

Die
BAUMASCHINEN.

Handbuch der Ingenieurwissenschaften. IV. Band.

Unter Mitwirkung von

L. Franzius,

Oberbaudirektor in Bremen,

herausgegeben von

F. Lincke,

Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

Dritte Abteilung. — 3. Lieferung.

XIV. Kapitel.

Maschinelle Hilfsmittel für Brückenbauten.

Bearbeitet von

L. von Willmann,

Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

Mit 37 Holzschnitten und 6 lithographierten Tafeln.

Leipzig

Verlag von Wilhelm Engelmann

1887.



II- 206604

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Übersetzung, sind vorbehalten.

SPK-B-381/2018

Handbuch der Baumaschinen.

Uebersicht des Inhalts der drei Abteilungen.

Erste Abteilung.

Einleitung. Von F. LINCKE, Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

I. Kraftmaschinen. Von F. LINCKE und E. BRAUER, Professoren an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

II. Triebwerke. Von H. SCHELLHAAS, Maschinen-Ingenieur in Northwich, und A. KREBS, Maschinen-Ingenieur in Wiesbaden.

III. Wasserhebemaschinen. Von FR. NEUKIRCH, Civil-Ingenieur in Bremen.

IV. Baggermaschinen. Von H. BÜCKING, Bau-Inspektor in Bremen.

V. Rammen und zugehörige Hilfsmaschinen. Von R. GRAEPEL, Bau-Ingenieur in Bremen, unter Mitwirkung von E. BÖTTCHER, Bau-Inspektor in Bremen.

Zweite Abteilung.

VI. Hilfsanlagen für den Materialtransport und die Errichtung von Hochbauten. Von DR. PRÖLL und SCHAROWSKY, Civil-Ingenieure in Dresden und Berlin, unter Mitwirkung von L. VON WILLMANN, Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

VII. Apparate und Maschinen zur Herstellung von Tiefbohrlöchern. Von Bergrat G. KÖHLER, Docent an der Königl. Bergakademie in Klausthal.

VIII. Gesteinsbohrmaschinen. Von W. SCHULZ, Professor an der Technischen Hochschule zu Aachen.

IX. Abbohren von Schächten. Von W. SCHULZ, Professor an der Technischen Hochschule zu Aachen.

X. Schrä- und Schlitzmaschinen. Tunnelbohrmaschinen. Von DR. PH. FORCHHEIMER, Docent an der Technischen Hochschule zu Aachen.

Dritte Abteilung.

- XI. Gewinnung und Bearbeitung von Bausteinen.** Von F. POLAK, Technolog in Prag.
- XII. Maschinen und Apparate zum Arbeiten unter Wasser. (Pneumatische Fundirungen. - Taucherei. - Hebungsarbeiten.)** Von L. FRANZIUS, Oberbaudirektor in Bremen.
- XIII. Hebemaschinen.** Von F. LINCKE, Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.
- XIV. Maschinelle Hilfsmittel für Brückenbauten.** Von L. VON WILLMANN, Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.
- XV. Mörtelmaschinen.** Von ED. SONNE, Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.
- XVI. Maschinen für den Bau und die Unterhaltung von Strassen.** Von ED. SONNE, Professor an der technischen Hochschule zu Darmstadt.
- XVII. Ventilation von Tunnelbauten.** Von DR. PH. FORCHHEIMER, Docent an der Technischen Hochschule zu Aachen, unter Mitwirkung von W. SCHÜLZ, Professor an der Technischen Hochschule zu Aachen.

Anhang.

- XVIII. Elektrische Beleuchtung und Kraftübertragung mit Berücksichtigung ihrer Anwendungen für Bauzwecke.** Von DR. O. FRÖLICH und Ingenieur E. RICHTER in Berlin.
- Anschliessend: **Sonstige Beleuchtungsmittel für Baustellen.** Von C. KOHN, Gasdirektor in Frankfurt a. M.
- XIX. Hilfsmittel und Verfahren der Materialprüfung.** Von M. RUDELOFF, Assistent der Königl. Mechanisch-technischen Versuchsanstalt in Berlin-Charlottenburg.

Inhalts-Verzeichnis

zu

Kapitel XIV.

Maschinelle Hilfsmittel für Brückenbauten.

Bearbeitet von **L. von Willmann,**

Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

Hierzu Tafel XVI—XXI und 37 Holzschnitte.

Allgemeiner Teil. — Uebersicht über die Baumethoden.

	Seite
§ 1. Einleitung	1
I. Steinbrücken und Steinpfeiler.	
§ 2. Allgemeines	3
§ 3. Hohe Brücken und Viadukte	5
1. Anwendung fester Gerüste.	
2. Anwendung beweglicher (fliegender) Gerüste.	
a) bei gleichzeitigem Aufbau sämtlicher Pfeiler.	
b) bei isolirtem Pfeilerbau.	
§ 4. Niedrige Brückenbauten	7
1. bei vollständiger Einrüstung.	
2. bei gesonderter Pfeileraufführung.	
§ 5. Steinpfeiler	8
1. Aufbau mit Hilfe von Gerüsten.	
a) Benutzung fester Gerüste.	
b) Benutzung fliegender Gerüste.	
2. Freier Aufbau ohne Gerüste.	
a) Anwendung von Hebevorrichtungen an Böcken und bockartigen Auslegern.	
b) Feststehende Krane.	
c) Schwimmende Krane.	
II. Eiserne Brücken und eiserne Pfeiler.	
§ 6. Montirung der Brückenträger innerhalb der Brückenöffnung	9
1. Anwendung fester Gerüste.	
2. Freischwebender Vorbau.	
§ 7. Einbringen fertig montirter Brückenträger	13
1. Einfahren auf festen Gerüste.	
2. Einschleppen der Träger ohne Anwendung von Gerüsten.	
3. Einbringen auf Pontons.	
4. Heben fertiger Träger.	
§ 8. Montirung eiserner Pfeiler	15
§ 9. Rückblick. Stoffeinteilung	15

A. Maschinelle Hilfsmittel für Horizontalförderung.

I. Laufkrane.

	Seite
§ 10. Allgemeines	16
§ 11. Die Laufbrücke	17
§ 12. Das Hebezeug	19
§ 13. Die Fortbewegungsvorrichtung	21
§ 14. Verschiedene Laufkrane	22

II. Verschiebevorrichtungen.

§ 15. Übersicht	26
§ 16. Stütz- und Leitvorrichtungen	27
1. Gleitbahnen	27
2. Walzen	28
3. Wagen	28
4. Kugeln	32
5. Feste und bewegliche Rollen	33
§ 17. Reibungswiderstände und Berechnung der Rollapparate	38
Tab. I. Brückenverschiebungen mit Anwendung von Gerüsten	40
Tab. II. Brückenverschiebungen ohne Anwendung von Gerüsten	42
§ 18. Bewegungsgetriebe	44
1. Bewegungsgetriebe mit direktem Angriff an der Brückenkonstruktion	44
2. Antrieb mittels der Rollapparate	47

B. Maschinelle Hilfsmittel für Vertikalförderung.

I. Hebe- und Versetzkrane.

§ 19. Krane für Steinbauten	50
Der Bock. S. 50. — Drehkrane. S. 51. — Versetzbare Krangerüste. S. 53.	
§ 20. Krane zur Montirung von Eisenkonstruktionen	54

II. Senkvorrichtungen.

§ 21. Der Keil	56
§ 22. Senkschrauben	58
§ 23. Sandsäcke und Sandtöpfe	62
§ 24. Hydraulische Pressen	66
§ 25. Verschiedene Senkvorrichtungen	70
Senkscheibe von Pluyette. S. 70. — Excentrik von Intze. S. 71. — Walzvorrichtung von Chardard. S. 72.	

III. Vorrichtungen zur Hebung grosser Lasten.

§ 26. Schrauben	75
Hebung der massiven Brücken des Rhein-Marne-Kanals, 73 S. — Montirung der Brücke bei Neckarelz. S. 74. — Hebung der Brücke am Schlosspark Bellevue, 77 S.	
§ 27. Winden und Hebeladen	78
Hebung der Eisenbahnbrücke bei Magdeburg. S. 78. — Hebung der Elb-Brücke bei Wittenberg. S. 78.	
§ 28. Hydraulische Pressen	79
1. Feststehende hydraulische Pressen	79
2. Versetzbar angeordnete hydraulische Pressen	82

	Seite
§ 29. Benutzung von Ebbe und Flut. — Pontons. — Schwimmende Gerüste und Krane . . .	83
1. Benutzung von Ebbe und Flut	84
2. Pontons.	85
3. Schwimmende Gerüste und Krane	86

C. Maschinelle Einrichtungen für den freischwebenden Vorbau und die Montirung von Hängebrücken.

I. Freischwebender Vorbau.

§ 30. Vorrichtungen für Bogenbrücken	89
St. Louis-Brücke über den Mississippi. S. 89. — Viadukt von Garabit. S. 91. — Strassenbrücke Luiz I über den Douro bei Oporto. S. 91. — Verschiedene Projekte. S. 94.	
§ 31. Hilfsmittel für den freischwebenden Vorbau von Balkenbrücken	91
Cantilever-Niagara-Brücke. S. 95. — Brücke über den Firth of Forth bei Queensferry. S. 97. — Eisenbahnbrücke über den Lorenzstrom bei Quebec. S. 98.	

II. Hängebrücken.

§ 32. Allgemeines	98
§ 33. Montirungsvorrichtungen für Kettenbrücken	99
Brücke von Suresne. S. 99. — Point-Brücke über den Monongahela bei Pittsburgh. S. 100.	
§ 34. Montirungsvorrichtungen bei Drahtseilbrücken	101
1. Einbringen fertiger Stränge oder Kabel	102
Hängebrücke zu Freiburg über die Saane. S. 102. — Drahtbrücken von Ellet über den Ohio bei Wheeling und über den Niagara. S. 103.	
2. Anfertigung der Kabel innerhalb der Brückenöffnung an Ort und Stelle.	103
Brücken bei de la Roche Bernard und Saint Christophe. S. 104. — Drahtseilbrücken von John A. Röbling. S. 105.	
§ 35. Hilfsvorrichtungen zur Montirung der East-River-Brücke in New-York	107
Litteraturverzeichnis	110

XIV. Kapitel.

Maschinelle Hilfsmittel für Brückenbauten.

Bearbeitet von **L. von Willmann**,
Professor an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

Hierzu Taf. XVI bis XXI und 37 Holzschnitte.

Allgemeiner Teil. — Baumethoden.

§ 1. Einleitung. Die Ausführung von Brückenbauten erheischt zwar vor allem, dass der bauleitende Ingenieur selbst zur Bewältigung größerer Aufgaben sich thunlichst der einfachen, auf Bauplätzen allgemein gebräuchlichen Hilfsmittel bediene, doch zeigt die Entwicklungsgeschichte der Verwendung von Maschinen im Brückenbau, dass der Begriff der Einfachheit keineswegs ein feststehender ist, sondern, ebenso wie die Anschauungen von der Schwierigkeit der Bauausführungen überhaupt, im Verlaufe der Zeit mit den Fortschritten der Technik sich wesentlich geändert hat. Einen Beleg hierfür bietet unter anderem der gewöhnliche Laufkran mit Winde. Bis zu den dreißiger Jahren noch ungebräuchlich, fehlt in neuerer Zeit der Laufkran fast auf keinem Bauplatze und darf derselbe trotz seiner verschiedenen, teils komplizierten Ausrüstungen heutzutage zu den einfachen, jeder Brückenbauunternehmung zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln gerechnet werden. Ein Gleiches kann von den beim Bau eiserner Brücken in den letzten Jahrzehnten gebräuchlich gewordenen Hebe- und Verschiebeapparaten gesagt werden. Allerdings bedurfte es zu einer derartig vielseitigen Verwendung und Entwicklung von Brückenbaumaschinen einer kräftigen Anregung, wie sie in West- und Mitteleuropa seit den dreißiger Jahren und in Nord-Amerika seit den fünfziger Jahren bei der raschen Entfaltung der Eisenbahnen durch die Konkurrenz in immer sich steigendem Grade ausgeübt wurde und noch lebhaft fortwirkt.

Während man in abseits liegenden früheren Kulturländern vielfach auch heutzutage noch die in alten Zeiten gebräuchlichen Bauweisen antrifft, so zum Beispiel in Persien die schon zur Zeit des Darius und unter der Herrschaft der Achämeniden angewandte, sehr ursprüngliche und viel Zeit in Anspruch nehmende Art

des Wölbens größerer Brückengewölbe aus Backsteinen¹⁾, während noch im vorigen Jahrhundert bei einem hervorragenden Bau wie der Aquadukt von Alcantara bei Lissabon (beendet 1754) die Steinblöcke an Tragstangen befestigt auf den Schultern von Arbeitern über eine Reihe geneigter Ebenen zur gewünschten Höhe und Stelle getragen oder ebenfalls durch Arbeiter auf Walzen hinaufgewalzt wurden²⁾, weist fast jede zur Veröffentlichung gelangte Bauausführung größerer Brückenbauten dieses Jahrhunderts in Europa und Nord-Amerika eine den angewandten Baumethoden mehr oder weniger angepasste Verwendung maschineller Hilfsmittel auf.

In Frankreich namentlich war es Perronet, der bereits am Ende des vorigen Jahrhunderts bei den von ihm ausgeführten Brücken von Neuilli, Mantes und Orleans in rationeller Weise Hilfsmaschinen verwandte und sie nachher in seinem Werke über Brückenbau³⁾ veröffentlichte, indem er den Vorteil derartiger Veröffentlichungen für den ausführenden Ingenieur erkannte und es beklagte, dass gerade über die Ausführungsweise der Brücken früherer Zeiten und über die dabei gemachten Erfahrungen so wenig überliefert worden sei.

Obwohl die Bauzeit der Perronet'schen Brücken im Vergleich zu den heutigen Leistungen als eine sehr lange erscheint⁴⁾ und auch die von ihm angewendeten Vorrichtungen zum Heben und Versetzen der Steine in der damaligen Form keine

1) Da der Holzangel in Persien ein sehr fühlbarer ist, wird das Mauerwerk des Gewölbes bis zur Bruchfuge in Verbindung mit demjenigen des Widerlagers aufgeführt und erst von hier an ein leichtes Lehrgerüst von etwa 1 m Breite verwendet, das aus ästigem un bearbeitetem Holz besteht und mit Stricken zusammengebunden ist. Über dieses notdürftige Lehrgerüst wird ein erster Bogen aus Backsteinen gemauert, wobei ihrer größeren Leichtigkeit wegen Knaben als Maurer arbeiten müssen. Sobald dieser erste Bogen eine gewisse Festigkeit besitzt, kommt ein zweiter Ring darüber und dann noch so viel Backsteinringe, als zur Festigkeit des Gewölbes notwendig erachtet werden. Nach Ausrüstung dieses Gewölbeteils wird dasselbe Lehrgerüst seitlich daneben wieder aufgeschlagen und eine benachbarte Gewölbezone in Angriff genommen, wobei die Arbeiter sich auf der fertigen Gewölbezone von 1 m Breite bewegen. Der als Wölblinie meistens angewandte Spitzbogen ist auf die Notwendigkeit zurückzuführen, bei der geschilderten Baumethode den Horizontalschub möglichst zu verringern. Auf diese Weise sind die beiden bedeutenden Brücken Krasnui most (Roth e Brücke) und Dokhtaré-Pol (Mädchenbrücke) in der Mitte des 11. Jahrhunderts erbaut worden, von denen die erstere vier ungleiche Spitzbogen von im Maximum 29,8 m Spannweite, die letztere einen Mittelbogen von 23,94 m und zwei seitliche von je 16,93 m Spannweite besitzt. Dieulafoy. Notice sur la construction des ponts en Perse. Ann. des ponts et chaussées. 1883 II. S. 23—48.

2) Wie die in den Pfeilern noch jetzt sichtbaren Balkenlöcher erkennen lassen, bildeten die Gerüste mit einer Steigung von 1:6 geneigte Ebenen, die an den schmalen Pfeilerseiten durch horizontale Plattformen in ihrem schraubenförmigen Aufgange unterbrochen waren, wo sich, wie Samuel Clegg berichtet, die Trägermannschaften ablösten. Die Gerüstständer ruhten auf Steinblöcken und die ganze Ausführung der Gerüste war auf möglichste Dauerhaftigkeit berechnet, da sie 10 bis 15 Jahre zu dienen hatten. Nach Fertigstellung der einzelnen Pfeiler der 35 sehr verschiedenen großen Öffnungen des Aquadukts begann das Wölben von beiden Enden des Aquadukts aus, wobei man über die fertig gestellten Bogen Rollbahnen errichtete und nun allerdings den Materialtransport von den Thalböschungen her in bequemerer Weise bewerkstelligen konnte. Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1881. S. 67.

3) Die Beschreibung der Entwürfe und der Bauarten der Brücken bei Neuilli, Mantes, Orleans etc. Aus dem Französischen übersetzt von J. F. W. Dietlein. Halle 1820.

4) Der Bau der Brücke von Neuilli dauerte bis zur vollkommenen Fertigstellung der Rampen 12 Jahre (1768—1780); dem Verkehr wurde sie allerdings bereits nach sechsjähriger Bauzeit im Jahre 1774 übergeben. — Die Brücke von Mantes wurde von Hupeau 1757 begonnen und durch Perronet im Sept. 1765 beendet. Im Kriege 1870 wurde sie durch die Franzosen vertheidigungshalber gesprengt und dann, abgesehen von den um 2 m verringerten Pfeilerstärken, unter Wahrung der alten Form wieder aufgebaut.

Anwendung mehr finden, so ist doch die Perronet'sche Ausführungsweise bezüglich der ganzen Anordnung und Aufeinanderfolge der einzelnen Vorrichtungen eine auch für heute noch mustergültige zu nennen und hat dieselbe bis in die Mitte dieses Jahrhunderts hinein manchem Brückeningenieur als Vorbild gedient.

Die erwähnten von Perronet benutzten Vorrichtungen⁵⁾ waren:

1. Haspel (Ziehscheiben), die, mit je zwei Spillenrädern versehen, als Wellen horizontal auf Böcken auflagerten. Unter Vermittelung eines auf Rollen ruhenden Gerüstes konnte Verschieben stattfinden. Vier Mann — je zwei an einem Rade — waren imstande mit Hilfe eines solchen Haspels eine Last von 2500 kg zu heben.

2. Drehkrane von ziemlich schwerfälliger Konstruktion, an denen ebenfalls ein Haspel mit zwei Handrädern die Stelle der jetzt gebräuchlichen Winde vertrat und die von zwei Mann bedient wurden.

3. Böcke in auch jetzt noch gebräuchlicher Form, an denen Flaschenzüge angebracht waren, welche mit Hilfe von Göpeln angezogen und nachgelassen werden konnten.

Von größtem Einfluss für die Einführung und Anwendung maschineller Hilfsmittel war seit der Entwicklung der Eisenbahnlinien der immer fühlbarer werdende Mangel an tüchtigen Arbeitskräften und die Forderung einer möglichst kurzen Bauperiode, da den Eisenbahnunternehmungen daran liegen musste, das für die Unternehmung aufgewendete Kapital möglichst bald nutzbar zu machen. Die durch die höheren Anforderungen beim Bau der Eisenbahnbrücken gewonnene größere technische Ausbildung und Leistungsfähigkeit kam dann in zweiter Linie auch den zu bauenden Straßenbrücken und Aquadukten zu Gute. Es bildeten sich für die Erbauung steinerner Brücken verschiedene weiter unten besprochene Baumethoden aus, die nach ihrer Eigenart vollkommener Baumaschinen hervorriefen.

Der Aufschwung endlich, den der Bau eiserner Brücken in den letzten vier Jahrzehnten genommen hat, bewirkte, dass man auch hier bedacht war, Hilfsmaschinen⁶⁾ anzuwenden, welche in möglichst kurzer Zeit und mit dem geringsten Arbeitsaufwand die Montirung derselben ermöglichten. Dabei waren die den verschiedenen Trägersystemen sich anpassenden Bau- beziehungsweise Aufstellungsmethoden von größtem Einfluss und bieten ein deutliches Bild des Entwicklungsganges der beim Brückenbau zur Anwendung gekommenen maschinellen Hilfsmittel.

In diesem Kapitel sollen nur die zum Pfeileraufbau, zum Wölben der Brückengewölbe und zur Errichtung eiserner Brücken und Pfeiler verwendeten Hilfsmaschinen behandelt werden, während bezüglich der zur Bearbeitung der Steine sowie der in den Brückenbau-Anstalten zur Herstellung und Zusammensetzung der einzelnen Konstruktionsteile eiserner Brücken verwendeten Hebe- und Hebemaschinen auf die Kap. XI und XIII dieses Bandes zu verweisen ist.

I. Stein-Brücken und Stein-Pfeiler.

§ 2. Allgemeines. Bei kleinen und niedrigen Objekten wird von maschinellen Hilfsmitteln ganz abgesehen werden können, wenn nicht die Größe der zu versetzenden Steine besondere Hebevorrichtungen bedingt. Als Grenze kann ein

⁵⁾ Dietlein. S. 105, 148. — ⁶⁾ Über schnelle Brückenmontirungen siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1866. S. 590. — 1871. S. 172. — 1873. S. 730. — Friedrich Steiner. Brückenbauten in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika. Wien 1878. S. 107, 118.

Rauminhalt von etwa 0,5 cbm angenommen werden, da größere Steine schwer ohne Laufkrane oder sonstige Hilfsmittel zu versetzen sind.

Bei größeren Steinbrücken ist für die zu wählende Baumethode entscheidend, ob ihre Längenentwicklung oder die Höhenentwicklung vorwiegt. Im ersteren Fall wird sich die Anwendung von Hilfsmaschinen im wesentlichen auf das Versetzen der Steine und die Herstellung der Gewölbe beschränken, im letzteren Fall werden besondere Vorrichtungen zur Hebung des Materials und zur Erbauung der Pfeiler notwendig.

Eine durch die Größe des Objektes gebotene, allgemein giltige Grenze für die Anwendung von Hilfsmaschinen kann nicht festgestellt werden, da drei Faktoren zu berücksichtigen sind, die in jedem einzelnen Fall von verschieden großer Bedeutung sein können:

1. die zur Verfügung stehende Zahl von Arbeitern;
2. die Bauzeit, innerhalb welcher der Bau zu vollenden ist;
3. die Kosten.

Sieht man von den ersten beiden Punkten ab, da dieselben in den Kulturländern in den meisten Fällen für die Anwendung von Hilfsmaschinen sprechen werden, so müssten, damit nicht unnötige Kosten entstehen, die Anlagekosten der Hilfsbahnen und Krangerüste durch die damit gewonnenen Vorteile sich bezahlt machen.

Bezeichnet:

k_m die Kosten pro cbm Mauerwerk bei Anwendung von Maschinen,

k_o die Kosten pro cbm Mauerwerk ohne Anwendung von Hilfsmaschinen,

K_m die Kosten der maschinellen Einrichtungen,

C die Gesamtzahl der cbm Mauerwerk,

so wird:

$$K_m = (k_o - k_m) \cdot C$$

die Grenze der vorteilhaften Verwendung maschineller Hilfsmittel bestimmen, während:

$$K_m < (k_o - k_m) \cdot C$$

den mit der Anwendung maschineller Hilfsmittel erzielbaren Gewinn ausdrückt⁷⁾.

Hierbei bedeutet $(k_o - k_m)$ die durch die Anwendung von Maschinen bewirkte Ersparnis pro cbm Mauerwerk, ein stets positiver Wert, da der Tagelohn des einzelnen Arbeiters gleich bleibt, ob mit oder ohne Hilfsmaschinen gearbeitet wird; in letzterem Fall können mehr cbm pro Tag versetzt werden, wobei für dieselbe Leistung gleichzeitig weniger Arbeiter notwendig sind, was eben die Verringerung der Kosten des einzelnen cbm bedingt, sodass stets $k_o > k_m$.

In den seltensten Fällen werden die verwendeten Vorrichtungen nach Vollendung des Baues vollkommen wertlos, sie repräsentieren also noch einen Wert, den man zu $\frac{1}{3}$ der Anschaffungskosten annehmen darf, woher in obiger Formel statt K_m der Wert $\frac{2}{3}K_m$ zu setzen wäre. Endlich werden bei größeren Bauunter-

⁷⁾ Funk gelangt auf ähnliche Weise für die damaligen Preise und für Kranvorrichtungen, wie sie beim Bau der Brücke über die Leine bei Herrenhausen verwandt wurden, zu dem Resultat, dass eine massive Brücke von fünf Oeffnungen, jede zu etwa 9 m Spannweite und von 9 m Höhe von der Fundamentsohle, die Grenze für die Anwendung besonderer Hilfsmaschinen bilde. Bei den heutigen Arbeitspreisen würde sich diese Grenze zu Gunsten der Anwendung von Hilfsmaschinen verschieben. — Notizblatt d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1851. S. 40.

nehmungen dieselben Apparate mehrmals verwendet werden können, sodass der Wert von K_m sich noch mehr reducirt und in solchem Fall die Anwendung maschineller Hilfsmittel noch empfehlenswerter wird.

Die Gerüstkonstruktionen und Baumethoden für massive, sowie für eiserne Brücken sind im IV. und XV. Kap. des II. Bandes des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften ausführlich behandelt, weshalb hier lediglich eine Übersicht der Baumethoden vorausgeschickt werden soll, um ihren Zusammenhang mit den jedesmal erforderlichen maschinellen Hilfsmitteln hervorheben zu können.

§ 3. Hohe Brückenbauten und Viadukte. 1. Bei Anwendung fester Gerüste bleibt das über die Gesamtlänge des Bauwerks sich erstreckende Gerüst während der ganzen Dauer des Baues stehen; dasselbe bildet sich dem Fortschritt desselben entsprechend aus verschiedenen Stockwerken, in denen längs des Brückenbaues auf seitlich belegenen Transportbahnen auf einseitig angeordneten oder zu beiden Seiten befindlichen Gleisen Transportwagen und Laufkrane oder fahrbare Drehkrane (Viadukt über den Altier⁸⁾, Taf. XVIII, Fig. 1 u. 2) sich bewegen können. Diese Methode hat sich namentlich in Deutschland ausgebildet und gelangte bei einer großen Anzahl bedeutender Viadukte, u. a. beim Sinnthal-Viadukt, beim Enz-Viadukt und bei der Fuldabrücke bei Kragenhof⁹⁾ zur Anwendung.

Verschiedenheiten ergeben sich hier bloß aus der Konstruktionsweise des Gerüsts im unteren Teil als Pfahlwerk, Sprengwerk etc., sowie aus der Anordnung je einer oder zweier Gerüstwände auf jeder Seite des Bauwerkes. Der Materialtransport kann hier sowohl auf horizontalen Bahnen von den Thalhängen her, als auch durch senkrechte Hebung von der Thalsole aus mittels Aufzügen geschehen.

Die Unterstützungsgerüste für die Gewölbelehren oder die Lehrgerüste können entweder in Verbindung mit dem Hauptgerüst (Sinnthal-Viadukt, Zschopau-Viadukt) oder von diesem isolirt, auch gesprengt (Ilmthal-Viadukt bei Weimar) aufgeführt werden. Zu letzterer Kategorie sind auch die vom Hauptgerüst unabhängigen und kein Unterstützungsgerüst beanspruchenden, freitragend konstruirten Lehrgerüste zu zählen (Mannheimer Viadukt). In beiden Fällen geschieht die Aufstellung der Lehrgerüste vom Hauptgerüst aus mit Hilfe der vorhandenen Lauf- oder Hebekrane und sind nach vollendeter Wölbung zur Senkung der Lehrgerüste, dem sogenannten Ausrüsten, besondere Senk- oder Ausrüstevorrichtungen zwischen dem Lehrgerüst und dem Unterstützungsgerüst anzubringen.

Von Vorteil kann bei festen Gerüsten die Anwendung von Brücken-Laufkranen verschiedener Spannweiten sein, von denen diejenigen von geringerer Weite zur Ausführung der Pfeiler sich über denselben senkrecht zur Brückenaxe bewegen, während zum Wölben größere Laufkrane mit zur Brückenaxe paralleler Bewegung verwandt werden (Sinnthal-Viadukt). Auch können die Pfeiler besonders eingerüstet und durch Transportbahnen verbunden werden, die, in die Brückenaxe gerückt, zwischen den Pfeilern unterstützt und etagenweise gehoben werden; Viaduc de la Bèbre¹⁰⁾, Viaduc de la Feige¹¹⁾, Viadukt von Saint Germain des

8) Collection des dessins distribués aux élèves de l'école des ponts et chaussées. Série 4. Sect. C. Pl. 23. Fig. 1 u. 2. — 9) Siehe: Kap. IV im II. Bande dieses Handbuchs. — 10) Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1881. S. 425. — 11) Ann. des ponts et chaussées. 1859 II. Pl. 164.

Fosses¹²⁾. Diese gewissermaßen gesonderte Pfeileraufführung und die Beweglichkeit der Dienstbrücke führt zur folgenden Methode:

2. Anwendung beweglicher (fliegender) Gerüste. Die Eigentümlichkeit der namentlich in Frankreich zur Ausbildung gelangten fliegenden Gerüste besteht in der Beweglichkeit des eigentlichen Transportgerüsts oder der Veränderlichkeit der Unterstüzung für die Versetzvorrichtung während des Baues, wobei die fertig gestellten Bauwerkteile, also hauptsächlich die Pfeiler, als Stützpunkte benutzt werden. Dabei kann unterschieden werden:

a. Gleichzeitiger Aufbau sämtlicher Pfeiler unter Verbindung derselben mittels einer in der Brückenaxe liegenden und auf die Pfeiler sich stützenden Dienstbrücke, die entsprechend dem Fortschritt des Pfeileraufbaues durch Winden oder Schrauben zu heben ist; Viadukt über die Rance bei Dinan¹³⁾, Morlaix-Viadukt¹⁴⁾, Aulne-Viadukt¹⁵⁾, Aquadukt von Montreuil¹⁶⁾, siehe Taf. XVIII, Fig. 19 u. 20, Viadukt von Chastellux¹⁷⁾, Viadukt von Messargès¹⁸⁾.

b. Isolirter Pfeileraufbau. Die Pfeiler werden unabhängig voneinander aufgeführt, indem sie für sich eingerüstet werden oder indem ein Drehkran oder eine sonstige Versetz- und Hebevorrichtung sich auf jedem Pfeiler befindet und entsprechend dem Fortschritt gehoben wird; Viadukt von Montciant¹⁹⁾, Viadukt bei Rümelingen²⁰⁾, Indre-Viadukt²¹⁾, Viadukt von Daoulas²²⁾.

Im Falle a. geschieht die Materialzufuhr auf der horizontalen Dienstbrücke, wobei über den Pfeilern Krane oder sonstige Versetzvorrichtungen die Steine an ihren Platz befördern, im Fall b. hingegen muss die von Zeit zu Zeit je nach dem Baufortschritt zu hebende Versetzvorrichtung das Material hinaufheben oder es muss eine besondere Hebevorrichtung, ein Aufzug für die Materialförderung angebracht werden.

Das Aufstellen der Lehrgerüste und das Wölben geschieht im Fall a. von der Dienstbrücke aus, die, nach Aufstellung der Lehrgerüste auf ihre Scheitel gehoben, die zum Wölben erforderlichen Laufkrane und Winden aufzunehmen hat. Im Fall b. kann die Aufstellung der Lehrgerüste mittels Bücken vom Erdboden aus (Indre-Viadukt, siehe Taf. XVIII, Fig. 9) oder von den Pfeilern aus geschehen (Daoulas-Viadukt), während zum Wölben ein im Scheitel des Lehrgerüsts angebrachter Kran dient, wenn nicht wie beim Viadukt bei Rümelingen vorgezogen wird, auf seitlich vorgekragten Gerüsten nach Vollendung der Pfeiler beidseitige Dienstbrücken zu errichten, die außer der Materialtransportbahn einen in der Richtung der Brückenaxe beweglichen Laufkran unterstützen.

In allen diesen Fällen begnügt man sich bei Viadukten von mehreren Öffnungen gleicher Spannweiten mit einer gewissen Anzahl von gleichzeitig einzurüstenden Lehrgerüsten, die mehrfach zur Verwendung kommen, indem sie entweder jedesmal auseinander genommen und in den ferner zu wölbenden Öffnungen wieder zusammengesetzt oder als fertige Binder in die betreffenden Öffnungen ein-

¹²⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1859 II. S. 143. — ¹³⁾ Daselbst. 1855 I. S. 310. — ¹⁴⁾ Daselbst. 1867 I. Pl. 136. — ¹⁵⁾ Daselbst. 1870 II. Pl. 234. S. 233. — ¹⁶⁾ Daselbst. 1851 I. S. 310. — ¹⁷⁾ Daselbst. 1882 II. S. 5. — ¹⁸⁾ Nouv. ann. de la constr. 1859. S. 163. — ¹⁹⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1859 II. Pl. 164. — ²⁰⁾ Civilingenieur. 1868. S. 71. — ²¹⁾ Fontenay. Construction des viaducs etc. Deutsch von Hertel 1852; auch Civilingenieur. 1868. S. 80. — ²²⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1870 II. Pl. 235.

gebracht werden, zu welchem letzterem Zwecke kräftige Transportmittel, die als Laufkrane oder fahrbare Drehkrane ausgebildet sein können, erforderlich sind. Das Transportiren fertiger Lehrbinder geschieht übrigens häufiger bei den niedrigen Brückenbauten; Kanal-Brücke bei Agen über die Garonne²³⁾.

§ 4. Niedrige Brückenbauten. Bei niedrigen Viadukten und Flussbrücken hängt die Entscheidung der Frage, ob dieselben der ganzen Länge nach eingestüstet oder ob gesonderter Pfeileraufbau mit späterer teilweiser Einrüstung für das Wölben angewendet werden soll, im wesentlichen von der Terrainbeschaffenheit beziehungsweise von dem Charakter des zu überbrückenden Flusses ab.

1. **Vollständige Einrüstung.** Ist das vom Viadukt übersetzte Terrain uneben oder ist beim Bau einer Flussbrücke weder starker Eisgang noch Hinderung der Schifffahrt durch das einzubauende Gerüst zu erwarten, so können in beiden Fällen statt hoher, das Bauwerk überragender Gerüste mit niedrigen Laufkranen (Nagoldbrücke bei Tainach²⁴⁾, Dordognebrücke bei Libourne²⁵⁾ mit Vorteil hohe in der Längsaxe der Brücke sich bewegende Laufkrane verwendet werden, die auf beiden Seiten des Bauwerks durch niedrige Pfahlgerüste mit entsprechenden Gleisen unterstützt sind und, den Brückenkörper zwischen ihre bockartigen Schenkel fassend, ihn um soviel überragen als die zum Versetzen der Steine, zur Aufstellung der Lehrgerüste und zum Wölben nötigen Manipulationen es erfordern; Brücke über die Garonne bei St. Pierre de Gaubert²⁶⁾, Brücke über den Main bei Schweinfurt²⁷⁾. In selteneren Fällen werden hier seitlich sich bewegende fahrbare Drehkrane verwandt; Moselbrücke bei Pfalzel²⁸⁾, Viadukt über den Altier, siehe Taf. XVIII, Fig. 1 u. 2. Ist das Terrain eben, so reducirt sich für Viadukte das Gerüst auf eine Terrain-Bahn, indem der das Bauwerk zwischen sich fassende Laufkran auf Gleisen geführt wird, die mit gehöriger Sicherung gegen Einsinken auf beiden Seiten des Viadukts direkt auf den Erdboden gelegt sein können; Viadukt der Eisenbahn von Paris nach Vincennes²⁹⁾, Viadukt bei Sellerhausen³⁰⁾, siehe Taf. XVI, Fig. 1 u. 2.

2. **Gesonderte Pfeileraufführung mit späterer teilweiser Einrüstung für das Wölben.** Besonders bei Flussbrücken mit vielen Pfeilern und gleichen Bogenöffnungen über größere Ströme kann die Rücksicht auf starken Eisgang und auf lebhafte Schifffahrt dazu zwingen, die Pfeiler einzeln aufzuführen, um dann eine Reihe von Öffnungen mit Lehrgerüsten zu versehen, die nach Fertigstellung dieser Öffnungen bei den übrigen wiederum Verwendung finden, sodass jedesmal nur ein Teil des Flussquerschnittes versperrt wird. Die Einrüstung der Öffnungen kann auf verschiedene Weise stattfinden, in den seltensten Fällen durch feste Pfahlgerüste; Neckarbrücke bei Ladenburg³¹⁾, Loirebrücke bei Montlouis³²⁾, Mainbrücke bei Frankfurt in der Linie der Main-Neckar-Eisenbahn³³⁾, Rhonebrücke bei Lyon³⁴⁾. Häufiger kommen Dienstbrücken aus Sprengwerken oder Fachwerk-

²³⁾ Allgem. Bauzeitg. 1845. S. 189. — ²⁴⁾ Zeitschr. f. Bankunde. 1883. S. 347. — ²⁵⁾ Nouv. ann. de la constr. 1856. S. 51. — ²⁶⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1870 I. S. 411. — ²⁷⁾ Allgem. Bauzeitg. 1857. S. 338. — ²⁸⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1884. Taf. 46. S. 146. — ²⁹⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1861. S. 485. — Nouv. ann. de la constr. 1860. S. 172. — ³⁰⁾ In der Verbindungsbahn zwischen dem Bayrischen Bahnhof und dem Berliner Bahnhof in Leipzig gelegen, 1875/76 unter Leitung des Ingenieurs Andrae erbaut, hat 20 Öffnungen von je 10 m Weite. — ³¹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1850. S. 259. — ³²⁾ Nouv. ann. de la constr. 1870. S. 97. — ³³⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1856. S. 484. — ³⁴⁾ Nouv. ann. de la constr. 1860. Pl. 21—22.

trägern zur Verwendung, welche letzteren sich auf die Pfeilervorköpfe stützen können und sowohl zur Aufstellung der Lehrgerüste als auch zur Unterstützung der beim Wölben zu benutzenden Lauf- oder Drehkrane dienen; Moselbrücke bei Conz³⁵⁾, Elbbrücke bei Pirna³⁶⁾, Moselbrücke bei Pfalzel³⁷⁾. Endlich können auch freitragend angeordnete Lehrgerüste mittels Schiffen (Pontons) seitlich eingefahren oder von schwimmenden Gerüsten aus und mit Hilfe schwimmender Krane aufgestellt werden; Maasbrücke bei Lüttich³⁸⁾, siehe Taf. XX, Fig. 17—19.

§ 5. Steinpfeiler. Die in § 3 unter 2, b. und in § 4 unter 2. angeführte, gebräuchlich gewordene gesonderte Aufführung der Brücken- und Viadukt Pfeiler hat auch für diese besondere Baumethoden herausgebildet, welche nicht nur für Pfeiler gewölbter Brücken, sondern auch für solche mit eisernem Oberbau zur Anwendung gekommen sind und der Allgemeinheit wegen auch gesondert behandelt zu werden verdienen. Man kann unterscheiden:

1. Aufbau mit Hilfe von Gerüsten.

a. Feste Gerüste. Bei Anwendung fester Gerüste können dieselben entweder den Pfeiler rahmenförmig umgeben oder als ein- oder beidseitige Dienstbrücke ausgebildet sein, die, mit einer Transportbrücke an der flussabwärts gelegenen Brückenseite in Verbindung stehend, fahrbare oder feste Drehkrane unterstützt, welche zum Versetzen der Steine dienen; Weichselbrücke bei Thorn³⁹⁾, Brücke bei Mezzana-Corti⁴⁰⁾, siehe Taf. XVI, Fig. 12 u. 13.

Im ersten Falle, bei welchem die Gerüste den Pfeiler rahmenförmig umgeben, verrichten Laufkrane oder sogenannte Katzen, die sich auf oben angebrachten Gleisen bewegen, die Versetzarbeiten und heben das Material bei Flusspfeilern aus Kähnen oder von einer niedrigeren Dienstbrücke, bei Flut- und Landpfeilern vom Pfeilerfuß; Loirebrücke bei Montlouis⁴¹⁾, Viadukt von Montciant⁴²⁾, Weserbrücke bei Fürstenberg⁴³⁾, siehe Taf. XVI, Fig. 18, 19, 36.

Dabei können auch besondere Aufzüge eingerichtet werden, die mit hydraulischem oder Dampf-Betrieb einen oder mehrere Pfeiler gleichzeitig bedienen; Viadukt bei Nogent sur Marne⁴⁴⁾, Thaya-Viadukt der Österreichischen Nord-West-Bahn⁴⁵⁾, Ohe-Viadukt bei Regen⁴⁶⁾, Ruhrthal-Viadukt bei Herdecke⁴⁷⁾, siehe Taf. XVI, Fig. 3 u. 4, Effze-Viadukt⁴⁸⁾.

Häufig genügt es auch, nur auf einer Schmalseite des Pfeilers ein festes Gerüst zu errichten, wie dies beim Aufbau der Strompfeiler der Straßenbrücke⁴⁹⁾ über den Douro bei Regoa an der flussabwärts gerichteten Seite geschah, um die für das Gerüst vom Hochwasser drohenden Gefahren zu umgehen und an den Gerüstkosten zu sparen.

b. Fliegende Gerüste, bei denen auf Pfeilervorsprüngen, auf ausgekragten Steinen oder auf in den Pfeiler eingemauerten Eisenschienen eine leichte Rüstung errichtet wird, die entsprechend dem Fortschritt der Pfeilermauerung auseinander-

³⁵⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1863. S. 48. — ³⁶⁾ Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1878. Taf. 735. S. 27. — ³⁷⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1884. S. 148. — ³⁸⁾ Allgem. Bauzeitg. 1845. S. 261. ³⁹⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1876. S. 35 u. 197. — ⁴⁰⁾ Nouv. ann. de la constr. 1869. S. 5. — ⁴¹⁾ Handbuch d. Ing.-Wiss. II. Bd. Taf. XI, Fig. 3 u. 3a. — ⁴²⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1859 II. S. 121. — ⁴³⁾ Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1881. S. 173. — ⁴⁴⁾ Zeitschr. d. Österr. Arch. u. Ing. Ver. 1860. S. 101. — ⁴⁵⁾ Cövilingenieur. 1857. S. 181. — ⁴⁶⁾ Allgem. Bauzeitg. 1873. S. 108. — ⁴⁷⁾ Zeitschr. f. Bauk. 1881. S. 397. — ⁴⁸⁾ Zeitschr. f. Bauk. 1881. S. 7 u. 183. — ⁴⁹⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1880. S. 241, 441. — ⁴⁰⁾ Daselbst. 1874. S. 457.

genommen und an höherer Stelle wieder zusammengesetzt oder im Ganzen gehoben wird; Viadukt bei Rümelingen⁵⁰), Daoulas-Viadukt⁵¹).

Die Hebung des Materials vom Fuß der Pfeiler geschieht auch hier entweder durch geeignete oben angebrachte Winden oder mittels Dampf- oder Wasserkraft durch besondere Aufzugsvorrichtungen; Viaduc de la Fure⁵²).

Die fliegenden Gerüste können auch aus Kranrüstungen oder Drehkränen bestehen, die, auf der Oberfläche des zu bauenden Pfeilers selbst ruhend, nach jedesmaliger Aufmauerung einiger Schichten gehoben oder seitlich verschoben werden; Flutpfeiler der Straßenbrücke über den Douro bei Regoa, siehe Taf. XVIII, Fig. 28, 29; Indre-Viadukt, Weichselbrücke bei Thorn⁵³), Weichselbrücke bei Graudenz⁵⁴), siehe Taf. XVIII, Fig. 5, 6, 15, 16, 31, 32.

2. Freier Aufbau ohne Gerüste. Werden weder feste noch fliegende Gerüste angewandt, so kann es sich nur um niedrige Pfeiler oder doch nur um den Aufbau bis zu einer gewissen Höhe handeln und zwar werden hierzu verwendet:

a. Böcke oder bockartige Ausleger, Widerlager der Maasbrücke bei Lüttich⁵⁵), siehe Taf. XVIII, Fig. 11—14.

b. Hohe feststehende Galgen oder Krane (Widerlager der Brücke bei Thorn, siehe Taf. XVIII, Fig. 17, die auch mit Schwenkarmen versehen sein können (Fuldabrücke bei Malsfeld⁵⁶) und meistens durch am Pfeilerfuß aufgestellte Winden bedient werden.

c. Schwimmende Krane, die in der Regel auch die Materialzufuhr bewirken und durch Dampf getrieben werden; Donaubrücke der Budapester Verbindungsbahn⁵⁷), siehe Taf. XX, Fig. 16; Bismarckbrücke über den Missouri⁵⁸), siehe Taf. XX, Fig. 20 u. 21.

II. Eiserne Brücken und eiserne Pfeiler.

Die bei der Montirung eiserner Brücken zur Anwendung gekommenen Methoden⁵⁹) sind zu unterscheiden als

1. Montirung der Brückenträger innerhalb der Brückenöffnungen selbst, in definitiver Lage;

2. Montirung der Brückenträger außerhalb der Brückenöffnungen, wobei ein späteres Einbringen der fertigen Trägerkonstruktionen erforderlich wird.

§ 6. Montirung der Brückenträger innerhalb der Brückenöffnungen.

Zu der, ursprünglich aus dem Steinbrückenbau sich ableitenden und mit diesem

⁵⁰) Civilingenieur. 1868. S. 71. — ⁵¹) Ann. d. ponts et chaussées. 1870. Pl. 235. — ⁵²) Portef. économique. 1856. Pl. 31—32. — ⁵³) Zeitschr. f. Bauw. 1876. S. 35 u. 197. — ⁵⁴) Daselbst. 1882. S. 243 u. 403. — ⁵⁵) Allgem. Bauzeitg. 1845. S. 261. — ⁵⁶) Zeitschr. f. Bauw. 1880. S. 241 u. 441. — ⁵⁷) Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1877. S. 29, 213, 701. — ⁵⁸) Engineering. 1884 I. S. 123. — ⁵⁹) Siehe auch: M. Seyrig. Modes of erecting iron bridges. Builder. 1881. S. 286. — Centrabl. d. Bauverw. 1881. S. 50. — Steiner. Zum gegenwärtigen Stande des Brückenbaues. Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 7. — Clark. Engineering. 1878 I. S. 405. — 1880 II. S. 567. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1881. S. 480.

viel Gleichartiges besitzenden Methode der Anwendung fester Gerüste ist bei dieser Art der Montirung in neuerer Zeit der freischwebende Vorbau, unter Benutzung natürlich vorhandener oder künstlich hergestellter fester Aufhänge- oder Stützpunkte zur Verankerung der montirten Trägertheile, hinzugekommen.

1. Anwendung fester Gerüste. Die Ähnlichkeit mit der Herstellung der gewölbten Brücken bedingt bei dieser Methode auch ähnliche Hilfsmittel. In der Hauptsache sind es Laufkrane oder Laufkranen ähnliche Montirböcke (Brücke über die Szamos⁶⁰), siehe Taf. XVI, Fig. 26 u. 27), die hier nicht entbehrt werden können. Auch Böcke mit Windevorrichtungen, Drehkrane mit Hand- oder Dampftrieb werden angewendet, ferner Hehebäume, Flaschenzüge und Wagenwinden. Außerdem werden bei der Montirung selbst Keilstellungen, Kopfschrauben oder Schraubenwinden zur Unterstützung und eventuellen Hebung der Knotenpunkte sowie Senkvorrichtungen zum Niederlassen der Träger auf ihre Auflager erforderlich. Im übrigen sind die Werkzeuge dieselben, wie sie in den Werkstätten der Brückenbauanstalten selbst gebräuchlich sind. Zu erwähnen wären noch die transportablen Nietmaschinen, unter denen Tweddels fahrbare hydraulische Nietmaschine⁶¹) bei den Brückenbauten auf der Southern Manratta-Eisenbahn in einer zweckmäßigen Anordnung neuerdings vorteilhafte Verwendung fand, während ein früherer Versuch auf der Baustelle der Donaubrücke der Budapester Verbindungsbahn missglückte⁶²), da die nötigen Hebevorrichtungen fehlten und die Leistung der Maschine in keinem Verhältnis zu den Kosten stand. Beispiele für die Anwendung fester Gerüste bieten: Rheinbrücke zu Cöln⁶³), Weisenbach-Viadukt zwischen Laibach und Tarvis⁶⁴), Brücke über den Leck bei Kulenburg⁶⁵), Donau-Kanal-Brücke⁶⁶), Reußbrücke bei Mellingen⁶⁷), Viadukt über den Severn⁶⁸), Margarethenbrücke bei Budapest⁶⁹), Moselbrücke bei Guls⁷⁰), Rheinbrücke bei Coblenz im Zuge der Staatseisenbahn⁷¹), Weserbrücke bei Fürstenberg⁷²), Viadukt über das Kübelbachthal⁷³), Trisana-Viadukt⁷⁴), Schwarzwasserbrücke⁷⁵).

Was die Einrüstung betrifft, so geschieht dieselbe bei Brücken von mehreren gleich großen Öffnungen oder bei gleichen Öffnungsgruppen in der Regel nur für einige Öffnungen oder für eine Gruppe gleichzeitig, während für die übrigen Öffnungen dieselben Gerüste wieder zur Anwendung gelangen; Brücke von Mezzana-Corti über den Po⁷⁶), Donaubrücke der Österreichischen Nord-West-Bahn⁷⁷), Taya-Viadukt der Österreichischen Nord-West-Bahn⁷⁸), Donaubrücke der Budapester Verbindungsbahn⁷⁹).

Hinsichtlich der Konstruktion der Gerüste kommen kleinere Unterschiede durch Anordnung von Sprengwerken (Rheinüberbrückung zwischen Düsseldorf und

⁶⁰) Allgem. Bauzeitg. 1879. S. 45. — ⁶¹) Engineering. 1883 II. No. 935. — Centralbl. d. Bauverw. 1884. S. 176. — ⁶²) Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1877. S. 29 u. 213. — ⁶³) Nouv. ann. de la constr. 1860. S. 17. — ⁶⁴) Zeitschr. d. Österr. Arch. u. Ing. Ver. 1871. S. 237. — ⁶⁵) Daselbst. 1872. S. 105. — ⁶⁶) Daselbst. 1878. S. 119. — ⁶⁷) Allgem. Bauzeitg. 1879. S. 62. — ⁶⁸) Ann. d. ponts et chaussées. 1880 I. — Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1880. S. 454. — ⁶⁹) Zeitschr. f. Bauk. 1880. S. 208. — ⁷⁰) Zeitschr. f. Bauw. 1881. S. 572. — ⁷¹) Daselbst. 1881. S. 94 u. 100. — ⁷²) Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1881. S. 187. — ⁷³) Zeitschr. f. Bauk. 1884. S. 158. — ⁷⁴) Centralbl. d. Bauverw. 1884. S. 98. — ⁷⁵) Schweiz. Bauzeitg. 1884 II. S. 148. — ⁷⁶) Nouv. ann. de la constr. 1869. S. 5. — ⁷⁷) Zeitschr. d. Österr. Arch. u. Ing. Ver. 1872. S. 301. — ⁷⁸) Allgem. Bauzeitg. 1873. S. 108. — ⁷⁹) Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1877. S. 29 u. 213.

Neuß⁸⁰⁾, Elbebrücke bei Tetschen⁸¹⁾, Saarbrücke bei Conz⁸²⁾, Viadukt über das Thal der Nidda bei Assenheim⁸³⁾, oder von Fachwerkträgern vor (Rheinbrücke bei Wesel⁸⁴⁾, Viadukt über das Effzethal bei Relbehausen⁸⁵⁾, sowie durch Teilung des Gerüsts in ein Unter- und Obergerüst zur bequemeren Montirung der Unter- und Obergurte besonders hoher Träger (Carolabrücke über die Elbe bei Schandau⁸⁶⁾, Elbebrücke bei Lauenburg⁸⁷⁾, Brücken der Seilbahn am Gießbach⁸⁸⁾. In letzterem Falle werden bei Balkenbrücken in der Regel Laufkrane entbehrlich. Häufig werden die Rüstungen als bewegliche zum Vorschieben angeordnet (Brücke von St. Just über die Ardèche⁸⁹⁾, Straßenbrücke über den Douro bei Regoa⁹⁰⁾ und bei der Montirung von Bogenbrücken sind auch Hängegerüste zur Verwendung gekommen (Umbau der Brücke von Saint-Esprit über die Rhône⁹¹⁾, Brücke von El-Kantara zu Constantine in Algier⁹²⁾.

Oggleich bei Anwendung fester Gerüste die natürlichste Art der Montirung in der Zusammensetzung der einzelnen Konstruktionsteile auf dem Gerüst selbst besteht, so werden doch häufig auch hier größere fertig zusammengenietete Teile, sogar halbe Träger eingebracht, um dann auf dem Gerüst in definitiver Lage zusammengesetzt zu werden; Chausseebrücke über die Ise zu Giffhorn⁹³⁾, Neckarbrücke bei Heidelberg⁹⁴⁾, Moselbrücke bei Eller⁹⁵⁾, Obere Rheinbrücke in Basel⁹⁶⁾.

Statt hölzerner Rüstungen sind in neuerer Zeit auch eiserne zur Anwendung gekommen, in Deutschland namentlich durch die Süddeutsche Brückenbau-gesellschaft und die Maschinenfabrik in Esslingen, beziehungsweise durch deren Filiale, früher Decker & Co. in Cannstadt. Diese eisernen Rüstungen haben den Vorteil der leichten Wiederverwendbarkeit und der Möglichkeit einer raschen Aufstellung und Abrüstung. Sie sind im Grunde genommen selbst eiserne Brücken, deren Aufstellungsweise einer der, keine Gerüste verwendenden Montirungsmethoden angehört; Eisenbahnbrücke über die Donau bei Maria Ort⁹⁷⁾, Bahnbrücke über die Donau bei Poikam⁹⁸⁾, Bahnbrücke über die Regnitz bei Fürth⁹⁹⁾, Bahnbrücke über die Roeslau¹⁰⁰⁾, Innbrücke bei Königswart¹⁰¹⁾, Viadukt über das Thal von Combe-Maranne¹⁰²⁾, Neue Tay-Brücke¹⁰³⁾.

Eine selbständige Stellung beanspruchen die Montirungsmethoden der Hängebrücken innerhalb der Kategorie der in definitiver Lage errichteten Brückenträger, da sowohl für versteifte als auch für unversteifte Hängebrücken zur Montirung der Kabel, zur Befestigung der Hängeseile und zur Herstellung der Fahrbahn ein Dienststeg oder ein Laufwagen erforderlich wird, welche als hängende Gerüste betrachtet werden können; Drahtsteg über die Donau bei Passau¹⁰⁴⁾, Point-

⁸⁰⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1872. S. 245. — ⁸¹⁾ Zeitschr. d. Österr. Arch. u. Ing. Ver. 1875. S. 21. — ⁸²⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1884. S. 149. — ⁸³⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1882. S. 72. — ⁸⁴⁾ Zeitschr. d. Ing. u. Arch. Ver. zu Hannover. 1879. S. 504. — ⁸⁵⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1880. S. 241. ⁸⁶⁾ Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1879. S. 359. — ⁸⁷⁾ Daselbst. 1884. S. 418. — ⁸⁸⁾ Eisenbahn. 1879 II. S. 99. — ⁸⁹⁾ Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1867. S. 474. — ⁹⁰⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1874. S. 466. — ⁹¹⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1859 II. S. 1—48. — ⁹²⁾ Nouv. ann. de la constr. 1866. S. 177. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1867. S. 472. — ⁹³⁾ Daselbst. 1868. S. 57. — ⁹⁴⁾ Zeitschr. f. Bauk. 1883. S. 451. — ⁹⁵⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1883. S. 428. — ⁹⁶⁾ Eisenbahn. 1876 I. S. 145. — ⁹⁷⁾ Allgem. Bauzeitg. 1873. S. 203. — ⁹⁸⁾ ⁹⁹⁾ ¹⁰⁰⁾ Handbuch d. Ing. Wiss. II. Band. XV. Kap. § 15. — ¹⁰¹⁾ Zeitschr. d. Bayr. Arch. u. Ing. Ver. 1876. S. 1. — ¹⁰²⁾ Nouv. ann. de la construction. 1878. S. 23 u. 34. — ¹⁰³⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1881. S. 286 u. 298. — ¹⁰⁴⁾ Zeitschr. d. Bayr. Arch. u. Ing. Ver. 1871. S. 10, 30, 45.

Brücke über den Monongahela bei Pittsburgh¹⁰⁵), East-River-Brücke bei New-York¹⁰⁶).

In selteneren Fällen und nur da, wo die Bahn der Hängebrücke nicht hoch über der Thalsole liegt, kann eine vollständige Einrüstung mittels fester Gerüste in Frage kommen, wobei die Montirung in keiner Weise von derjenigen der Balken- und Bogenbrücken auf festen Gerüsten abweicht; Hängebrücke auf dem Bahnhof zu Gotha¹⁰⁷), Kettensteg über den Main zwischen Frankfurt und Sachsenhausen¹⁰⁸).

Nach dem System des freischwebenden Vorbaues sind Hängebrücken bisher noch nicht ausgeführt worden, immerhin bildet die Anwendung der hängenden Laufkrane einen Übergang zu dieser Montirungsmethode und das von Scharowsky vorgeschlagene System der Bogenkettenträger¹⁰⁹) gestattet den freischwebenden Vorbau von den Pfeilern aus ohne Anwendung irgend welcher Rüstungen.

2. Freischwebender Vorbau. Hier beschränken sich die Hilfsmittel auf: Ankerseile, Kabel, die mit Justirschrauben versehen sind, Kranarme, die an fertig gestellte Trägerteile befestigt werden, Hebeböcke und Krangerüste, die mit dem Fortschritt des Vorbaues vorgeschoben werden, und Flaschenzüge, die in verschiedenster Weise Verwendung finden; Brücke über den Kentucky-Fluss¹¹⁰), Dal-Brücke in Schweden¹¹¹), Verrugas-Viadukt¹¹²), Cantilever-Niagara-Brücke¹¹³), siehe Taf. XXI, Fig. 1—4, Frazer-River-Brücke¹¹⁴), Forth-Brücke¹¹⁵), Hilfsbrücke für die Innbrücke bei Königswart¹¹⁶), St. Louis-Brücke über den Mississippi¹¹⁷), siehe Taf. XXI, Fig. 6 u. 7, Brücke über den Douro bei Oporto¹¹⁸), Bogenöffnung des Garabit-Viaduktes¹¹⁹), siehe Taf. XXI, Fig. 5.

¹⁰⁵) Engineering News. 1876. S. 220. — Scient. American. 1876. Suppl. S. 533. — Railroad Gazette. 1878. S. 141. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1879. S. 67. — Deutsche Bauzeitg. 1879. S. 157 u. 167. — Ann. d. ponts et chaussées. 1879 II. S. 323. — ¹⁰⁶) Deutsche Bauzeitg. 1873. S. 317. — 1878. S. 159. — 1883. S. 547 u. 561. — Engineer. 1876 II. S. 203. — Scient. American. 1876. Suppl. S. 675. — 1877 II. S. 63. — 1878 II. S. 287. — 1881. Mai. — Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1877. S. 12. — Nouv. ann. de la constr. 1879 Sept. S. 142. — 1880 Jan., Febr., Apr. S. 10, 24, 52. — Schweiz. Bauzeitg. 1883 II. S. 150. — ¹⁰⁷) Handbuch d. Ing. Wiss. II. Band. Kap. XV. S. 794. — ¹⁰⁸) Deutsche Bauzeitg. 1879. S. 367. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1880. S. 266. — ¹⁰⁹) Zeitschr. f. Bauk. 1878. S. 566. — Deutsche Bauzeitg. 1876. S. 220. — Railroad Gazette. 1877 S. 29, 428. — Scient. American. 1877 II. Suppl. Okt. — Engineering News. 1877 Febr. S. 37. — ¹¹⁰) Scient. American. 1876. Suppl. März. — ¹¹¹) Engineering. 1872. April. — Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1874. S. 29. — 1875. S. 273. — Engineering News. 1877. Jan. — ¹¹²) Deutsche Bauzeitg. 1884. S. 293. — 1885. S. 238. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884. S. 335. — ¹¹³) Engineering. 1884 Sept. No. 975. — Wochenbl. f. Bauk. 1885. S. 34. — ¹¹⁴) Deutsche Bauzeitg. 1882. S. 541. — Centralbl. d. Bauverw. 1882. S. 12. — 1883. S. 401. — Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1883. S. 2. — B. Baker. The Forth-Bridge. London. 1882. — ¹¹⁵) Zeitschr. d. Bayr. Arch. u. Ing. Ver. 1876. S. 1. — ¹¹⁶) C. M. Woodward. A history of the St. Louis-Bridge. St. Louis. J. James & Co. — Ann. d. ponts et chaussées. 1877 I. S. 5. — Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1874. S. 75. — Engineering. 1871. Jan. — Febr. S. 80. — 1872. Jan. S. 245. Okt. — 1875. Jan. S. 17 u. 39. — American Society of Civil Engineers. Transactions. Vol. II. 1874. S. 135. Vol. III. 1875. S. 239. — ¹¹⁷) Mémoires de la société des ingénieurs civils. 1878. S. 741. — Ann. industr. 1879. S. 135, 164, 198, 227, 266, 295. — Engineer. 1878 II. S. 29, 38, 94. — 1879 I. S. 40, 57, 75, 93, 131, 183. — Engineering. 1878 I. S. 485. — 1878 II. S. 58. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1879. S. 539. — Wochenschr. d. Österr. Arch. u. Ing. Ver. 1878. S. 143. — ¹¹⁸) Centralbl. d. Bauverw. 1881. S. 120. — 1884. S. 200. — Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1884. S. 54. — Wochenbl. d. Österr. Arch. u. Ing. Ver. 1884. S. 159.

Geeignet erscheint diese Methode bei Balkenbrücken nur für das von Gerber erfundene System¹²⁰⁾ der Träger mit freiliegenden Stützpunkten (auch kontinuierliche Gelenkträger, Konsolträger und in Amerika Cantilever-Träger benannt) und auch für dieses nur bei Anwendung von Bolzen-Gelenken in den Knotenpunkten, wie sie in Amerika gebräuchlich und in anderer Anordnung von Gerber in Vorschlag gebracht worden sind, weil nicht allein das Nieten auf den schwankenden Hängearüstungen mit Schwierigkeiten verbunden ist, sondern auch die Konstruktionsteile und Nieten während der Ausführung eine andere, häufig über die zulässige Beanspruchung hinausgehende Beanspruchung erleiden als bei fertig gestellter belasteter Brücke. Bei Bogenbrücken ist es eher möglich die einzelnen Knotenpunkte so aufzuhängen, dass eine gefährliche Beanspruchung während der Ausführung ausgeschlossen erscheint, sodass die großen Kosten eines sehr hohen Gerüsts hier mit Recht zur Wahl dieser Methode bestimmen können. Andererseits kann auch bei Balkenbrücken die Unmöglichkeit der Herstellung eines festen Gerüsts zum freischwebenden Verbau zwingen; Dal-Brücke in Schweden.

§ 7. Einbringen fertig montirter Brückenträger. Das Einbringen fertig zusammengebauter Überbrückungen oder einzelner Trägerwände ist auf mehrfache Weise bewerkstelligt worden:

1. Das Einfahren auf festen Gerüsten kann in der Richtung der Brückenaxe (Gitterwände der Brücke über die Enz¹²¹⁾, Eisenbahnbrücke über den Wiesenfluss bei Basel¹²²⁾, Thur-, Glatt- und Sitter-Brücken¹²³⁾, Gitterbrücke über die Kinzig bei Offenburg¹²⁴⁾, Gitterbrücke über die Vechte bei Nordhorn¹²⁵⁾, Brücken der Eisenbahn von Valencia nach Leon¹²⁶⁾, Auswechslung zweier Joche der Eisenbahnbrücke bei Magdeburg¹²⁷⁾ oder seitlich (Havelbrücke bei Werder¹²⁸⁾, Umbau der Potsdamer Brücke¹²⁹⁾, Straßenüberbrückung der Budapester Verbindungsbahn¹³⁰⁾, Donaubrücke der Österreichischen Nord-West-Bahn¹³¹⁾, Waagbrücke bei Tornoéz¹³²⁾, Stadlauer Donaubrücke bei Wien¹³³⁾, Ferdinandsbrücke in Graz¹³⁴⁾, Eisenbahnbrücke über den Moldaufluss bei Budweis¹³⁵⁾ auf Gleitflächen, Walzen, Wagen oder Kugeln (Patent Weickum) erfolgen. Als bewegende Kraft werden bei Anwendung von Wagen meist Lokomotiven, in den anderen Fällen am besten feststehende Winden in Verbindung mit Flaschenzügen benutzt. Dies seitliche Einschieben wird stets in dem Fall mit Vorteil anzuwenden sein, wenn es sich um Auswechslung von Brückenprovisorien ohne Verkehrsstörung oder um den Ausbau des zweiten Geleises einer Bahn handelt.

2. Einschieben der Träger ohne Anwendung von Gerüsten. Diese Methode ist vielfach benutzt worden, um sowohl Einzelträger, die während des Einwalzens kontinuierlich verbunden wurden, als auch kontinuierliche Träger über die von Gerüsten freien Brückenöffnungen hinüberzuschieben, nachdem die

¹²⁰⁾ Über die Priorität der Erfindung siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1884. S. 57. — ¹²¹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1852. S. 378. — ¹²²⁾ Daselbst. 1856. S. 122. — ¹²³⁾ Daselbst. 1856. S. 133. — ¹²⁴⁾ Daselbst. 1853. S. 185. — ¹²⁵⁾ Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1861. S. 282. — ¹²⁶⁾ Revista di obras publicas. 1863. S. 170 u. 231. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. — 1867. S. 130. — ¹²⁷⁾ Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1878. S. 459. — ¹²⁸⁾ Deutsche Bauzeitg. 1873. S. 179. — ¹²⁹⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1874. S. 146. — ¹³⁰⁾ Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. 1877. S. 699. — ¹³¹⁾ Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1879. S. 4. — ¹³²⁾ Allgem. Bauzeitg. 1880. S. 79. — ¹³³⁾ Daselbst. 1881. S. 7. — ¹³⁴⁾ Eisenbahn. 1882 II. S. 53. — Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 43. — ¹³⁵⁾ Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 126

Brückenträger in der Verlängerung der Brückenaxe fertig montirt waren (Brücke über den Orbieu bei Villedaigne¹³⁶), Rheinbrücke bei Waldshut¹³⁷), Viadukt zu Freiburg über die Saare¹³⁸), Brücke über den Niemen bei Grodno¹³⁹), Iglara-Viadukt¹⁴⁰), Donaubrücke bei Stadlau¹⁴¹), Rheinbrücke bei Altbreisach¹⁴²), Range-Viadukt bei Dinau¹⁴³), Eisenbahnbrücke über die Seine bei Conflans¹⁴⁴), Viadukt vom Saint-Leger-Thal¹⁴⁵), Viadukt von Marly-le-Roi¹⁴⁶), Viaduc de la Tardes¹⁴⁷). Die hierzu notwendigen Hilfsmittel beziehen sich auf die Anordnung und Konstruktion der auf den Widerlagern und Pfeilern aufgestellten, die Verschiebung vermittelnden Rollen, sowie auf die Bewegungsmechanismen, mit deren Hilfe die Fortbewegung ermöglicht wird. Auf beides wird in den §§ 15 bis 18 näher eingegangen werden.

3. Einbringen auf Pontons. Um Pontons anwenden zu können, muss die Montirung am Ufer auf entsprechenden Gerüsten geschehen, von denen die fertig montirten Träger entweder auf die Pontons geschoben (Brücke über den Niemen bei Kowno¹⁴⁸) oder durch die letzteren abgehoben werden (Große Weserbrücke bei Bremen¹⁴⁹), Huntebrücke bei Elsfleth¹⁵⁰), Eisenbahnbrücke über die Ems bei Weener¹⁵¹), siehe Taf. XX, Fig. 31—33). Hier sind, abgesehen von den Manipulationen, die das Einfahren selbst bedingt und die in Verschiebungen in horizontaler Richtung, in geschicktem Bugsiren, Verankern etc. der Pontons bestehen, die nachträglich hervorzubringenden Bewegungen im wesentlichen Senkungen oder Hebungen der gewöhnlich bedeutenden Last der fertigen Überbrückungen. Dies kann durch besondere Hebe- oder Senkvorrichtungen bewirkt werden oder es erfolgt die Hebung beziehungsweise Senkung durch die Pontons selbst, indem dieselben durch Aus- oder Einpumpen von Wasser zu einem geringeren oder größeren Tiefgange gebracht werden, oder endlich, indem die Hebung und Senkung dem Spiel der Flut und Ebbe überlassen wird.

4. Heben fertiger Träger. In einigen Fällen können die zu hebenden Träger neben den Pfeilern oder direkt unter der definitiven Stellung montirt und dann in die Höhe gezogen werden (Hebung der Elbbrücke bei Wittenberg¹⁵²), Hilfsrüstung zum Ohe-Viadukt¹⁵³), siehe Taf. XVIII, Fig. 18), meist aber muss der eiserne Oberbau an entfernterer Stelle zusammengesetzt, dann an den Fuß der Pfeiler transportirt (auf Wagen oder Ponton) und schließlich gehoben werden. Dies Verfahren bedingt, dass die Pfeiler erst nachträglich untergebaut werden (Tay-

¹³⁶) Ann. d. ponts et chaussées. 1861 II. S. 62. — ¹³⁷) Allgem. Bauzeitg. 1862. S. 252.
¹³⁸) Zeitschr. f. Bauw. 1863. S. 174. — Nouv. ann. de la constr. 1863. S. 161. — ¹³⁹) Ann. d. ponts et chaussées. 1864 II. S. 254. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1866. S. 330. — ¹⁴⁰) Allgem. Bauzeitg. 1870. S. 173. — ¹⁴¹) Daselbst. 1870. S. 276. — Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1871. S. 137. — ¹⁴²) Deutsche Bauzeitg. 1878. S. 123. — ¹⁴³) Nouv. ann. de la constr. 1879. S. 159. — Engineering. 1879 I. S. 481 u. 499. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1880. S. 114. — ¹⁴⁴) Engineering. 1879 II. S. 15. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1880. S. 265. — ¹⁴⁵) Ann. d. ponts et chaussées. 1882 II. S. 395. — ¹⁴⁶) Nouv. ann. de la constr. 1884. S. 49. — ¹⁴⁷) Genie civil. 1884. Aug. — Deutsche Bauzeitg. 1885. S. 50.
¹⁴⁸) Zeitschr. f. Bauw. 1863. S. 370. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1863. S. 54. — Ann. d. ponts et chaussées. 1864. Heft V. — ¹⁴⁹) Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1869. S. 215 u. 427. — ¹⁵⁰) Daselbst. 1874. S. 11. — ¹⁵¹) Zeitschr. f. Bauk. 1884. S. 215. — ¹⁵²) Deutsche Bauzeitg. 1881. S. 525. — ¹⁵³) Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 22. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1882. S. 157.

Brücke¹⁵⁴) oder provisorisch mit einem Schlitz zur Aufnahme des Trägers versehen sind, welcher später verbaut wird (Britannia- und Conway-Brücken¹⁵⁵), siehe Taf. XX, Fig. 1—3). Sonst bleibt nur übrig, den Träger neben den Pfeilern auf ein gleich hohes Gerüst zu heben und nachträglich seitwärts auf die Pfeiler zu schieben (Brücke über den Neckar bei Neckarelz¹⁵⁶), siehe Taf. XIX, Fig. 47—50) oder von einem vorkragenden Gerüst aus die Hebung vorzunehmen (Gitterbrücke über die Saale bei Grizehne¹⁵⁷).

Die bei der Hebung von Trägern zur Anwendung kommenden maschinellen Hilfsmittel sind, außer den nur für kleinere Hebungen verwendbaren Kopfschrauben und Hebeladen, hauptsächlich Krane, Schrauben und hydraulische Pressen. Bei sehr schweren Trägern werden bei Anwendung von Kranen und Schrauben am besten die Trägerwände einzeln gehoben.

§ 8. Montirung eiserner Pfeiler. Zur Montirung eiserner Pfeiler sind ebenfalls sowohl feste Gerüste (Pfeiler des Thalüberganges bei Angelroda¹⁵⁸) als fliegende, etagenweise sich mit dem Pfeileraufbau hebende Gerüste und Krane (Pfeiler des Iglava-Viaduktes¹⁵⁹), Pfeiler des Kinzua-Viaduktes¹⁶⁰), Portage-Viadukt an der Eriebahn¹⁶¹), Pfeiler der Hängebrücke von Cubzac über die Dordogne¹⁶²), Pfeiler der von der Süddeutschen Brückenbaugesellschaft angewandten eisernen Hilfsgerüste¹⁶³) verwandt worden. Zum Pfeileraufbau ohne Gerüste und Krane bedarf es über dem Pfeiler befindlicher Aufhängepunkte, wie sie beim Bau des Verrugas-Viaduktes¹⁶⁴) durch die über das Thal gespannten Kabel vorhanden waren, an denen mittels Flaschenzügen die einzelnen Konstruktionsteile gehoben und versetzt werden konnten, oder wie sie die vorgeschobenen Trägerenden beim Viadukt über die Saale bei Freiburg und beim Double-Viadukt¹⁶⁵) (siehe Taf. XVIII, Fig. 22) boten. Die letztere Konstruktionsweise ist jedoch weniger empfehlenswert, da die beim Überschieben ohnehin stark beanspruchten freitragenden Trägerenden durch ihre Verwendung als Versetzkran für den Pfeileraufbau noch mehr über die zulässige Beanspruchung hinaus angestrengt werden.

§ 9. Rückblick. Stoffeinteilung. Als Ergebniss der Übersicht über die für Brückenbauten angewandten Baumethoden im Zusammenhange mit den dabei zur Verwendung gelangenden maschinellen Hilfsmitteln tritt hervor, dass entweder vorzugsweise in horizontaler oder vorzugsweise in vertikaler Richtung Bewegungen mit dem Baumaterial, den einzelnen Konstruktionsteilen oder mit ganzen Konstruktionen auszuführen sind. Es ließen sich daher sämtliche zu besprechende Hilfsmaschinen in den beiden Hauptgruppen:

¹⁵⁴) Deutsche Bauzeitg. 1873. S. 51. — Engineering. 1876 I. S. 371. — Builder. 1876 I. S. 356. — Glaser's Ann. f. Gew. u. Bauw. 1879. No. 35 u. 36. S. 451 u. 499. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1880. S. 70. — Engineer. 1880. S. 21. — ¹⁵⁵) Clark. The Britannia and Conway tubular bridges. — Rühlmann. Allgem. Maschinenlehre. IV. Bd. S. 350. — W. Fairbairn. An account of the constr. of the Britannia and Conway tubular bridges. London. 1849. — Allgem. Bauzeitg. 1849. S. 175. — 1852. S. 172. — ¹⁵⁶) Becker. Ausgeführte Konstruktionen des Ingenieurs. 1863. S. 184. — Schröter. Denkschrift. Stuttgart. 1863. — ¹⁵⁷) Zeitschr. f. Bauw. 1854. S. 168. — ¹⁵⁸) Handbuch d. Ing. Wiss. II. Bd. Kap. XV. S. 758. — ¹⁵⁹) Allgem. Bauzeitg. 1870. S. 173. — ¹⁶⁰) Centralbl. d. Bauverwltg. 1883. S. 312. — ¹⁶¹) Wochenbl. d. Österr. Arch. u. Ing. Ver. 1876. S. 142. — ¹⁶²) Allgem. Bauzeitg. 1845. S. 93. — ¹⁶³) Z. B. zur Montirung des Ohe-Viaduktes bei Regen. Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 22. — ¹⁶⁴) Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1875. S. 273. — ¹⁶⁵) Ann. d. ponts et chaussées. 1870 I. S. 469. — Civilingenieur. 1870. S. 469.

a. Horizontalförderung,

b. Vertikalförderung

unterbringen, wenn nicht die Eigenart der maschinellen Einrichtungen für freischwebenden Vorbau und für die Montirung der Hängebrücken eine gesonderte Behandlung wünschbar machen würde. Diese in mancher Beziehung gleichartigen Hilfskonstruktionen wurden daher einem besonderen Abschnitt zugewiesen.

Hervorgehoben zu werden verdient noch, dass in dem Abschnitt a. der eigentliche Materialtransport, also die Anlage von Hilfsbahnen, die Besprechung der Transportwagen, der schiefen Ebenen etc., keine Berücksichtigung gefunden hat, da in dieser Beziehung auf Kap. IX in der 2. Abt. des IV. Bandes und auf den I. Bd. des Handbuches der Ingenieur-Wissenschaften zu verweisen ist.

Ebenso ist im Abschnitt b., die Vertikalförderung betreffend, von der Besprechung der Dampf-, hydraulischen und sonstigen Aufzüge Abstand genommen. Hierüber geben Kap. XIII dieses Bandes, sowie Kap. IV des II. Bandes vom Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften genügende Auskunft.

A. Maschinelle Hilfsmittel für Horizontalförderung des Baumaterials und fertiger Konstruktionen.

I. Laufkrane.

§ 10. Allgemeines. Die im Baufach sich darbietende Aufgabe, einen mit bloßer Menschenkraft nicht zu bewältigenden Quader oder anderen Konstruktionsteil auf maschinellem Wege an einen bestimmten Platz zu befördern, ihn zu »versetzen«, ist durch die älteren Krankonstruktionen nur in unvollkommener Weise gelöst worden. Erst als man den drei Dimensionen des Raumes entsprechend innerhalb des Arbeitsgebietes senkrecht zu einander drei Bewegungen mit den Baustücken durch die Versetzvorrichtung ausführen konnte, war die Aufgabe endgültig gelöst.

Die erste Idee hierzu gab in Deutschland der Mechaniker Butz¹⁶⁶⁾ aus Stuttgart, der eine Versetzvorrichtung in Vorschlag brachte, bei welcher mittels Rollen auf einer kreisförmigen Bahn ein um die Mittelaxe derselben drehbares Balkensystem (Arbeitsbrücke) sich bewegte, das seinerseits eine auf ihm verschiebbare Hebevorrichtung oder Winde trug. Hierdurch wurde innerhalb der von dem Balken bestrichenen Kreisfläche jeder Punkt beherrscht.

Eine dieser Anordnung ähnliche Versetzvorrichtung, nur mit dem Unterschiede, dass die Bahn nicht kreisförmig sondern geradlinig war, kam beim Heben und Versetzen der Gewölbesteine der Kaiser-Franzens-Brücke zu Karlsbad¹⁶⁷⁾ (1825—1827) zur Anwendung. Sie bestand (siehe Fig. 14, Taf. XVI) aus einem beweglichen und einem festen Bock q und v , über welche zwei aufeinander gelegte und miteinander verschraubte Balken s , von denen der obere um 0,95 m über den unteren hinausragte, so angebracht waren, dass das vordere Ende, um einen Bolzen t drehbar, durch diesen mit dem beweglichen Bock q fest verbunden war, während das hintere Ende, auf einer am festen Bock v angebrachten Walze w aufliegend, auf dieser hin und her gleiten konnte. Unter der Schwelle des beweglichen Bockes q befanden sich gusseiserne Rollen, mittels deren die Maschine auf einem der ganzen Brückenbreite nach mit eisernen Klammern an die Lehrbogen befestigten und mit eisernen Schienen versehenen 0,37 m breiten Balken b in zur Brückenaxe senkrechter Richtung bewegt werden konnte. Die Balken s bildeten

¹⁶⁶⁾ Allgem. Bauzeitg. 1839. S. 165. — ¹⁶⁷⁾ Daselbst. 1837. S. 86.

einen Hebel, an dessen kurzem Arm bei w ein Flaschenzug mit zwei Rollen in jeder Flasche befestigt war, welcher den zu versetzenden Stein aufnahm, während das hintere, auf der Walze w gleitende Ende durch ein Gegengewicht g beschwert wurde. Das Seil zum Aufziehen der Steine war mit einem Ende an dem Flaschenzug befestigt, von wo es, durch die Rollen r_1 und r_2 geleitet, zum Göpel geführt war. Ein zweites Seil, an der entgegengesetzten Seite des beweglichen Bockes befestigt und durch eine Erdwinde gespannt, erhielt die Maschine in senkrechter Stellung und diente zum Zurückziehen derselben. Nachdem der zu versetzende Stein auf der Transportbrücke zur Verwahrung gegen Beschädigungen mit schützenden Brettern umgeben und in die Schlinge des Flaschenzuges eingehängt war, zogen ihn vier Arbeiter am Göpel über das Lehrgerüst. Auf diesem standen zwei Arbeiter, welche einen eisernen, an beiden Enden mit Haken versehenen Stab von 1,26 m Länge in den obersten Ring des Flaschenzuges und in die Schlinge des hängenden Steines einhaken, an welchem dieser nach geringem Nachlassen des Zugseiles fest hing. Das Zugseil wurde nun ebenfalls am Bock g befestigt und, während das Spannschleppseil nachließ, zog der Göpel an, sodass der Stein über seine Lage gefahren und hier mit Hebeln und Winden eingerichtet und versetzt werden konnte.

Jeder Gewölbeschenkel wurde durch eine solche Vorrichtung bedient, die nach Versetzen einiger Lagerschichten jedesmal verrückt werden musste, indem die Gleisschwelle und der feste Bock auf einer höheren Stelle des Lehrgerüsts ihren neuen Platz fanden.

Eine vollkommenere Lösung erhielt man, als das feststehende, um die Axe sich drehende Ende der Butz'schen Trägerkonstruktion, ebenfalls mit Rädern versehen, die Länge des Balkensystems gleich der Breite des zu beherrschenden Arbeitsgebietes gemacht und die Beweglichkeit auf die ganze Länge des letzteren ausgedehnt wurde.

Hierdurch entstand der seit den dreißiger Jahren allgemein bekannte und gebräuchliche Laufkran, durch welchen die Materialien sowohl direkt vom Erdboden gehoben als auch von einer durch einen Aufzug bedienten Ablagerungsstelle oder von zuführenden Transportwagen aufgenommen und an die Verwendungsstelle befördert werden können. Als Hauptbestandteile desselben können angeführt werden:

1. Die Arbeits- und Laufbrücke, welche direkt, oder unter Vermittelung niedriger oder hoher Gerüstböcke, auf Rädern oder Rollen aufruhend, horizontal in der Längsrichtung des Arbeitsgebietes auf Schienen beweglich ist und in dieser Ausstattung das Krangerüst bildet.

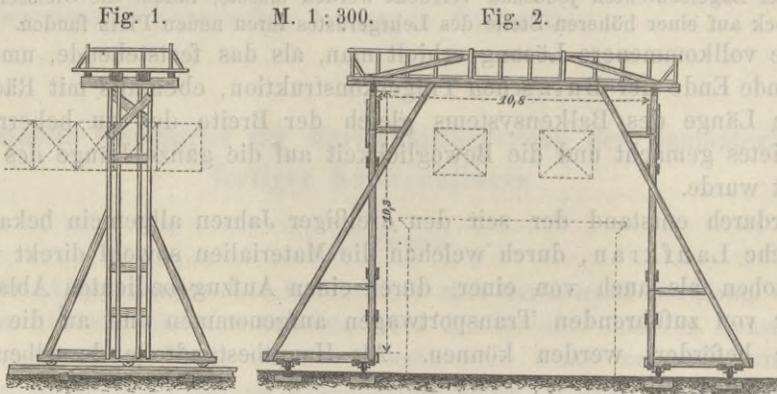
2. Das Hebezeug, welches in der Längsrichtung der Laufbrücke, also senkrecht zu deren Bewegungsrichtung, auf derselben horizontal auf Schienen beweglich ist und aus einer fahrbaren Winde oder einer sogenannten Katze besteht, mittels welcher die dritte, senkrecht zu den beiden anderen gerichtete Bewegung, die im Heben oder Senken der Last besteht, hervorgebracht werden kann.

3. Die Fortbewegungsvorrichtung (Schiebevorrichtung), welche den Laufkran nebst der an der Winde oder der Katze hängenden Last über das ganze Arbeitsgebiet zu verschieben im Stande sein muss.

§ 11. Die Laufbrücke wird in der Regel durch zwei Balkenträger gebildet, die je nach der Breite des Arbeitsgebietes einfache, verzahnte oder durch Spreng- oder Hängewerke verstärkte Balken sein können; siehe Taf. XVI, Fig. 36, 9, 20, 31 u. 32, 18 u. 19, 1 u. 2. Bei größeren Spannweiten kommen auch Fachwerkträger zur Anwendung; siehe Fig. 15 u. 16. Diese Hauptträger sind an den Enden durch Querträger verbunden, sodass zwischen ihnen der Raum für die Ketten oder Seile der Hebevorrichtung frei bleibt und an beiden oder einer der Langseiten tragen sie die für den Verkehr der Arbeiter bestimmten Fußstege, während auf ihnen selbst die Schienen für die fahrbare Winde oder Katze befestigt sind.

Die verschiedenen Arten der Auflagerung auf Rollen und Rädern sind aus den Fig. 9, 20 u. 33 ersichtlich, ebenso zeigen die Fig. 1 u. 2, 18 u. 19, 31 u. 32, 10 u. 11, 33 u. 34 verschiedene Konstruktionen von Gerüstböcken für hohe Laufkrane. Eine größere Steifigkeit gegen seitliche Verschiebungen als das Kranerüst vom Viadukt bei Sellerhausen, siehe Taf. XVI, Fig. 1 u. 2, zeigt der nachstehende, in Fig. 1 u. 2 dargestellte hohe Laufkran, welcher bei der Auswechslung der hölzernen Träger von der Connewitzer Flutbrücke gegen eiserne zur Anwendung kam, wobei zwei derartige Laufkrane die fertig zusammengenieteten Brückenträger beförderten und auf die Auflager niederließen, nachdem die alten Holzkonstruktionen in derselben Weise entfernt worden waren.

Bisweilen kann es von Vorteil sein, die Spannweite des Kranerüstes dadurch zu verringern, dass man die Enden der Laufbrücke seitlich über die Brücke hinübertragen lässt und auf diese Art das Gleise für den Materialtransport, oder



den Aufzugsort nicht mit zu überspannen braucht, wie dies aus den Fig. 10, 11 u. 33, 34 auf Taf. XVI hervorgeht. Diese Art der Laufkrane eignet sich besonders zum Wölben massiver Brücken und Viadukte, bei denen keine seitlichen Gerüstwände errichtet werden, sondern der Laufkran durch eine auf den Lehrgerüsten sich abstützende Dienstbrücke getragen wird. Am besten bedient man sich dabei zweier Winden (siehe Fig. 10 u. 11), die, gleichzeitig auf die vorkragenden Enden zur Aufnahme der Last hinaus geschoben und gleichzeitig eingeholt, stets das Gleichgewicht erhalten. Zum ersten Mal beim Bau der Brücke von Cinq-Mars durch den Ingenieur Kleitz¹⁶⁸⁾ verwandt, gelangte diese Art von Laufkranen später häufiger zur Anwendung, so zum Beispiel bei den Viadukten von Bèbre, Monciant, Feige, bei der Brücke über den Drac bei Claix (siehe Fig. 10 u. 11), beim Viadukt von Erdre, von Solémy und beim Viadukt von Chaumont¹⁶⁹⁾ über die Suisse, siehe Fig. 33 u. 34. Bei diesem letzteren betrug die Tragkraft 4 bis 5000 kg. Fünf Arbeiter waren zur Bedienung erforderlich, zwei an den Kurbeln der Winde mit Schrauben ohne Ende, zwei unten an der Verschiebevorrichtung des Kranes und ein Aufscher. Das Totalgewicht des Laufkranes betrug 5402 kg, also etwa die Tragkraft desselben, sodass auch durch die einseitige Belastung

¹⁶⁸⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1859 II. S. 156. — ¹⁶⁹⁾ Portef. économique. 1857 Col. 75. — Allgem. Bauzeitg. 1862, S. 343.

bei vorgeschobener Winde das Gleichgewicht nicht gestört wurde. Der tägliche Nutzeffekt betrug bei 10 Arbeitsstunden 8 bis 10 cbm, die auf eine mittlere Höhe von 15 bis 20 m gehoben wurden. Die größte tägliche Leistung betrug 20 bis 25 cbm.

§ 12. Das Hebezeug bestand ursprünglich aus einer einfachen auf einen Wagen gesetzten Bauwinde, die mittels eines Haspels oder von Hand auf der Laufbrücke hin und her geschoben werden konnte. Die gesteigerten Anforderungen bewirkten die verschiedensten Verbesserungen, die sich sowohl auf die maschinelle Fortbewegung der fahrbaren Winden selbst als auch auf die sichere Handhabung der Last beziehen. Zwei ältere Beispiele zeigen die Fig. 33, 34 u. 35, Taf. XVI. In neuerer Zeit sind durch Mégy, Echeverria et Bazan und Stauffer noch weitere Vervollkommnungen¹⁷⁰⁾ an den Winden angebracht worden, welche das Aufziehen, Herablassen und Anhalten der Last direkt von der Kurbel aus gestatten, ohne ein Rückwärtsdrehen der letzteren oder das Ausrücken der Sperrklinke zu erfordern. Im Kap. XIII dieses Bandes sind sowohl die verschiedenen Systeme der Winden, als auch die Neuerungen an denselben ausführlich behandelt, weshalb zur weiteren Orientirung darauf verwiesen werden muss.

Während zur Bedienung einer Winde eine Laufbrücke oder ein an der fahrbaren Winde angebrachtes Trittbrett für die Arbeiter unbedingt erforderlich ist, kann bei Anwendung sogenannter Katzen die Last von einem tiefer gelegenen Punkte aus regirt werden. Hierdurch vereinfacht sich auch die Laufkrankenkonstruktion in ihrem oberen Teile, indem nur zwei die Rollen der Laufkatze unterstützende Träger vorhanden zu sein brauchen und keine Rücksichten auf die Besteigung des Laufkranes zu nehmen sind.

Eine beim Bau der Pfeiler des Ruhrthal-Viaduktes bei Herdecke¹⁷¹⁾ (siehe Taf. XVI, Fig. 3 u. 4) zur Anwendung gekommene Katze verdeutlichen die Fig. 5 bis 8. In diesem Falle bewegte sich allerdings die Katze auf armirten Trägern, welche auf den Gerüstjochen festlagen und alle 10 m von Etage zu Etage gehoben wurden. Dadurch bestrich dieselbe nur die Mittelaxe des Pfeilers, von wo aus die Werkstücke durch die Arbeiter mittels Hebel an ihren Platz geschafft wurden, was bei dem geringen Kaliber der Steine und der geringen Breite der Pfeiler leicht geschehen konnte. In derselben Ausstattung könnte diese Katze aber auch bei einem hohen Laufkran zur Anwendung gelangen, wenn die Aufzugsvorrichtung am Fuß des Laufkranes und mit diesem fest verbunden angebracht würde. Im vorliegenden Fall befand sich die Aufzugsvorrichtung, aus einer Dampfwinde bestehend, am Fuß des Pfeilers.

Das hinaufzuwindende Maximalgewicht betrug 1200 kg bei einer Maximalhöhe von 25 m. Da die Last an einer losen Rolle hing, so hatten die Winden mit einer Kraft von nur 600 kg zu arbeiten, aber 50 m Seillänge aufzuwinden. Es wurden Dampfwinden von der kleinsten üblichen Konstruktion mit zwei Cylindern von 127 mm Durchmesser und 230 mm Hub verwendet, welche mit vier Atmosphären Überdruck und einem Füllungsgrade von $\frac{3}{4}$ arbeiteten. Bei 120 Umdrehungen der Maschinenwelle ergab sich für die Aufwicklung des Seiles eine Geschwindigkeit von 30 m pro Min., sodass die Last bei der größten vorkommenden Hubhöhe in $1\frac{2}{3}$ Min. gehoben werden konnte. Für ausnahmsweise Anwendung von Handbetrieb konnte eine Übersetzung von 1:15 eingeschaltet werden, wobei vier Mann als Bedienung erforderlich waren und eine Geschwindigkeit von 3,5 m pro Min. erzielten.

¹⁷⁰⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1876. S. 334. — Dingler's polytechn. Journ. 1876. Bd. 222. S. 532. — ¹⁷¹⁾ Zeitschr. f. Bauk. 1881. S. 483.

Das von der Dampfwinde aufsteigende Lastseil lief über die mittlere der drei am vorderen Ende des Trägers nebeneinander angeordneten festen Rollen, sodann über die vordere Rolle *a* der Laufkatze hinunter, unter der losen Lastrolle *c* durch, wieder nach oben und über die hintere Rolle *b* der Laufkatze nach dem hinteren Ende des Trägers, wo dasselbe befestigt war. Durch diese Anordnung beschrieb die Lastrolle mit der Last einen horizontalen Weg, sobald die Dampfwinde stillstand und die Katze auf den Trägern hin und her geschoben wurde. Diese Horizontalbewegung der Laufkatze geschah durch ein Seil ohne Ende, in welches dieselbe eingeschaltet war und dessen Verlauf sich nach Fig. 5, 7 u. 8 folgendermaßen ergibt: Vom Punkte *d*, wo es an der Laufkatze befestigt war, lief das Bewegungsseil am hinteren Ende des Trägers um eine feste Rolle, legte sich in seiner rückläufigen Bewegung auf eine über der Laufkatze angebrachte Führungsrolle *f*, lief am vorderen Ende des Trägers über eine feste Rolle hinunter, legte sich in mehrfachen Windungen um die am Gerüstjoch befestigte Bewegungstrommel *g*, lief unter der ein Gewicht tragenden losen Rolle *m* durch wieder nach oben und war schließlich mit seinem zweiten Ende im Punkte *e* an der Laufkatze befestigt, nachdem es noch über die dritte der am vorderen Trägerende befindlichen Rollen geführt worden war. Die Drehung der Bewegungstrommel *g* erfolgte durch ein Handrad *h*, welches auch mit Vorgelege arbeiten konnte. Das an der losen Rolle *m* hängende Gewicht hatte keinen anderen Zweck, als das Seil in der nötigen Spannung zu erhalten. Diese Anordnung gestattete eine beliebige Versetzung der Bewegungstrommel mit Zubehör und zwar wurde dieselbe stets auf gleicher Höhe mit der Arbeitsstelle auf dem Pfeiler, entsprechend dem jedesmaligen Fortschritt der Maurerarbeiten, angebracht.

Eine Laufkatze anderer Konstruktion zeigen die Fig. 21 u. 22, welche beim Bau des sechsten Pfeilers der Weserbrücke bei Fürstenberg¹⁷²⁾ statt der in Fig. 18 u. 19 dargestellten Winde auf einem diesen Figuren ähnlichen Laufkran zur Anwendung gelangte, nur war das Krangerüst entsprechend leichter und gefälliger konstruiert. Die Rollen der Katze hatten 225 mm Spurweite und liefen auf Schienen, die auf zwei Balken befestigt waren, welche bloß für die Lastkette einen Zwischenraum zwischen sich ließen. An einer der Rollenachsen saßen von beiden Seiten Kettenscheiben, um welche Ketten ohne Ende zur Horizontalbewegung der Katze einerseits, andererseits zur Hebung der Last geführt waren. Die Last hing an einer losen Rolle, welche durch die um sie herumführende Kette mit Hilfe einer Zahnradübersetzung von unten aus mittels der einen Kette ohne Ende gehoben und gesenkt werden konnte. Ein auf dem festen Untergerüst stehender Arbeiter bewegte sowohl das Krangerüst in der Längsrichtung des Pfeilers, wie die Katze in der Querriichtung und vermochte so jeden Quader an seine Stelle zu schaffen.

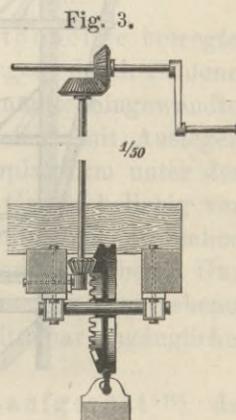
Statt beweglicher Winden und Laufkatzen sind als Hebevorrichtungen bei Laufkränen auch Schrauben verwendet worden, wie dies die Fig. 31 u. 32 veranschaulichen. Hier befindet sich die bewegliche Mutter auf einem kleinen Rollwagen und kann von der Laufbrücke aus mittels Hebebäumen gedreht werden, wodurch ein Heben oder Senken der Schraube und der an ihr hängenden Last erfolgt; siehe auch Fig. 44, Taf. XIX und S. 60. Auf diese Weise wurden fertig

¹⁷²⁾ Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover, 1881, S. 173.

zusammengenietete 7 m lange Trägerteile der Brücke über den Allier¹⁷³⁾, in der Bahnlinie von Moulins nach Montluçon, vom Werkplatz auf das Gerüst gefahren und an der ihnen zukommenden Stelle niedergelassen.

§ 13. Die Fortbewegungs-Vorrichtung. Die Verschiebung niedriger und kleinerer Krane geschah ursprünglich ohne besondere Vorrichtungen durch Arbeiter, wobei dieselben jedoch neben dem Laufkrane, auf dem Baugerüst gehend, Platz finden mussten, oder es wurde der Laufkran an Seilen durch geeignet aufgestellte Winden hin und her bewegt. Dann kamen Treträder (Versetzkran der Brücke zu Besigheim über die Enz¹⁷⁴⁾ oder Speichenräder mit Handgriffen (siehe Fig. 9, Taf. XVI) zur Anwendung, die, auf beiden Seiten des Laufkranes angebracht, möglichst gleichmäßig gedreht werden mussten; endlich wurden Kurbeln benutzt, welche direkt oder durch Vermittelung eines Vorgeleges (siehe Taf. XVI, Fig. 31 u. 32, 33 u. 34, 35) die Räder in Bewegung setzten, wobei die Arbeiter meist auf eigens hierfür an dem Krangerüst angebrachten Trittbrettern standen.

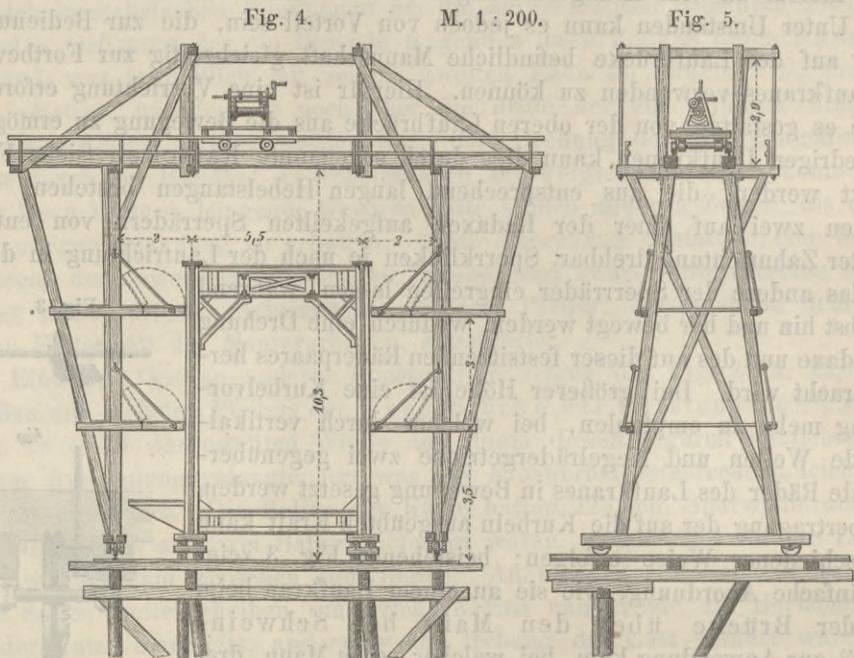
Unter Umständen kann es jedoch von Vorteil sein, die zur Bedienung der Winde auf der Laufbrücke befindliche Mannschaft gleichzeitig zur Fortbewegung des Laufkranes verwenden zu können. Hierfür ist eine Vorrichtung erforderlich, welche es gestattet, von der oberen Laufbrücke aus die Bewegung zu ermöglichen. Bei niedrigen Laufkranen kann dies durch sogenannte Ratschen (siehe Fig. 20) bewirkt werden, die aus entsprechend langen Hebelstangen bestehen, welche, zwischen zwei auf einer der Radaxen aufgekeilten Sperrrädern von entgegengesetzter Zahnrichtung drehbar, Sperrklinken je nach der Laufrichtung in das eine oder das andere der Sperrräder eingreifen lassen, während sie selbst hin und her bewegt werden, wodurch eine Drehung der Radaxe und des auf dieser festsitzenden Räderpaares hervorgerufen wird. Bei größerer Höhe ist eine Kurbelvorrichtung mehr zu empfehlen, bei welcher durch vertikalstehende Wellen und Kegelerädergetriebe zwei gegenüberstehende Räder des Laufkranes in Bewegung gesetzt werden. Die Übertragung der auf die Kurbeln ausgeübten Kraft kann in verschiedener Weise erfolgen; bestehende Fig. 3 zeigt eine einfache Anordnung, wie sie an einem Laufkran beim Bau der Brücke über den Main bei Schweinfurt¹⁷⁵⁾ zur Anwendung kam, bei welcher sechs Mann, drei an jeder Kurbel, zur Fortbewegung des Kranes erforderlich waren. In kleinerem Maßstabe zeigt die Bewegungsvorrichtung der fahrbaren Winde vom Laufkran der Brücke von Libourne über die Dordogne (siehe Fig. 35, Taf. XVI) dasselbe Princip. Überhaupt gilt das über die Fortbewegung der Laufkrane Gesagte auch für die maschinelle Verschiebung der fahrbaren Winden, die in gleicher Weise mit Ratschen oder Kurbelvorrichtungen ausgestattet sein können.



¹⁷³⁾ Nouv. ann. de la constr. 1859. S. 115. — ¹⁷⁴⁾ Allgem. Bauzeitg. 1839. S. 165 u. 167. — ¹⁷⁵⁾ Allgem. Bauzeitg. 1857. S. 338. Eine ähnliche Anordnung findet sich bei den hohen Laufkranen vom Bau der Victoria-Brücke in Canada, siehe: James Hodges. Construction of the great Victoria-Bridge in Canada. Taf. XII. Die niedrigen Laufkrane wurden dort ebenfalls von der Laufbrücke aus mittels Kurbeln und Vorgelegen fortbewegt; vergl. daselbst Taf. Xa.

§ 14. **Verschiedene Laufkrane.** Die Montirung eiserner Balkenbrücken von beträchtlicher Höhe auf festen Gerüsten erfordert entweder entsprechend hohe feste Obergerüste, von denen aus die Befestigung der oberen Gurtplatte, der oberen Windverstrebung etc. geschehen kann, während fahrbare Drehkrane oder niedrige Laufkrane das Material herbeiführen und heben; oder es müssen hohe Laufkrane angewandt werden, die ein Arbeiten in verschiedenen Höhen gestatten und mit entsprechenden Vorrichtungen versehen sind.

Für die erstere Montirungsmethode bieten die Fig. 28—30, Taf. XXI, insofern ein eigenartiges Beispiel, als die Oberrüstung bei der Montirung der Eisenbahnbrücke über die Weichsel bei Graudenz¹⁷⁶⁾ eine der oberen Gurtung entsprechende Krümmung erhielt und, um eine Neigung der Vertikalaxe des auf der geneigten Schienenbahn beweglichen Laufkranes zu verhüten, der Kranfuß so eingerichtet werden musste, dass die Laufrollen auf und nieder geschoben werden



konnten. Der Kranfuß besteht, wie die Zeichnung veranschaulicht, aus einem eisernen Rahmen, in welchem die Stiele und Streben fest verschraubt sind. Jede Rolle liegt in einem starken Körper von Gusseisen, dessen senkrechte gehobelte Wandungen in einem mit dem Rahmen verbundenen schmiedeisernen Bügel geführt werden, welcher am oberen Ende zur Einführung einer Schraubenspindel durchbohrt ist. Mittels letzterer erfolgt mit Hilfe eines aufgesetzten Handrades die Einstellung der Rolle auf die gewünschte Höhe. Die Verschiebung des Laufkranes geschah mittels starker Taue und Flaschenzüge. Die Hebung der Eisenteile erfolgte durch eine Kettenwinde (Fig. 29), deren 18 mm starke Kette über gezahnte Räder frei abließ. Für die horizontale Verschiebung der Last diente eine

¹⁷⁶⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1882. S. 440 u. 441.

auf den Kranbalken bewegliche Katze. Der Laufkran hatte ein Eigengewicht von circa 5500 kg und eine Tragfähigkeit von 6000 kg.

Bei Anwendung hoher Laufkrane können, wie dies bei der Montirung der Eisenkonstruktion von der Elbebrücke bei Aussig¹⁷⁷⁾ durch die Firma Benkiser geschehen ist und wie jenseitige Fig. 4 u. 5 es veranschaulichen, in verschiedenen Höhen Arbeitsplattformen angebracht werden, die je nach Bedürfnis auf- oder zugeklappt werden können. In vorliegendem Falle sind sie in einfacher Weise mit Scharniren versehen und werden vom Krangerüst aus durch schmiedeiserne Haken gehalten.

Ein dem Laufkrane ähnliches verschiebbares Gerüst diente zur Montirung der Brücke über den Szamos bei Szatmár¹⁷⁸⁾ und ist in Fig. 26 u. 27, Taf. XVI, abgebildet. Dasselbe verschob sich innerhalb der beiden, auf festen Gerüsten aufzustellenden Trägerwandungen auf festen Rollen, die entsprechend versetzt wurden, und besaß zwei Arbeitsplattformen, von denen die obere einen Kranpfosten mit beidseitig ausladendem Ausleger trug, der, an beiden Enden mit Rollen versehen, das Aufziehen der Eisenteile ermöglichte, während auf der unteren Plattform zwei Winden zur Bedienung des Kranes aufgestellt waren. Nach Montirung eines Trägerteiles von 11,5 m Länge wurde das ganze Gerüst um eben so viel vorgeschoben.

Zur Kategorie der Laufkrane besonderer Art sind auch noch diejenigen hängenden Gerüste zu rechnen, die auf der fertigen Brücke beweglich, ohne den Verkehr zu stören, eine Besichtigung, eine Reparatur oder die Erneuerung des Anstriches sonst nicht zugänglicher Teile ermöglichen.

Bei der früheren Holzbrücke über die Elbe bei Wittenberge bewegten sich zu diesem Zweck auf den beidseitig vorgekragten Fußstegen, durch Schienen unterstützt, kleine vierrädrige Wagen, die an der zur Brückenmitte hingewandten Seite mit alten Schienen beschwert werden konnten und welche mit Auslegern versehen waren, an denen mittels Flaschenzügen eine Arbeitsplattform unter dem Brückenträger hing. Zwischen je zwei Pfeilern konnte dieses Gerüst beliebig verschoben werden, jedoch waren hierzu keine besonderen Vorrichtungen vorgesehen.

Bei der Lambeth-Hängebrücke in London rollten auf den oberen Gurtungen des Gittergeländers die Räder eines mit herabhängender Leiter versehenen Laufgerüstes zum Anstreichen und Besichtigen der nicht unmittelbar zugänglichen Brückenteile.

Fig. 17, Taf. XVI, veranschaulicht ein hängendes Laufgerüst¹⁷⁹⁾, das zur Erneuerung des äußeren Anstrichs der Britannia-Brücke dient. Auf den oberen Außenkanten der röhrenförmigen Träger sind der ganzen Länge nach Schienen angebracht, auf welchen die Räder *a* der Rüstung laufen. Die Querbalken *b* ragen beidseitig so weit über, dass an denselben befestigte doppelte Hängesäulen bis unter den Boden der Brückenträger hinabreichen, wo sie wieder durch Querbalken, welche eine Arbeitsplattform tragen, verbunden sind. Auf diese Weise wird die ganze Trägerkonstruktion durch die Hängerüstung umfasst. Die Seiten sind mit einem Netz von starken Seilen umspannt, so dass die Arbeiter auf den angebrachten Leitern und Rüstungen sich ohne alle Gefahr bewegen können.

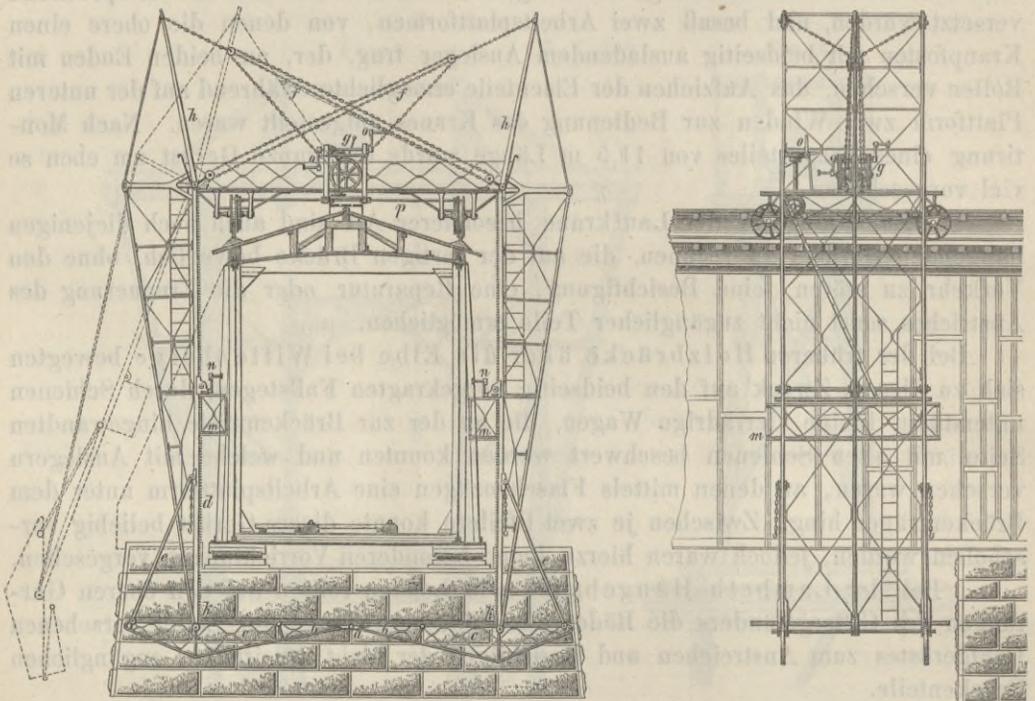
177) Allgem. Bauzeitg. 1874. S. 62. — 178) Allgem. Bauzeitg. 1879. S. 43. — 179) Zeitschr. f. Bauw. 1853. S. 110.

Nach demselben Princip wurden zu Reparaturzwecken für die Viktoria-Brücke in Canada zwei eiserne Laufkrane¹⁸⁰⁾ (painting travellers) konstruirt, die, auf oben angebrachten Schienen laufend, die Brückenröhre umfassen und nicht allein zwischen den Pfeilern verkehren können, sondern dadurch, dass sie sich seitlich aufklappen lassen, auch über die Pfeiler weg gefahren werden können. Auf jeder Brückenhälfte bewegt sich nur je ein solcher Laufkran und mit ihrer Hilfe kann der gesammte Außenanstrich in fünf Wochen erneuert werden. Sie bestehen, wie die Holzschnittfiguren 6 u. 7 zeigen, aus einem niedrigen vierrädigen Wagen, der sowohl die Fortbewegungs-Vorrichtung als auch eine Winde trägt, mit deren Hilfe die Seitenteile mit den an ihnen an Gelenken hängenden Trägern für die untere Plattform seitlich zusammengeklappt oder auseinander gezogen

Fig. 6.

M. 0,006.

Fig. 7.



werden können. Zu dem Zweck lässt sich die Konstruktion im Punkte *a* durch Herausziehen eines Bolzens lösen; die Teile *b* werden dann hinauf geklappt und können an die Teile *c* befestigt werden. Hierauf wird, nachdem die Kette *d* losgehakt ist, die Stange *e* in einer Führung hinaufgezogen, wodurch sich der Teil *c* um das Gelenk *k* dreht und in aufgeklappter Stellung wieder durch die Kette *d* festgehakt wird. Endlich wird mit Hilfe des Flaschenzuges *f* von der Winde *g* aus der seitliche Teil an den Hebeln *h* um das Gelenk *i* gedreht, bis der erforderliche Lichtraum zum Vorüberkommen an den Pfeilerköpfen vorhanden ist. Die punktiert gezeichnete Stellung in der Fig. 6 gibt diese Lage an. Die seitlichen Teile sind mit Leitern versehen und es bewegt sich außerdem an ihnen mittels einer Führung

¹⁸⁰⁾ James Hodges. Construction of the great Victoria-Bridge in Canada. S. 72. Taf. XIX.

in vertikaler Richtung an einer Zahnstange eine Arbeitsplattform *m*, die mit Hilfe eines Vorgeleges durch die Kurbel *n* von den auf ihr stehenden Arbeitern höher oder tiefer eingestellt werden kann.

Die Fortbewegung des Laufkranes geschieht von der oberen Plattform aus mittels der Kurbeln *o*, welche durch eine Schraube ohne Ende ein horizontal gelagertes Zahnrad und durch dieses mittels Kegelradübersetzung die Axe *p* in Bewegung setzen, welche, an ihren Enden mit Zahnradern versehen, die Bewegung auf die vorderen Laufräder überträgt.

Wie in dem eben besprochenen Fall, so hat man häufig bei in Aussicht stehender dauernder oder wiederholter Benutzung statt der auf dem Arbeitsplatz selbst aus Holz zusammengezimmerten Laufkrane solche ganz aus Eisen konstruiert.

Fig. 35, Taf. XVI, zeigt einen älteren niedrigen Laufkran aus Eisen, der beim Bau der Brücke von Libourne über die Dordogne¹⁸¹⁾ zur Anwendung kam. Seine Axen wurden durch zwei elliptische Röhren aus Eisenblech von etwa 10 m Länge gebildet, die an ihren Enden gusseiserne Räder trugen, welche durch Zahnradübersetzung mittels zweier Kurbeln von den angehängten Trittbrettern aus gedreht werden konnten. Der in der Längsrichtung des Laufkranes auf Schienen bewegliche Windewagen zeichnet sich durch die schon erwähnte Fortbewegungsvorrichtung (siehe Seite 21) und die Winde selbst durch eine Bremsvorrichtung zum Anhalten der Last (un système particulier de retenue à friction) in beliebiger Höhe, zum Anheben und zum langsamen Senken derselben, aus.

Beim Erweiterungsbau der Freigerinne neben der Berliner Stadtschleuse zwischen dem königlichen Schloss und der früheren Bauakademie wurde der in Fig. 23—25, Taf. XVI, dargestellte eiserne Laufkran¹⁸²⁾ aus der Fabrik von Belter u. Schneevogl in Berlin zum Heben und Herablassen von Lasten in Anwendung gebracht. Der Umbau bezog sich auf Entfernung der bestehenden alten Gewölbe und auf deren Ersetzung durch Blechträger mit eisernem Mittelpfeiler und gusseisernen Buckelplatten als Abdeckung. Zu dem Zweck wurden die Gewölbe, dem Quaderverbände im Grundriss folgend, zunächst abgebrochen und die Steine auf die Sohle des Gerinnes hinabgestürzt, von wo sie einzeln durch den Kran gehoben und auf einer der Seiten der Baugrube abgesetzt werden konnten. Hierfür musste das Krangerüst so eingerichtet sein, dass man die Last durch die Stützen des Gerüsts hindurch von der einen Seite der Baugrube zur anderen überrollen konnte, was durch Übertagen der Träger und durch die gespreizte Stellung der Stützen erreicht wurde. Der obere, circa 24 m lange, aus Winkel- und Flach-eisen zusammengesetzte Träger des Laufkranes trägt eine kleine, auf vier Rollen ruhende Katze, an welcher die Last mittels eines Differential-Flaschenzuges angehängt ist. Die Bedienung des Flaschenzuges und der Laufkatze geschah unten, von der Seite aus.

In neuerer Zeit bedienen sich, namentlich zur Montirung eiserner Brücken, die Baufirmen vielfach eiserner Laufkrane, die, in ihrer Spannweite veränderlich, in den verschiedensten Fällen zur Anwendung kommen können und bei denen

¹⁸¹⁾ Nouv. ann. de la constr. 1856. S. 51. — ¹⁸²⁾ Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1880. S. 41. — Ein ähnlicher Laufkran aus Eisen, von derselben Firma geliefert, von größerer Höhe, aber geringerer Spannweite, kam beim Bau des Bahnhofs Königsbrücke der Berliner Stadtbahn zur Verwendung und findet sich im VI. Kap. dieses Bandes, IV. Abteilung, S. 26 beschrieben.

ihrer wiederholten Verwendung wegen die Ausstattung der Bewegungs- und Hebevorrichtungen eine bessere, und alle Neuerungen und Vervollkommnungen berücksichtigende sein kann. Ein solcher Laufkran ist in den Fig. 37 u. 38, Taf. XVI, dargestellt und wurde von der Firma Gebr. Decker in Cannstadt unter anderem beim Bau des Kübelbach-Viaduktes¹⁸³⁾ verwandt. Auch die Süddeutsche Brückenbau-Aktiengesellschaft verwendet derartige Montirböcke¹⁸⁴⁾.

II. Verschiebe-Vorrichtungen.¹⁸⁵⁾

§ 15. Übersicht. Obgleich das Verschieben schwerer Stücke eine ganz bekannte und von Alters her vielfach angewandte Manipulation ist, wie dies der Transport der Obeliskten im alten Egypten und das Stapellaufen der Schiffe beweist, so wurde zur Herstellung eiserner Brücken die Methode des Verschiebens doch erst im Jahre 1850 beim Bau der eisernen Gitterbrücke über die Enz¹⁸⁶⁾ zum ersten Mal angewandt, indem die Gitterwände, in der Werkstätte fertig montirt, in liegender Stellung auf eichenen Walzen von 30 bis 35 cm Durchmesser auf das Gerüst geschoben wurden, um hier in definitiver Lage mittels Wagenwinden aufgerichtet zu werden, worauf das Einbringen der Querkonstruktionen erfolgte. In gleich ursprünglicher Weise sind auch die Eisenbahnbrücke über den Wiesenfluss bei Basel¹⁸⁷⁾ und die Gitterbrücke über die Vechte bei Nordhorn¹⁸⁸⁾ (1857/58) montirt worden, während fast gleichzeitig mit der Verschiebung der Enzbrücken-Träger die Gitterwände der Kinzigbrücke bei Offenbach¹⁸⁹⁾ in liegender Stellung auf Pritschwagen und im Jahre 1855 die Trägerwände der Thur-, Glatt- und Sitter-Brücken¹⁹⁰⁾ von der St. Galler Eisenbahn in senkrechter Lage auf Wagen eingefahren wurden.

Diese an sich noch unvollkommenen Arten der Verschiebung gaben den ersten Anstoß zu einer neuen Methode der Errichtung von eisernen Brücken, welche bis in die neueste Zeit Anwendung gefunden und die verschiedensten Vervollkommnungen aufzuweisen hat.

Man versuchte bald statt einzelner Trägerwände ganze Konstruktionen überzuziehen, wobei durch Anwendung von Rollen, welche auf den Widerlagern und Pfeilern aufgestellt wurden, die kostspielige Einrüstung der Brückenöffnungen umgangen werden konnte. Schon bei Besprechung der Montirungsweise von den Thur-, Glatt- und Sitter-Brücken (Allgem. Bauztg. 1856, S. 135) wird der Vorschlag gemacht, die Gitterwände ohne Gerüste auf Rollen (siehe Fig. 25, Taf. XVII), die auf den Pfeilern und Widerlagern aufzustellen wären, mit Hilfe eines Kranes vom entgegengesetzten Ufer aus hinüberzuziehen und, wo nur eine oder zu große Spannweiten vorhanden, provisorische Zwischenpfeiler zu errichten. In dieser Weise sind auch schon im Jahre 1857 die Trägerwände der Brücke über den Orbieu bei Villedaigne¹⁹¹⁾ übergerollt worden, während im Jahre 1858 die

¹⁸³⁾ Zeitschr. f. Bauk. 1884. S. 158. Taf. 11. — ¹⁸⁴⁾ Zum Beispiel beim Bau der Isarbrücke bei Landshut, Zeitschr. f. Bauk. 1884. S. 3. Taf. 4. — Siehe auch Handbuch d. Ing. Wiss. II. Band, 2. Abteilung, Kap. XV, S. 761 u. 762. Taf. XLIV, Fig. 3, u. Taf. XLVI, Fig. 1 u. 4. — ¹⁸⁵⁾ Wochenbl. f. Bauk. 1887. S. 55. — ¹⁸⁶⁾ Allgem. Bauzeitg. 1852. S. 378. — ¹⁸⁷⁾ Dasselbst. 1856. S. 122. — ¹⁸⁸⁾ Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover, 1861. S. 282. — ¹⁸⁹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1853. S. 185. — ¹⁹⁰⁾ Dasselbst. 1856. S. 133. — ¹⁹¹⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1861 II. S. 62.

Aarebrücke bei Bern als vollständige Trägerkonstruktion in der Verlängerung der Brückenaxe montirt und dann ohne Gerüste auf Rollen, unter Errichtung von Zwischenpfeilern, eingeschoben wurde. In gleicher Weise geschah in baldiger Aufeinanderfolge das Einschleiben der Rheinbrücke bei Waldshut¹⁹²⁾, der Brücke über die Saane bei Freiburg, des Iglava-Viaduktes, der großen Donaubrücke bei Stadlau, der Niemenbrücke bei Grodno etc.

Gerüste sind in neuerer Zeit bei Brücken-Verschiebungen nur angewandt worden, wo es sich um die Auswechslung bestehender Provisorien ohne Verkehrsstörung oder um Herstellung eines zweiten Gleises handelte und wo entweder die provisorische Brücke als Gerüst zum Einfahren in der Längsrichtung verwandt werden konnte oder wo die neue Brückenkonstruktion seitlich der bestehenden auf festen Gerüsten montirt und dann in einer Betriebspause seitlich eingeschoben wurde.

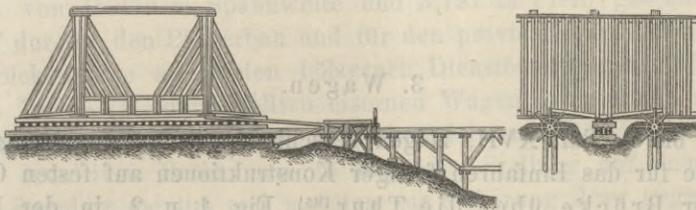
Die zur Anwendung gekommenen Hilfsmittel lassen sich ihrer Funktion nach als Rollapparate und Bewegungsmechanismen unterscheiden, die, einerseits als Stütze der Konstruktion und Vermittler der Bewegung dienend, andererseits die Bewegung mittels einer auf sie einwirkenden Kraft hervorbringend, beide zusammen die Verschiebe-Vorrichtung bilden und je nach den örtlichen Verhältnissen eine verschiedene Ausbildung erfahren haben.

§ 16. Stütz- und Leitvorrichtungen. Zu Vermittlern der Bewegung sind außer den kaum in Betracht kommenden Gleitbahnen und den vorhin erwähnten, anfangs benutzten Walzen namentlich Wagen, Kugeln¹⁹³⁾, feste und bewegliche Rollen gemacht worden.

Fig. 8.

M. 1 : 500.

Fig. 9.



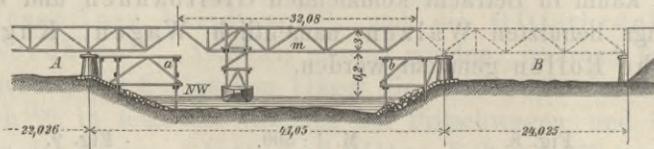
1. Gleitbahnen. Um die Brückenträger der mittleren Öffnungen von der Niemenbrücke bei Kowno von dem am Ufer befindlichen Montirungsgerüst auf das Einschiffungsgerüst zu verschieben, von welchem sie mittels Pontons auf die Pfeiler gebracht werden sollten, benutzte man Gleitflächen, die, aus Kiefernbalcken bestehend, mit Bohrlöchern und sich hin und her windenden Rinnen zur Aufnahme der Schmierseife versehen waren. Auf dieser etwas geneigten Bahn ruhte die Eisenkonstruktion mittels Schlitten aus Eichenholz auf und wurde (siehe obenstehende Fig. 8 u. 9) durch Schraubenvorrichtungen, welche mittels Kettenzügen und Kreuzhaspeln die Bewegung bewirken sollten, verschoben. An jedem der vier Kreuzhaspeln arbeiteten 16 Mann. Das Gewicht eines fertig montirten Trägers betrug etwa 598 000 kg und die Reibung war so bedeutend, dass die Verpfählungen nachgaben und verstärkt werden mussten. Trotzdem man noch zwei eiserne Winden mit Flaschenzügen zu Hilfe nahm, gelangte der erste der beiden Mittelträger erst nach vierwöchentlicher (!) Arbeit an das Ende des Einschiffungsgerüsts und hatte in dieser Zeit nur eine Strecke von etwa 125 m zurückgelegt. Der zweite Träger konnte durch die gewonnene Erfahrung in 14 Tagen befördert werden, wobei nur die eisernen Winden zur Anwendung kamen.

¹⁹²⁾ Allgem. Banzeitg. 1862. S. 253. — ¹⁹³⁾ Nach Patent Weickum siehe weiter unten. S. 32.

Kleinere Brückenkörper, namentlich Blechträger bis zu 12 m Spannweite, sind auch in neuerer Zeit noch auf geölten Eisenbahnschienen¹⁹⁴ verschoben worden, die mit einem Gefälle von etwa 1:80 verlegt waren (siehe S. 40, Tabelle I, No. 6); immerhin ist selbst bei so kleinen Objekten die Anwendung von Gleitflächen nicht zu empfehlen, da ein zu großer Arbeitsaufwand erforderlich ist und leicht Beschädigungen der Brückenkonstruktion vorkommen können.

2. Walzen. Außer den in § 15 erwähnten Verschiebungen auf Walzen ist hier eine eigenartige Verschiebung, deren Mitteilung Herrn Direktor Gerber zu verdanken ist, anzuführen, bei welcher Walzen und ein mit Gerüst versehenes Schiff zur Anwendung kamen. Dieselbe wurde von der Süddeutschen Brückenbau-Aktien-Gesellschaft im Jahre 1876 bei Erbauung der Isarbrücke bei Bogenhausen (vier Öffnungen von 22 m, 22,028 m, 47,05 m, und 24,025 m Stützweite) ausgeführt. Es handelte sich darum, das Brückenfeld der Flussöffnung, welches als schwebender Träger eines Fachwerksystems mit freiliegenden Stützpunkten (System Gerber) vorgesehen war, ohne den Flossverkehr hemmende Rüstungen einzubringen. Nach Fertigstellung der Brückenhälfte *A* (siehe nachstehende Holzschnittfig. 10) wurde daher der mittlere Träger *m* in der Flutöffnung *B* auf festem Gerüst montirt, dann auf Walzen um 12 m vorgeschoben, das Trägerende durch das Schiffgerüst gestützt und mittels Winden, Ankerseilen und Steuer das Schiff mit dem Träger hinübergezogen und gelenkt, wobei letzterer mit seinem anderen Ende auf der festen Rüstung auf Walzen rollte. Die Verschiebung mittels des Schiffes auf eine Strecke von 18 m dauerte vier Stunden. Die Gerüste *a* und *b* dienten zur zeitweiligen Unterstützung, bis auch die Flutöffnung *B* überbrückt war und der Träger *m* von ihnen aus eingehängt werden konnte.

Fig. 10. M. 1:1000



3. Wagen.

Fig. 1 bis 7, Taf. XVII, zeigen verschiedene zur Anwendung gekommene Wagensysteme für das Einfahren fertiger Konstruktionen auf festen Gerüsten.

Bei der Brücke über die Thur¹⁹⁵, Fig. 1 u. 2, in der Linie der St. Galler Eisenbahn, wurden die Trägerwände einer Spannweite, wie vorhin erwähnt, zu beiden Seiten der einfachen Transportwagen an Schraubenvorrichtungen in senkrechter Stellung so angehängt, dass sie sich das Gleichgewicht hielten und gegen die Gerüste oder fertig montirten Träger einen kleinen Spielraum ließen. Mittels der horizontalen Schrauben *a* konnten die Trägerwände, an Ort und Stelle angelangt, auf den Walzen *b* seitlich über die Auflagerplatten geschoben und dann durch die vertikalen Schrauben *c* auf dieselben niedergelassen werden, worauf sofort das Einsetzen der Querträger etc. erfolgte. Man benutzte für alle vier Öffnungen dasselbe Gerüst, indem es nach Fertigstellung einer Öffnung abgetragen und in der nächsten wieder aufgestellt wurde, sodass der nächste Transport über

¹⁹⁴ Die beiden Seitenöffnungen der Ferdinandsbrücke in Graz (siehe S. 33) wurden unter anderen auf geölten Eisenbahnschienen verschoben, wobei Zugwinden zur Verwendung kamen, bei denen die sonst übliche Zahnstange oder Schraube durch eine Galle'sche Kette ersetzt war. — ¹⁹⁵ Die Brücken über die Glatte und die Sitter wurden in derselben Weise auf festen Gerüsten eingefahren; siehe Allgem. Bauzeitg. 1856. S. 133.

die fertig montirte und mit Schienen versehene Öffnung auf die Rüstung der zu montirenden Brückenöffnung ging. Das Einfahren geschah mit Hilfe eines am anderen Ufer aufgestellten Kranes.

Fig. 3 veranschaulicht den bei der Auswechslung zweier Joche der Eisenbahnbrücke bei Magdeburg und Ersetzung derselben durch ein einziges Joch von doppelter Spannweite im Jahre 1876 vorgenommenen Transport des über einem Nebengeleise in Entfernung von etwa 650 m fertig montirten neuen Brückenträgers¹⁹⁶⁾. Derselbe geschah auf fünf dreiaxigen Eisenbahnwagen, die gegen einander versteift und zum Passiren einer Kurve von 450 m Radius besonders ausgerüstet waren, mit Hilfe einer Lokomotive, an welche die Wagen durch eine lange, über die Axen hinweg bis zum Ende des letzten Wagens reichende und hier an einen Haken befestigte Ankerkette gekuppelt waren. Um die alte Brücke zum Einfahren benutzen zu können, musste die Trägerkonstruktion auf eine lichte Höhe von 2,27 m über Schienenoberkante gehoben werden, was durch 20 Lokomotivwinden geschah (siehe S. 78), worauf die gekuppelten Wagen untergeschoben, die Schwellenlager untergebaut und die Kopfschrauben untergesetzt wurden. Auf der alten Brücke über ihrer demnächstigen Lage angelangt, wurde die neue Brückenkonstruktion auf den Widerlagern mittels hoher Sandcylinder (siehe S. 65) abgestützt, die Transportwagen wurden hervorgezogen, die alten Brückenjoche durch schwimmende Zillengerüste ausgefahren und der Mittelpfeiler zum Teil abgetragen, worauf das Niederlassen der neuen Brücke auf die Auflagerplatten durch Herausfließen des Sandes aus den Sandcylindern erfolgen konnte.

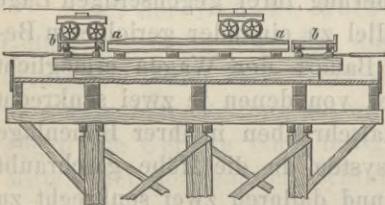
Das Einfahren der fertig zusammengenieteten Bogenrippen von der Theissbrücke bei Szegedin¹⁹⁷⁾ (acht parabolische Bogen aus je vier schmiedeisernen Bogenrippen von 41,479 m Spannweite und 5,137 m Pfeil) geschah in liegender Stellung auf der für den Pfeilerbau und für den provisorischen Bahnverkehr unterhalb der Brückenstelle errichteten hölzernen Dienstbrücke mit Hilfe von drei in Fig. 6 u. 7, Taf. XVII, dargestellten eisernen Wagen, von denen zwei unter die Trägerenden, einer unter die Mitte zu stehen kamen. Die Bogenrippen wurden parallel zur definitiven Brückenaxe in liegender Stellung auf dem flussaufwärts befindlichen Bauplatz montirt und mussten zur Sicherung ihrer gegenseitigen Lage beim Transport eine Reihe von senkrecht und parallel zu einander gerichteten Bewegungen durchlaufen, was durch die besondere Bauart der Wagen ermöglicht wurde. Dieselben waren mit vier Axen ausgerüstet, von denen je zwei senkrecht zu den beiden anderen standen und durch Vertikalschrauben in ihrer Höhenlage verändert werden konnten, sodass das eine Radsystem in die Höhe geschraubt war, während das andere auf den Schienen stand und dadurch zwei senkrecht zu einander stehende Bewegungen mit der Last ausgeführt werden konnten, ohne die Auflage der letzteren zu ändern. Dabei bewegten sich die drei Wagen einmal parallel zu einander auf drei Gleisen von je 1,5 m Spurweite, das andere Mal hinter einander auf einem Gleise von 3 m Spurweite. Das letztere geschah auf der Dienstbrücke selbst bis zu der für die Bogenrippe bestimmten Brückenöffnung, in welche wiederum drei parallele Gleise von 1,5 m Spurweite hineinführten, von denen zwei auf den Pfeilergerüsten und eines auf einem besonderen Pfahlwerk

¹⁹⁶⁾ Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover, 1878, S. 459. — ¹⁹⁷⁾ Ann. d. ponts et chaussées, 1859 I, S. 348.

in der Öffnungsmitte lagen. Über den Auflagern angelangt, mussten die Bogenrippen aufgerichtet werden, was mit Hilfe von 7 Winden (chèvres), die an verschiedenen Punkten des horizontalen Streckbaumes angriffen, geschah, während die Wagen mit den auf ihnen ruhenden Bogenenden nach den Winden zu sich bewegten. Die Leitung dieser Arbeit geschah von einer fliegenden Brücke aus, die, aus acht armierten Trägern von 20 m Länge bestehend, auf die Pfeilergerüste und das mittlere Pfahlwerk sich stützte. Die mittlere Transportlänge betrug 600 m, welche sechs senkrecht zu einander stehende Richtungen und folglich fünf Kreuzungen enthielt. Die Geschwindigkeit betrug circa 3 m pro Min. und eine Richtungsänderung erforderte etwa eine Stunde Zeit, sodass die Beförderung einer Bogenrippe etwa 8 Stunden und 20 Min. dauerte, wobei zu berücksichtigen war, dass die Benutzung der Dienstbrücke nur zwischen zwei Verkehrszügen gestattet war. Die Fortbewegung erfolgte mit Hilfe von zwei Schiffswinden (cabestans), welche von je acht Mann bedient wurden.

In neuerer Zeit (1877) sind Verschiebungen fertiger Trägerkonstruktionen in der Längsrichtung der Brücke mit Hilfe von Wagen auch ohne Anwendung fester Gerüste bei den Rheinbrücken von Altbreisach, Neuenburg und Hüningen¹⁹⁸⁾ durch die Gutehoffnungshütte vorgenommen worden. Die Montirung erfolgte in der Verlängerung der Brückenaxe, wobei die als Einzelträger gedachten Brückenfelder zu einem kontinuierlichen System vereinigt, gehörig durch Holzstreben ausgesteift und mit einem 24 m langen schmiedeisernen Schnabel versehen wurden. Zur Abstützung des Schnabels während der Verschiebung war in der Mitte einer jeden Brückenöffnung ein hölzernes Joch errichtet. Während der Verschiebung stützte sich die Konstruktion auf vierräderige Wagen, die, auf dem Eisenbahndamm und auf den Rüstungen der Flutöffnungen auf Schienen laufend, in Entfernungen von 18 bis 18,5 m unter die Vertikalen der Hauptträger gefahren waren, wobei die Trägerenden und die Kuppelungsstellen sich auf zwei nahe hinter einander laufende Wagen stützten. Auf den Hilfsjochen und Pfeilern dagegen wechselten sich zwei Wagen in der Unterstützung ab, sodass der an der vorderen

Fig. 11. M. 1 : 200.



Breitseite des Pfeilers ablaufende Wagen vor seinem Ablauf an der hinteren Pfeilerseite durch einen zweiten ersetzt wurde. Zu dem Zweck waren, wie beistehende Fig. 11 verdeutlicht, die Schienengleise für die Wagen auf Rahmen von T-Eisen befestigt und an ihren Enden *a* mit entsprechender Neigung versehen. Außerdem befanden sich an beiden Seiten der Pfeiler senkrecht zur Brückenaxe sich bewegende Schiebebühnen *b*, von denen die ablaufenden Wagen aufgenommen, zum seitlich angeordneten Parallelgleis geführt und so um den Pfeiler herum auf der hinteren Seite wieder untergefahren werden konnten. Das Überschieben auf die Gesamtlänge von 254 m erfolgte in $4\frac{1}{2}$ Tagen durch

¹⁹⁸⁾ Deutsche Bauzeitg. 1878. S. 123. — Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 22. Die drei Brücken zeigen in den Hauptfeldern dieselbe Anordnung: drei Öffnungen zu 72 m Stützweite, zu denen bei den zwei ersteren vier Flutöffnungen zu je 28 m, bei der letzteren zwei Flutöffnungen zu 35 m Stützweite kommen. Die Hauptträger der Hauptöffnungen sind Parallelträger mit doppeltem Fachwerk von 7,2 m Höhe und 3 m Fachweite, die in einem Abstände von 4,65 m von Mitte zu Mitte angeordnet sind und kastenförmige Gurtquerschnitte besitzen.

Winden, die auf einem Holzjoch gegen den ersten Stropfpfeiler sich stemmten und eine Zugkraft von 24000 kg ausübten. Die Zugketten hatten an der unteren Gurtung ihre Angriffspunkte, die dem Fortschreiten der Brücke entsprechend zurückverlegt wurden.

Unter den bei Brückenauswechslungen durch seitliche Verschiebung benutzten Wagen¹⁹⁹⁾ verdienen die von der Prager Eisenindustrie-Gesellschaft bei der Donaubrücke der Österreichischen Nord-West-Bahn²⁰⁰⁾, bei der Eisenbahnbrücke über den Moldafluß bei Budweis²⁰¹⁾ und noch bei einigen anderen Verschiebungen²⁰²⁾ angewandten zerlegbaren Wagen besondere Erwähnung.

Dieselben bestanden (siehe Fig. 4 u. 5, Taf. XVII) aus drei Gussstücken, die, an Flanschen zusammengeschraubt, auf den Zapfen zweier Rollen auflagerten und deren Trennungsebenen sich senkrecht über den Zapfenmitten befanden, so dass nach anderweitiger Abstützung der Brückenkonstruktion durch Lösung der Verbindungsschrauben ein Auseinandernehmen und Entfernen der Wagenteile leicht möglich war, ohne die schwere Brückenkonstruktion anheben zu müssen.

Vier solcher Rollwagen genügten zur Unterstützung und Verschiebung, wobei je zwei, unter jedem Trägerende durch Kopfschrauben gegen einander versteift, auf einem Schienenpaar sich bewegten, welches, seitlich der definitiven Auflagerkonstruktion angebracht, ein späteres bequemes Niederlassen auf die Auflagerzapfen gestattete und sich vom Montirungsgerüst bis auf das Widerlagermauerwerk erstreckte. Die Schienenpaare, in Abständen von 175 mm von Mitte zu Mitte verlegt, waren in Entfernungen von 500 mm durch starke Stahlbolzen verbunden, welche zugleich die Stützpunkte zum Ansetzen der zur Verschiebung benutzten Schraubenwinden (siehe Seite 45) bildeten. Gusseiserne Einlagsbacken dienten außerdem zur Erhaltung des richtigen Abstandes und auf dem Mauerwerk waren sie durch Schrauben verankert. Da sich jedoch sowohl bei der Donaubrücke als auch bei der Moldaubrücke die Schienen zu schwach erwiesen, indem teilweise Deformationen des Schienenkopfes stattfanden, so wurden dieselben bei den späteren Verschiebungen durch Walzträgerpaare mit genieteten Zwischenverbindungen ersetzt.

Die Maschinenfabrik der königlich Ungarischen Staatseisenbahnen in Budapest benutzt, wie Oberingenieur Seefehlner in dankenswerter Weise dem Verfasser mitteilt, zum seitlichen Einschieben von Brückenkonstruktionen ähnliche eiserne Rollwagen mit je zwei Stahlwalzen, die bei Brücken von 16 bis 30 m Spannweite auf einem Paar gewöhnlicher Schienen durch Prattenwinden oder mittels Flaschenzügen bewegt werden.

Bei größeren Brücken (zum Beispiel bei der Hernad- und der Marosporto-Brücke) dienten besondere Schienen von 250 mm Höhe, die von von Zeit zu Zeit durch Querverbindungen zu einem Zwillingsträger verbunden waren, zur Unterstützung der Wagen (siehe Holzschnittfigur 12). Auch waren die Wagen, mit Ausnahme der Zahnräder für die Senkvorrichtung, ganz aus Stahl hergestellt und

¹⁹⁹⁾ Siehe unter anderem: Die Brücke über die Havel bei Werder. Deutsche Bauzeitg. 1873. S. 179. — Umbau der Potsdamer Brücke. Zeitschr. f. Bauw. 1874. S. 146. — Verschiebungen der Brücken an der Kaschau-Oderberger Bahn. Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 23. — ²⁰⁰⁾ Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1879. S. 4. — ²⁰¹⁾ Dasselbst. 1883. S. 126. — ²⁰²⁾ Unter anderem bei der Franz-Josephsbrücke und der Brücke bei Kattowitz.

für je 50 t Belastung berechnet. Der obere Teil des Wagens bestand aus einer der Fig. 45, Taf. XIX, ähnlichen Keilvorrichtung, die zum nachherigen Herablassen der Brückenträger auf die Auflagerkonstruktion diente. In neuerer Zeit sind mit diesen Wagen, wie Fig. 12 u. 13 zeigen, Tangye'sche auf 180 t geprüfte hydraulische Pressen in Verbindung gebracht worden und hat sich diese Anordnung bei der Verschiebung der Träger vom Vizakna-Viadukt besonders dadurch als vorteilhaft gezeigt, dass sich gleichzeitig kleine Hebungen vornehmen ließen.

Die Verschiebestrecke betrug in den meisten Fällen 6—8 m und wurde je nach den Umständen in 20 bis 60 Minuten zurückgelegt.

4. Kugeln.

Bei den in Österreich in den Jahren 1878 und 1879 stattgefundenen Ersetzungen provisorischer Holzkonstruktionen durch eiserne Oberbauten hat Ingenieur Weickum an mehreren Brücken zur Verschiebung der neben der alten, auf festen Gerüsten montirten neuen Brückenkonstruktion ein ihm patentiertes Verfahren an-

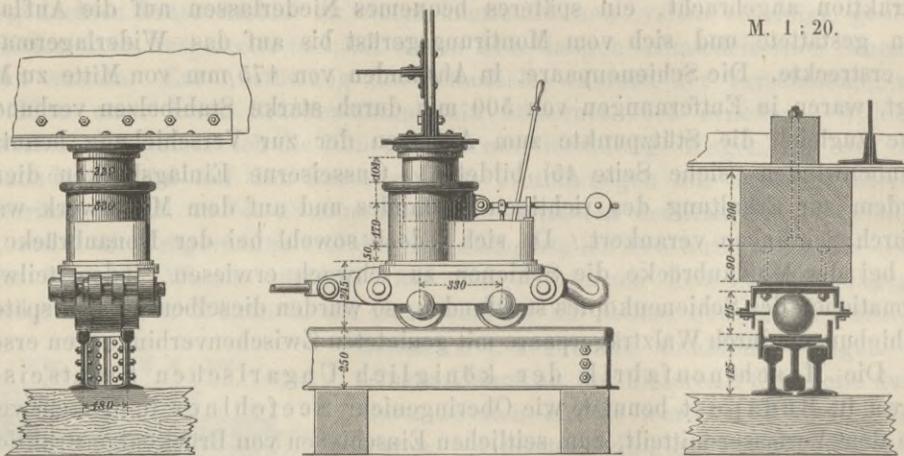
Fig. 12.

M. 0.03.

Fig. 13.

Fig. 14.

M. 1 : 20.



gewandt, welches darin besteht, dass an Stelle der Räder oder Rollen eine Reihe von Kugeln die Vermittler der Bewegung bilden, auf denen die Brückenkonstruktion, mittels Schlitten aufruhend, fortgerollt wird.

Die ersten derartigen Verschiebungen fanden für die Flutöffnungen der Waagbrücke bei Tornoez²⁰³⁾ statt, wo die Kugelapparate an vier Stellen in solchen Abständen unter das zu verschiebende Brückenjoch gebracht wurden, dass dessen Gewicht von 64838 kg sich annähernd gleichmäßig auf dieselben verteilte. Die Kugelbahnen bestanden aus entsprechend langen H-Eisen (siehe Fig. 26 u. 27, Taf. XVII), welche auf je zwei, durch Balken unterstützten Schienen mit zwischengeklemmter Holzschwelle lagerten. Der auf den Kugeln sich bewegende Schlitten wurde ebenfalls durch ein H-Eisen gebildet, das unter Vermittlung

²⁰³⁾ Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1878. S. 175. — Allgem. Bauzeitg. 1880. S. 79.

eines Eichenbalkens unter der Brückenkonstruktion befestigt, am vorderen Ende ein wenig aufgebogen war und in seiner Länge der Breite der Brückenkonstruktion gleich kam.

Die Kugeln, von 117 mm Durchmesser, wurden durch ein Führungsblech mit entsprechenden Öffnungen in Abständen von 200 mm gehalten, dessen Länge sich aus dem Verhältnis des Weges der Kugeln zu dem von der Brückenkonstruktion zurückzulegenden Wege ergab. Bezeichnet b die Breite der Brückenkonstruktion, s den zurückzulegenden Weg d. h. den Abstand von der Axe der Montirungsstelle bis zur Axé der definitiven Brücke, so ist die erforderliche Entfernung l der Mittelpunkte von den äußersten Kugeln einer Reihe:

$$l = b + \frac{s}{2},$$

woraus sich die Länge des Führungsbleches $L = l + d + 0,2$ ergibt, wenn d den Durchmesser der Kugeln bezeichnet und man an beiden Enden das Führungsblech um etwa 10 cm vorstehend annimmt.

Der bei der Stadlauer Donaubrücke²⁰⁴⁾ benutzte Kugelapparat unterscheidet sich von dem eben beschriebenen dadurch, dass, wie Fig. 14 auf S. 32 zeigt, statt der zwischengeklemmten Holzschwelle eine Schiene in gestürzter Lage zur Unterstützung der Kugelbahn verlegt wurde, da bei der Waagbrücke die Holzschwelle nachgegeben hatte. Die Kugeln hatten einen kleineren Durchmesser und der Schlitten bestand aus einem durch aufgenietetes Blech verstärkten Γ -Eisen, auf dem die Brückenkonstruktion mittels verlaschter Keile aufruhte.

Bei der Ferdinandsbrücke über die Mur²⁰⁵⁾ endlich (siehe Fig. 28 bis 30, Taf. XVII) wurde gänzlich von Schienenunterlagen abgesehen, sodass die Kugeln auf durch Blech verstärkten \sqcup -Eisen rollten, die an den Unterlagsbalken befestigt waren.

Die Art der Anbringung der Führungsbleche gestattete in allen Fällen nach Entfernung der oberen oder unteren seitlichen Winkeleisen eine kleine Verschiebung in der Längsaxe der Brücke, falls eine solche vor dem Niederlassen auf die Auflager erforderlich wurde. Um die Kugelapparate unter die Brückenkonstruktion zu bringen, musste dieselbe angehoben werden, was in der Regel durch Kopfschrauben oder amerikanische Winden, bei der Ferdinandsbrücke jedoch (siehe Fig. 30) durch hydraulische Pressen geschah, welche, an die untere Gurtung angehängt, während des Verschiebens mit verschoben wurden und auch zum Niederlassen der Konstruktion auf die Auflager dienten, da die früher hierzu benutzten Holzkeile sich nicht bewährt hatten²⁰⁶⁾.

5. Rollen.

Nächst den Wagen und Walzen kamen die Rollen, namentlich zum Überschieben fertiger Konstruktionen ohne Anwendung von Gerüsten am frühesten zur

²⁰⁴⁾ Wochenschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1879, S. 205. — Allgem. Bauzeitg. 1881, S. 7. —

²⁰⁵⁾ Die Eisenbahn, 1882 II. S. 53. — Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883, S. 43. —

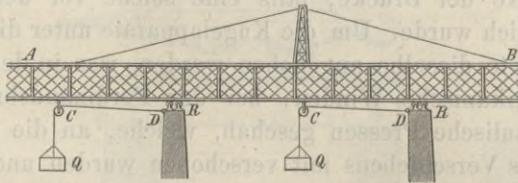
²⁰⁶⁾ Über die Gewichte der Konstruktionen, die Geschwindigkeiten und die Entfernungen der Verschiebungen gibt die auf S. 40—41 befindliche tabellarische Zusammenstellung Auskunft. Das Weickum'sche Kugelsystem ist ferner noch auf der Strecke Sissek-Doberlin von der Firma Körösi in Graz für die Verschiebung der Kulpabrücke und von der Ungar. Staats-Maschinenfabrik bei Verschiebung der Unnabrücke verwendet worden.

Verwendung. Zunächst waren es gusseiserne Rollen, die, mittels Zapfen in Lagern drehbar, in angemessenen Entfernungen auf den Widerlagern und successive auf den Zwischenjochen und Pfeilern in der Weise feste Aufstellung erhielten, dass die unteren Gurten der Brückenkonstruktion auf ihnen fortgewälzt werden konnten. Zur Aufnahme der vorstehenden Gurtungsnietsknöpfe versah man die Walzflächen der Rollen mit entsprechend vertieften Rinnen (siehe Fig. 17, Taf. XVII), oder gab den Rollen solche Abmessungen, dass ihre Walzflächen zwischen den Nietten Platz fanden (siehe Fig. 11, Taf. XVII), und suchte die Unebenheiten der Verstärkungslamellen durch Unterschieben von Blechstreifen auszugleichen. Diese, große Aufmerksamkeit erfordernde und doch Erschütterungen nicht vollkommen vermeidende Manipulation kann dadurch umgegangen werden, dass wie bei der Überschiebung der Stromöffnungen von der Waagbrücke bei Tornocz²⁰⁷⁾ (siehe Fig. 9 u. 24, Taf. XVII) zwischen Untergurte und Rollen ein ausgleichender Unterzug angebracht wird, der, an ersterer befestigt, mit einer Schiene armirt war, welche mit ihrem nach unten gekehrten Kopf in die Rollenrinne passte.

Durch die Reibungswiderstände ergab sich bei festen Rollen bezüglich der Zwischenjoche und Pfeiler der Übelstand, dass dieselben durch die vorwärts rollende Konstruktion an ihrem oberen Ende mitgezogen und daher stark auf Biegung beansprucht wurden²⁰⁸⁾. Auch machte man die Beobachtung, dass die untergesetzten Rollen durch die Einbiegungen, welche die Brückenkonstruktion während der Verschiebung beim freien Vorkragen erlitt, sehr verschieden belastet wurden und einige derselben zu Zeiten ganz außer Aktion traten.

Gegen ersteren Übelstand richtet sich ein Vorschlag Nördling's²⁰⁹⁾, die Pfeiler durch Gegengewichte im Gleichgewicht zu erhalten und dadurch gleichzeitig die zum Verschieben aufzuwendende Kraft zu verringern. Zu diesem Zweck soll, wie untenstehende Fig. 15 zeigt, am oberen Ende des Pfeilers bei *D* ein Seil

Fig. 15.



befestigt und über eine an die Brückenkonstruktion angehängte Rolle *C* geleitet werden, dessen anderes Ende eine mit Gewichten zu beschwerende Plattform *Q* trägt. Die Beschwerung der Plattform hätte so lange zu erfolgen, als der Pfeiler in der Verschiebungsrichtung von *A* nach *B* den Beginn einer Bewegung zeigt. Man wird angenähert die den verschiedenen Stadien der Verschiebung entsprechenden Gewichte *Q* vorausberechnen können, da dieselben den Reibungswiderständen gleichkommen, welche durch die auf dem zugehörigen Pfeiler aufgestellten festen Rollen hervorgebracht werden. Befinden sich an allen Pfeilern solche regulierbare Gewichte, so wird die zum Verschieben anzuwendende Kraft um die jedesmalige

²⁰⁷⁾ Allgem. Bauzeitg. 1871. S. 285. — ²⁰⁸⁾ Beim Boule-Viadukt betrug die Horizontalbewegung des oberen Endes der eisernen Pfeiler 30 mm. — ²⁰⁹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1874. S. 84.

Summe der Gewichte verkleinert werden können. Die Anordnung würde am besten so zu geschehen haben, dass an jedem Pfeiler zwei solche Gewichte beidseitig soweit seitwärts von der Brückenkonstruktion angebracht würden, dass dieselben über das Geländer hinweg bequem bedient und die Rollen *C* dem Vorwärtsschreiten der Brücke entsprechend zurückversetzt werden können. Durch eine Kombination von Rollen ließe sich auch der Niedergang der Gewichte derart regeln, dass deren Geschwindigkeit entweder gleich, größer oder kleiner als jene des Vorwärtsschreitens der Konstruktion wird.

Zur Ausführung ist dieser Vorschlag Nördling's unseres Wissens ebensowenig gekommen als der schon früher bei Besprechung der Aufstellung von den Thur-, Glatt- und Sitter-Brücken gemachte Vorschlag²¹⁰⁾, auf den Pfeilern nicht feste sondern horizontal bewegliche Rollen anzuwenden. Zu diesem Zweck sollten die Rollen (siehe Fig. 25, Taf. XVII) auf kleine Wagen gesetzt und durch Seile oder Ketten unter einander und mit dem Widerlager verbunden werden, sodass nach Anspannung der Seile oder Ketten durch die vorwärts geschobene Brücke die Biegungsbeanspruchung des Pfeilers durch eine geringe, von den Reibungswiderständen hervorgebrachte Drehung der Wagenräder auf den Schienen aufgehoben wird und die zu verschiebende Last nunmehr nur einen senkrechten Druck auf den Pfeiler ausübt. Dieser Vorschlag birgt jedoch eine große Gefahr für den Fall des Zerreißen der Spannketten in sich. In anderer Weise ist der Grundgedanke dieser horizontal beweglichen Rollen in Form der vom Pfeiler abrollenden Wagen durch die Gutehoffnungshütte bei Verschiebung der Rheinbrücken (siehe S. 30) zur Anwendung gelangt. In den meisten Fällen hat man zur Verminderung der Biegungsbeanspruchung, besonders bei Zwischenjochen und bei eisernen Pfeilern, dieselben rückwärts an die Widerlager mit Ketten oder Seilen verankert. Bei der Aare-Brücke bei Bern wandte man hierzu horizontale Balken an (siehe Fig. 8, Taf. XVII), die in Bügeln an den Brückenträgern gehalten und geführt wurden, um nicht in schädlicher Weise sich ausbiegen zu können. Auch dadurch, dass man auf die Pfeiler zwei gewöhnliche und zwei mit Bewegungsmechanismen versehene Rollen unter die zu verschiebende Brücke setzte (Niemenbrücke bei Grodno²¹¹⁾, konnte die Biegung des Pfeilers vermindert werden, da die in Umdrehung versetzten Rollen den Pfeiler in beinahe gleicher Weise nach rückwärts bogen, als die freien Rollen ihn nach vorn mitzuziehen bestrebt waren.

Was den zweiten Übelstand bei Anwendung fester Rollen, die ungleichmäßige Belastung derselben, betrifft, so suchte man einerseits das Gewicht des vorkragenden Brückenteils und damit die Größe der Einbiegung desselben dadurch zu verringern, dass man am vorderen Ende der Brückenkonstruktion einen Schnabel anbrachte (siehe Fig. 9, 10, 13 u. 15, Taf. XVII), der, leichter als ein Brückenteil von gleicher Länge, die Konstruktion früher zum Aufstützen auf die Zwischenpfeiler und Joche brachte. Auch wurde bisweilen das Trägerende durch Spannseile, die über ein auf der Brücke selbst befindliches Thurmgewüst liefen und hinter demselben befestigt waren, entlastet, wie Fig. 15, S. 34, dieses schematisch andeutet; siehe auch Fig. 22, Taf. XVIII. Andererseits jedoch machte man

²¹⁰⁾ Allgem. Bauzeitg. 1856. S. 135. — ²¹¹⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1864 II. S. 247.

— Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1866. S. 330.

die Rollen durch Anbringen von Kippvorrichtungen oder indem man sie auf hydraulische Pressen setzte, in vertikaler Richtung beweglich, sodass sie den Bewegungen und Einsenkungen der Brückenkonstruktion während der Verschiebung bis zu einem gewissen Grade folgen konnten.

Hydraulische Pressen sind für diesen Zweck zum ersten Mal von Ingenieur E. Gouin²¹²⁾ beim Verschieben der Brücke über den Scorff bei Lorient (in der Orléans-Bahnlinie) und in verbesserter Form mit vorzüglichem Erfolg bei den Verschiebungen der Brücken über die Loire bei Angers und über die Weichsel bei Warschau verwandt worden. An letzterem Ort lagerten unter jeder Gurtung (siehe Fig. 20 u. 21, Taf. XVII) zwei Rollen auf dem Kolben einer hydraulischen Presse. Auf jedem Pfeiler und jedem Hilfsjoch stützte sich jede der zwei Trägerwände (Gitterwände) auf zwei Systeme solcher Doppelrollen, deren hydraulische Pressen durch ein Rohr in Verbindung standen, sodass sie stets in gleicher Weise belastet wurden. Diese Anordnung war für die Warschauer Brücke von besonderer Wichtigkeit, weil die Gurtlamellen Unebenheiten bis zu 82 mm aufwiesen. Jede ungleichmäßige Belastung wurde durch die Sicherheitsventile der Pressen sofort angegeben und konnte vermittels der Ablasshähne oder durch die entsprechenden Druckpumpen ausgeglichen werden. Auch geringen seitlichen Ausweichungen und ungleichmäßigen Senkungen der Hilfsjoche konnte gesteuert werden, indem die Kolben die Form eines Kreiszyinders hatten, während dem Presszylinder ein etwas elliptischer Querschnitt gegeben war, dessen große Axe senkrecht zur Brückenaxe gerichtet wurde, sodass sich der Kolben ein wenig zur Seite bewegen d. h. vertikal bleiben konnte, selbst wenn die Unterlage durch das Werfen der Gerüsthölzer sich neigte. In den Fig. 20 u. 21 konnte der Kleinheit des Maßstabes wegen die elliptische Form des Presszylinders nicht ersichtlich gemacht werden. Die Fortbewegung geschah mittels Kurbeln, welche durch Zahnradübersetzungen jedes Rollensystem, ähnlich wie bei der Brücke von Grodno, siehe Seite 48, in Bewegung setzte.

Kipprollen sind zum ersten Mal durch die bekannte Firma G. Eiffel in Levallois-Perret gelegentlich der Verschiebung des Viaduktes de la Sioule²¹³⁾ im Jahre 1869 zur Anwendung gekommen, seit welcher Zeit dieselben von genannter Firma fast ausschließlich und mit verschiedenen Vervollkommnungen bei den von ihr ausgeführten Brückenverschiebungen benutzt wurden.

Ein Beispiel der Anwendung einfacher Kipprollen bietet die Verschiebung des Viaduktes über das Saint-Leger-Thal²¹⁴⁾ im Jahre 1879; siehe Fig. 15, 16, 22, 23, Taf. XVII. Auf der in verlängerter Brückenaxe befindlichen Montierungsstelle ruhten die vier Hauptträger der Brückenkonstruktion in Entfernungen von 15 m auf gewöhnlichen gusseisernen Rollen von 0,5 m Durchmesser und 0,07 m Kranzbreite auf, die mittels schmiedeiserner Zapfen in gusseisernen Lagern sich bewegten. Auf den Pfeilern jedoch wurde unter jede Trägerwand ein System von drei Rollen (siehe Fig. 22 u. 23, Taf. XVII) gesetzt, welche auf einem schmiedeisernen Gestell lagerten, das um ein Gelenk kippen und dadurch den Einsenkungen und Bewegungen der Brückenkonstruktion bis zu einem gewissen Grade nachgeben konnte.

²¹²⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1864 II. S. 257. — ²¹³⁾ Daselbst. 1870 I. S. 125. — ²¹⁴⁾ Daselbst. 1882 II. S. 395.

Doppelt kippende Rollen, bei welchen die Rahmen je zweier Rollen, um Gelenke kippend, wiederum durch einen schwingenden Rahmen getragen werden, sind von der Firma G. Eiffel unter anderen bei der Verschiebung der Gitterträger von der Douro-Brücke bei Oporto, der Brücke von Vianna do Castello (siehe Tabelle II S. 42, Nr. 18), vom Viadukt bei Rio Dao und neuerdings mit dreifacher Gelenkbewegung beim Viadukt de la Tardes angewendet worden.

Da die Höhenlage des Viaduktes de la Tardes bei Evaux²¹⁵⁾ 92 m über der Thalsole betrug, so sollten Zwischenjoche vermieden und der als kontinuierlicher Träger konstruierte Brückenkörper (zwei Hauptträger von 8,3 m Höhe mit kastenförmigen Gurtquerschnitten in 5,5 m Entfernung von einander) entsprechend dem Fortschritt der Montirung in drei Zeitabschnitten über die drei Öffnungen (69,45 m, 100,05 m, 69,45 m) geschoben werden, wobei ein schnabelartiger Vorbau von 30 m Länge und eine um 10 m vom jenseitigen Mittelpfeiler vorkragende Hilfsrüstung die Spannweiten überwinden helfen sollten. Die ganze Länge des Trägers konnte nicht fertig gestellt und auf einmal übergeschoben werden, weil die Bahn an beiden Brückenden in Kurven anschloss, also der Raum zur Montirung fehlte und erst durch einen in der Felswand hergestellten Einschnitt gewonnen werden musste, was nur auf etwas mehr als $\frac{1}{3}$ der ganzen Trägerlänge möglich war.

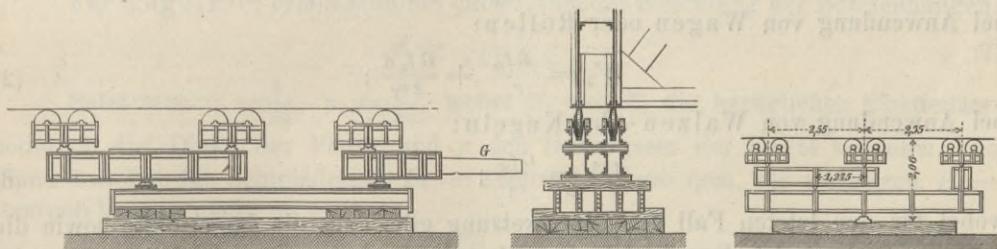
Die erste Verschiebung, bei welcher auf dem rechtsseitigen Mittelpfeiler der untenstehende Rollapparat (Fig. 16 u. 17) aufgestellt war, misslang, indem der bereits um 53 m in die Mittelöffnung vorkragende und mit seinem Schnabelende nur noch 37 m von der Rüstung des jenseitigen Pfeilers entfernte Träger in der Nacht vom 26. zum 27. Januar 1884 durch einen Orkan in einer Länge von 132 m, 480000 kg wiegend, in die Schlucht gestürzt wurde. Als Ursache dieses Unfalls ist in erster Linie der Mangel einer Vorrichtung zur Verhinderung des seitlichen Gleitens auf den schmalen Rollen anzusehen.

Fig. 16.

M. 1 : 100.

Fig. 17.

Fig. 18. M. 1 : 200.



Rechnungsmäßig genügte ein Winddruck von 126 bis 151 kg pro qm (je nachdem der Reibungskoeffizient von Eisen auf Eisen zu 0,2 oder 0,24 angenommen wird) zur Hervorbringung einer seitlichen Verschiebung. Wahrscheinlich wurde die Brücke zunächst so weit verschoben, dass die Rollen nicht mehr unter den Vertikalblechen, sondern unter den Flanschen der Winkelisen sich befanden, sodass diese letzteren aufwärts gebogen eine schiefe Ebene bildeten, auf welcher der Träger hinabglitt. Der im Einschnitt stehen gebliebene Teil wurde durch die Felswände festgehalten,

Andererseits scheint das an dem hinteren Rollenpaar angebrachte Gegengewicht gefahrbringend gewesen zu sein, denn wenn auch die Größe des Gegengewichtes zur Zeit des Unfalles in den angeführten Quellen nicht angegeben ist,

²¹⁵⁾ Génie civil. 1884. S. 237. — 1885. S. 197. — Deutsche Bauzeitg. 1885. S. 50. — Engineer. 1885 I. S. 331. — Ann. d. travaux publics. 1884. S. 1222. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886. S. 10.

so steht jedenfalls soviel fest, dass durch dasselbe der Auflagerdruck auf den beiden anderen Rollenpaaren und damit die Reibung vermindert worden ist.

Bei dem sofort nach derselben Methode in Angriff genommenen Neubau wurde auch der Apparat, Fig. 16 u. 17, in der in Fig. 18, S. 37, schematisch angegebenen Weise abgeändert und außerdem der Träger gegen seitliche Verschiebung auf dem Mittelpfeiler gesichert. Im übrigen ist mit nur geringen Abänderungen der Viadukt dem ersten Entwurf entsprechend ohne weiteren Unfall übergeschoben worden; siehe Tabelle S. 42, Nr. 20.

Eine weitere Verbesserung der Kipprollen geschah kürzlich durch die Firma Willebroeck gelegentlich der Verschiebung der Fachwerkträger über die Seitenöffnungen der Straßenbrücke Luiz I^o über den Douro bei Oporto (siehe Seite 93), indem die Rahmen zur Verminderung der Gesamthöhe der Verschiebeapparate auf die kleinste zulässige Höhe reduziert wurden.

§ 17. Reibungswiderstände und Berechnung der Rollapparate. Die bei den verschiedenen Rollapparaten auftretenden Reibungswiderstände ergeben unter sonst gleichen Verhältnissen für Wagen und Rollen denselben Wert, da bei beiden die wälzende und die Zapfenreibung in Betracht zu ziehen sind, während bei Anwendung von Walzen und Kugeln nur die wälzende Reibung zu überwinden ist, sodass die, unter gleichen Verhältnissen kleiner ausfallende, zur Fortbewegung erforderliche Zugkraft zu Gunsten der letzteren sprechen könnte.

Bezeichnen f_g , f_w und f_z die Reibungskoeffizienten für gleitende, wälzende und Zapfenreibung, r_1 den Radius der Räder oder Rollen, d den Zapfendurchmesser, r_2 den Radius der Walzen oder Kugeln, G das Gewicht der zu verschiebenden Last, so ist bei Nichtberücksichtigung elastischer Formänderungen der Widerstand bei Anwendung von Gleitflächen:

$$W_1 = Gf_g; \quad (1)$$

bei Anwendung von Wagen oder Rollen:

$$W_2 = \frac{Gf_w}{r_1} + \frac{Gf_z d}{2r_1}; \quad (2)$$

bei Anwendung von Walzen oder Kugeln:

$$W_3 = \frac{Gf_w}{r_2}; \quad (3)$$

wobei für den letzten Fall die Voraussetzung gilt, dass die Lagerplatte sowie die auf der Walze oder Kugel sich fortwälzende Deckplatte aus gleichem Material bestehen.

Setzt man als Mittelwerte: $f_g = 0,16$, $f_w = 0,065$, $f_z = 0,08$, $r_1 = r_2 = 6$ cm, $d = 5$ cm, so ergibt sich aus obigen Formeln das Verhältnis:

$$W_3 : W_2 : W_1 = 0,011 G : 0,044 G : 0,16 G = 1 : 4 : 15. \quad (4)$$

Dieser günstige Wert der bei Anwendung von Kugeln aufzuwendenden Zugkraft trifft jedoch gegenüber derjenigen bei Rädern und Rollen in Wirklichkeit nicht ein, da die Rad- und Rollendurchmesser in der Regel größer gewählt werden, als dies bei Walzen und Kugeln aus praktischen Gründen der Fall sein kann.

Die nach Patent Weickum konstruirten Kugelapparate weisen Kugeldurchmesser von höchstens 11,7 cm (wofür oben abgerundet 12 cm angenommen wurden) auf, während die bei Brückenverschiebungen zur Anwendung gekommenen Räder und Rollen Durchmesser von 20 bis 100 cm besitzen. Nimmt man hier als mittlere Größe den Durchmesser zu 60 cm an, so wird $r_1 = 30$ cm, und wenn als

mittlerer Zapfendurchmesser sogar $d = 8$ cm gesetzt wird, so ergibt sich der Reibungswiderstand:

$$W_2 = 0,0128 G,$$

also das Verhältnis:

$$W_3 : W_2 = 1 : 1,16. \tag{5}$$

Die Berücksichtigung der Reibungswiderstände und der durch dieselben für einen gegebenen Fall und unter Annahme gleicher Verhältnisse kleiner oder größer sich ergebenden Zugkraft kann daher an sich nicht den Ausschlag für oder gegen die Anwendung der aus Rollen oder Kugeln zusammengesetzten Rollapparate geben, sondern es wird die Wahl wesentlich von der Art der Verschiebung abhängen müssen. Nach den von ihm erzielten günstigen Erfolgen kann für Verschiebungen auf festen Gerüsten und bei geringen Transportweiten (bis zu 15 m) der Weickum'sche Kugelapparat empfohlen werden, während bei größeren Transportweiten Wagen und bei Verschiebungen ohne Anwendung von Gerüsten Rollen am Platz sind, die zum Zweck möglichst gleichmäßiger Lastverteilung am besten nach Gouin auf hydraulische Pressen zu lagern oder nach Eiffel als einfache oder mehrfache Kipprollen anzuordnen wären.

Zur Berechnung der Abmessungen der Rollapparate können nachstehende Formeln dienen.

Für Walzen ist nach Winkler²¹⁶⁾:

$$d = \frac{9 P^2}{16 k^3 (\alpha_1 + \alpha_2) n^2 l^2}, \tag{6}$$

wenn d den Durchmesser, l die Länge und n die Anzahl der Walzen, k die größte zulässige spezifische Beanspruchung und α_1 und α_2 vom Material abhängige Konstanten für die Zusammenpressung bedeuten. Für Guss- und Schmiedeeisen gibt Winkler: $(\alpha_1 + \alpha_2) = 0,008$ bis $0,05$, im Mittel $0,023$ für Tonnen und cm an.

Für Kugeln²¹⁷⁾ erhält man bei entsprechender Bedeutung der Bezeichnungen:

$$d = \frac{2 P}{\pi n k^2 (\alpha_1 + \alpha_2)}. \tag{7}$$

Setzt man $\alpha_1 = \frac{\delta}{E_1}$, $\alpha_2 = \frac{r}{E_2}$, wobei E_1 und E_2 die bezüglichen Elasticitätsmodel, δ die Dicke der Platte und r den Halbmesser der Kugel bedeuten, und nimmt $\delta = 2r$, für Schmiedeeisen $E_1 = 2000\,000$ kg pro qcm, für Gusseisen $E_2 = 1000\,000$ kg pro qcm, so wird:

$$d = 1,554 \sqrt{\frac{P}{n}} \text{ und } n = \frac{2,4 P}{d^2}. \tag{8}$$

Bei Rollen und massiven Rädern²¹⁷⁾ gelangt man unter der Voraussetzung, dass die größte zulässige spezifische Beanspruchung am Zapfen- und Rollenumfang die gleiche sei und unter Berücksichtigung des Reibungswiderstandes zu dem Verhältnis:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{1500 \pi l_2 - (n + 1) l_1 f z \sqrt{k(a + 2)}}{(n + 1) l_1 \sqrt{k(a + 2)}}, \tag{9}$$

worin r_1 den Rollenhalbmesser, r_2 den Zapfenhalbmesser, l_1 die Kranzbreite der Rolle, l_2 die Länge der Auflagerung eines Zapfens, n den Berücksichtigungsgrad der Beanspruchungsabnahme vom Wurzelquerschnitt des Zapfens nach seinem Ende

²¹⁶⁾ Winkler. Die Gitterträger und Lager gerader Träger eiserner Brücken. Wien 1875. S. 274. —

²¹⁷⁾ v. Willmann. Beitrag zur Berechnung der Rollvorrichtungen für Brückenverschiebungen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886. S. 914.

Lau- fende Nr.	Bezeichnung der Brücke	Jahr der Ver- schie- bung	Konstruktions- system der Brückenträger	Anzahl und Größe der Spann- weiten	Verschiebung		Ver- schiebungs- strecke in m	Gleichzeitig zu verschie- bendes Gewicht in Tonnen	Anzahl und Art der Rollapparate
					successive in Teilen oder gleichzeitig	seitlich oder in der Längs- richtung			
1	Gitterbrücke über die Enz.	1851.	Gitterträger.	2 Oeffnungen zu je 29 m.	Die Gitterwände allein, liegend	Längsrichtung, auf Gerüsten.	600 m.	15 t.	15 Walzen.
2	Thur-Brücke.	1855.	Kontinuirl. Gitterträger.	4 Spannweiten zu: 30; 37,2; 37,2; 30 m.	2 Gitterträger einer Spannweite in senkr. Stellg.	Längsrichtung, auf Gerüsten.	Größte Weite etwa 200 m.	60 t im Maximum.	2 zweiaxige Wagen.
3	Theiß-Brücke bei Szegedin.	1858.	Parabolische Bogen.	8 Oeffnungen je 41,418 m Spannweite.	Die einzelnen Bogenrippen liegend.	Längs- und Quer- richtung, auf Gerüsten.	600 m mit 5 senkrecht. Kreuzungen.	Eine Bogen- rippe wog 27,223 t.	3 Wagen mit je 2 Axen- paaren.
4	Eisenbahnbrücke bei Magdeburg.	1876.	Abgestumpfter Parabelträger.	Eine Spann- weite von 51 m.	Im ganzen.	Längsrichtung auf der alten Brücke.	cirka 700 m.	92,5 t, ohne Schwellen u. Schienen.	5 dreiaxige Wagen.
5	*Straßenbrücke über die Isar bei Bogen- hausen (unterhalb München).	Aug. 1876.	Fachwerkträger mit freiliegen- den Stütz- punkten (Syst. Gerber).	Schwebender Träger von 32,08 m Stütz- weite.	Ganzer Träger von 32 m Länge. (Vor der Unter- stützung durch d. Schiff auf dem Gerüst um 12 m auf Walzen vor- geschoben.)	Längsrichtung, das vordere Ende auf das schwimmende Gerüst gestützt.	18 m.	40 t.	Vorn durch ein Schiff, hinten durch Walzen unter- stützt.
6	*Verschiedene ein- gleis. Brücken für die Carl-Ludwigs-Bahn.	1881/83.	Blechträger.	Von 3,5 bis 14,7 m Stütz- weite.	Bis 5 m Spannweite in der Längsrichtung, die übrigen seitlich.		6 m.	1,6 bis 29,4 t.	Auf geölten Eisenbahn- schienen.
7	Donau-Brücke der Oesterr.-Nord-West- Bahn.	1875.	Fachwerk mit parallelen Gur- tungen.	79,42 m Licht- weite, 82,17 m Stützweite.	Im ganzen.	Seitlich auf Gerüsten.	6 m.	300 t.	4 zweiaxige Wagen auf Doppel- schienen.
8	Moldau-Brücke bei Budweis der Franz- Josepsh-Bahn.	1879.	Halbparabel- träger.	79 m Licht- weite, 82 m Stützweite.	Im ganzen.	Seitlich auf Gerüsten.	8,4 m.	300,8 t.	4 zweiaxige Wagen auf Doppelschienen.
9	*Eingleisige Brücke der Erzherzog- Albrechts-Bahn (Fahrbahn oben).	1880.	Parallelträger mit gedrückten Vertikalen und gezogenen Diagonalen.	Eine Spann- weite von 31 m.	Im ganzen.	Seitlich.	7 m.	32,92 t.	4 Rollwagen zu je 2 Rollen, auf Schienen- paaren.
10	*Eingleisige Brücke für die Erste Ungarisch-Galizische Eisenbahn.	1880.	Parallelträger mit gezogenen und gedrückten Diagonalen.	Eine Spann- weite von 40,15 m.	Im ganzen.	Seitlich.	7 m.	70,2 t.	4 Rollwagen zu 4 Rollen.
11	*Eingleisige Brücke für die Carl-Lud- wigs-Bahn.	1881.	Parallelträger mit gedrückten Vertikalen und gezogenen Diagonalen.	Eine Spann- weite von 36 m.	Im ganzen.	Seitlich.	7 m.	60,7 t.	4 Rollwagen zu 4 Rollen, auf Schienen- paaren.
12	*Eingleisige Brücke für die Carl-Lud- wigs-Bahn.	1884.	Parallelträger m. gedrückten Vertikalen u. gezogenen Diagonalen.	Zwei Spann- weiten zu je 29,16 m.	Gleichzeitig.	Seitlich.	7 m.	84,2 t.	4 Rollwagen zu 4 Rollen.
13	*Eingleis. Brücke f.d. Franz-Josephs-Bahn.	1885.	Fachwerkträger.	Eine Spann- weite v. 16,6 m	Im ganzen.	Seitlich.	6 m.	15,6 t.	4 Rollwagen zu 2 Rollen.
14	*H. Hernad-Brücke in der Linie der Kaschau-Oderberger Eisenbahn.	Okt. bis Jan. 1880/81.	Parallelträger mit Zug- und Druckdiago- nalen, in schiefer Richtung zum Stromstrich.	2 Oeffnungen von je 57,5 m Stützweite	Jede Spann- weite für sich.	Seitlich auf Gerüsten.	12 mind. d. Ver- schiebungs- richtung ge- messen, senkr. zur Brücken- axe 8,5 m.	172,883 t jede Oeff- nung.	4 Rollwagen mit 2 Stahl- walzen.
15	*Marosporto-Brücke in d. Linie der I. Siebenbürg. Eisenbahn.	1882.	Fachwerkträger mit gezogenen Diagonalen.	Spannweite 66 m, Stütz- weite 70 m.	Jede Spann- weite für sich.	Seitlich auf Gerüsten.	7,5 m.	Die größere Oeffn. 180t, d. klein. 167,66t.	4 Rollwagen mit je 2 Stahl- walzen.
16	*Große Raab-Brücke der Ungar. West- bahn.	1884.	Fachwerkträger mit gekrümmter oberer Gurtung. Einfaches Fach- werk mit gezogenen Diagonalen.	Mittelöffnung von 45 m Trägerlänge. 2 Seitenöffnun- gen v. je 35,1 m Trägerlänge.	Jede Spann- weite für sich.	Seitlich auf Gerüsten.	7,9 m in senkrechter Richtung zur Brückenaxe, 8,2 m schräg gemessen.	94,659 t. Jede Seiten- öffnung 64,468 t.	4 Rollwagen mit je 2 Stahl- walzen.
17	*Inundationsbrücke üb. d. Theiß in Hosszu- mezo (Ung. N.-Ost-B.).	1884.	Fachwerk mit gekrümmter oberer Gurtung.	Stützweite 61,6 m, Träger- länge 62,6 m.	Im ganzen.	Seitlich auf Jochen.	8 m.	134,546 t.	4 Rollwagen mit je 2 Wal- zen.
18	Waag-Brücke bei Tornocz. (Flut- öffnungen.)	1878.	Fachwerkträger, kontinuirl. über je 2 Oeffnungen.	6 Oeffnungen von je 31 m.	Ein kontinuirl. über 2 Oeffnun- gensichspannen- der Träger.	Seitlich auf 4 unterstützen- den Jochen.	5,4 m.	64,838 t.	120 Kugeln, von denen 60 gleichzeitig bel- lastet waren.
19	Brücke über den Stadlauer Donau- Arm.	1879/80.	Fachwerk mit oberer gekrümm- ter Gurtung.	64,6 m.	Im ganzen.	Seitlich auf 4 unterstützen- den Jochen.	5,5 m.	350 t.	268 Kugeln, von denen 208 gleichzeitig bel- lastet waren.
20	Ferdinands-Brücke in Graz.	1882.	Kombinat. eines Bogenträgers mit versteifendem Fachwerkbalken.	Stützweite 67,804 m.	Im ganzen.	Seitlich auf 4 unterstützen- den Jochen.	13 m.	300 t.	720 Kugeln, von denen 412 gleichzeitig bel- lastet waren.
21	Brücke über den Hagelgraben in der Linie Wien-Stadlau.	1879.	Fachwerkträger.	Kontinuirl. über 2 Brücken- felder von zus. 42 m Stützweite.	Im ganzen.	Seitlich auf 4 unterstützen- den Jochen.	5 m.	120 t.	224 Kugeln, von denen 176 gleichzeitig bel- lastet waren.

Die Daten der mit * bezeichneten Brücken in dieser sowie in der folgenden Tabelle verdankt der Verfasser direkter Mitteilung der betreffenden Firmen.

Auf eine Rolle, Kugel etc. entfall. Gewicht in Tonnen	Durchmesser der Rollen, Zapfen, Kugeln etc.	Reibungs- widerstand der Ver- schiebung †) in kg	Art der Bewegungs- mechanis- men	Anzahl der Arbeiter	Beobach- tete mitt- lere Ge- schwin- digkeit	Dauer der Ver- schiebung	Aus- führende Firma	Quellen- und sonstige Angaben	Beschreibung in diesem Werke siehe		
									Seite	Taf.	Fig.
1 t.	30 cm.	48,8 kg.	Hebel.	20	40 mm pro Min.	5 Tage.	Gebr. Benkiser in Pforzheim.	Allg. Bauzeitg. 1852. S. 378.	26		
15 t pro Axe.	Räder 360 mm, Axen 75 mm.	1216 kg.	Kran- winden.	?		1/2 Tag für 2 Gitter.		Allg. Bauzeitg. 1856. S. 133.	28	XVII.	1 u. 2.
4,536 t pro Axe.	Räder 485 mm, Axen 65 mm.	365 (760) kg.	2 Winden.	16 Mann.	400 mm pro Sek., 3 m in der Min.	8 Std. 20 Min. für eine Bogenrippe.	Ernest Gouin & Co.	Ann. d. p. et ch. 1859 I. S. 348.	29	XVII.	6 u. 7.
6,6 t pro Axe.	Räder 1100 mm, Axen 100 mm.	809 (1200) kg.	Lokomo- tiven.	?				Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Han- nov. 1878. S. 459.	29	XVII.	3
Größte Last auf dem Schiff 24 t (ohne Holz- ständer).	30 mm.	173 kg.	Winden, Ankerseile und Steuer.			4 Std.	Südd. Brücken- bau-Aktien-Ge- sellschaft in München.		28		Holz- schn. 10
Pro Schiene 0,8 bis 14,7 t.		384 bis 7050 kg.	Brechstang. od. Pratz- winden.	6-10 Mann.	4 mm pro Sek.	25-30 Min.	Erzherzogl. Kame- ral-Direktion Teschen.		28		
37,5 t pro Walze.	Walzen 200 mm, Zapf. 130 mm.	17970 kg an jed. Brücken- ende, also eine Kraft v. $\frac{17970}{2} = 8985$ = 8995 kg.	2 Schrauben- winden.	2 x 4 Mann.	1,3 m in der Std.		Wagen von der Prager Eisenin- dustr.-Gesellsch.	Zeitschr. d. Oesterr. Ing. u. Arch. Ver. 1879. S. 4.	31 44	XVII.	4 u. 5.
37,6 t pro Walze.	Walzen 200 mm, Zapf. 120 mm.	16400 (16814) kg.	Ameri- kanische Winden.	2 x 4 Mann.	1,7 m in der Std.		Desgl.	Zeitschr. d. Oesterr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 126.	31 45		
4,115 t.	Rollen- durchm. 250 mm, Zapfendurchm. 60 mm.	805 kg.	2 Kran- winden.	An jeder Kran- winde 3 Mann.	8 mm pro Sek.	20 Min.	Erzherzogl. Kame- ral-Direktion Teschen.	Ein Arbeiter konnte an einer Kranwinde mit einer Kraft von 16 kg einen Widerst. v. 1200 kg bewältig.			
4,388 t.	250 mm, 60 mm.	1722 kg.	2 Kran- winden.	An jeder Kran- winde 4 Mann.	8 mm pro Sek.	20 Min.	Desgl.				
3,794 t.	Rollen- durchm. 300 mm, Zapfendurchm. 80 mm.	1560 kg.	2 Kran- winden.	An jeder Kran- winde 4 Mann.	8 mm pro Sek.	20 Min.	Desgl.				
5,2 t.	300 mm, 80 mm.	2160 kg.	4 Kran- winden.	An jeder Kran- winde 4 Mann.	8 mm pro Sek.	15 Min.	Desgl.				
1,95 t.	250 mm, 60 mm.	381 kg.	Pratz- winden.	10 Mann.	3 mm pro Sek.	25 Min.	Desgl.				
21,61 t pro Walze.	Walzen- durchm. 190 mm, Zapfendurchm. 110 mm.	9200 kg.	Winden mit Flaschen- zügen.			20 bis 60 Min.	K. Ungarische Maschinenfabrik in Budapest.	Die Brückenaxe bildet mit dem Stromstrich einen Winkel von 45°.	31		Holz- schn. 12 u. 13
22,5 t.	Walzendm. 190 mm, Zapfnd. 110 mm.	9575 kg.	Winden mit Flaschen- zügen.			20 Min.	Desgl.		31		Holz- schn. 12 u. 13
20,95 t.	Walzen- durchm. 190 mm, Zapfendurchm. 110 mm.	8912 kg.	Winden mit Flaschen- zügen.			20 bis 60 Min.	Desgl.	Die Brückenaxe bildet einen Winkel von etwa 74° mit dem Strom- strich.			
11,832 t.	Walzen- durchm. 190 mm, Zapfendurchm. 110 mm.	5031 kg.	Winden mit Flaschen- zügen.			20 bis 60 Min.	Desgl.				
8,06 t.	Walzen- durchm. 190 mm, Zapfendurchm. 110 mm.	3441 kg.	Winden mit Flaschen- zügen.			20 Min.	Desgl.				
16,82 t.	Walzendm. 190 mm, Zapfnd. 110 mm.	7151 kg.	Winden mit Flaschen- zügen.			20 Min.	Desgl.				
1,08 t.	Kugel- durchm. 117 mm.	720 kg.	4 Winden.	2 x 4 Mann.	14,3 mm in der Sek.	11 Min.	Nach Patent Weickum v. d. K. K. priv. Oest. Staats- eisenb.-Ges. durch Bauunternehmer Gregersen.	Zeitschr. d. Oesterr. Ing. u. Arch. Ver. 1878. S. 175. Allg. Bauzeitg. 1880. S. 79.	32	XVII.	26 27
1,7 t.	Kugel- durchm. 115 mm.	3957 kg.	3 Kran- winden u. Flaschen- züge v. einer Gesamt- Kraft-Ueber- setz. 1:156.	2 x 3 Mann.	250 mm in der Min.	20 Min.	Desgl.	Allg. Bauzeitg. 1881. S. 7.	33		Holz- schn. 14
0,728 t.	Kugel- durchm. 112 mm.	3482 kg.	4 Wellen- böcke mit Flaschen- zügen.	4 x 4 Mann.	320 mm in der Min.	40 Min.	Nach Patent Weickum von J. Körösi in Graz.	Zeitschr. d. Oesterr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 43.	33	XVII.	20 bis 30
0,7 t.	Kugel- durchm. 115 mm.	1356 kg.	3 Winden mit Flaschen- zügen.	2 x 3 Mann.		7 1/2 Min.	Nach Patent Weickum v. d. K. K. priv. Oesterr. Staats-Eisenb.-Gesellsch.	Wochenschr. d. Oesterr. Ing. u. Arch. Ver. 1879. S. 205.	33		Holz- schn. 14

†) Die in Klammern befindlichen Zahlen sind beobachtete, die anderen berechnete theoretische Werte; siehe Fußnote Seite 42.

Laufende Nr.	Bezeichnung der Brücke	Jahr der Verschiebung	Konstruktions-system der Brückenträger	Anzahl und Größe der Spannweiten in m	Verschiebung		Gleichzeitig zu verschiebendes Gewicht in Tonnen	Anzahl und Art der Rollapparate	
					successive, in Teilen, oder gleichzeitig	seitlich oder in der Längsrichtung			
1	Aarebrücke bei Bern.	1858.	Kontinuirl. Gitterträger.	3 Spannweiten von 50; 57,2; 50 m.	6malige success. Verschiebung.	Längsricht.; ohne Gerüste, aber mit Zwischenjochen.	Größte Weit. etwa 200m.	900 t.	5 Rollenpaare.
2	Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Waldshut.	Mai bis Juli 1859.	Kontinuirl. Gitterträger.	3 Öffnungen von 37,5; 54 und 37,5 m Stützweite.	In 3 Teilen. 1. Drittel. 1. u. 2. Drittel. 1., 2. u. 3. Drittel.	Längsrichtung; mit Schnabel von 10,5 m Länge.	39,3 m. 39,6 m. 56 m.	176 t. 352 t. 527,419 t.	2 und dann 3 Rollenpaare. 3 und nachher 4 Rollenpaare. 5 und dann 6 Rollenpaare.
3	Bahnbrücke über die Naab bei Schwandorf.	Mai 1859.	2 kontinuirl. Blechträger von 1,7 m Höhe.	6 Stützweiten von 22,2; 24,6; 25,6; 25,6; 24,6; 22,2 m.	In halber Länge von 75 m.	Längsrichtung; ohne Schnabel.	73 m.	82 t.	Unter jeder Wand 6 Walzen in festen Lagern.
4	Eisenbahnbrücke über den Niemen bei Grodno (Nr. 257 d. Lin. St. Petbg.-Warschau).	1861/62.	Kontinuirl. Gitterträger.	Trägerlänge 188,6 m, 3 Öffnungen überspannend v. 56,2; 69; 56,2 m.	Im ganzen.	Längsrichtung; mit Schnabel von 23,5 m Länge.	300 m.	1240 t.	18 Rollen, von denen zuerst 6 m Hebelratschen versch. waren; nachh. Getriebe
5	Brücke Nr. 417 über den Scorf (Orléans-Eisenbahn).	1862.	Kontinuirl. Gitterträger.	3 Öffnungen von zus. 177,02 m.	Im ganzen.	Längsrichtung; mit Schnabel von 11 m Länge.	178 m.	900 t.	44 Rollen, je 2 auf einer hydraul. Presse aufruhend.
6	Eisenbahnbrücke Nr. 335 über d. Weichsel bei Warschau.	1863.	Kontinuirl. Gitterträger.	6 Öffnungen von zusammen 3 x 158,5 m.	Successive in 3 Teilen von je 2 Spannweiten von beiden	Längsrichtung; ohne Schnabel. Ufern aus.	Im ganzen 1000 m.	Jedes Drittel 1400 t.	40 Rollen, je 2 auf einer hydraul. Presse.
7	Eisenbahnbrücke Nr. 578 über die Tiber bei Castiglione.	1869.	Kontinuirl. Gitterträger.	3 Öffnungen von zusammen 159,6 m.	Im ganzen.	Längsrichtung; ohne Schnabel.	182 m.	260 t.	14 Rollen.
8	Brücke Nr. 858 über die Maine bei Angers (Franzö. Westbahn).	1877.	Gitterträger.	2 Öffnungen von 126,1 m.	Im ganzen.	Längsrichtung; mit Schnabel von 11 m Länge.	128 m.	630 t.	32 Rollen auf 16 hydraul. Pressen.
9	Brücken üb. die Medjerda (Eisenbahnlinie v. Souk-Ahras an der Tunesischen Grenze).	Nr. 876 1884. Nr. 990 1884. Nr. 994 1884.	Gitterträger.	3 Öffnungen von 119 m. 2 Öffnungen von 62 m. 2 Öffnungen von 77,2 m.	Im ganzen.	Längsrichtung; ohne Schnabel.	120 m. 62 m. 86,1 m.	170 t. 64 t. 100 t.	24 Rollen. 14 Rollen. 18 Rollen.
12	Eisenbahnbrücke Nr. 971 über den Sao Gonçalo (Brasilien).	1884.	Gitterträger.	2 Öffnungen von 119 m.	Im ganzen.	Längsrichtung; ohne Schnabel.	120,2 m.	175 t.	16 Rollen.
13	Waagbrücke bei Tornocz (Stromöffnungen).	18. Juli bis 19. Aug. 1865.	Kontinuirl. Parallelträger.	8 Öffnungen zu 30,13 m Lichtw., zus. 240,24 m Lichtweite, 443,583 m Totallänge der Brücke mit Flutöffn.	In 4 Abteilungen: I. 3 Spannw. 27 m lang. II. 2 Spannw. 64,5 m lang. III. beide zus. 164,5 m lang. IV. 3 Spannw. 97 m lang.	Längsrichtung; mit Schnabel. ohne Schnabel. mit Schnabel von 3,1 m. ohne Schnabel.	290 m. 200 m. 230 m. 355 m.	154,139 t. 102,27 t. 258,075 t. 154,139 t.	3 Rollenpaare. 3 Rollenpaare. 9 Rollenpaare. 3 Rollenpaare.
14	Moselbrücke bei Berncastel.	1874.	Fachwerkträger mit Zug- und Druckdiagonalen	4 Öffnungen zu je 37,2 m Stützweite, je 2 kontinuirl.	Im ganzen.	Längsrichtung; mit Schnabel.	cirka 150 m.	Gesamtgewicht der Brückenträger 360 t.	Rollenpaare.
15	Rheinbrücken bei Altbreisach, Neuenburg und Hünningen.	1877.	Doppelte Fachwerke mit gezogenen Diagonalen.	3 Hauptöffnungen von je 72 m Stützweite u. 4 Nebenöffn. von je 28 m u. 35 m Stützweite.	Im ganzen kontinuierlich. die letzten 2 Nebenöffn. von je 35 m Stützweite.	Längsrichtung; mit Schnabel von 21 m; ohne Gerüste, aber mit Zwischenjochen.	254 m.	665 t.	Zweiaxige Wagen.
16	Rance-Viadukt bei Dinan.	1878.	Fachwerk mit gekrümmter oberer Gurtung.	Eine Spannweite von 96 m.	Im ganzen.	Längsrichtung; mit Schnabel von 64 m.	150 m.	1400 t.	Rollen.
17	Viadukt des St. Leger-Thales.	1879/80.	Gitterträger.	4 Öffnungen zu 56; 70; 70; 56 m.	Entsprechend dem Fortschritt d. Montierung auf je 100 m.	Längsrichtung; mit Schnabel von 7 m.	320 m.	Totalgew. 1395,761 t.	Einfache Kipprollen mit je 3 Rollen.
18	Eisenbahn- und Straßenbrücke von Vianna do Castello über den Rio Lima (Portugal).	1877/78.	Kontinuirl. Gitterträger.	10 Spannweiten von 56,2, 44 m Totallänge. 2 Spw. von 46,98 m. 8 Spw. von 58,44 m.	Der Brückenträger wurde entspr. dem Fortschritt der Montierung vorgeschoben, sodass zuletzt der Träger in seiner ganz. Länge in Bewegung war.	Längsrichtung; ohne Schnabel.	562,44 m.	1600 t.	14 Kippwagen zu 2 Rollen, 4 doppelt kippende zu 4 Rollen.
19	Straßenbrücke von Cubzac über die Dordogne (Frankreich).	1881/82.	Gitterträger.	8 Spannweiten von 51,6 m Totallänge. 2 Spw. von 57,4 m. 6 Spw. von 72,8 m.	Man schob von beiden Seit. die Träger dreier Spannweiten v. 57,4 + 72,8 + 72,8 = 203 m vor.	Längsrichtung; mit Schnabel.	Von jedem Ufer aus 203 m.	715 t für jede Seite.	Doppelkippwagen, 4 zu 8 und 2 zu 4 Rollen auf jeder Seite.
20	Viadukt de la Tardes auf d. Eisenbahnlinie von Montouzon nach Eygurande (Frankr.).	1882/84.	Gitterträger.	3 Spannweiten von 250,5 m Totallänge. 2 Spw. v. 73 m. 1 Spw. v. 104,55 m.	Wie bei Nr. 18 entsprechend, dem Fortschritt der Montierung vorgeschoben.	Längsrichtung; mit Schnabel.	178 m.	780 t.	4 dreifache Kippwagen zu 12 Rollen.
21	Viadukt von Garabit auf der Linie von Marvejols nach Neussargues (Cantal, Frankreich).	1882/84.	Gitterträger.	Seite von Marvejols, Trägerlänge 218,54 m. Seite Neussargues 103,60 m.	Von beiden Widerlagern aus, gleichzeitig auf die ganze Länge der entsprechenden Träger.	Längsrichtung; ohne Schnabel.	218,54 m. 103,6 m.	520 t. 250 t.	10 Kippwagen, 2 zu 4 und 8 zu 2 Rollen. 4 Kippwag. 2 zu 4 u. 2 zu 2 Rollen.
22	Viadukt von Marly-le-Roi.	1883.	Kontinuirl. Parallelträger.	5 Öffnungen zu 42,4; 3 x 53; 42,4 m.	Im ganzen.	Längsricht.; mit Schnabel v. 12 m.	300 m.	1116,077 t.	Rollen.

†) Diese Daten sind theoretisch, nach den Formeln 1—3, S. 38, berechnet, wobei

Auf eine Rolle oder Kugel etc. entfallendes Gewicht	Durchmesser der Rollen u. Zapfen oder Kugeln	Theor. Reibungswiderstand d. Verschiebung†) in kg.	Art der Bewegungsmechanismen	Anzahl der Arbeiter	Beobachtete mittlere Geschwindigkeit	Dauer der Verschiebung	Ausführende Firma	Quellen- und sonstige Angaben	Beschreibung in diesem Werke siehe		
									Seite	Taf.	Fig.
90 t.	Rollendchm. 240 mm, Zapfnd. 150 mm.	49 900 kg.	Hebelratschen.	100 Mann.	4 m in der Std.		Gebr. Benkiser in Pforzheim.		27 47	XVII.	8.
44 t.	Rollendchm. 220 mm, Zapfndm. 150 mm.	Im Max. 30 980 kg.	Hebelratschen von 6,6 m Länge.	16—24 Mann an jed. Hebelpaar, im Max. 72 Mann.	130 mm in der Min.	12 Tage.	Desgl.	Allg. Bauzeitg. 1862. S. 253.	27 47		Holzschn. 19 u. 20
59 t.											
52 t.											
30 t.	150 mm.	710 kg.	Hebelratschen.	22 Mann.	10 m bis 13 m pro Std.	8 Std. mit d. Heben auf d. Pfeilern für Brücknhält.	Klett & Co., Maschinen- und Brückenbau-Anstalt in Nürnberg.				
Maximum auf eine Rolle etwa 150 t.	Rollendchm. 320 mm, Zapfndm. 150 mm.		Zuerst Hebelratschen, nachher Getriebe.	70 Mann.	4—5 m in der Std.	Mit Unterbrechungen vom Dec. 1861 bis März 1862.	Société de Construction des Batignolles anc. Ernest Guin & Co.	Ann. d. p. et ch. 1864 II. S. 247.	35 48		Holzschn. 24 u. 25
	Rollendchm. 290 mm, Zapfndm. 130 mm.		10 Getriebe, von denen jedes 2 auf einer hydr. Presse gelag. Roll. bewegte.				Desgl.	Ann. d. p. et ch. 1864 II. S. 257.	36		
	Rollendchm. 290 mm, Zapfndm. 130 mm.		10 Getriebe, je 2 auf 1 Presse befindl. Rollen	bewegd.	6—7 m in der Std.	Innerhalb eines Jahres.	Desgl.	Ann. d. p. et ch. 1864 II. S. 258.	36		
			2 Getriebe, je eine Rolle drehend.				Desgl.				
			6 Getr., je 2 auf 1 hydr. Presse befindl. Rollen	bewegd.			Desgl.				
			4 Getriebe.				Desgl.				
			2 Getriebe.				Desgl.				
			4 Getriebe.				Desgl.				
			4 Getriebe.				Desgl.				
25 t im Maximum.	Rollendchm. 474 mm, Zapfndm. 70 mm.	2200 kg.	1 große u. 2 kl. Winden.	An jeder Winde 4 Mann.	1,3 bis 1,9 m in der Min.	14 1/2 Std.	In Regie der Eisenbahngesellschaft, Ober-Ing. Heintz Schmidt.	Allg. Bauzeitg. 1871. S. 285.	34	XVII.	9 u. 24.
		1500 kg.	1 große u. 2 kl. Winden.		1,6 m in der Min.	1 Tag.					
		3760 kg.	1 große u. 4 kl. Winden.		1,1 m in der Min.	17 Std.					
		2200 kg.	1 große u. 2 kl. Winden.		1,6 m in der Min.	5 Std.					
Im Max. etwa 80 t pro Rolle.	Rollendchm. 600 mm, Zapfnd. 151 mm.	8030 kg.	Winden.				Gutehoffnungshütte.				
Im Max. etwa 100 t pro Axe.	Räder 600 mm, Axzapfen 140 mm.	13 850 kg.	Gegen das Widerlager sich stemmende Winden von 24 t Zugkraft.			4 1/2 Tage.	Desgl.	Zeitschr. d. Oesterr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 22.	30 46		Holzschn. 11
			Winden mit Flaschenzügen.	48 Mann.	7 m in der Std.		Ingg. Joly, Jolly u. Delafoy v. Argenteuil.	Nouv. ann. de la constr. 1879. S. 159. Engng. 1879 I. S. 481, 499.			
	Rollendchm. 550 mm, Zapfnd. 114 mm.	28 200 kg.	4 Winden vor d. Widerlager u. 1 Flutpfeiler.	2 x 4 u. 2 x 5 = 18 Mann.	1 mm in der Sek.	März 1879 bis Febr. 1880.	Geoffroy, Ing. au chemin de fer de Grande Ceinture.	Ann. d. p. et ch. 1882 II. S. 395.	36	XVII.	15, 16, 22, 23.
Maximaldruck 25 t.	Rollendchm. 500 mm, Zapfndm. 100 mm.	29 760 kg.	Hebelratschen.	80 Mann.	135 mm pro Hub; 12 m in der Std.		G. Eiffel in Levallois-Perret bei Paris.		37		
Maximaldruck 30 t.	Rollendchm. 500 mm, Zapfndm. 100 mm.	13 300 kg.	Hebelratschen.	50 Mann.	135 mm pro Hub; 12 m in der Std.		Desgl.	Die beiden mittleren Spannweiten von je 72,8 m Weite wurd. freischw. vorgebaut.			
Maximaldruck 30 t.	Rollendchm. 500 mm, Zapfndm. 100 mm.	14 500 kg.	Hebelratschen.	50 Mann.	130 mm pro Hub; 9,3 m in der Std.		Desgl.	Die letzte Spannweite wurde freitragend vorgebaut.	37 u. 38		Holzschn. 16, 17 u. 18
Maximaldruck 26 t.	Rollendchm. 500 mm, Zapfndm. 100 mm.	9670 kg. 4650 kg.	Hebelratschen.	36 Mann. 18 Mann.	135 mm pro Hub; 12 m in der Std.		Desgl.	Revue gen. de ch. d. fer 1884 Juni. Die Gitterträger der Dourobrücke bei Oporto wurden ganz ähnlich verschoben; siehe S. 37 u. 48.	91		
			3 Wind. hinter d. Widerlager.				Ingen. Cabarrus et Luneau, Atelier de M. Joret.	Nouv. ann. de la constr. 1884. S. 49.	46	XVII.	13 u. 14.

$f_0 = 0,16$ bis $0,24$, $f_w = 0,065$, $f_z = 0,08$, ferner r_1 , r_2 und d in cm, G in kg eingesetzt wurden.

zu bedeuten und a sich aus der Beziehung $\delta = ar_1$ ergibt, wenn δ die Dicke der auf der Rolle aufruhenden Gurtungsplatte bezeichnet. Je nach der Wahl des Verhältnisses: $l:d = 0,5$ bis $1,4$ kann $n = 3$ bis 30 angenommen werden. Das abziehende Glied im Zähler ist nur von geringem Einfluss, sodass es fortgelassen werden kann und die obige Beziehung sich dann einfach:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{1500 \pi l_2}{(n+1) l_1 \sqrt{k(a+2)}} \quad (10)$$

schreibt.

Die Abmessungen des Zapfens werden am besten mittels der Momentengleichung:

$$\frac{Ql_2}{2} = \frac{\pi r_2^3 k}{4} \quad (11)$$

bestimmt, worauf unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse, durch welche in den meisten Fällen auch die Kranbreite l_1 gegeben sein wird, das günstigste Verhältnis von $r_1 : r_2$ nach obiger Formel gefunden werden kann.

Die tabellarischen Übersichten (S. 40—43) ermöglichen den Vergleich einiger Daten der wesentlichsten zur Ausführung gekommenen Brückenverschiebungen.

§ 18. Bewegungsgetriebe. Die zur Fortbewegung verwendeten Vorrichtungen können hinsichtlich ihrer Angriffsweise unterschieden werden in solche, die

1) an der zu verschiebenden Brückenkonstruktion selbst oder an mit ihr fest verbundenen Teilen des Rollapparates angreifen;

2) deren Angriff an einem Rollapparat erfolgt, sodass durch Drehen des letzteren die Bewegung der zu verschiebenden Brückenkonstruktion mitgeteilt wird.

1. Bewegungsgetriebe mit direktem Angriff an der zu verschiebenden Brückenkonstruktion.

Zu dieser Kategorie gehören, abgesehen von den Fällen, in denen Lokomotiven zur Anwendung kommen konnten (Auswechslung der Eisenbahnbrücke zu Magdeburg), die verschiedenen Arten von Winden, die, in selteneren Fällen von hinten die Brückenkonstruktion vorstoßend, in der Regel an Ketten oder Seilen, auch mit Hilfe von Flaschenzügen, entweder von einem in der Verschiebungsrichtung gelegenen festen Punkt oder gegen das Widerlager sich stemmend, die Brücke vorwärts ziehen.

Das seitliche Einschleichen der Donaubrücke von der Österreichischen Nord-West-Bahn²¹⁸⁾ geschah, wie Fig. 4 u. 5, Taf. XVII, veranschaulichen, an jedem Trägerende mit Hilfe einer Schraubenwinde, welche auf die beiden als Rollapparat dienenden, gegen einander versteiften Wagen stoßend einwirkten. In einem starken gusseisernen Körper, welcher, auf der Schienenbahn verschiebbar, mit einem durch einen Keil festgehaltenen, sehr kräftigen Haken sich gegen die stählernen Verbindungsbolzen der Schienenbahn stützte, war eine stählerne Schraubenmutter eingepasst, welche die gleichfalls stählerne, mit Gewinden von 20 mm Steigung versehene Schraubenspindel umschloss. Vor der Schraubenmutter endete die Spindel in einem cylindrischen Kopf, dessen mittlerer Teil als Schalt-

²¹⁸⁾ Zeitschr. d. Österr. Arch. u. Ing. Ver. 1879. S. 5.

rad mit seitlichen, zur Führung der Laschen des Ratschenhebels dienenden Ansätzen ausgebildet war, während das Ende als Zapfen in die Vorderwand des Rollwagens eingriff und dadurch der Schraubenspindel eine Führung gab. An dem hinteren Ende der letzteren war ein achteckiger Zapfen zum Aufstecken eines Schraubenschlüssels und anschließend ein Handrad angebracht, um zu neuem Ansatz das Zurückdrehen der Schraubenspindel leicht von Hand bewerkstelligen zu können. Das Ratschenwerk war in der gewöhnlichen Art der Bohrratschen ohne Feder konstruiert. Der Hebel bog sich *S*-förmig seitlich um die Brückenkonstruktion herum und endigte in einer Hülse, durch welche zur besseren Verteilung der auf der Brücke stehenden Arbeiter ein Druckbaum durchgesteckt werden konnte. Durch Abwärtsbewegen des Ratschenhebels findet ein Eingreifen des Sperrhakens in die Zähne des Schaltrades, hierdurch eine Drehung des letzteren, somit eine Vorwärtsbewegung der Schraubenspindel und durch den von der Schraube auf die Rollwagen ausgeübten Druck eine Verschiebung der Brückenkonstruktion statt. Beim Heben des Ratschenhebels löst sich der Sperrhaken und fällt in eine der oberen Zahnlücken wieder ein. Da das Schaltrad 20 Zähne, die Schraubenspindel eine Ganghöhe von 20 mm besaß, so wurde bei jedem Hube, der das Schaltrad um einen Zahn drehte, die Brücke um 1 mm vorwärts bewegt. Die Länge der Schraube gestattete eine kontinuierliche Verschiebung von 500 mm, wonach die Schraubenspindel mittels des Handrades vollständig zurückgedreht und der ganze Apparat mit seinem Haken in den nächsten Stahlbolzen eingehängt werden musste, um eine neue Verschiebung auf 500 mm Länge zu beginnen. Die Berechnung ergab übereinstimmend mit der Probeverschiebung, dass drei Mann an jedem Hebel zur Fortbewegung genügten, jedoch wurden vier Mann an jedem Brückenende verwendet. Gegen das Ende der Verschiebung vergrößerte sich plötzlich der Widerstand, sodass sechs Mann an jeder Hebelratsche kaum die Brückenkonstruktion fortbewegen konnten. Schließlich brach der Führungszapfen bei einer der Schraubenspindeln, worauf sich auch noch eine Verbiegung beider Spindeln zeigte, sodass die Reserveapparate zu Hilfe genommen werden mussten. An diesem ungünstigen Ausgang trug sowohl die Konstruktion der Wagenrollen als auch die Befestigungsart des Gusskörpers der Schraubenwinde mittels des einen Stahlhakens die Schuld, indem durch letzteren ein Kippen des Gusskörpers um die hintere Kante nicht vollständig vermieden wurde, sodass die Schraubenspindel auf Biegung beansprucht war, während in Folge von elastischen und Temperaturänderungen die Zwischenräume an den Stellen *a* und *b* der Rollen sich verringerten, wodurch gleitende Reibung und teilweise sogar ein Angreifen des weicheren Materials stattfand.

Zur Vermeidung dieser Übelstände wandte die Prager Eisen-Industrie-Gesellschaft bei der im übrigen ähnlichen Verschiebung der Brücke über die Moldau bei Budweis²¹⁹⁾ an jedem Brückenende je eine amerikanische Winde mit Kurbelbewegung an, die ebenfalls direkt gegen die Wagen drückte und sich in der Weise gegen die Verbindungsbolzen der Schienen stemmte, dass ein Δ -förmig gebogener Eisenstab sich mit dem einen Haken zwischen die Schienen hängte, während der andere, nach aufwärts gerichtete Haken als Stützpunkt für die Winde diente. Außerdem war an jedem Brückenende noch eine Kranwinde.

²¹⁹⁾ Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 126.

thätig, die, gegen eingerammte Piloten sich stemmend, mittels eines starken Taues an der Brücke zog.

Zur Fortbewegung der auf Weickum'schen Kugelapparaten seitlich verschobenen Brücken (siehe Seite 32) dienten in allen Fällen Kranwinden mit Flaschenzügen, die entweder seitlich, gegen eingerammte Pfähle sich stemmend, oder auf der zu verschiebenden Brückenkonstruktion selbst (siehe Fig. 28, Taf. XVII) aufgestellt waren, während die Flaschenrollen an der Brücke selbst und an eingerammten Pfählen Befestigung fanden.

Fig. 9, Taf. XVII, zeigt die Aufstellung der Winden auf einem Pfeiler beziehungsweise auf dem jenseitigen Ufer bei der in der Längsrichtung verschobenen Strombrücke über die Waag bei Tornocz (siehe Seite 34), während die Fig. 13 bis 16 die Aufstellung von Winden hinter, beziehungsweise vor den Widerlagern veranschaulichen, wie sie beim Überschieben der Viadukte von Marly-le-Roi²²⁰⁾, vom Val-Saint-Leger²²¹⁾ und in ähnlicher Weise auch bei der Donaubrücke zu Stadlau²²²⁾ und bei den Rheinbrücken von Altbreisach, Neuenburg und Hünigen (siehe S. 30) stattfand.

Beim Viadukt von Marly-le-Roi (Fig. 13 u. 14) stützten sich die drei Winden, von denen die beiden äußersten je 4000 kg, die mittlere 3000 kg Tragfähigkeit besaßen, gegen den 4 m starken hintersten Mauerklotz des Widerlagers, der überdies gegen die beiden vorderen Landpfeiler durch Stützen abgesteift war. Die Flaschenzüge, an denen die Winden angriffen, waren zuerst an der vorderen Seite jenes Mauerklotzes, später dagegen an der Vorderseite des vordersten Landpfeilers befestigt, um die Brückenenden über die Auflager bringen zu können.

Von den zur Fortbewegung des Viaduktes vom Val-Saint-Leger dienenden vier Winden (Fig. 15 u. 16) stützten sich zwei größere gegen die vordere Mauerflucht des Widerlagers, während zwei kleinere an der vorderen Mauerflucht des Landpfeilers Aufstellung fanden. Für das erstmalige Verschieben genügten die beiden kleineren Winden, auf welche sich je ein Kabel von 0,055 m Durchmesser aufwickelte. Jedes Kabel durchlief einen Flaschenzug mit vier Rollen von je 0,35 m Durchmesser, welcher einerseits am unteren Teil des Brückenträgers an Querbalken, andererseits am Widerlager befestigt war. Zur Bedienung einer großen Winde genügten 5, zur Bedienung einer kleinen 4 Mann. Waren die Flaschen nahe an einander gekommen, so versetzte man die hinteren, indem das Kabel losgewickelt wurde.

Die Donaubrücke bei Stadlau wurde mit Hilfe eines hinter dem Widerlager aufgestellten, von 16 Mann mittels zweier Kurbeln in Bewegung gesetzten Zahnradgetriebes mit dreifacher Übersetzung an drei Bolzenketten vorwärts bewegt, die, an provisorisch versteiften Querträgern der Brücke befestigt (siehe Fig. 19, Taf. XVII) und über entsprechende, auf ein und derselben Welle befindliche Zahnräder (Nüsse) laufend, mit ihrem anderen Ende sich in einem Schacht ablagerten. Um dieselben beim Beginn der Verschiebung gleichmäßig anspannen zu können, befand sich in der Nähe der Befestigungsstelle eine Justirvorrichtung, aus einer links und einer rechts geschnittenen Schraube bestehend; siehe Fig. 19.

²²⁰⁾ Nouv. ann. de la constr. 1884. S. 49. — ²²¹⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1882 II. S. 395. — ²²²⁾ Allgem. Bauzeitg. 1870. S. 276. — Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1871. S. 137. — Nouv. ann. de la constr. 1870. S. 41. — 1872. S. 9, 27.

2. Antrieb mittels Rollapparaten.

Zur Drehung der Rollen sind sowohl Hebelratschen (siehe Taf. XVII Fig. 8 u. 10 bis 12) als Zahnradgetriebe (siehe Fig. 20 u. 21) angewendet worden, indem dabei ein auf die Axe der Rolle aufgekeiltes Schalt- oder Zahnrad in Umdrehung gesetzt wurde.

Bei der Verschiebung der Aare-Brücke bei Bern, sowie bei derjenigen von der Rheinbrücke bei Waldshut bediente sich die Firma Benkiser in Pforzheim untenstehend in Fig. 19 u. 20 dargestellter Ratschenanordnung. Der 7,2 m lange Hebel h saß drehbar auf dem Ende der Rollenaxe und bewirkte durch Hin- und Herbewegung das abwechselnde Eingreifen der an ihm befindlichen Sperrklinke k in das Sperrrad r , welches, auf der Rollenaxe festsitzend, eine Drehung der Rolle und damit eine Fortbewegung der Brückenkonstruktion bewirkte. Zur Regulirung der Höhenlage der gusseisernen Rollenlager dienten die Stellschrauben s ,

Fig. 19.

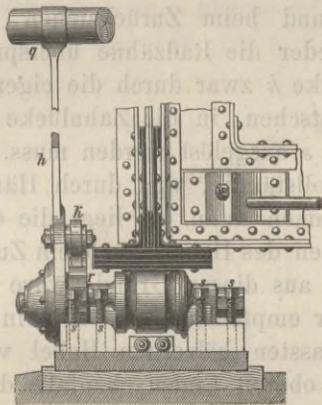
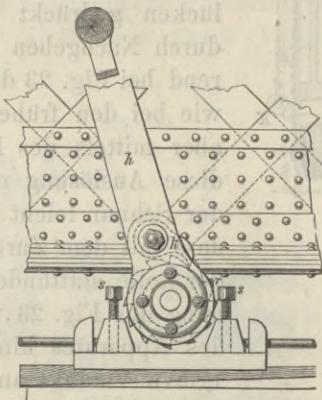


Fig. 20.



welche nach genauer Einstellung durch Unterlegen von Platten entlastet wurden. Die Hebel je zweier einander gegenüberliegender Rollen wurden an ihren oberen Enden durch eine Querstange q verbunden, an welcher durchschnittlich 20 Arbeiter, auf der Brückenkonstruktion selbst stehend, auf Kommando die Hebel abwechselnd vor- und zurückzogen. Einem Hube entsprach ein Winkel von 36° , also ein Vor-rücken von $\frac{1}{10}$ des Rollenumfanges, welche Größe sich zu 75 mm berechnet. Die beobachtete mittlere Verschiebung pro Stunde betrug 3 bis 4,5 m. In ähnlicher Weise war der Schaltapparat bei der Verschiebung der Brücke bei Neckarelz (siehe S. 74) konstruirt (siehe Fig. 11 u. 12, Taf. XVII), nur umfasste hier das Hebelscharnier gabelförmig das Sperrrad, sodass die Sperrklinke und deren Drehzapfen in günstigerer Weise beansprucht wurden. Auch waren hier nicht allein die oberen Hebelenden sondern auch die Axen zweier gegenüberstehender Betriebsrollen gekuppelt und zur größeren Stetigkeit der Bewegung, zum bequemeren Angreifen für die Arbeiter und zur besseren Ausnutzung ihrer Kraft waren außerdem immer zwei solcher Betriebsrollen in der geringen Entfernung von 1,2 m aufgestellt und die Hebel durch starke eichene Dielen scharnirartig verbunden, sodass sie sich immer parallel mit einander bewegen mussten; siehe Fig. 10. Da-

durch war die vollkommen gleichmäßige Bewegung von vier Hebelradschen gesichert und zwar erfolgte dieselbe auch bei allen Hebelgruppen sehr stetig auf Kommando mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit der Verschiebung von 5 mm pro Sek.

Fig. 21. Fig. 22.
M. 1 : 30.

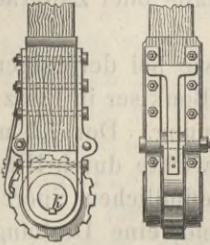
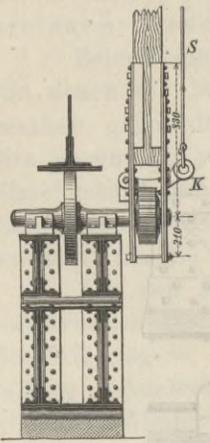


Fig. 23.
M. 1 : 40.



Sowohl die eben besprochenen als auch die nebenstehend in den Fig. 21, 22 u. 23 dargestellten Radschen von der Verschiebung des Iglava-Viaduktes²²³⁾ beziehungsweise der Gitterträger von der Douro-Brücke bei Oporto²²⁴⁾ gestatten eine direkte Verwendung sowohl für das Vorwärts- wie Rückwärtsschieben, indem bei ersterer der ganze Apparat mittels des Keiles k (Fig. 21) auf die Rollenaxe in dem einen oder anderen Sinne aufgekeilt werden kann oder die Sperrklinke losgeschraubt und auf die andere Seite des Hebels übergeführt wird; bei letzterer (Fig. 23) dagegen kann die Sperrklinke direkt nach beiden Seiten wirken. Ein Unterschied gegen die oben betrachteten Radschen besteht bei diesen beiden in der Form der Zähne des Schaltrades, sowie darin, dass bei Fig. 21 u. 22 die Sperrklinke durch eine Feder in die Zahnlücken gedrückt wird und beim Zurückziehen des Hebels durch Nachgeben der Feder die Radzähne überspringt, während bei Fig. 23 die Klinke k zwar durch die eigene Schwere, wie bei den früheren Radschen, in die Zahnlücke hineinfällt, aber mittels des Fadens s ausgelöst werden muss. Geschieht diese Auslösung nicht vollständig, was durch Hängenbleiben der Schnur leicht vorkommen kann, so liegt die Gefahr vor, dass mit dem Zurückziehen des Hebels auch ein Zurückdrehen der Rolle stattfindet, und aus diesem Grunde wäre die Anordnung der Fig. 23 weniger empfehlenswert. Die in die Hülsen des Apparates hineingepassten hölzernen Hebel waren beim Iglava-Viadukt an ihren oberen Enden ebenfalls durch Quer-

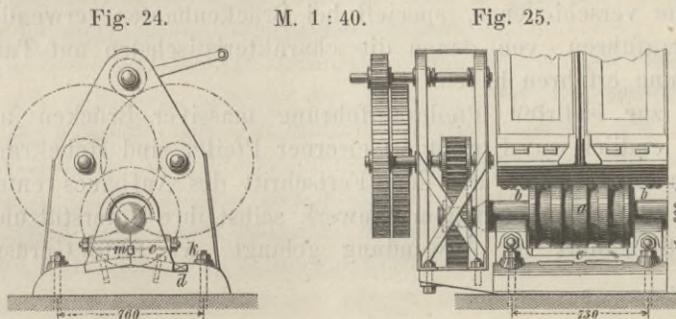
stangen verbunden, jedoch geschah die Bewegung nicht direkt von den Querstangen aus, sondern die untereinander gekuppelten Hebelpaare wurden mit Hilfe von entsprechend angeordneten Flaschenzügen zurückgezogen, während die Vorwärtsbewegung durch geeignet aufgestellte Winden bewirkt wurde. Die erreichte mittlere Geschwindigkeit betrug 2 m pro Stunde.

Bei der Verschiebung der Niemen-Brücke bei Grodno (siehe S. 35) machte man die Erfahrung, dass die Hebel zu lang gewählt waren, sodass bei der geringsten Unregelmäßigkeit die Zähne der Sperräder oder die Sperrklinken brachen. Infolge dessen sah man sich veranlasst, die auf dem Warschauer Bauplatz zur Verfügung stehenden 14 Getriebe zur Anwendung zu bringen. Wie die Holzschnittfiguren 24 u. 25 zeigen, stützten sich die schmiedeisernen mit Rillen versehenen Rollen a mit ihren Zapfen b auf gusseiserne, aus zwei Theilen c bestehende Auflager, die, durch einen Bolzen f zusammengehalten, auf zwei ent-

²²³⁾ Allgem. Bauzeitg. 1870. S. 173. — Handb. d. Ing.-Wiss. II. Bd. 2. Abt. S. 772. Taf. XLVIII. Fig. 3. — ²²⁴⁾ Collection d. dessins distr. aux élèves. Série 11. Section C. Pl. 5. Fig. 1—4. — Derselbe Apparat wurde auch bei der Verschiebung der Brücke von Vienna do Castello über den Rio Lima angewandt; siehe Tabelle II No. 18 S. 42.

gegengesetzt geneigten Flächen der Unterlage *d* aufrufen und in dieser Lage während der Verschiebung durch den Keil *k* und durch Schrauben festgehalten werden. War die Brückenkonstruktion über ihren Auflagern angelangt, so konnten die Rollen nach erfolgter Abstützung der Brücke leicht entfernt werden, ohne die letztere anheben zu müssen, denn nach Entfernung des Bolzens *f* und des Keiles *k* brauchte man bloß in die Öffnung *m* einen Keil einzutreiben, um die Auflagerteile auseinander gleiten zu lassen. Damit für den Fall eines Zapfenbruches die Senkung der Rolle keine bedeutende sein konnte, wurde unter die Rolle eine Platte *e* geschoben. An der einen über das Lager verlängerten Axe befand sich ein Zahnrad, in welches ein Getriebe von zwei- bis dreifacher Übersetzung eingriff und die Bewegung bewirkte. Man hatte die Übersetzung des Vorgeleges so gewählt, dass nur bei gleichzeitiger Wirkung sämtlicher Apparate eine Fortbewegung erfolgte und dadurch die Kraftanstrengung bei jedem einzelnen sich regelte. Sieben von den acht die Brücke tragenden Walzenpaaren waren mit Getrieben versehen, zu deren Bewegung 70 Mann, fünf an jeder Kurbel, erforderlich waren. Die mittlere Geschwindigkeit betrug 4—5 m pro Stunde.

Auch die von Gouin angewandten, auf hydraulische Pressen gelagerten Rollen (siehe S. 36 und Fig. 20 u. 21, Taf. XVII) sind durch Vorgelege bewegt worden.



Ein Versuch bei Verschiebung der Kehler Rheinbrücke, statt durch Menschenkraft durch Dampf die Vorgelege zu gleicher Zeit treiben zu lassen, misslang, weil es zu häufiger Unterbrechungen und zu großer Aufmerksamkeit auf alle Nebenumstände, die eine derartige Verschiebung mit sich bringt, bedurfte. Auch der erforderliche stetige Wechsel der Installation hat Nachteile für den Dampfbetrieb zur Folge.

Als einzige Elementarkraft, welche bis jetzt mit Erfolg bei einer wenn auch nur sehr kleinen Verschiebung benutzt wurde, kann die Ausdehnung durch Temperaturwechsel angeführt werden. Bei der Montirung der Kuilenburger Brücke²²⁵⁾ war der eine der Hauptträger (150 m Spannweite) um 25 mm in seiner Längsrichtung zu weit zu liegen gekommen. Man befestigte dieses zu weit vorgerückte Ende durch Schrauben an dem Mauerwerk, worauf am Tage in Folge der Temperaturerhöhung das andere Ende vorrückte. Bei eintretender Nacht schraubte

²²⁵⁾ Scient. American. 1873. S. 296. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1874. S. 165.

man letzteres Ende fest und ließ das nun frei gemachte entgegengesetzte Ende durch die Zusammenziehung nachrücken. Nach zweimaliger Wiederholung dieser Operation war bei einem Temperaturunterschiede von 11° der Fehler in der Auflagerung ausgeglichen.

B. Maschinelle Hilfsmittel für Vertikalförderung.

I. Hebe- und Versetzkrane.

§ 19. **Krane für Steinbauten.** Während bei den in § 10 bis 14 besprochenen Laufkränen die hauptsächlichste Förderung des Baumaterials in der Horizontalrichtung erfolgt, wird durch die Hebe- und Versetzkrane im wesentlichen die Vertikalbewegung der Bauteile beabsichtigt, sodass meist nur ein kleines Gebiet im horizontalen Sinne beherrscht wird und nur in seltenen Fällen auch der letzteren Bedingung dadurch entsprochen wird, dass die Drehkrane fahrbar gemacht und auf Rollen oder Räder gesetzt werden.

Da sich das Kapitel XIII speciell mit den Hebemachines beschäftigt, so genügt es, unter Hinweisung auf dasselbe bezüglich der konstruktiven Einzelheiten, hier eine Reihe verschiedener, speciell bei Brückenbauten verwendeter Kranvorrichtungen vorzuführen, von denen die charakteristischsten auf Taf. XVIII eine Zusammenstellung erfahren haben.

Sowohl zur isolirten Pfeileraufführung massiver Brücken als auch zum Wölben sowie endlich zur Errichtung eiserner Pfeiler sind Hebekrane und Krangerüste (fliegende Gerüste), die dem Fortschritt des Aufbaues entsprechend gehoben werden können und auf dem Bauwerk selbst ihre Unterstützung finden, mit Vorteil namentlich dort zur Anwendung gelangt, wo feste Gerüste vermieden werden sollten.

1. Der Bock.

Als einfachste und billigste Krankonstruktion verdient der Bock genannt zu werden, der, dem Ausleger des fest stehenden Kranes vergleichbar, aus zwei entsprechend langen, gegeneinander geneigten und etwa in Entfernungen von einem Meter durch Querhölzer verbundenen Balken oder Wangen besteht, die sich an den oberen Enden zur Aufnahme einer Rolle vereinigen und hier mit einander verbolzt sind. Die Aufstellung des Bockes erfolgt stets in etwas geneigter Lage, die durch zwei vom oberen Ende ausgehende und rückwärts an Erdpflocken befestigte Seile fixirt wird, während ein drittes, ebenfalls vom oberen Endpunkt ausgehendes, in entgegengesetzter Richtung am Erdboden befestigtes Seil das Umkippen des Bockes verhindert, wenn durch Anspannen der beiden ersteren der Bock zum Aufziehen des Materials in eine nahezu senkrechte Lage gebracht wird. Außerdem muss dafür gesorgt sein, dass die Fußenden der Wangen vor Ausgleiten bewahrt werden und dass die Neigung des Bockes keine bedeutende werden kann, da die Zugbeanspruchung der Rückhaltseile sowohl als auch der Druck in den Wangen dem Cosinus der entsprechenden Neigungswinkel direkt proportional sind, also im Verhältniss zur Verkleinerung der Neigungswinkel rasch zunehmen. Um

nötigen Falls während der Arbeit hinaufsteigen zu können, sind an einer der beiden Wangen Knaggen oder Leitersprossen befestigt. Die am oberen Ende angebrachte Rolle dient zur Führung des Lastseiles, an dessen einem Ende die zu hebende Last angehängt wird, während das andere auf die Trommel einer am Fuß des Bockes zwischen den Wangen gelagerten Winde sich aufwickelt. Fig. 7 u. 8 zeigen die Bestandteile eines derartigen Bockes²²⁶⁾ von 12 m Höhe, der speciell mit einer Winde von veränderlicher Kraft ausgerüstet ist, indem für geringere Lasten das obere einfache (*a*), für schwerere Stücke das untere doppelte Vorgelege (*b*) zur Anwendung kommen kann. Die Hakenstange *c* dient zum Anhalten der Last in beliebiger Höhe, indem man sie mit ihrem unteren Ende in eine Zahnücke des Welltriebrades eingreifen lässt. Die Verwendung des Bockes zum Aufstellen von Lehrgerüsten für den Indre-Viadukt zeigt die Fig. 9, während Fig. 11 bis 14 die Benutzung desselben zum Versetzen der Abdeck-Quader der Pfeiler und Widerlager von der Maas-Brücke bei Lüttich veranschaulichen.

Beim Indre-Viadukt hatte der Bock eine Höhe von 19,4 m, die Entfernung der Wangen am Fuß betrug 2,6 m und die Windevorrichtung bestand aus einem Wellbaum von 22 cm Durchmesser, der mittels einsteckbarer Hebel in Umdrehung versetzt wurde. Jeder Lehrbogen wurde unten fertig zusammengesetzt und dann durch sieben am Wellbaum drehende Arbeiter hinaufgezogen, während ein achter den Lehrbogen mittels Seilen, die an den Bogenenden angebracht waren, vor Schwankungen und Drehungen bewahrte.

In den Fig. 11 u. 12 hat der Bock mehr die Gestalt eines Galgens und stützt sich auf eine Sockelschicht des Pfeilers. Als Gegenstütze dienen zwei Streben *s*, deren durch einen Querbalken verbundene Füße auf der Pfeileroberfläche gleiten können, soweit es das an Ringen befestigte Seil *a* gestattet. Die Abdeck-Quader wurden durch diesen Bock aus Schiffen mittels Flaschenzug durch eine am entgegengesetzten Pfeilerende aufgestellte Winde gehoben, worauf das zum Versetzen der Quader notwendige Aufrichten des Bockes mit Hilfe zweier, einerseits am Pfeiler, andererseits am oberen Bockende befestigter Flaschenzüge erfolgte.

In Fig. 13 u. 14 endlich ist der Bock gegen das Ufer durch eine nur wenig geneigte Strebe gestützt, die zugleich eine Horizontalbewegung der oberen Flasche des zum Aufziehen dienenden Flaschenzuges und somit des zu versetzenden Quaders ermöglichte.

2. Drehkrane.

Am nächsten dem Bock verwandt ist der unten in einer Pfanne ruhende, am oberen Ende durch vier Taue in vertikaler Stellung gehaltene Drehkran, wie er unter Anderem zur Hebung der Werksteine für die Landpfeiler der Weichselbrücken bei Thorn²²⁷⁾ und bei Graudenz²²⁸⁾ sowie bei der Memelbrücke bei Tilsit²²⁹⁾ zur Anwendung kam²³⁰⁾; Fig. 17. Am vorderen Ende des hori-

²²⁶⁾ Portef, économique des mach. 1860. Col. 34. Pl. 16. — ²²⁷⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1876 S. 35. — ²²⁸⁾ Dasselbst. 1882. S. 243. — ²²⁹⁾ Dasselbst. 1878. S. 21. — ²³⁰⁾ Auch der in der 2. Auflage des II. Bandes d. Handb. d. Ing.-Wiss. Kap. IV. aufgenommene Ständerkran mit Schwenkarmen von der Fuldabrücke bei Malsfeld verdient hier Erwähnung.

zontalen Dreharmes war das Lastseil befestigt, lief um die lose Lastrolle herum und über zwei weitere am Kranarm befestigte Rollen zur Winde, die sich am Fuß des Kranes befand.

Zur Aufmauerung der Strompfeiler bediente man sich bei den eben genannten Brücken höchst einfacher, aus Holz konstruierter, drehbarer, durch Bockwinden bedienter Krane zum Heben der Materialien, die bei großer Leistungsfähigkeit und billiger Herstellung und Unterhaltung sich als sehr zweckmäßig erwiesen.

Speziell bei der Thorner Brücke waren diese Hebezeuge zu je zwei auf beiden Längsseiten der Pfeiler (siehe Fig. 15 u. 16) auf den niedrigen Transportgerüsten angeordnet. Die gehobenen Steine wurden auf kleine Bretttafeln, unter denen starke eiserne Rollen von vier Centimeter Durchmesser angebracht waren, gelegt und mittels derselben auf Brettbahnen, die auf dem abgeordneten Mauerwerk ruhten, zur Verwendungsstelle gefahren. Der Mörtel wurde in Betonversenkästen gehoben, die sich, oben angelangt, durch Öffnen des Bodens direkt in die Mörtelkasten entluden. Nur für die letzten vier beziehungsweise zwölf Werksteinschichten zweier Strompfeiler bediente man sich eines fliegenden Krangerüsts (siehe S. 53), da für diese geringfügige Arbeit die Wiederherstellung der am Schluss des Baujahres 1871 abgetragenen Materialien-Transportbrücke zu kostspielig gewesen wäre.

Bei der Graudenzener Brücke kam ein ähnlicher doppelter Drehkran zum Heben des Baumaterials für die Strompfeiler zur Anwendung, der durch Winden von 600 kg Tragfähigkeit bedient wurde und Verblendsteine bis zu 1000 kg Gewicht beförderte, wobei das Versetzen von Hand geschah. Zum Aufbringen der 3850 kg schweren Auflagersteine genügte er aber nicht und es wurde hierzu ein besonderer, auf einer Schienenbahn senkrecht zur Pfeilerlängsaxe beweglicher Kran (siehe Fig. 5 u. 6) auf die Strompfeiler gebracht, nachdem die Gerüste beseitigt waren. Mit zwei Winden von je 600 kg Tragfähigkeit, deren jede eines der beiden Tauenden aufwickelte, und einem vierfachen Flaschenzug (vierscheibiger Block) ausgerüstet, hob derselbe die Steine direkt aus den Kähnen, in welchen sie am Fuß des Pfeilers anlangten.

Einen älteren stationären Drehkran mit Tretrad, wie er beim Bau der Nydeck-Brücke²³¹⁾ und in derselben Form auch für sonstige Hochbauten in Bern zum Heben der Steine verwandt wurde, zeigen die Fig. 3 u. 4, während Fig. 1 u. 2 einen 35 m hohen, auf Schienen beweglichen Dampfkran darstellen, der in zwei Exemplaren sowohl zur Aufführung des Pfeilermauerwerks vom steinernen Viadukt über den Altier²³²⁾ diente (der Viadukt überschreitet im Zuge der Eisenbahn von Brioude nach Alais das Altier-Thal in einer Höhe von 73,35 m mit 11 Halbkreisbogen von 16 m Lichtweite, liegt in einer Kurve von 400 m Radius, wobei die Fahrbahn eine Neigung von 0,025 besitzt) als auch später bei der Aufstellung der Lehrgerüste sowie der von Pfeiler zu Pfeiler reichenden kleinen Dienstbrücken vorteilhafte Verwendung fand.

Die beim Bau der Pfeiler von der East-River-Brücke²³³⁾ zum Versetzen

²³¹⁾ Allgem. Bauzeitg. 1843. S. 190. — ²³²⁾ Collection des dessins distribués aux élèves de école d. p. et ch. Sér. 4. Sect. C. Pl. 27 et 28. — Notices sur les modèles etc. réunis par les soins du ministère des travaux publics; Exposition universelle à Paris en 1878. S. 352.

der Steine verwendeten Krane waren stationäre hölzerne, mit Eisen armirte Krane, die mit dem Baufortschritt entsprechend gehoben wurden, an ihrem oberen Ende durch Seile gehalten waren und horizontale, von ihrer Spitze aus gehaltene Ausleger bis zu 10,79 m Länge besaßen, auf denen eine bewegliche Katze angeordnet war; siehe Fig. 20, Taf. XXI. Um beim Versetzen der höheren Schichten nicht zu viel Tau aufwickeln zu müssen, wurde nach Aufmauerung von 12,2 m Pfeilerhöhe eine Plattform mit einem Schienengleis um das Mauerwerk geführt, bis zu welcher ein Kran von unten das Material hob, während es auf dem Schienengleis an die einzelnen Versetzkrane verteilt wurde. Der Pfeiler am Brooklyner Ufer wurde bis zur Höhe von 24,4 m mit einer solchen Plattform, der New-Yorker bis 36,6 m Höhe mit zwei Plattformen aufgemauert. Von diesen Höhen an wurden die Pfeiler mit Hilfe doppelarmiger Versetzkrane mit horizontalen Auslegern von 7,93 m Länge, deren einer den Stein, der andere das verschiebbare Gegengewicht zu tragen hatte (siehe Fig. 20, Taf. XXI, im Hintergrunde auf dem Pfeiler), und einem Laufkran weiter geführt und vollendet. Die Steine wurden dabei durch einen Drahtseilauzug mittels einer 25-pferdigen Dampfmaschine gehoben und zwar erfolgte die Hebung von 7000 kg schweren Steinen mit einer Geschwindigkeit von 30 m in der Minute.

3. Versetzbare Krangerüste.

Versetzbare Krangerüste oder fliegende Versetzgerüste, die mit dem Baufortschritt entsprechend zu heben waren, sind bei Steinpfeilern entweder in Form hebbarer Dienstbrücken zur Anwendung gelangt, die, von Pfeiler zu Pfeiler reichend, entsprechende Aufzugsvorrichtungen trugen und neben dem Vertikaltransport einen, wenn auch beschränkten Horizontaltransport gestatteten (Morlaix-Viadukt, Viadukt über die Rance bei Dinan etc., siehe S. 6 u. II. Band d. Handb. Kap. IV), wie dies die Fig. 19 u. 20 in einfachster Weise für den Bau des Aquaduktes von Montreuil²³⁴⁾ zeigen; oder als auf dem Pfeiler selbst befindliche Kranvorrichtungen, bei denen ausschließlich das Material für den betreffenden Pfeiler vom Fuß des letzteren gehoben werden musste.

Repräsentanten der letzteren Art sind außer den vorhin beschriebenen Kranen der East-River-Brücke: der bekannte Kran vom Indre-Viadukt²³⁵⁾, dessen nachherige Verwendung zum Wölben Fig. 10 veranschaulicht; ferner die bereits in Kap. IV des II. Bandes dieses Werkes beschriebene Kranrüstung des Flutpfeilers der Straßenbrücke über den Douro bei Regoa²³⁶⁾ in Portugal (siehe Fig. 28 u. 29), welche in der Fig. 29 skizzirten Art mit Hilfe von Spannketten durch wechselseitiges Kippen und Untermauern gehoben wurde, während das Aufziehen des Materials an beiden vorkragenden Enden mittels über Rollen laufender Seile und Winden, die am Pfeilerfuß im Felsen verankert waren, geschah; endlich das bereits vorhin S. 52 erwähnte fliegende Gerüst der Wechselbrücke bei

²³³⁾ Zeitschr. d. Österr. Arch. u. Ing. Ver. 1877. S. 12. — Deutsche Bauzeitg. 1878. S. 159. —

²³⁴⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1851 I. S. 310 u. 330. — ²³⁵⁾ Toni Fontenay. Deutsch von W. Hertel. Auch Civilingenieur. 1868. S. 71. — ²³⁶⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1874. S. 463.

Thorn (siehe Fig. 31 u. 32) zur Aufmauerung der obersten Werksteinschichten der beiden zuletzt ausgeführten Strompfeiler. Es bestand aus einem System von Ständern oder Stielen, die oben und unten durch Zangen gefasst und zusammengehalten wurden, von welchen die unteren, auf der Pfeileroberfläche ruhend, nach allen Seiten vorkragten und auf diese Weise eine rings um den Pfeiler laufende Arbeitsplattform bildeten. In der Mitte des Gerüsts bewegte sich auf zwei statt der Bohlenzangen eingelegten, mit Schienen versehenen Balken ein einfacher Kran mit Winde zum Heben der Materialien. Die Hebung des ganzen Gerüsts erfolgte nach dem Versetzen von je vier Werksteinschichten durch Anheben der Zangen, während nach dem Versetzen jeder einzelnen Schicht nur die Stiele allein versetzt, beziehungsweise angehoben wurden, wobei die Unterstützung der Zangen durch Versetzen der Bolzen mit Leichtigkeit erhalten werden konnte. Die Stellung der Stiele wechselte, je nachdem eine Läufer- oder Binderschicht zur Versetzung kam, indem dieselben nur so weit von der Pfeilerkante zurückgestellt waren, als das bequeme Versetzen der Werksteine es bedingte.

§ 20. Krane zur Montirung von Eisenkonstruktionen. Abgesehen von den gewöhnlichen, häufig bei Montirung eiserner Brücken auf festen Gerüsten zur Anwendung gekommenen Böcken, stationären und fahrbaren Drehkränen mit Hand- oder Dampftrieb verdienen an dieser Stelle die zur Errichtung hoher eiserner Pfeiler zur Verwendung gekommenen maschinellen Hilfsmittel, bei denen eine Zuhilfenahme fester Gerüste ausgeschlossen war, besondere Beachtung.

Beim Eisenbahnviadukt über die Saane bei Freiburg²³⁷⁾ sowie beim Viadukt de la Bouble²³⁸⁾, siehe Fig. 22, rollte man die Brückenträger bis über die Pfeiler vor und ließ an den vorkragenden Trägerenden die Konstruktionsteile der Pfeiler an geeigneten Kranvorrichtungen herab. Beim Verrugas-Viadukt²³⁹⁾ in Peru, dessen höchster Pfeiler 76,81 m misst, spannte Ingenieur Tipton über das ganze Thal zwei kräftige Drahtseile, die hinter den Widerlagern durch provisorische Holztürme Unterstützung fanden und rückwärts verankert waren. Auf diesen Drahtseilen bewegten sich von unten und von den Widerlagern aus lenkbare Laufrollen, mit deren Hilfe die Konstruktionsteile der Pfeiler und später zum Teil auch diejenigen der Brückenträger über ihren Bestimmungsort gebracht und dann niedergelassen wurden. Beide Methoden haben neben ihren großen Vorzügen Nachteile, die sich bei der ersteren durch Überanstrengung der vorkragenden Brückenträger, bei der letzteren durch die Gefährlichkeit²⁴⁰⁾ und das immerhin schwierige Dirigiren der Laufrollen mit ihrer Last auf weite Entfernungen bemerkbar machen. Vorzuziehen ist daher diejenige Methode, bei welcher durch fliegende Gerüste oder versetzbare Krane der Pfeileraufbau Stockwerk für Stockwerk erfolgt, wobei eine jedesmalige entsprechende Hebung des Gerüsts beziehungsweise des Kranes zu erfolgen hat.

Beispiele dieser Art bieten die Errichtungen der Pfeiler des Portage-Via-

²³⁷⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1863. S. 169. — ²³⁸⁾ Collections des dessins distribués aux élèves etc. Sér. 4. Sect. C. Pl. 26. — Ann. d. ponts et chaussées. 1870 I. S. 125. — ²³⁹⁾ Engineering. 1872 I. S. 247. — Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1874. S. 29. — 1875. S. 273. — ²⁴⁰⁾ Durch das Reißen eines der Drahtseile stürzte ein für den ersten Pfeiler bestimmtes Säulenelement 30 m hoch herab, ohne jedoch die Arbeit aufzuhalten, da ein gleiches für den folgenden Pfeiler bestimmtes Stück zur Hand war, während unterdessen das durch den Sturz beschädigte reparirt werden konnte.

duktes²⁴¹⁾ auf der Erie-Bahn und des Kinzua-Viaduktes²⁴²⁾, die Montirung der Tragpfeiler von der Hängebrücke zu Cubzac, sowie die Pfeilerbauten der Süddeutschen Brückenbau-Actien-Gesellschaft und der Firma G. Eiffel zu Levallois-Perret bei Paris.

Beim Portage-Viadukt erfolgte die Aufstellung der Pfeiler mittels fliegender Gerüste, die mit dem Wachsen der Pfeiler gehoben wurden, beim Kinzua-Viadukt wurden dagegen an den vier Ecken der Pfeiler Mastbäume von etwa 18 m Länge aufgerichtet und mit Tauen gesichert. Mit Hilfe dieser Masten wurde das unterste 11,59 m hohe Stockwerk fertig montirt, dann weitere vier Rundhölzer von derselben Länge in halber Höhe der Säulen des unteren Stockwerks befestigt, sodass die Enden derselben 10,68 m über den Kreuzungspunkt der oberen Diagonalen emporrugten. Über diese Pfähle wurden Schwellen gestreckt und mittels dieses Gerüsts das zweite Stockwerk aufgestellt. Dieser Vorgang wiederholte sich für jedes weitere Stockwerk mit Ausnahme des obersten, für welches die Teile zu zwei Hälften unten montirt, dann gehoben und oben verbunden wurden.

Ein fliegender Kran ist wohl zum ersten Mal bei der Montirung der 26,15 m hohen, aus gusseisernen Trommeln zusammengesetzten Tragpfeiler der Hängebrücke von Cubzac über die Dordogne²⁴³⁾ zur Anwendung gekommen, bei welcher Stücke bis zu 2500 kg zu heben waren. Derselbe besteht (siehe Fig. 21) aus einer hölzernen Kransäule, die durch ein Sprengwerk gegen die fertigen Pfeilerteile abgestützt und etwa 5 m höher durch Zangen gefasst war. Dieselbe trug einen zweiarmigen Ausleger, auf welchem zur Führung des Lastseiles sich drei feste Rollen auflagerten: Je nach dem Fortschritt des Pfeileraufbaues wurde die Kransäule angehoben und in höherer Lage in gleicher Weise unterstützt. Die Windevorrichtung befand sich am Fuß des Pfeilers.

Die Fig. 23 bis 25, Taf. XVIII, welche Verfasser der Güte des Herrn A. Rieppel, Betriebsingenieur der Süddeutschen Brückenbau-Aktien-Gesellschaft in Gustavsburg bei Mainz, verdankt, stellen einen schmiedeisernen Aufzugständer dar, wie er von genannter Firma vielfach zur Errichtung hoher eiserner Pfeiler, zum Beispiel der Pfeiler zur eisernen Hilfsrüstung des Ohe-Viaduktes (siehe Fig. 18) verwandt wurde. Derselbe besteht aus einer durch vier miteinander verstreute Winkeleisen gebildeten Kransäule von 16 m Höhe, die am unteren Ende mittels eines Zapfens in einem Stützlager ruht, cirka 6 m höher durch ein Halslager und am oberen Ende durch vier Ankerketten gefasst wird. Unmittelbar über dem Halslager befindet sich das Gelenk für den über 8 m langen Ausleger, der in zurückgezogener Lage ein vollständiges Drehen des Ständers gestattet. Durch die Rückhaltkette des Auslegers wird die Ausladung desselben dem jeweiligen Bedürfnis entsprechend für die verschiedenen Pfeilerstockwerke regulirt. Die Aufzugsvorrichtung besteht aus einem gewöhnlichen Kettengetriebe (siehe Fig. 25) mit einfacher Übersetzung und einem Sperrrade zum Anhalten der gehobenen Last. Fig. 18 veranschaulicht die Anwendung des Aufzugsständers, dessen Hebung nach Aufstellung eines Pfeilergeschosses bei dem geringen in Betracht kommenden Gewicht von 550 kg durch Flaschenzüge leicht zu bewerkstelligen ist.

²⁴¹⁾ Scient. American. Suppl. 1876 I. No. 4. — Journ. of the Amer. Soc. of Civ. Engineers. 1876 I. — Wochenbl. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1876. S. 142. — ²⁴²⁾ Centralbl. d. Bauverwaltg. 1883. S. 312. — ²⁴³⁾ Allgem. Bauzeitg. 1845. S. 93.

Einen ähnlichen Kran aus Schmiedeisen von 1500 kg verwandte die Firma G. Eiffel beim Bau der eisernen Pfeiler von der Douro-Brücke bei Oporto (siehe Fig. 30), nur war die Kransäule in ihrem oberen Teil bedeutend kürzer und zwar nur 1,885 m hoch, während der Abstand zwischen dem Stütz- und Halslager etwa 7 m betrug, durch welche letzteren die ganze Horizontalkomponente der in der Richtung des Auslegers zur Geltung kommenden Kraft aufgenommen werden musste, da das obere Ende der Kransäule nicht durch Ankerketten gehalten war. Auch wurde die Ausladung des Auslegers nicht durch eine Rückhaltkette, sondern durch ein Hebelsystem von Stangen mittels einer durch Ratschenwerk bewegten Schraube *s* reguliert. Endlich befand sich die Windevorrichtung nicht am Kran selbst, sondern unten am Fuß des Pfeilers und war das Lastseil zu diesem Zweck über eine am oberen Ende der hohlen Kransäule befindliche Rolle *r* durch die erstere und durch die hohl konstruirten Zapfen geführt. Zur Verminderung der Reibung befanden sich im Halszapfen vier Friktionsrollen. Das Anheben des Kranes geschah in der punktiert eingezeichneten Art bei senkrechter Stellung des Auslegers ebenfalls von unten aus durch zwei symmetrisch angeordnete Flaschenzüge, welche an die obersten horizontalen Konstruktionsteile des fertiggestellten Pfeilerstockwerkes angehängt wurden.

II. Senkvorrichtungen.

§ 21. Anwendung von Keilen. Bei den im Brückenbau häufig notwendig werdenden Absenkungen schwerer Lasten auf nur geringe Höhen, wie dies namentlich beim Ausrüsten der Lehrgerüste²⁴⁴⁾ steinerner Brückengewölbe und beim Niederlassen des fertig montirten Oberbaues eiserner Brücken auf die Auflager vorkommt, ist in früheren Zeiten fast ausschließlich der Doppelkeil verwandt worden, bis derselbe mehr und mehr durch geeignetere Apparate verdrängt worden ist, wiewohl auch heutzutage noch bei kleineren Objekten und in Ermangelung anderer Vorrichtungen Keile oder Kombinationen von Keilstellungen angeordnet werden.

Die Anwendung einfacher Keile zeigen die Fig. 26, 27 u. 33, 34, Taf. XVIII, von denen die ersteren die Ausrüstungsweise der Lehrgerüste von der Warthe-Brücke bei Wronke²⁴⁵⁾ durch direktes Senken der Kranzhölzer *l* verdeutlichen, was durch Lösen der unter einem Passstück *w* befindlichen Keile *k k* geschah.

Bei der Brücke von Besigheim über die Enz²⁴⁶⁾ (siehe Fig. 33 u. 34) ruhten die aus zwei aneinander liegenden Hölzern bestehenden vertikalen Stützen der Kranzhölzer auf einem doppelten Keilpaar *g g*, welches durch zwei andere Keile *k k* gegen die Riegel *x x* abgestützt war. Beim Aufstellen der Gerüste wurden, nachdem der Holm *e* der Pfahlreihe aufgekämmt war, die Langhölzer *f f* an ihre Stelle gebracht, sodann die tüchtig mit Seife eingeriebenen Keile *g g* in richtiger Lage verlegt und auf diese die vertikalen Stützen mit den sie verbindenden Zangen errichtet. Sobald das ganze Gerüst stand, wurden die Kranzhölzer mittels der Keile *g g* in ihrer Höhenlage geregelt, worauf das Feststellen der Keile erfolgte,

²⁴⁴⁾ Siehe unter anderem: Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1873. S. 492. —
²⁴⁵⁾ Allgem. Bauzeitg. 1852. S. 93. — ²⁴⁶⁾ Dasselbst. 1839. S. 165.

indem zwischen die Langhölzer *ff* zwei kurze Riegel *xx* eingezapft und gegen diese die vertikalen Keile *kk* eingetrieben wurden. Das Niederlassen erfolgte durch Ausschlagen der Keile *kk*, durch Entfernen der Riegel *xx* und durch gleichmäßiges und gleichzeitiges Lösen der Keile *gg* an allen Stützpunkten des Gerüsts, wodurch eine vollkommen stete und gleichförmige Senkung erreicht wurde.

Diese Art des Ausrüstens durch direktes Senken der Kranzhölzer im Umfange des Lehrbogens²⁴⁷⁾ oder der Stützen derselben, wie dies bei den letzten beiden Beispielen der Fall war, ist jedoch unter Anwendung von Keilen nur bei direkt unterstützten Lehrgerüststreben möglich, während bei gesprengten Lehrgerüsten die Senkvorrichtungen unter allen Lehrbogen gemeinschaftlich als Stütze dienenden Schwellen angebracht sind. Häufig waren diese Schwellen selbst als verzahnte Träger²⁴⁸⁾ ausgebildet und stellten als solche ein System von Keilen dar, das, auf einfache Weise in ausgerückter Stellung festgestellt, eine nachherige Senkung um die Höhe der Zahnschnitte gestattete. Fig. 35 u. 36, Taf. XVIII, zeigen ein derartiges System verzahnter Balken, das bei der Brücke über die Rhône bei Lyon²⁴⁹⁾ zur Anwendung kam und bei welchem die beiden mittleren Teile *mm* während der Bauausführung durch Keile in ausgerückter Stellung erhalten wurden. Beim Ausrüsten werden die Keile herausgeschlagen; indem sich nun die mittleren Teile *mm* nähern, senkt sich der obere verzahnte Balken und mit ihm die auf ihm ruhende Last. Derartige verzahnte Balken können parallel zur Brückenaxe unter jeden Lehrbogen oder senkrecht zur Brückenaxe unter die Stützpunkte sämtlicher Lehrbogen gestellt werden.

Zum Niederlassen eiserner Brückenkonstruktionen auf ihre Auflager sind selten Keile verwandt worden, sondern die weiter unten behandelten Senkvorrichtungen. Ein Beispiel bieten jedoch die Montirungen der Donaubrücke der Österreichischen Nord-West-Bahn und der Moldaubrücke bei Budweis (siehe S. 31), bei denen die schrägen Flächen der als Kiplager konstruirten Lagerkörper als Gleitflächen benutzt wurden, indem zwischen Lagerkörper und Balancier je zwei kräftige gusseiserne Keilstücke (siehe Fig. 45 u. 46, Taf. XIX) eingebracht wurden, an deren oberen Flächen für die Befestigungsschrauben des Balanciers sich Aussparungen befanden. Die Keile waren paarweise durch je zwei Schraubenspindeln und zwar mittels der auf den Keilrücken sitzenden Muttern fest verbunden und bildeten so zunächst eine vollkommen unnachgiebige Auflage für die Eisenkonstruktion. Zum Niederlassen mussten die auf den Keilrücken sitzenden Schraubenspindeln entfernt und beide mit Rechts- und Linksgewinde versehene Spindeln eines Keilapparates gleichzeitig durch Aufstecken von Schraubenschlüsseln auf die in der Mitte derselben befindlichen sechseckigen Verstärkungen in dem Sinne gedreht werden, dass sämtliche Enden sich aus den Stahlmuttern der Keile heraus-schraubten und dadurch ein Auseinandergehen der Keile, somit ein Senken der abgestützten Konstruktion stattfand.

Eine auf demselben Princip beruhende Vorrichtung ist ein dem Prof. Herrmann in Aachen patentirter Apparat für geringe Hebungen und Senkungen, nur ersetzt Prof. Herrmann die beiden Keile durch vier paarweis gekuppelte Rollen und verwandelt dadurch den größeren Widerstand der gleitenden Reibung in den geringeren der rollenden Reibung.

²⁴⁷⁾ Auch bei Anwendung von Schrauben ausgeführt; siehe S. 60. — ²⁴⁸⁾ Nouv. ann. de la constr. 1857. S. 70. — ²⁴⁹⁾ Daselbst. 1860. S. 59.

Die Nachteile der Keilmethoden, welche besonders bei Anwendung der zum Ausrüsten von Gewölben allgemein gebräuchlichen Holzkeile hauptsächlich darin bestehen, dass das Lösen derselben nicht ohne schädliche, auf das Gewölbe sich fortpflanzende Erschütterungen²⁵⁰⁾ des ganzen Gerüstes möglich ist, veranlassten die ausführenden Ingenieure größerer Brückenbauten Senkvorrichtungen zu ersinnen, an welche man neben größter Einfachheit die Anforderung stellte, dass für alle Gerüstteile die Senkung mit möglichst gleichmäßiger, beliebig zu regulirender Geschwindigkeit vorgenommen werden könne, wobei gleichzeitig auf eine Herabminderung der zur Bedienung erforderlichen Arbeiterzahl Gewicht gelegt wurde.

Wenngleich im großen und ganzen diese Bedingungen für die Anwendbarkeit von Senkvorrichtungen maßgebend sind, so treffen dieselben speciell für die zum Ausrüsten von Gewölben erforderlichen Senkapparate insofern nicht zu, als ein Gewölbe sich beim Ausrüsten in seinen verschiedenen Theilen verschieden und namentlich im Scheitel am meisten senkt, woher die Möglichkeit eines dem entsprechend größeren Senkens der mittleren Teile des Lehrgerüstes besser am Platz wäre. Inwiefern diesen Anforderungen entsprochen wurde, soll in den folgenden Paragraphen bei Vorführung der einzelnen Methoden erörtert werden.

§ 22. Senkschrauben. Wenngleich die Schraube zum Senken sowohl als zum Heben in gleicher Weise sich eignet, so sollen hier doch speciell als Senkschrauben diejenigen in Betracht gezogen werden, welche hauptsächlich zum Ausrüsten von Gewölben und zum Absenken schwerer Lasten Verwendung gefunden haben, während in § 25 die Anwendung der Schraube als Hebevorrichtung ins Auge gefasst werden soll.

Auf der Hand liegt es, dass mit den hier anzuführenden Schrauben auch geringe Hebungen vorgenommen werden können, wie Ingenieur Dupuit dies bei Gelegenheit des Ausrüstens der Austerlitzbrücke zeigte, indem er eines der mit Hilfe von Sandtöpfen gesenkten Lehrgerüste durch Schrauben wieder bis gegen das Gewölbemauerwerk hob²⁵¹⁾ und dadurch den großen Vorteil der von ihm zum ersten Mal im Jahr 1846 beim Pont de Cé²⁵²⁾ verwendeten Ausrüsteschrauben vor den durch Beaudemoulin so warm empfohlenen Sandsenkvorrichtungen nachwies.

In der That haben die Ausrüsteschrauben vor den Sandtöpfen noch den Vorteil, dass sie erst kurz vor Beginn des Ausrüstens unter das Lehrgerüst gebracht zu werden brauchen, bis zu welchem Zeitpunkt die Konstruktion auf Keil lagern oder auf Unterklotzungen aufruht; ferner kann das Senken beliebig und zu jeder Zeit verlangsamt und durch Rückwärtsdrehen das Lehrgerüst sogar wieder in seine unterstützende Lage gebracht werden, falls sich eine gefahrdrohende Deformation des Gewölbes während des Ausrüstens zeigen sollte; allerdings wird eine etwa dreimal größere Arbeiterzahl, als die Bedienung von Sandtöpfen sie unter gleichen Verhältnissen erfordern würde, notwendig.

²⁵⁰⁾ Bei der Gloucester-Brücke konnte erst nach 20—30 Schlägen mittels einer 12 Ctr. schweren Ramme ein Loslassen der Keile bewirkt werden, trotzdem dieselben sorgfältig eingeseift waren, und bei der Gerdau-Brücke bei Uelzen, deren Lehrgerüste in der Mitte durch Sandtöpfe gesenkt wurden, machte man die Erfahrung, dass die unter den Enden der Lehrgerüstbogen befindlichen Keile stets vor dem Absenken in der Mitte gelockert werden mussten, da die Keile sonst nicht mehr herauszubringen waren und herausgestemmt werden mussten. — ²⁵¹⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1855 I. S. 253. — ²⁵²⁾ Dasselbst. 1855 II. S. 358.

Die von Dupuit auch bei späteren Brückenbauten²⁵³⁾ mit Vorteil verwendeten Ausrüsteschrauben bestanden aus je zwei Schraubenbolzen mit entgegengesetzten Gewinden (siehe Fig. 38 u. 39, Taf. XIX), deren viereckige Köpfe in entsprechend vertiefte Platten eingreifen und gleichmäßig von einer zwischen beiden befindlichen und durch Hebebäume drehbaren Mutter gefasst werden, so dass sie je nach dem Drehsinn der letzteren sich einander nähern oder von einander entfernen. Wird den beiden Schrauben eine von einander verschiedene Steigung gegeben, so kann die Bewegung in noch höherem Maße geregelt werden. Bei nur wenig excentrischer Belastung ist jedoch die Stabilität der Dupuit'schen Schraube in hohem Grade gefährdet, woher die neueren Ausrüsteschrauben nur aus einem Schraubenbolzen bestehen, der entweder in eine feststehende Mutter durch aufsteckbare Schlüssel (siehe Fig. 14 u. 21, Taf. XIX), feste Griffe (Fig. 13, Taf. XIX) oder einsteckbare Hebel (Holzschnittfiguren 26 u. 27) am Kopf drehbar, hineingeschraubt wird, während er die Last unterstützt, oder selbst feststehend von einer mittels eines Schlüssels zu drehenden Mutter aufgenommen wird (Holzschnittfiguren 28, 29 u. 29a)²⁵⁴⁾. Ihre Aufstellung erhalten die Ausrüsteschrauben in der Regel in gleicher Weise wie die Sandtöpfe zwischen zwei Schwellen, von denen die obere die Last der Lehrbogen aufnimmt, während die untere, hinlänglich durch Pfahlreihen oder Mauerwerk unterstützt, den Unterlagsplatten der Schrauben ein sicheres Auflager bietet. Dabei ist zu beobachten, dass der spezifische Druck an den Stützpunkten die zulässige Beanspruchung des Schwellenmaterials nicht überschreitet, da sonst leicht ein Einfressen der Platten in das Holz stattfindet²⁵⁵⁾. Auch ist zu empfehlen, durch Keilstellungen neben den Schrauben für den Fall des Brechens einer der letzteren die dann notwendig werdende Unterstützung vorzusehen.

Zweckmäßiger als die besprochenen Senkschrauben und der theoretischen Anforderung besser entsprechend war die Anordnung der Ausrüsteschrauben bei

Fig. 26 u. 27.

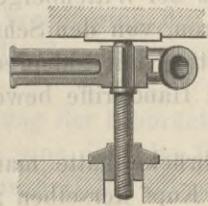
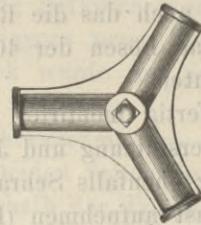
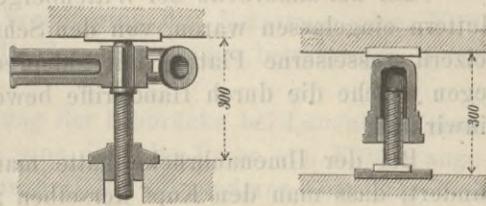


Fig. 28, 29 u. 29a.



²⁵³⁾ Zum Beispiel bei der aus einzelnen nebeneinander gerade gewölbten Bogenrippen bestehenden schiefen Steinbrücke über die Garonne in Toulouse. Ann. d. ponts et chaussées. 1859 I. S. 164. —

²⁵⁴⁾ Eine den Fig. 28 u. 29 ähnliche Form besaßen die Ausrüsteschrauben der Brücke von St. Pierre de Gaubert (Ann. d. ponts et chaussées. 1870 I. S. 446 u. 456), während Senkschrauben von der Form der Fig. 26 u. 27 bei der Ausrüstung des Striegisthal-Viaduktes Verwendung fanden (Zeitschr. f. Bauw. 1869. S. 220). — ²⁵⁵⁾ Bei der Elbrücke bei Pirna (1872—1875) mit Öffnungen von im Maximum

30 m Spannweite betrug die Belastung einer Ausrüsteschraube 33500 kg und bei den zu geringen Abmessungen der Unterlagsplatten drückten sich diese bis zu 5 cm in die Schwellen ein, sodass beim Lüften der bereits bei Errichtung des Lehrgerüsts eingebrachten Schrauben die Schraubenmutter zum Teil nicht zu drehen waren und die Platten zum Teil herausgestemmt werden mussten. Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1878. S. 37.

der Elbbrücke bei Wittenberge²⁵⁶⁾ (1849—1851) und bei der Ilmenaubrücke bei Lüneburg²⁵⁷⁾ (1859).

In beiden Fällen waren die Kranzhölzer der Lehrbogen zwischen Backen, welche an den Riegeln befestigt waren, radial beweglich und wurden an ihren beiden Endpunkten durch Schrauben in der jeweiligen Lage unterstützt. Hierdurch war es möglich, nicht nur während der Aufstellung und beim Einwölben eine nachträgliche Regulirung vorzunehmen, sondern auch, unter dem Scheitel beginnend und successive nach den Widerlagern vorschreitend, das Ausrüsten der Einsenkung des Gewölbes anzupassen.

Bei der Elbbrücke bei Wittenberge wurden die Riegel, in welche gusseiserne Muttern eingelassen waren, von den Schrauben durchsetzt, während an den Kranzhölzern gusseiserne Platten mit entsprechenden Vertiefungen angebracht waren, gegen welche die durch Handgriffe bewegten Schrauben (siehe Fig. 13, Taf. XIX) einwirkten.

Bei der Ilmenaubrücke hatte man die Länge der Schrauben dadurch vermindert, dass man den Kopf derselben zwischen Riegel und Kranzholz (siehe Fig. 14) anordnete, wodurch auch die die Riegel schwächende Durchbohren derselben unterbleiben konnte. Das Lösen der 40 Schrauben geschah hier durch vier Arbeiter in 20 bis 30 Minuten.

Zum Absenken fertig montirter eiserner Brückenkonstruktionen auf ihre Auflager sowie zur Unterstützung und Justirung der unteren Gurte während der Montirung werden häufig ebenfalls Schrauben verwendet, die entweder als Kopfschrauben direkt die Last aufnehmen (Fig. 28, 29 u. 30, Taf. XIX) oder zu je zweien durch einen die Schraubenmuttern enthaltenden Querträger, auf welchem die Last abgestützt ist, verbunden sind (Fig. 31 bis 34). Auch hier kommen Verschiedenheiten in der Kopfform, in der Art des verbindenden Querträgers und in der Anbringung der Schraubenmuttern vor, wie dies die angeführten Figuren der Taf. XIX erkennen lassen.

Eine weitere Anwendung haben endlich die Schrauben als hängende Senkschrauben gefunden, welche sich zur gleichmäßigen Vertikalbewegung schwerer Lasten von Laufkranen (siehe Fig. 31 u. 32, Taf. XVI) oder Gerüsten aus, namentlich aber zum Versenken eiserner Caissons zu Fundirungszwecken²⁵⁸⁾ gut bewährt haben.

Die Bewegung solcher Schrauben geschieht in der Regel durch eine bewegliche Mutter, indem entweder, wie Fig. 44, Taf. XIX, zeigt, in primitivster Weise die Schraubenmutter eine Anzahl entsprechender Vertiefungen zum Einsetzen von Hebebäumen besitzt, an welchen Arbeiter auf Kommando wirken, oder mittels einer hin und her beweglichen Hebelratsche. Häufig sind diese Hebelratschen durch ein Gestänge gekuppelt, sodass ihre Bewegung von einem Punkt aus in regelmäßiger Weise, sei es durch Menschen- oder Dampfkraft (Straßenbrücke über den Rhein zwischen Mainz und Castel) erfolgen kann²⁵⁹⁾.

²⁵⁶⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1854. S. 498. ²⁵⁷⁾ Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. z. Hannover. 1860. S. 67 u. 72. — ²⁵⁸⁾ Siehe Kap. XII. dieser Abteilung. § 3. — ²⁵⁹⁾ Bei den Pfeilerfundirungen der Rheinbrücke bei Kehl wurden die mit Zugstangen verbundenen Hebel mittels zweier an den Enden des Gerüstbodens symmetrisch aufgestellter Haspel, die durch Arbeiter gedreht wurden, vor- und rückwärts gezogen, sodass alle Muttern in der einen Richtung sich um gleichviel drehten, in der andern

Nach den beim Bau der Düsseldorfer Rheinbrücke²⁶⁰⁾ gemachten Erfahrungen entschloss man sich jedoch, bei der Senkung der Strompfeilerbrunnen von der Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Lauenburg²⁶¹⁾ von der Verbindung der Hebel abzusehen, da die Anlage bei den kreisrunden Brunnen von verschiedenen Durchmesser zu kostspielig und weil die Prüfung der Verteilung der Last auf die einzelnen Ketten dadurch sehr erschwert gewesen wäre, indem die Spannung in denselben kaum anders als durch die Höhe des Tones, den sie beim Anschlagen mit einem Hammer geben, geschätzt werden kann. Bei früheren Ausführungen ist daher auch häufiger ein Abreißen von Kettengliedern vorgekommen. Wird aber jede Spindel für sich von einem Mann gedreht, so lässt sich auch eine verhältnismäßig geringe Vermehrung der Belastung einer Kette an der größeren Anstrengung erkennen, die das Drehen des betreffenden Hebels erfordert.

Da die Ketten bei der Brunnensenkung der Elbbrücke bei Lauenburg ziemlich dicht angebracht waren, konnte nicht eine doppelte Reihe von Ketten angeordnet werden, um beim Verlängern der einen Hälfte die anderen zum Tragen zu bringen. Es musste daher eine Anordnung getroffen werden, die es gestattete, dass die Ketten auch während des Anbringens neuer Zwischenglieder ununterbrochen belastet blieben. Zu diesem Zweck wurde den Senkvorrichtungen die in Fig. 24—27, Taf. XIX, dargestellte Form gegeben.

Die die Spindeln aufnehmenden Schraubenmuttern ruhen auf gusseisernen Schuhen, an welche jedoch außerdem zu beiden Seiten der Spindeln je ein Rundeisen *a* angeschraubt ist. An diesen unterhalb der Traghölzer endigenden Rundeisen sind je zwei, 6 cm von einander entfernt stehende Flacheisen *b* befestigt, welche an ihrem unteren Ende ein eisernes Futterstück *c* tragen. Die Kettenglieder aus Rundeisen sind mit den Spindeln und unter einander durch Laschen verbunden, in denen längliche Löcher angebracht sind; in letztere werden zwei lange Stahlkeile *k*₁ und *k*₂ gesteckt, die während des Senkens zwischen den vorher erwähnten Flacheisen hinabgleiten und, sobald die Schraubenspindel nahezu ausgedreht ist, auf den Futterstücken *c* ein Auflager finden. Hierdurch wird die an der Kette hängende Last auf die Flacheisen übertragen und die Spindel entlastet. Sind neue Kettenglieder eingeschaltet, so werden die Spindeln etwas angedreht und die dadurch entlasteten Keile *k*₁ und *k*₂ entfernt. Um ein gleichzeitiges Auswechseln aller Ketten zu ermöglichen, wurden bei der nicht zu vermeidenden Ungleichheit in der Höhenlage der Auflagerschuhe nach Bedarf kleine Blechplatten auf die Futterstücke *c* gelegt, um dadurch die Stahlkeile früher zum Auflagern zu bringen. Zum Auswechseln von 24 Kettengliedern genügte für sechs Arbeiter ein halber Tag.

Um bei jedem Drehen der Hebel ein gleichmäßiges Niedergehen sämtlicher Spindeln zu erzielen, wurden letztere in genau gleichen Entfernungen angebracht,

Richtung stillstanden. Sobald die Senkkasten aber den Boden berührten, konnten die Schrauben nur von Hand nachgestellt werden. Um eine geringe Ablenkung aus der vertikalen Lage unschädlich zu machen, ruhten die Schraubenmuttern in einer Kugelfläche auf den Unterlagsplatten auf. *Civilingenieur*. 1861. S. 300.

²⁶⁰⁾ *Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover*. 1873. S. 92. — *Zeitschr. f. Bauw.* 1881. S. 238 u. 370. — ²⁶¹⁾ *Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover*. 1884. S. 398.

wodurch die 1,25 m langen Hebel stets einen gleich großen Weg machen mussten, wenn beachtet wurde, dass die Hebel bei jeder Drehung sich fest an die je zunächst stehende Ratsche anlegten.

Je nach der Größe des Brunnens kamen 16 bis 36 derartige Senkvorrichtungen zur Anwendung. Die Senkung um eine Spindellänge von etwa 1,5 m erforderte $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden Zeit.

§ 23. Sandsäcke und Sandtöpfe. Die Eigenschaft des Sandes, unabhängig vom Druck aus gleich großen Öffnungen in derselben Zeitdauer gleich große Ausflußmengen zu liefern, veranlasste den Ingenieur Beaudemoulin, zum Ausrüsten der 31 m weiten Öffnungen des Viaduktes von Port de Pile leinene Sandsäcke²⁶²⁾ zu verwenden, welche, in gefülltem Zustande cylinderförmige Wülste von etwa 40 cm Länge und 35 cm Durchmesser bildend, kurz vor dem Beginn des Ausrüstens unter die Schwellen der Lehrgerüste neben Holzklötze von 40 cm Höhe geschoben wurden, auf welchen letzteren das Gerüst während des Wölbens aufruhete; siehe Fig. 3 u. 4, Taf. XIX. Nachdem die Säcke durch untergeschobene flache Keile fest gegen die obere Schwelle gepresst waren, begann das Zerstören der Holzklötze, indem man sie mit Hilfe eines Beiles in eine Prismenform brachte, wie sie in Fig. 4 gestrichelt eingezeichnet ist. Hierauf konnten sie leicht umgelegt und entfernt werden, sodass die Last nunmehr auf den Sandsäcken aufruhete. An letzteren befanden sich röhrenförmige Ansätze, welche darauf geöffnet wurden, sodass der Sand aus allen Säcken gleichzeitig und gleichmäßig ausfloss und das Lehrgerüst sich dem entsprechend senkte. Schließlich wurden die Säcke auch an ihren Enden losgeschnürt, sodass ein rascheres Senken des bereits vom Gewölbe losgelösten Lehrgerüsts stattfand und die Schwellen sich bis auf 10 bis 12 cm näherten, also die ganze Senkung etwa 30 cm betrug.

Sowohl bei den drei Öffnungen (von je 31 m Weite) des Viaduktes vom Port de Pile über die Creuse, als auch bei den vier Öffnungen (von je 20 m Weite) der Brücke über die Vienne bei Châtellerault bewährte sich diese Methode, und auch das Platzen einiger Säcke führte keinen Unfall herbei, da selbst durch 40 cm lange Risse der Sand immer noch langsam genug hervorquoll, um ein rechtzeitiges Verstopfen zu ermöglichen. Das Platzen der Säcke wurde namentlich bei solchen Füllungen beobachtet, für welche der Sand auf Eisenplatten über Feuer getrocknet war, während lufttrockner Sand sich bei den größeren Öffnungen des Viaduktes von Port de Pile als Füllung der Säcke gut bewährte.

Um namentlich beim Beginn des Ausrüstens ein noch gleichmäßigeres Senken zu erzielen, wandte Ingenieur de Lagrené²⁶³⁾ bei der Hauptöffnung des Viaduktes von Rocheservière (halbkreisförmiger Bogen von 22 m Spannweite) Sandsäcke an, welche einen mit Wasser gefüllten und mit einem Hahn versehenen Kautschukschlauch enthielten; siehe Fig. 10, Taf. XIX. Das Verfahren unterschied sich von dem oben geschilderten nur darin, dass nach Entfernung der Holzklötze von 36 Arbeitern auf ein Signal die Hähne der 36 Säcke geöffnet wurden, sodass durch das Ausfließen des Wassers eine vollkommen gleichmäßige, erstmalige Senkung auf 0,02 m erfolgte und das Lehrgerüst sich vollständig vom Gewölbe löste.

Wichtiger war für die Folge die erstmalige Anwendung eiserner cylindrischer

²⁶²⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1849 II. S. 153 u. 170. — ²⁶³⁾ Daselbst. 1852 II. S. 245.

Sandtöpfe²⁶⁴) beim Ausrüsten der Austerlitz-Brücke, da deren Verwendung bis auf den heutigen Tag beibehalten worden ist.

Die bei der Austerlitz-, Invaliden- und Alma-Brücke verwendeten Sandtöpfe bestanden aus Eisenblech von 2 mm Dicke, hatten einen inneren Durchmesser von 0,3 m, eine Höhe von 0,3 m und eine hölzerne Bodenplatte von 0,03 m Dicke und 0,4 m Seite, auf welcher eine runde Holzscheibe von 0,02 m Dicke und 0,3 m Durchmesser aufgenagelt war, um dem Cylinder einen Halt zu geben. Vier Ausflussöffnungen von 0,02 m Durchmesser befanden sich 0,03 m über der Grundfläche und wurden mit einfachen Korkstöpseln geschlossen. Bis etwas unter den Rand mit feinem Sande gefüllt, nahm der Cylinder einen Stempel von etwas kleinerem Durchmesser auf, welcher letzterer, unter Vermittelung eines viereckigen Brettchens, die den Lehrbogen als Stütze dienende Schwelle trug.

Beim Ausrüsten wurden möglichst gleichmäßig die Körke sämtlicher Cylinder herausgezogen, der Sand strömte aus und die Schwelle senkte sich mit den auf ihr ruhenden Lehrbogen. An einem an jedem Stempel angebrachten Maßstabe konnte die Senkung genau abgelesen werden. Man machte dabei die Beobachtung, dass trotz der großen Last von 91 650 kg, welche jeder der 36 Sandtöpfe beim Ausrüsten der Austerlitz-Brücke zu tragen hatte, der schwache Druck der etwa 0,1 m hohen, vor jeder entpropften Öffnung auf der Unterlagplatte sich bildenden kegelförmigen Anhäufungen genügte, um den weiteren Ausfluss des Sandes zu verhindern.

Diese automatische Unterbrechung gewährte ein gutes Mittel zur Beaufsichtigung und Regelung des Senkens, indem eine Arbeitergruppe von Zeit zu Zeit die Sandkegel beseitigte und den Fortschritt der Senkung kontrollirte. Um dabei die Arbeiterzahl möglichst zu vermindern, machte Beaudemoulin den Vorschlag²⁶⁵), jeden Sandtopf mit einem schmiedeisernen Ring von 0,005 m Dicke und 0,025 m Höhe zu versehen, der einen um 0,06 m größeren Durchmesser als der Cylinder besitzen sollte. Drei Friktionsrollen mit horizontaler und drei solche mit vertikaler Axe (siehe Fig. 6 bis 8) sollten die Beweglichkeit um den Cylindermantel sowie auf der Basisebene begünstigen. Entsprechend den Ausflussöffnungen waren an dem Ringe kleine Bürsten befestigt (siehe Fig. 7) und an zwei diametral gegenüberliegenden Stellen befanden sich Griffe. Werden nun die Griffe d einer Aufstellungsreihe mit einander durch Drähte verbunden, so lassen sich von einem Punkt aus alle Bürsten einer Reihe bewegen, wodurch sämtliche Sandkegel gleichzeitig und durch einen Arbeiter entfernt werden. Außerdem sollte die Höhe und Größe der Sandkegel durch Anbringen geeigneter Plättchen an den Öffnungen vermindert und geregelt werden.

Die Anwendung solcher Apparate könnte aber nur bei vollkommen trockenem Sande von Erfolg sein und ist deshalb nicht zu empfehlen, weil man die Erfahrung machte, dass bei nicht vollkommen trockenem Sande derselbe von Zeit zu Zeit mit Hilfe eines gebogenen Drahtes aus den Öffnungen herausgekratzt werden musste, zu welcher Operation es doch eines größeren Aufsichtspersonales bedurfte und zwar genügte in der Regel ein Mann zur Beaufsichtigung dreier Sandtöpfe.

²⁶⁴) Ann. d. ponts et chaussées. 1854 II. S. 206. — 1855 I. S. 253. — Allgem. Bauzeitg. 1858. S. 203. — 1862. S. 74. — Zeitschr. f. Bauw. 1858. S. 654. — ²⁶⁵) Ann. d. ponts et chaussées. 1859 II. S. 183.

Beudemoulin empfiehlt außerdem die Verbindung²⁶⁶⁾ der Methode der Sandtöpfe mit derjenigen der Sandsäcke, da letztere eine größere Annäherung der Gerüstschweller gestatten, zwischen denen die Senkvorrichtung angebracht ist; jedoch wird ein gleiches Resultat erreicht, wenn die Höhe der Sandtöpfe um so viel größer gemacht wird, als es die Senkung wünschenswert erscheinen lässt.

Im allgemeinen sind bei gehöriger Vorsicht gute Resultate beim Ausrüsten mittels Sandtöpfen erzielt worden²⁶⁷⁾; nur von der Garonnebrücke bei Port St. Marie²⁶⁸⁾ wird berichtet, dass der Sand durch Hochwasserfluten so fest zusammengeballt war, dass er gewaltsam entfernt werden musste, während beim Bau der Allerbrücken bei Verden²⁶⁹⁾ das Ausrüsten mit Sandtöpfen schneller erfolgte als mit Senkschrauben, trotzdem der Sand ebenfalls durch ein Hochwasser vollkommen nass geworden war. Jedenfalls ist aber das Nasswerden des Sandes im höchsten Grade misslich und häufig trotz aller Vorsichtsmaßregeln, welche im Ausfüllen des Zwischenraumes zwischen dem Stempel und der Cylinderwand mit geknetetem Thon oder mit Cementguss und in der Umhüllung des ganzen Apparates mit grober geteilter Wachsleinwand bestehen²⁷⁰⁾, gar nicht zu verhindern, besonders da die Sandtöpfe nicht wie die Sandsäcke erst kurz vor dem Ausrüsten sondern gleichzeitig mit der Errichtung des Lehrgerüsts ihre Aufstellung finden müssen²⁷¹⁾. Deshalb hat man vielfach zum Beispiel bei der Brücke von Régereau über den Vicoin (Mayenne)²⁷²⁾ zur größeren Sicherheit auch noch Keile zwischen den Sandtöpfen angeordnet, um für den Fall, dass ein Hochwasser den Sand in den Büchsen nassen, oder mit sich fortführen würde, nach der alten Methode mittels der Keile ausrüsten zu können.

Um das Einbringen der Sandtöpfe kurz vor dem Ausrüsten zu ermöglichen, brachte Ingenieur Guyot²⁷³⁾ am Stempel der Sandbüchse eine Schraube an (siehe Fig. 1 u. 2, Taf. XIX), die auch ein etwa notwendig werdendes Anheben des ganzen Lehrgerüsts gestattet. Der Verschluss der Ausflussöffnungen wird hier durch vor denselben hängende Platten bewirkt, die bloß zur Seite bewegt und festgestellt zu werden brauchten, um den Sand ausfließen zu lassen.

Die in neuerer Zeit gebräuchlichen Sandtöpfe bestehen meist ebenfalls aus Cylindern von Eisenblech mit angenietetem Boden, haben aber an den Ausflussöffnungen röhrenförmige Ansätze. In selteneren Fällen sind auch gusseiserne cylindrische Sandtöpfe (siehe Fig. 11) oder viereckige Sandkästen von 25/25 cm Grundfläche zur Anwendung gekommen, jedoch sind dieselben leichter dem Zerspringen ausgesetzt²⁷⁴⁾.

²⁶⁶⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1857 II. S. 230. — ²⁶⁷⁾ Zum Beispiel bei dem 52 m weiten Bogen der Brücke über den Drac bei Claix. Ann. d. ponts et chaussées. 1879 I. S. 1. — Deutsche Bauzeitg. 1878. S. 509. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1879. S. 580. — ²⁶⁸⁾ Dasselbst. 1879. S. 139. — ²⁶⁹⁾ Dasselbst. 1863. S. 432. — ²⁷⁰⁾ Gerdaubrücke bei Ueltzen, wo allerdings kein Hochwasser eintrat und gegen Regen diese Maßregeln sich bewährten. Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1861. S. 35. — ²⁷¹⁾ Bei der Alma-Brücke wurden die Sandtöpfe erst später eingestellt, indem man durch eiserne Keile die Schweller stützte und die Cylinder unterschoß, hierdurch aber bedeutende Verschiebungen veranlasste. Zeitschr. f. Bauw. 1858. S. 654. — ²⁷²⁾ Nouv. ann. de la constr. 1882. S. 67. — ²⁷³⁾ Dasselbst. 1871. S. 101. — ²⁷⁴⁾ Bei der Nagold-Brücke bei Teinach (Stichbogen von 33 m sichtbarer Spannweite und 3,3 m Pfeil) zersprangen zwei derartige Sandtöpfe, allerdings infolge der etwas einseitigen Entleerung, da nur an einer Seite Entleerungsschieber angebracht waren. Um böswilliges vorzeitiges Öffnen derselben zu vermeiden, waren sie mittels einer elektrischen Leitung verbunden, sodass bei etwaigen Entleerungsversuchen Lärmapparate in Thätigkeit traten. Zeitschr. f. Bauk. 1883. S. 350.

Zur Verringerung der Reibung zwischen dem Mauerwerk und dem Lehrgerüst in den unteren Teilen der Gewölbschenkel und in der Kämpfergegend hat man zwischen das Mauerwerk und das Lehrgerüst walzenförmige Rundstäbe oder am Kämpfer vertikale, gehörig eingeseifte Gleitbohlen angebracht, die das gleichförmige Senken wesentlich erleichterten²⁷⁵⁾ und eine gleichmäßigere Belastung der zum Ausrüsten verwendeten Sandtöpfe ergaben.

Ein Sandkasten besonderer Art diente zum Ausrüsten der gusseisernen Lehrbogen des Ippenser Tunnels²⁷⁶⁾ und verdient die dortige Ausrüstungsweise auch von Seiten des Brückenbaues besonderer Beachtung, da dieselbe sich auch auf letzteren in etwas veränderter Form übertragen ließe.

Von den zwei im Scheitel befindlichen Lehrbogenteilen (siehe Fig. 9, Taf. XIX) enthielt der Teil *A* einen Hohlraum, in welchen ein am Teil *B* befindlicher Kolben *b* hineinpasste. Der Hohlraum des Teiles *A* wurde vor Beginn des Wölbens von der Öffnung *a* aus mit Sand gefüllt. Beim Ausrüsten brauchte bloß die Bodenöffnung *a*₂ geöffnet zu werden, um den Sand ausfließen und den Lehrbogen sich senken zu lassen und zwar senkte sich hierbei der Lehrbogen, in theoretisch richtigster Weise, am Scheitel am stärksten.

Auch zum Senken fertiger Brückenkonstruktionen aus Eisen haben Sandtöpfe Verwendung gefunden und zwar bei der Ersetzung der beiden Joche der alten Eisenbahnbrücke bei Magdeburg²⁷⁷⁾ durch ein einziges Joch von doppelter Spannweite im November 1876. Nachdem die neue Brückenkonstruktion auf die alte Brücke gefahren war (siehe S. 29) und sich über ihrer demnächstigen Lage befand, wurden die Kolben der an den Trägerenden befestigten Hilfskonstruktion (siehe Fig. 17, Taf. XIX) über den vier 3,45 m hohen Sandeylindern eingestellt, was dadurch geschehen konnte, dass die die Brückenkonstruktion tragenden Wagen ein Verschieben in der Brückenrichtung, untergelegte Eisenwalzen dagegen ein seitliches Verschieben gestatteten. Durch Zurückschrauben der die Brücke auf den Wagen unterstützenden Kopfschrauben wurden die Wagen entlastet und als die Brücke allein auf den vier Sandeylindern ruhte, zog man die Wagen hervor. Hierauf erfolgte das Ausfahren der alten Brücke mittels eines schwimmenden Zillengerüstes und nachdem auch die Pfeiler um 40 cm erniedrigt waren, konnte das Senken der ohne Schwellen und Schienen 92,5 t schweren Brückenkonstruktion mit Hilfe der Sandeylinder erfolgen. Diese bestanden aus acht auf einander gesetzten, zweiteiligen, mit angegossenen eingedrehten Ringansätzen in einander greifenden Gusseylindern von 400 mm Höhe, 520 mm Durchmesser und 20 mm Wandstärke, welche durch 26 mm starke Schrauben verbunden waren.

Der aus einem Stück bestehende gusseiserne Untersatz von 250 mm Höhe mit quadratischer Auflagerplatte von 800 mm Seite war oben mit einem Kreisflansch zur Aufnahme der zweiteiligen Ringe versehen (siehe Fig. 17 u. 18) und hatte im oberen Boden eine Öffnung *D* von 25 mm Durchmesser, durch welche der Sand ausfloss. Zum raschen und bequemen Verschließen und Öffnen diente ein mit gleich großer Öffnung *D* versehener flacher Schieber *E*, der an beiden Enden in die mit je zwei Muttern versehenen Schrauben *F* und *G* ausläuft. Die beidseitig befindlichen Muttern bewirken, dass, je nachdem die Doppelmutter der

²⁷⁵⁾ Wochenbl. f. Bauk. 1885. S. 220. — ²⁷⁶⁾ Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1866. S. 416. — ²⁷⁷⁾ Daselbst. 1878. S. 459—472.

einen oder anderen Seite anliegen, die Öffnung *D* geschlossen oder geöffnet ist. Durch den kanalartigen, beidseitig offenen Raum *H* fließt der Sand aus und wurde von den Arbeitern mittels einer Kratze entfernt.

Bei gleichmäßigem Auslauf erfolgte das Senken um die Höhe eines Aufsatzcylinders (400 mm) in $6\frac{1}{2}$ Minuten und konnte mit Hilfe des Schiebers auf den Millimeter genau aufgehört werden, worauf das Auseinanderschrauben und Entfernen des betreffenden Cylinderteiles notwendig wurde. Wie die angegebene Quelle berichtet, hatte man, um über die Zeitdauer des Sandausflusses einen Anhalt zu haben, Versuche mit einem 400 mm weiten Cylinder, dessen Kolben bis zu 5 t belastet werden konnte, angestellt, deren Resultate in nachstehender Tabelle wiedergegeben sind:

No.	Durchm. d. Ausflussöffnung in cm	Zeitdauer des Ausflusses in Min.	Ausflussmenge in Litern	Druck, unter welchem der Ausfluss stattfand	Querschnitt der Ausflussöffnung in qcm	Ausflussmenge in der Minute und für 1 qcm in Litern
1	1,1	4	4,0	etwa 5 t	0,95	1,05
2	2,1	1	6,3	„	3,463	1,819
3	1,1	4	4,1	ohne Druck	0,95	1,07
4	1,8	1	4,125	„	2,545	1,62
5	2,1	1	6,5	„	3,463	1,876
6	2,6	1	12,0	„	5,31	2,26
7	2,6	4	48,0	„	5,31	2,26

Diese Resultate bestätigen die bekannte Thatsache, dass die Ausflussmenge bei gleich großen Öffnungen, unabhängig vom Druck, in derselben Zeitdauer angenähert die gleiche ist.

In neuerer Zeit hat Dr. Ph. Forchheimer weitergehende Versuche²⁷⁸⁾ mit trockenem Rheinsande, Bleischrot und Goldstreusand, namentlich bezüglich der Lagerung und Bewegung der einzelnen Sandteilchen gemacht, indem er parallele Schichten trockenen Sandes in die Ausflussgefäße einbrachte und jede zweite Schicht mit Fuchsin färbte. Nach der durch den Ausfluss erfolgten Bewegung wurde geschmolzenes Paraffin eingegossen, das nach erfolgter Erkaltung die Bewegung der Schichten in Querschnitten darstellen ließ. Eine solche für den Ausfluss aus seitlichen Öffnungen von Interesse erscheinende Darstellung zeigt Fig. 12.

Ferner fand Forchheimer unter anderem, dass eine centrale Belastung für den Ausfluss in der Bodengegend von keinem Einfluss ist, so lange die Entfernung der Gewichtsunterkante vom Boden größer als etwa $\frac{5}{3}$ der Größe des Durchmessers von der Ausflussöffnung beträgt, dass dagegen eine etwas excentrische Belastung eine größere Einwirkung auf die Ausflussmenge zu haben scheint.

§ 24. Hydraulische Pressen. Statt der Senkschrauben sind zum Niederlassen eiserner Brückenkonstruktionen auf ihre Widerlager vielfach hydraulische Pressen benutzt worden²⁷⁹⁾; eine größere Bedeutung als Senkvorrichtung haben

²⁷⁸⁾ Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1882, S. 111—126. — ²⁷⁹⁾ Siehe unter anderem: Ferdinandsbrücke über die Mur. S. 33. — Montirung des Vizakna-Viaduktes. S. 32.

dieselben jedoch bei Versenkungen eiserner Caissons zu Fundirungszwecken gefunden²⁸⁰⁾.

Lehrreiche Beispiele hierfür geben die Pfeilerfundirungen sowohl der alten am 28. Dezember 1879 eingestürzten als auch der neuerdings im Neubau begriffenen Tay-Brücke bei Dundee²⁸¹⁾.

Nachdem man bei den ersten sechs Strompfeilern der alten Tay-Brücke mit dem Verflößen der zwei, jedem Pfeiler als Fundament dienenden isolirten eisernen Cylinder beim Niederlassen derselben mit der Ebbe und beim pneumatischen Senken bis zur Felschicht schlechte Erfahrungen gemacht hatte, entschloss man sich, für jeden Pfeiler ein zusammenhängendes Fundament herzustellen und hierzu einen länglichen Caisson zu benutzen, der, am Ufer erbaut, mittels zweier Pontons, die durch schmiedeiserne Träger verbunden waren, an seinen Ort bugsirt wurde. Auf den Trägern waren hydraulische Pressen (siehe Fig. 6 u. 7, Taf. XX) aufgestellt, mittels welcher die Senkung des Caissons mit den auf ihm befindlichen zwei hohlen bis zum Ebbespiegel reichenden Pfeilercylindern von 2,9 m äußerem Durchmesser vorgenommen wurde, indem derselbe, an paarweise an ihm befestigten Eisenstangen zwischen den Pontons hängend, sich mittels Stahlbolzen, welche in die entsprechend dem Hube der hydraulischen Pressen in Abständen von 0,3 m in den Eisenstangen angebrachten Löcher gesteckt wurden, bald auf die Kreuzköpfe der hydraulischen Pressen, bald auf die eisernen Träger stützte.

Durch diese Anordnung konnte die Last von etwa 140 t sowohl gehoben wie auch gesenkt werden. Ruhten die Bolzen *b* mit der anhängenden Last in den unteren festen Lagern des Trägers, so hatte man, um den Caisson zu senken, zunächst die Bolzen *a* zu entfernen, die Presskolben hochzupumpen und in die dicht über den hochgepumpten Kolben befindlichen Löcher die Bolzen *a* wieder einzustecken. Durch ein geringes weiteres Heben um etwa 3 mm wurden die Bolzen *b* entlastet, sodass sie herausgezogen und in die nächsthöheren Löcher gesteckt werden konnten. Dann ließ man das Wasser aus den Pressecyllindern ablaufen, die Kolben senkten sich mit dem an ihnen hängenden Caisson und nachdem der tiefste Stand erreicht war, wurde die Last wieder von den Trägern mittels der Bolzen *b* aufgenommen. Mit dem Fortschreiten der Senkung wurden die Hängestangen durch 1,2 m lange Glieder verlängert. Um den Caisson, der durch die längliche Form in der Stromrichtung eine genügende Stabilität besaß, auch gegen seitliche Bewegungen zu sichern, wurde er theils an Ketten seitlich aufgehängt, theils durch hydraulische Stützen seitlich unterstützt. Dieselben bestanden aus je einem am unteren Ende geschlossenen und hier mit einer tellerförmigen Basis versehenen gusseisernen Rohr von etwa 0,25 m Durchmesser, an dessen oberem Ende eine Stopfbüchse angebracht war, welche ein anderes Rohr wasserdicht umschloss, sodass beide Rohre teleskopartig aus- und ineinander geschoben werden konnten. Das kleinere Rohr war oben geschlossen und mit einem Ansatz versehen, durch welchen Wasser in das Innere des Rohres gepumpt wurde, wenn die Endpunkte beider Rohre voneinander entfernt zu halten waren oder Wasser herausgelassen wurde, um sie einander zu nähern. Derartige hydraulische Stützen

²⁸⁰⁾ Siehe Kap. XII dieser Abtheilung. § 3, S. 11. — ²⁸¹⁾ Glasers Ann. 1878. S. 451 u. 499. — Wochenbl. f. Bauk. 1885. S. 354 u. 363. — Engineering. 1885 I. S. 689.

wurden an jedem Pfeilercaisson, sobald er Grund gefasst hatte, angebracht, indem die tellerförmige Basis in das Strombett gestellt und das obere Ende mittels Öse und Bolzen an der Caissonwand befestigt wurde. Mit dem Sinken des Pfeilers schoben sich die Rohre ineinander, sobald aber eine seitliche Neigung bemerkt wurde, setzte man die hydraulische Stütze in Thätigkeit und brachte den Pfeiler wieder in die senkrechte Stellung.

Für die Pfeiler der großen Öffnungen von 74,7 m Spannweite änderte man die ovale Grundrissform der Caissons in eine Kreisform von 9,4 m Durchmesser, um der größeren Last entsprechend eine Fundamentverbreiterung zu erhalten. Auch wurde nicht pneumatisch sondern mit Hilfe des Reeve'schen Excavators²⁸²⁾ gesenkt. Das Hinablassen der 13,6 m hohen, mit Einschluss des 0,35 m starken, zur Versteifung des unteren Teils angebrachten Mantelmauerwerkes circa 200 t schweren Caissons geschah mit vier hydraulischen Pressen; siehe Fig. 22 bis 24, Taf. XX. Der Caisson wurde von einem durch eiserne Träger gebildeten Rahmen, der mit den beiden Hauptträgern auf den Pontons aufruhte, umschlossen. Die Ecken dieses Rahmens wurden durch kurze Träger t abgestumpft, auf denen die hydraulischen Pressen P standen und gegen Hebel h wirkten, die über den beiden Hauptträgern ihren Drehpunkt hatten.

Um die Last des Caissons auf die Pressen beziehungsweise auf die Träger zu übertragen, waren vier vertikale T-Eisen an den Caisson genietet und in Abständen von 0,3 m mit 62 mm weiten runden Löchern zur Aufnahme von Stahlbolzen versehen, welche abwechselnd durch die Pfannen a der von den Presskolben gestützten Hebel h oder durch die Pfannen b der mit den Trägern t fest verbundenen Arme A unterstützt wurden; siehe Fig. 22, Taf. XX.

Zum Fundiren der Pfeiler der neuen Tay-Brücke²⁸³⁾ und zum Aufmauern derselben bis über Hochwasserhöhe bediente sich der Unternehmer Arral schwimmender Gerüste aus Eisenblech von verschiedener Größe²⁸⁴⁾ und von der Form eines an beiden Enden geschlossenen H, in welchem jede der geraden Linien einen Ponton bildet und die beiden Öffnungen zur Absenkung der beiden Caissoncylinder eines Pfeilers verblieben, während auf den Pontons die nötigen Krane, Hilfsmaschinen und eine Reparaturwerkstätte sich befanden. An den vier äußersten Enden dieses Gerüstes sind Öffnungen von 2,5 auf 1,95 m angeordnet, durch welche vertikal stehende Säulen oder Beine gesteckt sind, die, bis zum Flussbett niedergelassen, im Stande sind, die ganze Rüstung festzustellen und von welchen aus mittels hydraulischer Pressen die Pontons in verschiedene Höhen gehoben und dadurch dem Einfluss des Flutstromes entzogen werden können. Diese Beine sind 19,5 m lang; sie bestehen aus starken, unten offenen Röhren von 2 m Durchmesser, deren Fuß bei einem unteren Durchmesser von 3,6 m konisch geformt und in 0,75 m Entfernung vom unteren Rande im Innern mit einer Sohlplatte aus

²⁸²⁾ Schon bei den vorhergehenden Strompfeilern hatte man diese Methode eingeschlagen, da der Felsen abfiel und man genötigt war, die den Felsen überlagernden Thon- und Kiesschichten zur Fundirung zu benutzen. In fünf Fällen mussten 12 m lange Pfeiler in den Grund getrieben werden, sonst stellte man das Fundament dadurch her, dass ovale oben offene Caissons so tief als notwendig versenkt und dann mit Beton ausgegossen wurden. — Über Reeve's Vakuumbagger siehe Baumaschinen. 1. Abteilung. S. 364. — ²⁸³⁾ Wochenbl. f. Bauk. 1885. S. 354 u. 363. — Engineering. 1885 I. S. 689. — ²⁸⁴⁾ Die Abmessungen der kleinsten schwimmenden Gerüste sind: Länge 16,8 m, Breite 11 m, Tiefe 1,8 m; diejenigen der größten: Länge 24,3 m, Breite 20 m, Tiefe 2,1 m.

Eisenblech versehen ist, um das zu tiefe Einsinken in den Kies und Sand des Flussbettes zu verhindern²⁸⁵⁾.

An die cylindrischen Beine sind vier kräftige Stahlplatten in zwei gegenüberstehenden Paaren s_1 und s_2 befestigt, siehe Fig. 8 und 9, Taf. XX, die 52 cm voneinander abstehen und Löcher von 130 mm Durchmesser in 225 mm Abstand besitzen, durch welche zur Abstützung der Rüstung Stahlbolzen gesteckt werden können. Zwischen den beiden Stahlplatten s_1 und s_2 bewegen sich an denselben hingleitend ganz gleiche, mit Löchern von demselben Durchmesser und in gleichen Abständen versehene Stahlplatten, die an der schwimmenden Rüstung befestigt sind und zwischen sich eine hydraulische Presse tragen. Unter dem unten befindlichen Kreuzkopf der hydraulischen Presse haben jedoch diese letzteren Stahlplatten einen Schlitz. Die beiden hydraulischen Pressen einer Stütze arbeiten gleichzeitig und bestehen aus je einem Cylinder von 0,3 m Durchmesser, Kolben, Kolbenstange, offenem Kreuzkopf und den nötigen Hahnen. Soll die Rüstung gehoben werden und befindet sich der Kolben in der in Fig. 8 u. 9 dargestellten Lage am oberen Ende des Pressecyinders, so wird ein Bolzen b durch die beiden äußeren, am Säulenfuß befestigten Platten s_1 und s_2 und durch den Kreuzkopf gesteckt. Dann wird Druckwasser eingelassen und dadurch der Presseylinder hinaufgedrückt. Mit ihm bewegen sich die beiden inneren Stahlplatten und dadurch das schwimmende Gerüst nach oben, da der an den inneren Stahlplatten unter dem Kreuzkopf angebrachte Schlitz diese Bewegung gestattet, während der Kreuzkopf und damit der Kolben auf die Cylinderbeine, mithin auf das Flussbett sich abstützt. Die Hubhöhe des Kolbens beträgt 0,45 m. Nach Beendigung dieser Bewegung stehen sich die Löcher der äußeren und inneren Platten genau gegenüber und ein anderer Bolzen wird an beliebiger Stelle durchgesteckt. Während die Rüstung an diesem hängt, wird der Bolzen b unter dem Kreuzkopf herausgezogen und nun das Druckwasser abgelassen. Nach Hinaufdrücken des Kolbens und Einstecken des Bolzens b kann das Spiel von neuem beginnen, wenn der andere Bolzen entfernt worden ist. Beim Herablassen der Rüstung oder bei der Hebung der Beine findet der Vorgang in umgekehrter Weise statt²⁸⁶⁾.

Die Fundierungscylinder wurden am Ufer in Ringstücken fertig vernietet, mittels Transportschiffen an die Rüstung gefahren, durch den 10 t-Kran gehoben und in die Brunnenöffnung gesetzt. Jeder Ring wurde nach dem Herunterlassen durch den Kran mittels eines inneren Flansches durch Schrauben an den vorhergehenden befestigt.

Das Herabsenken der Cylinder bis zur Flusssohle geschieht ebenfalls mittels hydraulischer Pressen, welche von Herrn Arral für diesen Zweck besonders konstruiert waren. Sie bestehen aus einem Cylinder, Kolben und einer hohlen Kolbenstange; siehe Fig. 10 u. 11, Taf. XX. Jeder Fundierungscylinder ist an je vier solchen Presskolben mit Stahlketten angehängt, welche durch die hohle Kolbenstange hindurchgehen und aus einer Reihe von abwechselnd einfachen und doppelten Stahlgliedern bestehen; diese sind durch Bolzen miteinander verbunden, in Entfernungen von 25 cm mit viereckigen Löchern versehen und werden an dem

²⁸⁵⁾ Bei der Erbauung des South-Esk-Viadukt hat derselbe Unternehmer bereits eine derartige bewegliche Rüstung mit Erfolg angewandt. — ²⁸⁶⁾ Über die Fortbewegung des schwimmenden Gerüsts siehe S. 87.

unteren Teil des Fundirungscylinders sorgfältig befestigt. Am oberen Ende der hydraulischen Presse ist ein Querstück q angebracht; durch dieses gehen die Kettenglieder hindurch und werden mittels eines stählernen hochkantig eingesteckten Riegels r von 75/22 mm gehalten.

Das Herablassen geschieht in der Weise, dass zunächst Kolben und Kolbenstange durch Zuleitung von Druckwasser fast bis zum oberen Loch a gehoben werden; dann wird ein Vorstecker durch dieses Loch und das obere Ende der Kolbenstange gesteckt, nun noch etwas Druckwasser zugelassen, sodass die Ketten mit dem Fundirungscylinder etwas angehoben werden. Dies genügt, um den oberen Riegel r zu entlasten, sodass er herausgezogen und in das nächst höhere Loch gesteckt werden kann. Das Druckwasser wird nun abgelassen und der durch die Ketten sich auf die Presskolben stützende Fundirungscylinder sinkt mit diesen soweit herab, bis der obere Riegel r wieder auf dem Querhaupt der Presscylinder aufliegt. Hiernach wird der untere Vorstecker herausgezogen und das Spiel beginnt von neuem.

Die hier beschriebenen vier verschiedenen Anordnungen hydraulischer Pressen verdeutlichen hinreichend die Anwendung hydraulischer Pressen zum Senken schwerer Lasten, sodass bezüglich weiterer Beispiele auf die Litteratur hingewiesen werden darf.

§ 25. Verschiedene Senkvorrichtungen. Das Bestreben, die den Keilmethoden, den Sandtöpfen und den Senkschrauben anhaftenden Mängel zu beseitigen, hat die Erfindung von Senkvorrichtungen zur Folge gehabt, die, zum Teil mit den obigen verwandt und aus ihnen hervorgegangen, dennoch sich ihnen nicht unterordnen oder anreihen lassen und daher eine gesonderte Besprechung erfordern.

Senkscheibe von Ployette.

Beim Bau des Viaduktes über die Marne bei Nogent²⁸⁷⁾ (vier Hauptöffnungen von je 50 m Spannweite und 30 Seitenöffnungen von je 15 m Spannweite) benutzte Ingenieur Ployette zum Ausrüsten der Lehrgerüste gusseiserne, in ihrer oberen Begrenzung schraubenförmig gebildete Scheiben, siehe Fig. 15 u. 16, Taf. XIX, die auf drei in ausgesparten Räumen der, am Bretterboden des Gerüsts befestigten Unterlagsplatte p sich bewegenden Rollen r aufruhten und infolge dessen eine drehende Bewegung gestatteten, welche durch gebogene, in entsprechende Vertiefungen der Scheibenwand einsteckbare Hebel bewirkt werden konnte.

Auf der Schraubenfläche rollte während der Drehung ein Rädchen R , das mit seinem Lager an die untere Fläche der parallel zur Gewölbeaxe die Lehrgerüstständer S unterstützenden Schwelle T befestigt war, wodurch bei entsprechender Drehung ein stetiges Senken des Lehrgerüsts stattfand.

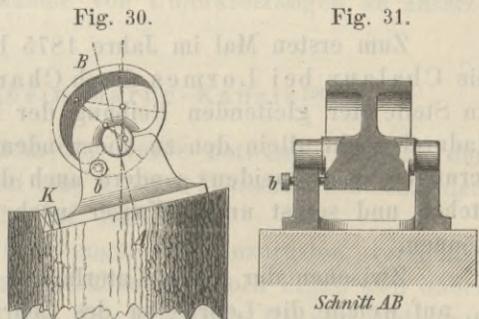
Die Steigung der Schraubenfläche betrug $\frac{1}{10}$, sodass einer am Umfang der Scheibe während der Drehung zurückgelegten Strecke von 2, 3, 4 . . . cm eine senkrechte Bewegung der Last von 2, 3, 4 . . . mm entsprach. Das Senken konnte durch die Hebel beliebig geregelt und sogar gehemmt werden.

²⁸⁷⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1856. S. 311. — Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1860. S. 105.

Kurz vor Beginn des Ausrüstens brachte man die Apparate an ihren Platz, zog sie soviel als möglich an und setzte einen Keil zwischen das Rädchen und die Schraubenfläche, entfernte die Unterklotzung, welche das Gerüst während des Einwölbens getragen, und legte unter die Schwellen einige Keile, die man so regelte, dass die Höhe, um welche das Gerüst sinken sollte, von vornherein bestimmt wurde, worauf die Apparate in Bewegung gesetzt werden konnten. Ein Apparat wog 170,94 kg und kostete etwa 77 Mk. Für die Bogen von 15 m Spannweite wurden acht Apparate, vier auf jeder Seite, angewandt, um ein Gewicht von 40 t zu senken. Für die großen Öffnungen von 50 m Spannweite brauchte man für den oberen, 133 t wiegenden Teil des Lehrgerüsts 33 und für die beiden unteren, je 21 t wiegenden seitlichen Teile 16, im ganzen also 49 Apparate.

Excentrik von Intze²⁸⁸⁾.

Um beim Neubau der St. Annenbrücke in Hamburg (1869) die Ausrüstevorrichtung ohne Nachteil längere Zeit der Einwirkung der Ebbe und Flut aussetzen und das Ausrüsten selbst in möglichst kurzer Zeit ausführen zu können, wandte Prof. Intze excentrische Rollen an, denen er den Namen Excentriks beilegte und als deren zweckmäßigste Begrenzungsform er eine zusammengesetzte Kurve fand, bei welcher zuerst die Excentricität konstant ist, also die Kurve einer Kreisevolvente gleichkommt, während sodann die Excentricität zuzunehmen hat, daher als Evolvente einer Spirale zu konstruieren wäre und der Abschluss nach einer beliebigen Kurve geformt sein kann, jedoch so, dass bei einer dem Ausrüsten entgegengesetzten Bewegung die Excentricität kleiner wird. Der leichteren Anfertigung wegen wurde jedoch die gesamte Umgrenzungskurve in möglichst genauem Anschluss an die theoretisch erforderliche Kurve, wie nebenstehende Fig. 30 u. 31 erkennen lassen, aus Kreisbögen zusammengesetzt. Zur Feststellung der Excentriks diente für jeden derselben ein eiserner Bolzen von 1,2 cm Durchmesser, der 3,6 cm tief in den Excenter hineingesteckt werden konnte. Die Gleichgewichtslage der Excentriks wurde zuerst durch Rechnung, sodann aber durch Belastungsversuche genau ermittelt, wobei sich ergab, dass die untere Bodenplatte in eine Neigung von 1:4 zu liegen kommen musste. Diese Neigung war insofern leicht zu erreichen, als auf jedem Pfahl der beiden Unterstützungsreihen des Lehrgerüsts (siehe Fig. 20, Taf. XIX) ein Excentrik vorgesehen war, also bloß die Pfahlköpfe entsprechend abzuschrägen waren; sie erwies sich aber außerdem als sehr vorteilhaft für die Regulierung der Höhenlage der einzelnen Excentriks, da man durch kleine Keile *K* (Fig. 30) die gegen die anderen zu niedrig befindlichen Excentriks seitlich verschieben und dadurch in die richtige Lage heben konnte.



²⁸⁸⁾ Deutsche Bauzeitg. 1870. S. 49 u. 57.

Zur Unterstützung der einzelnen Lehrbogen diente auf jeder Seite eine Schwelle s (Fig. 20), die sich direkt auf die 13 Excentriks legte und während des Einwölbens an den Enden durch je eine Schraube w in ihrer Lage gesichert wurde. Vor dem Ausrüsten wurden die Bolzen b herausgezogen, die Langhölzer und Windstreben des Lehrgerüsts entfernt, um dasselbe für eine horizontale Verschiebung gelenkiger zu machen, und an den oberen Kranzhölzern Fangtaue angebracht, um ein etwaiges Umschlagen der Lehrbogen zu verhüten. Nachdem nun auch noch die Excentriks vom Schlamm gereinigt waren, konnten vier Arbeiter die vier Endschrauben lösen und die seitliche Verschiebung der Schwellen s begann. Nach einer Verschiebung von 16,7 cm trat durch plötzliche Lösung des Mörtels von der Verschalung der vorausgesehene Fall des Rutschens ein und das ganze Lehrgerüst stand plötzlich in der tiefsten Lage, nachdem das Krachen beim Abreißen des Mörtels und das darauffolgende Geräusch des Bremsens zu unterscheiden gewesen war.

Ein großer Nachteil des Excentriks in der soeben beschriebenen Anwendungsweise liegt in der anfänglich horizontalen Bewegung des Lehrgerüsts, die nicht allein den theoretischen Anforderungen widerspricht, sondern bei größeren und namentlich bei tieferen Gewölben durch das Anhaften des Mörtels an der Verschalung sogar gefährlich werden kann; jedoch ließe sich durch eine Kombination mit der zunächst zu besprechenden Ausrüstmethode von Chardard eine auch unter Wasser gut brauchbare und schnell wirkende Senkvorrichtung schaffen.

Walzvorrichtung von Chardard²⁸⁹⁾.

Zum ersten Mal im Jahre 1875 beim Ausrüsten einer schiefen Brücke über die Chaux bei Lormes durch Chardard angewandt, bezweckt diese Methode, an Stelle der gleitenden Reibung der Keile die rollende Reibung zu setzen und dadurch nicht allein den zu überwindenden Widerstand zu verringern und Erschütterungen zu vermeiden, sondern auch den Einwirkungen von Hochwassern widerstehen und selbst unter Wasser noch wirksam und leicht bedienbar bleiben zu können.

Zwischen der festen Unterlage s_2 (siehe Fig. 5, Taf. XIX) und der Schwelle s_1 , auf welche die Lehrbogen des Lehrgerüsts sich stützen, sind auf jeder Seite des Gewölbes in der Kämpfergegend zwei Reihen Walzen b angebracht, die voneinander durch einen in der Axrichtung des Gewölbes beweglichen Balken m getrennt sind, der während des Einwölbens selbstverständlich durch die in Fig. 5 angegebenen Keile c oder durch eine andere einfache Vorrichtung in seiner Lage erhalten werden muss. Sowohl die Schwelle s_1 als auch der bewegliche Balken m besitzen an ihren unteren Flächen Einkerbungen a , die aber entgegengesetzt gerichtet sind. Werden nun nach Entfernung der hemmenden Keile c die an den Gewölbestirnen befindlichen Endwalzen d mit Hilfe von Hebeln p , welche in entsprechende Vertiefungen eingesetzt sind, in eine geringe Umdrehung versetzt, so ist nach Herausziehen der Hebel das ganze System in Antrieb gebracht und die Walzen der beiden Reihen bewegen sich in entgegengesetzter Richtung in die

²⁸⁹⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1880 I. S. 33.

Vertiefungen der Einkerbungen a , während der Balken m sich nach rechts herauschiebt. Durch die Hebel p kann unter Umständen auch die ganze Bewegung geregelt und wenn erforderlich rückgängig gemacht oder angehalten werden, wobei die jedesmalige Höhe der Senkung außerdem an einem festen Maßstabe, an welchem sich ein am Lehrgerüst angebrachter Zeiger vorüberbewegt, beobachtet und abgelesen werden kann.

Der Durchmesser der Walzen betrug 0,2 m, während die Neigung der Einkerbungen zu 15 % angenommen war. Da die letzteren eine Dreiviertelumdrehung der Walzen gestatteten, so betrug bei der in Fig. 14 angegebenen Anordnung die totale Senkung $2 \times 0,07 = 0,14$ m. Wäre auch der unterste Balken entsprechend eingekerbt, so würde die Senkung $3 \times 0,07 = 0,21$ m betragen. Man hat also durch Vervielfältigung des Systems auch die Höhe der Senkung in der Hand.

Bei der erstmaligen Anwendung, die unter Wasser erfolgte, zeigte es sich, dass die Neigung der Einkerbungen zu stark war, sodass die Ausrüstung zu plötzlich vor sich ging. Chardard meint, dass diese Neigung sich nach dem Gewicht der zu senkenden Last zu richten habe und die Leitlinie der Einkerbungen am besten in Form einer Cykloide zu bilden sei.

III. Vorrichtungen zum Heben grosser Lasten.

§ 26. **Schrauben.** Zu geringen Hebungen sind, wie schon erwähnt, die in § 23 besprochenen Schrauben in direkter Anwendung ebenfalls geeignet, wie auch bei größeren Hubhöhen unter Zuhilfenahme von Unterklotzungen zu absatzweiser Hebung.

Hebung der Brücken des Rhein-Marne-Kanals²⁹⁰⁾.

Diese Brückenhebung, siehe Fig. 22 u. 23, wurde notwendig infolge der Verbindung des Rhein-Marne-Kanals mit dem eine größere Wassertiefe besitzenden französischen Ostkanal; siehe Fig. 22 u. 23, Taf. XIX.

Es lag zuerst die Absicht vor, die Brückengewölbe einzurüsten, vorsichtig abzubrechen und in höherer Lage wieder neu aufzubauen, jedoch ergab sich dabei eine solche Festigkeit der Gewölbemasse, dass der Ingenieur Picard sich entschloss, das Gewölbe an den Kämpfern zu lösen und, auf dem Lehrgerüst aufliegend, mit diesem zu heben. Dies geschah für die erste zu hebende Brücke an der Station Frouard (10 m Spannweite, 6,6 m breit, 0,88 m Scheitel, 1,5 m am Kämpfer stark) mit Hilfe von 24 Schrauben, die eine Hebung um je 25 mm gestatteten; dann wurde unterklotzt, die Schrauben wurden herausgenommen und zurückgedreht wieder eingesetzt. Die Stützplatten der Schrauben hatten 0,35 m Länge und 0,12 m Breite und zwischen die Platten und Schwellen wurden breite Unterlagen aus Eisenblech oder Eichenholz gelegt, welche die Pressung auf eine größere Fläche verteilten.

²⁹⁰⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1878 I. S. 592. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1879. S. 94. — Ann. d. ponts et chaussées. 1880 I. S. 301. — Revue générale de l'architecture et des travaux publics. 1883. No. 9—10. — Centralbl. d. Bauverw. 1884. S. 87. — Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1884. S. 356.

Man hob etwa 0,03 m in der Stunde. Nach $1\frac{1}{2}$ Tagen war die zu hebende Masse von 75 cbm Mauerwerk, die mit dem Lehrgerüst etwa 180 t wog, um 0,43 m gehoben, was unter Berücksichtigung der nachträglich zu erwartenden Senkung genügte. Die dabei entstandenen Risse wurden mit großer Vorsicht erst ausgewaschen und dann mit Cement vergossen. Nach vollendeter Hebung stellte man die Widerlager her und rüstete nach acht Tagen aus, wobei die Senkung des Schlusssteins 1,5 mm betrug. Zur Unterstützung des zu hebenden Gewölbes waren fünf Lehrbogen aus Kiefernholz vorhanden, deren Tragrippen, wie Fig. 22 u. 23, Taf. XIX, zeigen, bei den späteren Brückenhebungen aus Eisen hergestellt wurden. Auf die mittleren Binder entfiel eine Last von cirka 40 t, die sich auf die in einem Binder vorhandenen vier Pfosten in der Weise verteilte, dass auf jeden der zwei mittleren 17 750 kg, auf jeden der zwei äußeren Pfosten 2250 kg kamen. Die größte Beanspruchung der 25/25 cm starken Binderpfosten betrug demnach:

$$\frac{17750}{625} = 28,4 \text{ kg pro qem.}$$

Die Schrauben hatten einen Kernradius von 22 mm, sodass hier die Beanspruchung

$$\frac{17750}{21^2 \cdot 3,1416} = 12,81 \text{ oder rot.} = 13 \text{ kg pro qmm}$$

betrug.

Jede Schraube wurde durch zwei Hebel bewegt und berechnete sich die Kraft an einem Hebel zu:

$$P = \frac{P_s}{2R} = \frac{Q}{2} \left(\frac{f + \operatorname{tg} \alpha}{1 - f \operatorname{tg} \alpha} \right) \frac{r}{R} = 53,25 \text{ kg,}$$

worin:

$R = 1 \text{ m}$ die Länge eines Hebels,

$r = 0,024 \text{ m}$ der mittlere Radius der Schraubenfläche,

$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{2\pi r} = \frac{0,01}{2\pi r}$ die Tangente des Steigungswinkels,

$f = 0,18$ der Reibungskoeffizient von Schmiedeeisen auf Gusseisen,

$Q = 17750 \text{ kg}$ die größte Belastung.

Die Pressung des Holzes der Schwellen betrug an den Auflagerstellen der Schraubenplatten:

$$\frac{17750}{35,12} = 42,2 \text{ kg pro qem.}$$

Beispiele für die Hebung eiserner Brücken durch Schrauben auf größere Höhen bieten die Neckarelz-Brücke, die Spree-Brücke am Schlosspark Bellevue und die Niemen-Brücke bei Kowno, bei welcher letzterer die Schraubenapparate in Verbindung mit hydraulischen Pressen thätig waren.

Montirung der Brücke bei Neckarelz.

Die Aufstellung dieser Brücke erfolgte in der Weise, dass auf dem rechtsseitigen Vorlande die zweite Brückenöffnung auf Pfeilerhöhe mit einem soliden Gerüst versehen wurde, welches an der stromaufwärts gerichteten Seite eine unter 65° gegen den Horizont geneigte Ebene bildete. Am Fuß dieser schiefen Ebene wurden die zusammengenieteten Gitterwände der Brückenfelder 3, 1 und 2 nacheinander angeschoben und längs derselben mit Hilfe von Schrauben hinaufgezogen,

nach der Tiefe des Gerüsts in geneigter Stellung, auf Böcken ruhend, seitwärts verschoben, hierauf vertikal und parallel gestellt, untereinander verbunden, auf Rollen gesetzt und auf die entsprechenden Pfeiler in der beschriebenen Weise hinübergerollt. Da das Hinüberschieben wegen der Pfeilerstellung nicht in definitiver Brückenrichtung geschehen konnte, so mussten die geschobenen Brückenfelder auf Schienen gesetzt und dann noch so lange seitlich verschoben werden, bis sie genau über den gusseisernen Auflagerplatten sich befanden, um auf dieselben niedergelassen zu werden. Nur das zweite Brückenfeld konnte nach Hinaufziehen der Gitterwände gleich in richtiger Lage montirt und dann auf die Auflagerplatten niedergelassen werden. Die Montirung der übrigen Brückenfelder erfolgte vom linken Ufer aus in ähnlicher Weise. Bei der Art der Aufstellung der vier ein Brückenfeld bildenden Gitterwände war es notwendig, die Aufzugsvorrichtung nach jedem Anziehen und seitlichem Verschieben einer Gitterwand demontiren und dann wieder ohne große Mühe an den Aufzugstellen zusammensetzen zu können. Hieraus ergab sich als Hauptbedingung, dieselbe aus möglichst wenigen und dabei leichten Theilen herzustellen. Am besten eigneten sich daher in diesem Falle Schraubenspindeln, die, an zwei Bockgerüsten in je einer Mutter beweglich, mittels Stangenketten die beiden Trägerenden erfassten und hinaufzogen.

Auf einem aus drei Balken *a* und *b* (siehe Fig. 47 u. 49, Taf. XIX) zusammengesetzten, durch Spannstangen *z* gehaltenen Bockgerüst, dessen kräftige Hauptstrebe *a* in die Verlängerung der schiefen Aufzugsebene fiel, war in dem aus Blech konstruirten, die drei Balken zusammenfassenden Kasten *c* die schmiedeeiserne Spindel *d* gelagert, welche durch Drehung der messingenen Mutter *e* auf und nieder bewegt werden konnte. Zu diesem Zweck waren an die Mutter sechs Armhülsen angegossen und mittels sechs schmiedeeiserner Arme *f* ein flacheiserner zusammengeschweißter, außen abgedrehter Ring *g* befestigt, in welchem in gleichen Abständen längliche Löcher angebracht waren; siehe Fig. 50. Unter dem unteren Teil der Mutter befand sich eine schmiedeeiserne Hülse, welche zwei Reibungsplatten zur Führung diente, von denen die obere von Stahl mit zwei ebenen Flächen, die untere von Hartguss oben mit einer ebenen, unten mit einer Kugelfläche begrenzt war. Diese letztere lagerte in einer entsprechenden Pfanne des Blechkastens *c* und gestattete der Spindel, sich innerhalb gewisser Grenzen schief zu stellen.

Zur Bewegung der Schraubenmutter diente ein doppelt wirkendes Schaltwerk (siehe Fig. 49 u. 50) mit zwei Schaltstangen *l*, von denen abwechselnd die eine zog, die andere während des Leerganges der ersteren drückte, sodass annähernd eine kontinuierliche Bewegung der Spindel erfolgte. Die Schaltwelle *i*, in zwei gusseisernen mit dem Blechkasten *c* verbundenen Lagerkörpern gelagert, hatte zwei doppelarmige Hebel *k*, von denen die zwei die Schaltstangen *l* tragenden Arme ganz gleich gestellt waren, die beiden anderen von den Schubstangen *m* in Bewegung gesetzten Arme dagegen um etwa 180° voneinander abstanden. Die Enden waren mit Schlitz versehen, um die Zapfen der Schubstangen *m* verschieben und den Hub reguliren zu können.

Die Bewegung der Schalthebel erfolgte von den unten liegenden zwei Wellen *n* aus, die zur leichteren Montirung und zur gegenseitigen Unterstüzung durch eine zweiteilige hölzerne Kuppelung *r* verbunden waren. Zwei unter einem Winkel von etwa 180° aufgekeilte Kurbeln *o* konnten mittels der beiden Haspel *p*

in eine oscillirende Bewegung versetzt werden, welche sich durch die beiden Schubstangen m der oberen Schaltwelle i mittheilte. Die Haspel bestanden aus je zwei hölzernen Kreuzen, die durch vier eiserne Röhren verbunden waren, an welchen auf jeder Seite eines Haspels vier Mann bequem arbeiten konnten. Das äußere Ende der Haspelwelle lagerte in einem einfachen Holzständer, dessen Fuß in einem auf dem Gerüstboden festgenagelten geschlossenen Rahmen festgekeilt werden konnte.

Zur genauen centriscen Führung des Schaltrades waren drei Führungsrollen h angebracht, die, in der gleichen Höhe mit dem Mittelpunkt der Krümmung der Pfanne liegend, eine Kugelzone bildeten, in welcher der ebenfalls in der Höhe dieses Mittelpunktes liegende Schaltring auch bei vorkommenden Schwankungen immer eine concentrische Führung fand. Außerdem musste die nach und nach die Mutter immer mehr überragende Spindel d wegen ihrer schiefen Lage, besonders beim Niederführen im entlasteten Zustande durch einen Arbeiter unterstützt werden. Besondere Sorgfalt musste der Schmierung der Spindel und der Pfanne zugewendet werden, da die letztere einen sehr starken Druck auszuhalten hatte und das Öl wegen der geneigten Lage derselben leicht abtropfen konnte.

Das untere Ende der Spindel war scharnirartig geformt und wurde durch einen kräftigen Bolzen q von etwa 1,43 m Länge mit dem oberen Ende der Stangenkette verbunden, während das andere Ende der letzteren an der Gitterwand befestigt war. Um ein Drehen der Kette bei aufsteigender Spindel zu verhindern, wurde der Bolzen q durch ein Seil, das nach Bedarf verlängert werden konnte, an seinem mit einem Öhr versehenen Ende festgehalten.

Das auf eine Aufzugsvorrichtung entfallende Maximalgewicht betrug 22 500 kg (450 Ctr.). Die hierzu erforderliche Kette wurde aus Flacheisen hergestellt und bestand abwechselnd aus langen und kurzen Gliedern, die abwechselnd mittels kurzer Bolzen s und langer Bolzen t verbunden wurden. Die Summe der Länge beider Kettenglieder entsprach dem Auszug der Spindel und die Länge der kleineren Glieder der Länge des Spindelscharnirs. Die längeren Bolzen t dienten dazu, die Kette während des Aushängens der zwei obersten Glieder und während des Zurückführens der Spindel zu halten. Zu beiden Seiten der Pfanne von der Schraubenmutter waren zu diesem Zweck zwei eiserne Schlaufen u (siehe Fig. 48) mittels starker Bolzen v an ihrem oberen Ende aufgehängt und der Blechkasten c war in seinem vorderen Teil so konstruirt, dass zwischen der Pfanne und seinen Seitenwandungen genügend Raum übrig blieb, um die Schlaufen durchstecken zu können. Die Bolzen v fanden ihr Auflager einerseits in eingefrästen Vertiefungen der Pfanne, anderseits auf den durch Winkeleisen versteiften Wandungen des Blechkastens c , auf welchem sie mit einer breiten Fläche frei auflagen und durch Vorsteckbolzen gesichert waren.

Die Länge der Schlaufen war so bemessen, dass bei Vollendung eines Auszuges ihr unteres Ende über den Bolzen t des nächsten Kettengliedes geschoben werden konnte, der sich nach einem kleinen Zurückführen der Spindel in den unteren Bügel der Schlaufe festsetzte und somit die Spindel frei machte.

Nach Entfernung der oberen zwei Kettenglieder konnte die Spindel durch rasches Drehen am Schaltring zurückgeführt, in das freie Ende des nunmehr obersten kleinen Kettengliedes eingehängt und das Heben von neuem begonnen werden. Die Schlaufen u wurden dabei soviel zur Seite gezogen, dass die langen Bolzen t

des nächsten Kettengliedes an ihnen vorüber konnten. Die Schlaufen konnten auch dazu dienen, in jeder beliebigen Höhe des Hubes die Spindel frei zu machen, und waren zu diesem Zweck besondere Stützen von Eisen vorgesehen, die jedoch nicht in Gebrauch kamen, da keinerlei Störung eintrat. Die Befestigungsweise der Ketten an der Gitterwand ergibt sich unmittelbar aus Fig. 49. Große Sorgfalt wurde auf das richtige Einhängen der Ketten verwandt, indem die Entfernungen der Befestigungspunkte an der Gitterwand genau mit den Mittellinien der Schraubenspindeln beider Aufzugsvorrichtungen übereinstimmen mussten. Da die Gitterwände direkt vom Anfahrgerüst, also aus ihrer horizontalen Lage mit der Aufzugsvorrichtung gehoben wurden, so musste die obere Gurtung, um eine Durchbiegung in der Mitte zu vermeiden, mittels Fußwinden so lange unterstützt werden, bis die Gitterwand eine Neigung von 45° erreicht hatte.

Zwischen den beiden an den Enden des Gerüsts aufgestellten Aufzugsvorrichtungen war auf jedem der drei Gerüstböcke noch je ein Bockgestell errichtet, welches ebenso wie diejenigen der Aufzugsvorrichtungen mittels eines mit Eisen beschlagenen Rahmens auf zwei Eisenbahnschienen aufruhete und bis zur vollendeten Hebung einer Gitterwand mit dem Gerüst durch Schrauben verbunden und gegen Verschiebung gesichert war. Befand sich die untere Gurtung der Gitterwand über den Schienen, so wurde die erstere mittels Kettenschrauben an die Zwischenböcke befestigt, die Verbindungsschrauben wurden gelöst und die seitliche Verschiebung der an den Böcken hängenden Gitterwand konnte mit Hilfe von Fußwinden vorgenommen werden.

Spreebrücke am Schlosspark Bellevue²⁹¹⁾.

Bei dieser Brücke, welche mittels Fachwerkträgern unter 45° den Fluss überschreitet, wurde der Oberbau der einzelnen Öffnungen von 25,9 m Stützweite auf zwei Pontons eingebracht, auf denen je zwei vertikale Schraubenspindeln von 65 mm Durchmesser in besonders kräftigen Böcken aufgestellt waren. Auf den Spindeln bewegten sich Spindelschuhe mit Muttergewinde, welche ein gemeinschaftlicher Querträger umfasste. Die beiden Querträger, einer auf jedem Ponton, trugen das einschließlich der Versteifungshölzer etc. etwa 35 000 kg schwere Brückenjoch, das entsprechend seiner definitiven Lage unter 45° zu den Längsachsen der Pontons gerichtet war. Die Unterstützung der Brückenträger geschah unter den dritten Knotenpunkten von den beiden Enden aus gerechnet, sodass $\frac{3}{7}$ der Trägerlänge zwischen den Stützpunkten sich befanden und je $\frac{2}{7}$ der Länge an jedem Ende überragten. Das Drehen der Spindeln erfolgte mittels konischer Zahnräder mit Vorgelegen und, um ein gleichmäßiges Drehen der beiden zu einem Querträger gehörigen Spindeln zu ermöglichen, saßen die Kurbeln auf einer gemeinsamen Welle. Das Übersetzungsverhältnis war so gewählt, dass zwei Mann an jeder Kurbel, also im ganzen acht Mann den Brückenträger heben konnten. Die ganze Höhe, auf welche die Träger gehoben werden mussten, betrug 4,6 m. Auf die Pontons aufgebracht, wurden sie zunächst um die halbe Höhe gehoben, wobei zur Vorsicht Unterklotzungen zur Anwendung kamen; dann wurden die Pontons mittels Zugleinen von den Ufern aus zu den Pfeilern gefahren, die Träger

²⁹¹⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1884. S. 231.

vollends gehoben in die richtige Lage zwischen die Pfeiler gebracht und auf die vorher verlegten Pendellager niedergelassen.

§ 27. **Winden und Hebeladen.** Die so verschiedenartigen zum Heben größerer Lasten auf geringe oder bedeutendere Höhen benutzten Fußwinden, Lokomotivwinden, hydraulischen Winden und sonstigen Hebezeuge sind im Kap. XIII dieser Abteilung behandelt, sodass bezüglich deren Konstruktion und Berechnung auf dieses Kapitel verwiesen werden darf. Ihre Anwendungsweise soll an zwei charakteristischen Beispielen gezeigt werden²⁹²).

Hebung der Eisenbahnbrücke bei Magdeburg.

Um unter die fertig montirte Brückenkonstruktion der Eisenbahnbrücke bei Magdeburg (siehe S. 29) die zum Verschieben derselben dienenden Eisenbahnwagen unterfahren zu können, musste die 92,5 t schwere Eisenkonstruktion auf 2,27 m gehoben werden. Dies geschah mit Hilfe von 20 Schraubenwinden, siehe Fig. 35 bis 37, Taf. XIX, von denen je zwei sich gegenüberstehend an den Langseiten der Brückenträger so aufgestellt waren, dass die über die Querhäupter v der Winden paarweise aufgelegten Γ -Träger w , von 235 mm Höhe, 90 mm Gurtbreite und 7 m Länge, beim Anheben unter die Knotenpunkte der unteren Gurtungen beziehungsweise unter die beiden Kolben der an den Endpunkten angebrachten Hilfskonstruktion sich legten und durch gleichmäßiges Drehen an den Kurbeln die Eisenkonstruktion gleichzeitig und gleichmäßig auf die erforderliche Höhe gehoben werden konnte.

Hebung der Elbbrücke bei Wittenberg²⁹³).

Infolge der Höherlegung des Bahnhofs um zwei Meter musste ein Umbau der Elbbrücke bei Wittenberg in der Weise erfolgen, dass statt des früheren auf der Brückenmitte beginnenden Gefälles eine ebenfalls auf der Brückenmitte beginnende Steigung angeordnet wurde, die eine Maximalhebung der Trägerenden von der letzten Brückenöffnung um 0,94 m erforderte. Die Brücke besteht aus zwölf Öffnungen von je 20 m Spannweite, welche durch sechs kontinuierliche Träger von doppelter Länge überbrückt sind, deren Querschnittsanordnung aus Fig. 41, Taf. XIX, hervorgeht. Das Gewicht jedes der drei getrennt, mit ungleicher Erhebung der Enden zu hebenden Trägersysteme betrug nach Entfernung des Oberbaues 80 000 kg und wurde die Hebung durch die Firma Belter & Schneevogel in Berlin mit Hilfe von je 32 eisernen Hebeladen von 2500 kg Tragkraft (siehe Fig. 40 bis 43, Taf. XIX) ausgeführt, von denen jedesmal 16 auf dem Mittelpfeiler (siehe Fig. 40 u. 41) und je 8 auf jedem Endpfeiler zur Wirkung kamen. Zur Aufstellung benutzte man Holzböcke und wurden die Endhebeladen, um vor dem Umschlagen gesichert zu sein, an den Nachbarträgern verankert; siehe Fig. 42.

²⁹² Ältere Beispiele sind: Die Hebung der Träger für die Brücke über die Saale bei Grizelne (Zeitschr. f. Bauw. 1854. S. 168), der Brückenträger über die Seine bei Asnières (Molinos et Pronnier. 1857. S. 279—282) und die Hebung der mittels Pontons eingefahrenen Träger von der Brücke über den Wye zu Chepstow (Allgem. Bauzeitg. 1852. S. 151). — ²⁹³ Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1882. S. 157. — Deutsche Bauzeitg. 1881. S. 525.

An den Köpfen sämtlicher Hebeladen waren Stellschrauben *a* angebracht (siehe Fig. 43), um dieselben vor Beginn der Hebung gehörig in Spannung bringen zu können. Die Anbringung der Hebeladen geschah in der Weise, dass die Auflager der Träger während der Hebung zum sorgfältigen Unterklotzen stets frei blieben und auch vor Beseitigung der Hebeladen fest untermauert werden konnten.

Das Heben erfolgte durch Soldaten, von denen einer an jedem Hebel und einer zum Umstecken der Bolzen für je zwei Hebeladen beschäftigt waren. Einschließlich der zwei Vorarbeiter betrug also die Arbeiterzahl 50 Mann. Der durch einen Stift mit der gelochten Stange verbundene Hebel wurde niedergedrückt und ein Stift in das über dem Kopf der Lade sichtbar gewordene Loch gesteckt, darauf der Stift, welcher den Hebel mit der Zugstange verband, herausgezogen, der Hebel leer zurückgeführt und durch Einstecken des Stiftes in das nächst tiefere Loch wieder mit der Zugstange verbunden, worauf die neue Hebung begann. Zunächst mussten die Träger in eine zur neuen Lage parallele Stellung gehoben werden, was in der Weise geschah, dass die Hebel am einen Ende des Trägers nicht bewegt und die in der Mitte befindlichen während eines vollen Hubes am anderen Ende niedergedrückt wurden, sodass in der Mitte ein Hub erst beendet wurde, wenn am anderen Ende zwei Hübe erfolgt waren. Etwaige Verbiegungen der Träger wurden dabei mittels auf die obere Gurtung geschraubter Visire kontrolliert, jedoch nicht beobachtet. Die Hebung eines Systems einschließlich der Aufführung des Mauerwerks erforderte acht Tage, sodass die ganze Arbeit in 24 Tagen beendet war.

§ 28. Hydraulische Pressen. Das Heben auf größere Höhen kann mit Hilfe hydraulischer Pressen nur absatzweise erfolgen, da der Hub der Pressen ein beschränkter ist und daher während des Zurückführens der Presskolben ein Festhalten oder Unterstützen der gehobenen Last stattfinden muss, um die Presse während dieses Zeitraumes zu entlasten. Dabei kann die Presse oberhalb der zukünftigen Lage der Last eine feste, bleibende Stellung einnehmen, während die letztere an Zugorganen hängt, oder es kann die Presse versetzbar unter der Last als Druckorgan wirkend angeordnet sein, sodass sie nach gehobener und darauf unterstützter Last zu neuem Hube ebenfalls um die Hubhöhe gehoben werden muss.

Das erstere Verfahren wird charakterisiert durch die Art der Hebung der Britannia-, Conway- und Saltash-Brücken als Beispiele älterer Zeit, denen als solche neuerer Zeit die Hebung der großen Brückenfelder der alten Tay-Brücke bezüglich leichter und eleganterer Anordnung der Hilfskonstruktionen gegenübersteht.

Das zweite Verfahren findet man bei der Niemen-Brücke bei Kowno und in einfacherer Weise bei den kleineren Öffnungen der alten Tay-Brücke sowie bei der Eisenbahnbrücke über die Msta angewendet.

1. Feststehende hydraulische Pressen.

Bei der Conway- sowie bei der Britannia-Brücke²⁹⁴⁾ waren die 121,92 m beziehungsweise 140,21 m langen, 1300 t beziehungsweise 1914 t wiegenden

²⁹⁴⁾ The Britannia- and Conway-Tubular-Bridges etc. by E. Clark. London, 1850.

— An account of the construction of the Britannia- and Conway-Tubular-Bridges by W. Fairbairn.—

schmiedeisernen Trägerröhren auf etwa 30 m zu heben, nachdem sie durch Pontons zwischen die Pfeiler eingefahren und auf etwa 2,5 m über gewöhnlichem Flutwasserstande vorragende Quadervorsprünge abgesetzt worden waren. Zu diesem Zweck diente (siehe Fig. 1 bis 3, Taf. XX) auf jedem Pfeiler eine etwa 10 m über definitiver Brückenbahn auf gusseisernen Balken A_1 und A_2 , die ihrerseits auf in das Pfeilermauerwerk eingelassenen gusseisernen Balken R aufruhten, fest aufgestellte hydraulische Presse H , deren Kolben B oben mit einem Querjoch C versehen war, welches, an den Stangen c geführt, bei a die beiden schmiedeisernen Ketten T umschloss, an denen beidseitig die Enden der Brückenröhren aufgehängt waren. Die Kettenglieder bestanden abwechselnd aus acht und neun Flachschieben von 0,18 m Breite und 0,03 m Stärke, deren Länge einem Hube (1,883 m) der hydraulischen Pressen entsprach, sodass beim Heben in dem Augenblick, in welchem der Kolben B und mit ihm die auf dem Joche C befindlichen Klemmapparate K_1 , deren Klammern i unter die Schultern der Kettenglieder griffen, an das Ende des Hubes gelangten, die Schultern der zwei unteren Kettenglieder zwischen die Klammern der auf den Balken A_2 angebrachten gleichartigen Klemmvorrichtungen K_2 kamen und mittels der letzteren festgeklemmt werden konnten. Hierauf wurden die oberen Klammern geöffnet, der Kolben mit dem Querjoch C herabgelassen und die Schultern des nächstfolgenden unteren Kettengliedes mit den Klammern K_1 gepackt und konnte nunmehr ein neuer Hub nach Lösung der unteren Klammern K_2 beginnen.

Die Klemmvorrichtungen bestanden aus je zwei Klemmbacken i , die durch zwei Schraubenspindeln mit rechtem und linkem Gewinde mittels eines Vorgeleges k mit Handkurbel bewegt wurden.

Die unteren Enden der Ketten T verjüngten sich und waren an gusseisernen Trägern G befestigt, die durch Keile e in entsprechende Horizontalnuten der gusseisernen Ständer E des Versteifungsrahmens festgekeilt wurden. Dieser letztere diente zur Versteifung des Trägerendes und bestand aus drei Paaren von Ständern E , die oben und unten durch Querbalken F verbunden waren. Außerdem schob man in die unteren Zellen gusseiserne Rahmen d , welche auf 1,4 m über die Pfeiler hinausragten und eine Befestigung der Auflagerstellen bildeten, ohne die Zellen unzugänglich zu machen. Die Fig. 1 u. 2 zeigen das bewegliche Trägerende in definitiver Höhenlage, unten auf 48 Walzen aufruhend und im oberen Teil an gusseiserne Träger h geschraubt, welche mittels einer auf Kugeln aufruhenden Zwischenkonstruktion durch die eingemauerten Träger t unterstützt wurden.

Ein Kolbenhub beanspruchte 30 bis 40 Minuten.

Beim Heben zeigten sich anfangs bei gleichzeitigem Arbeiten der Druckpumpen starke Oscillationen, daher ließ man später die Hübe der Pumpen auf beiden Pfeilern abwechseln und brachte am 6. März 1848 die erste Röhre der Conway-Brücke ohne Unfall auf die erforderliche Höhe, während man sie gleichzeitig von einem fliegenden Gerüst aus untermauerte. Die Hebung der zweiten Röhre geschah in gleicher Weise am 8. Dezember desselben Jahres. Die Röhren der Britannia-Brücke wurden in den Jahren 1849 und 1850 gehoben, die letzte am 4. August 1850.

In einfacherer Weise geschah das Heben der großen 74,7 m langen, cirka 190 t wiegenden Gitterträger von der alten Tay-Brücke bei Dundee²⁹⁵). Dieselben wurden zunächst ebenfalls am Ufer unter Weglassung der Endquerträger fertig genietet, durch Pontons bei steigender Flut zwischen die Pfeiler gefahren und auf das Pfeilermauerwerk 1,5 m über Flutspiegel abgesetzt. Das Heben geschah jedoch nicht an Ketten, sondern an T-förmigen, provisorisch an den vier Enden der beiden Trägerwände befestigten Führungsstangen, die entsprechend der Hubhöhe der hydraulischen Pressen in Abständen von 0,3 m mit 82 mm großen Löchern versehen waren; siehe Fig. 4 u. 5, Taf. XX. Sodann wurden die beiden untersten Schafflängen der vier mittleren gusseisernen Pfeilersäulen in einer Höhe von $2 \times 3,3 = 6,6$ m aufgestellt und durch einen provisorischen, aus über einander verholzten Blechträgern T und A_1 bestehenden Rahmen verbunden. Die Aufstellung je zweier hydraulischer Pressen von 0,18 m Durchmesser geschah zwischen den Trägern A_1 , wobei auf den Stempeln ein zweiter Querträger A_2 angebracht wurde, welcher ebenso wie der Träger A_1 in seiner Länge so bemessen war, dass er zwischen die Tragwände der zu hebenden Brückenträger passte. Zum Heben steckte man stählerne Bolzen in diejenigen Löcher a der Führungsstangen, welche dem oberen Querträger A_2 am nächsten waren und pumpte die Pressstempel hoch. Dadurch wurde der Querträger A_2 mit der an ihm hängenden Last gehoben. Hatten die Pressstempel ihren höchsten Stand erreicht, so wurden in die Löcher b dicht über dem unteren Querträger A_1 Bolzen gesteckt und, während so die Last an diesen hing, durch Ablassen von Wasser die Pressstempel um 0,3 m gesenkt. Dieser Vorgang wurde so oft wiederholt, bis die Brückenträger mit ihrer unteren Gurtung die Hebebühne erreicht hatten; dann verlängerte man die gusseisernen Pfeilerstützen um weitere 6,6 m, brachte oben wieder eine Hebebühne an und verfuhr in derselben Weise, bis die erforderliche Höhe von 26,8 m über Hochwasser erreicht war. Die Träger der kleineren Öffnungen wurden da, wo die oberen Teile der Pfeiler auch aus gusseisernen Säulen bestanden (siehe S. 82), ebenfalls in der beschriebenen Weise gehoben, nur hatte man die Tragwände provisorisch in größerer Entfernung voneinander verbunden, als ihrer definitiven Lage entsprach, um sie beim Heben außerhalb der vier mittleren Säulen bewegen zu können; siehe Fig. 4, Taf. XX.

Eine fernere Anwendung haben fest aufgestellte hydraulische Pressen bei der Montirung der St. Louis-Brücke über den Mississippi gefunden, indem sie, unter die Schwellen der Gerüsttürme (siehe S. 89) gestellt, zur automatischen Regelung des Zuges in den durch die Temperaturänderungen sich zusammenziehenden oder ausdehnenden, über die Gerüsttürme geführten Hilfskabeln dienten²⁹⁶).

Unter jedem Turmgerüst befanden sich zwei hydraulische Pressen (siehe Fig. 12 u. 25 bis 28, Taf. XX), die unter Vermittelung von Schuhen auf dem Mauerwerk der Pfeiler oder Widerlager aufruhten, eine Hubhöhe von 0,3 m besaßen und miteinander sowie mit den tieferstehenden Pumpen P durch ein eisernes Rohr r mit mehreren Armen in Verbindung standen. Die Kolben trugen nicht direkt den Fuß des Gerüstturmes, sondern es war zwischen denselben noch eine Gelenkkonstruktion angeordnet, die ein Kippen des Turmes bis zu einem gewissen

²⁹⁵) Glaser's Ann. 1878. S. 499. — Deutsche Bauzeitg. 1880. S. 111. — ²⁹⁶) Ann. d. ponts et chaussées. 1877 II. S. 1—50.

Grade gestattete. Die automatische Regelung des Druckes in den hydraulischen Pressen erfolgte durch einen schwimmenden Kolben t , der ein Gewicht G trug und sich, durch eine Führung f gehalten, in einem vertikalen schmiedeisernen Rohr R von 0,057 m Durchmesser bewegte. Die Hubhöhe dieses Kolbens betrug 2,3 m und durch Vergrößerung oder Verkleinerung des Gewichtes G , das aus Ringstücken zusammengesetzt wurde, konnte die automatische Hebung oder Senkung des Gerüstturmes bewirkt werden. Die hydraulischen Pressen waren auf einen Druck von 360 kg pro qcm, das heißt auf eine doppelt so große Tragfähigkeit, als ihnen zugemutet wurde, geprüft worden. Für den Fall des Versagens oder Zerbrechens einer der Pressen konnten die Gerüsttürme durch hydraulische Schraubenwinden, die unter den vier Schwellenenden bereit standen, angehoben und die betreffende hydraulische Presse ausgewechselt werden.

2. Versetzbar angeordnete hydraulische Pressen.

Diese Art der Verwendung wird stets dort von Vorteil sein, wo die Unterstützung gleichzeitig mit der zu hebenden Last höher geführt werden kann, wie dies bei Herstellung derjenigen Brückenfelder der alten Tay-Brücke der Fall war, welche im Gegensatze zu den später angeordneten gusseisernen Pfeilerstützen (siehe S. 81) solche aus Backsteinen erhielten. Nachdem eine Gruppe von vier bis fünf Pfeilern etwa bis 1,5 m über Flutspiegel hoch geführt war, hob man die am Ufer fertig montirten Brückenträger mit steigender Flut mittels Pontons ab, flößte sie zwischen die Pfeiler und ließ sie auf diese mit sinkender Flut nieder, worauf dieselben mittels hydraulischer Pressen absatzweise gehoben und gleich untermauert wurden. Dabei dienten die Brückenträger als Lagerplätze für das Baumaterial und zum Aufhängen fliegender Gerüste für die Maurer sowie zur Aufnahme von Winden, die das Material aus Schiffen hoben.

In ähnlicher Weise geschah die Hebung der zweigleisigen Eisenbahnbrücke über die Msta²⁹⁷⁾, indem die fünf Brückenfelder von je 73,15 m Lichtweite, um hohe und kostspielige Rüstungen zu vermeiden, auf niedrigen Gerüsten, sobald die Pfeilerbauten über die Wasserlinie hinausragten, an Ort und Stelle montirt, mittels hydraulischer Pressen auf die Pfeiler aufgelagert und mit fortschreitender Aufmauerung der letzteren gehoben wurden.

Weniger einfach war die Anwendung beweglich angeordneter hydraulischer Pressen bei der Niemenbrücke bei Kowno²⁹⁸⁾; siehe Fig. 13 bis 15, Taf. XX. Nachdem die 78,72 m langen, etwa 500 t wiegenden Träger der mittleren Öffnungen am Lande fertiggenietet und auf das Einschiffungsgerüst geschoben waren (siehe S. 27), mussten dieselben auf die 11,69 m hohen Gerüste der Pontons gehoben werden, um zwischen die 11,14 m hohen Pfeiler gefahren und auf diese abgesetzt werden zu können. Die Höhe der Unterkante der Träger über dem Wasserspiegel betrug dabei 12,45 m.

Das Heben geschah in der in Fig. 13, Taf. XX, dargestellten Weise durch vier hydraulische Pressen in Verbindung mit vier Schraubenapparaten, indem die beweglichen Schraubenmütern s (siehe Fig. 15) der oberen Querhäupter a je eines

²⁹⁷⁾ Engineering. 1882 I. S. 423 u. 449. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882. S. 588. —
²⁹⁸⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1863. S. 373. — Ann. d. ponts et chaussées. 1864 II. S. 233.

Spindelpaars durch Kegelradübersetzungen mittels Haspel gleichzeitig mit dem Kolben der hydraulischen Presse und entsprechend dem Ansteigen desselben in Bewegung gesetzt wurden. Hatte der Kolben seinen Hub vollendet, so erhielt der Brückenträger an seinen vier Enden durch die Querhäupter *a* der Schraubenspindeln eine hinreichende Unterstützung, um das Wasser aus dem Presscylinder auslassen und den letzteren durch Hochschrauben des Querträgers *b* heben zu können. Übrigens wurde zur größeren Sicherheit während der Entlastung der hydraulischen Presse die untere Gurtung des Trägers an verschiedenen Stellen außerdem noch durch untergeschobene Rüsthölzer und Keile gestützt. In dieser Weise geschah das Heben des ersten Trägers ungestört bis zu $\frac{2}{3}$ der Höhe. Ein eintretender Sturm verbog nun die Schrauben und unterbrach damit die Arbeit. Nach dem Geraderichten derselben in den Werkstätten wurden Vorrichtungen durch Bänder und Bolzen an den vier Eckstielen angebracht, sodass eine Verbiegung nicht wieder stattfinden konnte. Mit diesem Aufenthalt beanspruchte das vollständige Heben der beiden Mittelträger auf den Einschiffungsgerüsten für jeden durchschnittlich 11 Tage und Nächte. Wegen der herrschenden großen Kälte konnte kein Wasser zum Füllen der hydraulischen Pressen verwendet werden und da Glycerin nicht in genügender Quantität beschafft werden konnte, benutzte man ein Gemenge von Wasser mit 10% Alkohol, zu welchem man, um den Arbeitern die Lust zum Trinken desselben zu benehmen, noch etwas Wagenschmiere zusetzte. Dieses Gemisch fror zwar, aber mit Sorbet-ähnlicher Konsistenz, ohne die Pumpen und Pressen zu gefährden.

§ 29. Benutzung von Ebbe und Flut. — Pontons. — Schwimmende Gerüste und Krane. Bereits in § 28 wurde bei Besprechung der Hebungen der Brückenträger von der Conway-, Britannia-, Tay- und Niemen-Brücke die Anwendung von Pontons erwähnt, welche die am Ufer fertiggestellten Träger aufnahmen und zwischen die Pfeiler flößten beziehungsweise auf die letzteren absetzten. Wo in Meeresarmen oder Flussmündungen die Einwirkungen der Ebbe und Flut bemerkbar sind, bietet das durch letztere bewirkte periodische Sinken und Heben der Wasseroberfläche ein willkommenes Mittel, hingegen innerhalb gewisser Grenzen die zu befördernden Brückenträger zu heben oder abzusenken. In mittleren oder oberen Flussläufen, wo die Flut nicht hinreicht, oder in dem Falle, wo die Höhe der definitiven Brückenlage eine zu bedeutende ist, müssen, wie obige Beispiele zeigen, noch besondere Hebeapparate zur Anwendung gelangen. In allen Fällen kann jedoch eine Vorrichtung an den Pontons von Nutzen sein, die es gestattet, durch Einlassen oder Auspumpen von Wasser den Tiefgang derselben und damit die Höhenlage der zu befördernden Last zu ändern und für geringe Hebungen oder Senkungen zu regeln. Die Größe und Anzahl der Pontons hängt von der Größe und Schwere der einzufahrenden Brückenträger ab; empfehlenswert ist es jedoch des bequemeren Einfahrens und der größeren Beweglichkeit wegen womöglich nicht mehr als zwei durch Querträger fest miteinander verbundene Pontons anzuwenden und diese so unterzustellen, dass sie mit ihrer Längsaxe in die Richtung des Stromstrichs, also in eine die Brückenaxe schneidende Richtung zu stehen kommen und nicht, wie bei der großen Weserbrücke bei Bremen, in die Richtung der Brückenaxe fallen.

Benutzung von Ebbe und Flut.

Neben der Huntebrücke bei Elsfleth²⁹⁹⁾ bietet das Einbringen des eisernen Oberbaues der Eisenbahnbrücke über die Ems bei Weener³⁰⁰⁾ ein lehrreiches Beispiel für die Benutzung des Spieles der Ebbe und Flut; siehe Fig. 31 bis 33, Taf. XX.

Die einzelnen Brückenträger waren seitens der Unternehmer neben dem bei Beginn des Baues in das Vorland der Ems bis in die Nähe des begrenzenden Deiches *D* und des Materialschuppens *C* eingeschnittenen Bauhafen abgeliefert worden. Unter dem zunächst dem Bauhafen gelagerten Brückenträger wurden zwei kleine Einschnitte in der Weise ausgehoben, dass die Pontons zur Ebbezeit noch einfahren konnten. Unter den Enden der Brückenträger wurden ferner auf kurzen Rammpfählen zwei mit buchener Gleitrinne versehene horizontale Hellinge errichtet, auf welchen die Brückenträger in Schlitten gelagert wurden; siehe Fig. 31 u. 32. Nachdem der erste Brückenträger über die Einschnitte geschoben und die Pontons bei Ebbe untergefahren waren, wurden die letzteren gegen die Brückenträger mit Quer- und Längsbalken angestapelt. Mit steigender Flut und nachdem der wachsende Auftrieb das Gewicht der Brücke überwunden hatte, hob sich dieselbe von den Lagern ab, um mit dem Wiedereintreten der Ebbe von zwei inzwischen unter ihren Enden aufgeführten Holzstapeln aufgenommen zu werden. Die dadurch frei gewordenen Pontons konnten nun während der Ebbe aufs neue angestapelt werden und so wiederholte sich das Spiel, bis der Träger auf die erforderliche Höhe von 3,6 m über Flutwasserspiegel gebracht, zwischen die Pfeiler gefahren und auf diese abgesetzt werden konnte.

Das Einbringen erfolgte, wie die Stellungen III, IV, V u. VI in Fig. 33 andeuten, mittels Ketten und Tauen, die entweder wie das Tau *a* durch den Anker *A* im Strom verankert waren und über Winden liefen, welche auf den Pontons standen, oder die direkt an den letzteren angriffen und zwar von Winden aus, welche auf im Strom verankerten, aber längs besonderen Leitseilen (*b*) verschiebbaren Schuten *N*, *O*, *P* Aufstellung fanden. Damit erzielte man eine gute Verteilung der Arbeitskräfte und die Möglichkeit einer einfachen Veränderung der Angriffsrichtung der Taue. Die Anker *B* dienten als Sicherheitsanker für den Fall des Wiedereintretens der Ebbe vor Ankunft des Trägers in der Brückenaxe, während *c* Ankertane gegen das Abtreiben vor der Flut darstellen. Der Schwerpunkt *S* der schwimmenden Gesamtmasse von 228 t Gewicht befand sich etwa 2 m unterhalb des Metacentrums *M*, sodass hinreichende Stabilität vorhanden war. Das Gewicht des Brückenträgers allein betrug 140 t.

In gleicher Weise wurden die Träger der beiden anderen Hauptöffnungen aufgebracht, nachdem dieselben nacheinander auf den in Seife gehaltenen Gleitritten der erwähnten Hellinge in die vormalige Lage der ersteren geschoben worden waren. Hierzu erwiesen sich vier gewöhnliche Wagenwinden (Daumkräfte) als ausreichend, welche horizontal auf die vier Schlitten wirkten und an den Rammpfählen ihren Stützpunkt fanden.

²⁹⁹⁾ Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1874. S. 11. — Handb. d. Ing.-Wiss. II. Band. 2. Abt. Kap. XV. § 48. S. 767. — ³⁰⁰⁾ Zeitschr. f. Bauk. 1884. S. 215.

In anderer Weise wurde die Einwirkung der Flut beim Bau der Lambeth-Hängebrücke in London³⁰¹⁾ benutzt, um die kurz vor ihrer Vollendung durch Nachgeben der beiden Kabel auf der Westminster-Seite eingesunkene, teilweise schon vollendete Brückenbahn zu heben. Man versuchte die Kabel mittels hydraulischer Pressen anzuspannen, was jedoch erst gelang, als man gleichzeitig die Brückenbahn durch ein auf einem untergefahrenen Schiff erbauten Gerüst mit dem Steigen der Flut anhub. Um nicht zu hoch zu heben, war das Gerüst auf unten angebrachten Zapfen beweglich gemacht, sodass man das Schiff abtreiben lassen konnte, als die genügende Höhenlage erreicht und fixirt war, wobei das früher senkrechte Gerüst eine schiefe Stellung einnahm und, sich von der Brückenbahn abhebend, dieselbe frei gab.

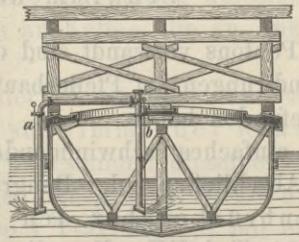
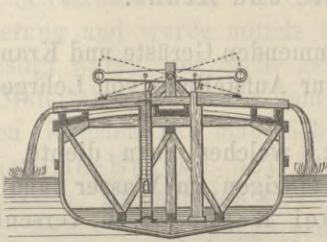
Pontons.

Ist es bei Benutzung der Ebbe und Flut wünschenswert, dass die Pontons mit Ent- und Belastungsvorrichtungen versehen sind, so wird dies bei Pontons, die auf Flüssen ohne Tide-Wechsel zur Anwendung kommen, zur Notwendigkeit, wenn in einfacher Weise das Unterfahren derselben unter die auf den Einschiffungsgerüsten gelagerten Träger das Abheben und das Absetzen bewirkt werden soll.

Fig. 32.

M. 1 : 200.

Fig. 33.



Zwar sind auch hier einfache gekuppelte Fahrzeuge verwendet worden, wie dies zum Beispiel die Montirungen der Seine-Brücke bei Anières³⁰²⁾, der Unterspree-Brücke in Berlin³⁰³⁾ und der Spree-Brücke am Schlosspark Bellevue³⁰⁴⁾ (siehe S. 77) zeigen, jedoch handelte es sich in diesen Fällen mehr um den Transport der Träger, die, zwischen den Pfeilern angelangt, mit Hilfe von Winden, Kranen oder besonderen Aufzugsvorrichtungen direkt von der schwimmenden Plattform in ihre definitive Lage gehoben wurden, wobei sie vom Ufer auf die Pontons entweder ebenfalls gehoben oder gerollt worden waren.

Am einfachsten und gebräuchlichsten geschieht das Ent- und Belasten der Pontons durch Auspumpen respektive Einlassen von Wasser, wie dies obenstehende Fig. 32 u. 33 in der für die große Weserbrücke in Bremen verwendeten Anordnung zeigen.

Ähnliche Vorrichtungen kamen bei den Pontons zur Anwendung, welche die Bogenrippenteile der Coblenzer Rheinbrücke³⁰⁵⁾ zwischen die Pfeiler beför-

³⁰¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1863. S. 447. — ³⁰²⁾ Molinos et Pronnier. Construction des ponts métalliques. 1857. S. 279. — ³⁰³⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1866. S. 271. — Handb. d. Ing.-Wiss. II. Band. 2. Abt. Kap. XV. S. 786. — ³⁰⁴⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1884. S. 231. — ³⁰⁵⁾ Dasselbst. 1864. S. 410. — 1865. S. 577. — Handb. d. Ing.-Wiss. II. Band. 2. Abt. Kap. XV. S. 786.

dernten. Auch die 525 t schweren Brückenträger von der Brücke über die Wolga bei Sysran³⁰⁶⁾ wurden dadurch auf die Pfeiler abgesetzt, dass in die sechs parallel aneinander gekuppelten Pontons von 46,94 m Länge und 8,53 m Breite Wasser eingelassen wurde.

Dass jedoch das Absetzen auf die Pfeiler durch Einlassen von Wasser nicht ohne Gefahr für den abgesetzten Brückenträger und für die Pontons ist, besonders wenn der erstere unter Vermittelung eines hohen Gerüstes auf den letzteren aufruhet, zeigt die Erfahrung bei der Niemen-Brücke bei Kowno; siehe S. 27 u. 74. Nachdem hier die Brückenträger abgesetzt worden waren, senkte sich durch zu rasches Lösen der Ankertaue unter dem Einfluss der Strömung das flussaufwärts gelegene Ende der Pontons so bedeutend, dass das Gerüst zwar die flussaufwärts befindliche Trägerwand hinaufpresste, als die Senkung durch das den tieferen Stellen zufließende eingepumpte Wasser noch vermehrt wurde. Da man bei fortgesetztem Wassereinlassen ein Umkippen der Pontons mit dem auf ihnen befindlichen hohen Gerüste befürchten musste, so wurde ein Teil des Wassers im Gegenteil ausgepumpt und mittels Schraubenwinden, die zwischen den Brückenträger und das Pontongerüst gebracht wurden, das letztere zu lösen und abzutragen gesucht, worauf die Pontons ihre Stabilität wieder erhielten und abgefahren werden konnten.

Schwimmende Gerüste und Krane.

Den Pontons verwandt sind die schwimmenden Gerüste und Krane, die vielfach zu Fundirungen, zu Pfeilerbauten und zur Aufstellung von Lehrgerüsten Verwendung gefunden haben.

Ein einfaches schwimmendes Gerüst, welches dazu diente, den Fangdamm zur Abschließung der Baugrube vom einzigen im Wasser fundirten Pfeiler der Straßenbrücke über den Douro bei Regoa³⁰⁷⁾ zu versenken, zeigen Fig. 29 u. 30, Taf. XX. Dasselbe bestand aus vier hölzernen 8 m hohen Stützböcken, die von je einem Schiff getragen zu je zweien zwei Fachwerkträger von 18 m Stützweite unterstützten. Der Fangdamm, dessen Kantenhöhen der Beschaffenheit des felsigen Flussbettes angepasst waren, wurde auf einem aus Fässern gebildeten Floß über die Baustelle gefahren, wo die Schiffe so an den Seiten des letzteren aufgestellt und paarweise durch Holzverstrebung verbunden wurden, dass die Endwände des Fangdammes unter je zwei der erwähnten Fachwerkträger zu liegen kamen. Auf den Fachwerkträgern ruhten in hölzernen Lagern je zwei 0,3 starke Wellen aus Eichenholz, an welchen die Ecken des Fangdammes mit Ketten aufgehängt wurden. Auf der Mitte der Wellen waren hölzerne Räder von 3 m Durchmesser aufgeschoben und festgekeilt, von deren Umfang Seile nach einer in der Mitte aufgestellten Winde führten und durch welche die erforderliche Übersetzung hergestellt wurde, sodass an jeder Winde zwei Arbeiter genügten, um den ganzen Fangdamm zu heben respektive niederzulassen, nachdem das Floß entfernt worden war.

Fig. 23 u. 24 zeigen die bereits S. 67 erwähnte gewöhnliche Art der Verflößung und Senkung von Caissons zu Pfeilerfundirungen. Auch die mittels Stützen

³⁰⁶⁾ Deutsche Bauzeitg. 1880. S. 416. — Ann. d. ponts et chaussées. 1881 I. S. 734. —

³⁰⁷⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1874. S. 461.

auf dem Boden feststellbare schwimmende Rüstung zum Pfeilerbau der neuen Tay-Brücke ist S. 68 besprochen worden. Erwähnt mag nur noch werden, dass dieselbe zur Fortbewegung von einem Pfeilerbau zum anderen mittels der hydraulischen Pressen an ihren Stützsäulen soweit herabgelassen wird, dass sie zwei Stunden vor Eintritt des Hochwassers die Wasseroberfläche berührt, dann durch Stricke und Ketten an die Pfeilerreste der alten 20 m von der neuen entfernt liegenden Brücke befestigt wird, während in der Bewegungsrichtung Anker ausgeworfen werden, um an deren Ketten und Tauen die Rüstung durch Anholen fortzubewegen, wobei der auf derselben befindliche Dampfkran als Spill verwendet wird. In die richtige Lage zur neuen Fundirung gebracht, wird nach Herablassen der Stützen die schwimmende Rüstung an den letzteren um etwa 0,6 m angehoben, sodass das Deck über Fluthöhe freiliegt, worauf die Ventile im Boden der seitlichen Hauptpontons geöffnet werden, um durch das einlaufende Wasser die Rüstung so zu beschweren, dass jede Möglichkeit des Treibens oder Schwimmens bei höheren Flutströmungen genommen ist.

Beim Bau der Mauern des Hafenuais in Antwerpen, die zum großen Teil 100 m vom Ufer entfernt im Fluss hergestellt werden mussten, kam ein schwimmendes Gerüst³⁰⁸⁾ zur Anwendung, das auf zwei in einer Entfernung von 10 m untereinander verbundenen Pontons von 26 m Länge und 5 m Breite errichtet war und aus 10 Trägern von 12 m Höhe bestand. Es diente zum Befestigen und Abnehmen der Schutzwände auf den Caissons, sowie zur Führung derselben während der Aufmauerung und wurde mittels 12 Winden an Ketten, die an Ankern von je 500 kg befestigt waren, zur Stelle gezogen.

Zur Materialzufuhr sowie zum Aufbau der Pfeiler über Wasser ohne Anwendung von Gerüsten hat man sich vielfach schwimmender Krane bedient. Bei der Victoria-Brücke bei Montreal³⁰⁹⁾ bestanden dieselben aus Flößen mit Mastenkranen, sogenannten »Derricks«. Bei der großen Weserbrücke bei Bremen³¹⁰⁾ waren es Fahrzeuge von circa 150 t Tragfähigkeit mit entsprechenden Kranen, die mit Hilfe der festen Uferkrane beladen neben den Pfeiler gebracht und da vor Anker gelegt wurden. Die Quader gelangten dann direkt durch den Schiffskran zur Versetzung. Für den Transport der Backsteine zur Hintermauerung dienten kleinere Fahrzeuge, aus denen dieselben ohne Hebevorrichtung heraufgereicht wurden.

In gleicher Weise geschah das Aufmauern der Pfeiler von der Donau-Brücke der Budapester Verbindungsbahn³¹¹⁾ (siehe Fig. 16, Taf. XX) mit Hilfe eines schwimmenden Dampfkranes bis zur Höhe desselben, worauf zur Höherführung die Montirungsgerüste der Eisenkonstruktion benutzt wurden.

Einen schwimmenden Kran von bedeutender Höhe, der zum Bau der Pfeiler von der Bismarck-Brücke über den Missouri³¹²⁾ diente, zeigen Fig. 20 u. 21. Er bestand aus einem rechteckigen Boot mit Auslegerkran, der von einer Dampfwinde bedient wurde.

³⁰⁸⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1882 II. S. 231. — Ein ähnlicher Fall findet sich in Ann. d. ponts et chaussées. 1881 I. S. 323. — Siehe auch Litteraturverzeichnis. — ³⁰⁹⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1860. S. 539. — ³¹⁰⁾ Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1869. S. 286. — ³¹¹⁾ Daselbst. 1877. S. 29. — ³¹²⁾ Engineering. 1884 I. S. 123. — Ein ähnlicher Kran findet sich in The Railroad Gazette. 1880. S. 653, 659 u. 665.

Auch zur Aufstellung von Montirungs- und Lehrgerüsten, sowie zum Transport und zum Heben von Eisenkonstruktionen haben derartige schwimmende Krane namentlich da, wo eine Dienstbrücke vermieden werden sollte, Verwendung gefunden. Fig. 17 bis 19 zeigen die Benutzung dreier gekuppelter und mit einem Bretterboden versehener Schiffe zur Errichtung der Lehrgerüste für die Maas-Brücke im Benediktsthale bei Lüttich³¹³⁾ (1839—1842). Die Lehrgerüste wurden in liegender Stellung eingefahren und mittels Flaschenzügen, die an den Masten befestigt waren, durch Winden aufgerichtet. In ähnlicher Weise erfolgte die Anstellung der Montirungsgerüste für die Mosel-Brücke bei Eller³¹³⁾ (1876—1878) vom Wasser aus mit Hilfe von Laufkränen, die auf Schiffen standen, welche auch später beim Heben der zu größeren Stücken verbundenen Eisenteile vorteilhafte Verwendung fanden.

Während beim Hafengebäude in Cette³¹⁵⁾ das Versetzen der Betonblöcke mittels Flößen, die aus zwei großen hölzernen Tonnen von 7 m Länge und 2,4 m Durchmesser bestanden, bewirkt wurde, diente zu gleichem Zweck beim Bau der Quaimauern des New-Yorker Hafens, wo Blöcke von 100 t Gewicht zu versetzen waren, ein besonders konstruierter schwimmender Kran³¹⁶⁾, der aus einer cylindrischen 20 m hohen Mittelsäule von 1,05 m Durchmesser, aus 16 mm starkem Blech gebildet, bestand, welche unter Vermittelung von 28 Kugeln aus Hartguss von 150 mm Durchmesser auf einem gusseisernen Schuh aufruhete und durch 12 hölzerne Streben von 33/33 cm Stärke und 18,89 m Länge in der Weise gestützt wurde, dass der gusseiserne Schuh in einer Höhe von 14 m seitlich mit denselben verbolzt und außerdem durch 12 Bolzen mit dem oberen gusseisernen Kopfstück, in welchem die Streben sich vereinigen und welches der Mittelsäule als Halslager diente, verbunden war. Mit ihren unteren Enden steckten die Streben in einem gusseisernen Kranz von 12,19 m Durchmesser. In geringer Höhe über dem die Streben vereinigenden Kopfstück befand sich ein großes Mittelstück für den horizontal liegenden 32 m langen eisernen Ausleger des Kranes, der an einem Ende zweiteilig, am anderen einteilig ausgeführt war; der einteilige Arm diente als Gegengewicht, der andere als Bahn für die Laufkatze. Entsprechend den großen Dimensionen des Kranes sind auch die durch Dampf getriebenen Bewegungs- und Hebevorrichtungen von kolossaler Größe, die Steuerungsapparate jedoch so eingerichtet, dass ein einziger Arbeiter zur Bedienung derselben genügte.

Das den Kran tragende Fahrzeug hat 25,6 m Länge, 22,86 m Breite, 3,66 m Höhe und ist in Abständen von je 3,05 m durch Längs- und Quergitter aus Holz verstrebt. Das hintere Ende wurde zu wasserdichten Räumen benutzt, die mittels Siphons gefüllt und geleert werden konnten, um das erforderliche Gegengewicht herstellen zu können. Ohne Kran hatte das Fahrzeug 0,62 m, mit dem Kran 1,14 m und mit vier Betonblöcken beladen 1,83 m Tiefgang. Der Kran wurde 1872 in einem Werke New-Yorks gebaut und kostete 125 000 Dollars.

³¹³⁾ Allgem. Bauzeitg. 1845. S. 261. — Siehe ferner: Gerüste und Lehrgerüste der Brücke Saint Michel zu Paris. Nouv. ann. de la construction. 1858. S. 44. — ³¹⁴⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1883. S. 428. — Siehe auch: Montirung des eisernen Oberbaues der Rhein-Brücke bei Wesel. Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1879. S. 504. — ³¹⁵⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1858. S. 577. — ³¹⁶⁾ Deutsche Bauzeitg. 1878. S. 181 u. 182. — Ein Pontonschiff eigenartiger Konstruktion für den Transport großer Blöcke, beim Hafengebäude von St. Jean de Luz angewendet, findet sich beschrieben in Ann. d. ponts et chaussées. 1881 II. S. 168.

C. Maschinelle Einrichtungen für den freischwebenden Vorbau und die Montirung von Hängebrücken.

I. Freischwebender Vorbau.

§ 30. **Vorrichtungen für Bogenbrücken.** Wie bereits in der Einleitung hervorgehoben wurde, eignet sich die Methode des freischwebenden Vorbaues am meisten für Bogenbrücken. Die erste nach dieser Methode errichtete Bogenbrücke ist die von Kapitain J. B. Eads erbaute, im Juni 1874 fertiggestellte St. Louis-Brücke über den Mississippi³¹⁷⁾, welche drei Spannweiten, zwei seitliche von je 153,01 m und eine mittlere von 158,5 m besitzt, die mit je vier Fachwerkbogen, deren Gurtungen aus Stahlröhren von 3,6 m Länge und 0,457 m äußerem Durchmesser gebildet sind, überspannt werden.

Die Berechnung ergab, dass die Träger auf $\frac{1}{4}$ der Spannweite sich frei tragen konnten, wenn die Enden genügend verankert wurden. Befestigte man den Endpunkt dieses Viertelbogens durch Kabel an einem über dem Pfeiler errichteten Gerüst (siehe Fig. 6, Taf. XXI), so konnte man also das zweite Viertel ebenfalls wieder freitragend montiren und so von beiden Seiten vorgehend die Mitte erreichen. Nachdem die beiden mittleren Trägerwände einer Öffnung montirt waren, konnten für die beiden äußeren Tragwände, die nur bis zum 12. Knotenpunkt gleichmäßig mit den ersteren montirt wurden, Aufhängekabel entbehrt werden, indem dieselben von da ab nachträglich von den mittleren Trägern aus auf vorkragenden Gerüsten zusammengesetzt wurden.

Für jede halbe Spannweite bestand das System der Aufhängung der Bogenrippen aus Haupt-, Neben- und Hilfskabeln.

Die Hauptkabel bestanden aus schmiedeisernen Gelenkstangen von 7,4 m Länge und 0,025 m Dicke, abwechselnd sieben Stangen je 0,152 m und sechs Stangen je 0,178 m breit. Sie griffen mittels Klammern in den Knotenpunkten 12 (siehe Fig. 6) an, waren an den Landseiten über die Gerüsttürme geführt und hinter denselben entsprechend verankert. Auf den Mittelpfeilern hielten sich die Rippen der Mittel- und Seitenöffnung an den über die Pfeilergerüsttürme geführten Kabeln das Gleichgewicht. Zur Ausgleichung der Temperatureinflüsse auf die Kabel waren, wie S. 81 beschrieben, die Gerüsttürme auf selbstthätig wirkende hydraulische Pressen gesetzt.

Die Nebenkabel, aus abwechselnd drei Stangen von $17,8 \times 3,175$ cm und vier Stangen von $16,5 \times 2,5$ cm gebildet, waren über einfache Sattelböcke geführt und an den Widerlagern respektive Pfeilern verankert. Sie wurden an den Knotenpunkten 6 und 18 ebenfalls durch Klammern befestigt und dienten namentlich dazu, die mittleren Träger während der Montirung der seitlichen Rippen in ihrer Höhenlage zu erhalten und die Hauptkabel zu entlasten. Zu ihrer Justirung genügten eingeschaltete Justirschrauben.

³¹⁷⁾ Engineering. 1871 I. S. 80. — 1872 II. S. 245. — 1874 II. S. 69. — 1875 I. S. 17. — Ann. d. ponts et chaussées. 1877 II. S. 1. — The St. Louis Bridge by C. M. Woodward. St. Louis. 1881. G. J. Jones and Co.

Die Hilfskabel endlich dienten während der Montirung zum Aufhängen jedes dritten Knotenpunktes, wobei dieselben über einfache Sattelböcke von wechselnder Stellung geführt und am Widerlager respektive Pfeiler befestigt wurden. Derartige Hilfskabel waren höchstens drei gleichzeitig im Gebrauch, so dass das am Knotenpunkt 3 benutzte Kabel entfernt wurde, wenn die Knotenpunkte 6 und 9 aufgehängt waren. Vom Punkt 12 an kamen ebenfalls gleichmäßig von drei zu drei Knotenpunkten solche Kabel zur Anwendung, die über ein im Punkte 12 errichtetes Satteljoch *b* geführt und an den Auflagerplatten der Widerlager befestigt wurden. Das Kabel 9 wurde entfernt, als der Knotenpunkt 12, Kabel 15, als der Knotenpunkt 18 erreicht war. Nur die Kabel 6, 12 und 18 blieben bis zum Ende der Montirung.

Vor dem Versetzen der Endröhren befestigte man auf den in bestimmter Neigung an die Widerlager geschraubten gusseisernen Auflagerplatten die schmiedeisernen Muffen, welche die Enden der Röhren aufnehmen sollten. Hierauf versetzte man die ersten Röhren der vier Tragrippen, deren obere Enden genau gerichtet wurden, was in horizontaler, vertikaler und seitlicher Richtung durch kleine Verschiebungen der Muffen auf den Unterlagen vermöge eines gewissen Spieles der Bolzen in den Befestigungslöchern und durch Unterkeilen der Auflagerplatte geschehen konnte.

Die Montirung der Bogenrippen selbst erfolgte mit Hilfe eines Kranarmes, der an die obere Gurtung befestigt wurde und sowohl das zu Schiff herbeigeführte Material hob, als auch zum Halten der einzelnen Konstruktionsteile während ihrer Befestigung diente.

Das dabei angewendete Verfahren wird durch Fig. 7, Taf. XXI, veranschaulicht. Man montirte bei einer neuen Kranstellung stets zuerst ein Röhrenstück der unteren Gurtung, indem man dasselbe durch die Flaschenzüge f_1 und f_2 in die richtige Lage brachte und es mit dem vorhergehenden durch Muffen verband, die aus zwei Teilen bestanden und mit Vorsprüngen in entsprechende Vertiefungen der Röhrenenden eingriffen. Die zuerst an die Verbindungsstelle *a* gebrachte Halbmuffe *A* enthielt ein Loch für das breitere Ende des stählernen Verbindungsbolzens, der nach Anpassung der Halbmuffe mit demselben Seil *l* aufgezogen und eingesteckt wurde. Die zweite Hälfte der Muffe folgte und beide Teile wurden hierauf zusammengebolzt und die Strebe *B* an den Enden des Stahlbolzens befestigt. Ohne den Kranbalken *K* zu versetzen, geschah hierauf das Aufbringen und Befestigen des an das Ende *b* anzusetzenden oberen Gurtstückes in derselben Weise, nur wurde die Handleine *l* über die Rolle *r* gelegt. War die Kuppelung im Punkte *b* vollendet, so galt als nächste Arbeit die Anbringung der Strebe *ab*, wobei der Punkt *b* durch eine Winde, die sich gegen die untere Röhre *R* stützte, angehoben werden musste, da jedesmal eine Senkung des Punktes *b* infolge der vermehrten Belastung durch das Aufbringen des nächsten Röhrenstückes stattgefunden hatte. Beim Einsetzen der Streben von der anderen Richtung musste das Entgegengesetzte geschehen, das heißt die Röhrenenden mussten durch Flaschenzüge einander genähert werden. In dieser Weise vorgehend und gleichzeitig das Trägersystem in horizontaler Richtung versteifend, gelangte man mit den vier Trägerrippen gemeinschaftlich bis zum Knotenpunkte 12, von wo ab zunächst nur die beiden mittleren Rippen weitergeführt und zum Schluss gebracht wurden.

Beim Schließen des ersten Bogens bemerkte man, dass trotz der sorgfältigen

Messungen die Bogenenden nicht übereinstimmten und die Schlusstücke nicht eingepasst werden konnten. Nachdem man vergebens bemüht gewesen war, die vertikale Abweichung durch Anspannen der Kabel und durch Abkühlung der Röhren mittels Eis zu beseitigen, musste man besondere bereits vorbereitete Schlusstücke, welche mit verstellbaren Schrauben ausgefütert waren, zur Anwendung bringen, die in der Folge bei allen Bogen Verwendung fanden und mit denen das Schließen zur Zufriedenheit gelang.

Bevor die Bogen geschlossen wurden, ließ man in das Innere derselben einen Behälter von entsprechendem Querschnitt mit durchlöcherter Wandungen, mit Blei beschwert und auf Rollen aufruhend, an einem mit Gelenken versehenen Gasrohr von der Länge eines halben Bogens hinab. Durch eine Pumpe wurde ein bituminöser sehr flüssiger Firnis hineingepumpt, der mit Gewalt aus den Öffnungen des Behälters herausspritzend sämtliche Zwischenräume und Verbindungsstellen ausfüllte. Als dieser Apparat brach, ersetzte man ihn durch ein am Ende geschlossenes, auf seine ganze Länge durchlöcherter Gasrohr mit Gelenken.

Nach dem Muster der Douro-Brücke bei Oporto³¹⁸⁾ und ausgerüstet mit den dort gemachten Erfahrungen wurde in den Jahren 1880—1884 von der Brückenbaufirma G. Eiffel in Levallois-Perret bei Paris der Viadukt von Garabit³¹⁹⁾ in der Linie Marvejols-Neussargues erbaut, bei welchem die große Bogenöffnung von 165 m Spannweite bei 51 m Pfeil ebenfalls freischwebend vorgebaut wurde; siehe Fig. 5, Taf. XXI.

Nach Fertigstellung des Mauerwerks der Widerlager und nach Errichtung der eisernen Pfeiler der Nebenöffnungen schob man von beiden Brückenenden aus die unterdessen in der Verlängerung der Brückenaxe montirten Gitterträger vor (siehe S. 37), sodass sie um sechs Felderlängen in die Öffnung des großen Bogens hineinragten und zur Verankerung der vorkragenden Teile des Bogens dienen konnten. Zu diesem Zweck waren die Gitterträger außerdem hinter den äußersten Widerlagern an jedem Brückenende mit 28 Kabeln verankert, sodass sie die Horizontalkomponente, die eisernen Pfeiler dagegen die Vertikalkomponente des Zuges von im Maximum 300 t, welcher von der an ihnen aufgehängten Last ausgeübt wurde, aufzunehmen im Stande waren.

Zur Aufstellung der Bogenenden dienten für die ersten beiden Felder an beiden Bogenenden kurze Gerüste, deren Oberfläche eine der unteren Gurtung entsprechende Neigung besaßen. Die Konstruktionsteile der folgenden Felder wurden jedoch beidseitig frei montirt, indem das Material auf der 33 m über dem Wasserspiegel der Truyère in der Brückenaxe errichteten Dienstbrücke mittels Rollwagen zugeführt wurde; siehe Fig. 5, Taf. XXI.

Die Vorkehrungen zum Heben und Montiren der einzelnen Konstruktionsteile waren folgende: Auf den jedesmaligen Endpunkten der oberen Gurtung befand sich ein horizontal liegender Balken, der als Schwelle für ein Bockgestell diente,

³¹⁸⁾ Mémoires de la société des ing. civ. 1878. S. 741. — Engineer. 1878 II. S. 29, 38, 94. — 1879 I. S. 40, 57, 75, 93, 131, 183. — Engineering. 1878 I. S. 485. — 1878 II. S. 58. — Ann. industr. 1879. Febr. u. März. S. 135, 164, 198, 227, 266, 295. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1879. S. 539. — Wochenschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1878. S. 143. — Handb. d. Ing.-Wiss. II. Band. 2. Abt. Kap. XV. S. 791. — ³¹⁹⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1881. No. 13. — 1884. No. 20. S. 200. — Wochenschr. d. Österr. Arch. u. Ing. Ver. 1884. S. 159. — Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1884. S. 54. — Revue générale des chemins de fer. 1884. Juni.

das gegen die Thalsohle hin ein wenig vorgeneigt war. Auf beiden Seiten dieses Gestelles befanden sich kleine mit Geländern versehene Arbeitsplattformen, auf denen die den Kran bedienenden Arbeiter Platz fanden. Die auf der Dienstbrücke angefahrenen Konstruktionsteile wurden nun mittels Ketten gehoben und versetzt, welche über Rollen liefen, die am oberen Querbalken des Krangestelles an verschiedenen Stellen befestigt waren. Außerdem trug dieser Querbalken Hängegerüste für die die Konstruktionsteile verbindenden Arbeiter, zu deren Sicherung gegen das Hinabstürzen unter den Hängegerüsten Netze gespannt waren. Je nach dem Fortschritt der Montirung wurde das Krangestell parallel zu sich selbst von Feld zu Feld verschoben.

Zum Heben leichterer Konstruktionsteile dienten außerdem noch zwei Laufwagen, die von einem Stahlkabel k getragen wurden, das über die ganze Weite von 177 m zwischen den auf den Pfeilern errichteten Holztürmen h gespannt war. Von denselben Holztürmen aus wurden die Krangestelle mittels Kabel im Gleichgewicht erhalten, während ihre Schwelle an der oberen Gurtung des Bogens befestigt war. Unter Benutzung dieser beiden Hebevorrichtungen schritt die Montirung des Bogens rasch vor sich, stets gehalten durch Stahlkabel, die entsprechend der zu tragenden Last und der Größe der Auskragung an Zahl von 20 bis zu 24 zunahmten und ihre Angriffspunkte entsprechend wechselten. Der Bogenschluss wurde dadurch ohne Schwierigkeiten bewerkstelligt, dass die beiden Bogenhälften in einer um 8 bis 10 cm steileren Lage montirt wurden. Hierdurch ergab sich beim Einsetzen des Schlußstückes im Untergurt ein Spielraum von 85 mm, der durch allmähliches Nachlassen der Aufhängekabel bis zum genauen Passen reduziert wurde. Dies Verfahren beanspruchte drei Tage und war am 26. April 1884 beendet.

Die Stahlkabel bestanden aus einer Seele von Hanf und aus acht Litzen von 19 Drähten von je 2,4 mm Durchmesser. Sie widerstanden bei der Probe einem Zug von 125 kg und konnten 16 mal ohne zu brechen hin- und hergebogen werden.

Die Befestigung dieser Kabel, welche große Schwierigkeiten darbot, wurde von Eiffel bereits bei der Montirung der Douro-Brücke in der auch hier angewandten Weise dadurch ermöglicht, dass die Kabelenden in das konisch geformte Loch einer schmiedeeisernen Hülse gebracht, die Drähte längs der Wandungen desselben entfaltet und in dieser Lage durch Einführen eines hineinpassenden hohlen Kegels erhalten wurden, um dessen breiteren Rand die Drahtenden umgebogen und durch Eingießen einer leicht schmelzbaren Metalllegirung zu einer zusammenhängenden Masse vereinigt werden konnten. Dieser so hergestellte kräftige Kopf fand sodann eine feste Unterstützung auf eisernen Trägern, die oberhalb des Pfeilers in der Querichtung der Fahrbahnträger auf den oberen Gurtungen derselben angeordnet, jedesmal alle Köpfe einer Serie von Kabeln aufnahmen und durch Keile und hydraulische Pressen in ihrer Höhenlage regulirt werden konnten. Die beiden Enden eines Kabels waren stets in der beschriebenen Weise nebeneinander gelagert, während das Kabel selbst sich um den zu verankernden Konstruktionsteil mittels eines halbcylindrischen Sattels von 0,6 m Durchmesser herumlegte, wodurch jede schädliche Biegung vermieden wurde.

Die Anwendung der vorhin beschriebenen, von Fach zu Fach vorzuschiebenden Bockgestelle hat außer der Mehrbelastung des vorkragenden Trägerendes noch die Nachteile, dass nur leichte von Hand bedienbare Hebeapparate angewandt werden können und dass der fortwährende Wechsel der Stellung, das immer wieder notwendig werdende Vorschieben eine häufige Unterbrechung der Arbeit und daher große Zeitverluste zur Folge hat. Diese Nachteile sowie das Erfordernis, während

der Montirung zu wiederholten Malen an dieselbe Stelle zurückkehren zu müssen, indem nach dem Schluss der unteren Gurtung des Bogens die mittleren Felder, die obere Gurtung, die obere Fahrbahn aufgebracht und endlich die untere Fahrbahn angehängt werden musste, veranlasste den Ingenieur der Brückenbaugesellschaft von Willebroeck, Herrn Th. Seyrig zur Montirung des großen Bogens der Straßenbrücke Luiz I über den Douro bei Oporto³²⁰⁾ eine Drahtseilbahn zu benutzen, deren Rollwagen von den Pfeilern aus gehandhabt wurden.

Die Brücke Luiz I verbindet in zwei 5 m übereinander befindlichen Höhenlagen Oporto mit Villanova, indem ein Fachwerkbogen von 172,5 Stützweite, den Douro überspannend, sowohl oberhalb als unterhalb in der Lage der Bogensehne an ihm angehängt je eine Fahrbahn von 8 m Lichtweite trägt. In Fig. 35 ist die untere Fahrbahn gestrichelt angedeutet. An diese große Bogenöffnung schließen sich zur ferneren Unterstützung der oberen Fahrbahn auf der Seite vor Villanova zwei Öffnungen von 42,25 m und 33,8 m Stützweite an, welche durch kontinuierliche Fachwerkträger mit parallelen Gurtungen, auf eiserner Pfeiler sich stützend,

Fig. 34.

M. 1 : 2000.

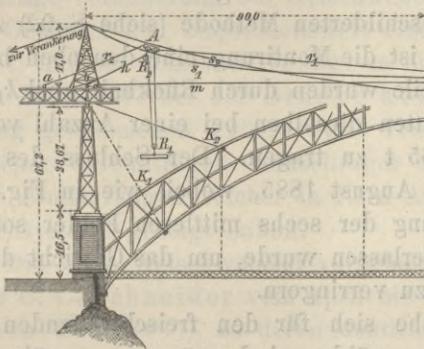
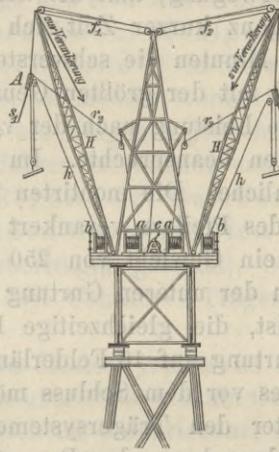


Fig. 35. M. 1 : 500.



überbrückt sind. Die ganze Brückenlänge beträgt zwischen den Widerlagern 391,75 m. Die obere Fahrbahn liegt 62,25 m über dem Wasserspiegel; die untere Bogenlaibung besitzt eine Pfeilhöhe von 44,6 m, die obere eine solche von 52,6 m. Der Bogen besteht aus zwei Hauptträgern, die in einer Neigung von 9,58 % gegen die Senkrechte liegen, an ihren Enden in einer Entfernung von 16 m auflagen und im Scheitel sich auf 6 m nähern.

Die Montirung erfolgte in der Weise, dass nach Fertigstellung der Pfeiler die Träger der Seitenöffnungen bis zu 12 m in die große Bogenöffnung hereinragend übergeschoben wurden (siehe S. 38), worauf der freischwebende Vorbau des großen Bogens begann. Zu letzterem Zweck spannte man zwei Drahtkabel s_1 und s_2 , siehe obenstehende Fig. 34 u. 35, über den Fluss, führte dieselben über die Enden zweier Kranarme H , welche mittels Gelenken in einer senkrecht zur Brückenaxe stehenden Ebene bewegt werden konnten und neben den über den Seitenpfeilern errichteten pyramidalen eisernen Gerüsten auflagerten. Die Enden der Kabel, von denen in Fig. 34 das Kabel s_1 belastet, s_2 dagegen unbelastet erscheint, waren hinter den Kranarmen an der Fachwerkkonstruktion verankert. Auf denselben rollten kleine Wagen A , an denen je eine Lastrolle R_2 hing und die durch die Seile r_1 und r_2 von den Pfeilern aus bewegt werden konnten. Das

³²⁰⁾ Mémoires de la société des ing. civ. Jan. 1886.

Seil m versah denselben Dienst für den entsprechenden Rollwagen auf der anderen Hälfte. Das Lastseil war mit dem einen Ende am Wagen A befestigt, lief um eine lose Rolle R_1 und über die feste Rolle R_2 zur Winde b , mit deren Hilfe die Konstruktionsteile aus den Schiffen gehoben werden konnten. Die oberen Enden der Kranarme endlich waren mittels Flaschenzügen f_1 und f_2 mit der Spitze der Gerüstpyramide verbunden und konnten mit der Winde c einander genähert oder voneinander entfernt werden, sodass also auch die Kabel s_1 und s_2 sich näherten oder voneinander entfernten. Durch diese Anordnung war man imstande, jeden Punkt innerhalb der herzustellenden Konstruktion zu erreichen, und hatte den großen Vorteil der für die ganze Zeit der Montirung festen unabänderlichen Stellung der Hebevorrichtungen, die es gestattete, statt Menschenkraft Motoren zur Anwendung zu bringen, und zwar erschien es hier der häufigen Unterbrechungen wegen am geeignetsten eine Gaskraftmaschine zur Anwendung zu bringen. Die Leistungsfähigkeit des ganzen Systems, verbunden mit großer Freiheit der Bewegung, that der Sicherheit in keiner Weise Abbruch. Die Mannschaft hatte in ganz kurzer Zeit sich dermaßen eingeübt, dass in einem Zeitraum von 30 bis 35 Minuten die schwersten Stücke (3000 kg) auf eine Höhe von 60 m gehoben und mit der größten Genauigkeit an ihren Platz gebracht wurden, während die gleiche Leistung nach der vorhin geschilderten Methode (siehe S. 92) zwei bis drei Stunden beanspruchte. Im übrigen ist die Montirung eine den oben beschriebenen ähnliche. Die montirten Trägereile wurden durch Rückhaltkabel k_1 und k_2 oberhalb des Pfeilers verankert und hatten dieselben bei einer Anzahl von 6 bis 16 Stück ein Gewicht von 250 t bis 365 t zu tragen. Der Schluss des Bogens geschah in der unteren Gurtung am 11. August 1885, wobei, wie in Fig. 34 angedeutet ist, die gleichzeitige Herstellung der sechs mittleren Felder sowie der oberen Gurtung auf 10 Felderlängen unterlassen wurde, um das Gewicht des mittleren Teiles vor dem Schluss möglichst zu verringern.

Unter den Trägersystemen, welche sich für den freischwebenden Vorbau eignen und noch zu den Bogenträgern zu zählen sind, wären zu erwähnen: Der kontinuierliche Bogenkettenträger³²¹⁾ nach Patent Scharowsky, der von den Pfeilern aus gleichmäßig nach beiden Seiten bis zum Schluss in der Mitte vorgebaut werden soll, und diejenigen Trägersysteme, bei denen die Bogenträger zur Hälfte oder zu zwei Dritteln ihrer Pfeilhöhe über die Fahrbahnträger hinausragen und dieselben daher in zwei Punkten durchschneiden. Zu diesen letzteren Systemen gehören: Das Projekt von M. am Ende zur Forth-Brücke³²²⁾ und die Konkurrenzprojekte der Baufirmen: Ph. Holzmann & Co., sowie Röhlisberger & Simons zur Donau-Brücke bei Cernawoda³²³⁾.

Letztere beabsichtigten zur Überbrückung der drei großen Öffnungen von 200,7 m Stützweite von den Pfeilern aus die unteren Bogenteile zweier benachbarter Öffnungen gleichmäßig Feld für Feld zusammensetzen, sodass sie, gegeneinander durch über die Pfeiler laufende Kabel verankert, sich gegenseitig das Gleichgewicht hielten, während an den Widerlagern nach dem Vorbilde der St. Louis-Brücke über den Mississippi Aufhängekabel notwendig sein würden. An dem Punkt, in welchem sich die Bogen mit dem horizontalen Fahrbahnträger schneiden,

³²¹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1879. S. 367. — ³²²⁾ Centralbl. d. Bauverw. 1881. S. 276. — ³²³⁾ Schweiz. Bauzeitg. 1883 II. S. 151.

angelangt, sollte der Windverstrebungsträger, auf welchem der 2 m hohe Fahr-
bahnträger aufruhet, eingesetzt und dadurch die beiden symmetrisch zu beiden
Seiten der Pfeiler sich erhebenden Bogenschenkel miteinander zu festen Konsolen
vereinigt werden, während die vorkragenden Bogenschenkel am Widerlager durch
das Einsetzen der erwähnten Windverstrebungsträger gleichfalls zu Konsolen um-
gewandelt, am Widerlager ihre Verankerung gefunden hätten. Das mittlere Stück
des horizontalen Fahrbahnträgers von 79,5 m Länge sollte dann fertig montirt an
den Konsolen von Pontons aus mittels hydraulischer Pressen in die Höhe gezogen
werden und einen festen Arbeitsboden für die weiteren Montierungsarbeiten abgeben,
die in der Errichtung eines Lehrgerüstes für den mittleren Bogenteil und in der
Montirung des letzteren bestanden haben würden.

§ 31. Freischwebender Vorbau von Balkenbrücken. Obgleich es der
konstruktiven Anordnung der Balkenbrücken widerspricht, dieselben freischwebend
ohne direkte Unterstützung zu montiren, so haben in einigen Fällen die örtlichen
Verhältnisse eine derartige Montirungsweise bedingt und sind außer dem Rüstträger
zur Montirung der mittleren Öffnung der Inn-Brücke bei Königswart³²⁴⁾ die
Kentucky-Brücke³²⁵⁾ in Amerika und die Dal-Brücke³²⁶⁾ in Schweden durch
rückwärtige Verankerung bei freischwebendem Vorbau montirt worden.

Geeignet und empfehlenswert erscheint dieses Vorgehen jedoch, wie schon
erwähnt, nur bei dem von Gerber in den 60er Jahren erfundenen und zum ersten
mal im März 1867 bei der Brücke über die Regnitz bei Bamberg zur An-
wendung gekommenen Träger mit freiliegenden Stützpunkten (auch kon-
tinuirlicher Gelenkträger, Konsolträger oder Gerberträger genannt), wie dies die
kühnen Ausführungen solcher in Nord-Amerika, dort Cantilever-Träger benannten
Brückensysteme gezeigt haben.

Die erste freischwebend vorgebaute Brücke dieses Systems ist die von In-
genieur C. C. Schneider vom April bis zum Dezember 1883 erbaute Cantilever-
Niagara-Brücke³²⁷⁾, zu deren Montirung nachstehend beschriebener Montirungs-
kran zur Anwendung kam, dessen Details Verfasser der gütigen Mitteilung des
Herrn Schneider verdankt.

An den äußersten Rand der steil abfallenden Felsenufer des an der Bau-
stelle circa 130 m breiten und 61 m tiefen, in reißenden Stromschnellen dahin-
schießenden Niagaraflusses vorgeschoben, wurden die beiden auf einem Steinsockel
aufruhenden eisernen Mittelpfeiler angeordnet, sodass die zu überbrückenden Spann-
weiten 53,34 m, 144,77 m und 59,48 m betragen. Die auf den 41 m hohen Eisen-
pfeilern aufruhenden Konsolträger ragen je 53,34 m in die Mittelöffnung hinein,
sodass der auf ihnen in Gelenken aufruhende Mittelträger eine Länge von 38,09 m
besitzt. Die Höhe der Schienen über dem Wasserspiegel beträgt circa 71 m.

Die Montirung geschah in der Weise (siehe Fig. 1, Taf. XXI), dass in den
beiden Uferöffnungen feste Gerüste errichtet wurden, die unter Zuhilfenahme eines

³²⁴⁾ Zeitschr. d. Bayr. Arch. u. Ing. Ver. 1876. S. 1. — Handb. d. Ing.-Wiss. II. Band.
2. Abt. Kap. XV. S. 763. — ³²⁵⁾ Railroad Gaz. 1877 I. S. 29, 403, 413, 423, 428. — Deutsche Bau-
zeitg. 1879. S. 220. — Zeitschr. f. Bauk. 1878. S. 566. — Handb. d. Ing.-Wiss. II. Band. 2. Abt.
Kap. XV. S. 779. — ³²⁶⁾ Scient. American. 1876. Suppl. März. — Handb. d. Ing.-Wiss. II. Band.
2. Abt. Kap. XV. S. 780. — ³²⁷⁾ Deutsche Bauzeitg. 1883. S. 341. — 1884. S. 293. — 1885.
S. 238. — Centralbl. d. Bauverw. 1884. S. 56. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884. S. 385.

gewöhnlichen Baukranes zur Montirung der eisernen Pfeiler sowohl als auch der beiden Uferarme dienten. Die Zusammensetzung der letzteren begann mit dem Felde über den Pfeilern und schritt gleichmäßig an beiden Ufern den Widerlagern zu vor. Nach Aufstellung der Uferarme und nach Verankerung derselben an den Widerlagern durch je vier Zugstangen von 87 qem Querschnitt begann der freischwebende Vorbau der mittleren Spannweite mit Hilfe zweier in Fig. 2 bis 4, Taf. XXI, dargestellter Montirungskrane, indem auf jeder Seite des Flusses von den Pfeilern aus, Feld für Feld verbauend, der Konsolträger mit dem mittleren eingehängten Fachwerkträger von 38,09 m Länge gleichzeitig montirt wurde, bis in der Mitte der Schluss stattfinden konnte und nach Entfernung der provisorischen Versteifungen der mittlere Teil in seinen Gelenken freihing.

Fig. 1 veranschaulicht den Vorgang bei der Montirung auf dem rechten Flussufer. Der Uferarm ist als vollendet und verankert angenommen und zwei Felder der Mittelöffnung bereits angehängt. Der Montirungskran ist eben vorgeführt und in Bereitschaft, die Konstruktionsteile des dritten Feldes zusammenzusetzen.

Die auf diese Weise schnell und sicher erfolgte Aufstellung der Niagara-Brücke ist in erster Linie dem Umstande zuzuschreiben, dass alle Teile speciell mit Rücksicht auf die gewählte Montirungsart konstruirt und systematisch mit zweckentsprechenden Hilfsmaschinen gehandhabt wurden. Zu diesen Hilfsmaschinen gehören namentlich die erwähnten Montirungskrane. Dieselben bestanden (siehe Fig. 2 bis 4) aus einem hölzernen mit eisernen Zugstangen verstrebtten Gestell, das auf vier Stahlaxen *aa* aufruhrt, welche vier gusseiserne, auf den Längsträgern der Brücke laufende Räder trugen, wodurch die Verschiebbarkeit in der Richtung der Brückenaxe ermöglicht wurde. Seine Stabilität während der Montirung eines Feldes erhält das Krangestell durch Klammerhaken *bb*, welche die obere Gurtung der Brückenquerträger umfassten und durch je eine Mutter am oberen Ende des mit ihnen verbundenen Bolzens fest angezogen werden konnten.

An diesem Gestell hängen an eisernen Stangen, welche durch Passstücke die notwendige Verlängerung oder Verkürzung erhalten konnten, die Arbeitsböden *cc*, auf denen die Monteure einen hinreichend sicheren, wenn auch nicht vollkommen schwindelfreien Stand fanden.

Zur Handhabung der zusammenzusetzenden Konstruktionsteile dienten zwei Drehkrane *dd*, die innerhalb des Gestelles so angeordnet waren, dass sie die Brückenteile von den auf den Schienen *ee* laufenden Transportwagen abhoben, an die erforderliche Stelle herabließen oder einem der am oberen Querbalken *Q* befestigten Flaschenzüge *ff* übergeben konnten.

Die für die Krane und Flaschenzüge erforderliche Betriebskraft lieferte eine 15pferdige Dampfmaschine *h* von 0,203 m Hubhöhe, bei einem Cylinderdurchmesser von 0,184 m, welche ebenfalls innerhalb des Krangestelles Aufstellung gefunden hatte und einen Röhrenkessel *g* von 0,965 m Durchmesser und 2,135 m Höhe besaß.

Wie die Zeichnung veranschaulicht, setzte dieselbe mittels einer Welle *l* und Zahnradübersetzungen die Windtrommeln *kk* in Umdrehung, wodurch die Seile der Drehkrane und Flaschenzüge angezogen oder nach erfolgter Umschaltung nachgelassen werden konnten. Dieselbe Dampfmaschine ermöglichte auch die Vorwärtsbewegung des Krangestelles, indem zu diesem Zweck die in der Zeichnung

— angegebenen Seile an die äußersten Querträger befestigt, um die Rollen *nn* geführt und um die Windtrommeln geschlungen wurden. Bevor die Klammern gelöst und das Signal zum Vorschieben gegeben werden konnte, war es jedoch erforderlich, das hintere Ende des Montirungskranes jedesmal genügend zu belasten, um ein Kippen des letzteren zu verhindern.

Die Aufstellung eines Feldes erforderte bei günstiger Witterung durchschnittlich einen Tag. Der schwierigste Teil bestand im Einsetzen des Mittelstückes. Dazu wurden zwei schwere Balken über das 7,3 m weite Feld geschoben, an denen man ein Hängegerüst anbrachte; dann wurde die genaue Länge der oberen Gurtung dieses Feldes gemessen, wobei sich eine Verkürzung desselben um 5,6 cm ergab. Nachdem die Stücke auf die richtige Länge gebracht worden waren, erfolgte das Einsetzen des Schlussstückes nebst den weiteren Vollendungsarbeiten.

In gleicher Weise wurde unter ganz ähnlichen Verhältnissen die Brücke über den Frazerfluss bei Lytton³²⁸⁾ im Zuge der Kanadischen Pacificbahn gleichfalls von C. C. Schneider erbaut.

Dem gleichen Trägersystem mit ähnlicher Ausführungsweise gehört die gegenwärtig im Bau begriffene, von den Ingenieuren Fowler und Baker entworfene Brücke über den Firth of Forth bei Queensferry³²⁹⁾ an, nur wird das Verfahren durch die große Länge der Konstruktionsteile, welche in einzelnen Feldern bis zu 50 m steigt und selbst unter Benutzung der Kreuzungspunkte immer noch 30 m beträgt, erheblich erschwert. Dagegen ist als ein günstiges Moment anzuführen, dass durch die Anordnung und Reihenfolge der Zusammensetzung während des Vorganges der Montirung die Konstruktionsteile sämtlich im gleichen Sinne wie beim vollendeten Zustande der Brücke, nur mit geringerer spezifischer Spannung, beansprucht werden. Zur Herstellung der einzelnen Konstruktionsteile sind besondere Werkstätten errichtet, in denen hydraulische, elektro-dynamische und Dampfmaschinen zur Bearbeitung des Materials, zur Beleuchtung und für den Transport thätig sind und Tag und Nacht 900 bis 1200 Arbeiter Beschäftigung finden. Die Installationen, die bis jetzt 2 000 000 Mark gekostet haben, sowie das Ineinandergreifen der maschinellen Hilfsmittel bei diesem Brückenbau gehören zum Großartigsten, was bis jetzt bei Ausführungen von Brückenbauten geleistet worden ist³³⁰⁾. Sie sind von dem Bauunternehmer Arrol in Gang gesetzt worden.

Die Forth-Brücke erhält auf jedem Ufer sowie auf der in der Mitte des Forth liegenden Insel Inchgarvie je vier niedrige Steinpfeiler in zwei Reihen 5,5 m über Hochwasser reichend, sodass jede der beiden Trägerwände auf ihnen zwei Stützpunkte findet. Die Pfeilerpaare stehen auf den Ufern je 47,25 m, auf Inchgarvie 82,5 m in Richtung der Brückenaxe voneinander entfernt und werden durch je ein rechteckiges Trägerfeld mit sich kreuzenden Diagonalen überbrückt. Zwischen den drei Pfeilern bilden sich zwei Öffnungen von je 521,2 m Weite. Die Durchfahrt soll in jeder derselben bei Hochwasser auf 154 m, bei Niedrigwasser auf 259 m Breite in 45,7 m Höhe freibleiben.

Von jedem der über den Pfeilern sich erhebenden Trägerfelder erstreckt sich eine Konsole von 207,3 m Länge mit gradlinig abfallender oberer und in Bogenlinie vom Pfeilerkopf ansteigender unterer Gurtung in die Öffnung hinein, sodass eine mittlere Weite von $521,2 - 2 \cdot 207,3 = 106,6$ m durch einen auf den Konsolenden ruhenden Halbparabelträger zu

³²⁸⁾ Engineering. 1884 II. No. 975. — Wochenbl. f. Bauk. 1885. S. 34. — ³²⁹⁾ Deutsche Bauzeitg. 1882. S. 530, 541. — 1883. S. 530. — 1884. S. 327. — Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1883. S. 2. — Centralbl. d. Bauverw. 1882. S. 12. — 1883. S. 401. — ³³⁰⁾ Iron. 1884 I. S. 539.

überbrücken bleibt. Um das Gleichgewicht der Eigenlast herzustellen, wird eine gleiche Konsole auf beiden Ufern außerhalb der großen Öffnungen wiederholt, sodass die ganze Länge der Trägerkonstruktion $6.207,3 + 2.106,6 + 2.47,25 + 82,5 = 1634$ m beträgt. Dabei ist über den Pfeilern eine Trägerhöhe von 104 m, an den Enden der Konsolen eine solche von 15,3 m angenommen.

Ähnlich große Abmessungen zeigt nach dem Projekt der Ingenieure J. Brunless, A. Luders-Light und T. Claxton Fiedler bei Anwendung desselben Trägersystems die demnächst zu erbauende Eisenbahnbrücke über den Lorenzstrom bei Quebec³³¹⁾, nur erhalten die 380 m langen Konsolträger bei unterer horizontaler Gurtung einen oberen gekrümmten Streckbaum. Über den Pfeilern soll der Abstand beider Gurtungen der Konsolträger 78,5 m, an den Enden etwa 10 m betragen. Die mittlere Öffnung ist zu 432,6 m, die beiden Seitenöffnungen sind zu circa 150 m lichter Weite angenommen, während der in der Mitte an die Konsolträgerenden angehängte Fachwerkträger eine Länge von 93 m erhalten soll. Dabei liegt die Unterkante der Brückenkonstruktion 46 m über Hochwasser. Die Montirung soll mit Hilfe von Drahtseilen erfolgen, die, von Pfeiler zu Pfeiler gespannt, nahezu der Form der oberen Gurtung folgen sollen. Von diesen Drahtseilen aus wird beabsichtigt, mittels Hängegerüsten die obere Gurtung zu montieren sowie die Pfosten von Knotenpunkt zu Knotenpunkt einzuhängen. Die untere Gurtung soll dann auf Rollen Teil für Teil vorgeschoben und der Windverband gleichzeitig mit der Fertigstellung der einzelnen Felder befestigt werden. Der mittlere in Gelenken aufruhende Fachwerkträger endlich soll fertig montiert, mit dem vorderen Ende an den Hilfskabeln hängend, vorgerollt werden oder er kann mit Hilfe der Kabel von den Konsolträgerenden aus freischwebend vorgebaut oder auch während des Winters vom Eise des Flusses aus auf festen Holzgerüsten erbaut werden.

II. Hängebrücken.

§ 32. Allgemeines. Unterscheidet man die Hängebrücken nach der Art des tragenden Konstruktionsteiles — auf dessen Montirung es hauptsächlich ankommt — als solche mit Ketten, Drahtkabeln und versteiften Trägerwandungen, so ergibt sich für die Montirung aller Arten als Notwendigkeit die Herstellung eines hängenden Dienststeiges oder das Ausspannen von Hilfsseilen zum Tragen von Fahrstühlen, wenn die Kabel oder Ketten nicht in fertigem Zustande aufgezogen werden können, was nur bei kleinen Spannweiten als zulässig erscheint. Bei der letztgenannten Art der Hängebrücken ist die Montirung der versteiften Tragwände auf festen Gerüsten nicht ausgeschlossen, wenn die örtlichen Verhältnisse es erlauben und besonders wenn die Trägerwände nach dem Vorschlage Köpke's dem umgekehrten Bogenträger mit drei Gelenken entsprechen, wie dies bei Errichtung des Frankfurter Fußsteiges über den Main³³²⁾ der Fall war. Hier unterscheidet sich die Montirung in keiner Weise von den bei eisernen Balken- und Bogenbrücken üblichen Montirungsarten, sodass an diese Stelle nur auf die Errichtung von Draht- und Kettenbrücken und auf die dabei üblichen maschinellen Hilfsmittel näher eingegangen zu werden verdient.

³³¹⁾ Engineering. 1885. April. — Wochenbl. f. Bauk. 1885. S. 192. — Schweiz. Bauzeitg. 1885 I. S. 106. — ³³²⁾ Handb. d. Ing.-Wiss. II. Band. 2. Abt. Kap. XV. S. 795. — Heizerling. Brücken der Gegenwart. Abt. I. Heft 5.

§ 33. **Montirungsvorrichtungen für Kettenbrücken.** Wo die Errichtung mittels fester Gerüste nicht statthaft erschien, wurden die Ketten entweder in fertigem Zustande von den Pfeilern aus aufgezogen oder von einem hängenden Steg aus oder endlich mit Hilfe eines auf Seilen laufenden Wagens zusammengesetzt. Für erstere Montirungsart bietet die Brücke von Suresne, für letztere die Point-Brücke über den Monongahela bei Pittsburgh ein Beispiel.

Brücke von Suresne³³³⁾.

Hier bestanden die Ketten aus je 10 gewalzten Bandeisenstreifen von 4 mm Dicke, die nach dem System von Flachat in Abständen von etwa 1,4 m durch gusseiserne Klemmbüchsen zusammengehalten wurden. Die Zusammenfügung der 14 bis 15 m langen Streifen geschah an diesen Bundstellen durch Umkröpfen je zweier anfangender und endigender Streifen.

Die von Ingenieur Surville 1840 erbaute Hängebrücke von Suresne besitzt eine Mittelöffnung von 62 m und zwei Seitenöffnungen von je 43,5 m Weite. Die Bandketten jeder Öffnung sind isolirt auf kleinen Rollen über die cylindrischen Köpfe der Pfeiler an diesen herabgeführt und 1 m über Niederwasser im Fuße des Pfeilermauerwerks verankert.

Die Zusammensetzung der Streifen zum Tragbande einer Öffnung geschah sogleich in der Form, die dasselbe erhalten sollte, nämlich derart, dass die Streifen in Klötze eingelegt wurden, welche genau in der Linie befestigt und mit entsprechendem Einschnitt versehen waren; dann wurden die Streifen durch Holzkeile seitlich angetrieben, darauf zunächst der Bundstellen mittels Keilzwingen zusammengepresst und zuletzt mittels der Klemmbüchsen verbunden. Der Transport erfolgte auf Räderpaaren, die in 6 bis 7 m Entfernung voneinander aufgestellt, durch 15 bis 20 Mann geleitet wurden, indem das Tragband auf seiner schmalen Kante stand und dadurch horizontale Biegungen bis zu 8 bis 10 m Radius gestattete. Jede Bandkette wurde auf einer Reihe von aneinander befestigten Kähnen eingeschifft und zum Fuß der Pfeiler gefahren. Die Ketten der Seitenöffnungen mussten zuerst aufgehängt werden, da ihre Auflager auf den Pfeilern sich innerhalb derjenigen für die Ketten der Mittelöffnungen befanden. Auch hätte der Zug beim Aufziehen der letzteren die Pfeiler umreißen können, wenn sie nicht durch die Uferketten verankert gewesen wären.

Zum Aufhissen der Bandketten von der Mittelöffnung waren die beiden Pfeiler verschiedenartig ausgerüstet; siehe Fig. 15 u. 16, Taf. XXI. Während auf dem einen Pfeiler, auf starkem über das Mauerwerk vorspringendem Untergestell, siehe Fig. 16, zwei Winden die Kette fast senkrecht in die Höhe hoben, diente auf dem anderen Pfeiler, siehe Fig. 15, eine Rolle zur Führung eines Zugseiles, das, an das Ende der Kette befestigt, dieselbe mit Hilfe von in Kähnen stehenden Winden über die Pfeilerauflager hob.

Wahrscheinlich infolge von Überanstrengung des Mauerwerks während des Aufziehens der Ketten erhielten die Tragpfeiler bei der Probelastung Risse, sodass sie erneuert werden mussten. Dies geschah ohne die Brücke zu demontiren, indem man die benachbarten Ketten je zweier Öffnungen mit Hilfe der in Fig. 14

³³³⁾ Allgem. Bauzeitg. 1843. S. 225. — Ann. d. ponts et chaussées. 1842 I. S. 342 u. 394.

dargestellten Hebevorrichtung um 0,15 m aus ihren Sätteln hob, dadurch die Tragpfeiler entlastete und hiernach das Mauerwerk abbrechen und erneuern konnte.

Je zwei der Hebevorrichtungen wurden auf jedem Pfeiler oberhalb der Kettenauflager durch ein auf dem unteren Pfeilerabsatz abgestütztes Gerüst getragen und bestanden aus je vier Schraubenbolzen *a*, die durch die Muttern *b* gehoben oder gesenkt werden konnten und an ihren unteren Enden zwischen sich Gussstücke *c* trugen, von welchen aus 8 Zugstangen *d*, die durch Schraubenmutter *e* mehr oder weniger angezogen werden konnten, nach den Zapfen der Bügel *f* gingen. Je zwei Stangen umfassten einen Zapfen. In den Bügeln *f*, die aus Schmiedeisen bestanden und deren jedem man, um das Gleiten zu verhüten, noch zwei weitere Bügel hinzufügen musste, pressten mehrere stark angetriebene Keile *h* unter Vermittelung eines Zwischenstückes *h* die Bandkette gegen ein halbrundes, im oberen Teil des Bügels eingelegtes Eisenstück *g*. Vor und hinter den Bügeln wurden kleine Eisenkeile zwischen die Walzstreifen der Kette getrieben und dadurch die letztere angeschwellt, sodass ein Herausgleiten unmöglich wurde. Durch gleichmäßiges Anziehen der Schraubenmutter *e* und *b* wurden sodann die Ketten zweier anstoßender Öffnungen gleichzeitig gehoben.

Point-Brücke über den Monongahela bei Pittsburgh³³⁴).

Bei dieser in den Jahren 1875 bis 1877 von Ingenieur E. Hemberle erbauten Hängebrücke mit zwei versteiften, aus 6,25 m langen, in Gruppen von 11 bis 14 Stück durch Bolzen miteinander verbundenen schmiedeisernen Gliedern bestehenden Tragketten geschah die Montirung der unteren Gurtung der letzteren mit Hilfe eines Laufwagens, der sich auf zwei Hilfsseilen bewegte; siehe Fig. 10, 11, 17 u. 18, Taf. XXI.

Nachdem die Rückhaltketten auf festen, in den 44,2 m weiten Seitenöffnungen errichteten Gerüsten montirt und gleichzeitig die Tragpfeiler errichtet worden waren, befestigte man erstere vorläufig an die Rollstühle und überspannte die 213,8 m weite Mittelöffnung mit zwei, aus je drei Strängen von 6,3 cm Durchmesser bestehenden Drahtseilen aus Stahldraht, die ebenfalls an den Rollstühlen durch ein kurzes Gelenkstück mit Justirvorrichtung Befestigung fanden; siehe Fig. 18. Da die Montirung der beiden Gliederketten nicht gleichzeitig erfolgte, so konnten die gleichen Drahtseile auch für die Zusammensetzung der zweiten Kette benutzt werden, indem sie zu diesem Zweck seitlich verschoben wurden.

Das Aufhängen der Hilfskabel geschah in der Weise, dass die in ihrer Länge genau gleichen und an den Enden mit schmiedeisernen Muffen versehenen Stränge, auf Rollen aufgewickelt, mit Hilfe eines Prahms an den Fuß des einen Pfeilers gefahren wurden, wo die Enden hochgezogen und am Rollstuhl befestigt wurden. Sodann bugsirte man den Prahm quer über den Fluss, wobei die Seile allmählig abgehspelt und auf die Flusssohle gesenkt wurden. Am anderen Pfeiler angelangt, wurden die Seile angespannt, aufgezoogen und an die Kuppelung angeschlossen. Nachdem sämtliche Stränge eines Drahtseiles befestigt waren, wurde

³³⁴) Deutsche Bauzeitg. 1879. S. 157, 167. — Ann. d. ponts et chaussées. 1879 II. S. 323. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1879. S. 67. — Siehe auch Handb. d. Ing. Wiss. II. Band. 2. Abt. Kap. XII. S. 558. Kap. XV. S. 795.

die Länge derselben durch die Schraubenvorrichtung regulirt, worauf sie umwickelt und verkrampft wurden, was von der Mitte aus mittels korbartiger Fahrstühle geschah, in welchen vier Arbeiter und eine kleine Feldschmiede Platz fanden. Der Länge der demnächst zu montirenden Kette entsprechend wurden in Entfernungen von 6,25 m eiserne Krampen befestigt, an welche die Kettenglieder angehängt werden sollten. Außerdem befestigte man an diesen Stellen Kreuzstreben, um die Entfernung der beiden Hilfskabel auf 1,52 m zu sichern. Die Bewegung des Fahrstuhles erfolgte vom Widerlager aus durch eine Winde mit Hilfe eines Drahtseiles.

Die Zusammensetzung der Kettenglieder geschah von der Mitte der großen Öffnung aus gleichzeitig nach den beiden Pfeilern hin, indem mit Hilfe zweier 10 m langer Laufwagen, die durch Dampfwinden von den Widerlagern aus bewegt wurden, die Eisenteile von den oberen Plattformen p , siehe Fig. 17, aufgenommen und befördert wurden, während auf ihnen befindliche Arbeiter die Zusammensetzung und das Aufhängen an die Hilfskabel besorgten.

Diese Laufwagen bestanden, siehe Fig. 10 u. 11, aus einem in a gelenk förmig sich bewegendem Rahmen mit sechs Laufrollen, in dessen Mitte an den Gelenken a eine Arbeitsplattform hing, welche durch die an den Enden befindlichen Flaschenzüge f_1 und f_2 stets in horizontaler Lage erhalten werden konnte. Der Transport der Eisenteile auf die oben erwähnte Plattform p erfolgte durch besondere Wagen von den Ufern aus bis zum Fuß der Tragpfeiler, von wo sie hinaufgehoben wurden.

Nachdem die Ketten in sechs Wochen vollendet und in die richtige Lage hinabgelassen waren, wurde nach Befestigung der Hängeeisen die Fahrbahn eingebracht, indem die Längsträger in Längen von je 30,48 m in den Seitenöffnungen zusammengenietet und von den Pfeilern aus vorgeschoben wurden. Endlich wurde noch die Versteifungskonstruktion der Ketten von einem auf den letzteren errichteten Gerüst aus montirt. Dieselbe bestand aus in der Sehne des halben Kettenbogens liegenden kastenförmigen, aus Γ -Eisen und Blechen zusammengenieteten Trägern mit Feldereinteilung des zwischen ihnen und der Kette befindlichen Segmentes.

§ 34. Montirungsvorrichtungen für Drahtseilbrücken. Nachdem im zweiten Decennium dieses Jahrhunderts in Amerika bei Errichtung von Hängebrücken statt der Ketten Drahtseile³³⁵⁾ zur Anwendung gekommen waren, fand dies auch in Europa, namentlich in Frankreich baldige Nachahmung. Dabei wurden die Drahtseile entweder in fertigem Zustande aufgehisst, was namentlich bei gedrehten Kabeln der Fall war (Lambeth-Hängebrücke in London) oder es wurden auf dem Lande fertiggestellte Stränge über die Tragpfeiler gespannt und dann in gewisser Anzahl (gewöhnlich 7) durch Umwicklung oder durch Krampen zu einem Kabel vereinigt oder endlich wurden auch die Stränge aus einzelnen parallel gelagerten Drähten in annähernd endgültiger Lage an Ort und Stelle verfertigt.

Für die Herstellung der Kabel aus parallel gelagerten Drähten empfiehlt sich die zuletzt erwähnte Art am meisten, weil nur bei dieser Herstellungsweise

³³⁵⁾ Eine der ersten Drahtbrücken ist die 1815 über den Schuylkill-Fluss bei Philadelphia erbaute.

sämtliche Drähte eines Kabels bei fertiggestellter Brücke eine gleiche Beanspruchung erfahren, während bei den im gestreckten Zustande auf dem Lande gefertigten Strängen die unteren Drähte stets eine größere Zugbeanspruchung als die oberen erleiden müssen.

Gegenüber den gedrehten Kabeln besitzen diejenigen mit parallel gelagerten Drähten den großen Vorteil, dass sie bei gleich großer Anzahl von Drähten einen geringeren Durchmesser, geringeren Materialverbrauch und größere Widerstandsfähigkeit aufweisen.

1. Einbringen fertiger Stränge oder Kabel.

Hängebrücke zu Freiburg über die Saane³³⁶⁾.

Bei dieser 1832—1834 von dem französischen Ingenieur Chaley erbauten Drahtseilbrücke wurden die zwanzig 374,24 m langen Stränge jedes der vier Tragseile in horizontaler Lage in einer Werkstatt angefertigt, die nur halb so lang war, sodass beide Enden eines Stranges während der Anfertigung sich auf derselben Seite befanden, die Mitte dagegen sich um einen Ständer mit entsprechendem Sattel legte.

Die lichte Spannweite zwischen den Landpfeilern beträgt 265,26 m, zwischen den Mitten der Auflagersättel dagegen 273 m. Die Verankerung befindet sich 53 m hinter den Tragpfeilern. Vier Drahtseile, zwei an jeder Seite etwa 10 cm voneinander entfernt, tragen an Hängeseilen die Fahrbahn, welche durch ein fachwerkförmiges Geländer versteift ist. Jedes Drahtseil besteht aus 20 Strängen und enthält 4224 Drähte. Auf den Auflagerrollen entfalten sich die Seile zu einem breiten aus parallelen Drahtbündeln bestehenden Bande, welches die Friktionsrollen der ganzen Breite nach bedeckt, während sich vor und hinter den Auflagern diese Bündel zu einem runden Seil vereinigen, das in Abständen von 60 cm auf je 15 cm Länge mit ausgeglühtem Draht umwickelt ist. Beim Eintritt in die Verankerungsschächte spaltet sich jedes Drahtseil wieder in zwei Teile, die aus je 10 parallelen Drahtbündeln mit Endschleifen bestehen und die Kuppelung der Ankertaue mit letzteren umfassen.

Nach Fertigstellung eines Stranges wurden dessen Enden an eine hölzerne Walze von 2 m Durchmesser und 1,5 m Länge befestigt und in dieser Lage wand sich der Strang durch Drehen der Walze auf. Die letztere stand auf einem Wagen und konnte mittels desselben etwa in die Mitte der zu überbrückenden Schlucht gefahren und hier festgestellt werden. Neben dem Wagen hatten zwei Winden w_1 und w_2 , siehe Fig. 12 u. 13, Taf. XXI, Aufstellung gefunden, über deren Trommeln starke Hanfseile von entsprechender Länge aufgewickelt waren, die, auf den Tragpfeilern um Walzen geschlungen, zu Winden führten, welche hinter den ersteren aufgestellt waren.

Nachdem die beiden Enden des Stranges von der Walze gelöst und mit starken Schnüren an die Hanfseile befestigt waren, setzte man alle Winden zugleich in Bewegung, wodurch die Hanfseile, von den Windetrommeln w_1 und w_2 abgewickelt, hinaufgezogen wurden und den an ihnen befestigten Strang mitnahmen. Waren die Enden des Stranges auf die Höhe der Tragpfeiler gelangt, so hörten die Winden am einen Ufer zu arbeiten auf, während die des anderen in Bewegung blieben und das Hanftau in dem Verhältnis, wie der Strang sich aufwand, von ihm gelöst wurde. Der letztere ging auf beweglichen hölzernen Rollen über den Pfeiler,

³³⁶⁾ Allgem. Bauzeitg. 1836. S. 341 u. 349.

wurde an seiner Endschleife mit einem anderen Seil verbunden und mittels der im Ankerschacht aufgestellten Winde bis zum Vereinigungspunkt mit dem Anker-tau gebracht und hier vorläufig befestigt. Am anderen Ufer verfuhr man dann in gleicher Weise, brachte den Strang über die Friktionsrollen des Auflagers und schritt darauf zum Aufhissen des nächsten Stranges.

Waren sämtliche Stränge aufgebracht, so vereinigte man die zu einem Draht-seil gehörigen, zunächst noch ein breites Band bildenden Stränge, indem man sie mittels Zwingen in eine runde Form brachte und mit ausgeglühtem Draht in den erwähnten Abständen umwickelte.

Drahtbrücken von Ellet³³⁷⁾ über den Ohio bei Wheeling und über den Niagara.

Bei diesen um das Jahr 1850 errichteten Hängebrücken, die beide nicht mehr bestehen³³⁸⁾, wurden die Kabel ebenfalls in fertigem Zustande von einem Ufer zum anderen hinübergezogen, indem man zunächst zwei dünnere, später mit zu einem der Hauptkabel verwendete Drahtseile, aus je 100 Drähten bestehend, von einem Tragpfeiler zum anderen spannte und hinter denselben provisorisch an den Ankern befestigte. Über diese 0,91 m voneinander abstehenden Hilfskabel wurden die später zu den Fußwegen benutzten Bretter gelegt und dadurch ein Hilfssteg gebildet, an welchem in Entfernungen von je 15,24 m eine gekehrte Rolle aufgehängt werden konnte, deren Kehle dem Durchmesser der hinüberzu-ziehenden Kabel entsprach. Über diese Rollen wurde dann jedes Drahtseil mittels eines an einem Göpel befestigten Handseiles hinübergewunden.

Bei der Brücke unterhalb der Niagarafälle machte es Schwierigkeiten, die Hilfsseile über den 231,65 m weiten reißenden Strom hinüberzubringen, und half man sich damit, dass man bei günstigem Winde an dem einen Ufer einen Drachen steigen und die Schnur schießen ließ, als derselbe über dem anderen Ufer stand. An dem aufgefangenen Ende der Schnur zog man einen Draht und an diesem ein dünnes Drahtseil hinüber, mit welchem dann die Hilfskabel hinübergeschafft werden konnten.

2. Anfertigung der Kabel innerhalb der Brückenöffnung an Ort und Stelle.

Nachdem bereits der französische Ingenieur Vicat gelegentlich einer Denkschrift³³⁹⁾ über die damaligen acht die Rhone überspannenden Hängebrücken auf die Nachteile der Fertigstellung der Kabel auf dem festen Lande aufmerksam gemacht hatte, war die von ihm in Vorschlag gebrachte Methode der Herstellung der Kabel an Ort und Stelle von dem Erbauer der Freiburger Hängebrücke, Chaley, für kleinere Brücken mit Erfolg angewendet worden. Die erste größere Drahtbrücke jedoch, deren Kabel an Ort und Stelle aus einzelnen Drähten zusammengesetzt wurden, war die im Jahr 1840 von Le Blanc vollendete Brücke über

³³⁷⁾ Allgem. Bauzeitg. 1852. S. 208 u. 215. — ³³⁸⁾ Die erstere, von 307,8 m Spannweite, wurde durch einen Orkan im Mai 1854 zerstört; die letztere, nur als provisorische Brücke mit Holzgerüsten als Tragpfeiler erbaut, wurde 1855 durch die von Rößling erbaute Eisenbahnhängebrücke ersetzt. — ³³⁹⁾ Ann. d. ponts et chaussées. 1831 I. S. 110.

die Vilaine bei La Roche-Bernard³⁴⁰⁾ von 193,17 m Spannweite bei 33 m über dem Wasserspiegel, welcher in ähnlicher, etwas vervollkommneter Weise die von Leclerc 1846/47 erbaute Brücke von Saint Christophe über den Scorff bei Lorient³⁴¹⁾ mit 183,6 m Spannweite folgte. Die größte Vervollkommnung erfuhr jedoch diese Methode durch John A. Röbling beim Bau der Eisenbahnbrücke über den Niagara, der Brücke über den Ohio bei Cincinnati und bei der 1870 begonnenen, unter der Leitung seines Sohnes im Mai 1883 vollendeten East-River-Brücke zwischen New-York und Brooklyn.

Brücken bei la Roche-Bernard und Saint Christophe.

Beide Brücken haben das Gemeinsame, dass vier Tragkabel, zwei an jeder Seite, hinter dem Mauerwerk der Widerlager in gewölbten, um letzteres herumführenden Ankerschächten sich zu einem starken Kabel vereinigten, sodass man gewissermaßen ein kontinuierliches, beim Austritt aus jedem Ankerschacht in je zwei Stränge sich teilendes Kabel hat, das hinter den Widerlagern in passenden Sätteln ruhend, durch das Gewicht des Mauerwerks seine Verankerung findet.

Bei beiden Brücken war die Herstellungsweise der Kabel eine ähnliche, indem das Ende des ersten Drahtes provisorisch hinter einem der Widerlager befestigt und das Drahtseil über die Tragpfeiler in richtiger Lage nach der Schablone eines vorher gespannten Leitdrahtes in den jenseitigen Verankerungsschacht um das Widerlager herum und auf der anderen Seite der Brücke zurückgeführt wurde. So fortfahrend und die Enden der einzelnen Drahtlängen spleißend, erhielt man eine kontinuierliche Umwicklung der Widerlager und durch Zusammenfassen der erforderlichen Anzahl von Drähten (bei der Brücke von Saint Christophe bildeten 1650 Drähte ein Kabel) die vier Kabel in den Brückenöffnungen als Trag- beziehungsweise Rückhaltkabel.

Bei beiden Brücken dienten zu diesem Zweck Hilfsstege, auf denen Arbeiter die Drähte hinüber- und herübertrugen, nur lief der Hilfssteg der Brücke von la Roche-Bernard von den Spitzen der Tragpfeiler aus und hatte eine Krümmung, welche der zukünftigen Lage der Kabel entsprach, während bei der Brücke von Saint Christophe der Hilfssteg eine angenähert horizontale Lage hatte und am Fuß der Pfeiler hinter denselben durch sechs Balken eine Verankerung fand. Hierdurch kamen die bei der Montirung der Brücke von la Roche-Bernard sich ergebenden Übelstände in Wegfall, die darin bestanden, dass, um Biegungsbeanspruchungen der Pfeiler zu vermeiden, eine Mehrausgabe für Rückhaltkabel des Hilfssteiges erforderlich wurde und die Arbeiter während des Hinüberführens der Drähte jedesmal große Steigungen zu überwinden hatten, was das Verfahren notwendigerweise verlangsamten und erschweren musste³⁴²⁾.

³⁴⁰⁾ Le Blanc. Description du pont suspendu de la Roche-Bernard. 1841. — Ann. d. ponts et chaussées. 1850. S. 286. — ³⁴¹⁾ Dasselbst. 1850 II. S. 265. — ³⁴²⁾ Die Strecken, welche die Arbeiter täglich zu durchlaufen hatten, waren nicht unbedeutend. Bei der Brücke von Saint Christophe wurden 50 bis 60 vollständige Umläufe täglich gemacht und da die Kabel gesondert als innerer Strang und äußerer Strang, die sich hinter den Widerlagern vereinigten, angefertigt wurden, waren gleichzeitig zwei Arbeiter mit dem Transport der Drähte beschäftigt, sodass im Mittel auf jeden $\frac{55}{2} = 27,5$ Umläufe entfielen. Ein vollständiger Umgang entspricht 700 m; demnach betrug der tägliche Weg eines Arbeiters $27,5 \cdot 700 = 19250$ m.

Auch das Abwickeln und Verlegen der Drähte geschah in verschiedener Weise. Bei der Brücke von la Roche-Bernard war hinter dem einen Tragpfeiler eine Rolle aufgestellt, auf welcher der Draht, bereits fertig gespleißt aufgewickelt war. Der Endpunkt desselben wurde provisorisch im Ankerschacht befestigt, worauf ein Arbeiter, während die Rolle gedreht wurde, die sich bildende Schlinge mit einem Haken erfasste, über das Auflager des Tragpfeilers und über den Steg auf den anderen Tragpfeiler zog, von wo sie ein anderer Arbeiter in den Verankerungsschacht um das Widerlager und zurück zum Tragpfeiler beförderte.

Bei der Brücke von Saint Christophe dagegen trug der Arbeiter selbst die Drahtspule und wickelte, nach Befestigung des Drahtendes im Schacht, vorwärtsschreitend den Draht ab. Auf den Pfeilern befanden sich zwei weitere Arbeiter, die den Draht hinaufzogen und richteten, während der erste Arbeiter dieselben umging und seinen Weg fortsetzte. Auf den seitlich vorragenden Querträgern des Steges sowie hinter den Tragpfeilern waren entsprechende Böcke zur Aufnahme und Unterstützung der Drähte errichtet und besonders dafür angestellte Hilfsarbeiter waren damit beschäftigt, das Hängenbleiben der Drähte zu verhindern, sowie jedesmal die Enden derselben zu verbinden, wenn eine Spule abgewickelt war und eine neue vom drahttragenden Arbeiter begonnen wurde. Endlich waren an den Mündungen der vier Schächte Winden aufgestellt, mit deren Hilfe der Draht jedesmal durch eine Art Zange gefasst, angespannt und gerichtet wurde, was im Einvernehmen mit den auf den Tragpfeilern befindlichen Arbeitern geschah.

Bei beiden Brücken wurde nach Ziehen von etwa 30 Drähten im Scheitel der Hängekurve ein Bretterboden errichtet, der, mit Sätteln auf den bereits gezogenen Drähten aufruhend, ein Verwirren derselben durch den Wind verhinderte und das richtige Verlegen fernerer Drähte erleichterte, indem ein auf demselben stehender Arbeiter sie in die Sättel einfügte und ordnete.

Die Drahtseilbrücken von John A. Röbling³⁴³).

Die Herstellungsweise sowie die Montirung der Kabel bei den von Röbling errichteten Hängebrücken unterscheidet sich wesentlich von den seither betrachteten Methoden und ist namentlich die sorgfältige Prüfung und Behandlung der einzelnen Drähte vor ihrer Verwendung hervorzuheben³⁴⁴). Röbling bildete seine Kabel aus einer ungeraden Anzahl³⁴⁵) von Strängen, von denen jeder, aus der notwendigen Anzahl von zusammengesplicßten Drähten bestehend, eine kontinuierliche Umwicklung der Ankersättel bildete und durch Zusammenbinden mit ausgeglühtem Draht ein selbständiges dünnes Kabel von kreisförmigem Querschnitt darstellte.

³⁴³) Papers and practical illustrations of public works etc. London. John Weale. 59, High Holborn. 1856. — Zeitschr. f. Bauw. 1862. S. 378. — Dasselbst. 1868. S. 499. — Transact. of the Amer. Soc. of Eng. 1881. — Zeitsch. f. Bauk. 1883. S. 155. — ³⁴⁴) Einen Beweis hierfür liefert der Umstand, dass die gelegentlich des Umbaues der Eisenbahnhängebrücke über den Niagara im Jahre 1877, also nach 22jährigem Bestehen, angestellte Untersuchung der Kabel nur in der Nähe der Verankerungsstellen bei einigen äußeren Drähten eine Einwirkung des Rostes erkennen ließ und auch bei diesen hatte die Beanspruchung die Elasticitätsgrenze nicht überschritten, wie dies die mit den zur Auswechselung herausgeschnittenen Drähten angestellten Versuche ergaben. Zeitschr. f. Bauk. 1883. S. 156. — ³⁴⁵) Bei den Brücken über den Niagara, über den Alleghani und über den Ohio bei Cincinnati bilden je 7 Stränge, bei der East-River-Brücke 19 Stränge ein Kabel.

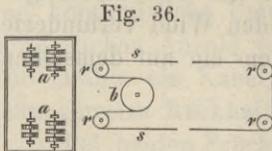
Diese Stränge wurden in einer etwas höheren als der definitiven Lage angefertigt, wobei sie auf den Tragpfeilern über provisorische Sättel liefen; erst nach ihrer Fertigstellung wurden sie in die endgiltige Lage herabgelassen und gleichzeitig in die definitiven Sättel gehoben.

Die Anfertigung der Stränge in einer Kurve von geringerem Pfeil hatte neben verschiedenen Erleichterungen für die Herstellung noch den Vorteil, dass die einzelnen Drähte während der Bildung der Stränge einer Zugbeanspruchung ausgesetzt waren, die derjenigen nahe kam, welche sie bei fertiggestellter und belasteter Brücke aushalten mussten; es war also gleichzeitig eine Probe für die Güte der Drähte.

Das Einheben der Stränge in die definitiven Sättel geschah durch Schraubvorrichtungen, wie sie die Fig. 8 u. 9, Taf. XXI, darstellen. Der fertige Strang wurde mit Drähten an das Trapez *a* befestigt, durch Anziehen der Mutter *b* von den provisorischen Sätteln abgehoben, mittels der Schrauben *c* seitlich über die definitive Lage verschoben und dann niedergelassen.

Im Gegensatz zu der früheren Art, die einzelnen Drähte durch Arbeiter auf Hilfsstegen hinüberziehen zu lassen, fasste Röbling den ursprünglichen Gedanken Vicat's auf, zu diesem Zweck ein endloses Seil zu benutzen und so auf maschinellem Wege das Ziehen der Drähte für die einzelnen Stränge der Kabel zu bewerkstelligen, während der Hilfssteg und die Laufwagen für das Richten und Vereinigen der Drähte und Stränge ihre Bedeutung behielten.

Nachdem der sorgfältig gefirniste Draht in Längen, wie sie die einzelnen Stränge erforderten, zusammengespleißt auf Trommeln *a*



von etwa 2,5 m Durchmesser aufgewickelt war, wurden diese an dem einen Ufer, gewöhnlich in Schuppen mit nach der Brücke zu offener Seite aufgestellt, wie nebenstehende Fig. 36 es veranschaulicht. Vor dem Schuppen befand sich ein Göpel *b*, der eine Seilscheibe trug, um welche das endlose, auf jedem Ufer durch zwei horizontale Führungsrollen *r* geleitete Seil *s* sich schlang. An dieses endlose Seil, das außerdem noch durch Zwischenrollen gestützt wurde, die sich auf dem Hilfssteg und auf den Pfeilerrüstungen befanden, war auf jeder Seite mittels Bügeln eine leichte gekehlte Rolle, die sogenannte Wanderrolle befestigt. Zur Herstellung eines Kabelstranges wurde nun das Ende des auf einer der Trommeln *a* aufgewickelten Drahtes provisorisch an der Seite des Ankersattels befestigt und die sich bildende Schlinge um die nächste der an dem endlosen Seil *s* befestigten Wanderrollen geschlungen. Wurde nun der Göpel *b* in Bewegung gesetzt und gleichzeitig die Drahttrommel *a* gedreht, so bewegte sich das endlose Seil und mit ihm die Wanderrolle nebst dem um sie geschlungenen Draht über die Brückenöffnung zum anderen Ufer hin, sodass jedesmal ein Doppeldraht hinübergelange, von welchem der untere »feste« Draht in Ruhe blieb, während der obere »laufende« Draht doppelt so schnell sich von der Trommel abwickelte als die Wanderrolle vorrückte. Sobald die letztere den ersten Tragpfeiler erreicht hatte, wurde der feste Draht auf provisorische Sättel, die so tief lagen, dass die Wanderrolle über dieselben fort konnte, gelagert und gerichtet, indem er auf dem Pfeiler soweit angezogen oder nachgelassen wurde, bis er parallel zum vorher einnivellirten Leitdraht hing. In gleicher Weise geschah dieses vom zweiten Pfeiler aus für die Mittelöffnung, sodass bei der Ankunft

der Wanderrolle an der jenseitigen Verankerungsstelle der feste Draht nur für die letzte Seitenöffnung zu regeln war. Nachdem der Draht abgenommen und um den Ankerschuh gelegt war, geschah die Regelung des laufenden Drahtes in derselben Weise, nur in entgegengesetzter Richtung, während der Göpel ebenfalls seine Bewegungsrichtung änderte und dadurch die eben benutzte Wanderrolle leer zurückging, dafür aber die auf der anderen Seite des endlosen Seiles befestigte Wanderrolle zwei Drähte für den Strang eines zweiten Kabels hinüberzog. War die erste Wanderrolle in die Nähe der Trommeln gelangt, so wurde der Draht von neuem um sie geschlungen, nachdem derselbe um den Ankerschuh gelegt war, sodass die Fortsetzung des früheren laufenden Drahtes jetzt zum festen Draht wurde.

Zum Anziehen beziehungsweise zur Regelung der Drähte diente eine Art Zange, die durch eine Winde bedient wurde. Die festen und laufenden Drähte wurden gesondert gelagert und erst, wenn die zu einem Strange erforderliche Anzahl von Drähten gezogen und das Ende des letzten Drahtes mit dem provisorisch befestigt gewesenen Ende des ersten Drahtes verbunden war, konnten die beiden Bündel der festen und laufenden Drähte zu einem kleinen cylindrischen Kabel, dem fertigen Strange vereinigt werden, was durch Anlegen provisorischer Bänder aus geglühtem Draht geschah, nachdem die Drähte des Stranges durch Klemmen von entsprechender Form zusammengepresst waren. Dies erfolgte von den beiden Tragpfeilern aus, gleichzeitig nach der Mitte und den Verankerungsstellen vorschreitend, durch Arbeiter, die in Laufwagen standen; siehe Fig. 19, Taf. XXI. Von ähnlichen Laufwagen aus wurde endlich das Umspinnen der zu einem Kabel vereinigten Stränge mittels einer Rößling patentirten Spule vorgenommen, deren nähere Beschreibung weiter unten folgt.

§ 35. Hilfsvorrichtungen zur Montirung der East-River-Brücke in New-York³⁴⁶⁾. Die Brooklyn mit New-York verbindende, im Januar 1870 von John A. Rößling begonnene und von seinem Sohne W. A. Rößling im Mai 1883 vollendete Drahtseilbrücke besitzt eine mittlere Öffnung von 486,285 m und zwei Seitenöffnungen von je 283,46 m Spannweite, bei einer Höhe des mittleren Teils ihrer nach den Widerlagern zu etwas abfallenden Fahrbahn von 41,2 m über Hochwasser. Die Fahrbahn hat eine Breite von 25,9 m und besteht symmetrisch zur Mitte aus zwei Straßenbahnen von je 5,33 m Breite, zwei Eisenbahngleisen von je 3,96 m und einem erhöhten Fußsteg in der Mitte von 4,57 m Breite. Die vier aus 19 Strängen zu je 332 Stahldrähten von 3,2 mm Stärke hergestellten Kabel sind so angeordnet, dass zwei Kabel an den Seiten des mittleren Fußsteges, zwei dagegen an den Seiten der Fahrbahnen die Brückenkonstruktion an Hänge-seilen tragen.

Nach Fertigstellung der 82,7 m über Hochwasser sich erhebenden Tragpfeiler sowie der Verankerungsstellen wurde zur Herstellung des Dienststeges und zur Anordnung der erforderlichen Hilfsseile zunächst ein Drahtseil von 2 cm Durchmesser auf der Brooklyn Seite auf den Pfeiler und von dort zur Verankerungsstelle geführt und befestigt. Der übrige Teil des Seiles lag aufgerollt in einem großen Flachboote, mit welchem man das Drahtseil abwickelnd und auf den Grund senkend über den Fluss setzte. Am Fuß des New-Yorker Pfeilers angelangt, zog

³⁴⁶⁾ Siehe Litteraturverzeichnis.

man das Drahtseil mittels einer 15pferdigen Dampfmaschine hinauf, legte es über einen Sattel und führte es zur Verankerungsstelle. In ähnlicher Weise brachte man ein zweites Seil hinüber, verband die beiden zu einem Seil ohne Ende, das über Rollen gelegt und an welchem ein Fahrstuhl befestigt wurde, mit dessen Hilfe die weiteren Hilfsseile hinübergezogen³⁴⁷⁾ und die zur Herstellung der Kabel erforderlichlich gewesenen, Fig. 20, Taf. XXI, angegebenen Anordnungen getroffen werden konnten.

Die Darstellung zeigt das Widerlager in Brooklyn, auf welchem die Drahttrommeln T sowie die diesseitigen horizontalen Führungsrollen r für die beiden endlosen Seile AA Aufstellung fanden, mit deren Hilfe, durch Dampfmaschinen auf beiden Ufern in Bewegung gesetzt, in der S. 106 beschriebenen Weise die Doppeldrähte aa an Wanderrollen R zur gleichzeitigen Bildung der Stränge für die beiden äußeren und die beiden inneren Kabel abwechselnd auf der rechten und linken Seite der endlosen Seile AA hinübergezogen wurden. Zur Unterstützung der letzteren sowie zum Aufenthalt für die mit dem Richten der Drähte beschäftigten Arbeiter dienten mehrere auf die Spannweiten verteilte Plattformen P , Wiegen (cradles) genannt, die durch besondere Tragseile B unterstützt wurden und von dem auf die ganze Länge der Brücke sich erstreckenden Hilfssteg H erreicht werden konnten.

Nach Fertigstellung je eines Stranges wurde dieser in seine definitive Lage niedergelassen, indem man die Ankersättel aus ihrer provisorischen Stellung ans Ende der Ankerkette brachte und durch Bolzen befestigte, was wegen des bedeutenden Gewichtes der Stränge mit großer Vorsicht geschehen musste.

Die Vereinigung der Stränge zu einem Kabel erfolgte symmetrisch von den Tragpfeilern aus durch Zusammenpressen und gleichzeitige Umwicklung mit Draht in zwei Perioden: einmal für die sieben inneren den Kern bildenden, sodann für die zwölf diesen Kern umgebenden äußeren Stränge. Durch diese Herstellungsweise konnten die provisorischen Drahtbänder auch bei den inneren Strängen entfernt und dadurch eine stärkere Zusammenpressung der einzelnen Drähte erzielt werden.

Die zur Umwicklung angewandten Hilfsmittel bestanden außer den Laufwagen, siehe Fig. 19, aus den Klemmen (Klammern) und den oben erwähnten Drahtspulen. Die Klemmen bildeten je halbkreisförmige Stahlhüllen, siehe Textfigur 37, welche auf das Kabel gebracht und mittels Schrauben an ihren Flanschen zusammengeschraubt wurden, wobei durch wiederholtes Anziehen der Schraubenmutter eine große Kraft ausgeübt werden konnte. Vor Aufbringen der Klemmen wurden die Stränge nochmals mit Firnisöl getränkt und auf eine Entfernung von etwa 0,5 m von den provisorischen Drahtbändern befreit. Vor jeder Spule waren stets zwei Klemmen angeordnet. In kleinem Abstände hinter der ersten Klemme, die so nahe wie möglich am Pfeilerauflager angebracht wurde, geschah dann das Anlegen der Spule. Hatte die Umwicklung die erste Klemme erreicht, so wurde diese abgenommen und vor die zweite gesetzt, welche ihrerseits vorgesetzt wurde, sobald die Umwicklung bis zu ihr vorgeschritten war.

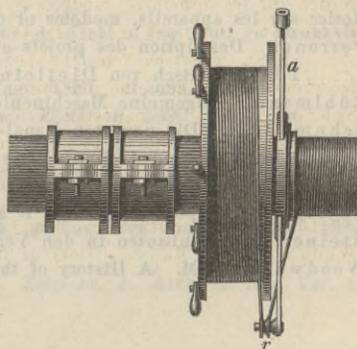
³⁴⁷⁾ Die erste Fahrt wurde von Ingenieur Farrington am 5. August 1876 von Brooklyn nach New-York unternommen und dauerte 22 Minuten. Erst dann waren auch die Arbeiter zu bewegen, sich dem Fahrstuhl anzuvertrauen.

Die Umwicklungsspule, siehe Textfigur 37, besteht aus einer Trommel, die auf einem gusseisernen Hohlzylinder sich dreht, dessen innerer Durchmesser den des losen Kabels um etwa 5 mm übertrifft. Auf dem Ende desselben Cylinders bewegt sich unabhängig von der Trommel ein stählerner Ring, dessen innerer Durchmesser genau demjenigen des zusammengepressten Kabels gleichkommt und der mit zwei Armen versehen ist, von denen der eine die Leitrolle *r* trägt, der andere *a* mit einem Gegengewicht versehen werden kann. Sowohl die Trommel als der Gusseylinder und der Stahlring bestehen aus je zwei Hälften, die nach Aufbringung derselben auf das Kabel zusammengeschraubt wurden. In dem Stahlring befindet sich, nach der Außenfläche desselben auslaufend, eine Rinne von der Stärke des Umwicklungsdrahtes, die in der Richtung der gemeinschaftlichen Tangente zur Leitrolle *r* und zum Kabel schraubenförmig verläuft. Der Umwicklungsdraht wurde nun von der Trommel über die Leitrolle geführt, durch die erwähnte Rinne gesteckt und das Ende am Kabel befestigt. Wurde die Trommel mittels der an ihr angebrachten Griffe, entsprechend der Abwicklung des Drahtes, nach rechts, der Ring an seinen Armen gleichzeitig nach links mit entsprechend geringerer Geschwindigkeit in derselben Richtung gedreht, oder wurde umgekehrt verfahren, je nachdem die Umwicklung eine rechts- oder linksläufige sein sollte, so wurde der Draht durch die Regelung dieser Drehungen in Spannung erhalten, wickelte sich um das Kabel und die ganze Vorrichtung schritt bei jeder Umdrehung des Ringes um die Dicke des Drahtes vor.

Die Enden der einzelnen Drahtlängen wurden derart gespleißt, dass die Umwicklung der Kabellänge einer Spannweite gewissermaßen als mit einem kontinuierlichen Draht geschehen anzusehen ist. Zu diesem Zweck musste auf jeder Hälfte der großen Öffnung die Umwicklung in entgegengesetztem Sinn erfolgen und die in der Mitte zusammentreffenden Drahtenden mussten sorgfältig miteinander verbunden werden. In der Nähe der Verankerungsstellen, an denen die einzelnen Stränge, eine Schlinge bildend, sich teilen, ist ein fester, die Umwicklung abschließender Ring angebracht, von welchem aus die Umwicklung der Stranghälften bis zur Ankerkette von Hand ausgeführt wurde. Entsprechend dem Fortschreiten der Umwicklung wurde das Kabel sofort mit einem mehrmaligen Ölfarbanstrich versehen, sodass auch die kleinen Zwischenräume des Umwicklungsdrahtes ausgefüllt waren.

Die zur Befestigung der Hängeseile dienenden Bänder wurden in erhitztem Zustande in Abständen von 2,29 m von Mitte zu Mitte mit Hilfe derselben Laufwagen um die Kabel gelegt und geschah dieses sowohl wie das Einbringen der Fahrbahnteile symmetrisch für die Seiten- und Mittelöffnung von beiden Tragfeilern aus, um eine ungleichmäßige Beanspruchung der Kabel und Pfeiler zu vermeiden. Schließlich wurden kurz vor Beendigung der Fahrbahnmontirung die Keile, welche die Bewegung der Auflagersättel auf den Pfeilern verhinderten, entfernt, sodass die Kabel vollkommen frei ihre Gleichgewichtslage einnehmen konnten.

Fig. 37.



Litteraturverzeichnis.

Zugleich Quellennachweis.

I. Selbständige Werke und Broschüren.

- Baker, B. The Forth-Bridge. Spottiswoode & Co. London 1882.
 Becker, M. Ausgeführte Konstruktionen des Ingenieurs. Stuttgart 1863.
 Becker, M. Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Leipzig 1883. VIII. Heft.
 Bock, M. Der Ausbau der Eisenbahnbrücke über die Saave bei Brod. Wien, v. Waldheim, 1882—1884.
 Chaley. Pont suspendu de Fribourg. Paris 1855.
 Clark, E. The Britannia and Conway tubular bridges. London 1850.
 Clark. An account of the suspension bridge across the river Danube. London 1853.
 Colyer, F. Hydraulic lifting and pressing machinery. London 1881.
 Comolli. Les ponts de l'Amérique du Nord. Paris, A. Lefèvre, 1879.
 Dupuit, J. Traité de l'équilibre des voutes. Chap. 13. Paris, Dunod, 1870.
 Die Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz. Mainz, Kommissionsverlag von V. v. Zabern, 1863.
 v. Etzel, Brücken und Thalübergänge der Schweiz. Basel, Bahnmaier 1856. Mit Suppl. ebend. 1859.
 Fairbairn, W. An account of the constr. of the Britannia and Conway tubular bridges. Lond. 1849.
 Fischer. Rheinbrücke zwischen Mannheim und Ludwigshafen. Mannheim 1869.
 Fontenay, T. Construction des viaducts etc. Deutsch von Hertel. 2. Aufl. Weimar, Voigt 1856.
 Hodges, J. Construction of the great Victoria Bridge in Canada. London, J. Weale, 1860.
 Kässner, B. Der Betriebsingenieur. II. Teil. Leipzig 1878.
 Le Blanc. Description du pont suspendu de la Roche-Bernard. Paris 1841.
 Malézieux. Travaux publics des États-Unis en 1870. Paris, Dunod 1873.
 Molinos et Pronnier. Traité théorique et pratique de la construction des ponts métalliques. 1857.
 Morandière, B. Traité de la construction des ponts etc. 1874—76.
 Notice sur les appareils, modèles et dessins exposés par MM. G. Eiffel & Co, Paris 1878.
 Perronet. Description des projets et de la construction des ponts de Neuilly, de Mantes, d'Orléans etc. 1788. Deutsch von Dietlein. 1820.
 Rühlmann. Allgemeine Maschinenlehre. IV. Band. Braunschweig 1875.
 Schemfil, H. Die neuesten Kanal- und Hafen-Werkzeuge in Frankreich und England. Wien 1882.
 Schleicher, W. und J. Trau. Die Rheinbrücke bei Germersheim. A. Lauterborn Ludwigshafen a./Rh.
 Schnirch. Beschreibung der Kettenbrücke zu Prag. Prag 1842.
 Seyrig, T. Le pont-route Luiz I^o à Porto. Paris 1886.
 Steiner. Brückenbauten in den Vereinigten Staaten. Wien 1878.
 Woodward, C. M. A History of the St. Louis Bridge. J. James & Co., St. Louis.

2. Zeitschriftenlitteratur.

Laufkrane.

Zu § 10 bis 14.

- Versetzvorrichtung von der Kaiser Franzensbrücke zu Karlsbad. Allgem. Bauzeitg. 1837. S. 85.
 Laufkran vom Bau der Brücken zu Besigheim über die Enz und bei Cannstadt über den Neckar. Allgem. Bauzeitg. 1839. S. 165. — 1840. S. 8.
 Laufkran zum Bau der Kanalbrücke zu Agen. Allgem. Bauzeitg. 1845. S. 186.
 Über die Anwendung von Kranvorrichtungen etc. bei größeren Brückenbauten. Notizbl. d. Hannov. Arch. u. Ing. Ver. 1852. S. 40.
 Reparaturlaufkran von der Britannia-Brücke. Zeitschr. f. Bauw. 1853. S. 110.
 Laufkran vom Bau des Weserüberganges der Köln-Mindener Bahn. Allgem. Bauzeitg. 1853. S. 268.
 Eiserner Laufkran von der Brücke über die Dordogne bei Libourne. Nouv. ann. de la constr. 1856. S. 51.
 Laufkrane von den Moselbrücken bei Ars und Frouard. Allgem. Bauzeitg. 1856. S. 368.
 Laufkrane vom Viadukt der Suize bei Chaumont. Oppermann. Portef. économique. 1857. S. 75. — Nouv. ann. de la constr. 1857. S. 34. — Allgem. Bauzeitg. 1862. S. 343.
 Laufkran der Brücke zu Langon. Molinos et Pronnier. 1857. S. 239.
 Laufkran von der Brücke über den Main bei Schweinfurt. Allgem. Bauzeitg. 1857. S. 338.
 Laufkrane von der Fulda-Brücke bei Kragenhof. Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1858. S. 44.
 Laufkrane von der steinernen Elbbrücke mit Viadukt in Dresden. Civilingenieur. 1859. S. 215.

- Laufkran von der Brücke über den Allier. *Nouv. ann. de la constr.* 1859. S. 115.
- Laufkrane der Brücken von der Bourbonnais-Eisenbahn. *Ann. d. ponts et chaussées.* 1859 II. S. 143, 151.
- Laufkran vom Viadukt von Paris nach Vincennes. *Nouv. ann. d. I. constr.* 1860. S. 172. — *Zeitschr. f. Bauw.* 1861. S. 485.
- Laufkran von der Brücke bei St. Germain über den Allier. *Allgem. Bauzeitg.* 1862. S. 124.
- Laufkran vom Viadukt über die Rhône zu Tarascon. *Collection des dessins distribués aux élèves de l'école d. p. et ch.* 3. Série. C. Taf. 11.
- Laufkrankonstruktion. Oppermann. *Portef. écon. d. mach.* 1867. S. 84.
- Laufkran von der Brücke von St. Just über die Ardèche. *Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover.* 1867. S. 474.
- Laufkran von der Brücke St. Pierre de Gaubert über die Garonne. *Ann. d. ponts et chaussées.* 1870 I. S. 451.
- Laufkran mit aufklappbaren Arbeitsplattformen von der Elbebrücke bei Aussig. *Allgem. Bauzeitg.* 1874. S. 62.
- Laufkran vom Viadukt von Solémy. *Nouv. ann. de la constr.* 1874. S. 42. — *Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover.* 1875. S. 86.
- Laufkrankatze von Zobel. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1877. S. 136.
- Montirbock von der Eisenbahnbrücke über die Szamos. *Allgem. Bauzeitg.* 1879. S. 53.
- Laufkran von der oberen Rheinbrücke in Basel. *Eisenbahn.* 1879 I. S. 145. — *Deutsche Bauzeitg.* 1879. S. 297.
- Laufkran vom Viadukt von Erdre. *Ann. d. ponts et chaussées.* 1879 I. S. 331.
- Eiserner Laufkran von einem Kanalbau in Berlin. *Wochenbl. f. Arch. u. Ing.* 1880. S. 41.
- Crue roulante à bâti pour le chargement des pierres. Oppermann. *Portef. écon. d. mach.* 1880. S. 130.
- Laufkatze zum Pfeilerbau des Ruhrthalviaduktes bei Herdecke. *Zeitschr. f. Bauk.* 1881. S. 183.
- Echafaudage mobile pour la pose des blocs de béton. Oppermann. *Portef. écon. d. mach.* 1881. S. 186.
- Laufkran und Katze von der Weserbrücke bei Fürstenberg. *Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover.* 1881. S. 187.
- Einiges über Laufkrankonstruktionen. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1881. S. 493.
- Laufkran von der Weichselbrücke bei Graudenz. *Zeitschr. f. Bauw.* 1882. S. 409.
- Laufkran von der Nagold-Brücke bei Teinach. *Zeitschr. f. Bauk.* 1883. S. 347.
- Eiserner Versetzkran vom Viadukt über das Kübelbachthal. *Zeitschr. f. Bauk.* 1884. S. 158.
- Laufkrane von den Viaduktbauten der Württemb. Gäubahn. *Zeitschr. f. Bauk.* 1884. S. 150.
- Laufkrane von der Elb-Brücke bei Lauenburg. *Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover.* 1884. S. 418.
- Laufkran von der Montirung der Moselbrücken bei Diedenhofen. *Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover.* 1885. S. 133.

Verschiebvorrichtungen.

Zu § 15—18.

Verschiebung eines Steinpfeilers der Brücke über den Connecticut zu Northampton, Massach. *Engineer.* 1874 II. S. 59.

Walzen.

- Gitterbrücke über die Enz. *Allgem. Bauzeitg.* 1852. S. 378.
- Gitterbrücke über die Kinzig bei Offenburg. *Allgem. Bauzeitg.* 1853. S. 185.
- Eisenbahnbrücke über den Wiesenfluß. *Allgem. Bauzeitg.* 1856. S. 122.
- Gitterbrücke über die Vechte bei Nordhorn. *Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover.* 1861. S. 282.

Wagen zur Bewegung in der Längsrichtung der Brücke.

- Thur-, Sitter- und Glatt-Brücken. *Allgem. Bauzeitg.* 1856. S. 133.
- Theissbrücke bei Szegedin. *Ann. d. ponts et chaussées.* 1859 I. S. 348.
- Einfahren der Brücken von der Eisenbahn von Polencia nach Leon. *Revista de obras publicas.* 1863. S. 170 u. 231. — *Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover.* 1867. S. 130.

- Die Jalomitza- und Teleaga-Brücke. Zeitschr. f. Bauw. 1872. S. 558.
 Rheinbrücken von Altbreisach, Neuenburg und Hünigen. Deutsche Bauzeitg. 1878. S. 116 u. 123. —
 Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 22.
 Straßenüberbrückung der Budapester Verbindungsbahn. Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover.
 1877. S. 699.
 Eisenbahnbrücke bei Magdeburg. Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1878. S. 459.

Wagen für seitliche Bewegung von Brücken.

- Seitliches Einschieben der Havelbrücken bei Potsdam und Werder. Deutsche Bauzeitg. 1873. S. 179.
 Zeitschr. f. Bauw. 1874. S. 135.
 Auswechslung des Holzprovisoriums der Donaubrücke der Österr. Nord-West-Bahn. Zeitschr. d. Österr.
 Ing. u. Arch. Ver. 1879. S. 4.
 Brückenauswechslungen der Kaschau-Oderberger-Bahn. Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883.
 S. 23.
 Verschiebung der Moldaubrücke bei Budweis. Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 126.
 Einschieben der Schiffkorn-Träger des Stranover Viadukts der Böhm. Nordbahn. Zeitschr. d. Österr.
 Ing. u. Arch. Ver. 1885. S. 21.

Seitliche Verschiebung auf Kugeln.

- Flutöffnungen der Waagbrücke bei Tornocz. Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1878. S. 175. —
 Allgem. Bauzeitg. 1880. S. 79.
 Auswechslung der Provisorien über den Hagelgraben und den Stadlauer Donauarm. Wochenschr. d.
 Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1879. S. 205. — Glaser's Ann. f. Gewerbe. 1880. I. S. 555. —
 Allgem. Bauzeitg. 1881. S. 7.
 Seitliche Verschiebung der Ferdinandsbrücke über die Mur zu Graz. Eisenbahn. 1882 II. S. 53. —
 Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 23 u. 43. — Der Bautechniker. 1882. S. 329. —
 Centralbl. d. Bauverw. 1882. S. 312. — Mitteilungen des polytechn. Clubs in Graz. 1882. S. 1.

Wagen und Rollen zur Bewegung in der Längsrichtung, ohne Gerüste.

- Vorschlag zum Verschieben von Brückenkonstruktionen. Allgem. Bauzeitg. 1856. S. 135.
 Verschiebung der Brücken über den Innfluß und die Brüxener Ache auf der Nord-Tiroler Staatsbahn.
 Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1860. S. 170.
 Einschieben der Trägerwände von der Brücke über den Orbieu bei Villedaigne. Ann. d. ponts et
 chaussées. 1861 II. S. 62.
 Verschieben der Brücke von Argenteuil. Collection d. dessins distribués aux élèves de l'école d. p. e. ch.
 Sér. 4. Sect. C. Taf. 22.
 Einschieben der Rheinbrücke bei Waldshut. Allgem. Bauzeitg. 1862. S. 252.
 Verschieben der Brücke zu Freiburg über die Saane. Nouv. ann. de la constr. 1863. S. 161. —
 Zeitschr. f. Bauw. 1863. S. 174.
 Niemenbrücke bei Grodno und Brücke über den Scorff in Lorient. Ann. d. ponts et chaussées. 1864 II.
 S. 247 u. 257. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1866. S. 330.
 Viadukt von Orival bei Elboeuf über die Seine. Nouv. ann. de la constr. 1866. S. 152.
 Montirung des Bouble-Viaduktes. Collection d. dessins distribués aux élèves S. 4, Sect. C. pl. 29. —
 Ann. d. p. et ch. 1870 I. S. 125. — Civilingenieur. 1870. S. 469.
 Einwalzen der Träger des Iglava-Viaduktes. Allgem. Bauzeitg. 1870. S. 173.
 Verschiebung der Donaubrücke bei Stadlau. Allgem. Bauzeitg. 1870. S. 276. — Zeitschr. d. Österr.
 Ing. u. Arch. Ver. 1871. S. 137. — Nouv. ann. de la constr. 1870. S. 41. 1872. S. 9 u. 27.
 Verschiebung der Ganges-Brücke bei Cownpore. Engineering. 1870 II. S. 318, 381. — Mechan. Ma-
 gazin 1870 Nov.
 Verschiebung der Träger von den Stromöffnungen der Waagbrücke bei Tornocz. Allgem. Bauzeitg. 1871.
 S. 285.
 Betrachtungen und Vorschläge zum Hinüberschieben ganzer Brückenkonstruktionen. Allgem. Bauzeitg.
 1874. S. 84.
 Verschieben der Gerüstträger von der Innbrücke zu Passau. Zeitschr. f. Bauk. 1879. S. 54.

- Rance-Viadukt bei Dinan. Engineering. 1879 I. S. 481, 499. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1880. S. 174. — Nouv. ann. de la constr. 1879. S. 159.
- Brücke über die Seine zwischen Conflans und Pontoise. Engineering. 1879 II. S. 15. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1880. S. 263.
- Viadukt von Val-St.-Leger. Ann. d. ponts et chaussées. 1882 II. S. 478. — Revue industr. 1883. S. 335 u. 349.
- Verschiebung der Rheinbrücken bei Altbreisach, Neuenburg und Hüningen. Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 22.
- Viadukt von Marly-le-Roi. Nouv. ann. de la constr. 1884. S. 49.
- Viadukt La Tardes. Génie civil. 1884. S. 237. 1885. S. 197. — Annales des travaux publics. 1884. S. 1222. — Deutsche Bauzeitg. 1885. S. 50. — Engineer. 1885 I. S. 331. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886. S. 10.
- Verschiebung der Brücke bei Douarnenez (Finistère). Le génie civil. 1885. S. 149 u. 165. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886. S. 11.
- La Tardes-Viadukt (Unfall). Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1885. S. 618. — Engineer. 1885 I. S. 318 u. 331.
- Die Überschiebung der Oliveninsel-Brücke im Kriegshafen von Pola mit Ausnutzung der Ebbe und Flut. Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1886. S. 106.

Hebe- und Versetzkran.

Zu §§ 19 u. 20.

- Über einige Verbesserungen an Kranen und sonstigen Windwerken. Allgem. Bauzeitg. 1836. S. 220.
- Hebevorrichtung von der Steinbrücke über die Meduna bei Pordenone. Allgem. Bauzeitg. 1841. S. 238.
- Drehkran von der Nydeck-Brücke bei Bern. Allgem. Bauzeitg. 1843. S. 190.
- Bau der Tragpfeiler von der Hängebrücke bei Cubzac über die Dordogne. Allgem. Bauzeitg. 1845. S. 93.
- Bau des Aquaduktes von Montreuilon. Ann. d. ponts et chaussées. 1851 I. S. 310 u. 330.
- Bau des Viaduktes von Dinan über die Rance. Ann. d. ponts et chaussées. 1855 I. S. 310.
- Anwendung des Bockes beim Viadukt von Messarges. Nouv. ann. de la constr. 1859. S. 163.
- Bau der neuen Elbbrücke in Dresden. Civilingenieur. 1859. S. 215.
- Bock von 12 m Höhe und veränderlicher Kraft. Oppermann. Portef. économ. d. mach. 1860. S. 34.
- Hoher fahrbarer Drehkran vom Viadukt über den Altier. Collection. 28 des dessins distr. aux élèves de l'école d. p. ch. Sér. 4, Sect. C. Taf. 27.
- Fliegende Versetzgerüste für steinerne Brücken und Viadukte. Civilingenieur. 1868. S. 71.
- Treuil à changement de marche. Oppermann. Portef. écon. des mach. 1870. S. 90.
- Krangerüst der Pfeiler von der Brücke über die Donau bei Mauthausen. Civilingenieur. 1873. S. 65.
- Pfeilerbau der Straßenbrücke über den Douro bei Regoa. Zeitschr. f. Bauw. 1874. S. 463.
- Eiserne Wagenwinde. Prakt. Maschinenkonstr. 1876. S. 165.
- Drehkran von der Weichselbrücke bei Thorn. Zeitschr. f. Bauw. 1876. S. 46.
- Pfeilerbau des Portage-Viaduktes. Scient. American. Suppl. 1876 January No. 4. — Journal of the Amer. Soc. of Civ. Eng. 1876 Jan. — Wochenbl. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1876. S. 142.
- Hebevorrichtungen zum Pfeilerbau der Innbrücke bei Königswart. 1876. S. 1. — Zeitschr. d. Bayr. Arch. u. Ing. Ver. 1876. S. 1. — Zeitschr. f. Bauw. 1878. S. 223.
- Dampfkrane von Schenk, Mohr & Elsässer in Mannheim. Eisenbahn. 1876 II. S. 127.
- Hebevorrichtungen vom Bau der Donaubrücke der Budapester Verbindungsbahn. Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1877. S. 29 u. 213.
- Eiserner Kran zum Bau der eisernen Pfeiler von der Dourobrücke bei Oporto. Collection des dessins distr. aux élèves de l'école d. p. et ch. Sér. 11. Sect. C. Taf. 5.
- Krane und Hebevorrichtungen vom Pfeilerbau der East-River-Brücke. Journ. of the Amer. Soc. of Civ. Eng. 1877 I. S. 16. — Centralbl. d. Bauverwltg. 1883. S. 105 u. 205. Engineering. 1878 I. S. 54, 121, 171.
- Überbrückung des Memelthales bei Tilsit. Zeitschr. f. Bauwesen. 1878. S. 21, 161, 363, 523.
- Hebevorrichtungen vom Bau der Carola-Brücke über die Elbe bei Schandau. Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1879. S. 354.
- Feste und bewegliche Krane. Mémoires de la soc. d. ing. civ. 1879. S. 834.

- Dampfkran vom Port Alfred in Süd-Afrika. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1881. S. 499.
 Hand- und Dampfkrane vom Bau der Coblenzer Staatsbahn-Brücke. Zeitschr. f. Bauw. 1881. S. 570.
 Drehkrane von der Weichselbrücke bei Graudenz. Zeitschr. f. Bauw. 1882. S. 243.
 Bau der eisernen Pfeiler vom Viadukt über den Rio-Daô bei Santa Comba. Ann. d. travaux publ. 1882. S. 561.
 Pfeilerbau des Kinzua-Viaduktes. Centralbl. d. Bauverwitg. 1883. S. 312.
 Fahrbare Drehkrane vom Bau der Moselbrücke bei Pfalz. Zeitschr. f. Bauw. 1884. S. 148.
 Dampfkrane zum Heben der Träger von der Blackfriars-Bridge. Engineer. 1884 II. S. 159 u. 197.

Aufzüge.

- Hebevorrichtungen vom Bau der Aquadukte von Marigny und Montrillon. Ann. d. ponts et chaussées. 1854 I. S. 310 u. 330.
 Hebezeuge vom Viadukt de la Fure. Nouv. ann. de la constr. 1856. S. 108 u. 119. — Oppermann, Portef. écon. d. mach. 1856. S. 34.
 Aufzug vom Viadukt bei Nogent sur Marne. Zeitschr. d. Österr. Arch. u. Ing. Ver. 1860. S. 106. — Civilingenieur. 1857. S. 181.
 Aufzug vom Viadukt von Morlaix. Ann. d. ponts et chaussées. 1867 I. S. 216. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1869. 262. — Civilingenieur. 1868. S. 71.
 Hebevorrichtung vom Striegisthal-Viadukt. Zeitschr. f. Bauw. 1869. S. 218.
 Materialaufzug vom Daoulas-Viadukt. Ann. d. ponts et chaussées. 1870. S. 284.
 Aufzug vom Sinthal-Viadukt. Zeitschr. d. Bayr. Arch. u. Ing. Ver. 1872. S. 11.
 Aufzug vom Aulne-Viadukt. Ann. d. ponts et chaussées. 1870 II. S. 250. — Civilingenieur. 1872. S. 48.
 Aufzug vom Thaya-Viadukt in Znaim. Allgem. Bauzeitg. 1873. S. 108.
 Hebevorrichtungen zum Bau der Viadukte der Bahnstrecke Nordhausen-Wetzlar. Zeitschr. f. Bauw. 1880. S. 241 u. 441.
 Plan incliné pour la construction d'un viaduc. Nouv. ann. de la constr. 1881. S. 54.
 Aufzug vom Ruhrthal-Viadukt bei Herdecke. Zeitschr. f. Bauk. 1881. S. 163.
 Dampfaufzug von der Brücke über die Ohe bei Regen. Zeitschr. f. Bauk. 1881. S. 398.

Senkvorrichtungen.

Zu §§ 21—25.

Anwendung von Keilen.

- Keilvorrichtung von der Brücke zu Besigheim über die Enz. Allgem. Bauzeitg. 1839. S. 165.
 Senkkeile von der Warthe-Brücke bei Wronke. Allgem. Bauzeitg. 1852. S. 93.
 Ausrüsten mittels verzahnter Balken. Nouv. ann. de la constr. 1857. S. 70. — 1860. S. 59.
 Ausrüstung der Maximilianbrücke über die Isar in München. Nouv. ann. de la constr. 1871. S. 54.
 Eisenkeile zum Absenken der Donaubrücke von der Österr. Nord-West-Bahn und der Moldaubrücke bei Budweis. Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1879. S. 6. — 1883. S. 126.

Verwendung von Sand.

- Anwendung von Sandsäcken zum Ausrüsten. Ann. d. ponts et chaussées. 1849 II. S. 153 u. 170. — 1852 II. S. 245. — Allgem. Bauzeitg. 1864. S. 327.
 Anwendung von Sandtöpfen zum Ausrüsten. Ann. d. ponts et chaussées. 1854 II. S. 206. — 1856 I. S. 241. — 1857 II. S. 222. — 1857 II. S. 238. — Allgem. Bauzeitg. 1858. S. 203. u. 654. — Ann. d. ponts et chaussées. 1859 I. S. 183. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1861. S. 359. — Allgem. Bauzeitg. 1862. S. 74. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1863. S. 432. — 1866. S. 203. — Nouv. ann. de la constr. 1858. S. 44. — 1859. S. 10. — 1863. S. 5 u. 41. — Ann. d. ponts et chaussées. 1870 I. S. 89. — Nouv. ann. de la constr. 1871. S. 101. — Deutsche Bauzeitg. 1878. S. 511. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1879. S. 139 u. 580. — Ann. d. ponts et chaussées. 1879. S. 1. — Zeitschr. f. Bauw. 1880. S. 452. — Allgem. Bauzeitg. 1881. S. 11. — Nouv. ann. de la constr. 1882. S. 67. — Zeitschr. f. Bauk. 1883. S. 350. — Wochenbl. f. Bauk. 1885. S. 220.

- Ausrüsten der eisernen Lehrbogen des Ippenser Tunnels durch Sand. Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1866. S. 416.
- Senkung der Elbbrücke bei Magdeburg mittels Sandcylindern. Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1878. S. 464.
- Versuche über den Ausfluß des Sandes. Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1882. S. 111.

Schrauben.

- Die für Schrauben und Schraubenmuttern anzunehmenden Dimensionen. Civilingenieur. 1854. S. 25.
- Über die Berechnung der Dimensionen von Schrauben. Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1860. S. 219.
- Anwendung von Schrauben zum Ausrüsten. Zeitschr. f. Bauw. 1854. S. 498. — Ann. d. ponts et chaussées. 1855 I. S. 253. — 1855 II. S. 358. — 1856 II. S. 307. — 1858 II. S. 367. — 1859 I. S. 164. — 1870 I. S. 446. — Nouv. ann. de la constr. 1858. S. 113. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1861. S. 67 u. 72. — 1878. S. 37. — Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1870. S. 223.
- Hängeschrauben zum Versenken von Fundirungscissons. Civilingenieur. 1861. S. 300. — Zeitschr. f. Bauw. 1881. S. 238 u. 370. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1884. S. 398.
- Senken der in höherer Lage montirten Träger der Unterführungen der Berlin-Anhalter Bahnanlagen in Falkenberg und Delitzsch. Zeitschr. f. Bauw. 1872. S. 270.
- Anwendung von Kopfschrauben bei der Moselbrücke bei Güls. Zeitschr. f. Bauw. 1881. S. 572.

Hydraulische Pressen.

- Versuche über die Reibung der Liderungskränze bei hydraulischen Pressen. Civilingenieur. 1866. S. 317.
- Accumulatoren und deren Benutzung für hydraulische Pressen. Civilingenieur. 1866. S. 469.
- Anwendung hydraulischer Pressen zum Senken von Fundirungscissons. Collection des dessins distr. aux élèves d. l'école d. p. et ch. Série 4. Sect. C. Taf. 12, 13 u. 14. — Glaser's Annalen f. Gewerbe. 1878. S. 451 u. 499.
- Anwendung hydraulischer Pressen zum Absenken ganzer Brückenkonstruktionen. Savebrücke bei Broad. Wochenschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1880. S. 42. — Ferdinandsbrücke in Graz. Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1883. S. 43.

Besondere Senkmethode und vergleichende Besprechungen verschiedener Methoden.

- Krancke. Neuere Methoden zum Ausrüsten großer Gewölbe. Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1855. S. 247.
- Senkvorrichtung von Pluyette. Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1860. S. 105. — Civilingenieur. 1857. S. 181. — Zeitschr. f. Bauw. 1857. S. 431.
- Excentriks von Intze. Deutsche Bauzeitg. 1870. S. 49 u. 57.
- Mehrrens. Über Ausrüstemethoden. Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1873. S. 492.
- Ausrüstemethode von Chardard mittels Walzen. Ann. d. ponts et chaussées. 1880 I. S. 33.

Hebevorrichtungen.

Zu §§ 26—28.

- Aufrichten des umgestürzten Pfeilers der Willemsbrücke zu Rotterdam. Zeitschr. f. Bauw. 1878. S. 26.

Schrauben.

- Hebung der Niemenbrücke bei Kowno. Zeitschr. f. Bauw. 1863. S. 373. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1863. S. 66.
- Hebung der Brücken des Rhein-Marne-Canals mittels Schrauben. Ann. d. ponts et chaussées. 1878 I.

- S. 592. — 1880 I. S. 260 u. 301. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1879. S. 94. —
 Revue générale de l'architecture et des travaux publics. 1883. No. 9—10. — Centralbl. d.
 Bauverw. 1884. S. 87. — Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1884. S. 356.
 Anwendung von Kopf- und Hebeschrauben. Zeitschr. f. Bauk. 1880. S. 363. — Zeitschr. f.
 Bauw. 1884. S. 65, Taf. 36.
 Hebung der Spreebrücke am Schloßpark Bellevue. Zeitschr. f. Bauw. 1884. S. 231.

Winden und Hebeladen.

- Hebung der Brücke über den Wye zu Chepstow mit Winden. Allgem. Bauzeitg. 1852. S. 151.
 Hebung der Gitterträger von der Saalebrücke bei Grizehne. Zeitschr. f. Bauw. 1854. S. 168.
 Hebung des eisernen Überbaues der Elbbrücke bei Wittenberg durch Hebeladen. Deutsche Bauzeitg.
 1881. S. 525. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1882. S. 157. — Centralbl.
 d. Bauverw. 1884. S. 329.

Anwendung hydraulischer Pressen.

- Hebung der Britannia- und Connay-Brücken. Allgem. Bauzeitg. 1849. S. 175. — 1852. S. 172.
 Montirung der alten Tay-Brücke. Glaser's Ann. f. Gewerbe. 1878 II. S. 449 u. 497. — 1880 I.
 S. 87, 147, 167. — Deutsche Bauzeitg. 1880. S. 111. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1880.
 S. 70.
 Hebung der Eisenbahnbrücke über die Msta. Engineering. 1882 I. S. 423 u. 449. — Zeitschr. d. Ver.
 deutsch. Ing. 1882. S. 588.
 Bemerkungen über die Konstruktion hydraulischer Pressen. 1867. S. 93, 122.
 Über Berechnung hydraulischer Hebevorrichtungen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1878. S. 505 u. 567.
 Berechnung der Stärke cylindrischer Gefäße (auf hydraulische Pressen angewandt). Zeitschr. d. Ver.
 deutsch. Ing. 1880. S. 283, 363, 488.
 Hydraulische Hebewerke mit hydraulischer Ausbalancirung der todtten Last. Zeitschr. d. Ver. deutsch.
 Ing. 1883. S. 330.

Montirung mit Pontons und schwimmenden Gerüsten.

Zu § 29.

Benutzung von Pontons.

- Brücke zu Chepstow über den Wye. Builder. 1852, April. S. 244.
 Transport der Saltashbrücke über den Tamar bei Plymouth. Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Han-
 nover. 1857. S. 169.
 Brücke über den Niemen bei Kowno. Ann. d. ponts et chaussées. 1864 II. S. 233. — Zeitschr. d.
 Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1863. S. 54.
 Anwendung von Pontons beim Bau der Coblenzer Rheinbrücke. Zeitschr. f. Bauw. 1864. S. 410.
 Einbringen der Eisenkonstruktion von der Unterspreebücke in Berlin. Allgem. Bauzeitg. 1866.
 S. 271.
 Einfahren der Träger von der großen Weserbrücke in Bremen. Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Han-
 nover. 1869. S. 460.
 Einbringen der Huntebrücke bei Elsflath. Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1874. S. 11.
 Montirung der Tay-Brücke. Engineering. 1876 I. S. 371. — II. S. 164. — 1878 I. S. 91 u. 181. —
 Engineer. 1873 I. S. 197. — 1878 I. S. 9 u. 208. — Builder. 1876 I. S. 356 u. 900. —
 Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1877. S. 113. — Deutsche Bauzeitg. 1873.
 S. 52.
 Einfahren der Straßenbrücke über den Zwartkopp-Fluß in Südafrika. Engineering. 1879 II. S. 477. —
 Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1880. S. 439.
 Einbringen der Träger von der Alexanderbrücke über die Wolga. Ann. d. ponts et chaussées. 1881 I.
 S. 734. — Deutsche Bauzeitg. 1880. S. 416. — Zeitschr. d. Ver. d. Eisenb.-Verw. 1880. —
 Engineering. 1880 II. S. 70 u. 626.
 Montirung der Brücke über die Ems bei Weener. Zeitschr. f. Bauk. 1884. S. 215.
 Brücken zur Oliven-Insel in Pola. Der Bautechniker. 1885. S. 503. — Zeitschr. d. Österr. Ing. u.
 Arch. Ver. 1886. S. 106.

- Schwimmende Gerüste und Krane. —
 Errichtung von Lehrgerüsten mit Hilfe schwimmender Krane. *Nouv. ann. de la constr.* 1858. S. 44. —
Allgem. Bauzeitg. 1845. S. 261.
 Versetzen von Betonblöcken beim Hafenbau in Cette. *Zeitschr. f. Bauw.* 1858. S. 577.
 Schwimmende Gerüste und Krane vom Bau der Victoriabrücke bei Montreal. *Zeitschr. f. Bauw.*
 1860. S. 539.
 Schwimmender Fangdamm beim Bau der Victoriabrücke. *Civilingenieur.* 1867. S. 247.
 Schwimmender Kran vom Bau der großen Weserbrücke. *Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover.*
 1869. S. 286.
 Errichtung des Fangdammes zum Bau des Pfeilers von der Dourobrücke bei Regoa. *Zeitschr. f. Bauw.*
 1874. S. 461. — *Engineering.* 1876 I. S. 110 u. 162.
 Hafenbau von Triest. *Allgem. Bauzeitg.* 1876. S. 59, 61.
 Schwimmender Kran von St. Prakt. Maschinenkonstr. 1876. S. 224.
 Bau der Pfeiler von der Donaubrücke der Budapester Verbindungsbahn. *Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver.*
 zu Hannover. 1877. S. 29.
 Schwimmender Kran vom Hafenbau in New-York. *Oppermann. Portef. écon. des mach.* 1874. S. 8. —
Deutsche Bauzeitg. 1878. S. 181.
 Schwimmender Dampfkran vom Bau der Rheinbrücke bei Wesel. *Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu*
Hannover. 1879. S. 504.
 Schwimmendes Bangerüst für Quaibauten in Antwerpen. *Engineering.* 1879 II. S. 279.
 Pontonschiff zum Befördern großer Blöcke im Hafen von St. Jean de Luz. *Ann. d. ponts et chaussées.*
 1881 II. S. 168.
 Hafenbau von Fiume. *Zeitschr. f. Bauk.* 1881. S. 549.
 Schwimmendes Gerüst zum Bau der Hafenquai-Mauern in Antwerpen. *Ann. d. ponts et chaussées.*
 — 1882 II. S. 231.
 Schwimmender 60 t. Kran von W. Theis. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1882. S. 619. — *Zeitschr. d.*
Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1883. S. 414.
 Bau der Pfeiler von der Moselbrücke bei Eller. *Zeitschr. f. Bauw.* 1883. S. 428.
 Schwimmender Kran vom Bau der Plattsmouth-Bridge und der Bismarck-Brücke über den Missouri.
Railroad Gazette. 1880. S. 653, 659, 665. — 1883. S. 822. — *Engineering.* 1884 I. S. 123.
 Neubau der Tay-Brücke. *Eisenbahn.* 1881 II. S. 136. — *Deutsche Bauzeitg.* 1883. S. 496. —
Wochenbl. f. Bauk. 1885. S. 354 u. 363. — *Engineering.* 1881 I. S. 577. — 1885 I. S. 689.
- Freischwebender Vorbau.**
 Zu §§ 30 und 31.
 Bogenbrücken.
- St. Louisbrücke über den Mississippi. *Ann. d. ponts et chaussées.* 1877 II. S. 1. — *Zeitschr. d.*
Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1874. S. 75. — *Engineering.* 1871 I. S. 15, 49, 73, 77, 81. —
 1872 I. S. 6 u. 40. — 1872 II. S. 245. — 1875 I. S. 17. — *Transact. of the Amer.*
Soc. of Civ. Engin. 1874. S. 135. — 1875. S. 239.
 Dourobrücke bei Oporto. *Mémoires de la société des ing. civ.* 1878. S. 741. — *Ann. industr.* 1879.
 Febr. u. März. S. 135, 164, 193, 227, 266, 295. — *Engineer.* 1878 II. S. 29, 38, 94. —
 1879 I. S. 40, 57, 75, 93, 131, 183. — *Engineering.* 1878 I. S. 485. — 1878 II. S. 58. —
 1881 I. S. 557. — *Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover.* 1879. S. 539. — *Ann.*
industr. 1879. — *Deutsche Bauzeitg.* 1878. S. 113. — *Revista de obras publicas.* 1876.
 S. 160. — *Scient. American.* 1878 II. Suppl. S. 1425. — *Wochenbl. d. Österr. Ing. u. Arch.*
Ver. 1878. S. 143.
 Continuirliche Bogenkettenträger nach Patent Scharowski. *Deutsche Bauzeitg.* 1879. S. 367. —
Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1880. S. 266.
 Projekt von Bazalgette zur Themse-Brücke. *Engineering.* 1879 II. S. 56. — *Zeitschr. d. Arch. u. Ing.*
Ver. zu Hannover. 1880. S. 267.
 Projekt von M. am Ende für die Forth-Brücke. *Centrabl. d. Bauverwaltg.* 1881. S. 276.
 Garabit-Viadukt. *Centrabl. d. Bauverwaltg.* 1881. S. 120. — 1884. S. 104 u. 200. — *Wochenschr.*

- d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1884. S. 159. — Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1884. S. 54. —
 Techniker. 1884. S. 187. — Revue générale des chemins de fer. 1884. Juni. — Amer. Eng.
 1881. S. 31. — Hannov. Zeitschr. 1884. S. 508. — Engineering. 1885 I. S. 549, 593.
 Projekte zur Donaubrücke bei Czernawoda. Schweiz. Bauzeitg. 1883 II. S. 151.
 Straßenbrücke Luiz I über den Douro bei Oporto. Mém. de la soc. des ing. civ. 1886. Jan.
 Neue Brücke in Oporto. Engineering. 1886 II. S. 7. — Mémoires de la soc. des ing. civ. 1886.
 Jan. S. 38.
 Ein neuer Eisenbahn-Viadukt in Capland (Freitragend vorgebaut). Höhe 60 m. Lichte Spannweite
 61,2 m. Centralbl. d. Bauverw. 1884.
 Bau der Forth-Brücke. Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1886. S. 236. — 1885.
 S. 154. — Engineering news. 1885. Oct. u. Nov. S. 234, 343, 513.
 Aufstellung und Errichtung des Forth-Brückenturms und Hebung der Träger mit Wasserdruck-Hebe-
 maschinen. Engineer. 1885 II. S. 296.
 Tay-Brücke. Engineering news. 1885. Oct. S. 283 u. 284. — Giornale del genio civile. 1886.

Balkenbrücken.

- Innbrücke bei Königswart. Zeitschr. d. Bayr. Arch. u. Ing. Ver. 1876. S. 1.
 Dalbrücke in Schweden. Scient. American. 1876 I. Suppl. S. 201.
 Viadukt über den Kentucky-River. Railroad Gazette 1877. Jan. S. 29. Sept. S. 403, 413, 428. —
 Deutsche Bauzeitg. 1877. S. 150. — 1879. S. 220. — Zeitschr. f. Bauk. 1878. S. 566. —
 Engineering news. 1877. Febr. S. 37. — Scient. American. 1877. Suppl. Oct.
 Bau der Brücke über den Firth of Forth. Centralbl. d. Bauverwaltg. 1882. S. 12. — 1883. S. 401. —
 Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1883. S. 2. — Deutsche Bauzeitg. 1882. S. 530 u. 541. — 1883.
 S. 530. — 1884. S. 327. — Wochenschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1882. S. 72, 271,
 286. — Engineering. 1882 II. S. 217, 230, 482. — Scient. American. 1882 II. S. 5645. —
 Iron. 1884 I. S. 539. — Railroad Gazette. 1882. S. 10 u. 65. — 1884. S. 748 u. 765. — Zeitschr.
 d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1884. S. 173. — Engineer. 1884 II. S. 357 u. 388. — En-
 gineering. 1884 II. S. 213, 223, 428, 491, 584, 590. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu
 Hannover. 1882. S. 579. — 1884. S. 243.
 Kinzua-Viadukt. Deutsche Bauzeitg. 1883. S. 419. — Ironmonger. 1883. — Scient. American.
 1882. Mai. — Génie civil. 1883. — Centralbl. d. Bauverw. 1883. S. 310. — Engineering.
 1882. S. 596 u. 613. — Railroad Gazette. 1882 II. S. 748 u. 767.
 Projekt zur zweiten Brücke über den East-River in New-York. Iron. 1877 I. Juni. S. 677. — Zeit-
 schr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1878. S. 91.
 Cantilever-Niagara-Brücke. Deutsche Bauzeitg. 1883. S. 341. — 1884. S. 293. — 1885. S. 238. —
 Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884. S. 385. — Centralbl. d. Bauverwaltg. 1884. S. 56. —
 Amer. Eng. 1883. S. 259. — Railroad Gazette. 1884. S. 179, 186, 198, 216. — Scient.
 American. 1883 II. S. 335.
 Brücke über den Frazer-River bei Lytton. Engineering. 1884 II. No. 975. — Wochenbl. f. Bauk.
 1885. S. 34.
 Projekt einer Brücke über den Ohio zwischen Louisville und New-Albany. Centralbl. d. Bauverwaltg.
 1884. S. 354.
 Projekt der Eisenbahnbrücke über den Lorenzstrom bei Quebec. Engineering. 1885 I. S. 336. —
 Wochenbl. f. Bauk. 1885. S. 192. — Schweiz. Bauzeitg. 1885 I. S. 106.

Montirung von Hängebrücken.

Zu §§ 32—35.

Montirung von Kettenbrücken.

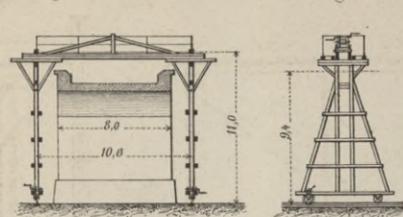
- Hängebrücke von Suresnes. Allgem. Bauzeitg. 1843. S. 225 u. 237. — Ann. d. ponts et chaussées.
 1842 I. S. 336.
 Kettenbrücke über den Donaukanal. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1864. S. 250.
 Versteifte Gliederketten-Brücke über den Monongahela bei Pittsburgh. Ann. d. ponts et chaussées.
 1879 II. S. 323. — Zeitschr. d. Arch. u. Ing. Ver. zu Hannover. 1879. S. 67. — Deutsche

Bauzeitg. 1879. S. 15 u. 167. — Scient. American. 1876. Suppl. S. 533. — Railroad Gazette. 1878. S. 141, 147, 163, 170.

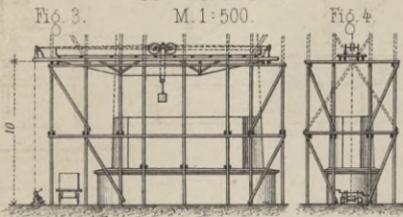
Montirung von Drahtseilbrücken.

- Hängebrücken über die Rhône. Ann. d. ponts et chaussées. 1831 I. S. 101 u. 110.
 Drahtseilbrücke zu Freiburg über die Saane. Allgem. Bauzeitg. 1836. S. 341 u. 349.
 Hängebrücke St. Christophe über den Scorff bei Lorient. Ann. d. ponts et chaussées. 1850 II. S. 273.
 Hängebrücke über den Ohio bei Wheeling. Allgem. Bauzeitg. 1852. S. 208.
 Reparatur der Hängebrücke von Hôtel Dieu über die Rhône bei Lyon. Ann. d. ponts et chaussées. 1853 I. S. 155.
 Eisenbahn-Hängebrücke über den Niagara. Zeitschr. f. Bauw. 1862. S. 378. — Transact. of the Americ. Soc. of Civ. Eng. 1881. S. 195. — Zeitschr. f. Bauk. 1883. S. 155. — Civilingenieur. 1858. Heft 1. — Engineering. 1869 II. S. 268 u. 285. — Nouv. ann. de la constr. 1865. S. 130. — 1882. S. 17.
 Die Lambeth-Hängebrücke. Allgem. Bauzeitg. 1866. S. 432. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1863. S. 210.
 Ohio-Brücke bei Cincinnati. Zeitschr. f. Bauw. 1868. S. 499.
 Drahtsteg über die Donau bei Passau. Zeitschr. d. Bayr. Arch. u. Ing. Ver. 1871. S. 10, 30, 45.
 East-River-Brücke in New-York. Deutsche Bauzeitg. 1870. S. 335. — 1873. S. 317. — 1876. S. 448 u. 479. — 1878. S. 159. — 1883. S. 547 u. 561. — Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Ver. 1877. S. 12. — Scient. American. Suppl. 1876. S. 675. — 1877 I. S. 65 u. 143. — 1877 II. S. 63. — 1878 II. S. 287. — 1881 I. S. 320. — Schweiz. Bauzeitg. 1883 I. S. 139 u. 148. — Nouv. ann. de la constr. 1879. S. 142. — 1880. S. 10, 24, 52. — Engineering. 1878 I. S. 53, 121, 171. — 1879 I. S. 27 u. 512. — 1881 I. S. 98. — 1883 I. S. 216 u. 489.
 Ausbesserung der Alleghany-Brücke bei Pittsburgh. Engineering. 1884 II. S. 460. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886. S. 306.

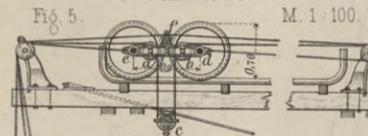
Fig. 1. M. 1:500. Fig. 2.



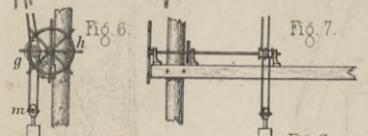
Bau der Pfeiler des Rhurthal-Viaduktes bei Herdecke.



Laufkatze.



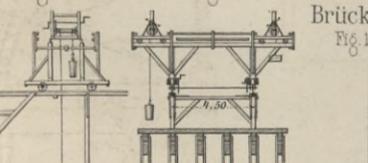
M. 1:100.



Laufkran.



Laufkran v. d. Br. über d. Drac b. Claix.



Dienstbrücken zum Bau der Brücke von Mezzanacorti.

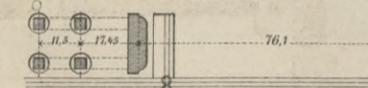
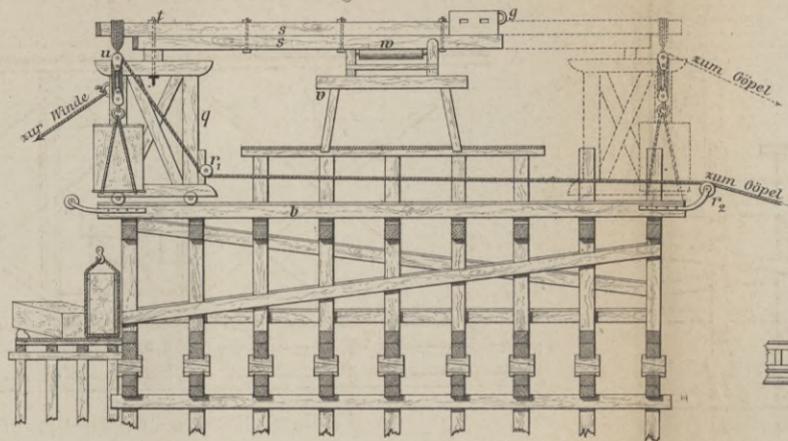
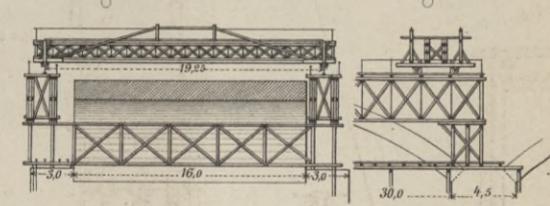


Fig. 14. M. 0,0072.



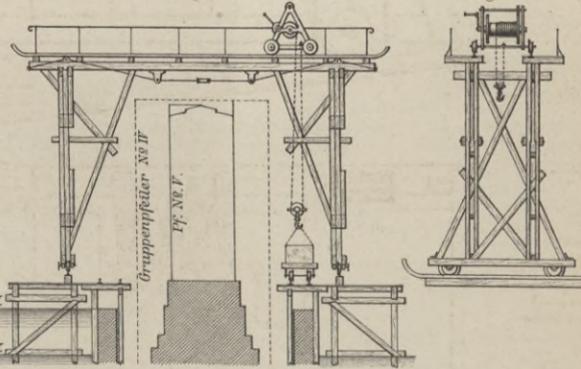
Laufkran. Elbbrücke bei Pirna.

Fig. 15. M. 1:500. Fig. 16.

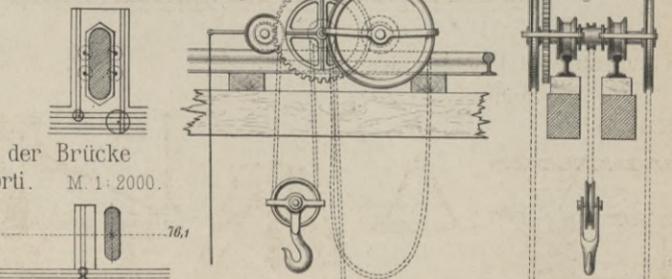


Laufkran. Weserbrücke bei Fürstenberg.

Fig. 18. M. 0,0037. Fig. 19.

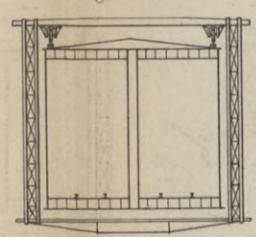


Brücke zu Thorn. Laufkatze. Weserbrücke bei Fürstenberg.



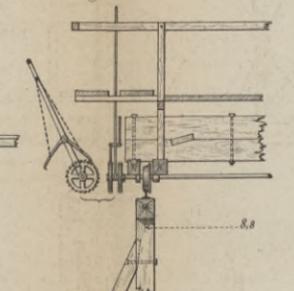
Bewegliches Reparaturgerüst von der Britanniabrücke.

Fig. 17. M. 1:400.



Laufkran. Aarebrücke bei Olten.

Fig. 20. M. 1:100.



Eiserner Laufkran vom Umbau eines Kanals in Berlin.

Fig. 23. M. 1:500. Fig. 24. Fig. 25. M. 1:100.

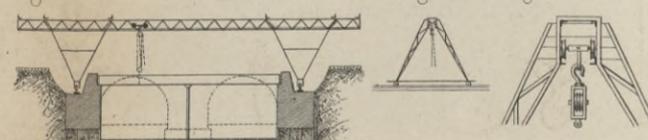
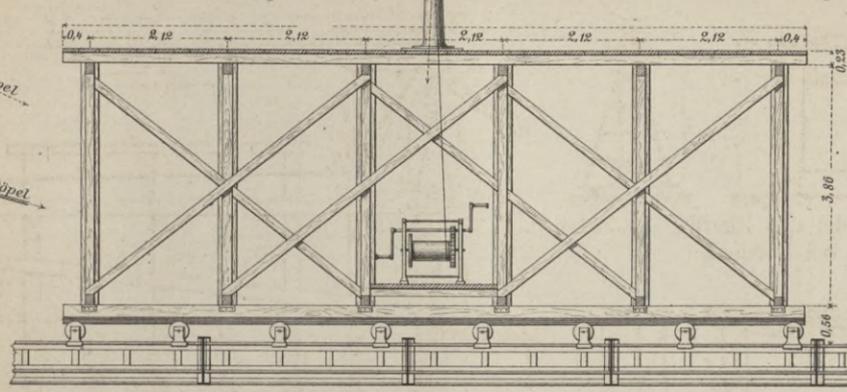


Fig. 26. M. 1:100.



Laufkran. Wechselbrücke bei Graudenz.

Fig. 28. M. 1:50.

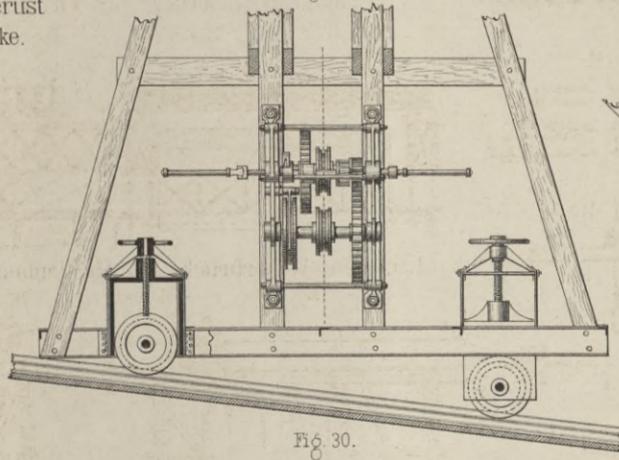


Fig. 30.

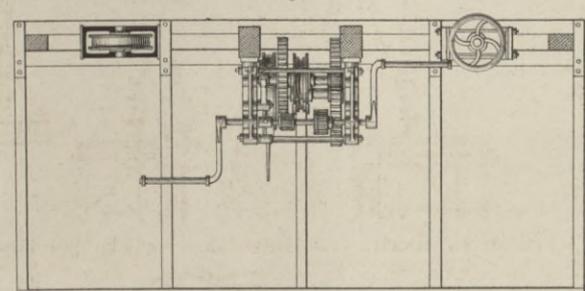
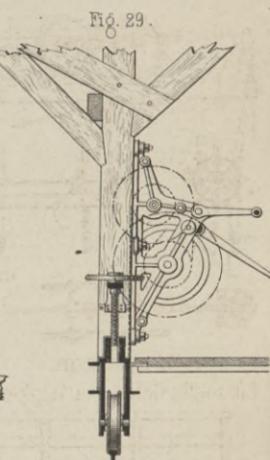
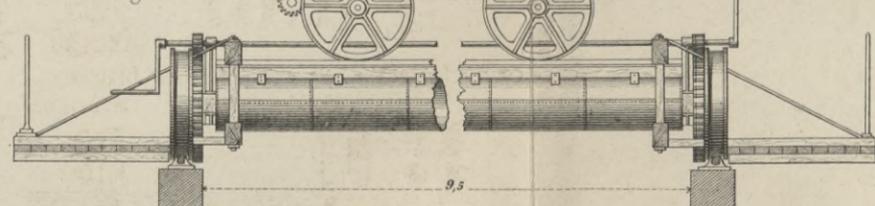
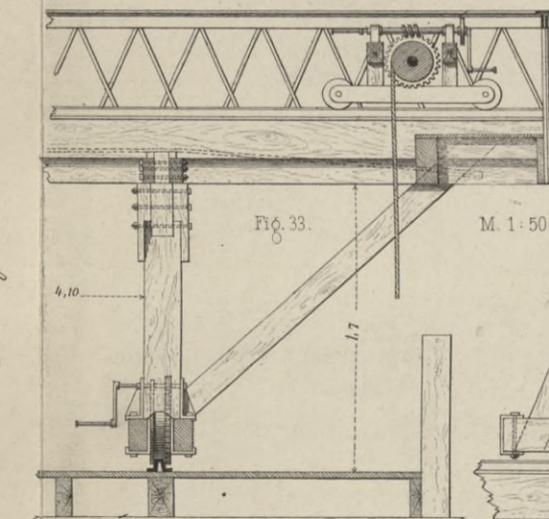


Fig. 35. M. 1:100.

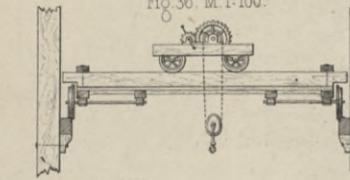


Laufkran. Brücke von Libourne über die Dordogne.



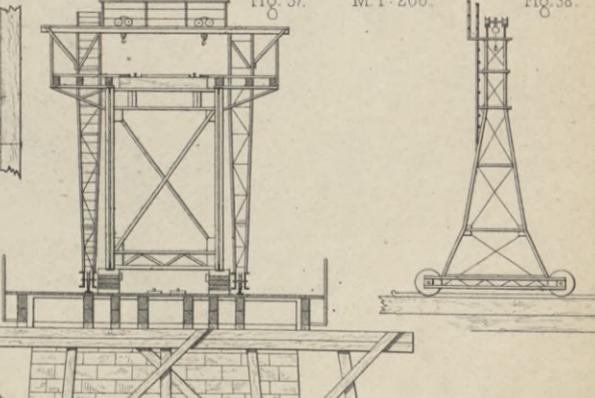
Laufkran. Viadukt von Montciant.

Fig. 36. M. 1:100.

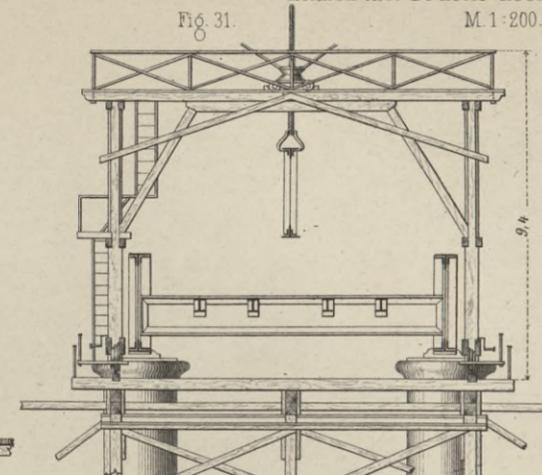


Eiserner Versetzkrane von Gebr. Decker.

Fig. 37. M. 1:200.



M. 1:200.



Laufkran. Viadukt der Suisse bei Chaumont.

Ansicht. Schnitt.

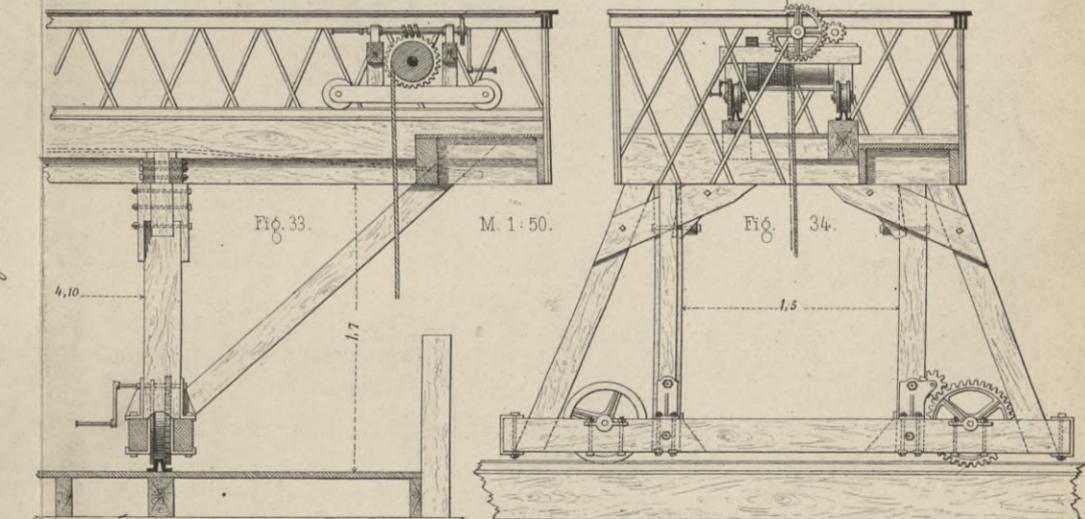
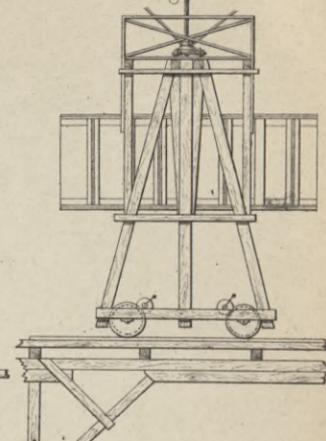
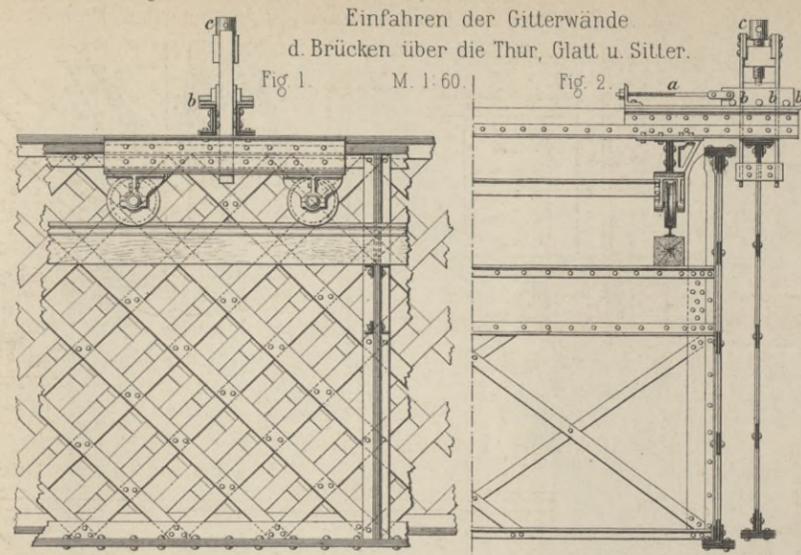


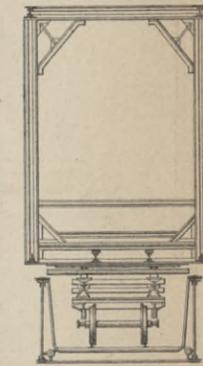
Fig. 32.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

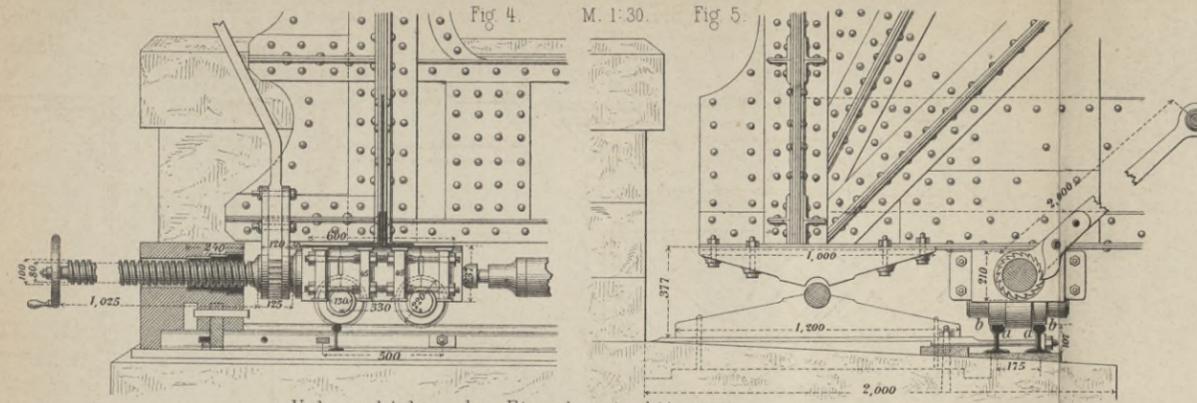


Einfahren der Träger der Eisenbahnbrücke zu Magdeburg Fig. 3 M. 1:200.

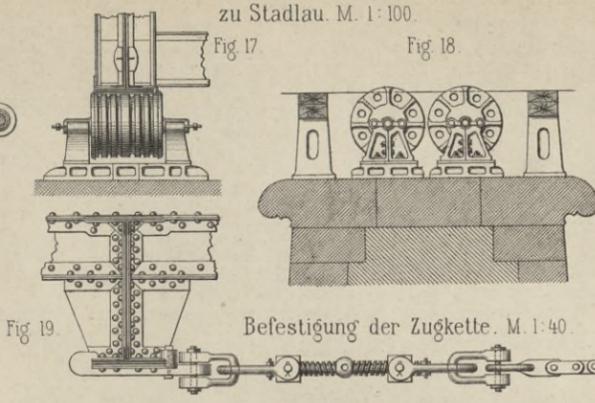


Verschiebe-Vorrichtungen.

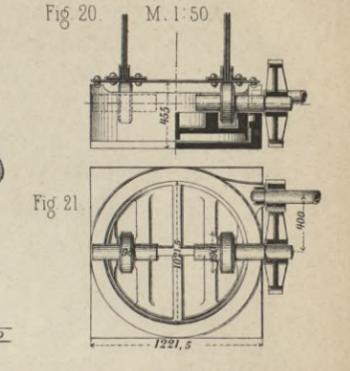
Einschieben der Eisenkonstruktion von der Donaubrücke.



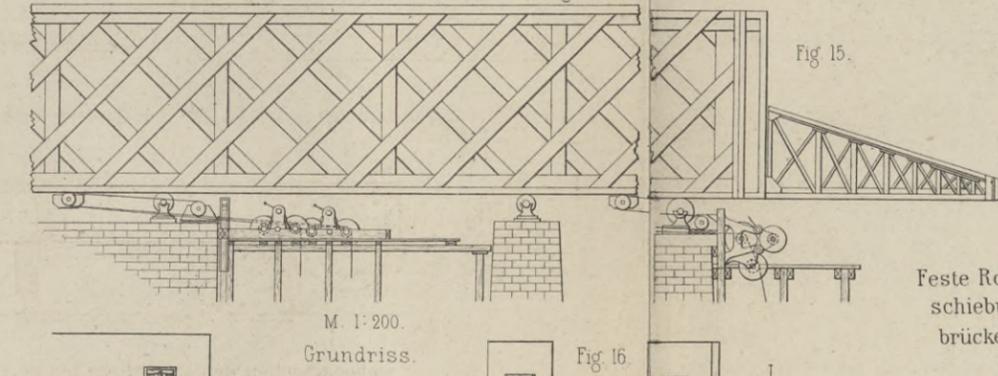
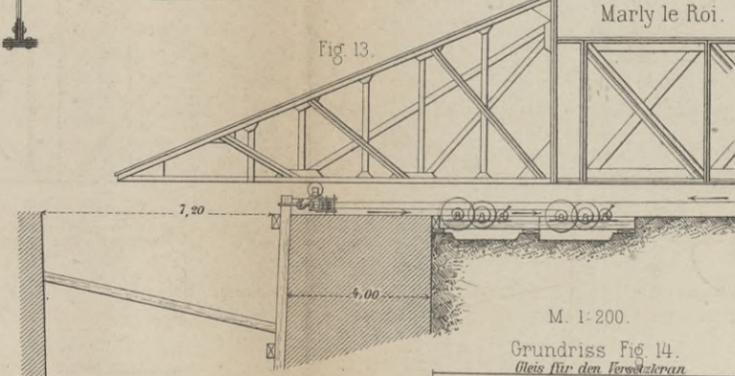
Feste Rollen zur Verschiebung der Donaubrücke zu Stadlau. M. 1:100.



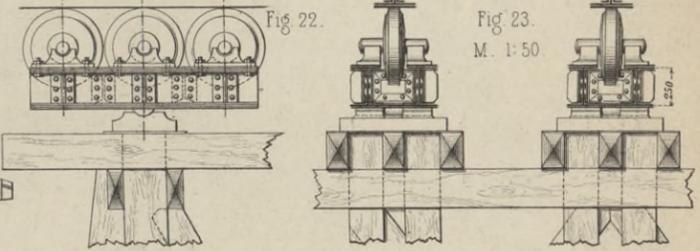
Dritte Abteilung Taf. XVII. Auf hydraul. Pressen gelagerte Rollen. M. 1:50.



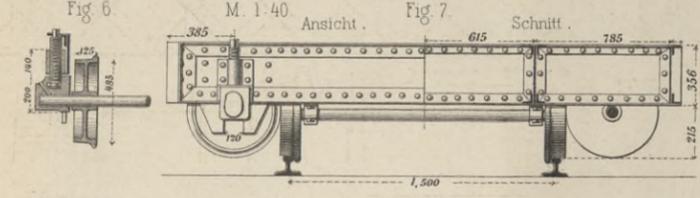
Ueberschieben der Eisenkonstruktionen vom Viadukt von Marly le Roi.



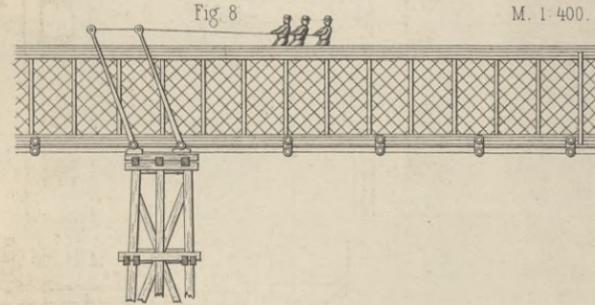
Wippende Rollen v.d. Ueberschiebung des Viaduktes von Val St. Leger.



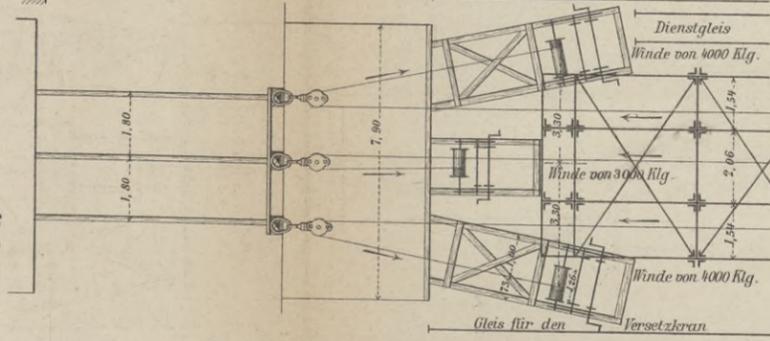
Wagen zum Einfahren der Träger der Theissbrücke zu Szegecin.



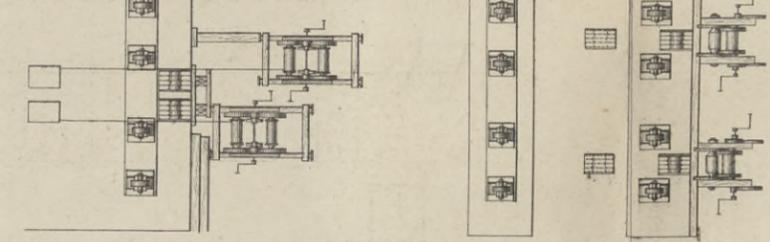
Ueberschieben der Aarebrücke bei Bern.



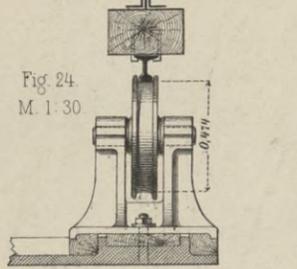
Grundriss Fig. 14. Gleis für den Förderschran. M. 1:200.



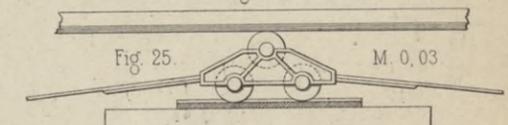
Grundriss. Fig. 16. M. 1:200.



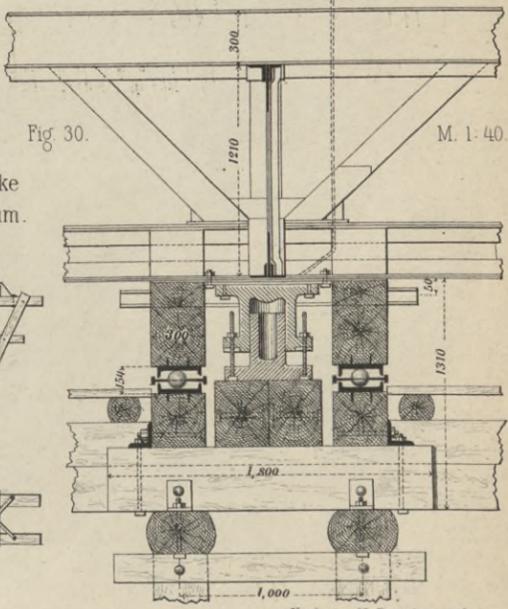
Feste Rolle von der Ueberschiebung der Waagbrücke b. Tornocz.



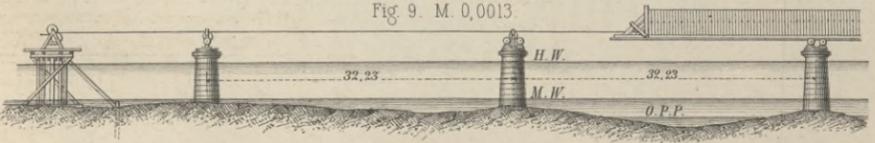
Bewegliche Rolle.



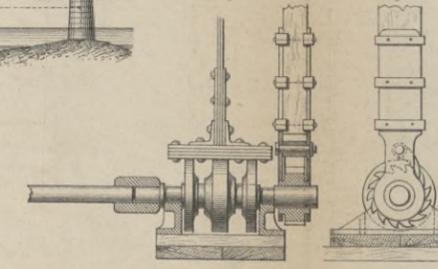
Stütz- und Roll-Apparat.



Ueberschieben der Waagbrücke bei Tornocz.



Rollen u. Ratsche von d. Brücke b. Neckarelz. Fig. 11 M. 1:30 Fig. 12.



Verschiebeapparat bei der Auswechslung der Holzprovisorien von der Waagbrücke bei Tornocz. M. 1:20.

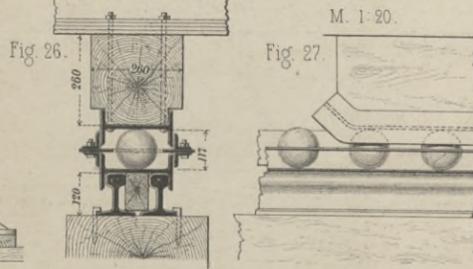
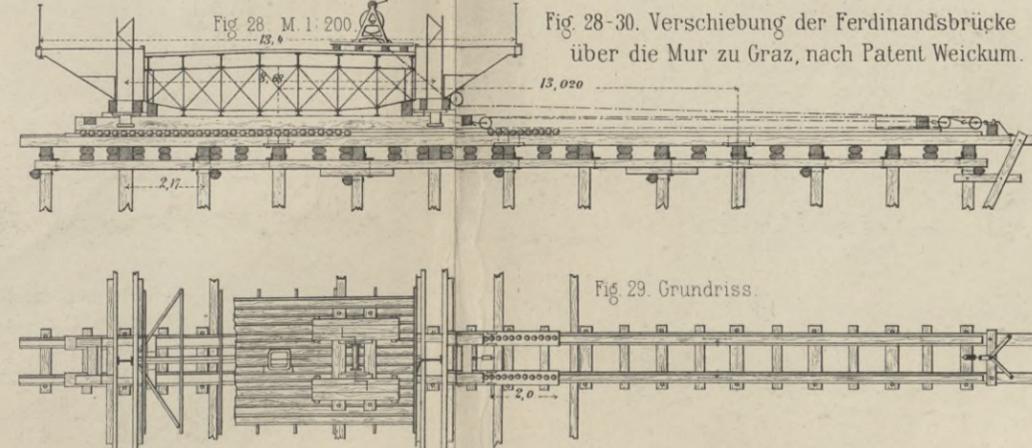


Fig. 28-30. Verschiebung der Ferdinandsbrücke über die Mur zu Graz, nach Patent Weickum.



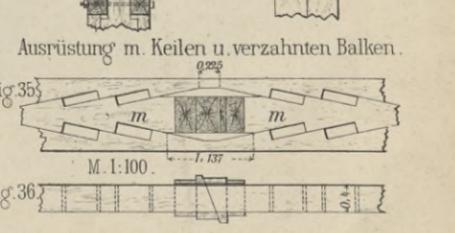
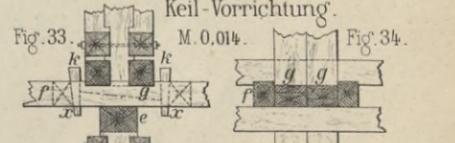
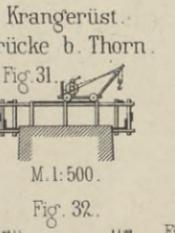
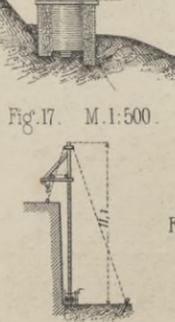
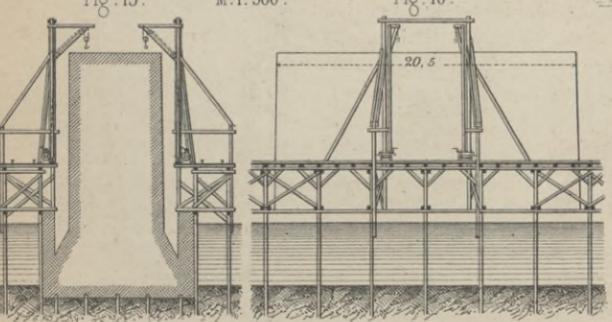
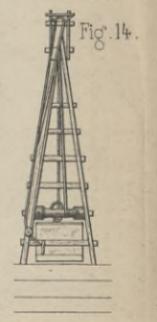
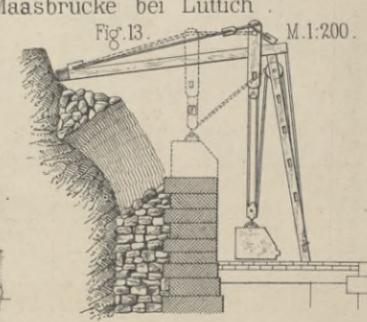
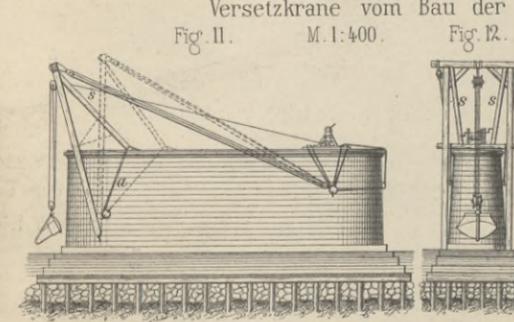
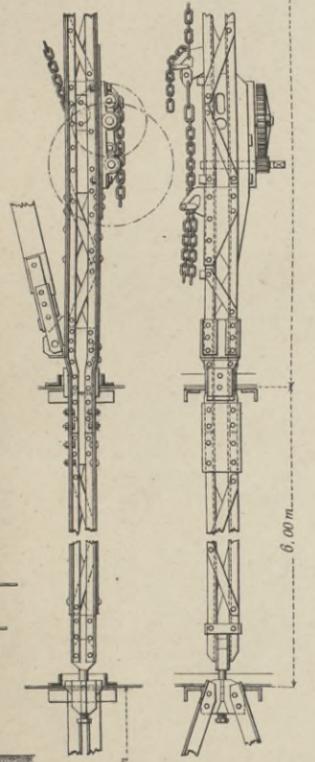
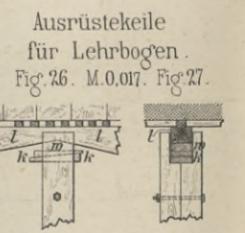
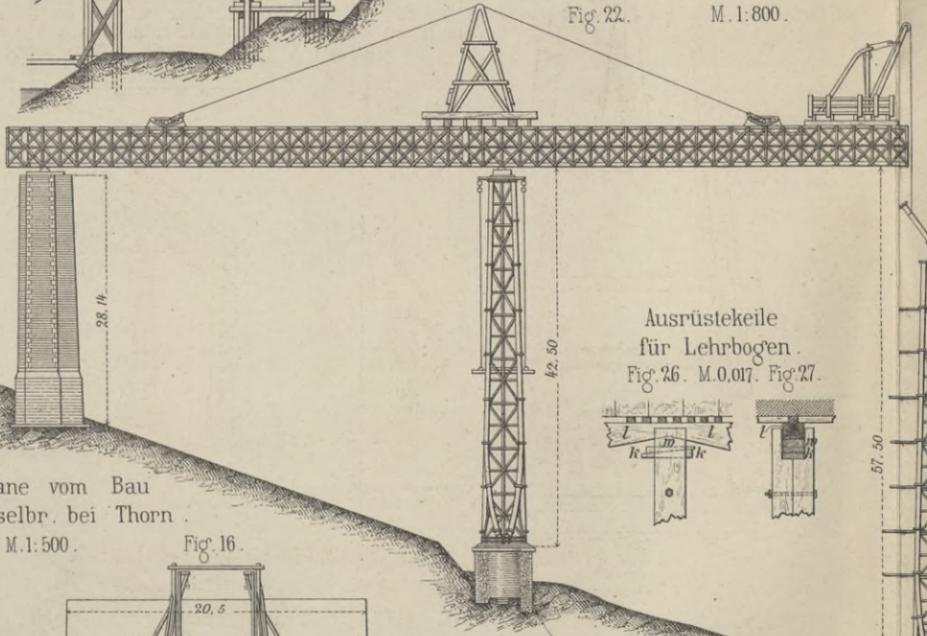
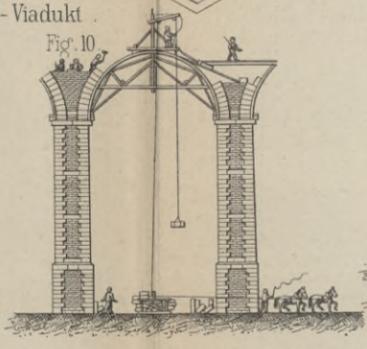
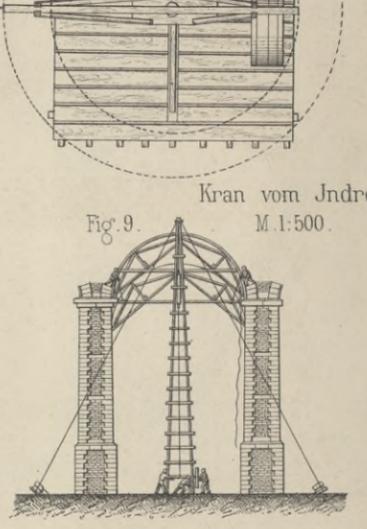
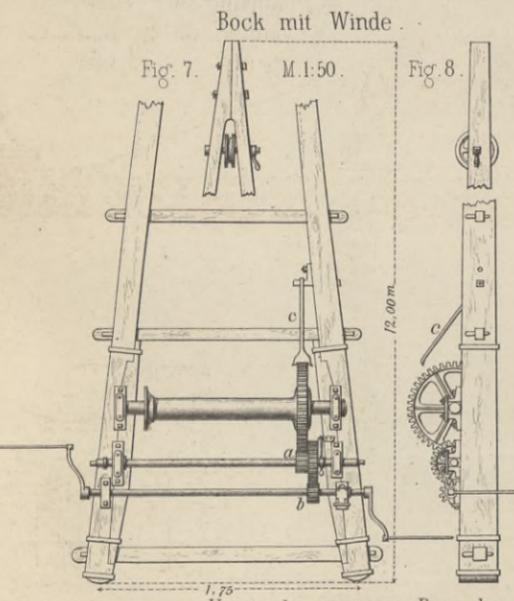
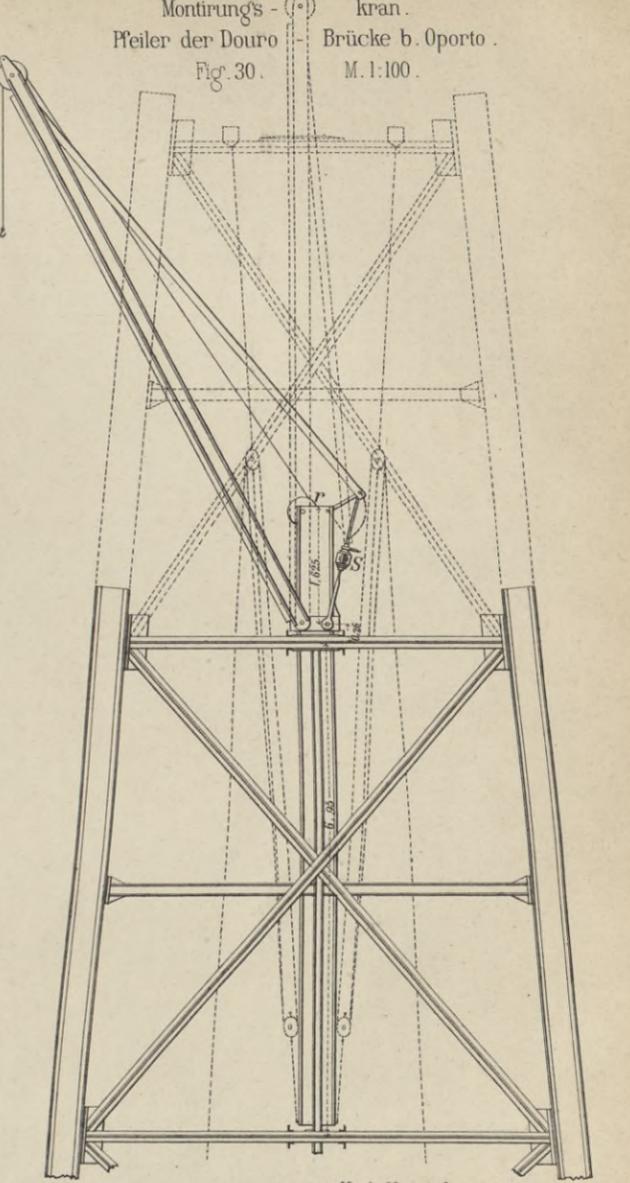
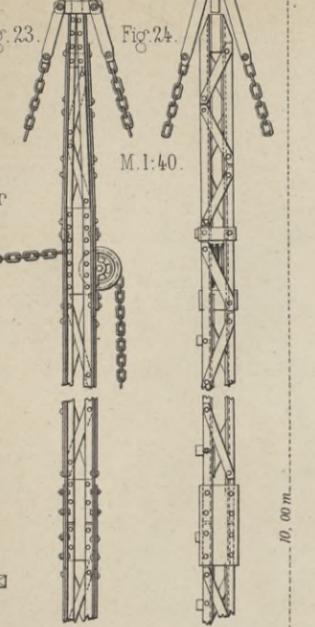
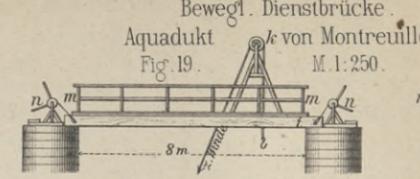
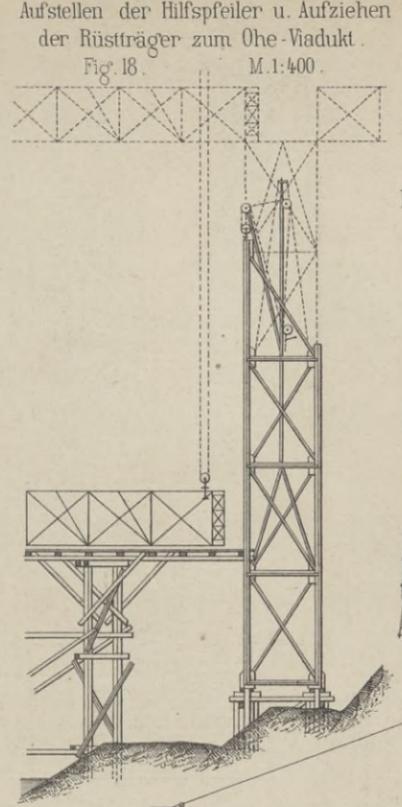
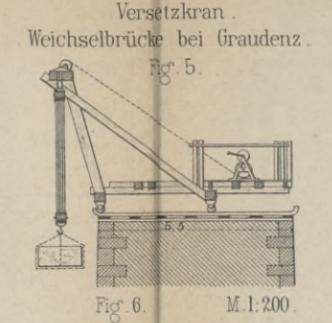
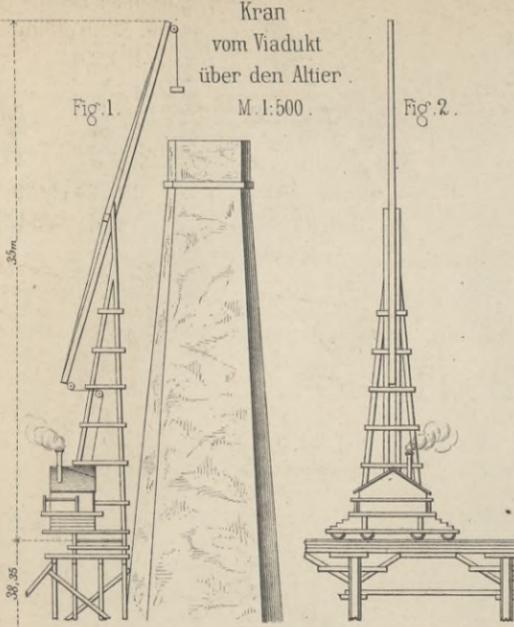
Ueberschieben der Brücke bei Neckarelz.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Versetz- und Hebe-Krane. Senkkeile.



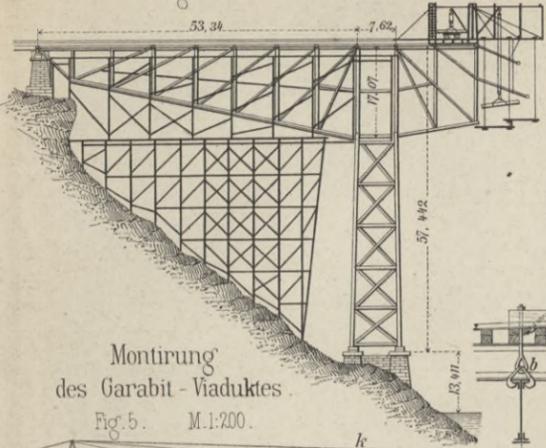
BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

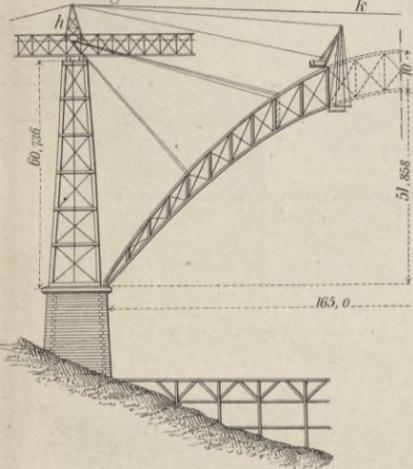
Montirung der Cantilever-Niagara-Brücke.

Fig. 1. M. 0,00075.



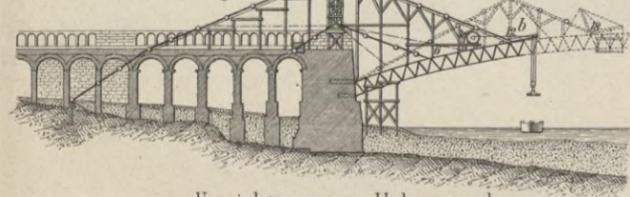
Montirung des Garabit-Viaduktes.

Fig. 5. M. 1:200.



Montirung der St. Louis-Brücke über den Mississippi.

Fig. 6. M. 1:2000.

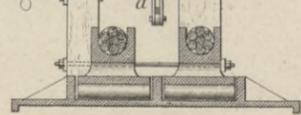


Vorrichtung zum Heben und Verlegen der Drahtseile von der Niagara-Brücke.

Fig. 8. M. 1:60.



Fig. 9.



Freischwebender Vorbau - Montirung von Hängebrücken.

Montirungskran von der Cantilever-Niagara-Brücke. Fig. 2-4.

Fig. 2. Längenschnitt. M. 0,006.

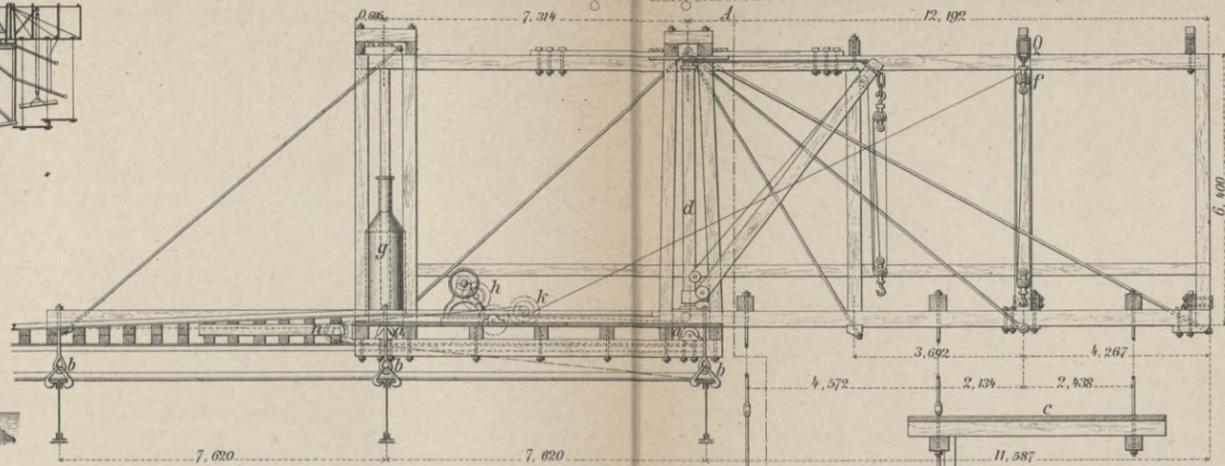
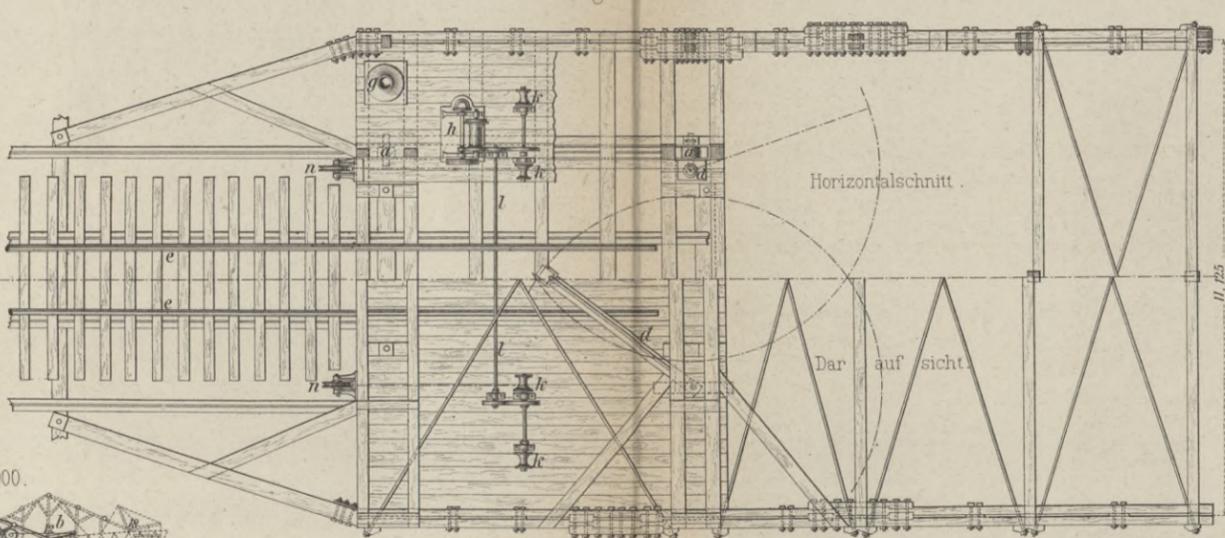


Fig. 4.



Horizontalschnitt.

Dar auf sicht.

Laufwagen vom Bau der Hängebrücke über den Monongahela bei Pittsburgh.

Fig. 10. M. 1:100.

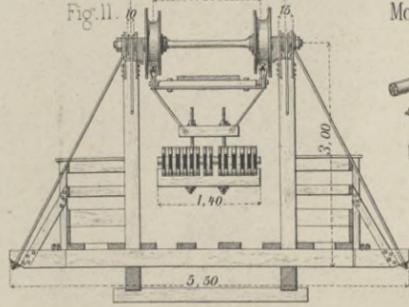
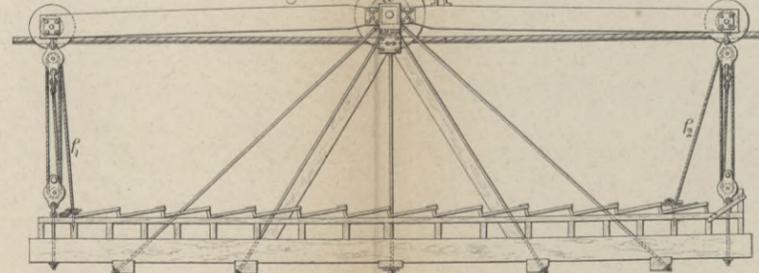


Fig. 11.

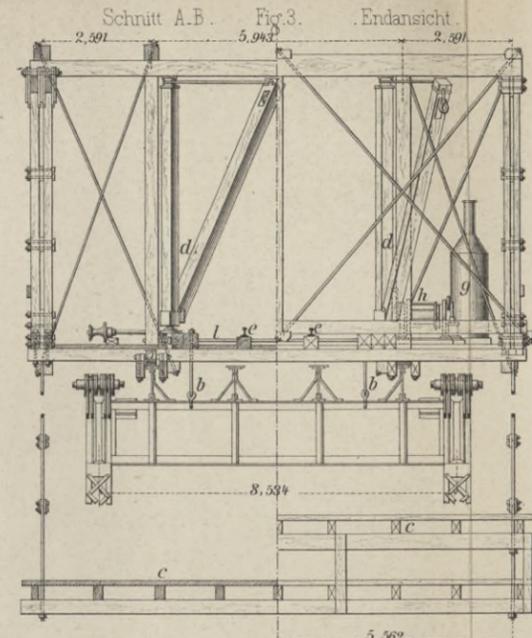
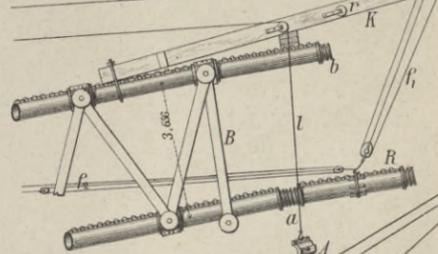
Montirwagen.

Fig. 19.

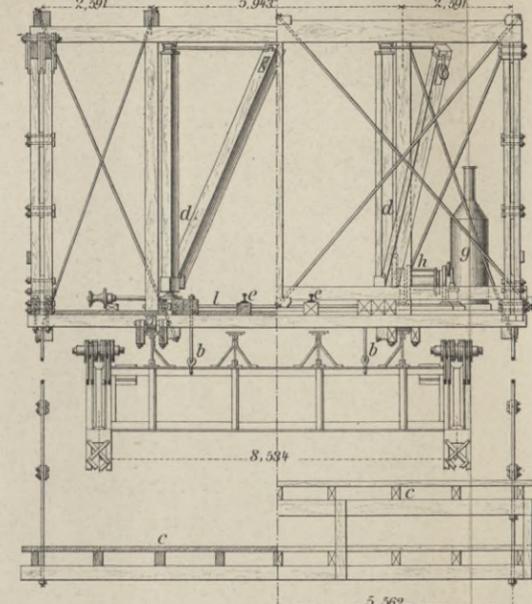


Montirung einer Bogenrippe der St. Louis-Brücke.

Fig. 7. M. 1:200.



Schnitt A.B. Fig. 3. Endansicht.



Wagen zum Aufhissen der Drahtseile von der Freiburger Hängebrücke.

Fig. 12. M. 1:200.

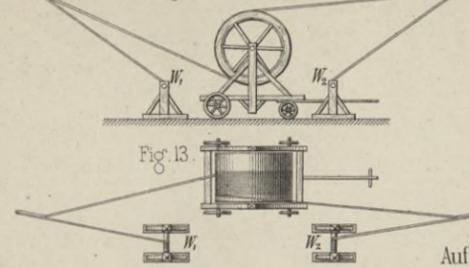
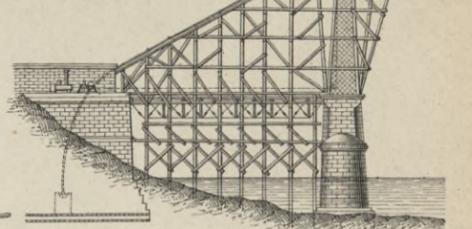


Fig. 13.



Montirung der Hängebrücke bei Pittsburgh.

Fig. 17. M. 1:2000.



Aufhissen d. Bänder von der Brücke von Suresne.



Fig. 15.

M. 1:300.

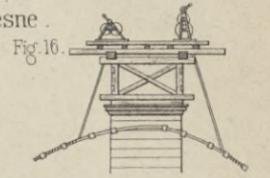
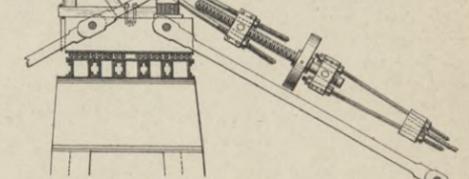


Fig. 16.

Montiren der Ketten von der Hängebrücke bei Pittsburgh.

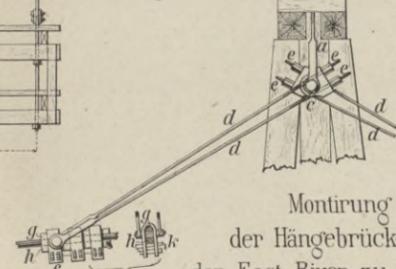
Fig. 18.

M. 1:200.



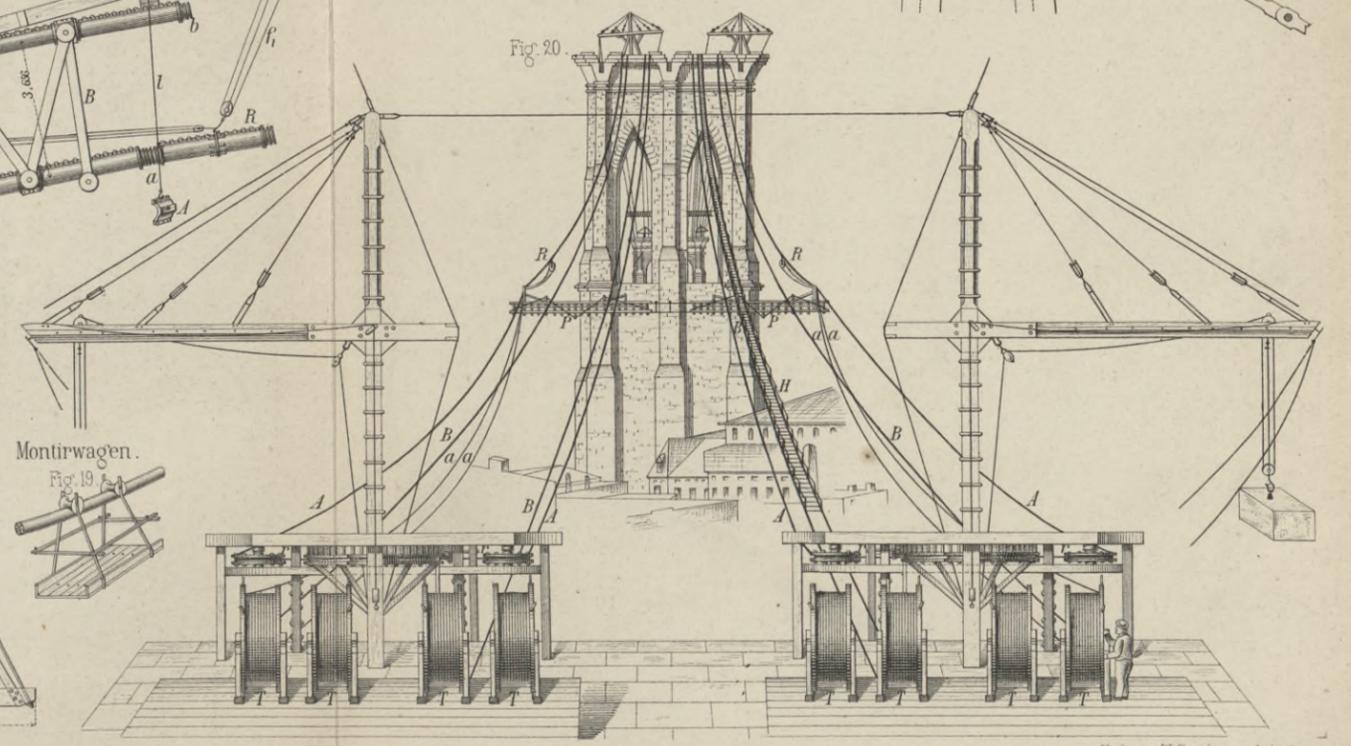
Hebeschrauben zur Reparatur der Hängebrücke von Suresne.

Fig. 14. M. 1:80.



Montirung der Hängebrücke über den East-River zu New-York.

Fig. 20.



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW