoren auf der Rollbahn und dadurch eine Vermehrung der Bewegungswiderstände ein. Um das nach Möglichkeit zu verhüten, werden die beiden Motoren einer jeden Klappe wechselseitig benutzt. Für den Notfall ist Handantrieb durch ein Rädervorgelege im Sinne der Fig. 251 vorhanden.

Bei Berechnung der Antriebskraft ist ein Winddruck von 30 kg/m² der Klappen zugrunde gelegt.

Fig. 249. M. 1:60.



Klappöffnung der Hansabrücke in Stettin.

Mitte

FIG. 252. M. 1:60.

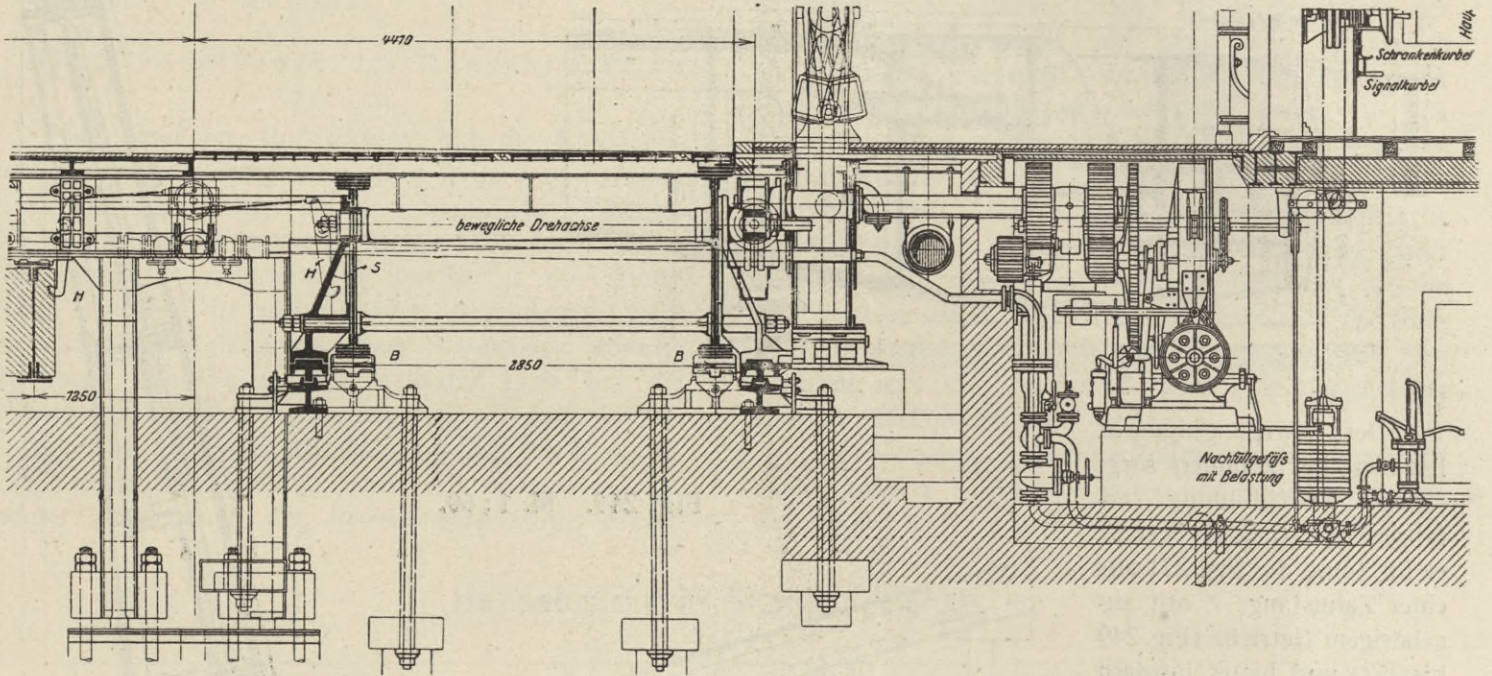
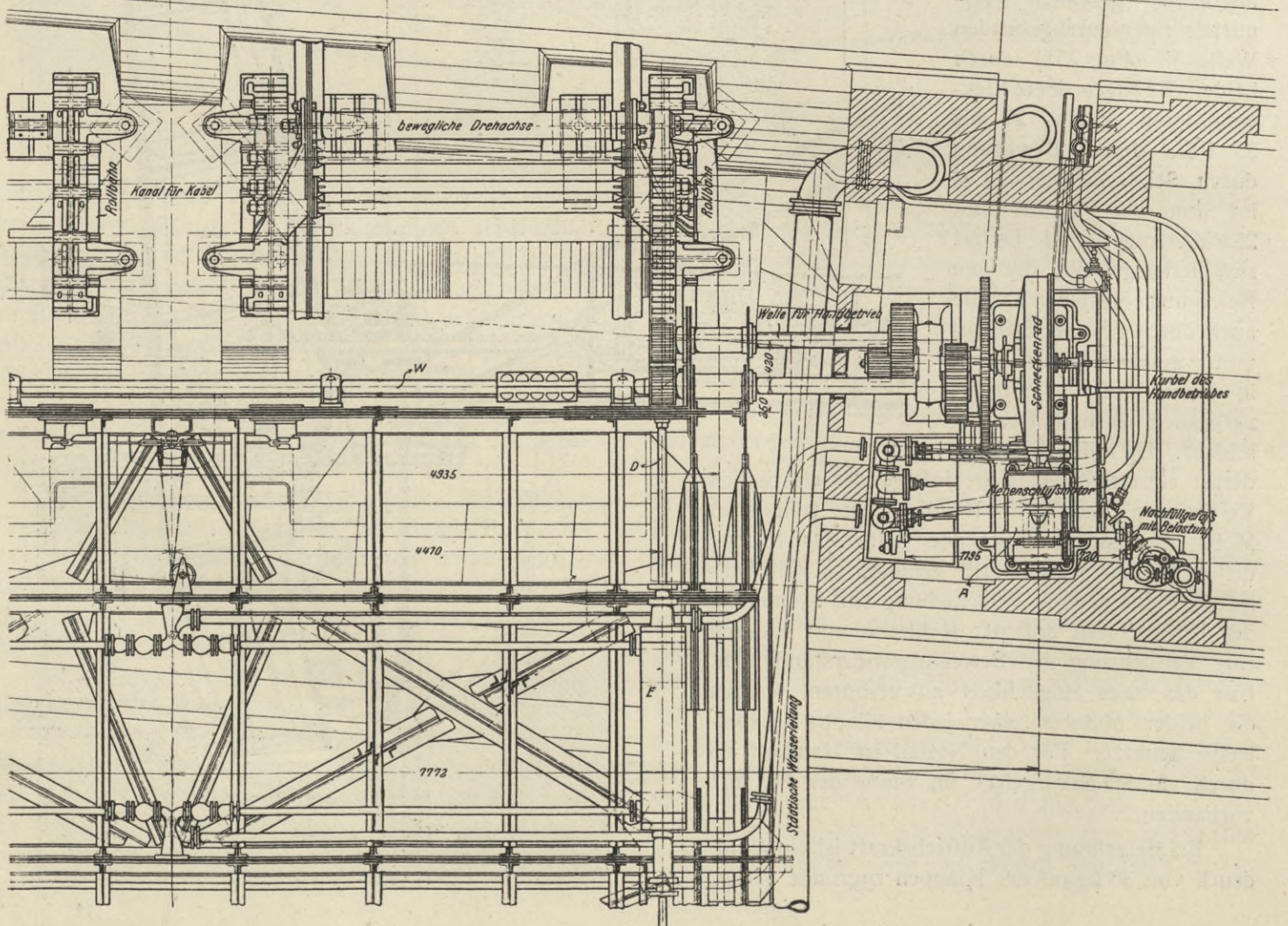


FIG. 251.

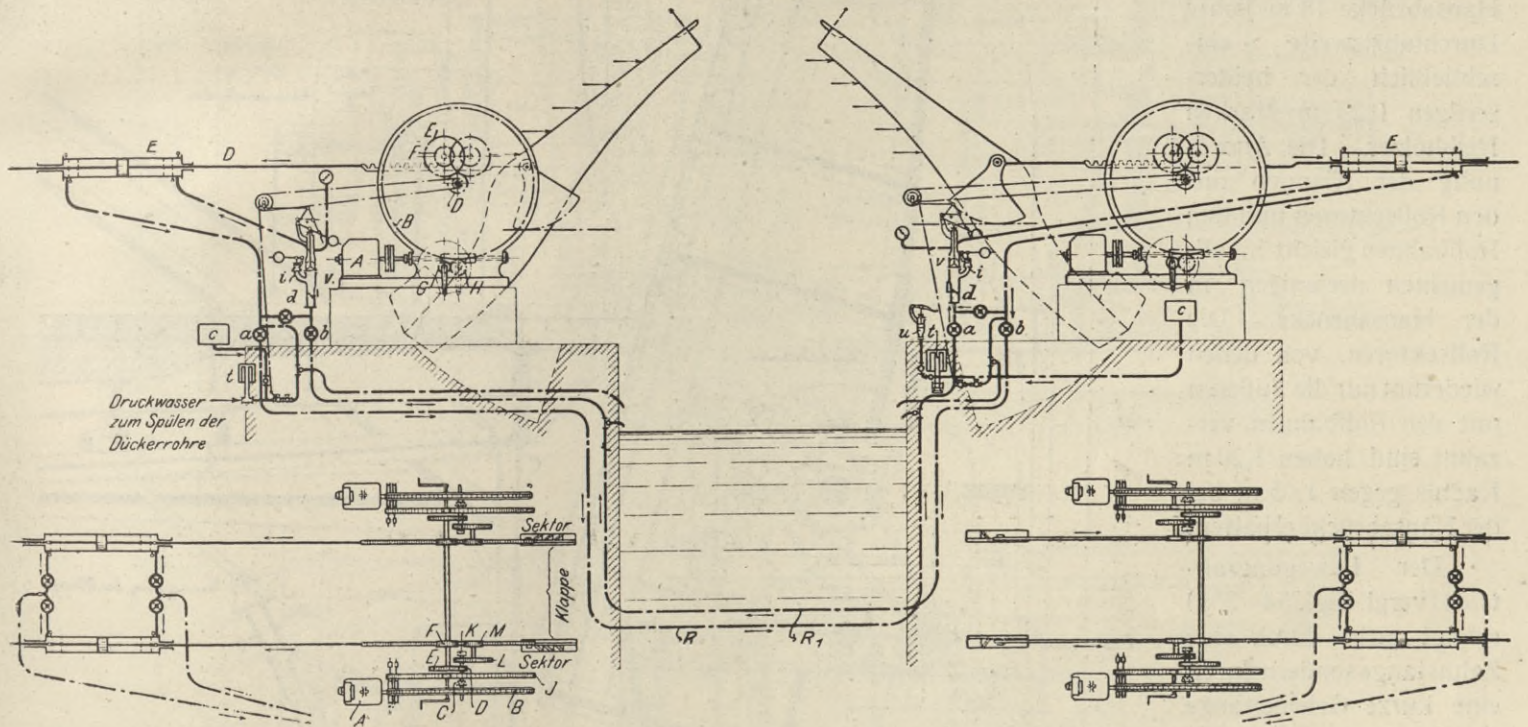


Das ergibt bei der Breite der Klappen von 15 m und der Länge vor der Achse von rund 9,90 m ein Windmoment von $M_w = \frac{15 \cdot 9,9^2}{2} \cdot 30 = 22\,000 \text{ m/kg}$ und bei 1,05 m Radius der Rollsektoren für jede der beiden Zahnstangen einen Zahndruck von $\frac{22\,000}{2 \cdot 1,05} = 10\,500 \text{ kg}$.

Erfolgt der Antrieb einseitig durch einen Motor für jede Klappe, so würde, wie eine bezügliche Rechnung ergibt, unter der Voraussetzung gleicher Anteilnahme beider Zahnstangen an der Uebertragung der Antriebskraft auf die Klappe infolge der elastischen Verdrehung der 15 cm starken, von Mitte bis Mitte Zahnstange 8,82 m langen Welle W , die dem Motor gegenüber liegende Zahnstange gegen die ihm benachbarte um ca. 1,8 cm zurückbleiben, wodurch eine Tendenz zum Schiefrollen

Die Zylinderpaare beider Klappen sind durch Rohrleitungen R und R_1 (Fig. 253) verbunden und mit Wasser gefüllt, derart, daß die Füllung des ganzen Rohr- und Zylindersystems bei jedem Öffnen und Schließen der Brücke von der einen Seite derselben zur andern sich hinüber bewegt. Das vor den Kolben der Zylinder auf der einen Seite zurückweichende Wasser tritt durch eine der Rohrleitungen hinter die Kolben der Zylinder auf der andern Seite und umgekehrt. Dadurch wird in erster Linie eine völlig zwangläufige Bewegung beider Klappen und das sichere Ineinandergreifen der Fingerverriegelung erreicht. Zweitens findet ein Kraftausgleich in dem Sinne statt, daß, wenn bei in der Längsrichtung der Brücke herrschendem Winde naturgemäß der eine Flügel sich mit dem Winde, der andere gegen ihn bewegt,

Hansabrücke. Bewegungsapparat. Fig. 253.



und Klemmen der Sektoren auf den Rollenbahnen entstehen muß. Tatsächlich wird die elastische Verschiebung der beiden Zahnstangen bei einseitigem Antriebe allerdings geringer sein, weil sie eine gleichmäßige Kraftübertragung durch beide ausschließt, der dem treibenden Motor am nächsten liegenden vielmehr der größte Anteil zufallen muß. Aus dem Gesagten geht hervor, daß, wenn aus irgendeinem Grunde, vielleicht der Einfachheit oder Kostenersparnis wegen einseitiger Antrieb gewählt wird, eine reichliche Stärkenbemessung der durchgehenden Welle W geboten erscheint. Noch richtiger aber würde es in solchem Falle sein, das Antriebsmoment, wenn möglich, der Welle W in ihrer Mitte zuzuführen.

Achsrecht mit den vier Zahnstangen gekuppelt sind die Kolbenstangen D von vier Wasserdruckzylindern E , so daß Zahn- und Kolbenstangen gleiche hin- und hergehende Bewegungen ausführen.

ersterer auf letzteren mittreibend einwirkt und dadurch bis zum gewissen Grade eine Ausschaltung des Windwiderstandes erreicht wird. Endlich läßt sich auch durch eine Drosselung der Wasserbewegung zwischen den Zylinderpaaren beider Klappen eine beliebig starke Bremswirkung der in Bewegung begriffenen Klappen erreichen, wovon indes in Rücksicht auf die Drucksteigerung in dem Gefäßsystem nur mit Vorsicht Gebrauch gemacht werden darf (vergl. die Ausf. auf S. 18 Spalte 2). Die für diesen Zweck vorhandenen Schieber sind in Fig. 253 mit a und b bezeichnet.

Die gegenseitig völlig zwangläufige Bewegung beider Klappen hat zur Voraussetzung, daß die vier Wasserdruckzylinder E und die sie verbindenden Rohre während der Bewegung der Klappen stets voll mit Wasser gefüllt sind. Um diesen Zustand gegenüber nicht immer ganz zu vermeidenden Leckagen sicher aufrecht zu erhalten, stehen die Rohrleitungen, während

die Klappen geschlossen sind, mit belasteten Nachfüllgefäßen *t* (Fig. 253) in Verbindung. Diese Verbindung schließt sich automatisch in dem Augenblicke, wo die Öffnung der Klappen beginnt, und öffnet sich ebenso wieder, wenn die Klappen geschlossen sind. Sicherheitsventile *i* (Fig. 253) sichern gegen zuweitgehende Drucksteigerung in dem Gefäßsystem bei etwa auftretender Stoßwirkung.

f) Die Klappöffnung in der Baumbrücke in Stettin.

Diese Brücke überschreitet die Oder in einer Verkehrsweite von 17,6 m (10 m Fahrweg und $2 \times 3,80$ m Fußwege). Die symmetrisch zwischen zwei festen Stromöffnungen liegende zweiteilige Rollklappbrücke hat wie die der Hansabrücke 18 m lichte Durchfahrtsweite einschließlich der beiderseitigen 0,25 m starken Reibhölzer. Die Anordnung der Klappen mit den Rollsektoren und den Rollbahnen gleicht im allgemeinen derjenigen in der Hansabrücke. Die Rollsektoren, von denen wiederum nur die äußeren mit den Rollbahnen verzahnt sind, haben 1,20 m Radius gegen 1,05 m bei der Hansabrücke erhalten.

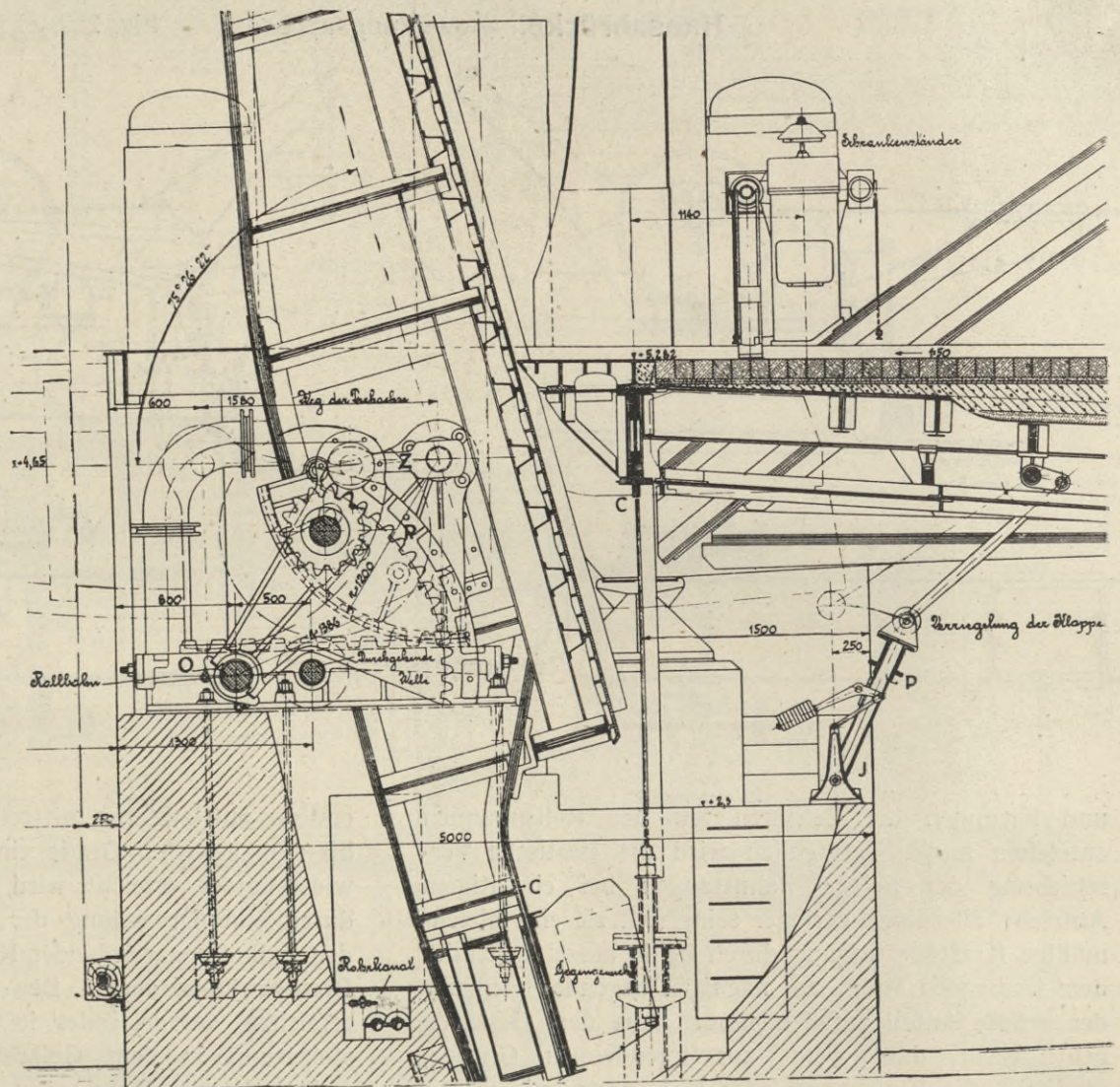
Der Bewegungsantrieb (vergl. Fig. 254–255) erfolgt nicht durch eine Zahnstange sondern durch eine kurze Gelenkstange *Z*, die durch einen um eine feste Achse *O* schwingenden Zahnsektor *R* mit Innenverzahnung hin- und hergehende Bewegung erhält. Der Antrieb der Zahnsektoren *R*, von denen auf jeder Seite einer jeden Klappe einer vorhanden ist, geschieht in gleicher Weise wie die der Zahnstangen bei der Hansabrücke durch Elektromotoren *A* oder im Notfalle von Hand (*C*). Unterschiedlich von der Hansabrücke ist hier zwischen die durchgehende Welle und den Sektor noch eine Vorgelege eingeschaltet, sodaß das von ersterer zu übertragende Drehmoment und ihre elastische Verdrehung geringer ausfallen.

Durch die Verwendung von Zahnsektoren an Stelle von Zahnstangen hat sich die räumliche Unterbringung

des Bewegungsapparates auf den Strompfeilern vorteilhafter gestaltet, was in erster Linie Veranlassung zu der Aenderung desselben gegenüber dem der Hansabrücke gewesen ist. Etwas umständlicher ist infolge dieser Aenderung die Anordnung und Durchbildung der hydraulischen Kuppelung zur zwangläufigen Verbindung beider Klappen ausgefallen. Sie ist erreicht, indem man mit jedem der Zahnsektoren *R* einen Kurbelmechanismus verbunden hat. Auf derselben Welle *W*₁ mit dem Zahnsektor sitzen drehfest zwei Kurbeln *K*, die durch Pleulstangen *D* mit dem Doppelkolben der gekuppelten Druckwasserzylinder *E* verbunden sind. Damit ist allerdings auch der Vorteil

Klappöffnung der Baumbrücke in Stettin.

Längenschnitt. Fig. 254. M. 1 : 50.



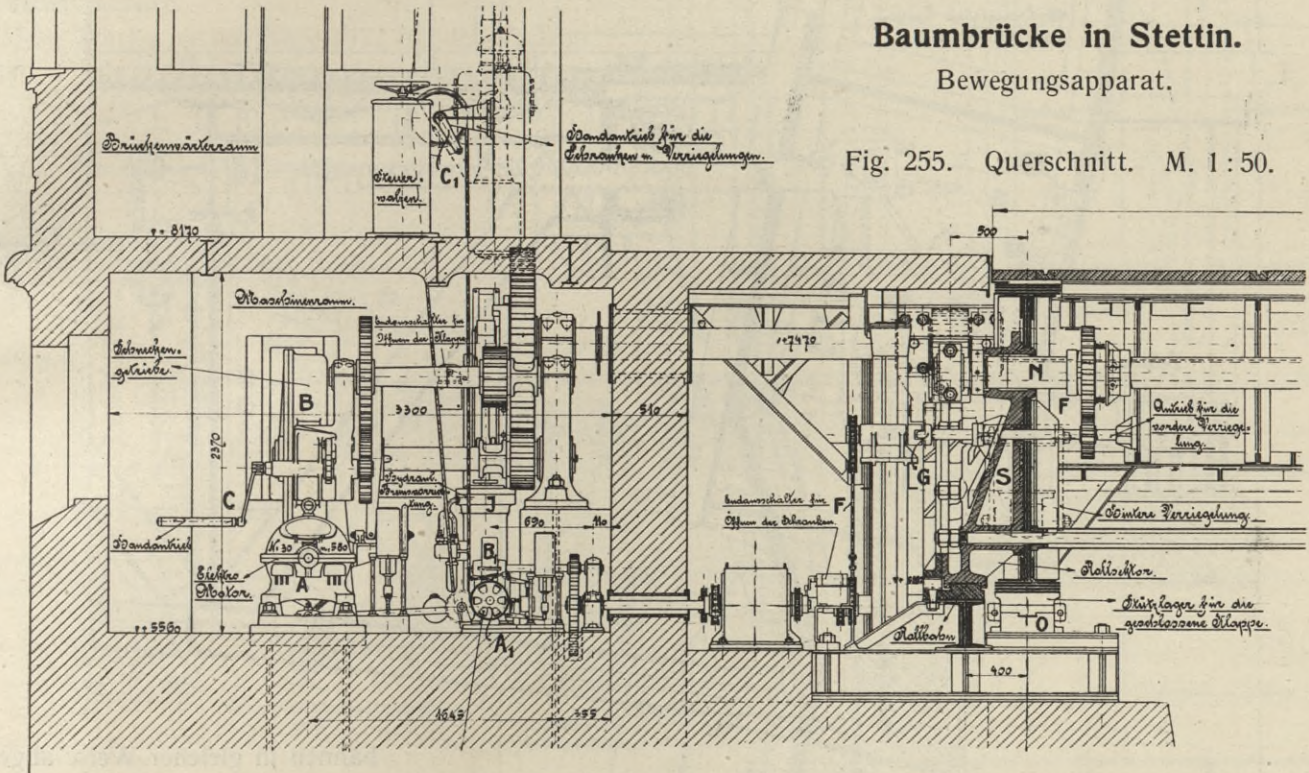
erreicht, daß anstatt der Scheibenkolben bei der hydraulischen Kuppelung der Hansabrücke, Taucherkolben verwandt werden konnten, deren jederzeit dichter Schluß besser zu kontrollieren ist und daneben vor allem auch eine bessere Zugänglichkeit der Zylinder, weil diese nicht wie bei der Hansabrücke unter den Fahrbahnen der anschließenden festen Brücken stecken. Die Verbindung der Zylinder *E* beider Klappen durch

zwei Rohrleitungen ist wie bei der Hansabrücke geschehen. Auch kann die hydraulische Kupplung wie dort, neben sonst noch vorhandenen Bremsenrichtungen bekannter Art, zum Bremsen und Stillstellen der in Bewegung begriffenen Klappen benutzt werden.

Der Rückendverschluß besteht hier für das Schwanzende eines jeden der vier Hauptträger aus einer Pendelstütze *P*. Die Bewegung der vier unter sich durch zwei \square -Eisen verbundenen, in *J* drehbar gehaltenen

ausbalancierten Stützen erfolgt, wie aus Fig. 254 ersichtlich, durch einen Kurbelmechanismus, der zwangsläufig mit der Bewegungseinrichtung für die Abschlußbarriere der Verkehrswege verbunden ist, derart, daß gleichzeitig mit dem Öffnen des Rückendverschlusses die Barrieren sich schließen und umgekehrt.

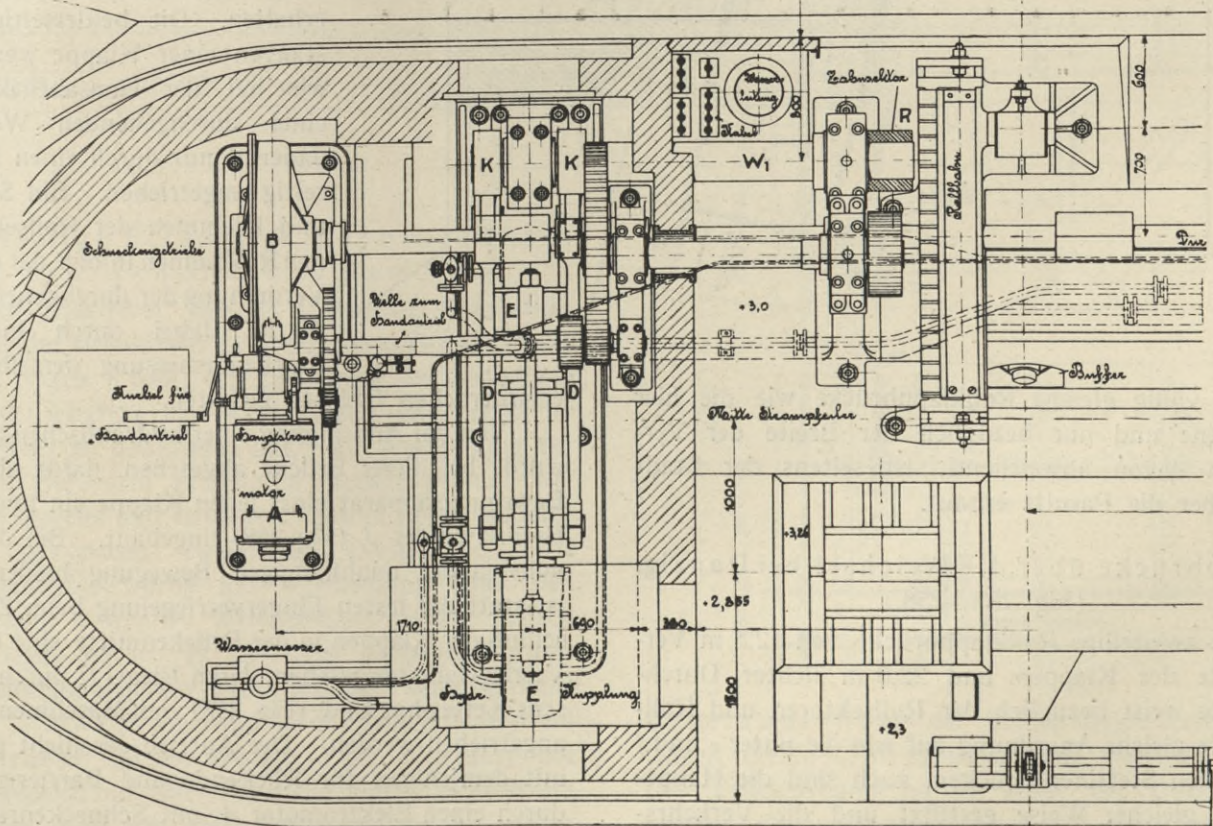
Die Verriegelung der Klappen in der Brückenmitte wird auch hier durch die mehrfach erwähnte Finger- vorrichtung bewirkt.



Baumbrücke in Stettin.
Bewegungsapparat.

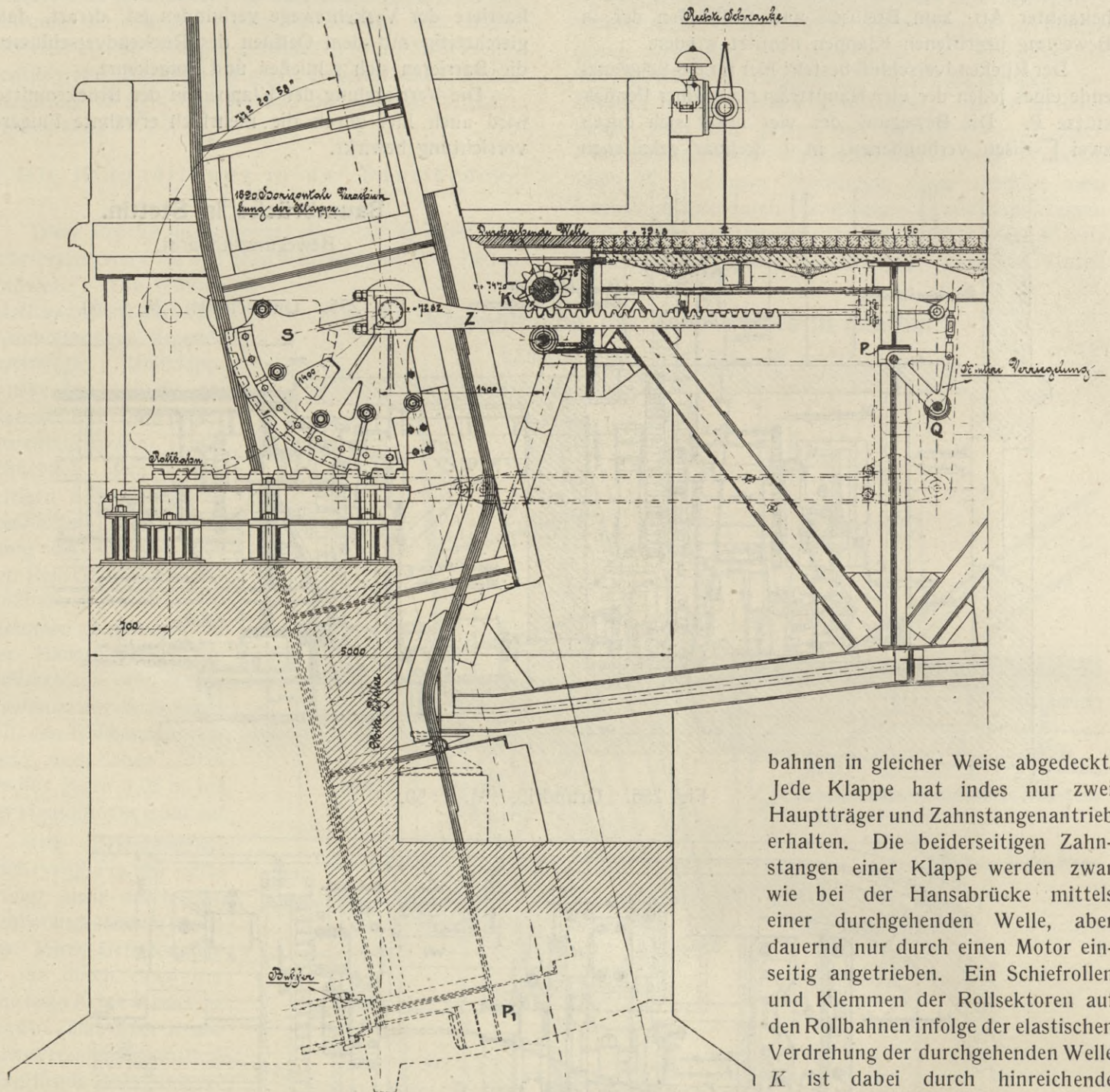
Fig. 255. Querschnitt. M. 1:50.

Fig. 256. Grundriß. M. 1:50.



Klappbrücke über die Weichsel bei Danzig.

Fig. 257. Längenschnitt. M. 1:50.



Eine völlig gleiche Rollklappbrücke wie die hier beschriebene und nur bezüglich der Breite der Verkehrsbahn davon abweichend, ist seitens der Stadt Stettin über die Parnitz erbaut.

g) Klappbrücke über die Weichsel bei Danzig. (Fig. 257—258.)

Diese zweiteilige Rollklappbrücke von 12,5 m Verkehrsbreite der Klappen und 22,0 m lichter Durchfahrtsweite weist bezüglich der Rollsektoren und Rollbahnen die gleiche Anordnung auf wie die unter e und f besprochenen Stettiner Brücken, auch sind die Hauptträger in gleicher Weise gestützt und die Verkehrs-

bahnen in gleicher Weise abgedeckt. Jede Klappe hat indes nur zwei Hauptträger und Zahnstangenantrieb erhalten. Die beiderseitigen Zahnstangen einer Klappe werden zwar wie bei der Hansabrücke mittels einer durchgehenden Welle, aber dauernd nur durch einen Motor einseitig angetrieben. Ein Schiefrollen und Klemmen der Rollsektoren auf den Rollbahnen infolge der elastischen Verdrehung der durchgehenden Welle *K* ist dabei durch hinreichende Stärkenbemessung derselben in den erforderlichen Grenzen gehalten.

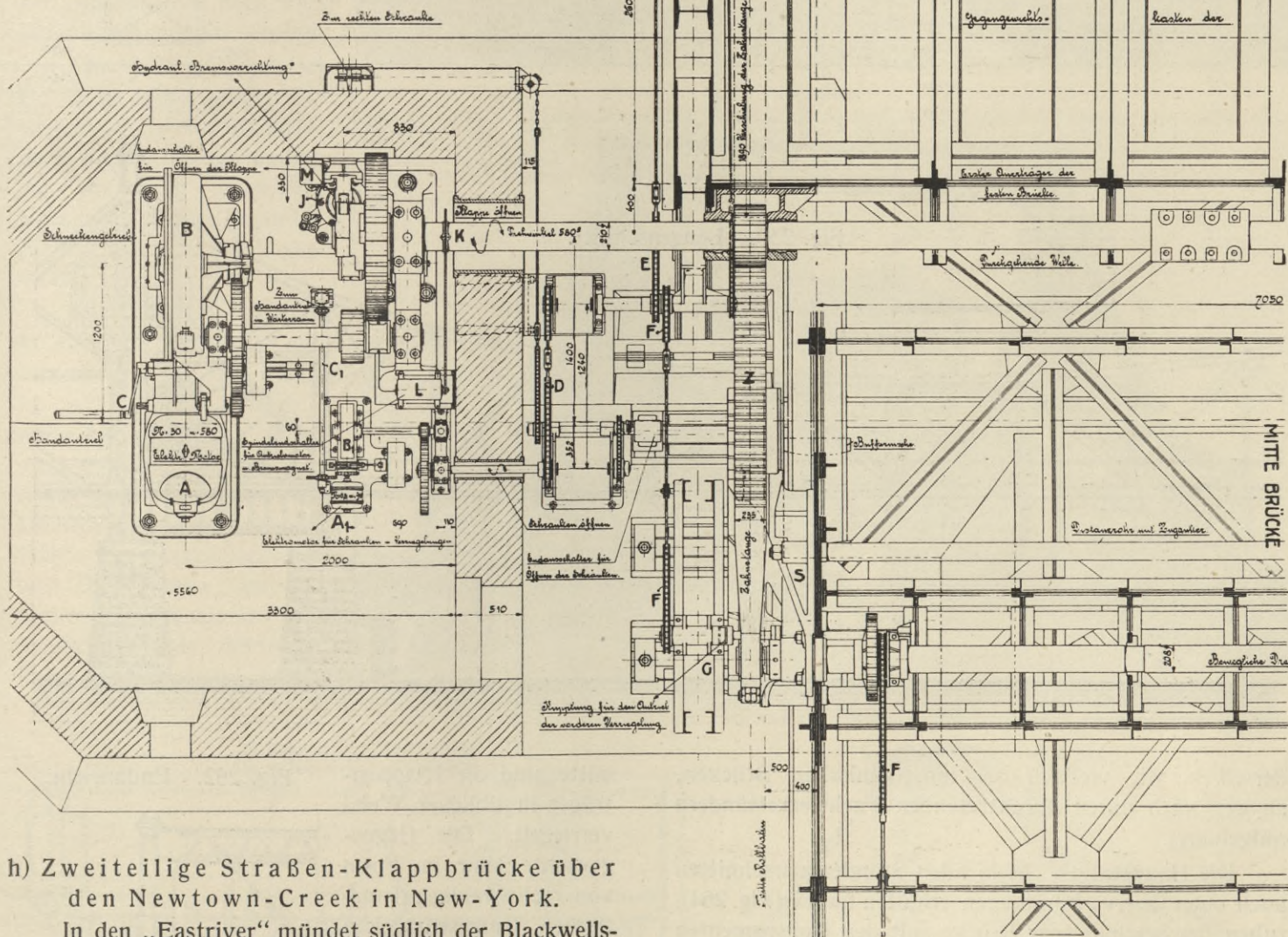
Von der Anbringung einer hydraulischen Kuppelung wurde bei dieser Brücke abgesehen, dafür aber in den Bewegungsapparat einer jeden Klappe ein hydraulischer Bremszylinder *J* (Fig. 258) eingebaut. Bei der danach voneinander unabhängigen Bewegung beider Klappen ist statt der festen Fingerverriegelung beim Zusammenschluß der Klappen in der Brückenmitte eine bewegliche Verriegelung vorgesehen, deren Riegel *H* durch eine Gallsche Kette ohne Ende (Fig. 258) vom Maschinenraume aus angetrieben werden. Der Antrieb geschieht gemeinsam mit demjenigen für Rückend- und Barrierenverschluß durch einen Elektromotor *A*₁ mit Schneckenrad *B*₁ oder

durch eine Handwinde C_1 . Die Verbindung des im Maschinenraum festliegenden Antriebsapparates mit den in den Klappen liegenden und mit diesen beweglichen Uebertragungsorganen für die mittlere Verriegelung wird durch die selbsttätig lösbare Kuppelung G bewirkt (vergl. Fig. 258). Der Rückendverschluß besteht bei dieser Brücke aus hängenden Pendelstützen Q , die für beide Hauptträger wieder verbunden sind und durch das Kettensystem E angetrieben werden.

Diese Brücke ist im Jahre 1912 für den Verkehr eröffnet.

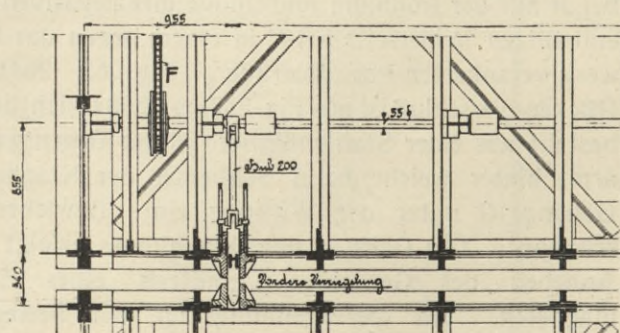
Klappbrücke über die Weichsel bei Danzig.

Bewegungsapparat. Fig. 258. Grundriß. M. 1:50.



h) Zweiteilige Straßen-Klappbrücke über den Newtown-Creek in New-York.

In den „Eastriver“ mündet südlich der Blackwells-Island von der Brooklyn Seite her ein schiffbares totes Gewässer, sogen. Creek, das hier etwa die Bedeutung eines Industriefhafens und daher einen sehr lebhaften Schiffsverkehr zu bewältigen hat. Zur Verbindung der durch den Hafenumarm getrennten Industriegebiete, der Stadtteile Queens und Brooklyn, bestand bis 1902 eine auffällig gewordene zweiarmige Drehbrücke. Als Ersatz derselben wurde zur Vermeidung eines den Schiffsverkehr störenden Mittelpfeilers in den Jahren 1903 bis 1905 die in Fig. 259—269 dargestellte zweiteilige Rollklappbrücke erbaut, die dem Schiffsverkehr eine freie Lichtweite von rund 45 m darbietet, während ihre Stützweite 52 m beträgt. Sie überführt die Veron-Avenue mit einer Fahrbahn von 12,20 m Breite zwischen, und mit zwei Fußwegen von je 2,45 m



Breite außerhalb der beiden gegliederten Hauptträger, die in 13,70 m Entfernung voneinander liegen. Die Verkehrsbahn ist in Höhe der Oberkante der unteren Gurtung angeordnet und das Trägergerippe

Zweiteilige Straßen-Klappbrücke über den Newtown-Creek in New-York.

Fig. 261. Grundriß.

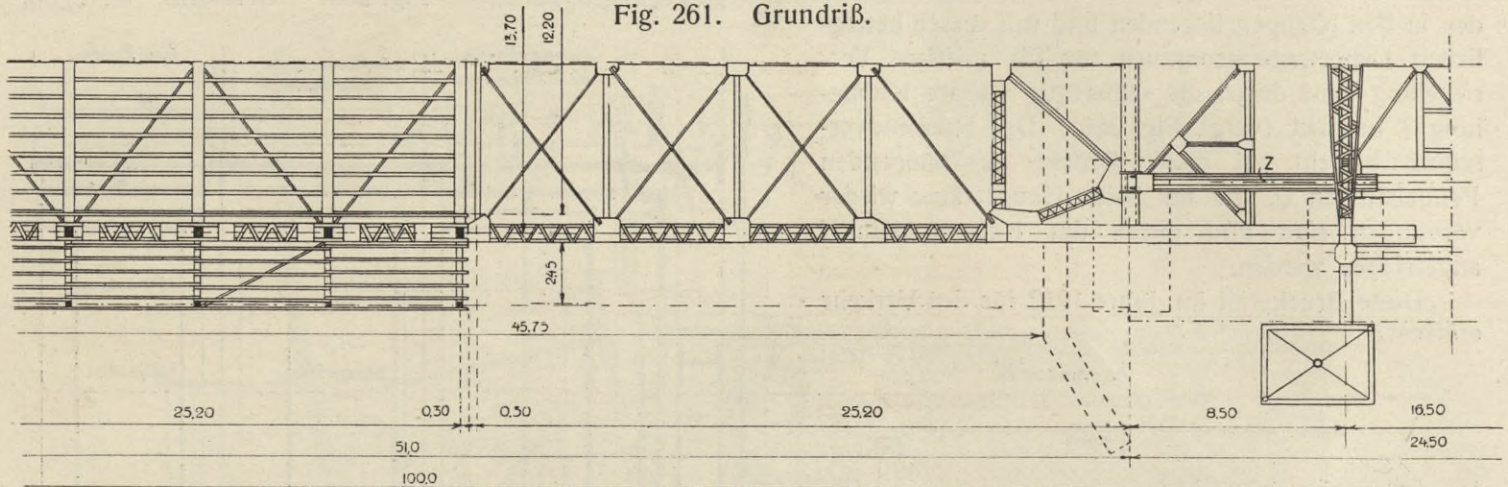
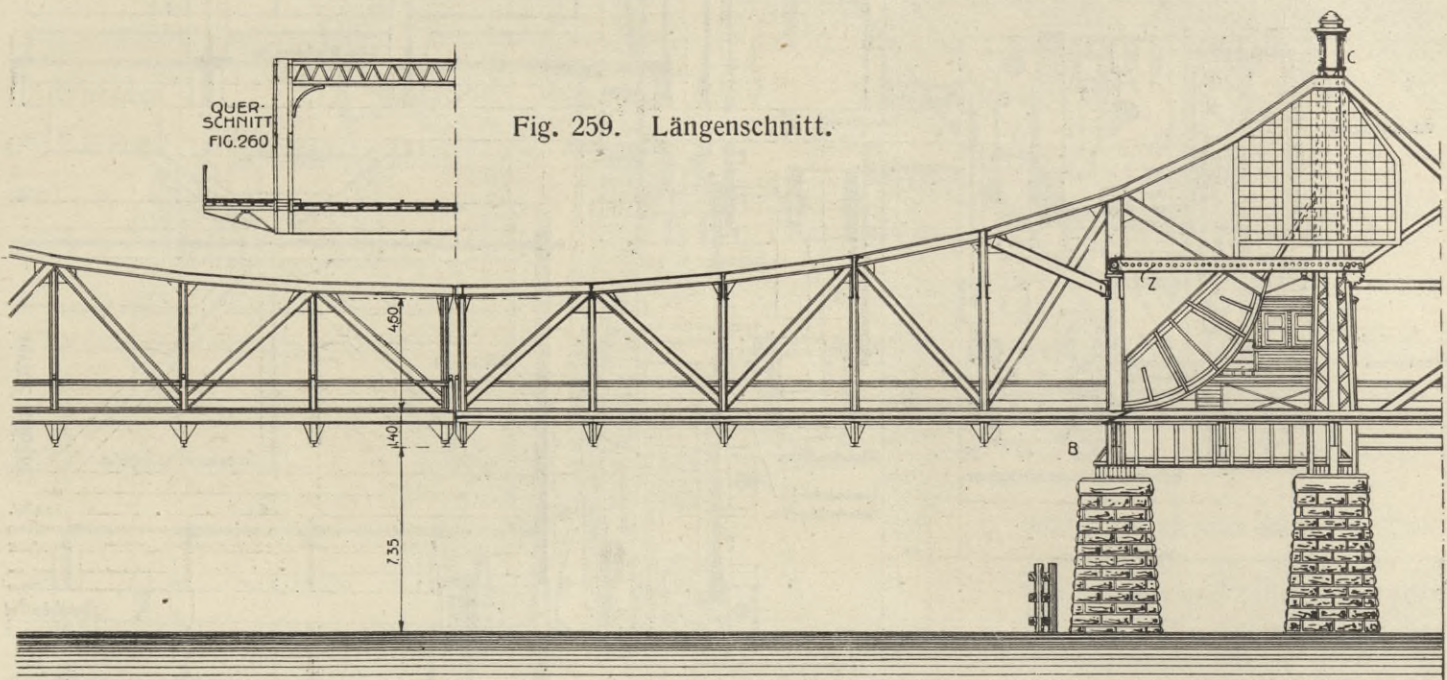


Fig. 259. Längenschnitt.



derselben, wie vielfach bei amerikanischen Brücken, an den nach unten durchtretenden Fachwerksständern aufgehängt.

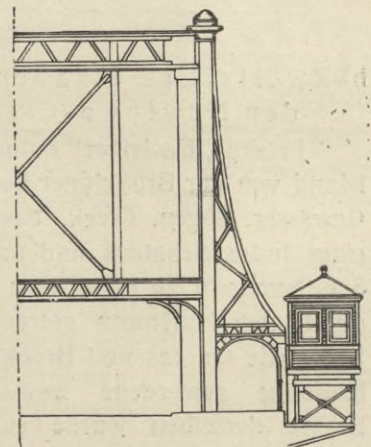
Die Hauptträger, die in allen Ständerquerschnitten auch oben Querverbindungen erhalten haben (Fig. 264), ruhen bei geschlossener Brücke mit den Rollsegmenten bei B auf der Rollbahn und finden ihre negativen Rückendstützen beiderseits bei C in einem gegen das Mauerwerk verankerten Portalbau (vergl. Fig. 262—264). Der Rückendverschluß ist aus Fig. 267 und 268 ersichtlich. Er besteht aus einer Stahlgußklinke K am Gegengewichtsarm, hinter welche beim Schließen der Klappen das Gehänge G unter der Wirkung eines Gewichtes einschneppt. Das Öffnen des Verschlusses erfolgt durch Anheben des Gewichtes vermittels eines Elektromagneten. Da die Trennungsfuge der beweglichen Verkehrsbahn gegen die feste in der Lotebene der Segmentachse liegt, also durch die Verkehrslast ein rückdrehendes Moment im Sinne der Öffnung der Brücke nicht auftreten kann, so erhält der Rückendverschluß keine wesentliche Belastung. In der Brücken-

mitte sind die Klappen-träger in üblicher Weise verriegelt. Die Gegengewichte sind in Form von rechtwinklig prismatischen Gußeisenstücken in die Rückarme der Hauptträger eingebaut (Fig. 268).

Die Rollbahnen ruhen auf vollwandigen Trägern, die sich auf je zwei Mauerpfeiler stützen. Die Rollsegmente haben rund 6 m Radius und im Querschnitt $\perp\perp$ -Form.

Der Bewegungsapparat ist für jede Klappe in der Mitte über der anschließenden festen Verkehrsbahn in einem Schutzhäuschen (Fig. 264) untergebracht. Der Angriff der Klappen erfolgt durch je zwei Zahnstangen Z (Fig. 259 und 266), deren Vorgelege (Fig. 265 und 266)

Fig. 262. Endansicht.



durch 40 PS. starke Elektromotoren angetrieben werden. Jede Zahnstange hat bei einem Winddruck von 30 kg/m^2 eine Antriebskraft von $\frac{26^2 \cdot 30 \cdot 20}{2 \cdot 2 \cdot 6} = 17000 \text{ kg}$ zu leisten. Automatisch wirkende Doppelbremsen *B* (Fig. 265 und 269) treten bei Störungen in der Stromzuleitung von selbst in Tätigkeit, können aber auch willkürlich gehandhabt werden.

Für jede Klappe ist ein völlig selbständiger Bewegungsapparat vorhanden, doch findet für gewöhnlich die Steuerung vermittels eines unter Wasser liegenden Kabels von einer Seite aus statt.

Die Brücke ist am 17. Oktober 1905 für den Verkehr eröffnet. Sie wurde im Jahre 1906 schon zeitweise bis 72 mal an einem Tage geöffnet, obgleich ihre lichte Durchfahrtshöhe für kleinere Schiffe bis etwa zur Hälfte des Gesamtverkehrs ein Durchfahren im geschlossenen Zustande ermöglicht. Die ursprünglichen Rollsegmente haben

Klappbrücke über den Newtown-Creek in New-York. Fig. 263.

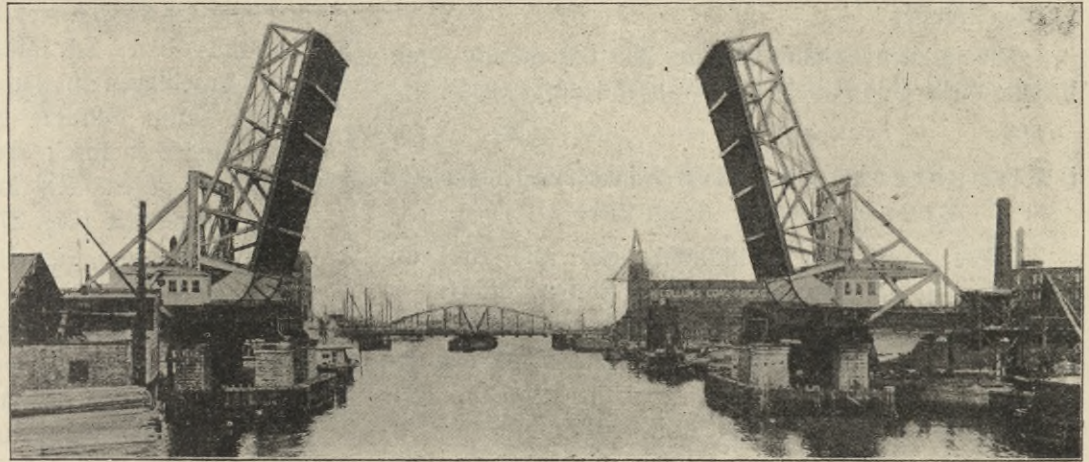


Fig. 264.

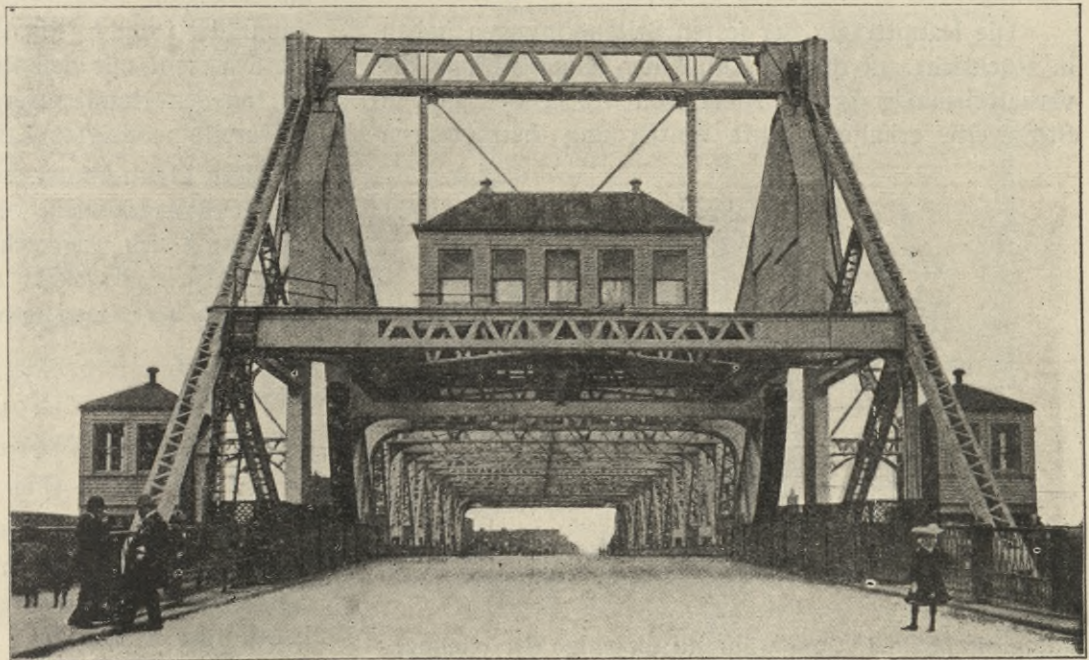


FIG. 265.

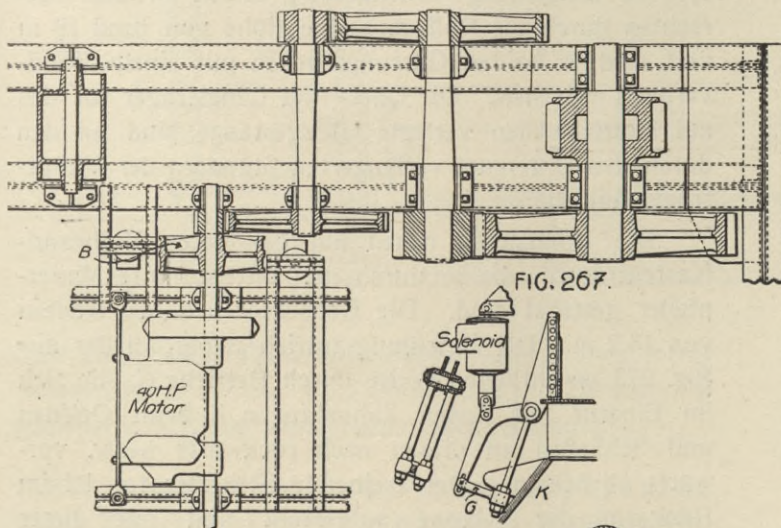


Fig. 268.

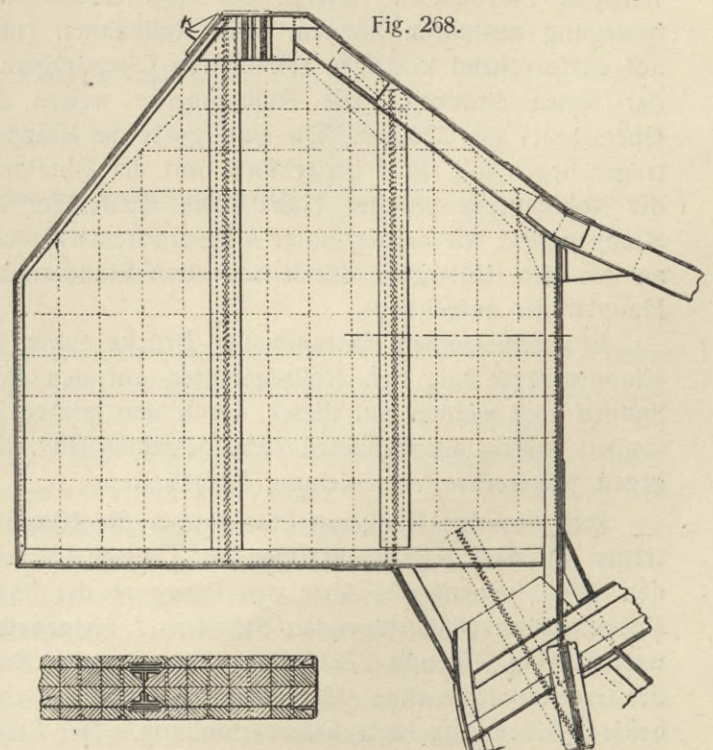
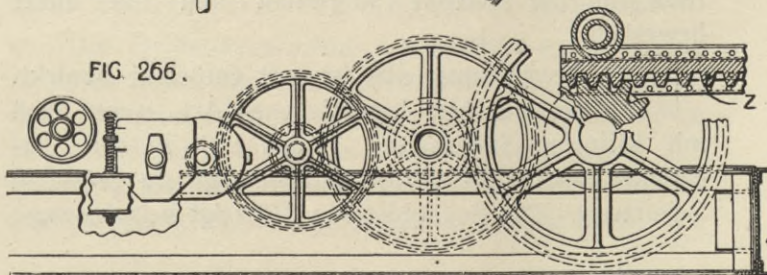


FIG. 266.



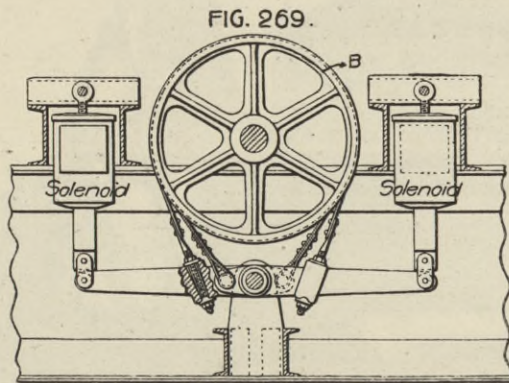
auch bei dieser Brücke später in den Gurten verstärkt werden müssen.

Die in dem Schaubilde Fig. 263 erkennbare Drehbrücke stellt eine Hilfsbrücke während der Bauzeit dar.

i) Klappbrücke über den Riachuelofluß in Buenos Aires. (Fig. 270—272.)

Diese zweiteilige Rollklappbrücke mit zwei zugehörigen festen eisenüberbrückten Seitenöffnungen in symmetrischer Anordnung, überschreitet den Riachuelo in einer Gesamtstützweite von 64,4 m, wovon auf den Schiffsdurchlaß in der Mitte 25,4 m entfallen. Die Brücke überführt eine Straße mit 12,0 m breiter Fahrbahn und außerhalb der beiden Hauptträger zwei Fußwege von je rund 1,60 m Breite.

Die Hauptträger der festen Seitenöffnungen haben in Rücksicht auf den Anschluß der Klappenträger die verhältnismäßig große Höhe von 7,0 m bei 19,5 m Stützweite erhalten. Ihre Entfernung beträgt von



Mitte bis Mitte 15,0 m, während diejenige der Klappenhauptträger 13,4 m ausmacht, so daß letztere mit den Klappen zwischen ersteren die erforderliche Rollbewegung ausführen können. Die Rollbahnen ruhen auf entsprechend kräftigen sekundären Längsträgern *T* der festen Brücken. Die Rollsegmente weisen den Querschnitt Fig. 226 auf. Die Untergurte der Klappenträger liegen mit ihrer Unterkante mit der Oberkante der Rollbahn in gleicher Höhe. Die Querträger der Klappen sind, wie bei der unter *h* besprochenen Brücke, an den den Untergurt durchsetzenden Ständern der Hauptträger aufgehängt.

In geschlossenem Zustande der Brücke ruhen die Klappenträger mit den Rollsegmenten auf den Rollbahnen und werden auf dieser durch den letzten besonders kräftig ausgebildeten Zahn derselben (Fig. 270) gegen wagerechte Verschiebung festgehalten.

Ihre negative Rückendstütze finden die Klappenträger in zwei schräg ansteigenden Γ -Eisen, die von den oben hakenförmig über den Obergurt der festen Brückenträger hinausragenden Ständern *I* festgehalten werden (Fig. 270 und 272). Das hakenförmige Ende des Gegengewichtsarmes stützt sich gegen eine zwischen beide Γ -Eisen eingefügte Querverbindung. Der Stütz-

druck geht durch erstere schräg nach unten in den in Höhe des Obergurtes der Landöffnung vorgesehenen Verband über. Zur Milderung der Härte des Stoßes beim Anschlagen in der Stütze sind Gummipuffer eingefügt. Zum Schutze gegen seitliche Ausbiegung ist der Ständer *I* durch das gegliederte Rahmenstück *b* besonders gegen den konsolartig verlängerten Querträger abgesteift (Fig. 272).

Der Bewegungsantrieb erfolgt für jede Klappe durch einen 50 PS. starken Elektromotor, der in der Höhe des Obergurtes der Klappenträger in deren wagerechten Teile bei *c* (Fig. 271) in einem Schutzkasten untergebracht ist und von hier aus vermittels einer elastischen Kuppelung und eines zwischengefügten Rädervorgeleges die Welle *g* treibt. Von dieser wird die Bewegung beiderseits der Klappenträger durch die Zahnräder *i* und *h* (Fig. 272) auf Getriebe *k* übertragen, die achsrecht mit den Rollsegmenten gelagert sind und mit an den Hauptträgern der festen Brücke an deren Innenseite befestigten Zahnstangen *l* im Eingriff stehen.

Der Elektromotor sowohl als die Uebertragungsorgane bewegen sich mit den Klappen, während die Getriebe *k* sich wagerecht in den festen Zahnstangen *l* hin und her abwickeln und dadurch das Öffnen und Schließen der Klappen bewirken.

k) Eisenbahn-Klappbrücke über den Coya-hogafluß in Cleveland (Nord-Amerika). (Fig. 273—275.)

Diese einteilige eingleisige Eisenbahn-Rollklappbrücke überschreitet den Coya-hogafluß mit rund 70 m Spannweite. Sie dürfte die weitestgespannte Klappbrücke der Erde sein.

Die beiden trapezförmigen Netzwerkträger liegen in 6,10 m Entfernung voneinander, haben in der Lotrechten durch die Rollachse eine Höhe von rund 19 m und sind in beiden Gurtungsebenen mit einem Windverband versehen. Die Quer- und Längsträger für das auf Holzschwellen verlegte Gleisgestänge sind an den durch den Untergurt verlängerten Ständern der Hauptträger aufgehängt.

Die Rollbahnen ruhen auf genieteten Vollwand-Kastenträgern, die je durch drei untermammte Mauerpfeiler gestützt sind. Die Rollsektoren haben Radien von 13,2 m. Der Bewegungsantrieb erfolgt in der aus Fig. 273 ersichtlichen Weise durch Getriebe *G*, die sich im Eingriff mit festen Zahnstangen *Z* beim Öffnen und Schließen an diesen nach rückwärts bzw. vorwärts abwickeln. Der treibende Elektromotor ist im Rückarm der Klappe aufgestellt und mit dieser beweglich.

Der Gewichtsausgleich ist mit Gußeisen bewirkt. Brücken der hier beschriebenen Art, wenn auch mit kleineren Stützweiten, finden sich in den Vereinigten Staaten in großer Zahl mit gutem Erfolg in Benutzung. Das Schaubild Fig. 276 zeigt beispielsweise

Klappbrücke über den Riachuelofluß in Buenos-Aires.

FIG. 270.

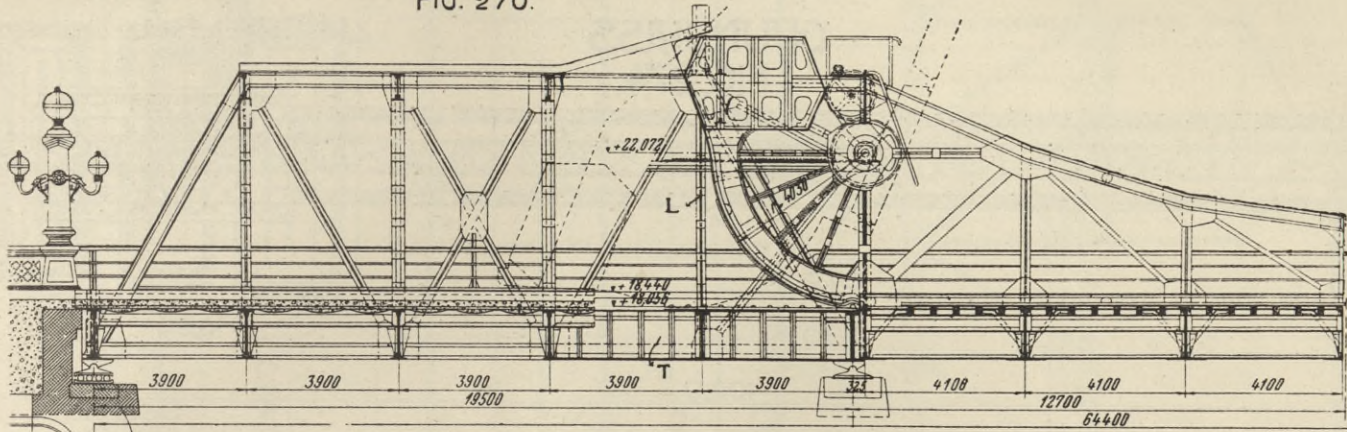
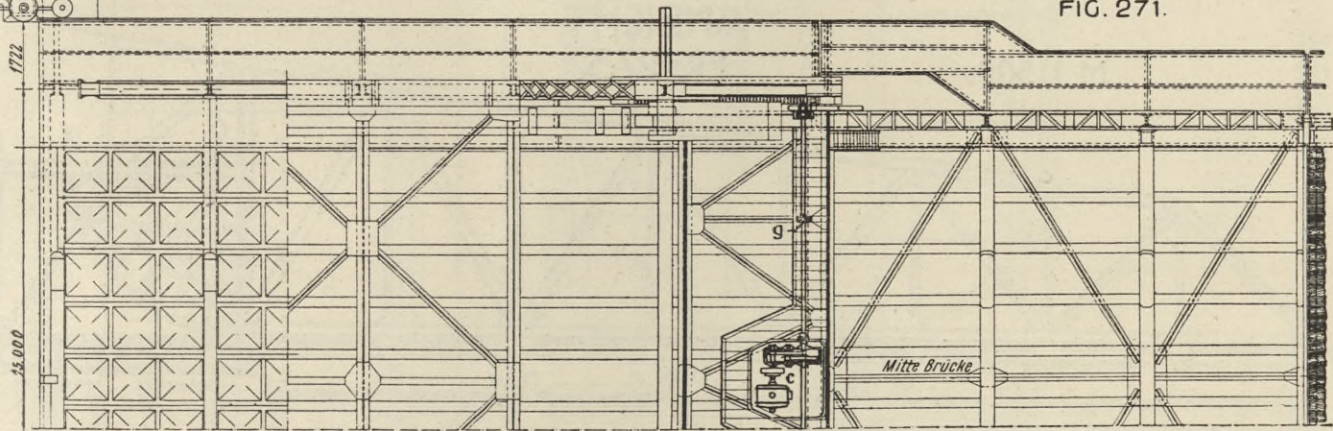


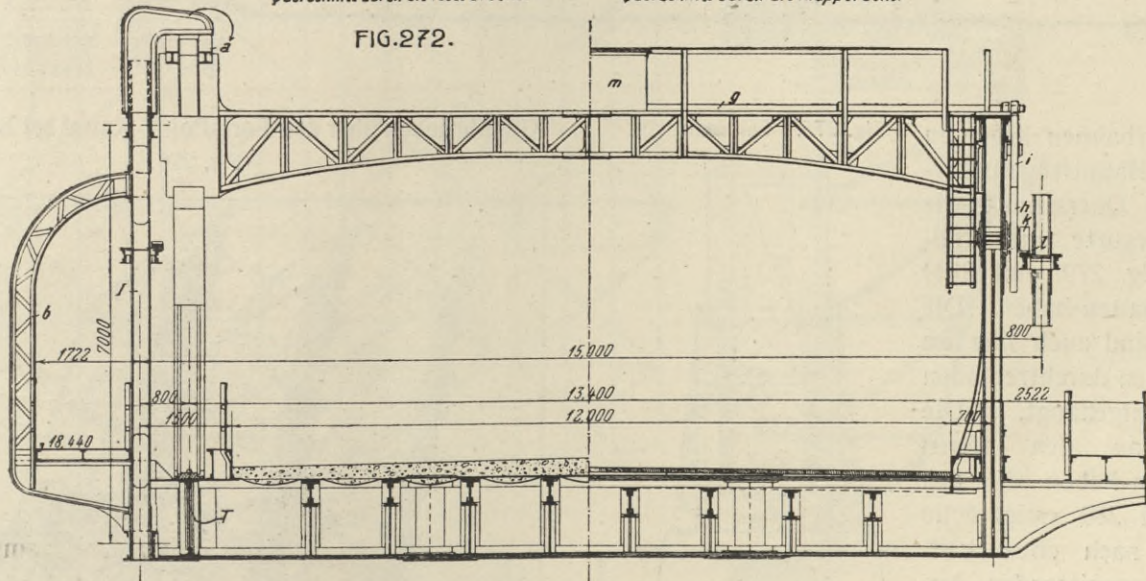
FIG. 271.



Querschnitt durch die feste Brücke.

Querschnitt durch die Klappbrücke.

FIG. 272.



drei zweigleisige Rollklappbrücken von je etwa 30 m Stützweite über den Fort-Point-Kanal in Boston in geöffneter Stellung unmittelbar nebeneinander.

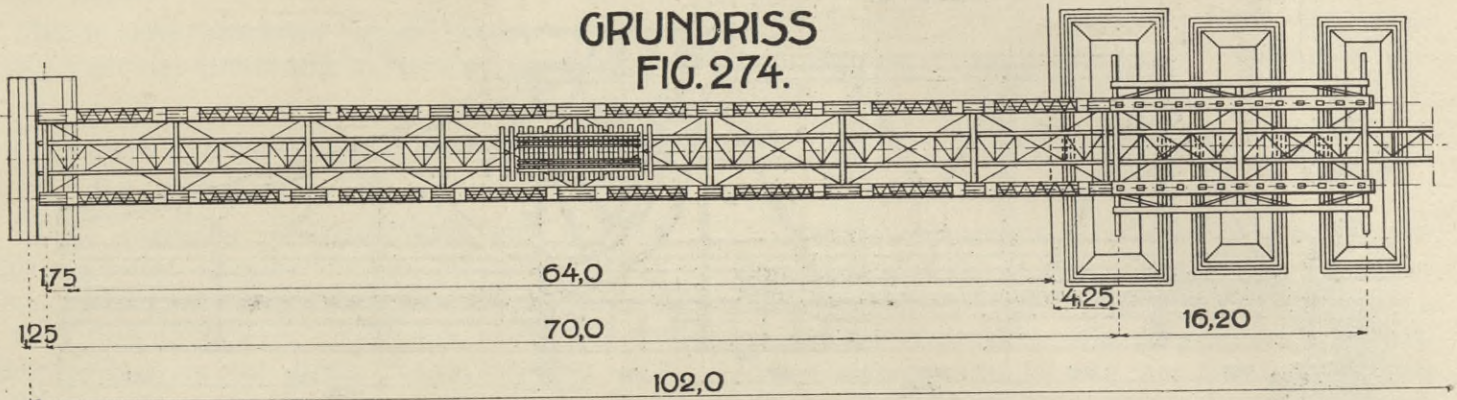
1) Einteilige Eisenbahn-Rollklappbrücken über die Delftshaven-Schie bei Rotterdam.

Die Delftshaven-Schie, ein schiffbarer Wasserzug zwischen Rotterdam und Delftshaven, wird bei Rotterdam von zwei zweigleisigen Eisenbahnlinien, nach dem Haag und nach Hoek van Holland, etwa unter 57° gekreuzt. Bei der großen wirtschaftlichen und eventuell auch strategischen Bedeutung dieser Verkehrslinien sind

aus Sicherheitsrücksichten die vier Gleise beider Linien je durch eine eingleisige Rollklappbrücke überführt, alle vier Brücken aber so miteinander verbunden, daß sie durch einen Antriebsmechanismus gleichzeitig bewegt werden können (Fig. 277 und 278). - Diese Anordnung des Gesamtbauwerkes bietet zugleich den Vorteil, daß die verhältnismäßig schmalen Einzelklappen trotz der schiefwinkligen Kreuzung der Verkehrslinien rechtwinklig gestaltet werden konnten. So hat sich bei einer Stützweite der Klappenträger von 13,20 m eine lichte Durchfahrtsweite von 9 m ergeben, die für den in Frage kommenden Küsten- und Binnenschiffsverkehr ausreichend ist.

Eisenbahn-Klappbrücke über den Coyahogafluß in Cleveland.

GRUNDRISS
FIG. 274.



ANSICHT
FIG. 273.

M. 1:500.

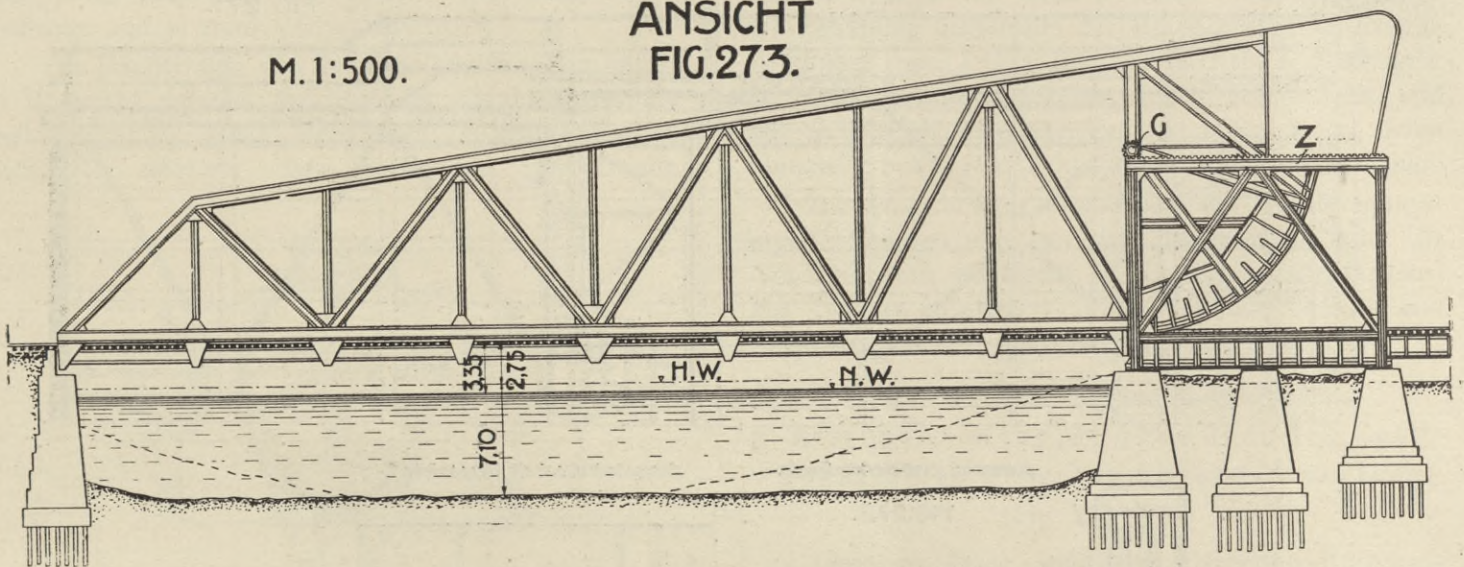
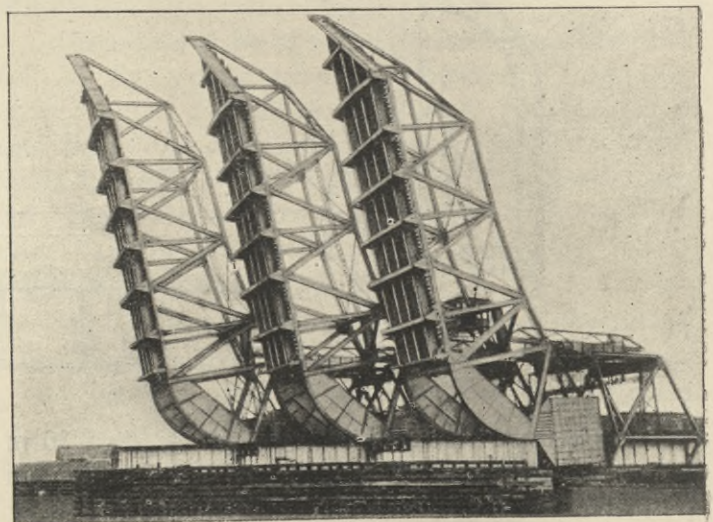
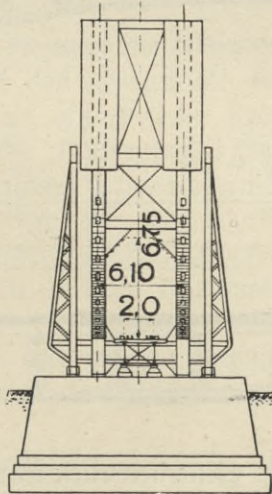


Fig. 275. Seitenansicht.

Klappbrücken über den Fort-Point-Kanal bei Boston. N.-A.

Fig. 276.

Die Fahrbahnen liegen in Höhe der Hauptträgeruntergurte, deren Querschnitt wie die der Obergurte und Rollsegmente (Fig. 279 und 281) **||**-Form erhalten haben. Die Querträger sind auch hier an den nach unten durchtretenden Ständern aufgehängt. Die Stützlager an den freien Klappenenden haben die aus Fig. 279 und 280 ersichtliche Form, mit nach oben keilförmig sich erweiternden Ansätzen, dazu bestimmt, die genaue Lage der Klappen beim Schließen derselben herbeizuführen. Für den genauen Zusammenschluß der Gleise auf mit denjenigen vor und hinter den Klappen sind noch Sicherungen im Sinne der Fig. 56 S. 22 und 24 vorhanden. Daneben wird jede Klappe an ihrem vorderen Ende verriegelt.

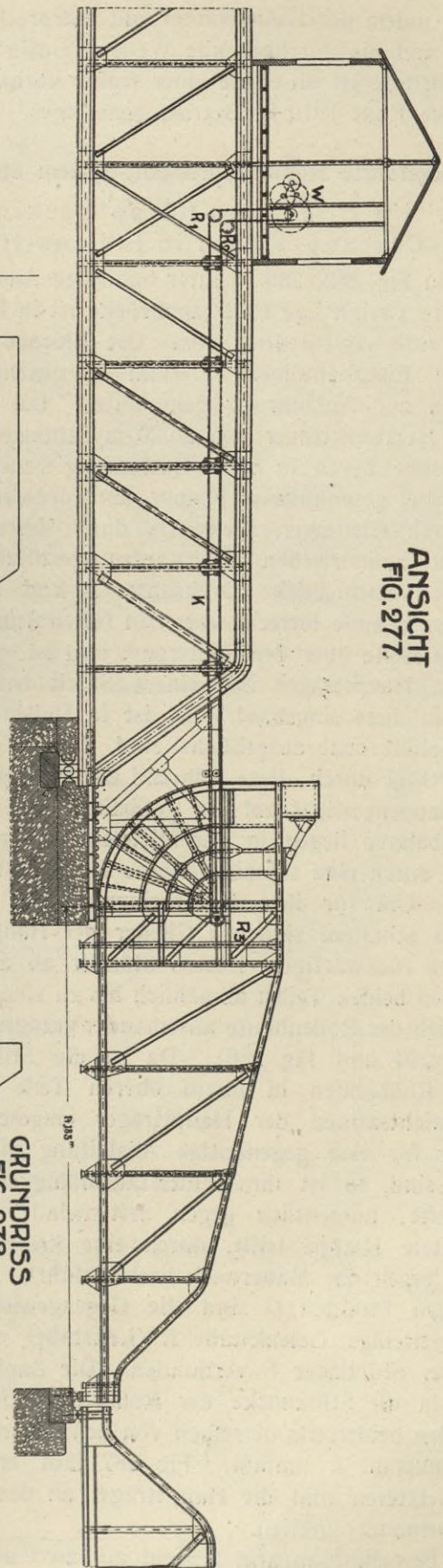


Der Bewegungsantrieb der Klappen erfolgt mittels Ketten ohne Ende *K* durch ein Handwindewerk *W* für alle Klappen gleichzeitig. Zwischen je zwei Klappen und außerhalb der beiden äußeren ist je eine Kette *K*

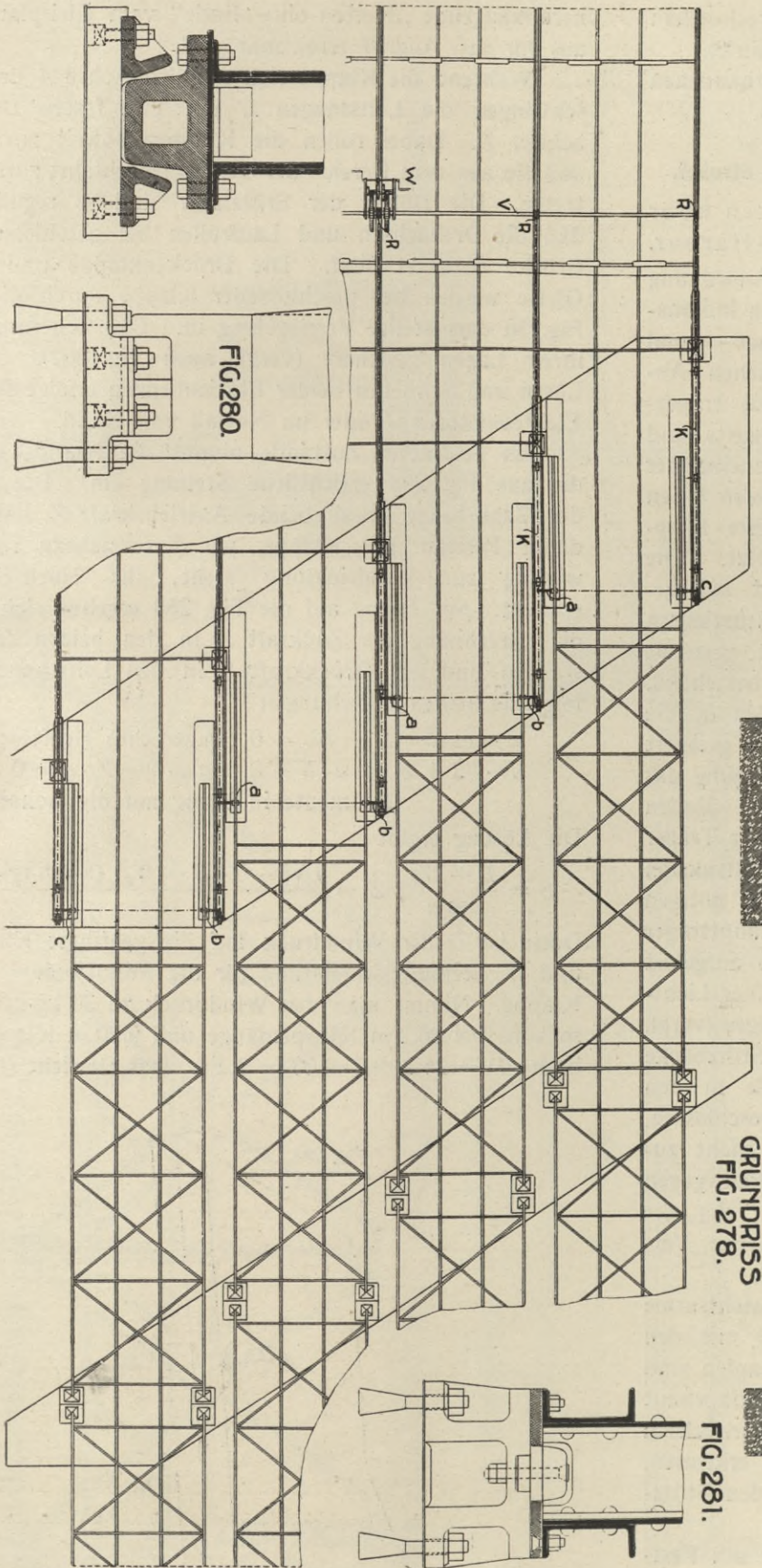
vorhanden. Die zwischen den Klappen liegenden Ketten sind in Punkten *a* und *b* durch entsprechend kräftige Zapfen mit den beiderseits benachbarten Hauptträgern verbunden, wohingegen die beiden äußeren Ketten nur je in einem Punkte *c* angreifen. In den Punkten *a*, *b* und *c* lassen sich im Falle von Störungen und erforderlichen Reparaturen die einzelnen Klappen aus dem Bewegungssystem ausschalten. Die Triebrollen *R* für

Eisenbahn-Klappbrücke über die Delfshaven-Schie bei Rotterdam.

ANSICHT
FIG. 277.



GRUNDRISS
FIG. 278.



die Ketten K sitzen drehfest auf der durchgehenden Welle V der Winde W . Die Ablenkrollen R_1 und R_2 sind an den Hauptträgern der anschließenden festen Brücken, die Rollen R_3 an besonderen eisernen Bockkonstruktionen befestigt. In die Gallischen Antriebsketten sind auf den Strecken, wo sie keine Ablenkung durch Leitrollen erfahren, der Einfachheit halber und

zur Verminderung ihrer elastischen Nachgiebigkeit, Stahlstäbe eingefügt.

Das Maschinen- und Steuerhaus steht auf den eisernen Ueberbauten der anschließenden festen Brücken. Neben dem zurzeit nur vorhandenen Handantrieb und in unmittelbarer Verbindung mit demselben läßt sich erforderlichenfalls später leicht elektrischer Antrieb

einbauen, indem der Elektromotor mit entsprechendem Vorgelege auf die durchgehende Welle V einwirkt.

Die Brücke ist an Stelle einer früher vorhandenen Drehbrücke Ende 1910 in Betrieb genommen.

III. Ausgeführte Rollklappbrücken, System Strobel.

a) Einteilige Eisenbahn-Klappbrücken über den Ost-Chicago-Kanal in Indiana-Harbor.

Die in Fig. 282–285 in ihrer baulichen Anordnung dargestellte zweigleisige Rollklappbrücke ist in Indiana-Harbor für verschiedene den Ost-Chicago-Kanal kreuzende Eisenbahnlinien viermal in gleichen Abmessungen zur Ausführung gekommen. Die trapezförmigen Netzwerkträger von 26,20 m Stützweite und 9,15 m Höhe liegen in 87 m Entfernung voneinander und sind bei geschlossener Klappe am vorderen freien Ende durch Gleitlager, rückwärts durch feste Kipp-lager mit zylindrischen Stahlzapfen gestützt. Die wagerecht verschiebliche Drehachse A liegt bei geschlossener Klappe lotrecht über den festen Stützlagern in 6,75 m Höhe über dem Untergurt und ist, getrennt für jeden Hauptträger aus einem Stück bestehend, drehfest in diese eingebaut. Sie ist in Rollen R , die mit Phosphorbronze ausgebüchst sind, drehbar gelagert und überträgt durch diese während der Bewegung das ganze Klappengewicht auf die Rollbahnen D . Rollen und Rollbahnen liegen in der Mittelebene der Träger und sind durch eine schmiedeeiserne Bockkonstruktion gestützt. Um für ihre Unterbringung den nötigen Raum zu schaffen, sind die Glieder der Hauptträger von deren rückwärtigem letzten Ständer ab aufgelöst und in den beiden Teilen allmählich bis zu einer Lichtweite gleich der Rollenbreite auseinander gezogen (vergl. Fig. 283, 284 und Fig. 286). Da so die Stützböcke für die Rollbahnen in ihrem oberen Teile in den Gegengewichtsarmen der Hauptträger eingeschlossen, also hier für eine gegenseitige Absteifung nicht zugänglich sind, so ist ihre Widerstandsfähigkeit gegen Seitenkräfte, namentlich gegen Seitenwind, der die aufgerichtete Klappe trifft, durch eine kräftige Verstrebung gegen das Mauerwerk herbeigeführt.

In den Punkten C sind die Gegengewichtsarme durch zweiteilige Gelenkstäbe L (Leitstäbe) mit den Zapfen der Stützlager B verbunden. Die Zapfen sind drehfest in die Stützböcke der Rollbahnen eingebaut und werden beiderseits derselben von den Lagerbüchsen der Gelenkstäbe L umfaßt. Fig. 287 läßt erkennen, wie die letzteren und die Hauptträger an den Stütz-zapfen ineinander greifen.

Der Bewegungsapparat besteht aus zwei um Festpunkte E drehbaren Zahnstangen Z , mit welchen elektromotorisch oder von Hand angetriebene Zahnräder F im Eingriff stehen, die wie die Antriebsmotore G auf dem Gegengewichtsarm der Klappe befestigt sind. Für den Handantrieb sind auf den Vorgelegewellen hinter dem Motor Kettenräder K und K_1 (Fig. 283) mit verschiedener Uebersetzung für stärkeren und schwächeren Wind vorhanden, deren

herabhängende „Ketten ohne Ende“ vom Gleisplanum aus für den Angriff erreichbar sind.

Während die Klappe sich um ihre Achse A dreht, schwingen die Leitstangen L um ihre festen Drehachsen B . Dabei rollen die Klappen soweit zurück, daß sie aus dem Bereich der lichten Durchfahrt zurücktreten. Die Höhen der Stützlager sind so reguliert, daß die Drehachsen und Laufrollen bei geschlossener Brücke entlastet sind. Die Brückenklappe und die Gleise werden bei geschlossener Klappe durch die in Fig. 56 dargestellte Verriegelung und Gleissicherung in ihren Lagen gesichert (vergl. auch Fig. 282). Das Lösen und Schließen beider Einrichtungen erfolgt durch Elektromotoren J oder im Notfall von Hand.

Im geöffneten Zustande nimmt die Klappe etwa die aus Fig. 288 ersichtliche Stellung ein. Die von der Zahnstange auszuübende Antriebskraft Z hat in dieser Position der Klappe, wo diese nahezu rechtwinklig zur Windrichtung steht, ihr Höchstmaß erreicht. Mit Bezug auf die Fig. 288 ergeben sich für die Berechnung der Zugkraft Z in den beiden Zahnstangen und der Druckkraft S in den Leitstangen L folgende beiden Gleichungen

$$S \cdot \cos \alpha - D - W_r = 0 \text{ (wagerechte Kräfte);}$$

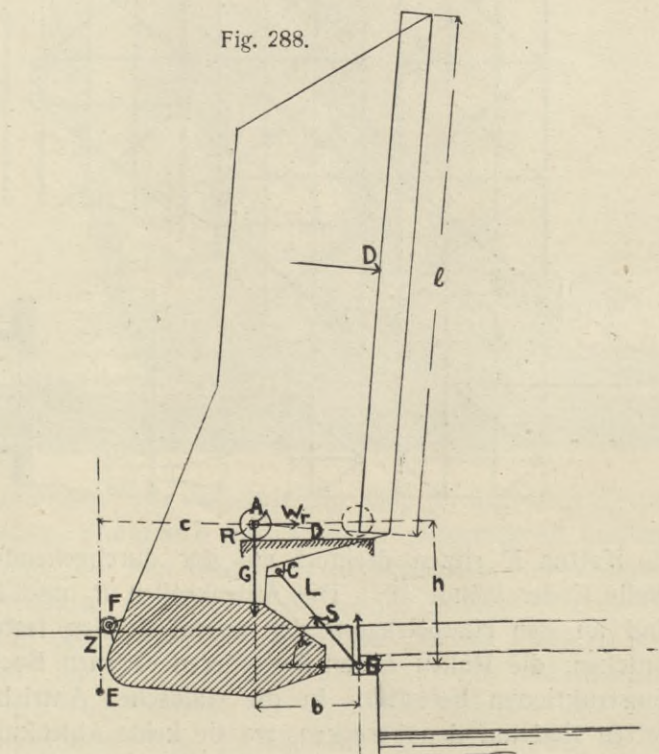
$$D \cdot l/2 + S \cos \alpha \cdot h - S \cdot \sin \alpha \cdot b - Z \cdot c = 0$$

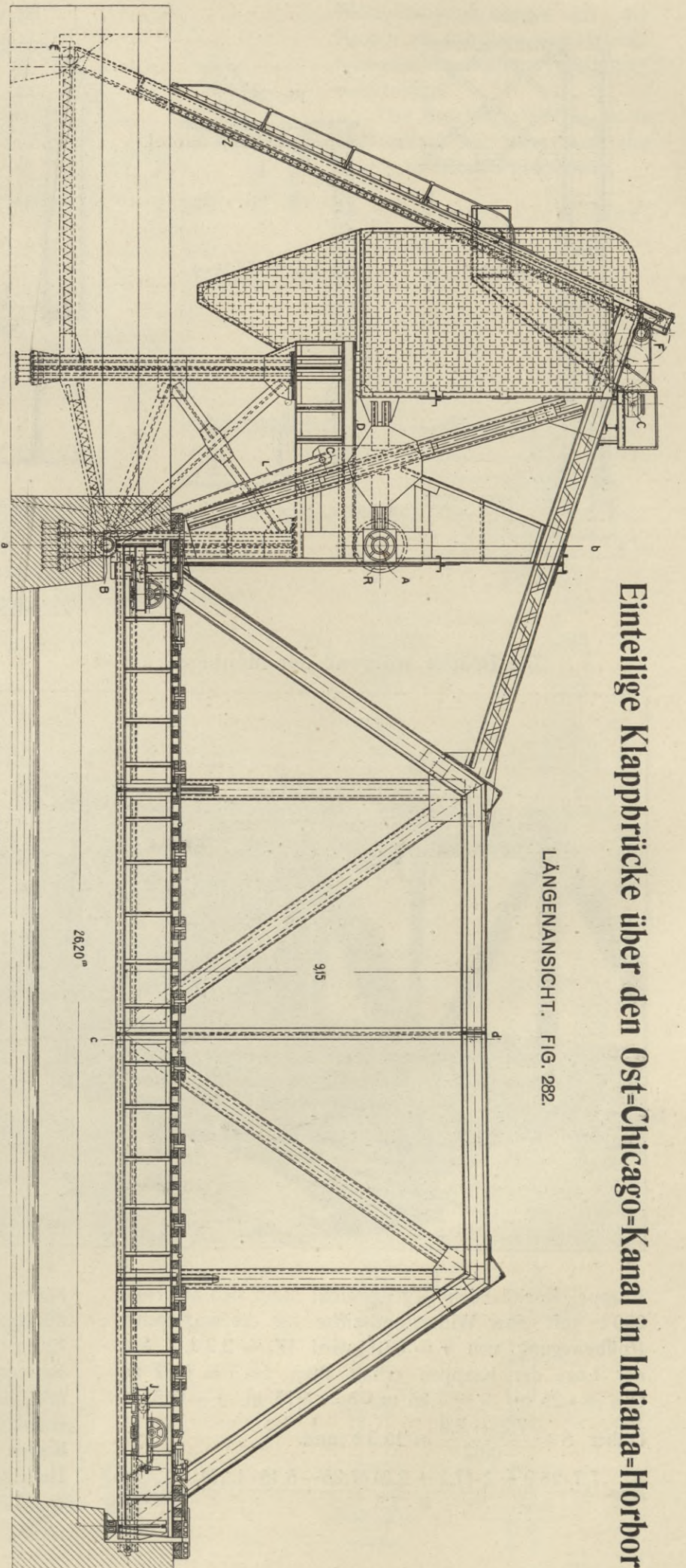
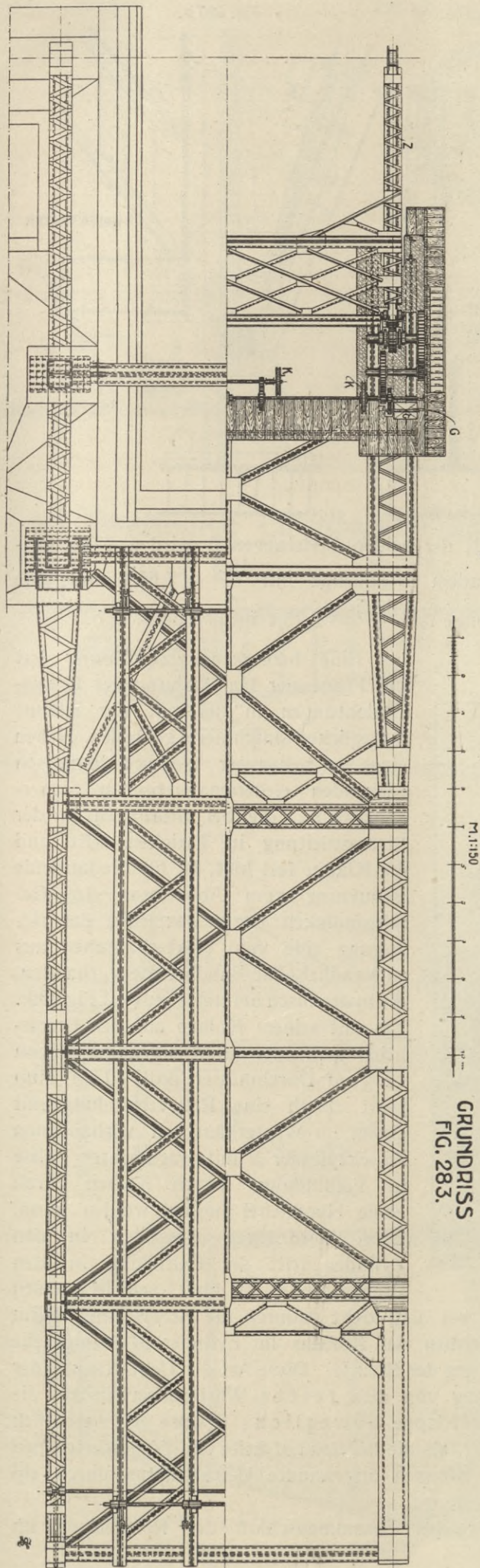
(Momente in bezug auf die Achse A).

Die Lösung ergibt

$$S = \frac{D + W_r}{\cos \alpha}, \quad Z = \frac{D \cdot l + 2(D + W_r)(h - b \operatorname{tg} \alpha)}{2c}$$

Darin ist D der Winddruck auf die geöffnete Klappe und W_r Reibungswiderstand für die Rollbewegung der Klappe. Nimmt man den Winddruck zu 30 kg/m^2 an, so wird bei 26,2 m Klappenlänge und 9,20 m Klappenbreite $D = 26,2 \cdot 9,2 \cdot 0,03 = 7,2 \text{ t}$. Das Gewicht G der





Einteilige Klappbrücke über den Ost-Chicago-Kanal in Indiana-Horbor.

Fig. 284.

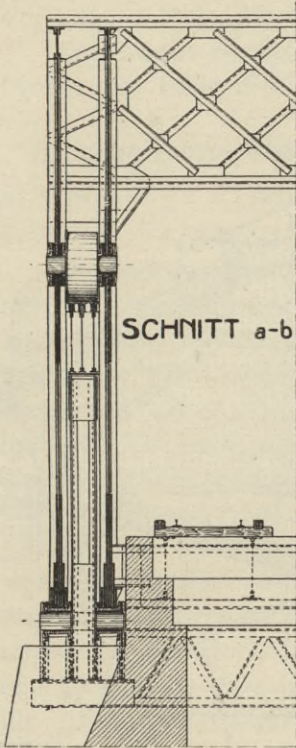


Fig. 285.

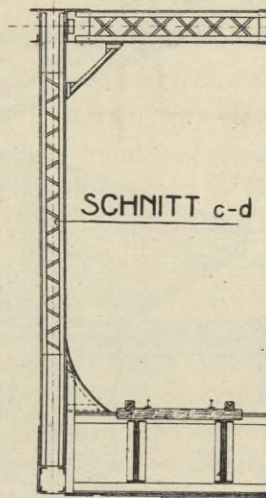


Fig. 287a.

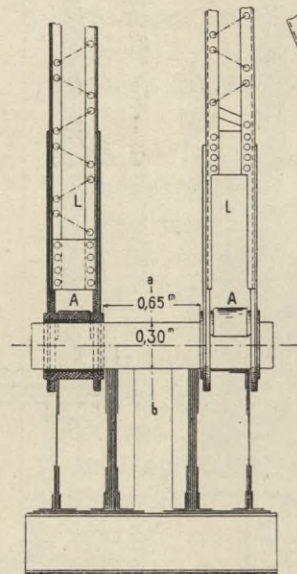
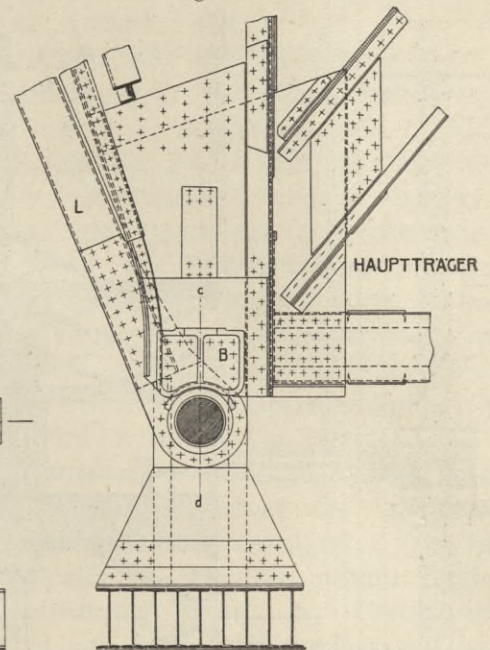
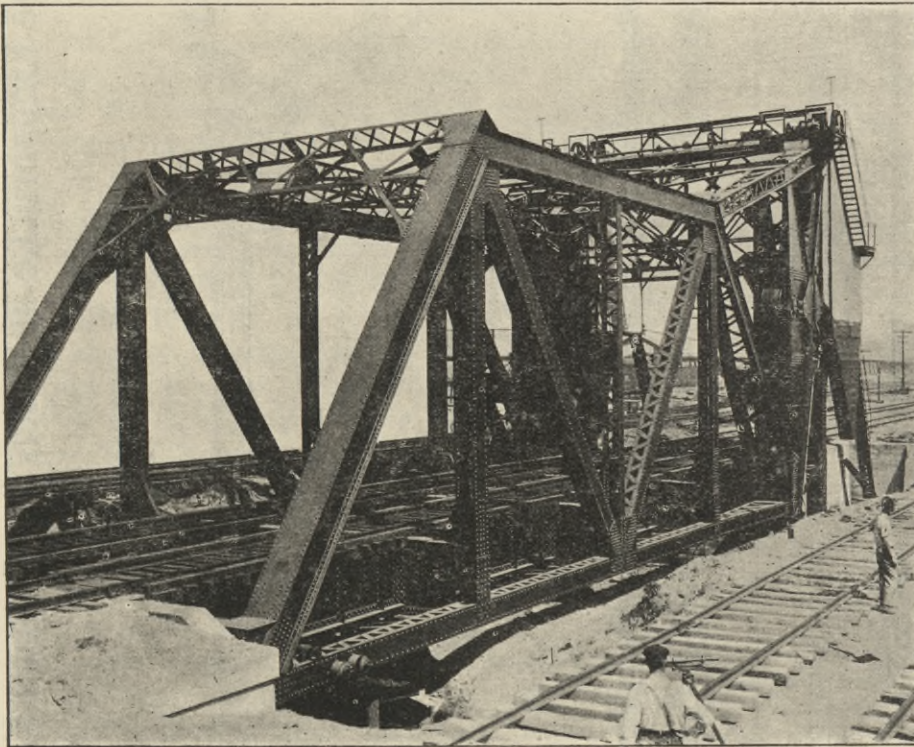


Fig. 287b.



Jede der beiden Leitstangen L wird also bei entsprechendem Winddruck mit $\frac{15,3}{2} = 7,65$ t und jede Zahnstange mit $\frac{13,5}{2} = 6,75$ t beansprucht.

Die Brücke während der Montage. Fig. 286.



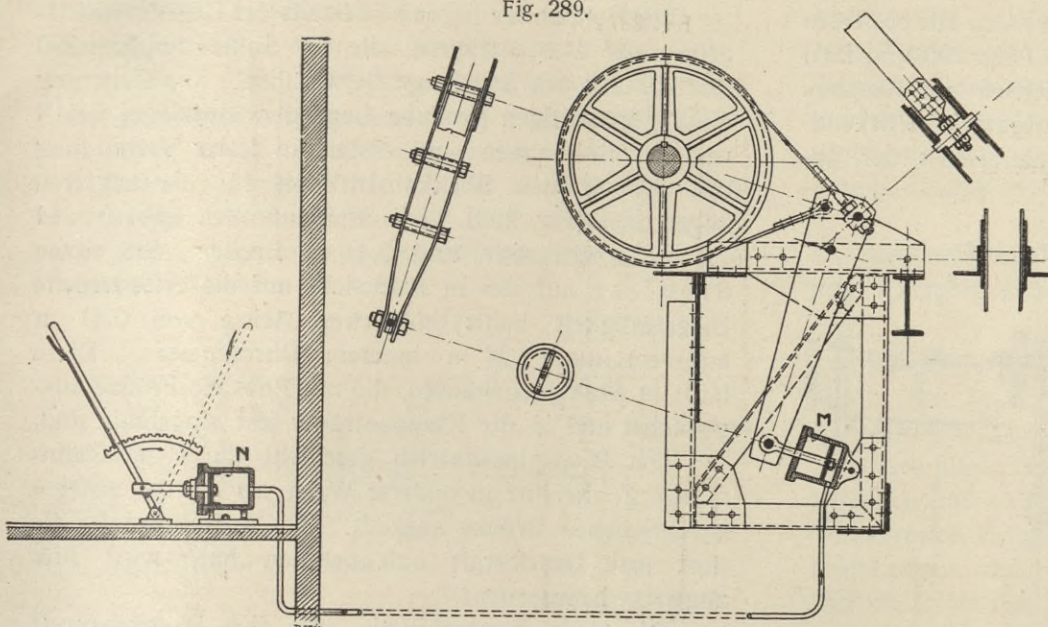
Klappe einschließlich Gegengewicht stellt sich auf rund 230 t; mit einer Widerstandsziffer für die wagerechte Rollbewegung von $r = 0,01$ wird $W_r = 2,3$ t. Aus der Lage der Klappen erhält man $\cos \alpha = 0,62$ m, $\text{tg} \alpha = 1,25$ m, $h = 7,25$ m, $b = 5,15$ m, $c = 7,5$ m. Daher $S = \frac{7,2 + 2,3}{0,62} = 15,3$ t und $Z = \frac{7,2 \cdot 26,2 + 2 \cdot (7,2 + 2,3) \cdot (7,25 - 5,15 \cdot 1,25)}{2 \cdot 7,5} = 13,5$ t.

Eine bemerkenswerte Lösung hat die Frage der Handhabung der Brems- einrichtungen in der mit der Klappe beweglichen Maschinerie gefunden. Neben einer in bekannter Weise automatisch wirkenden elektromagnetischen Sicherheitsbremse, die bei Störungen in der Stromzuleitung in Tätigkeit tritt und die Klappe fest hält, ist für die laufende Benutzung zum Abbremsen der Geschwindigkeit gegen das Ende der Bewegung eine vom Wärterhäuschen aus zu handhabende Bandbremse vorhanden, die hydraulisch betätigt wird (vgl. Fig. 289). Ein mit seinem Kolben auf den Bremshebel wirkender Oeldruckzylinder M von $12\frac{1}{2}$ cm Durchmesser und 10 cm Hub steht durch eine Rohrverbindung mit einem im Wärterhäuschen vorhandenen Druckzylinder N mit wagerechter Achse in Verbindung, dessen Kolben durch einen Handhebel bewegt werden kann. Beim Vordrücken desselben in den Zylinder tritt die Oelfüllung in den Bremszylinder M über, schiebt dessen

Kolben vor und zieht dadurch die Bremse an. Beim Zurückziehen des Kolbens im Zylinder M erfolgt die Entlastung der Bremse. Diese Art der Uebertragung der Bewegung von dem festen Wärterhäuschen auf die mit der Klappe bewegliche Bremse ist wesentlich einfacher, als die bei den auf Seite 62—64 beschriebenen beiden Klappen angewandte Uebertragung durch ein Hebelgestänge.

Für den Zusammenschluß der Rohrleitung im

Fig. 289.



Wärterhäuschen und auf der Klappe ist allerdings eine Gelenkrohr- oder eine Schlauchverbindung notwendig.

Die Brücken sind im Jahre 1907 erbaut und gegen Ende des Jahres in Betrieb genommen.

b) Zweiteilige Eisenbahn-Klappbrücke über den Illinoisfluß in Peoria. Illinois-N.-A. (Fig. 290—298.)

Diese Brücke führt eine eingleisige Lokalbahn in rund 43 m Stützweite bei rund 38 m lichter Durchfahrtsweite über den Fluß. Das Gleis liegt hier auf den vollwandigen Trägern, die zusammen

Zweiteilige Eisenbahn-Klappbrücke über den Illinoisfluß in Peoria.

Fig. 290.

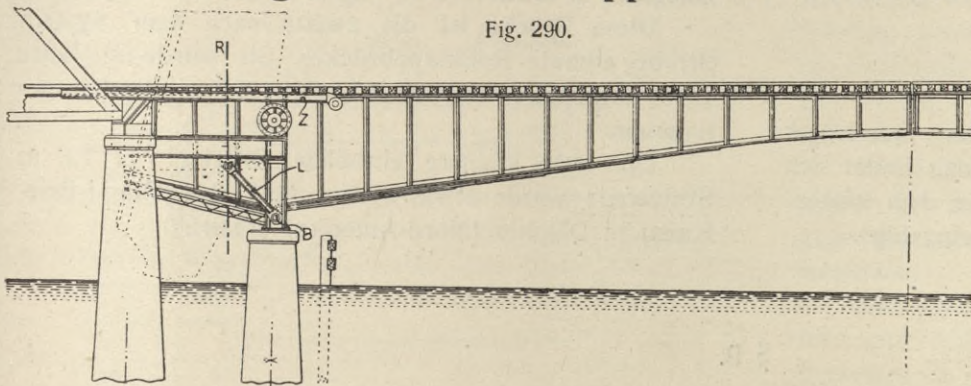


Fig. 293.

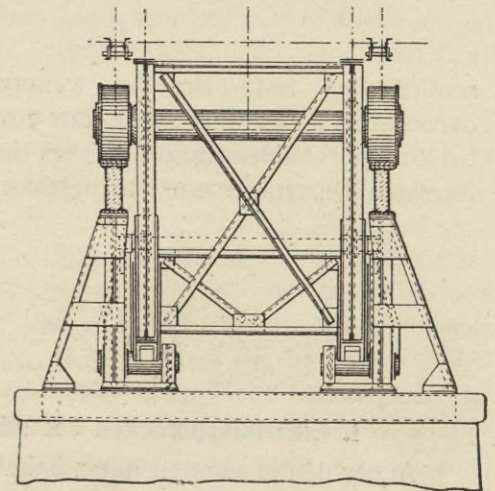


Fig. 291.

Fig. 292.

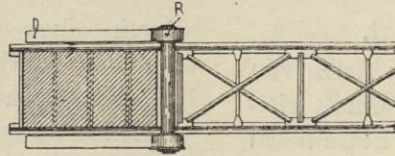
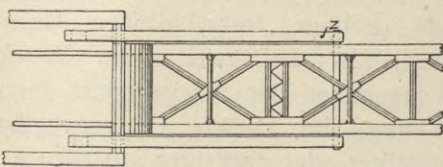


Fig. 296.

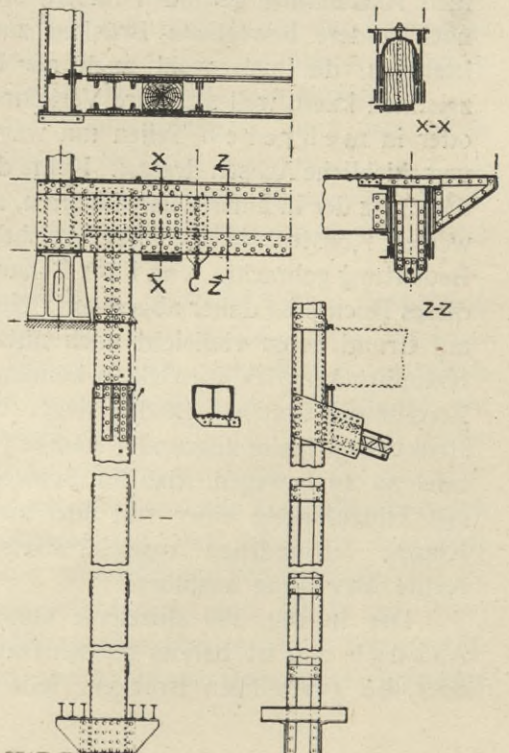


Fig. 294.

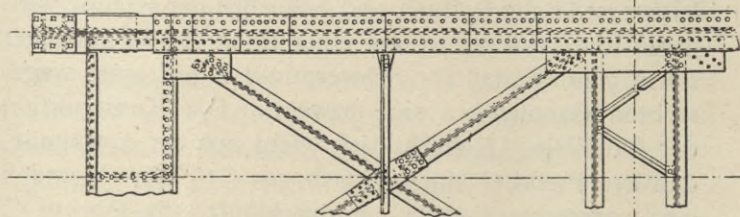
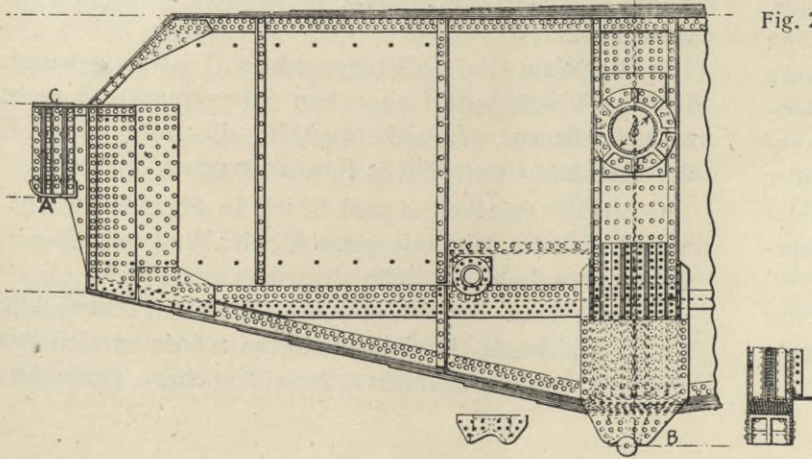


Fig. 295.



in ihrer Untergurtlinie Bogenform aufweisen. Die positiven Stützlager der Klappen liegen bei *B* (Fig. 290 und 295) in den Lotebenen durch die Drehachsen der Klappen bei geschlossener Brücke. Die negative Rückendstütze bietet ein mit dem Pfeilermauerwerk der an-

Fig. 298.

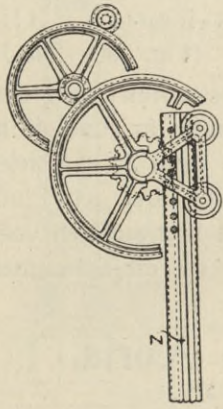
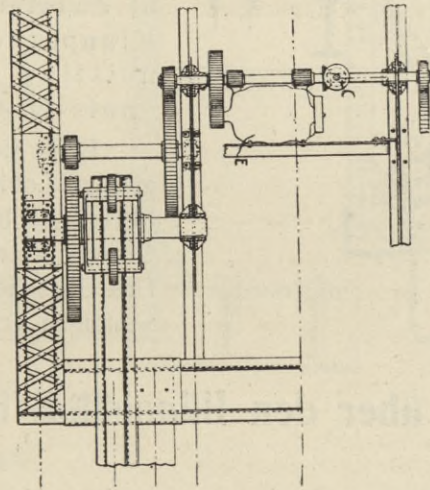


Fig. 297.



schließenden feste Brücken verankerter Querträger derselben (Fig. 295 und 296). Der Anschlag findet sich bei *C*. Zur Milderung des Stoßes ist in dem kastenförmigen Querträger ein Hartholzblock eingefügt.

Die Rollbahnen liegen beiderseits des Gegengewichtsarmes auf Kastenträgern, die im Sinne der Fig. 290 und 293 auf den Brückenpfeilern ruhen. Zur Sicherung einer gegenseitigen genauen Lage der Stützlager bei *B* und der Rollbahnen sind erstere in fester Verbindung mit der eisernen Bockkonstruktion für die letzteren angeordnet (Fig. 293). Die Stahlgußrollen haben rund 1,0 m Durchmesser und 0,41 m Breite. Sie sitzen drehfest auf der in Rücksicht auf die erforderliche Biegefestigkeit hohlzylindrischen Achse von 0,41 m äußerem und 0,28 m innerem Durchmesser. Diese läuft in Stahlgußgehäusen, die mit Phosphorbronze ausgebücht und in die Klappenträger fest eingebaut sind.

Der Bewegungsantrieb geschieht durch die Zahnstange *Z*, die hier in anderer Weise als bei der unter *a* beschriebenen Brücke angreift. Die Leitstange *L*, die dort eine Druckkraft aufzunehmen hat, wird hier zugweise beansprucht.

Die Antriebsmaschinerie, die ihre Betriebskraft durch einen Elektromotor *E* oder von Hand durch ein Gangspill *G* erhält, ist in Fig. 297 und 298 dargestellt.

Diese Brücke ist die zweite nach dem System Strobel erbaute Rollklappbrücke. Sie wurde im Jahre 1906 ausgeführt und am 1. April 1907 in Betrieb genommen.

Die erste kleinere einteilige Brücke von 7,8 m Stützweite wurde etwas vorher über den Miami-Erie-Kanal in Delphos (Nord-Amerika) erbaut.

§ 9.

Schlußbemerkungen.

I. Einzelklappbrücken besonderer Art.

Außer den in vorstehendem behandelten Arten von Klappbrücken, die alle mehrfach und größtenteils vielfach Anwendung gefunden haben, sind in Einzelfällen noch andere bewegliche Brücken zur Ausführung gekommen, die man wohl auch als Klappbrücken bezeichnen kann, weil sich ihre Verkehrstafeln in einem oder in mehreren Teilen um wagerechte feste oder verschiebbliche Achsen drehen. Keine derselben hat es indes, trotz der in ihnen verwirklichten, an sich bemerkenswerten Konstruktionsgedanken, bisher zu allgemeinerer Bedeutung gebracht. Von ihrer Behandlung im Rahmen dieses Buches ist daher abgesehen. Nur zwei Vorschläge, auf Grund deren vielleicht noch nützliche Formen von Klappbrücken sich entwickeln können, mögen hier kurz Erwähnung finden. Beiden liegt etwa derselbe Konstruktionsgedanke zugrunde; nämlich der, die Brückentafel so zu bewegen, daß ihr Schwerpunkt, ohne oder mit Hinzufügung eines fest oder zwangläufig mit der Klappe verbundenen Ausgleichsmasse, nur eine wagerechte Bewegung ausführt.

Der in Fig. 299 skizzierte Vorschlag stammt von *A r a d g h* und ist bereits älteren Datums. Die Klappe oder, bei zweiteiligen Brücken, jede der Klappen, ist

durch einen in *D* drehbar festgehaltenen Gelenkstab *CD* aufgehängt, der bei zweiteiligen Brücken die Klappe auch gegenüber der Verkehrslast festzuhalten hat, wobei dann im Punkte *A* je nach Lage der Verkehrslast positiver oder negativer Stützdruck zu leisten ist. Beim Öffnen und Schließen der Klappe wird deren hinteres Ende *A* auf einer Bahn *AE* von solcher Form geführt, daß ihr Schwerpunkt *S* auf einer wagerechten Geraden *nn* sich bewegt. Die Konstruktion der Bahnlinie *AE* ergibt sich leicht aus der Erwägung, daß der Punkt *C* einen Kreisbogen *CC₁* um *D*, und *S* eine wagerechte Gerade *nn* durchläuft, die Punkte *C*, *S* und *A* zueinander aber in unverschieblicher Lage verbleiben.

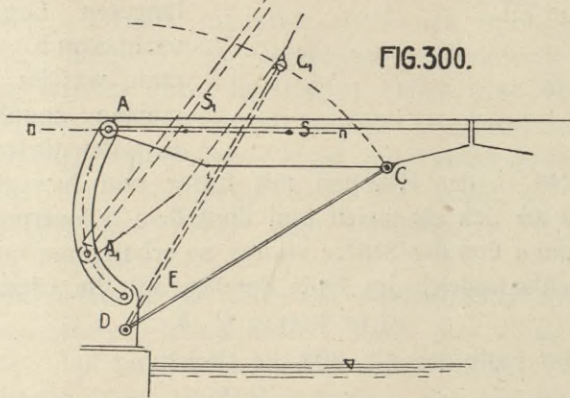
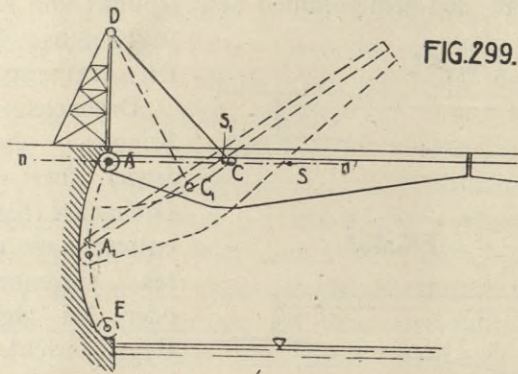
Die Wahl des Aufhängepunktes *C* ist in gewissen Grenzen beliebig, darf aber dem Schwerpunkte *S* nicht zu nahe liegen, weil sich sonst für die Bahnlinie *AE* des Punktes *A* unmögliche Formen ergeben würden.

Liegt *C* zwischen *A* und *S*, wie in Fig. 299, so entwickelt sich die Bahnlinie unterhalb der Wagerechten *nn*, im anderen Falle oberhalb derselben.

Sieht man eine Wagerechte durch *S* rechtwinklig zur Bildfläche als Drehachse an, so würde es sich um Klappen mit wagerecht verschieblicher Drehachse

handeln und die Brücke der in § 8 behandelten Art zuzuzählen sein. Man könnte aber auch eine Wage-rechte durch C als Drehachse gelten lassen und würde dann dem System etwa die Bezeichnung: Klappbrücken mit schwingender Drehachse beizulegen haben.

Der Bewegungsantrieb könnte zweckmäßig durch einen wagerechten Kraftangriff in S , etwa vermittelt einer Zahnstange, wie bei den Rollklappbrücken System Scherzer erfolgen.



Die Anordnung Fig. 300 unterscheidet sich von derjenigen Fig. 299 nur dadurch, daß an Stelle des hängenden Gelenkstabes CD eine Gelenkstrebe getreten ist und infolgedessen der Stützwiderstand in A eine andere Richtung aufweist, auch die Bahnlinie AE etwas anders ausfällt. Je nachdem der Gelenkpunkt C jetzt rechts oder links einer Lotrechten durch S sich befindet, entwickelt sich die Bahnlinie AE unterhalb oder oberhalb $n-n'$. Bei der, soweit uns bekannt, einzigen Ausführung, die die Anordnung Fig. 300 mit 20,70 m Lichtweite bei der zweiteiligen Klappbrücke in der 16. Straße in Milwaukee gefunden hat, liegt der Gelenkpunkt C vor dem Schwerpunktslot, wie in Fig. 300.

Neben dem Vorteil, daß die Bedingung des Gleichgewichts der Klappe in jeder Drehlage bei den in Fig. 299 und 300 skizzierten Klappbrücken ohne oder doch mit geringen Ausgleichsmassen sich erfüllen läßt, würden sie anderen Systemen gegenüber den in die Augen springenden Vorzug besitzen, daß die Klappen sich während ihrer Bewegung in erheblichem Maße der Einwirkung des Windes entziehen. Auch würde es sich, wenn die Lage des Gelenkpunktes C danach gewählt wird, bei zweiteiligen Brücken erreichen lassen, daß die Klappen sich beim Öffnen anstatt nach rückwärts, nach vorwärts neigen und etwa auf ihnen vorhandener Schmutz statt auf die Bewegungsorgane, in das Fahr-

wasser fällt. Diese Vorzüge würden indes nur dann ausschlaggebend für die Anwendung des Systems ins Gewicht fallen können, wenn es gelingt, die Gesamteinrichtung ebenso einfach und vor allem ebenso dauerhaft durchzubilden, wie das bei den durch die Erfahrung bereits bewährten Systemen der Fall ist.

II. Vergleichsweise Bewertung der behandelten Systeme von Klappbrücken in technischer und wirtschaftlicher Beziehung.

Zu der technischen und wirtschaftlichen Bewertung der in den §§ 5 bis 8 behandelten drei Systeme von Klappbrücken im Verhältnis zueinander möge noch folgendes allgemein hervorgehoben werden. Vorweg sei bemerkt, daß alle drei Arten sich auf Grund der vorliegenden Erfahrungen in einer die berechtigten Anforderungen des Verkehrs sowohl hinsichtlich der Sicherheit als der Schnelligkeit des Betriebes durchaus befriedigenden Weise herstellen lassen.

Bezüglich der Sicherheit verdient bei allen drei Arten von Klappbrücken, wenn es sich um die Ueberführung schnell befahrener Eisenbahngleise handelt, die einflügelige Anordnung gegenüber der zweiflügeligen den Vorzug. Bei Straßenbrücken fällt diese Rücksicht nicht ins Gewicht.

Im übrigen ist in statischer Beziehung im allgemeinen keiner der behandelten drei Arten von Klappbrücken gegenüber den anderen ein wesentlicher Vorzug beizumessen.

Der gegen die Rollklappbrücken System Scherzer hier und dort erhobene Einwand, daß beim Öffnen derselben in der Brückenbahn hinter der Drehachse ein störend großer, die Sicherheit des Verkehrs beeinträchtigender Spalt entstehe, entbehrt insofern der Begründung, als das in etwa gleichem Maße auch bei Klappbrücken mit fester Achse der Fall ist, wenn, wie meistens, die Trennungsfuge in der Verkehrsbahn hinter der Achse liegt. Bei beiden Brückenarten fällt der Uebelstand fort, wenn die Trennungsfuge vor der Drehachse liegt, oder, was indes nur bei Rollklappbrücken möglich ist, in der Lotebene der Drehachse sich befindet.

Zugunsten der Rollklappbrücke muß hier noch hervorgehoben werden, daß sie, wenn es sich um beschränkte Raumverhältnisse handelt, diesen meist besser angepaßt werden kann als Klappbrücken mit fester Achse (vergl. die Ausf. S. 82).

Ob und inwieweit in wirtschaftlicher Beziehung eines der in Vergleich gestellten drei Systeme gegenüber den anderen sich vorteilhafter gestaltet, hängt wesentlich auch von örtlichen Umständen ab.

Der Unterbau fällt bei Klappbrücken mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich meist um deswillen kostspieliger aus, wie bei den in Vergleich stehenden beiden andern Brückenarten, weil bei jenen fast stets die Herstellung eines wasserdichten Brückenkellers für die Gegengewichtsarme erforderlich wird, die in der Regel einen verhältnismäßig großen Kostenaufwand veranlaßt, insbesondere dann, wenn für die Gründung ungünstige

Bodenverhältnisse in Frage kommen. Bei Klappbrücken mit fester Drehachse und zwangläufigem Gewichtsausgleich, bei denen ein Brückenkeller nicht erforderlich ist, kommt jener Kostenaufwand in Fortfall. Ebenso bei Rollklappbrücken, wenn die Verkehrsbahn in Höhe der unteren Gurtung der Klappenträger liegt. Aber auch, wenn das nicht der Fall ist, fällt der Brückenkeller für diese Brückenart erheblich kleiner und weniger kostspielig aus.

Bei Rollklappbrücken, bei denen der vom Rollsegment auf die Rollbahn ausgeübte Auflagerdruck während der Bewegung der Klappe wandert, erfordert die Aufnahme desselben ausgedehntere Fundamente. Der Mehraufwand an Kosten für diese tritt aber gegenüber demjenigen für den Brückenkeller meist sehr zurück.

Nur wenn sich bei Klappbrücken mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich für den Gegengewichtsarm etwa in einer anschließenden festen Brückenöffnung der erforderliche Raum bietet, oder solcher in anderer Weise ohne besondere kostspielige bauliche Maßnahmen verfügbar ist, wie das zuweilen bei Schleusenbrücken zutrifft, kommt eine höhere Einschätzung der Kosten für den Unterbau bei Klappbrücken mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich gegenüber den konkurrierenden Brückenarten nicht in Betracht.

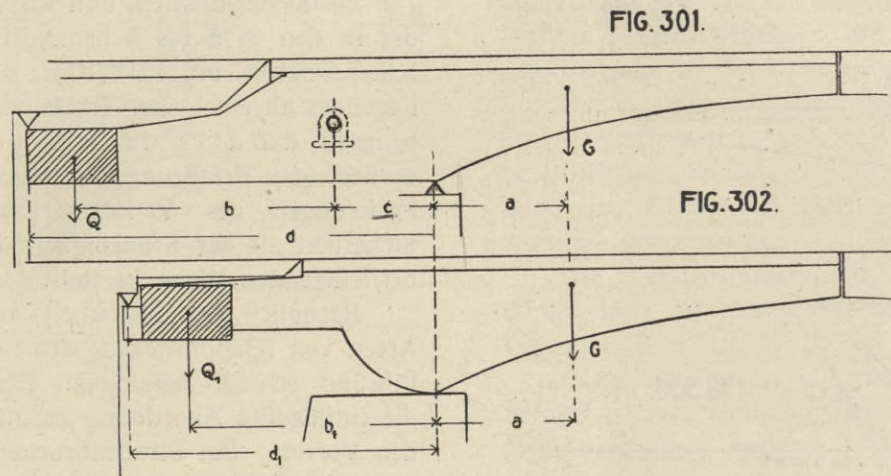
Bei den Klappbrücken mit fester Achse und zwangläufigem Gewichtsausgleich, deren neuere Entwicklung wesentlich mit auf das Bestreben der Vermeidung eines Brückenkellers zurückzuführen ist, wird der erzielte Vorteil in gewissem Grade durch den Aufwand für die zwangläufige Verbindung des Gegengewichts mit der Klappe ausgeglichen. Bei schlechten Untergrundverhältnissen und verhältnismäßig hohen Wasserständen kann aber trotzdem ein erhebliches Plus zugunsten dieser Brückenart gegenüber denjenigen mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich bestehen bleiben.

Das Gewicht und die Kosten der eisernen Ueberbauten können bei den beiden Brückenarten mit fester Drehachse als im allgemeinen nahezu gleich geschätzt werden.

Bei beiden Arten kann die Klappe im geschlossenen Zustande entweder in den Lagern der Drehachse oder auf besonderen Stützlagern ruhen. Nur im ersteren Falle kann die Länge der Klappen beider Brückenarten bei gleicher lichter Durchfahrtsweite ebenso gering ausfallen wie bei den Rollklappbrücken. Nur in solchem Falle können daher auch die Kosten der Ueberbauten aller drei Arten von Klappbrücken als im allgemeinen nahezu gleich angenommen werden. Ruhen die Klappbrücken mit fester Achse aber vor der Achse auf be-

sonderen Stützlagern, wie es nach den Ausführungen auf S. 11 grundsätzlich erwünscht ist, so fällt die Länge ihrer Ueberbauten und fallen demnach auch deren Gewicht und Kosten nicht unerheblich größer aus, als bei Rollklappbrücken, wie ein Blick auf die Fig. 301 und 302 ohne weiteres erkennen läßt. Zunächst kommt das Maß c , der wagerechte Abstand der Drehachse vom Stützlager im geschlossenen Zustande bei der Brückenart (Fig. 301) unabwendbar als Mehrlänge hinzu. Das Erfordernis, den gemeinsamen Schwerpunkt von Klappe

und Gegengewicht in die mathematische Drehachse zu bringen, bedingt ferner bei fester Drehachse (Fig. 301) entweder ein größeres Gegengewicht oder bei gleichem Gegengewicht einen längeren Gegengewichtsarm b . Setzt man, was im allgemeinen annähernd zutreffen dürfte, das



Gewicht G der Klappen mit fester und beweglicher Achse an sich als gleich und denselben Schwerpunktsabstand a von der Stütze voraus, so erhält man für den Gewichtsausgleich im Falle der Fig. 301 die Gleichung

$$G(a + c) = Q \cdot b$$

und im Falle der Fig. 302 die Gleichung

$$G \cdot a = Q_1 b_1.$$

Die Division beider Gleichungen ergibt

$$\frac{a + c}{a} = \frac{Q \cdot b}{Q_1 b_1}, \text{ woraus folgt, daß bei}$$

$$b = b_1 \frac{Q}{Q_1} = \frac{a + c}{a} \text{ und bei } Q = Q_1 \frac{b}{b_1} = \frac{a + c}{a} \text{ wird.}$$

Wenn diese Betrachtung auch nur den Wert einer überschläglichen Kalkulation besitzt, so läßt sie doch zweifellos erkennen, daß sowohl das Gewicht der Verträgerung allein, als auch das Gesamtgewicht der Klappen einschließlich des Gegengewichtes bei Klappbrücken mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich wesentlich größer ausfallen muß als bei Rollklappbrücken; und das verhält sich bei solchen mit fester Achse und zwangläufigem Gewichtsausgleich nicht wesentlich anders. — Bleibt noch zu untersuchen, ob nicht etwa das den Rollklappbrücken eigene geringere Materialgewicht der Klappen durch höhere Einheitspreise infolge schwierigerer Herstellungsarbeiten ausgeglichen wird.

Das eigentliche Trägerwerk selbst fällt bei den in Vergleich stehenden Brückenarten im allgemeinen so ziemlich gleich einfach aus. Mit den Rollsektoren und Rollbahnen, deren hinreichend genau und genügend widerstandsfähige Herstellung bei Rollklappbrücken besondere Aufmerksamkeit und besonderen Arbeitsaufwand

erfordert, steht bei Klappbrücken mit fester Achse die Herstellung, der Einbau sowie die genaue und dauerhafte Lagerung der Drehachse im Vergleich. Unter mittleren Umständen werden die Kosten für beide nicht so verschieden sein, daß sie ausschlaggebend ins Gewicht fallen könnten.

Der Kostenaufwand für das Gegengewicht, das bei den Klappbrücken mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich wie auch bei Rollklappbrücken in Rücksicht auf seine Unterbringung in der Hauptsache stets aus Guß- oder Walzeisen (alten Eisenbahnschienen) bestehen muß, fällt bei den Klappbrücken mit fester Achse und zwangläufigem Gewichtsausgleich um deswillen meist erheblich geringer aus, weil hier das stets hochliegende Gegengewicht aus billigerem Material (Eisenbeton usw.) bestehen kann. Dieser wirtschaftliche Vorzug der genannten Brückenart tritt zurück oder kann auch ganz verschwinden, wenn nach der Oertlichkeit, in der das Bauwerk auszuführen ist, auf eine vorteilhafte äußere Erscheinung desselben besonderer Wert gelegt, und aus diesem Grunde ein etwa hoch- und freiliegendes räumlich ausgedehntes Gegengewicht architektonisch umbaut werden muß. In solchen Fällen muß in der Anwendung von Brücken mit verdeckt liegendem Gegengewicht (Brücken mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich oder Rollklappbrücke) die einfachere und natürlichere und daher auch vorteilhaftere Lösung erblickt werden.

Ein genauerer Vergleich der Neubaukosten für die konkurrierenden Brückenarten kann im Einzelfalle natürlich nur auf Grund mehr oder weniger durchgearbeiteter Pläne gewonnen werden. Im allgemeinen aber und von Ausnahmen abgesehen, kann nach obigen Darlegungen bezüglich der aufzuwendenden Neubaukosten folgendes als erwiesen gelten:

Der Kostenaufwand für den Unterbau unterliegt von oben nach unten der Abstufung, — „Feste Achse mit starrem Gewichtsausgleich“ — „Rollklappbrücke“ — „Feste Achse mit zwangläufigem Gewichtsausgleich“.

Derjenige für die Klappe nebst Gewichtsausgleich und Bewegungsantrieb folgt der Abstufung, — „Feste Achse mit starrem Gewichtsausgleich“ — „Feste Achse mit zwangläufigem Gewichtsausgleich“ — „Rollklappbrücke“.

Die Gesamtheubaukosten können sich je nach den obwaltenden örtlichen Umständen in der erst- oder der zweitgenannten Reihenfolge abstufen.

Hinsichtlich der Kosten für die bauliche Unterhaltung und periodische Erneuerung der verglichenen Brückenarten ermöglichen die noch verhältnismäßig kurzen Erfahrungen, die über die Klappbrücken mit fester Achse und zwangläufigem Gewichtsausgleich, sowie über die Rollklappbrücken bis jetzt vorliegen, eine abschließende Beurteilung noch nicht. Immerhin dürften diesbezüglich, soweit die Bewegungseinrichtungen in Frage kommen, die Klappbrücke mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich den beiden anderen Systemen, insbesondere denen mit zwangläufigem Gewichtsausgleich, überlegen sein.

Bezüglich der Betriebskosten kann ein erheblicher Unterschied zwischen den verglichenen drei Systemen kaum bestehen. Besonders hervorgehoben sei, daß in dem Fehlen des Zapfenreibungswiderstandes bei den Rollklappbrücken um deswillen keinerlei nennenswerter Vorzug dieser Brückenart gegenüber den beiden anderen erblickt werden kann, weil für die Bemessung der erforderlichen Antriebskraft fast ausschließlich der Widerstand des Windes und der Trägheitswiderstand der bewegten Massen während der Beschleunigung maßgebend sind. Sie allein bestimmen die Stärkenabmessungen der Antriebsorgane und in der Hauptsache auch den mechanischen Arbeitsaufwand für den Betrieb. Da es sich übrigens bei maschinell angetriebenen Brücken auch bei lebhaftem Schiffsverkehr stets nur um eine in Summa sehr kurze Arbeitsdauer der Antriebsmotoren handelt, so fällt der Aufwand für die unmittelbare Arbeitserzeugung gegenüber den sonstigen Betriebskosten bei den Klappbrücken wie bei allen beweglichen Brücken bei sachgemäßer Durchbildung der Bewegungseinrichtungen nur in geringem Maße ins Gewicht.

Nach vorstehenden Darlegungen fehlt es zwar zurzeit noch an einem einwandfreien allgemein gültigen Maßstabe für die wirtschaftliche Bewertung der verglichenen Arten von Klappbrücken. Immerhin aber läßt sich voraussehen, daß, wenn die Erfahrungen mit den Rollklappbrücken und den Klappbrücken mit zwangläufigem Gewichtsausgleich in Unterhaltung und Betrieb weiterhin in erwartetem Maße günstig ausfallen, der Vorteil meist geringerer Anlagekosten dieser Brückenarten ihre Anwendung begünstigen wird.

Literatur.

(Die mit * bezeichneten Quellen sind bei Bearbeitung des Buches benutzt.)

a) Allgemeines.

1. Heinzerling, Die beweglichen Brücken, 1883, mit Abb. u. Taf. *
2. Fortschritte der Ingenieurwissenschaften, zweite Gruppe, 5. Heft. W. Dietz. 1897.
3. Gegengewichte für Klappbrücken. Eng. record 1905, Bd. 52, S. 136.
4. Gewichtsausgleich der Klappen mit Ketten. Eng. record 1905, Bd. 52, S. 194.
5. Die vergleichsweise Betriebssicherheit der Dreh- und Klappbrücken. Eng. News. 1906, Bd. 56, S. 510.
6. Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften, II. Band, 4. Abtlg. 3. Aufl. 1907. *

b) Klappbrücken mit fester Achse und starrem Gewichtsausgleich.

7. Klappbrücke über den Landwehrkanal bei Berlin. Zeitschr. f. Bauw. 1852, S. 487.
8. Klappbrücke über die Deva in Spanien. Nouv. ann. de la constr. 1867, S. 106.
9. Naumann, Die Honigbrücke in Königsberg. Wochenbl. f. Archt. u. Ing. 1881, S. 392 und 399.
10. De Mas. Pont oscillant a l'écluse des dames (Canal Nivernais). Ann. des ponts et chaussées 1883, II, S. 595.
11. Klappbrücke zu Amsterdam, zur Verbindung der Stadt mit dem neuen Handelskai. Zentralbl. d. Bauverw. 1883, S. 482.
12. Die Hohe Brücke in Königsberg; eine technische Studienreise nach West- und Ostpreußen von Fr. Gerlach und Genossen. Berlin 1884, S. 69.
13. Klappöffnung in der Charlotten-Brücke über die Havel in Spandau. Z. d. V. D. I. 1887, S. 87.
14. Eiserne Klappbrücke in Königsberg (Köttelbrücke). Zeitschr. des Oesterreich. Ing.- u. Archt.-Ver. 1887, S. 127.
15. Die Tower-Brücke in London. Engineer 1891, I, S. 296, 300, 488 und 492; 1892, I, S. 125. — Nouv. ann. de la constr. 1894 S. 113, 161 und 177 mit Abb. u. Taf. — Génie civil 1893/4 Bd. 24, S. 25. — Z. d. V. D. I. 1894, S. 410, 514 und 544. — Zentralbl. der Bauverw. 1894, S. 57 und 73.
16. Die Schmiedebrücke in Königsberg. Zeitschr. f. Bauw. 1897, S. 515. * — Deutsche Bauz. 1901, S. 431.
17. Die Chicagoer Type von Klappbrücken; drei Entwürfe. Eng. record 1900, Bd. 42, S. 50. — Eng. News 1901, I, S. 18. — M. Foerster, Bauing.-Zeitschr. 1900/01, S. 145.
18. Klappbrücke über den Chicagofluß am Clyborn-Platze in Chicago. Eng. News 1901, I, S. 75.
19. Die Straßenbrücken der Stadt Berlin. 1902. Bd. I, S. 8, 18, 21, 24, 27 und 35; Bd. II, S. 71.
20. Die Königsberger städtischen Brücken. Denkschrift von Richter (nicht im Buchhandel erschienen). Königsberg 1907. *

c) Klappbrücken mit fester Achse und zwangläufigem Gewichtsausgleich.

21. Klappbrücke (System Page) über den Chicagofluß. Eng. News 1901, I, S. 311. *
22. Klappbrücken System Strauß. Railr. Gaz. 1906, Bd. I, S. 286.
23. Klappbrücke (Syst. Page) in San-Franzisko. Eng. News, Bd. 55, S. 540. — Eng. record 1906, Bd. 53 S. 618. — Z. d. V. D. I. 1906, Bd. II, S. 1424.
24. Klappbrücke (System Strauß) New-Jersey short-line. Railr. Gaz. 1907, Bd. I, S. 374.
25. Klappbrücke (Syst. Str.) bei Rahwey New-Jersey. Eng. rec. 1907, Bd. 55, S. 465.
26. Klappbrücke (System Page) über den Chicagofluß in Chicago. Railr. Gaz. 1907, Bd. I, S. 836.

27. Zweigl. Eisenbahn-Klappbrücke über den Bodine-Creek auf Staten-Island (New-ork). Eng. News 1908, Bd. 59, S. 57.
28. Klappbrücke zwischen Portsmouth und Tiverton (R. Island). Eng. record 1908, Bd. 57, S. 237. *
29. Klappbrücke über den Coopers-Creek zu Camden (N. Y.). Eng. News 1909, Bd. 61, S. 119.
30. Klappbrücke in Kopenhagen (Neue „Knippelsbrücke“). Engineer 1910, S. 109.

d) Klappbrücken mit wagerecht verschieblicher Achse; Rollklappbrücken.

31. Klappbrücke in der van Buren-Straße in Chicago. Z. d. V. D. I. 1894, S. 863. — Railroad-Gaz. 1893, S. 762; 1894, S. 163; 1895, S. 99, 119 und 565. — Génie-civil 1894/95, Bd. 26, S. 337. — Eng. News 1895, I, S. 114. * — Engineering 1895, II, S. 92 und 159. — Eng. record 1895, Bd. 31, S. 77. — Zeitschrift des Archt.- und Ing.-Ver. z. Hannover 1897, S. 541. — Eng. News 1901, I, S. 311.
32. Antriebsmaschine für eine Scherzer Rollklappbrücke in Chicago. Eng. News 1897, II, S. 170.
33. Rollklappbrücke über den Fort point-Kanal in Boston. Eng. rec. 1899, Bd. 40, S. 261. — Eng. News 1906, I, S. 170.
34. Rollklappbrücken über den Chicagofluß. Eng. rec. 1899, Bd. 40, S. 382.
35. Eine achtgleisige Rollklappbrücke in Chicago. Eng. rec. 1900, Bd. 41, S. 491.
36. Eisenbahn-Rollklappbrücke über den Coyahogafluß in Cleveland. Eng. rec. 1900, Bd. 41, S. 491.
37. Rollklappbrücke in Chicago. Engineering 1902, II, S. 676, 757 und 807.
38. Eisenbahn-Rollklappbrücke. Eng. rec. 1903, II, S. 39.
39. Die Hansabrücke in Stettin. Z. d. V. D. I. 1905, S. 677. — Génie-civil 1905, Bd. 53, S. 64. *
40. Die Swale-Fluß-Brücke (England). Railr. Gaz. 1905, I, S. 291.
41. Einige Rollklappbrücken Syst. Scherzer. Railr. Gaz. 1907, I, S. 372.
42. Rollklappbrücke der Baltimore & Ohio Ry in Cleveland. Eng. News 1908, Bd. 59, S. 277.
43. Vernon-Avenue-Rollklappbrücke, New-York. Eng. rec. 1908, Bd. 57, S. 805. *
44. Eine achtgleisige Gruppe von Rollklappbrücken. Eng. rec. 1909, Bd. 59, S. 354.
45. Rollklappbrücke über den Riachuelofluß in Buenos Aires. Zeitschrift „Der Eisenbau“, Bd. I, 1910, S. 470. *
46. Neuere Klappbrücken mit beweglichen Drehachsen in Amerika. Deutsche Bauzeitung 1911, Bd. I, S. 339, 351 und 370.

e) Klappbrücken verschiedener Art.

47. Faltbrücke über den Chicagofluß. Engineer 1891, II, S. 84 und 91. — Eng. News 1891, I, S. 487. — Zentralbl. d. Bauverw. 1892, S. 116. — Génie civil 1893/4, Bd. 24, S. 337.
48. Klappbrücke System Hase. Stahl und Eisen 1894, II, S. 1009. — Oesterr. Zeitschr. für den öffentl. Baudienst 1898, S. 206. — Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Archt.-Ver. 1894, S. 258.
49. Faltbrücken. Barkhausen. Z. d. V. D. I. 1894, S. 1147.
50. Klappbrücke i. d. 16. Straße in Milwaukee. Génie civil 1894/95, Bd. 26 S. 369. — Eng. News 1895, I, S. 146. — Railr. Gaz. 1895, S. 649. — Z. d. V. D. I. 1896, S. 805.
51. Klappbrücke i. d. Michiganstraße in Buffalo. Eng. News 1897, II, S. 125.
52. Entwürfe f. d. Brücke über den Newtown-Creek, N. Y. Eng. rec. 1896, Bd. 34, S. 179. — Eng. News 1896, II, S. 292.
53. Neue Klappbrücke in der Huronstr., Milwaukee. Eng. News 1897, I, S. 253. — Z. d. V. D. I. 1897, S. 1360.

Helwingsche Verlagsbuchhandlung, Hannover.

(Gegründet vor 1606.)

In unserem Verlage erschienen folgende Werke von

Wilh. Keck,

weil. Geh. Regierungsrat, Professor an der Technischen Hochschule in Hannover.

Vorträge über Mechanik als Grundlage für das Bau- und Maschinenwesen.

- Bd. I: **Mechanik starrer Körper.** Vierte Auflage, bearb. von **Dr. Ludw. Hotopp**, Geh. Baurat, Professor an der Technischen Hochschule in Hannover. Mit 433 Holzschnitten. M. 10.—, gebd. M. 11.50.
Bd. II: **Mechanik elastisch-fester und flüssiger Körper.** Dritte Auflage, bearb. von **Dr. Ludw. Hotopp**, Geh. Baurat, Professor an der Technischen Hochschule in Hannover. Mit 365 Holzschnitten. M. 12.—, gebd. M. 13.50.
Bd. III: **Allgemeine Mechanik.** Mit 206 Holzschnitten. M. 10.—, gebd. M. 11.50. (Neue Auflage, bearbeitet vom Geh. Baurat, Professor **Dr. L. Hotopp**, unter der Presse.)

Vorträge über Elastizitätslehre als Grundlage für die Festigkeits-Berechnung der Bauwerke. Zweite vermehrte Auflage, neu bearbeitet von **Dr. Ludw. Hotopp**, Geh. Baurat, Professor an der Technischen Hochschule in Hannover.

Erster Teil. Mit 209 Holzschnitten. Preis M. 8.—, in gefälligem Ganzleinenband M. 9.—.
Zweiter Teil. Mit 214 Holzschnitten. Preis M. 10.—, in gefälligem Ganzleinenband M. 11.—.

Den Zuspruch, welchen **Kecks Elastizitätslehre** gefunden hat, läßt erkennen, daß der bei seiner Abfassung leitend gewesene Grundgedanke des Verfassers, eine von der Behandlung einfacher Sonderfälle zur Entwicklung allgemeiner Regeln fort chreitende, bequeme und sicher leitende **Einführung in die Elastizitäts- und Festigkeitslehre** zu bieten, richtig war und daß das Buch einem vorhandenen Bedürfnisse entspricht. Bei der Neubearbeitung des Buches ist daher in erster Linie dieser Gedanke weiter verfolgt und noch allgemeiner zur Geltung gebracht.

Das Werk ist in seiner Art so wunderschön, daß ich es als eines der fleißigsten und wertvollsten Werke in der Literatur der Festigkeitslehre begrüße. Ingenieur F. W. Haase, Herausgeber d. Ztschr. f. Lüftung u. Heizung. (12. 2. 1908.)

Vorträge über graphische Statik mit Anwendung auf die Festigkeitsberechnung der Bauwerke, als Anhang zu den „Vorträgen über Elastizitätslehre“. (1. Aufl.) Mit 83 Figuren u. 4 Tafeln. 2. Aufl. In gefälligem Einbände M. 3.—.

Fragen über die wichtigsten Gegenstände aus dem Gebiete der **Mechanik.** 4. Aufl. M. —.50.

In unserem Verlage erschien und ist durch jede Buchhandlung zu beziehen:

Grundriß der Differential- und Integral-Rechnung. Von **Dr. Ludw. Kiepert**, Geh. Reg.-Rat, Professor der Mathematik an der Technischen Hochschule in Hannover.

- I. Teil: **Differential-Rechnung.** 12. verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 187 Figuren. Preis M. 12.50, in Halbbinderband M. 13.50
II. Teil: **Integral-Rechnung.** 10. verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 153 Figuren. Preis M. 12.50, in Halbbinderband M. 13.50

Die neuen Auflagen weisen verschiedene Verbesserungen auf. Unter anderem ist auf vielfache Anregung ein „**Alphabetisches Verzeichnis über die Bedeutung der in den Formeln benutzten Buchstaben**“ und ein „**Alphabetisches Inhaltsverzeichnis**“ zum leichteren Verständnis und zur rascheren Uebersicht über die in dem Werke behandelten Untersuchungen beigegeben. Um ferner die Benutzung der den Anhang des Werkes bildenden „**Tabelle der wichtigsten Formeln**“ zu erleichtern, ist diese „Tabelle“ in **auslegbarer** Form eingehaftet. So ist es möglich, die Tabelle während des Gebrauches neben das aufgeschlagene Buch zu legen und die in den einzelnen Paragraphen des Werkes gegebenen Hinweise auf die Tabelle ohne zeitraubendes Nachschlagen des Gesamtwerkes gleichzeitig zu benutzen.

Einzelne wird als Sonderabdruck aus dem Grundriß geliefert:

Kiepert, Tabelle der wichtigsten Formeln aus der Differential- und Integralrechnung. 2 Hefte. Preis je M. —.50.

Der Schornsteinbau. Von **Gustav Lang**, Geheimer Regierungsrat, Professor an der Technischen Hochschule in Hannover. Mit zahlreichen Abbildungen im Text.

Bisher erschienen und können durch jede Buchhandlung bezogen werden:

1. Heft: **Geschichte und Lichtabmessungen der Schornsteine.** M. 4.—.
2. Heft: **Querschnittformen, Spannungsverteilung, Wärmespannungen und Winddruck.** M. 5.—.
3. Heft: **Anordnung gemauerter Schornsteinschäfte.** M. 9.—.
4. Heft: **Sockel, Grundbau, Einsteigöffnungen und Fuchs**, d. h. die bisher durchweg zu nebensächlich behandelten Leitkanäle für die Rauchgase vom Kessel zum Schornstein, deren gute Anordnung und Instandhaltung größeren Einfluß auf den Zug des Schornsteins ausübt, als man gewöhnlich annimmt. Im Anschluß daran werden dann die Mittel zur **Bekämpfung der Rauch- und Rußplage**, insbesondere **Rußsammler, künstlicher Zug und Gitterschornsteine** eingehend beleuchtet, mit dem Ergebnis, daß wir schon heute in der Lage sind, ohne erhebliche Mehrkosten die Schäden zu beseitigen, unter denen gegenwärtig nicht nur die Großstädter und die Industriebezirke so schwer leiden, sondern in gleicher Weise auch die Land- und Forstwirtschaft. M. 7.—.

Anleitung zum Entwerfen und zur statischen Berechnung gemauerter Schornsteine.

Von **Gustav Lang**, Professor an der Technischen Hochschule in Hannover.
Mit zwei Beilagen (Rechnungsvordrucken). M. 2.—. — Daraus einzeln:

Rechnungsvordrucke. 2. Aufl. Entwurf und statische Berechnung des gemauerten Schornsteinschäftes.

Vordruck I: Schaftberechnung für Winddruck, der **nach oben hin wächst.** } Preis je
Vordruck II: Schaftberechnung für Winddruck, der oben und unten **gleich stark ist.** } 15 Pfennige.

Bei Bestellungen bitten wir stets deutlich die **Lang'sche** Anleitung und die **Lang'schen** Vordrucke zu verlangen zur Vermeidung der leider schon häufig vorgekommenen Verwechslungen mit Werken ähnlichen Titels, welche die **Lang'schen** Werke mehr oder weniger stark benutzt haben.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



IV-300955

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

18292

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

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305982

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300893