

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

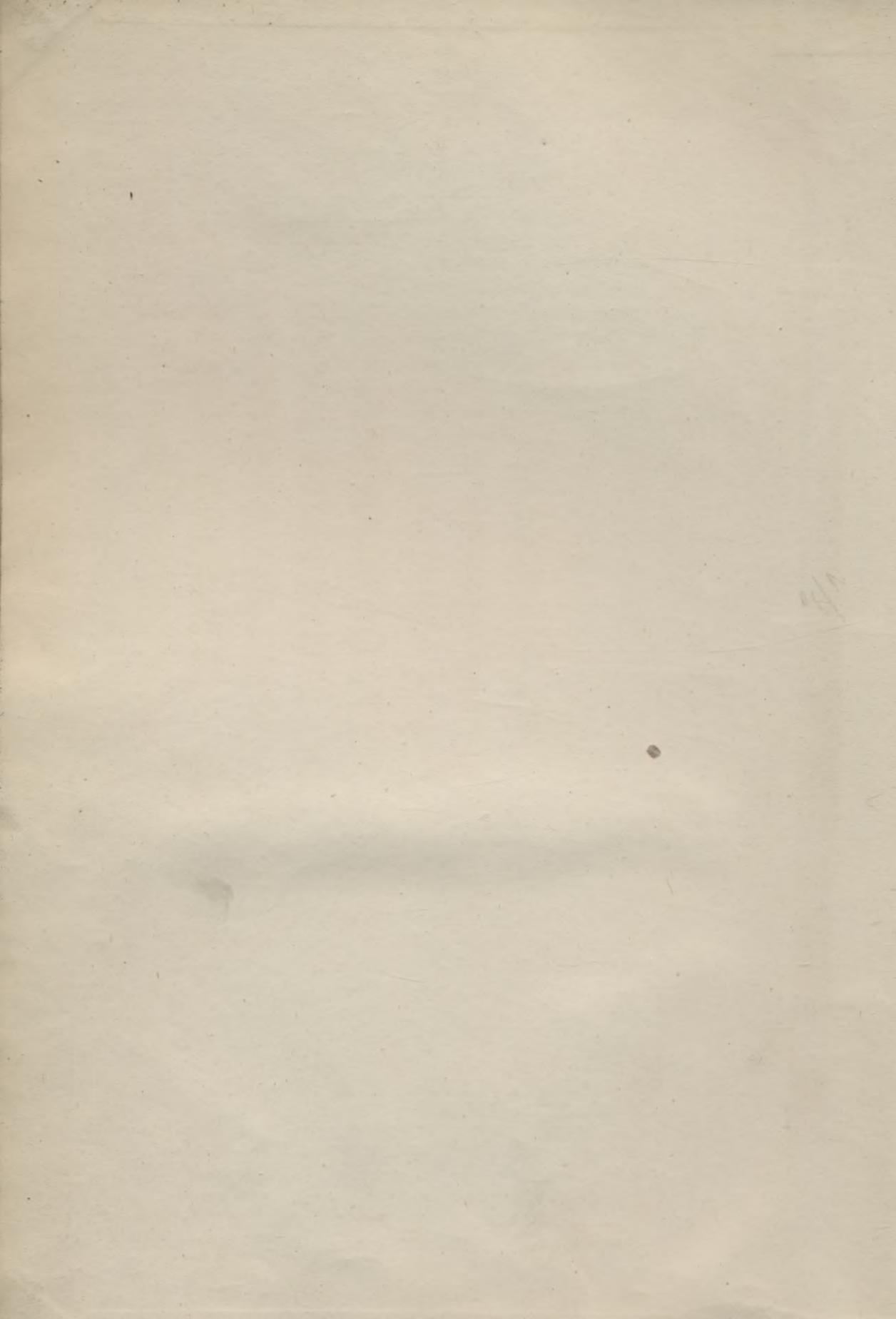
15541

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000301494

x  
636

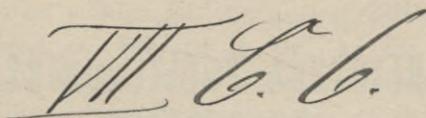


# Ausführung und Unterhaltung der steinernen Brücken.

Von

G. Mehrrens,

Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Inspektor in Frankfurt a. d. Oder.

7/10  


Separatabdruck aus:

Handbuch der Ingenieurwissenschaften.

Zweiter Band: **Der Brückenbau.**

Erste Abteilung.

Bearbeitet von

R. Baumeister, F. Heinzerling, G. Mehrrens, Th. Schäffer, Ed. Sonne.

Herausgegeben von

**Th. Schäffer** und **Ed. Sonne.**

ZWEITE AUFLAGE.

*F. Nr. 16853*

Leipzig

Wilhelm Engelmann

1886.



*Handwritten signature*

*G. 58.*  
*38.*

Ausführung und Unterhaltung  
der steinernen Brücken.

E. Möbius

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

III 15541

Akc. Nr. 2229/49

### III. Kapitel.

## Ausführung und Unterhaltung der steinernen Brücken.

Bearbeitet von

**G. Mehrrens,**

Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Inspektor in Frankfurt a. d. Oder.

(Hierzu Tafel XI bis XIX und 60 Holzschnitte.)

§ 1. Einleitung. Bezüglich des Baues steinerner Brücken haben sich, wie auch im ersten Kapitel hervorgehoben worden ist, von außerdeutschen Ländern England und Frankreich besonders ausgezeichnet, während in Amerika die Steinbrücken vergleichsweise eine untergeordnete Rolle spielen. Trotz dieser hervorragenden Stellung Englands gewährt die englische Fachliteratur nur geringe Ausbeute für die vorliegende Arbeit, weil die Ingenieure, welchen die Überwachung der dortigen Ausführungen obliegt, wohl infolge ihrer umfangreichen Thätigkeit oder beeinflusst durch den in England herrschenden Gebrauch sich bei Veröffentlichungen meist auf eine Beschreibung der fertigen Bauwerke beschränken und weil von den Unternehmern der Bauten Mitteilungen über die Einzelheiten der Ausführung noch weniger zu erwarten sind. — In Amerika wird die Fachliteratur im wesentlichen ebenso gehandhabt, wie in England; da dies Land außerdem die Herstellung hölzerner und eiserner Brücken bevorzugt, so erklärt es sich leicht, weshalb auch über die amerikanische Ausführungsweise so wenig bekannt geworden ist, dafs von derselben im Nachstehenden nicht die Rede sein kann.

Anders liegt die Sache in Frankreich. Dafs und aus welchem Grunde in diesem Lande der Bau steinerner Brücken seit Jahrhunderten mit besonderem Erfolg geübt ist, wurde bereits bei anderer Gelegenheit (s. § 3 des I. Kapitels) erwähnt. Hier ist hervorzuheben, wie das System eines seit langer Zeit eingeführten, zweckmäfsig geregelten, aber durch Staatsbeamte kontrollierten Unternehmerbaues daselbst Veranlassung geworden ist, die Art und Weise der Ausführung nach jeder Richtung gut auszubilden. Die französischen Ausführungen nehmen auch bezüglich der Anordnung der Gerüste einen hohen Rang ein und die Anwendung dieser und anderer Hilfsmittel wird dadurch wesentlich unterstützt, dafs das Vorhandensein vorzüglicher natürlicher Cemente die Verwendung kleiner Bruchsteine zu Pfeilern und Gewölben vielerorts erlaubt. — Es kommt nun hinzu, dafs man in Frankreich gewöhnt ist, die Erfahrungen, welche bei der Ausführung grosser Bauten gemacht werden, zu veröffentlichen. Dies geschieht seitens der tüchtig geschulten Ingenieure des Staats mittels der bekannten *Annales des ponts et chaussées* in musterhafter Weise und seitens der Regierung werden diese Veröffentlichungen wirksam

unterstützt. Hierdurch wird das, was Frankreich auf dem Gebiete des Brückenbaues leistet, Gemeingut aller gebildeten Nationen.

In Deutschland hat man beim Bau der steinernen Brücken lange Zeit an alten Formen festgehalten und nicht minder an einer etwas schwerfälligen Ausführungsweise. Selbst die großen Viadukte der deutschen Eisenbahnen sind meistens unter Anwendung schwerer fester Gerüste und unvollkommener Hilfsvorrichtungen erbaut. Es erstreckt sich aber der Aufschwung, welchen der deutsche Brückenbau in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts genommen hat, auch auf die Ausführung der Steinbrücken. Bezüglich der Umstände, welche diesen Aufschwung veranlaßt haben, kann auf Früheres (s. S. 14 des I. Kapitels) verwiesen werden; hier sei bemerkt, daß für die Vervollkommnung der Ausführung der Brücken namentlich auch die Heranbildung tüchtiger Bauunternehmer und die damit verbundene ausgedehntere Anwendung des Unternehmerbaues wirksam gewesen sind. — Wie bezüglich der technischen Litteratur bei uns ein sehr reger Eifer herrscht, ist bekannt und sonach ergibt sich im allgemeinen, daß es namentlich die Aufzeichnungen in französischen und deutschen technischen Zeitschriften sind, welche die Grundlage für die vorliegende Behandlung der Ausführung steinerner Brücken geliefert haben.

Der gesamte Stoff ist bei der Bearbeitung in folgender Weise gegliedert:

- A. Vorbereitung und Leitung der Bauarbeiten.
- B. Gerüste und Geräte.
- C. Lehrgerüste.
- D. Eigentliche Bauarbeiten.
- E. Unterhaltungs-, Wiederherstellungs- und Umbauarbeiten, einschließlich der Arbeiten während des Betriebes.
- F. Kosten-Statistik und Litteratur.

Eine Unterteilung dieser Abschnitte ergibt sich geeigneten Falls, wie bei früheren Gelegenheiten, aus der Größe und der Bedeutung der Bauwerke. Es werden dementsprechend unterschieden:

1. Kleine Brücken d. h. solche, welche sich weder durch große Lichtweiten, noch durch große Höhenentwicklung auszeichnen. Es sind dies zugleich diejenigen Brücken, welche meistens nach Normalien (vergl. § 9 des I. Kapitels) gebaut werden.
2. Größere Brücken, d. h. Flußbrücken (Strombrücken), bei welchen die Längsentwicklung und
3. Viadukte (Thalbrücken), bei welchen die Höhenentwicklung vorherrscht.

Von einer Erörterung der Ausführung der Fundamente sowie von einer eingehenden Besprechung der zahlreichen, bei großen Bauausführungen benutzten Hilfsmaschinen konnte abgesehen werden, weil diese Gegenstände im ersten Bande (Kap. III. Grundbau) und im vierten Bande, welcher die Baumaschinen behandelt, berücksichtigt sind. Dagegen ist bei Erörterung der Ausführung der steinernen Pfeiler an geeigneten Stellen auch auf solche Pfeiler Rücksicht genommen, welche als Stützen eines eisernen Überbaues auftreten.

## A. Vorbereitung und Leitung der Bauarbeiten.<sup>1)</sup>

### § 2. Gliederung der Bauverwaltung im allgemeinen.

1. Bei der Ausführung eines Brückenbaus, wie beim Bau der Verkehrswege überhaupt, handelt es sich um die Herstellung von Werken, welche bei thunlichst eingeschränkten Baukosten demnächst geringe Unterhaltungskosten erfordern und welche infolge gediegener Ausführung eine große Dauer haben; es handelt sich mit anderen Worten um die Durchführung des wirtschaftlichen Grundsatzes, viel mit geringen Mitteln zu leisten. Von solchen Gesichtspunkten wird aber ein Bau keineswegs von allen Personen, welche dabei thätig sind, betrachtet, insbesondere ist das Bestreben der großen Masse der Arbeiter und Handwerker, mitunter auch das Bestreben der Bauunternehmer, in erster Linie auf den Gelderwerb gerichtet. Interesse an Verringerung der Unterhaltungskosten und an der Dauer der Bauwerke liegt diesen Kreisen in der Regel fern. Die Bauverwaltung muß nun so eingerichtet werden, daß trotz der bezeichneten Gegenströmungen wirtschaftlich verfahren wird und hierzu gehört zunächst eine Klasse von Beamten, welche nach Ausbildung und Stand dem Handwerker und dem Arbeiter nicht allzu fern stehen und hierdurch geeignet sind, in erfolgreicher Weise mit ihnen namentlich dann zu verkehren, wenn Arbeitsmängel zu rügen und abzustellen sind: die beaufsichtigenden Beamten (Baufaufseher). — Eine zweite Gruppe von Technikern soll infolge einer höheren Bildung volles Verständnis für die Ziele der Bauausführung mitbringen, daneben aber Erfahrung bezüglich der praktischen Seiten des Faches und Fähigkeit zum Entwerfen und Berechnen der Konstruktionen: die bauleitenden Beamten, nämlich Sektionsbaumeister, Abteilungsbaumeister und Direktoren, von deren Geschäften im folgenden Paragraph eingehender die Rede sein wird. — Endlich müssen Oberbehörden (Aufsichtsbehörden) oder an ihrer Stelle geeignete Personen vorhanden sein, welche die Thätigkeit der Bauleitung regeln: kontrollierende Beamte. Je höher die Stellung des Einzelnen in dieser Stufenfolge ist, desto idealer und desto mehr auf das Große gerichtet soll seine Auffassung sein.

Solcher Art sind die Einrichtungen, welche sich bei den mit geeigneten Centralpunkten versehenen Bauverwaltungen des Staats, also beispielsweise in Deutschland und in Frankreich, herausgebildet haben, während in England und in Amerika die Bauten im allgemeinen der Privatthätigkeit überlassen und insofern decentralisiert sind. Die Vorteile und die Nachteile beider Einrichtungen hier zu erörtern, würde zu weit führen, hervorgehoben muß aber werden, daß es unter allen Umständen zweckmäßig ist, den einzelnen Personen innerhalb eines angemessenen begrenzten Wirkungskreises eine möglichst ausgedehnte Machtvollkommenheit und Verantwortlichkeit zu übertragen und die Kontrolle in angemessenen Grenzen zu halten. Ein organisches und harmonisches Zusammenwirken der Kräfte verspricht beim Bau, wie in verwandten Fällen, am meisten Erfolg.

<sup>1)</sup> Vergl. das Kapitel IV „Bauleitung“ des ersten Bandes dieses Werks, welches das hier Gesagte in manchen Stücken ergänzt.

2. Um einen besonderen Fall etwas eingehender zu behandeln, betrachten wir beispielsweise den Geschäftsgang bei Erbauung einer Brücke in einer preussischen Staats-Eisenbahnlinie. Die Oberbehörden (Aufsichtsbehörden) wären dann:

1. Der Minister der öffentlichen Arbeiten,
2. Die Landes-Regierungen.

Die Projekte werden von den den Bau leitenden Behörden — also den Eisenbahn-Direktionen (event. den Bau-Kommissionen) — nach erfolgter landespolizeilicher Prüfung durch die betreffende Regierung dem Ministerium zur Superrevision und Genehmigung vorgelegt. Die landespolizeiliche Prüfung erfolgt nach stattgehabter Begehung der zu bauenden Linie unter Zuziehung der beteiligten Gemeinden, Grundbesitzer und sonstiger Interessenten, als Berg- und Forstbeamte, benachbarte Verkehrs-Verwaltungen u. s. w. Bei dieser Gelegenheit werden — was die Brücken anbetrifft — in der Regel nur die dabei in Betracht kommenden allgemeinen Verkehrs- und Vorflut-Verhältnisse, sowie die Durchflußweiten, lichten Höhen und Weiten u. dergl. verhandlungsgemäß festgesetzt. Bei größeren Brücken wird die Vorlage von Special-Projekten vorbehalten.

Nach erfolgter Superrevision und Genehmigung erhält die den Bau leitende Behörde die (in der Regel auch in den Kosten festgesetzten) Projekte mit der Ermächtigung zurück, die Ausführung danach unter Beachtung etwaiger Revisions-Bemerkungen u. s. w. zu bewirken. Wird der Bau nicht vom Sitze der Direktion aus geleitet, so wird mit demselben ein Betriebsamt betraut.

Bildet die Brücke einen Teil eines Strafsenbau-Projektes, so kommen bei dem Verfahren zur Festsetzung des Entwurfs noch Provinzial-, Kreis- und Stadt-Behörden in Betracht. Die Unterhaltung und das Eigentum u. s. w. der preussischen Staatsstraßen ist nämlich durch Gesetz an die Provinzial-Behörden übergegangen, mit Ausnahme einer Anzahl von großen Brücken, deren Unterhaltung dem Staate verblieben ist. Die letzte Genehmigungs-Instanz für Strafsenbau-Projekte ist daher im allgemeinen der Provinzial-Rat, bezw. das technische Mitglied desselben, der Landesbaurat. In allen Fällen jedoch, wo es sich um große Brücken über schiffbare Flüsse handelt, oder um solche Brücken, die zum Teil aus fiskalischen Fonds errichtet werden, unterliegt die Genehmigung der Brücken-Projekte auch noch dem Ministerium der öffentlichen Arbeiten.

3. Bevor die endgiltige Genehmigung der Projekte herbeigeführt worden ist, hat die Bauleitung in vielen Fällen ihre Vorarbeiten für den Bau bereits zu beginnen und dieselben möglichst so zu betreiben, daß nach Eintreffen der Genehmigung die Ausführung sofort ins Werk gesetzt werden kann. Zu diesen Vorarbeiten gehören namentlich: Einsetzung der Lokal-Baubeörden bezw. Gliederung (Organisation) des Baupersonals, Maßnahmen für die Vergebung der Bauarbeiten, Einrichtung der Baustelle, Beschaffung der Materialien u. s. w.

### § 3. Gliederung des Baupersonals.

1. Es möge wieder angenommen werden, die Brücke liege in einer zu erbauenden längeren Verkehrslinie, welche einer oberen Baubehörde oder einem technischen Dirigenten unterstellt ist. Dann wird die Linie behufs geregelter Vornahme der Geschäfte in Baustrecken (Abteilungen) eingeteilt, welche ihrerseits in Sektionen zerlegt werden, und die größere oder geringere Ausdehnung der Brückenbauten ist hierbei von wesentlichem Einfluß. Bedeutende Bauwerke bilden eine Abteilung oder, falls dieselben doch innerhalb einer Abteilung zu liegen kommen, jedenfalls eine Sektion für sich.

Der Abteilungsbaumeister empfängt in der Regel die fertigen Bauprojekte von seiner vorgesetzten Behörde und hat dann zunächst den größten Teil aller der-

jenigen Unterlagen zu schaffen, die für die Verdingung der Bauarbeiten erforderlich werden; er leitet auch das Verfahren der Verdingung ein und bereitet alles so weit vor, daß die Verträge nur noch durch die ihm vorgesetzte Instanz genehmigt zu werden brauchen. Während der Bauausführung führt er die Oberaufsicht über das gesamte Personal und Material der Abteilung und leitet das Rechnungswesen. Als Hilfskräfte sind ihm in der Regel ein Abteilungs-Feldmesser, mehrere Techniker für die Bureau-Arbeiten, ein Rechnungsführer, ein Expedient und mehrere Schreiber beigegeben. Er ist der nächste Vorgesetzte des Sektionsbaumeisters.

Der Sektionsbaumeister (Lokal-Baubeamte), dem zur Erledigung der Einzelheiten der Ausführung das erforderliche Hilfspersonal an Aufsehern, Materialienverwaltern, Bauschreibern und Zeichnern zur Seite steht, empfängt die Kopieen der Pläne und Kostenanschläge aus der Hand der Abteilung und leitet auf Grund derselben und nach Maßgabe der ihm von der Abteilung zugehenden besonderen Weisungen die Ausführung aller in seiner Sektion liegenden Bauten. Er hat der Abteilung nach Vorschrift regelmäßige und in schwierigen Fällen und bei unvorhergesehenen Ereignissen auch besondere Berichte zu erstatten, ferner zugleich Vorschläge für weitere Maßnahmen zu machen. Wenn Gefahr im Verzuge ist, darf er auch ausnahmsweise selbständig Anordnungen treffen, für welche er sonst in der Regel erst Genehmigung einholen muß.

Für die Leistungen seiner Unterbeamten ist er verantwortlich, deshalb wird er eine strenge Kontrolle über deren Thätigkeit handhaben müssen. Besonders bezieht sich dies auf die Bauaufseher, denen die Überwachung sämtlicher Bauarbeiten während der ganzen täglichen Arbeitszeit, die Ausführung der kleineren täglichen Messungen und Berechnungen, die Führung der bezüglichen laufenden Rapporte, die Aufstellung der Lohnlisten und die Löhnung der Arbeiter obliegt und welche die Pflicht haben, zur Aufrechthaltung der Zucht und Ordnung unter den Arbeitern mitzuwirken.

Bei der Vielseitigkeit der den Aufsehern obliegenden Pflichten wird es denselben oft sehr erschwert auf die eigentliche Ausführung stets ein wachsames Auge zu haben, daher sollte bei kleineren Bauten die den Bauaufsehern zuerteilte Strecke nicht zu lang bemessen werden (2, höchstens 4 km), damit dieselben im stande sind, aufser ihren sonstigen Geschäften, als Verwaltung der Materialien und des Streckeninventars, Beaufsichtigung der Erdarbeiten u. s. w., alle Arbeitsstellen ihrer Strecke täglich mehrere Male zu begehen.

Bei größeren Bauten sollte, um die Kräfte des Einzelnen nicht zu sehr zu zersplittern, die Bauaufsicht von der Materialien-Verwaltung getrennt werden und ferner eine genügende Anzahl Aufseher am Platze sein, damit zu keiner Zeit und an keiner wichtigen Arbeitsstelle die Arbeiten ohne Aufsicht sind, denn es giebt, namentlich beim Unternehmer- und Accordbau nicht selten gewissenlose Arbeiter, die hinter dem Rücken der Beamten ihrer Vorliebe für mühelosen Verdienst die Zügel schiefen lassen.

2. Der Bauaufseher hat in Form von täglichen oder wöchentlichen Rapporten, einerlei ob in Regie oder mit Unternehmern gebaut wird (vergl. besondere Bedingungen u. s. w. § 19), über die Anzahl der beschäftigten Arbeiter, der im Betriebe befindlichen Pferde und Geräte, über Witterungsverhältnisse, kurz über alle beim Bau vorkommenden Ereignisse und Störungen genaue Tageslisten zu führen, die bei großen Bauten als Unterlagen für das bei der Sektion zu führende Tagebuch dienen.

Was die Form der Rapporte anbetrifft, so kann dieselbe je nach Art der Ausführung (ob Regie- oder Unternehmerbau), Bedeutung des Bauwerks oder dem Ermessen der bauleitenden Ingenieure eine verschiedene sein.

Im allgemeinen dienen für die wöchentlich einzureichenden Materialien- und Arbeitsrapporte beim Bau kleinerer Brücken die nachstehenden Formulare, die mit einer geringen Abänderung der Spalte „Bezeichnung der Baustelle“ auch für gröfsere Brücken, die besondere Rapporte erfordern, benutzt werden können.

. . . . . Eisenbahn. (Vorderseite.)

Neubaustrecke . . . . .

Sektion: **Arbeits-Rapport**

für die Zeit vom . . . ten . . . . . bis . . . ten . . . . . 18

Lauf. No.	Namen des Unternehmers.		Bezeichnung der Baustelle		Maurer.	Zimmerleute.	Vorarbeiter.	Arbeiter.	Lowries.	Kippkarren.	Bockkarren.	Pferde.	Beschreibung der geleisteten Arbeit.	Bemerkungen.
			Station.	Schacht (Schachtmeister) Bauwerk (Polier).										

. . . . . Eisenbahn. (Rückseite.)

Neubaustrecke . . . . .

Sektion: **Materialien-Rapport**

für die Zeit vom . . . ten . . . . . bis . . . ten . . . . . 18

Lauf. No.	Bezeichnung der Baustelle		Namen des Lieferanten.		Bruchsteine.	Ziegel.	Werksteine.	Cement.	Kalk.	Sand.	Pflastersteine.	Kies.		Bemerkungen.
	Station.	Bauwerk.												
					ebm	Stück	ebm	Tonne	ebm	ebm	ebm	ebm		

Die Rapporte sind zweckmässig in Aktenformat anzufertigen. Die Rückseite trägt aufser der obigen Einteilung noch die Vermerke:

„Aufgestellt d. . . . .“ und „Revidiert d. . . . .“  
nebst den Unterschriften des Aufsehers und Sektionsvorstandes.

Für die Tagesrapporte gröfserer Bauwerke empfiehlt sich das folgende Formular:

**Rapport**

über die Arbeiten . . . . .

am . . . ten . . . . . 18 . .

Arbeitszeit von . . Uhr . . . bis . . Uhr . . . . .

Baustelle.	Beschreibung der im Laufe des Tages ausgeführten Leistung.		Zeitdauer der Leistung				Anzahl der dabei beschäftigten Arbeiter								Gröfse der Leistung				Bemerkungen über Hilfsvorrichtungen, Geräte, Motoren, Störungen oder sonstige Vorkommnisse.							
			von	bis	Uhr	Min.	Uhr	Min.	Erdarbeiter.	Maurer.	Steinhauer.	Zimmerleute.	Mörtelmacher.	Handlanger.	Sonstige Arbeiter.	ebm	qm	m		Stück.						

Alle Rapporte sind für vertragsmässige und aufservertragsmässige Arbeiten (Nebenarbeiten) getrennt zu halten und bleiben auf der Sektion, welche dann mit Benutzung derselben und auf Grund besonderer Aufmessungen in der Regel allmonatlich eine übersichtliche Zusammenstellung der Gesamtleistungen mit erläuterndem Bericht der Abteilung einsendet.

Da diese Zusammenstellungen sowohl den Fortschritt der Arbeiten zur Darstellung bringen, als auch gleichzeitig eine Unterlage für Abschlagszahlungen abgeben sollen, so ist es zweckmäßig, wenn sämtliche Positionen des Preisverzeichnisses darin aufgeführt sind.

Das nachstehende, für kleine Bauwerke zu benutzende Formular, das allmonatlich der Sektion für weitere Eintragungen zurückgestellt wird, hat sich als übersichtlich und zweckmäßig erwiesen.

(Vorderseite.)

Lauf. No.	Station.	Bezeichnung des Bauwerks.	Lichte Weite. m	Gesamt-Mauermassen. cbm	Bis zum 1. April 18.. sind gefördert.	Von dem Unternehmer geförderte Mauermassen.													
						Im Jahre 18.. bis letzten						Im Jahre 18.. bis letzten							
						April.	Mai.	Juni.	Juli.	August.	Septbr.	Oktober.	Novbr.	Dezbr.	Januar.	Febr.	März.	April.	Mai.

(Rückseite.)

Zusammenstellung

der auf der . . Sektion geleisteten Nebenarbeiten nach Positionen des Preisverzeichnisses geordnet.

18..	Erdarbeiten						Kunstbauten											
	Wegebefestigungen				Chaussierung	Pflaster	Thonröhren 0,3 m	Spundwände	Balkenhölzer	Schmiedeseisen	Beton	Provisorische Brücken		Eisenrohr 0,5 m				
	Pos. 2 qm	Pos. 2a qm	Pos. 3 qm	Pos. 3a qm								Pos. 4 qm	Pos. 5 qm		Pos. 6 lauf. m	Pos. 2 lauf. m	Pos. 3 cbm	Pos. 4 kg
April . . . . .																		

Bei großen Brücken oder bei Ausführung kleiner Brücken mit vielen Einheitspreisen würde das vorstehende, für die Berichte der Sektionen und der Abteilung bestimmte Formular zu umfangreich und zu wenig übersichtlich werden, weshalb es vorzuziehen ist, hier als Anlage des Berichtes jedesmal einen Auszug aus dem Kostenanschlag beizufügen.

Es liegt nun besonders in der Hand des Lokalbaubeamten, durch entsprechende Anweisungen dafür zu sorgen und darüber zu wachen, daß sämtliche Rapporte von dem Aufsichtspersonal mit solcher Gründlichkeit und in solcher Ausführlichkeit aufgestellt werden, wie es für die Erlangung einer genauen Kenntnis der Arbeitsleistungen und des Materialverbrauchs für jede Gattung der vorkommenden Arbeiten notwendig ist.

Bei Darstellung der Gesamtfortschritte eines größeren Brückenbaus leisten graphische Darstellungen gute Dienste, in welchen die Zeiten auf einer Abscissen-Achse und die Höhen, welche das Bauwerk in seinen einzelnen Teilen erreicht hat, auf der Ordinaten-Achse vermerkt werden, s. u. a. Zeitschr. f. Bankunde 1880, Bl. 18.

Eine genaue Kenntnis der Bauergebnisse ermöglicht es, bei Beendigung des Baues die Angemessenheit der gezahlten Preise nachträglich zu prüfen und eine Veröffentlichung jener Ergebnisse wird auch in weiteren Kreisen als willkommenes statistisches Material für die Bearbeitung künftiger Projekte geschätzt, es kann deshalb nicht genug darauf hingewiesen werden, welches Verdienst sich die Bauleitung durch die Veröffentlichung solcher auf gründliche Versuche und Ermittlungen gestützten Zahlen erwirbt. Leider

ist die Litteratur nicht reich an derartigen Veröffentlichungen. Das wenige vorhandene Material zusammen mit dem noch nicht veröffentlichten aus eigener Erfahrung oder durch direkte Erkundigungen geschöpften, ist an geeigneter Stelle, vornehmlich in Abschnitt F. (§ 33 bis 38) verwertet.

#### § 4. Verdingung (Vergebung) der Bauarbeiten.

1. Nach den Beziehungen, in welche die Bauverwaltung zu den ausführenden Parteien tritt, ist die Ausführung unter eigener Verwaltung (Regie) oder durch Unternehmer (Entreprise) zu unterscheiden. Wegen der allgemeinen Vorteile und Nachteile dieser Baumethoden wird auf das IV. Kapitel des I. Bandes verwiesen.

Die Methode des Regiebaues im strengsten Sinne des Wortes, bei der die Bauverwaltung sämtliche Baumaterialien und Baugeräte u. s. w. selber beschafft und sämtliche vorkommenden Arbeiten durch Schacht- oder Werkmeister in Accord oder Lohn ausführen läßt, ist — auch beim Brückenbau — veraltet. Abarten derselben kommen jedoch noch häufig vor, z. B.

1. Beschaffung der Materialien für die Bauwerke und Gerüste durch die Bauverwaltung, Vergebung der einzelnen Arbeiten nach Einheitspreisen an geeignete Werkmeister oder an kleinere Unternehmer, welche Geräte u. s. w. auf eigene Kosten zu beschaffen und zu erhalten haben; oder
2. Lieferung sämtlicher Materialien entweder ein- oder ausschließlic Cement, Kalk und Sand durch die Bauverwaltung und Ausführung sämtlicher Arbeiten inkl. aller Gerüste, Geräte u. s. w. durch einen oder mehrere Unternehmer nach Einheitspreisen. Dies Verfahren vermittelt

die Methode des Entreprisebaus, bei welchem die Lieferung sämtlicher Materialien und die gesamte Ausführung in der Hand eines Unternehmers liegt.

Die beiden letzten Arten der Ausführung kommen allmählich, besonders nach dem Vorgange Frankreichs und Englands, auch in Deutschland mehr zur Geltung. Eine eingehende Kritik derselben dürfte hier nicht am Platze sein<sup>2)</sup>, es soll nur bemerkt werden, daß es auch heute noch, namentlich in Süddeutschland, viele Bauverwaltungen giebt, welche der Methode des Regiebaues bezw. der Vergebung an kleinere Unternehmer und Arbeiterpartien den Vorzug geben, weil bei der von ihnen früher geübten Methode des Grosunternehmerbaues viele Unzuträglichkeiten zu Tage getreten sind. Kostspielige Prozesse, hauptsächlich aber die Unmöglichkeit, im Verlaufe des Baues die vielfach zufällig sich ergebenden Vorteile für den Baubetrieb auszunutzen, Schwierigkeiten im Grunderwerb, welche eine öftere Änderung der Baudispositionen erforderlich machen und demzufolge Streitigkeiten zwischen Unternehmer und Bauverwaltung erzeugen, waren Veranlassung dazu.

2. Bei Ausführung kleiner Brücken war es früher mit wenig Ausnahmen Gebrauch, selbst den kleinsten Durchlaß nach Einheitspreisen der verschiedenen Arbeiten zu veranschlagen und zu vergeben. In neuerer Zeit ist man davon abgekommen. Man gewöhnt sich allmählich daran, nur die Gesamtmasse der Bauwerke einer Linie zu be-

<sup>2)</sup> Man vergl. Denkschrift des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine. IV. Über Vergebung von Bauarbeiten und Bauaccorde. 1877. — Deutsche Bauz. 1876, No. 41, 43 u. 51. Über die Art Bauausführungen zu vergeben. — Zeitschr. des österr. Arch.- u. Ing.-Ver. 1876, S. 218. F. Edler v. Schwarz. Die Bausysteme. — Deutsche Bauz. 1884, S. 544 u. 553. Konferenz zur Revision der Submissions-Bedingungen in Preußen. — Neuregelung des staatlichen Verdingungswesens in Preußen. Deutsche Bauz. 1885, S. 375 und Wochenbl. f. Baukunde 1885, S. 306.

rechnen und die Ausführung einschl. aller Nebenarbeiten nach einem Einheitspreise pro cbm mit oder ohne, oder mit teilweiser Materiallieferung losweise oder im ganzen zu vergeben. Letztere Methode ist jedenfalls empfehlenswert, da sowohl durch die einfache Veranschlagung und Vergabung, als aber auch namentlich durch die bedeutend vereinfachte Schlufsabrechnung viel Zeit und Mühe erspart wird.

Für die Ausführung größerer Brücken und Viadukte erscheint die als zweite Methode vorgeführte Art und Weise der Ausführung als die geeignetste. Die Lieferung der hauptsächlichsten Baumaterialien, als Bruchsteine, Werksteine, Ziegel, Cement und Mörtelmaterialien durch die Bauverwaltung bietet derselben die beste Garantie für die Erlangung einer zweckentsprechenden Qualität und für die rechtzeitige Beschaffung. Besonders bei hohen Bauwerken, deren untere Schichten eine aufsergewöhnliche Pressung zu erdulden haben, muß bei Beurteilung des zu verwendenden Materials mit der größten Vorsicht vorgegangen werden. Es erfordert oft zeitraubende Untersuchungen, ehe sich das geeignete Material gefunden hat, sodafs in vielen Fällen, wo die Ausführung drängt, mit der Materialbeschaffung vorgegangen werden muß, ehe überhaupt das Projekt durch alle Revisions-Instanzen gegangen und endgiltig festgestellt ist. Größere Projekte erleiden auch öfter während des Baues noch Änderungen, legt man daher Wert auf schnelle und solide Ausführung, so wird die gleichzeitige Lieferung der sämtlichen Materialien durch die ausführenden Unternehmer entweder nicht rechtzeitig erfolgen oder doch zu allerlei Streitigkeiten leicht Veranlassung geben können.

Wenn danach auch je nach den örtlichen Verhältnissen und den begleitenden Umständen mancherlei Ausführungs-Methoden vorteilhaft erscheinen können, so muß doch in jedem einzelnen Falle der Grundsatz beherzigt werden: je weniger Lieferanten und Unternehmer, und je weniger Einheitspreise, desto übersichtlicher die Bauführung und die Abrechnung, also desto weniger Anlaß für Entstehung von Meinungsverschiedenheiten, in der Voraussetzung natürlich, daß die Unternehmer leistungsfähig und die Verträge, auf gründliche Vorarbeiten gestützt, klar und bestimmt gefaßt sind.

3. Die Vertrags-Abschlüsse über Bauarbeiten und Lieferungen pflegen auf Grund der folgenden drei Arten des Verdings abgeschlossen zu werden:

1. Des Verdings nach Einheitspreisen,
2. des Verdings nach Pauschsummen,
3. eines gemischten Systems.

Hierzu kommt noch die Verdingung in Tagelohn, welche jedoch überall so weit thunlich eingeschränkt und nur da angewendet werden sollte, wo der Umfang und der Wert der Arbeiten im voraus nicht genau zu bemessen oder wo eine ungewöhnliche Sorgfalt in der Ausführung verlangt wird. Die Verdingung der Bauarbeiten erfolgt entweder unter der Hand (freihändig) oder im Wege der Ausschreibung (Submission). Die Ausschreibung kann wieder eine öffentliche oder eine engere (beschränkte) sein. — Das geschäftliche Verfahren bei den genannten Arten der Verdingung wird als bekannt vorausgesetzt.

### § 5. Unterlagen für die Verdingung.

1. Als Unterlagen für die Verträge hat man die Massen- und Kostenberechnungen und die Baubedingungen zu beschaffen, aufserdem ist die erforderliche Bauzeit zu ermitteln. Die Baubedingungen sind zu trennen in:

- a. allgemeine, welche lediglich die gegenseitigen rechtlichen Beziehungen zwischen Unternehmer und Bauverwaltung ins Auge fassen,

b. besondere, welche rein technischer Natur und genau der vorliegenden Ausführung angepaßt sind.

Zuweilen werden zu a. noch besondere Submissions-Bedingungen ausgegeben, welche jedoch zweckmäßig mit den allgemeinen Bedingungen vereinigt werden können und zu b. noch allgemeine technische Bedingungen, die aber nur von Nutzen sein können bei Vergebung einer Reihe von Bauwerken, unter denen etwa einige ganz besondere technische Vorschriften für die Ausführung erfordern.

Diese Bedingungen zusammen mit der Massenberechnung, dem Kostenanschlage, (an dessen Stelle auch ein Angebot mit anhängendem Preisverzeichnisse treten kann), und den Zeichnungen, werden in der Regel durch Umdruck vervielfältigt und gegen Erstattung der Selbstkosten an die Submittenten verabfolgt. Bei Abschluß des Vertrages bilden dieselben die Anlagen des letzteren. Der Vertrag wird um so klarer und übersichtlicher ausfallen, je sorgfältiger die Unterlagen in Bezug auf Inhalt und Umfang festgestellt worden sind.

2. Bei Herstellung der Massenberechnung für eine Reihe kleiner Brücken ist es zu empfehlen, die Massen der verschiedenen Bestandteile der Bauwerke (Fundamente, aufgehendes Mauerwerk, Gewölbe u. s. w.) möglichst genau und tabellarisch, etwa unter Benutzung des nachstehenden Formulars zusammenzustellen, um dem Unternehmer Gelegenheit zu geben, eine genaue Übersicht der verschiedenen Arbeiten, der Massen und der Orte, wo dieselben zur Ausführung kommen, zu gewinnen, wodurch allein er im stande sein wird, mit Rücksicht auf alle einschlagenden Verhältnisse seinen genauesten Einheitspreis pro cbm der ganzen Masse des Bauwerkes abzugeben.

Stat. No.	Benennung des Bauwerks.	Lichte Weite m	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.		9.	Röhren		Bemerkungen.
			Erd- ausgrabung cbm	Fundament- mauerwerk cbm	Aufgehendes Mauerwerk cbm	Gewölbe- mauerwerk cbm	Pflaster qm	Deckplatten qm		Werksteine cbm	Abdeckung der Gewölbe mit a. flach- gelegten Back- steinen qm		b. Asphalt qm	Auslugen qm	

Eine Schwierigkeit bei Ermittlung der Massen entsteht häufig insofern, als es oft nicht möglich ist, die Fundierungsart des Bauwerkes rechtzeitig festzustellen. Dies ist besonders bei Eisenbahnen der Fall, wo mit Einholung der erforderlichen höheren Genehmigung für die Ausführung jedes einzelnen Bauwerkes so viel Zeit verloren geht, daß wohl die wenigsten Verwaltungen in den Stand gesetzt sind, für die Vergebung der Arbeiten denjenigen Zeitpunkt abzuwarten, wo alle Projekte endgiltig festgestellt und genehmigt sind. Wenn man daher auch alle erforderlichen Vorarbeiten möglichst betrieben hat, so kommt es auf einer längeren Linie doch häufig vor, daß Änderungen an den Projekten, Verlegung der Bauwerke u. s. w. eine andere Fundierungsart erforderlich machen, als die von vornherein vorgesehene. Aus diesem Grunde ist es wünschenswert, im Preisverzeichnis für kleine Brücken außer dem Haupt-Einheitspreise noch mehrere Einheitspreise für eintretende Fälle einzuführen.

Nachstehend ist ein Muster eines solchen Preis-Verzeichnisses gegeben.

**Preisverzeichnis und Kostenanschlag**

für die Ausführung der Kunstbauten auf dem . . . Lose der Neubaustrecke . . . .

Vorbemerkung. Alle nachstehend aufgeführten Preise sind, wenn nicht im Text ausdrücklich das Gegenteil vorgeschrieben ist, einschl. Arbeitslohn und aller Materiallieferung, Vorhalten der Geräte und Rüstungen, Ausheben, Trockenhalten, Absteifen, überhaupt Sichern, und Verfüllen der Baugruben, Verkarren der übrig bleibenden Erde, Abdeckung der Gewölbe mit Asphalt, Ausfugen bzw. Verputzen der sichtbar bleibenden Flächen, überhaupt einschl. aller Nebenarbeiten zu verstehen. — In Fällen, wo die Bauverwaltung selbst die Materialien liefert, ist der Transport derselben bis auf 100 m Entfernung ebenfalls in den bedungenen Preisen mit enthalten.

1. . . cbm fertiges Mauerwerk einschl. aller Materialien, auch der Werksteine, ohne Unterschied der Arten des Mauerwerks und einschl. aller Nebenarbeiten (vergl. Vorbemerkung) abnahmefähig herzustellen.
- 1<sup>a</sup>. . . cbm wie ad 1 einschl. aller Nebenarbeiten u. s. w. jedoch ausschl. Lieferung der Bruchsteine, Ziegel, Werksteine, sowie des Cements.
2. . . cbm Spundwand von . . . m starken Spundpfählen, mit . . . m starken Eck- und Bundpfählen zu liefern, zu spitzen, mit gehobelten Nuten und Federn zu versehen und vorschriftsmäßig einzurammen, ohne Unterschied des Untergrundes, einschl. Verschneiden der Pfähle auf anzugebender Höhe, sowie einschl. unentgeltlicher Lieferung der erforderlichen Zangen, Bolzen, Rammgeräte und Rüstungen.
- 2<sup>a</sup>. . . cbm Spundwand von . . . m starken Spundpfählen und . . . m starken Eck- und Bundpfählen, sonst wie pos. 2 herzustellen.
3. . . cbm Fundamentierung von Beton, bestehend aus je: 1,2 Tonnen Cement, 0,5 cbm Sand, 0,67 cbm Kalksteinen bzw. reinen geschlagenen Bruchsteinen nach Vorschrift herzustellen einschl. Material und Geräte.
4. . . cbm Erde für Brunnensenkungen bis zum Wasser auszuschachten und nach Anweisung zu verkarren.
5. . . lauf. m Brunnenkranz (äußerer Umfang gemessen) . . . m stark herzustellen einschl. Lieferung des erforderlichen Materials, des Eisenzeuges und Verlegen des Kranzes.
- 5<sup>a</sup>. . . lauf. m Brunnenkranz . . . m stark herzustellen, einschl. Materiallieferung, sonst ganz wie pos. 5.
6. . . cbm Ziegelmauerwerk der Brunnenkessel in Cementmörtel herzustellen einschl. Material.
7. . . cbm Erde für Brunnenkessel und Mauerwerk auszubaggern und den Brunnen bis auf 4 m Tiefe im Wasser zu senken.
- 7<sup>a</sup>. . . cbm Erde wie vor bei 4—8 m Tiefe.
- 7<sup>b</sup>. . . cbm Erde wie vor bei 8—12 m Tiefe.
8. . . lauf. m fertig verlegte Thonrohrdurchlässe . . . m weit herzustellen, einschl. Lieferung derselben, Aufgraben, Verfüllen u. s. w.
- 8<sup>a</sup>. . . lauf. m Thonrohrdurchlaß . . . m weit herzustellen, sonst wie vor.
9. . . lauf. m eiserne Röhren . . . m im Lichten weit mit . . . m starken Wänden zu liefern und zu verlegen einschl. Erdarbeiten u. s. w.
10. . . cbm Balkenhölzer und Bohlen zu Brücken zu liefern, nach Vorschrift zu verarbeiten und aufzubringen, einschl. Lieferung der Nägel und Befestigen des Eisenzeuges.
11. . . kg Schmiedeeisen zu Bolzen, Klammern, Ankern oder dergl. zu liefern.

Bei großen Brücken wird für das Preisverzeichnis am besten gleich der Special-Kostenanschlag benutzt.

Manche Bauverwaltungen setzen die von ihnen veranschlagten Einheitspreise hinzu und gestatten ein Ab- oder Höherbieten in Prozenten, andere füllen dieselben nicht aus und veranlassen die Unternehmer zur Abgabe der Preise. Letzteres Verfahren erscheint als das geeignetste, da es die Submittenten zwingt, die Preisbestimmung gründlich zu betreiben und ein bloßes gedankenloses Herunterbieten oft verhindert.

Über die besonderen technischen Bedingungen vergl. § 19.

3. Nachdem sämtliche Vertragsanlagen festgestellt sind, erübrigt noch die Festsetzung des Vollendungs-Termines bzw. die Bestimmung der Bauzeit, wobei verschiedene Faktoren maßgebend sind.

Bei Eisenbahn- und Strafsenlinien, wo es sich nicht blofs um die Ausführung eines einzelnen Bauwerkes handelt, pflegt sich der Endtermin für die Fertigstellung nach dem Vollendungstermine, der für die ganze Linie in Aussicht genommen ist, zu richten. Stets diesen Termin im Auge behaltend, wird man zunächst die Bauzeit derjenigen Bauwerke ermitteln, welche bereits für über dieselben hinaus disponierte Massentransporte u. s. w. fertiggestellt sein müssen. Diese Bauwerke werden meistens kleinere Brücken sein, denn Massentransporte, für welche erst die Fertigstellung einer grofsen Brücke oder eines Viaduktes abgewartet werden muß, gehören zu den Seltenheiten. Falls nämlich ein solcher Transport nicht vermieden werden kann, hat man immer Gelegenheit, die Gerüste des Bauwerkes für den Interimstransport schon während des Brückenbaues zu benutzen.

Die Bauzeit für diese kleinen Brücken, die in der Regel nur wenige Wochen beträgt, ist also von vornherein gegeben, man hat deshalb, um die tägliche Leistung zu bestimmen, nur die Zahl der disponiblen Arbeitstage in die ganze Masse des Bauwerkes zu dividieren. Übersteigt die gefundene Zahl die erfahrungsmäfsig zu erwartende durchschnittliche Leistung, so wird man die Bauzeit entsprechend verlängern müssen. Statistische Angaben über Arbeitsleistungen s. in § 36.

Handelt es sich um die Bestimmung der Bauzeit für grofse Brücken und Viadukte, einerlei, ob nun diese Bestimmung abhängig ist von der feststehenden Bauzeit einer Strafsen- und Eisenbahnlinie, in welcher das Bauwerk liegt, oder ob das Umgekehrte eintritt, so fällt allerdings die Masse des Bauwerkes auch hierbei als Hauptfaktor bedeutend ins Gewicht, jedoch ist es unmöglich, allein mit Rücksicht auf diese, ganz abgesehen von den etwa eintretenden zufälligen Störungen, die Bauzeit genau zu bestimmen, wenn man nicht die rechtzeitige Lieferung aller Materialien und die Heranziehung der erforderlichen Arbeitskräfte als gesichert voraussetzt.

Man bestimmt daher die Bauzeit einer grofsen Brücke nur nach einer Anzahl von Baujahren, indem man für jedes Baujahr bzw. für jede Bauperiode desselben besondere Dispositionen über die zeitliche Aufeinanderfolge der Bauarbeiten trifft. In älterer Zeit gebrauchte man für die Erbauung einer gröfseren Brücke eine Reihe von Jahren; heutzutage, Dank den Fortschritten in den Hilfsmitteln der Technik, werden die gröfsten Bauwerke in höchstens zwei Bauperioden zur Vollendung gebracht. Perronet z. B. gebrauchte zum Bau der Neuilly-Brücke und der Concorde-Brücke volle 6 Jahre, Règemortes<sup>3)</sup> für die Brücke von Moulins sogar 10 Jahre (1753—1763). Ferner waren die Bauzeiten der Londoner Brücken folgende: Blackfriars (1760—1769), Waterloo (1811—1817), Neue London (1824—1831). Dagegen erforderten der Chaumont-Viadukt 15 Monate<sup>4)</sup>, die Brücke bei Longeville über die Mosel 14 Monate, der Indre- und Bercy-Viadukt 18 Monate, Manse-, Creuse-, Cher- und Vienne-Viadukt zwei Bauperioden, die Brücke bei Nogent sur Marne 30 Monate.<sup>5)</sup>

Für die ungefähre Bestimmung der Bauzeit gewährt Tabelle IX in § 37, in welcher die bedeutendsten Bauwerke verschiedener Länder und deren Bauzeit u. s. w. übersichtlich zusammengestellt sind, einigen Anhalt.

<sup>3)</sup> de Règemortes. Description du nouveau pont en pierre construit sur la rivière d'Allier à Moulins. Paris 1771.

<sup>4)</sup> Dieses erstaunliche Resultat bei einer Gesamtmasse des Mauerwerks von ca. 60 000 cbm konnte nur durch Zuhilfenahme der Nacharbeit und durch grofsen Aufwand von Arbeitskräften und Hilfsmaschinen erreicht werden. Es waren in Max. täglich im Betriebe: 2500 Arbeiter (darunter 400 Maurer), 300 Pferde, 10 Dampfmaschinen, 35 Laufkrähne.

<sup>5)</sup> Perdonnet et Polonceau. Nouveau portefeuille etc. S. 253 (Viaduc de la Suisse à Chaumont), ebendasselbst S. 189 (Pont sur la Moselle à Longeville-les-Metz), ebendasselbst S. 341 (Viaduc de Nogent sur Marne).

## § 6. Einrichtung der Baustelle.

1. Die Erwerbung des Terrains für die Bauausführung erfolgt durch die Bauverwaltung und mit seltenen Ausnahmen auch die Pachtung oder der Erwerb des Terrains für Materialien-Lagerplätze und Abmachung über Mitbenutzung von fremden Zufuhrwegen, vergl. § 10 der besonderen Bedingungen für große Brücken in § 19.

Für kleinere Brücken in Eisenbahn- und Straßenlinien werden nicht stets besondere Lagerplätze erforderlich, da häufig das bereits erworbene Bahnterrain dazu ausreicht. Für große Brücken und Viadukte wird auf beiden Ufern bezw. zu beiden Seiten des Bauwerkes ein genügend breiter Landstreifen erworben oder gepachtet. In beiden Fällen, wenn das Bahnterrain im Wege der Enteignung erworben werden muß, kann auch wiederholt der Fall vorkommen, daß man versuchen muß, schon vor Beendigung des Enteignungs-Verfahrens die Lagerplätze für ein wichtiges Bauwerk zu erwerben oder zu pachten, um die rechtzeitige Herbeischaffung der Materialien zu ermöglichen. Dies wird oft nur mit großen Opfern erreicht.

In den Pachtverträgen ist festzusetzen, daß die vereinbarte Pachtsumme auch für etwaige durch die Lagerung herbeigeführte Verschlechterungen der betreffenden Grundstücke volle Entschädigung gewährt.

Sobald die vorstehenden, den Grunderwerb betreffenden Fragen u. s. w. erledigt sind, wird mit der Projektierung der für die Ausführung erforderlichen interimistischen Anlagen der Baustelle vorgegangen. Hierzu braucht man einen genauen Lageplan der Baustelle, der übrigens meistens auch schon für die Anfertigung genauer Bauprojekte erforderlich ist, mit eingeschriebenen Höhenzahlen bezw. Höhenlinien, ferner mit Angabe der Kulturarten, der Ergebnisse der Bodenuntersuchungen, des niedrigsten, mittleren und höchsten Wasserstandes, sowie der Grenzen des Inundations-Gebietes.

2. Die interimistischen Anlagen kann man, wie folgt, einteilen:

- a. in solche, welche für das Baupersonal und die Arbeiter hergestellt werden (Bauhütten, Arbeiter-Baracken, Lazarette, Restaurationen, Aborte u. s. w.),
- b. in solche, welche dem Transport und der Lagerung des Baumateriales dienen (Magazine, Kalkgruben, Zufuhrwege, Interimgleise, Lagerplätze u. dergl.),
- c. in solche, welche Erleichterung der Arbeit bezwecken (Anlagen für Mörtelbereitung, Lade- und Hebevorrichtungen, Arbeitsgerüste, maschinelle Einrichtungen verschiedener Art),
- d. in solche, welche als Hilfsmittel zur Aufrechterhaltung und Sicherung des durch die Bauausführung gestörten oder unterbrochenen Verkehrs auf bestehenden Straßen, Eisenbahnen und Flüssen dienen, als provisorische Verlegungen von Verkehrswegen, zeitweise Einschränkung oder Sicherung des Betriebes auf Verkehrswegen u. s. w.

Die unter c. und d. benannten interimistischen Anlagen stehen in so naher Beziehung zur eigentlichen Bauausführung, daß deren eingehendere Besprechung in den folgenden Abschnitten am Platze ist. An dieser Stelle werden dieselben nur insoweit zu erörtern sein, als sie die Einrichtung der Baustelle beeinflussen.

3. Auf den Baustellen der kleineren Brücken findet man meistens nur eine verschließbare Baubude mit Raum für Aufseher und Materialien, häufig aber auch diese nicht und dafür nur ein niedriges Schutzdach für Lagerung des Cementes u. s. w. Größere Bauverwaltungen treiben hierin oft mehr Luxus, der aber durchaus nicht empfehlenswert ist, da die meisten kleinen Eisenbahn- und Straßenbrücken innerhalb weniger Wochen zur Ausführung kommen. Es wird allen Anforderungen genügen, wenn auf

einer größeren im Bau begriffenen Strecke nur an den Hauptarbeitspunkten Baubuden errichtet werden, deren Wiederverwendung an anderer Stelle nach Bedürfnis erfolgen kann.

Die Anordnung der Lagerplätze ist ebenso einfach. Dieselben werden, wenn erforderlich, geebnet und liegen am besten in möglichster Nähe des Bauwerkes, da der Transport zur Verbrauchsstelle ohne künstliche Hilfsmittel einfach durch Steinkarren auf Bohlenunterlagen und geneigten Ebenen durch Handlanger bewirkt wird.

Auf großen Brückenbaustellen ist die zweckmäßige Gruppierung der einzelnen Baulichkeiten von erheblicherer Wichtigkeit. Die Bauhütte (Baubureau), in welcher hier sämtliche auf den Bau bezügliche schriftliche und zeichnerische Arbeiten ausgeführt werden, soll so liegen, daß ein möglichst großer Teil des Bauplatzes von derselben aus übersehen werden kann.

Die Magazine für Mörtelmaterialien sind über den höchsten Wasserstand zu legen. Der Umfang der Anlagen für die Mörtelbereitung ist nach der täglich zu erwartenden Verbrauchsmenge an Mörtel zu bemessen. Als Beispiel einer Mörtelbereitungs-Anlage ist auf T. XVIII, F. 1 bis 1<sup>a</sup> der Mörtelschuppen vom Ruhr-Viadukt bei Herdecke gegeben.

Über die Lage der übrigen Baulichkeiten lassen sich bestimmte Vorschriften nicht machen, die Situation derselben an gut zukömmlichen, den Transport zur Ausführungsstelle nicht hindernd in den Weg tretenden Stellen wird gewöhnlich Hauptbedingung sein.

In einzelnen Fällen kann auch die Unterbringung und Verpflegung der für umfangreiche Ausführungen erforderlichen Arbeiter Schwierigkeiten bereiten. Ein lehrreiches Beispiel dieser Art bietet die Semmering-Bahn<sup>6)</sup>, deren Linie eine Gegend von so rauher Beschaffenheit mit vielen steilen, waldigen Abhängen durchschneidet, daß für das Unterkommen der bei diesem schwierigen Bau beschäftigt gewesenen Arbeiter, deren Zahl sich oft auf 12 bis 15 000 belaufen hat<sup>7)</sup>, umfassende Vorkehrungen getroffen werden mußten.

Da die gesamten Arbeiten der Semmering-Bahn in größeren Entreprisen ausgeführt wurden, so lagen diese Veranstaltungen zunächst den Unternehmern ob und nur die Polizeiverwaltung wurde von Staatswegen geübt. Die Unterbringung der Arbeiter geschah in doppelter Art: entweder bauten dieselben sich mit Unterstützung des Unternehmers, welcher die Materialien dazu hergab, an geschützten Stellen, zum Teil in der Erde, an Felsvorsprünge gelehnt oder zwischen dichten Baumgruppen einzelne Familienhütten oder der Unternehmer legte größere Baracken an, in welchen die Leute kasernenartig untergebracht wurden. Die meisten dieser Baracken, die für 300—400 Personen Lagerstelle und Küchenraum boten, bestanden aus zwei Stockwerken, jedes 3—3,75 m hoch, von denen das zweite durch zwei, an beiden Giebeln angebrachte Freitreppen zugänglich war. Die mit den leichteren Arbeiten des Baues: Mörtelmachen, Steintragen u. s. w. beschäftigten Frauen, fast nur Böhinnen, erhielten ihre gesonderten Lagerplätze auf dem Dachboden.

Auf den Baustellen der größeren Viadukte befanden sich die Central-Etablissements der Unternehmer, welche alles enthielten, was zu einer großen Bauführung — ohne Hilfsmittel in der Nähe — erforderlich war. Ein solches Etablissement schloß einen großen viereckigen Hof entweder auf 3 oder 4 Seiten ein, und in der Mitte desselben stand ein seitwärts offener Schuppen zur Unterbringung von Fuhrwerk der verschiedensten Art. In den umgebenden Gebäuden, gezimmert, gelehnt und mit Brettern bekleidet, befanden sich eine Schmiede und Schlosserei, eine Stellmacherei, eine Restauration, ferner Magazine, sowohl für Baugeräte und Materialien, als für Lebensmittel an Mehl, Speck, Öl, Wein und Pferdefutter u. s. w. Die Wohnungen der Unternehmer und sämtlicher Aufsichtsbeamten, des Bahnarztes, sowie die Apotheke, die Bureaus der Staatsaufsichts- und der Unternehmer-Ingenieure nahmen eine Seite des Vierecks ein, und außerdem standen Pferdeställe, Heuschöber und Abtritte im Umfange desselben.

<sup>6)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1851, S. 372.

<sup>7)</sup> Beim Bau der Göltzschthal-Überbrückung waren in der heißesten Bauzeit täglich durchschnittlich 1500, desgl. bei der Elsterthal-Überbrückung 800 Arbeiter beschäftigt. Beim Chaumont-Viadukt stellte sich diese Zahl auf 2500 (darunter 400 Maurer) mit 300 Pferden u. s. w.

Die Kleinhändler, bei welchen die verschiedensten Gegenstände des Verbrauches zu haben waren, die Bäcker, Fleischer, Schneider, Schuhmacher, Schmiede und Stellmacher bauten sich in der Nähe der Arbeiter-Kolonien an, und versorgten die Leute mit allen Gegenständen ihrer einfachen Bedürfnisse. Außerdem wurde aber auch ein Wochenmarkt gehalten, an welchem Händler aus den Städten kamen und ihre Waren feilboten. Die Verpflegung der Arbeiter war der freien Konkurrenz überlassen und nur an solchen Punkten, wo sich ein Mangel der Versorgung herausstellte oder Übertreibungen stattfanden, hielt es der Unternehmer in seinem und der Arbeiter Interesse, Magazine für Lebensmittel zu errichten und die letzteren den Arbeitern zu einem billigen Preise zu verkaufen, ohne daß dabei anderweitige Konkurrenz ausgeschlossen oder auch nur erschwert wurde.

Der Bahnarzt wohnte, wie erwähnt, auf dem Central-Etablissement des betreffenden Unternehmers. Ein an seiner Thür angeklebter Zettel gab die Stunden an, an welchen er in seiner Wohnung konsultiert werden konnte; den übrigen Teil des Tages verwendete er zum Besuch der Lazarette. Die Apotheke befand sich neben der Wohnung des Arztes und war sehr einfach mit den bei Verwundungen und Krankheiten am häufigsten in Anwendung kommenden Medikamenten ausgestattet. Die Lazarette bestanden, wie die Baracken, aus Riegelwerk mit Lehm ausgefacht und mit Brettern verkleidet und eingedeckt. Nur war mehr Sorgfalt auf Dichtigkeit, Erleuchtung und Lüftung verwendet, auch waren die Krankensäle gediegt und konnten geheizt werden.

4. Die Anordnung der Lagerplätze für die Baumaterialien wird, abgesehen von der Art des Bauwerkes, besonders von der Lage der Baustelle und der Art und Weise des Transports der Materialien zu und auf der letzteren bedingt. Der Transport zur Baustelle vom Fabrik-, Gewinnungs- oder Lieferorte aus kann zu Wasser, auf definitiver Eisenbahn, auf Interimsgleisen und per Achse geschehen.

Der Wassertransport wird am bequemsten da, wo der zu überbrückende Fluß selbst schiffbar ist und erfordert dann auf der Baustelle meistens Landebrücken, welche mit Krahnvorrichtung zu versehen sind, um die Materialien direkt aus den Schiffen in die Transportwagen zu befördern. Ein Übelstand des Wassertransports ist die langsame Beförderung, die häufig und besonders auf Kanälen durch Frost und Eisgang ganz unterbrochen wird. Auch ist die Ladefähigkeit der Schiffe vom wechselnden Wasserstande abhängig; weshalb im allgemeinen Schiffsfrachten sich nur da empfehlen, wo große Massen zu transportieren sind und wo die Ladefähigkeit der Schiffe gehörig ausgenutzt werden kann.

Der Transport auf Interimsgleisen erfolgt, wenn in den neben der Überbrückungsstelle oder in größerer Nähe liegenden Höhen brauchbare Baumaterialien gewonnen oder wenn bereits ein Teil der Bahnlinie, in welcher das Bauwerk liegt, fertiggestellt ist, sodafs mittels Arbeitszug die nötigen Materialien herbeigeschafft werden können.

In Fällen, wo ein direkter Transport nicht möglich ist und die Transportweiten bedeutend sind, kommt die Beförderung der Materialien per Eisenbahn nach der Baustelle zunächst gelegenen Station und die Umladung daselbst hinzu.

Bei mäfsigen Transportweiten und in Ermangelung vollkommenerer Mittel ist man auf das Landfuhrwerk angewiesen.

Für die zweckmäfsigste Anordnung der Lagerplätze lassen sich nur wenige Anhaltspunkte geben.

Bei größeren Flußbrücken, wo der Wassertransport vorwiegend ist, kann die Lagerung einfach zu beiden Seiten der Ufer geschehen, falls nicht der Schwerpunkt der Arbeiten mehr in der Nähe eines der Ufer zu liegen kommt, in welchem Falle man dieses Ufer besonders für die Lagerung ausersehen wird, um unnötige Transporte zu vermeiden. Auch wenn eins der beiden Ufer mehr im Hange liegt als das andere, kann dasselbe, um spätere unnötige Hebungen der Materialien zu umgehen, für die Lagerung

bevorzugt werden. Jedoch wird bei Flußbrücken wegen der nicht bedeutenden Höhenentwicklung derselben die Rücksicht auf Anordnung der Lagerplätze in verschiedenen Höhen weniger zur Geltung kommen, als die Rücksicht auf möglichste Kürzung der Transportlängen und gute Verbindung mit den Entladestellen.

Anders liegt die Sache bei hohen Viadukten. An und für sich wäre hier die Anordnung der Lagerplätze so am besten, daß der Transport der Materialien ohne Steigung, möglichst mit Gefälle zur Verwendungsstelle erfolgen kann. Zum Teil läßt sich diese Anordnung auch wohl durch terrassenförmige Gruppierung und Planierung der Hänge ausführen, jedoch muß bei sehr langen Viadukten wohl in Rechnung gezogen werden, ob man die Materialien nicht schneller und billiger von der Sohle des Bauwerkes mittels Hebevorrichtung an die Verbrauchsstelle fördert, als durch lange Transporte von den umliegenden Höhen herunterholt.

Auch die Lage der Zufuhrwege oder die Möglichkeit, solche zum Zwecke des Transportes neu anzulegen bzw. in Stand zu setzen, kann die Wahl der Lagerplätze beeinflussen. Bei Herstellung der Zufuhrwege genügt mitunter eine Befestigung durch zwei Streifen für die Räder, da die Wagen stets beladen hin und leer zurück gehen.

5. Die Hilfsmittel für die Aufrechterhaltung und Sicherung bestehenden Verkehrs, soweit sie auf die Einrichtung der Baustelle von Einfluß sind, sind je nach der Örtlichkeit und der Art der Berührung oder Durchschneidung des Bauwerkes mit der Verkehrslinie mehr oder minder umfangreich. Es wird sich dabei im allgemeinen um eine vorzunehmende provisorische oder definitive Verlegung einer Verkehrslinie ohne erhebliche Störung oder Einschränkung des Verkehrs handeln, falls man sich nicht entschließt, die Ausführung ohne Zuhilfenahme einer Verlegung unter erschwerenden Umständen vorzunehmen.

Handelt es sich um aufrecht zu erhaltenden Straßenverkehr, so können folgende Fälle eintreten:

- a. Das Bauwerk wird in der Nähe der StraÙe fertig gebaut, sodann wird eine endgiltige Verlegung der letzteren bzw. eine Fortführung über das fertig gestellte Bauwerk vorgenommen. Dies Verfahren wird meistens nur bei Ausführung kleiner Brücken geübt.
- b. Wenn es sich um eine gröÙere Brücke handelt, so wird die StraÙe vor Herstellung der ersteren gewöhnlich endgiltig verlegt. Die Verlegung bildet in diesem Falle einen Teil des Projektes s. T. XI, F. 2.
- c. Die StraÙe wird provisorisch verlegt und zwar soweit, daß die Ausführung des Bauwerkes den Verkehr auf der verlegten Linie nicht stört. Nach Fertigstellung des Bauwerkes wird die alte Linie wieder hergestellt und das Provisorium aufgehoben.

In seltenen Fällen, wo eine Verlegung der StraÙen nicht möglich ist, kann eine der folgenden hauptsächlich für Eisenbahnlinien geltenden Anordnungen getroffen werden.

- a. Provisorische Verlegung einer im Betrieb befindlichen Eisenbahn. Eine solche wird nicht oft in Frage kommen, weil meistens eine der folgenden Anordnungen billiger zu stehen kommt.
- b. Ausführung des Bauwerkes in zwei Teilen, nötigenfalls unter Verbreiterung des Planums und geringer Verschiebung der Gleise. Ein Beispiel einer solchen Ausführung ist auf T. XVIII in den Figuren 10 bis 10<sup>c</sup> gegeben und in § 32 eingehend erläutert.

- c. Ausführung ohne jede Verlegung der Bahnlinie mittels Unterfangen der Gleise. Das Unterfangen kann in verschiedener Weise erfolgen. Ein Beispiel, Ausführung des gewölbten Fußgänger-Tunnels auf Bahnhof Cottbus, ist auf T. XVIII in den Figuren 9 bis 9<sup>s</sup> gezeichnet und in § 32 erläutert.
- d. Durchtunnelung des Bahnkörpers.

Liegt das auszuführende Bauwerk über einem in Betriebe befindlichen Verkehrswege, so wird bei Eisenbahn- und Strafsenlinien die Aufrechterhaltung des Verkehrs keine Schwierigkeiten bereiten, da bei Eisenbahnen die Bauwerke so angeordnet werden können, daß die Erbauung der etwa erforderlichen Gerüste u. s. w. noch außerhalb des Normalprofils geschehen und bei Strafsen höchstens eine einfache Strafsenverlegung in Frage kommen kann.

Eine Verlegung von Wasserläufen behufs bequemer Ausführung der zu erbauenden Brücke wird nur bei Bächen und kleineren Flüssen eintreten. Beispielsweise wurde die Brücke über die Brahe (5 Halbkreisöffnungen à 12,55 m) in der königl. Ostbahn neben dem Flusse erbaut und dieser später, indem man eine Serpentine durchstach und den alten Arm coupirte, durch die fertige Brücke geleitet, s. Zeitschr. f. Bauw. 1854, S. 557.

Bei Überbrückung von Flüssen mit nennenswertem Wasserverkehr sind zur Aufrechterhaltung desselben besondere Vorkehrungen zu treffen. Gewöhnlich werden den Fahrzeugen Stellen des Flusses zur Durchfahrt angewiesen. Hier befindet sich während der Ausführung der Gewölbe entweder ein besonderes für die Durchfahrt eingerichtetes Lehrgerüst oder die Öffnung wird vorläufig gar nicht eingewölbt und für die Durchfahrt freigelassen, bis die Fertigstellung einer anderen passenden Öffnung die Passage gestattet, jedoch ist es zweckmäßig, die Fahrzeuge durch Anbringung von mit Brettern verkleideten Gerüsten von den Fundierungsstellen oder den Stützen u. s. w. der Lehrgerüste entfernt zu halten. Sobald der Schiffsverkehrsverkehr zu Anfang des Baues eine etwa über den ganzen Fluß führende Transportbrücke kreuzt, muß eine Öffnung derselben beweglich konstruiert werden, vergl. T. XVII, F. 5. Bei lebhaftem Wasserverkehr werden außerdem Pferde oder Dampfer bereit gestellt, welche im Bereiche der Brückenbaustelle den passierenden Schiffen und Flößen nötigenfalls Hilfe zu leisten haben.

Ausnahmsweise kommt auch der Fall vor, daß die Wasserstrafse über dem herzustellenden Bauwerke liegt, sodafs eine Durchtunnelung am Platze ist.<sup>8)</sup>

Welche der verschiedenen bei Überschreitung oder Durchschneidung von Strafsen, Eisenbahnen, Flüssen oder Kanälen verwendbaren Anordnungen in jedem Falle die zweckmäßigste sein wird, darüber entscheidet meistens in erster Linie der Kostenvergleich und in Fällen, wo zwei Methoden hinsichtlich ihrer Kosten sich ziemlich gleichstellen, die Rücksicht auf die Verkehrssicherheit und die erforderliche Bauzeit.

6. Zur Veranschaulichung des im Vorstehenden Gesagten sind auf T. XI, F. 1 bis 4 die Einrichtungen der Baustellen<sup>9)</sup> von vier bedeutenden Bauwerken verzeichnet, zu deren Erläuterung Folgendes kurz hinzugefügt werden soll:

<sup>8)</sup> Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. 1858, Taf. 121 u. 122.

<sup>9)</sup> Beispiele finden sich auch noch: Perdonnet und Polonceau. Nouveau portefeuille etc. Planche M. 5. (Nogent sur Marne), Planche M. 8. (Chaumont-Viadukt). — Nouv. ann. de la constr. 1856, Pl. 47—48 (Viaduc de la Fure). — v. Etzel. Brücken und Thalübergänge schweizerischer Eisenbahnen. Supplemente Bl. XIX. (Rümlingen-Viadukt). — Morandière. Chantier du pont de Plessis-les-Tours. Nouv. ann. de la constr. 1863, S. 5. Pl. 5—6. — Zeitschr. f. Bauk. 1881, Blatt 12. Baustelle des Viadukts der Rheinischen Eisenbahn über das Ruhrthal bei Herdecke.

## a. Aulne-Viadukt auf der Eisenbahnlinie von Chateaulin nach Landerneau, F. 1.

Sämtliche Materialien kamen zu Wasser an, daher auch die Lagerplätze in Nähe der Ufer. Für die bequeme Verladung aus den Schiffen waren acht auf Bohlwerken angelegte Ladebühnen ins Wasser hineingebaut, von denen aus die Transportgleise bis in die Lagerplätze hineinreichten. Die auf den Uferhängen liegenden Transportgleise waren so angeordnet, daß eins derselben mit einer Steigung von in Max. 0,065 für die Anfahrt der beladenen, das zweite im Gefälle von in Max. 0,120 für die Abfahrt der leeren Wagen benutzt werden konnte. Die Verbindung der Gleise auf den Hängen mit den beiden auf der Dienstbrücke des Viaduktes liegenden Transportgleisen geschah an beiden Enden des Bauwerkes durch eine Drehscheibe.

## b. Sinnthal-Viadukt auf der Gemünden-Elmer Bahnlinie, F. 2.

Die Lagerplätze mußten zum großen Teil auf Wiesengrund angelegt werden, daher war man bestrebt, die Fuhrwerke von denselben möglichst entfernt zu halten, um den ohnehin beschränkten Raum nicht noch durch Offenhaltung der Zufuhrwege zu beschränken und um zu verhüten, daß die Fahrwege grundlos wurden und kostspielige Reparaturen veranlaßten. Der ganze Steinlagerplatz wurde daher mit Hilfsbahnen durchzogen, welche teils durch Weichen, teils durch Drehscheiben miteinander in Verbindung standen. Die per Achse ankommenden Werksteine wurden von den Fuhrwerken durch ein über der Distrikts-Straße inmitten des Thales erbautes Krahngerüst über die Drehscheibe gebracht, auf die darauf befindlichen Transportwagen niedergelassen und von diesen aus mittels der Hilfsbahn an jede beliebige Stelle des Werkplatzes dirigiert. Die Bruchsteine und rauhen Quader kamen aus dem angrenzenden Hohenleitener Einschnitte und wurden mittels zweigleisiger Hilfsbahn zur Baustelle geschafft. Die Hilfsbahn, deren beiden Gleise für die abwärtsgehenden beladenen und aufwärtsgehenden leeren Transportwagen sich kurz vor dem Einschnitte vereinigten, lag auf dem rechtsseitigen Hange in einem Gefälle von 0,185 und stand in Verbindung mit einer kräftigen Bremsvorrichtung, vergl. Fig. 11, § 12. Mit dem Fortschritte des Baues wurde die Hilfsbahn allmählich gehoben, sodafs die Zufuhr der Bruchsteine immer nahezu in der Höhe erfolgen konnte, in der man gerade arbeitete. In der letzten Gerüstetage konnte bei einem Gefälle von 0,05 der Seilbetrieb eingestellt werden, jedoch wurden sämtliche Transportwagen mit Bremsvorrichtung versehen.

Zum Zwecke der Reinigung des aus den Baugruben gewonnenen Sandes wurde die Sinn durch ein Wehr aufgestaut und hierdurch gezwungen über einen geneigten Kasten abzufließen. Der zu reinigende Sand ward mit Kippkarren herangebracht und auf den oberen Teil des Kastens geschüttet, von wo aus er teils durch den Wasserstrom, teils mit Mörtelkrücken unter Aufrühren hinabgezogen wurde, sodafs er am unteren Ende des Kastens seinen Lehmgehalt vollständig verloren hatte. Zum Regeln des Wasserzuzufusses waren im Wehre Schützen angebracht, s. T. XVII, F. 6.

## c. Striegisthal-Viadukt bei Freiberg in der Tharand-Freiburger Eisenbahn, F. 3.

Das Material wurde ausschließlichs per Achse angefahren. Die Thalhänge an der Übergangsstelle fielen verhältnismäßig flach ab, sodafs es möglich war, die Lagerplätze der jedesmaligen Höhenlage der Arbeiten entsprechend terrassenförmig anzulegen und die Zufuhr nach den Pfeilern meistens ohne Steigung nach derjenigen Gerüstetage zu bewerkstelligen, in welcher gerade die Arbeiten im Gange waren. Die für die Fundamente und die Sockel der Thalpfeiler erforderlichen Materialien wurden in der Thalsole angefahren, während das Material für die übrigen Pfeiler je nach ihrer Stellung in deren Nähe abgelagert wurde. Lagerplätze und Transportgleise rückten dann allmählich von Etage zu Etage höher. Durch die gewählte Einrichtung des Bauplatzes wurde die Aufstellung eines festen Etagengerüsts längs der ganzen Front des Bauwerkes bedingt. — Die Anlage für die Mörtelbereitung wurde wegen der nötigen Wasserbeschaffung in die Thalsole verlegt und deswegen die Aufstellung einer Aufzugsvorrichtung, durch Lokomobile getrieben, notwendig, vergl. F. 2, T. XVIII. Der Hauptzimmerplatz lag auf der höchsten Stelle des Werkplatzes, teils wegen der bequemerer Holzanfuhr, teils wegen des leichteren Transportes der zugelegten Hölzer zum Verwendungsorte, da die Hölzer für die unteren Etagen mittels einer einfachen Holzrutsche zu Thal befördert wurden, während das zu den übrigen Etagen und den Lehrgerüsten erforderliche Holz auf den Etagen selbst forttransportiert werden konnte.

Die Sandwäsche geschah in folgender Weise: das Wasser gelangte durch ein Schöpfrad gewöhnlicher Konstruktion in ein kleines hölzernes Reservoir, von welchem es auf einen aus hochkantig mit  $\frac{1}{2}$  zölligen Zwischenräumen gestellten Flacheisen bestehenden Rost fiel. Auf dem Roste wurde der zu reinigende Sand durchgekrückt und schwemmte weiter auf zwei Setzherde, von denen er dann mittels Krücken bei Seite geschafft wurde.

## d. Fulda-Brücke bei Kragenhof in der Eisenbahn von Hannover nach Kassel, F. 4.

Ein Teil der Bruchsteine, welcher in benachbarten Einschnitten und einem 350 m entfernt liegenden Steinbruche gewonnen wurde, konnte mit Hilfsbahnen angefahren und in ziemlicher Höhe über der Thalsole gelagert werden. Ein anderer Teil, aus  $\frac{1}{2}$  Meile oberhalb der Baustelle belegenen Brüchen, wurde zu Schiff angefahren und demzufolge auch in der Nähe der Ufer gelagert. Die Quader wurden sämtlich per Achse herangebracht, jedoch nur zum Teil auf den tiefer belegenen Stellen des Bauplatzes gelagert. Die Quader der Gewölbe und Gesimse fanden an den Berghängen des linken Ufers Platz, da nach Vollendung der der Brücke zunächst liegenden Dämme und Einschnitte die Herstellung eines nach jenen Höhen führenden Zufuhrweges ohne große Kosten auszuführen war. Zur Mörtelbereitung und Lagerung der Mörtelmaterialien wurde mit Rücksicht auf die später aufzustellende Mörtelmaschine ein Platz neben dem Maschinenhause ausersehen, sodafs derselbe sowohl vom Flusse aus als auch von den Zufuhrwegen zugänglich war. Dieser Platz lag innerhalb des Inundationsgebietes, deshalb wurde an einem höher belegenen Teile der Baustelle ein Schuppen für Reserve-Mörtelmaterialien angelegt, neben welchem sich auch die im ersten Baujahre benutzte Mörtelbereitungsstätte befand. Die Transportgleise, welche mit Ausnahme des normalspurigen Gleises nach dem Steinbruche mit 0,63 m Spurweite angelegt waren, lagen stellenweise in starken Kurven bis zu 50 m Radius, wo es die Örtlichkeit gestattete, vergrößerte man denselben auf 80 bis 300 m.

Unter Bezugnahme auf T. I, F. 8<sup>b</sup> und T. XVIII, F. 1 sollen hier noch einige Bemerkungen über die Einrichtung der Baustelle für den Ruhr-Viadukt bei Herdecke, insbesondere über den daselbst erbauten Mörtelschuppen Platz finden.

Der Hauptteil des Werkplatzes befand sich am rechten Ufer des in F. 8<sup>b</sup>, T. I angedeuteten Mühlgrabens und oberhalb der Bahnachse. Dieser Platz war nicht ganz hochwasserfrei, aber auf seiner der Thalwand zugekehrten Langseite durch einen etwa 3 m hohen, steilen Rain begrenzt. An diesen sich anlehnend wurde ein wasserfreier Platz für den Mörtelschuppen durch Anschüttung hergestellt.

Dem Entwürfe des Schuppens ist eine tägliche Durchschnittsleistung von 64 cbm Mauerwerk zu Grunde gelegt. Der Lagerraum für Trafs und Kalk wurde für eine vierzehntägige bezw. für eine sieben-tägige Verbrauchsmenge bemessen. Hiernach erhielt der Lagerschuppen eine Gröfse von 24 m auf 11 m. Der Lagerplatz für den Mauersand war zwischen der Anschüttung, auf welchem der Mörtelschuppen stand, und dem Fusse des Bahndammes angeordnet.

Der Lagerschuppen erhielt auf seiner dem Werkplatze zugekehrten Langseite einen 4,5 m breiten Anbau zum Kalklöschchen und zur Mörtelbereitung. Der Kalk wurde durch Klappen, welche sich in der Zwischenwand befanden, direkt auf den Löschboden geschafft, s. F. 1<sup>d</sup>. Längs der Außenseite des Löschbodens befand sich ein Gang zum Transport des gelöschten und gesiebten Kalkstaubes nach der Mischbühne (F. 1<sup>e</sup>). Zwei im Fußboden derselben angebrachte Fülltrichter führten die gemischten Materialien zwei Schumacher'schen Mörtelmaschinen zu, während das erforderliche Wasser unterhalb des Fußbodens durch ein von der Wasserleitung des Schuppens abgezweigtes Rohr zuflofs. Aus den Mörtelmaschinen trat der fertige Mörtel zunächst in einen hölzernen Behälter, welcher an der Vorderseite mit zwei durch Schieber geschlossenen Öffnungen versehen war und einen geneigten Boden hatte, sodafs der Mörtel mit wenig Nachhilfe in die auf den Transportwagen stehenden Mörtelkasten abgelassen werden konnte.

Für den Betrieb der Mörtelmühle war neben der Mischbühne eine vierpferdige Dampfmaschine aufgestellt. Dieselbe hatte aufser den beiden Mörtelmaschinen noch eine Pumpe zu treiben, mittels welcher das erforderliche Wasser aus einem Brunnen in einen neben dem Maschinenraume angebrachten, hochliegenden Wasserbehälter gefördert wurde, um von hier aus die Leitungen nach den Mörtelmaschinen und der Kalklöschbühne zu speisen.

Am äußeren Ende des Werkplatzes stand ein zur Aufbewahrung von Geräten und Materialien dienendes Magazin, dessen Fußboden wasserfrei lag, in Folge seiner Höhenlage zugleich einen bequemen Ladeperron bei Benutzung der in der Höhe des Werkplatzes in das Magazin geführten Gleise bildend. An das Magazin schlofs sich das Baubureau, über welchem eine Bauaufseher-Wohnung angeordnet war. Aufser diesen Baulichkeiten war auf dem Platze zwischen Mörtelschuppen und Magazin eine kleine Schmiede und eine Stellmacherei für die gewöhnlichen Reparaturen errichtet.

## B. Gerüste und Geräte.

### § 7. Allgemeines über Gerüste und Geräte.

1. Die Gerüste und Geräte wurden in § 6 als interimistische Anlagen bezeichnet, welche unmittelbar oder mittelbar als Hilfsvorrichtungen für die Bauausführung dienen. Da sie nur für einen kurzen Zeitraum in Benutzung sind und ihre Wiederverwendung bei anderen Bauten nur in beschränktem Maße möglich ist, so tragen sie ein provisorisches Gepräge, d. h. ihre Ausführung ist eine weniger sorgfältige als bei definitiven (für die Dauer bestimmten) Konstruktionen. Die Geräte, d. h. die mit den Gerüsten in Verbindung stehenden Lade-, Hebe- und Transport-Vorrichtungen, tragen meistens ein weniger provisorisches Gepräge als die Gerüste, weil sie — namentlich, wenn es Krähne, Wagen, Maschinen u. dergl. sind — vielfach anderweit wieder Verwendung finden können.

Das Arbeitsgerüst einer steinernen Brücke zerfällt in zwei Teile, das sind:

1. das Transportgerüst (auch Fahr-, Versetz-, Krahngerüst genannt), welches den Transport der Baumaterialien zur Verwendungsstelle vermittelt und den Werkleuten Platz und Stütze gewährt,
2. das Lehrgerüst, welches zur Herstellung des Gewölbes dient.

Die Bezeichnung „Transportgerüst“ (schlechtweg auch Rüstung, Gerüst) umfaßt sowohl die Transportbahnen und deren Unterstützung, als auch die auf denselben sich bewegenden Transportmittel, als Transportwagen und Laufkrahne. Ferner versteht man unter der Bezeichnung „Lehrgerüst“ nicht allein den oberen beweglichen Teil — das Tragwerk — desselben, sondern auch den unteren Teil, die feste Unterstützung mit samt der Ausrüstungsvorrichtung, welche in der Regel zwischen jenen beiden Teilen und nur ausnahmsweise unter dem Kranze des Lehrgerüstes liegt.

Außer Transport- und Lehrgerüst können in einzelnen Fällen auch provisorische Brücken sich als notwendig herausstellen, als

1. Laufbrücken für den Verkehr der Arbeiter, Ausführung von Messungen u. s. w.,
2. Transport-, Arbeits- oder Dienstbrücken, welche außerdem einem Verkehr mit Materialien dienen,
3. Notbrücken, welche beim Umbau definitiver Brücken den Verkehr der letzteren aufzunehmen haben.

2. Bei kleinen Brücken kommen besondere Transportgerüste, die einer Beschreibung bedürfen, nicht vor. Der Transport der Materialien von dem Lagerplatze zur Verwendungsstelle geschieht daselbst einfach durch Handlanger mittels Steinkarren oder in Steinschalen oder Steinkästen, entweder auf horizontalen oder ansteigenden Bohlenbahnen, manchmal auch, wenn steile Hänge die Baustelle einschließen, auf Holzrutschen. Bei horizontalen Bahnen werden die Materialien unter die Verwendungsstelle geführt und dann entweder durch Handlanger unmittelbar oder mit Hilfe einfacher Krähne oder Winden gehoben. Die ansteigenden Bahnen werden so gelegt, daß eine nachträgliche Hebung der Materialien vermieden werden kann. Zur Unterstützung der Bahnen, wenn

solche erforderlich wird, genügen einfache Grundpfähle, an welche mittels starker Seile die Transportbahnen befestigt werden, sodafs auch eine beliebige Hebung derselben, mit Fortgang der Arbeiten schritthaltend, bewirkt werden kann.

Die Aufmauerung der Widerlager kleiner Brücken geschieht der Kostenersparnis halber meistens ohne Anwendung irgend welcher Gerüste, indem man gleichzeitig mit der Aufmauerung auch die Hinterfüllung hochführt und dieselbe für Lagerung der Mauermaterialien u. s. w. benutzt. Diese Methode ist nur dann unschädlich, wenn die Hinterfüllung der Widerlager so langsam vor sich gehen kann, dafs ein gehöriges vorheriges Austrocknen des Mauerwerkes zu erwarten steht.

Für grofse Brücken und Viadukte bedarf es ausgedehnter Gerüstanlagen, bei denen die Hebung der Materialien mittels besonderer Hilfsvorrichtungen oder durch Laufkrahne bewirkt wird. Die Grenze, wo die Anwendung einfacher Gerüste zweckmäfsig aufhört und die Laufkrahne sich als praktisch erweisen, ist nicht genau zu bestimmen, da dies von der Bedeutung des Bauwerkes, besonders aber von der Gröfse der zur Verwendung kommenden Bausteine u. s. w. abhängig ist. Im allgemeinen kann man annehmen, dafs Bausteine über 0,5 cbm Inhalt nicht gut ohne Laufkrahne versetzt werden können. Jedenfalls sichert die Anwendung zweckmäfsiger Gerüste eine gute Ausführung, welche letztere wiederum erlaubt, die Stärke der einzelnen Konstruktionsteile des Bauwerkes zu beschränken.

### 3. Die Transportgerüste können feste oder fliegende sein.

Das feste Gerüst bleibt während des ganzen Baues in seinen Hauptteilen unbeweglich und die fertiggestellten Bauwerksteile werden wenig oder gar nicht als Stützpunkte für das Gerüst in Benutzung gezogen. Das fliegende Gerüst ist während der Dauer des Baues beweglich, d. h. es verändert seine Lage allmählich mit fortschreitendem Bau und die fertiggestellten Bauwerksteile werden soweit wie möglich als Stützpunkte für dasselbe herangezogen.

Den Übergang von den festen zu den fliegenden Gerüsten bilden solche feste Gerüste, bei denen die für die Zu- und Fortführung der Materialien dienenden Transportbahnen allmählich gehoben werden, während das übrige Gerüst fest bleibt.

Eine Verbindung von festen Gerüsten mit fliegenden, wie dieselbe beim Muldenbrückenbau bei Göhren in der Chemnitz-Leipziger Eisenbahn vorgekommen ist (s. Fig. 1, S. 248), kann aufser acht gelassen werden. Bei diesem Brückenbau, der in den Jahren 18<sup>60/71</sup> ausgeführt worden ist, kamen abweichend von der in Sachsen sonst überall geübten Methode der festen Transport-, Stand- und Lehrgerüste zum ersten Male eine fliegende Rüstung und ein gesprengtes Lehrgerüst und zwar für die Mittelöffnung in Anwendung. Der 26 m lange Howe'sche Träger der fliegenden Rüstung war für 16,25 t Belastung konstruiert. (Protokoll des sächs. Ing.-Ver. 1872. 77. Versammlung, S. 13.)

Die Einteilung der Lehrgerüste geschieht am einfachsten mit Bezug auf die Art und Weise der Unterstützung des Tragwerks (der Binder des beweglichen Oberteils). Von Zwischenstufen abgesehen unterscheidet man:

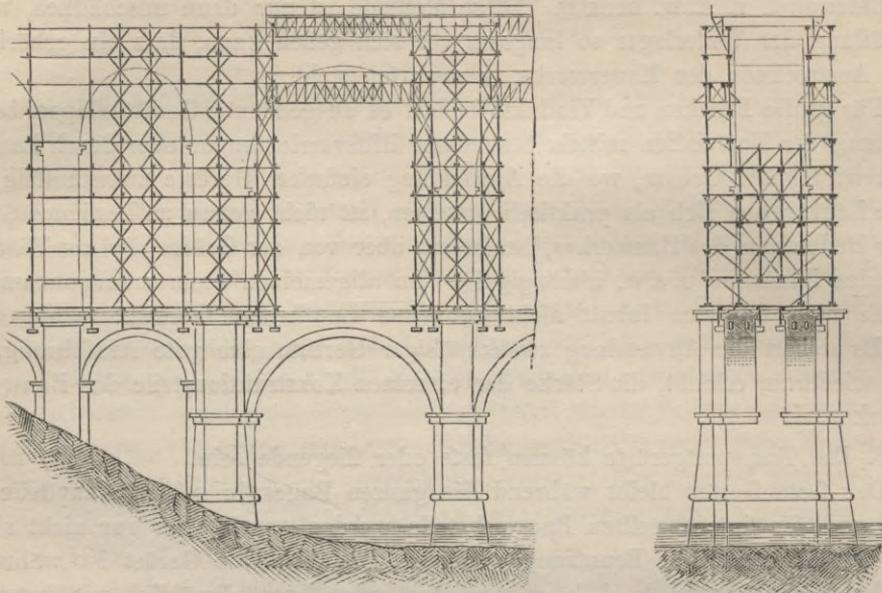
1. freitragende (gesprengte) Lehrgerüste, d. h. solche, bei denen das Tragwerk eines Binders nur auf zwei Stützpunkten ruht, und
2. fest unterstützte (feste) Lehrgerüste, bei denen das Tragwerk eines Binders auf mehr als zwei Stützpunkten ruht.

Die Stützpunkte für die freitragenden Lehrgerüste bilden in der Regel Pfeiler und Widerlager, während für die festen Konstruktionen Stützpunkte auch zwischen Pfeilern und Widerlagern geschaffen werden.

Zu erwähnen sind noch die sog. hängenden Gerüste, die ihre Unterstützung anstatt unterhalb der Konstruktion, oberhalb an festen Punkten eines Bauwerkes finden, falls an demselben irgend eine Reparatur oder ein Umbau vorzunehmen ist (Aquadukt von Roquefavour, Brücke bei Chatou-sur-Seine).

Fig. 1.

Mulden-Brücke bei Göhren.



4. Das Lehrgerüst bei fliegenden Gerüsten ist fast immer freitragend, manchmal kommt dabei, wenn die Bauwerkshöhe nicht zu groß ist, wohl noch eine Mittelstütze in Anwendung (Jena- und Dora-Brücke). Bei den festen Gerüsten wählt man sowohl gesprengte Lehrgerüste als auch solche mit fester Unterstützung, jedoch entsprechen die letzteren, abgesehen von dem Vorteil, den man durch Erzielung niedriger und einfacher Lehrbogen-Konstruktion erzielt, dem Charakter der festen Gerüste wohl am meisten. Man findet daher bei letzteren die gesprengten Lehrbogen nur in dem Falle, wo die zu überwölbenden Öffnungen bei großen Pfeilerhöhen geringe Spannweiten aufweisen.

Sobald bei festen Gerüsten gesprengte Lehrgerüste zur Ausführung kommen, ist eine Trennung der Hauptteile des Gerüstes, Transportgerüst und Lehrgerüst, geboten. Anders liegt die Sache bei Anwendung fester Lehrgerüste. Man kann dann entweder die Unterstützung des Lehrgerüstes, welche in diesem Falle auch wohl mit dem Namen „Standgerüst“ bezeichnet wird, mit dem Transportgerüst verbinden und gemeinschaftlich mit demselben aufführen, oder aber Standgerüst und Transportgerüst von einander trennen und jedes besonders herstellen.

Bei der Trennung hat man die Absicht, die Übertragung schädlicher Schwankungen und Stöße, welche im Transportgerüst durch die Materialenzüge u. s. w. hervorgerufen werden, auf das Stand- und Lehrgerüst und somit auf die Gewölbe zu verhindern. Diese Trennung ist jedoch stets nur mit größerem Holzaufwande zu bewerkstelligen und die Stabilität der ganzen Rüstung wird dadurch beeinträchtigt.

Bei einer gemeinschaftlichen Auführung der Transport- und Standgerüste wird der zur Wirkung kommende Druck der noch nicht geschlossenen Gewölbe auf eine größere

Anzahl von Stützen verteilt und außerdem bleiben auch die schädlichen Einwirkungen der Stöße u. s. w. bei der großen Masse des Gerüstes ohne bedenklichen Einfluß auf die Gewölbe. Daher ist die feste Vereinigung des Standgerüstes, wenn solches vorhanden, mit dem Transportgerüst zu empfehlen. In betreff der Einzelheiten der Lehrgerüste wird auf den folgenden Abschnitt verwiesen.

**§ 8. Feste Gerüste mit unbeweglichen Transportbahnen.** Man trennt hier zweckmäßig niedrige Bauten (Flußbrücken u. dergl.) und hohe Bauten (Viadukte). Bei den Gerüsten für niedrige Bauten ist die Masse der Transportmittel (Laufkrahne u. s. w.) überwiegend gegenüber der eigentlichen Gerüstmasse, während bei den hohen Bauten das Umgekehrte der Fall ist.

I. Gerüste für niedrige Bauten. 1. Hier sind in den meisten Fällen unmittelbar auf dem Terrain oder auf ganz niedrigem Unterbau unterstützte, große bewegliche Laufkrahne vorhanden, welche, das Bauwerk zwischen sich fassend, während der ganzen Bauausführung für alle Handhabungen in Gebrauch bleiben. Der Hauptübelstand bei Anwendung solch großer Laufkrahne ist die schwierige und zeitraubende Fortbewegung derselben, jedoch bieten sie dafür den Vorteil, daß man jeden Baustein unmittelbar an die für ihn bestimmte Stelle bringen kann, was bei Anwendung mehrerer kleiner Winden nicht möglich ist.

Sobald eine stärkere Konstruktion der Unterstützung der Laufkrahne nötig wird, wird dieselbe in Form paralleler Ständerreihen oder durch eine freitragende Konstruktion (Gitterträger, Sprengwerk u. s. w.) bewirkt.

Bei einigen Viadukten und Brücken (T. XIII, F. 10 und T. XVII, F. 3) ist zur Ausführung der Pfeiler und der Gewölbe ein und dasselbe Gerüst mit nur einer Sorte von Laufkrahnen zur Anwendung gekommen, bei anderen, besonders bei Flußbrücken (T. XIII, F. 1 u. 3), hat man es vorgezogen, für die Aufmauerung der Pfeiler besondere Gerüste zu errichten, auf welchen sich Laufkrahne bewegen, die später für das durchgehende Gerüst bei Ausführung der Gewölbe nicht mehr benutzt werden. Der Transport der Materialien zu den Pfeilern erfolgt dann meistens mit Hilfe von Schiffen. Für den Verkehr der Arbeiter mit den Ufern dienen Kähne oder auch schwimmende Laufbrücken, s. T. XIII, F. 3<sup>c</sup>, 3<sup>d</sup>.

Es ist nicht zu verkennen, daß das letztgenannte Verfahren, besonders bei Flußbrücken mit vielen Pfeilern, den Vorzug verdient, wenn es sich um schnelle Ausführung handelt und wenn man in der Wahl der zuerst in Angriff zu nehmenden Pfeiler aus irgend welchen Gründen nicht beschränkt sein will. Die Aufstellung des durchgehenden Hauptgerüstes für eine lange Brücke erfordert oft viel Zeit, sodaß die Inangriffnahme der Pfeiler dadurch verzögert wird. Auch wird der Verkehr im Flusse durch den Pfeilerbau nicht so beengt als durch ein durchlaufendes Gerüst, in welchem für den Durchlaß der Fahrzeuge besondere Einrichtungen zu treffen sind.

Bei Ausführung der Pfeiler der Flußbrücken mit eisernem Überbau führt man häufig auch gar keine besonderen Gerüste auf, indem man bis zu einer gewissen Pfeilerhöhe das Versetzen der Steine von einem auf dem Materialien-Transportschiffe stehenden Krahne aus vornimmt und für die Aufmauerung des Pfeilerrestes gleich die für die Montierung des eisernen Überbaues erforderlichen Gerüste benutzt. Die Höhe, bis zu welcher der Pfeiler in diesem Falle ohne Gerüste aufzuführen ist, bestimmt sich aus der größten Hubhöhe des Krahnes. Für die Inbetriebsetzung des letzteren und des Transportschiffes wird meistens die Dampfkraft mit Vorteil benutzt.

2. Da die Einzelheiten der Laufkrahne in § 12 behandelt werden, so genügt es hier auf Beispiele zu verweisen. Es sind dargestellt:

T. XVII, F. 3, der Laufkrahne für den Bau der Garonne-Brücke bei Saint-Pierre-de-Gaubert. — Es waren 4 solcher Krahne in Thätigkeit, zu deren Bedienung je 8 Mann erforderlich waren, 4 Mann an der Winde und 4 zur Fortbewegung. Die Herbeiführung des Materials geschah auf einer über den ganzen Fluß reichenden Dienstbrücke zu beiden Seiten der Brücke.

T. XIII, F. 10, der Laufkrahne beim Bau eines Viaduktes auf der Eisenbahn von Paris nach Vincennes: ein Laufkrahne, der seine Unterstützung durch Rollen unmittelbar auf dem Terrain findet. Die Hebung des Materials erfolgt direkt vom Erdboden aus.<sup>10)</sup>

T. XIII, F. 2, das Versetzgerüst der Mosel-Brücke bei Conz in der Saarbrücken-Trier-Eisenbahn.<sup>11)</sup> Die Unterstützung der Laufkrahne erfolgt hier mittels zweier, noch durch Sprengwerke verstärkten Gitterträger zu beiden Seiten der Brücke. Diese Gitterträger tragen gleichzeitig das Hilfsgleise für die Herbeiführung der Wölbsteine u. s. w. und wurden auch besonders für die Aufstellung der Lehrgerüste in Benutzung gezogen. Selbstverständlich erfolgte ihre Aufstellung erst nach Vollendung der Pfeiler, auf deren Vorköpfen sie Auflager fanden. Die Pfeileraufmauerung geschah mit Hilfe besonderer auf die Spundwand der Fundierung gestützten Versetzgerüste, deren Winden die Baumaterialien unmittelbar aus den Kähnen emporhoben. Das Holzmaterial zu den Gittern hatte man größtenteils aus den abgebrochenen Pfeiler-Fangdämmen entnommen. Andernfalls würde auch die Herstellung eines festen Gitterträgers zur Unterstützung der Transportbahn und der Laufkrahne kostspieliger ausgefallen sein, als eine andere freitragende Unterstützung, wäre also nicht zu empfehlen gewesen.

Die Ausführung der Gewölbe des im Jahre 18<sup>48/49</sup> von Hawkshaw erbauten Lockwood-Viaduktes in der Strafe von Huddersfield nach Sheffield bei Huddersfield in der Grafschaft York geschah in ähnlicher Weise unter Anwendung von hölzernen Gitterträgern, die sich auf die Vorköpfe der Pfeiler stützten und sowohl zum Transport der Wölbsteine als auch zum Aufstellen der Lehrgerüste dienten.

Das in F. 9, T. XIII gezeichnete Gerüst der Mosel-Brücke bei Pfalzel in der Moselbahn wird in § 9 besprochen, weil die dabei in Anwendung kommende fest unterstützte Transportbrücke in verschiedenen Höhenlagen benutzt wurde.

T. XIII, F. 1 zeigt das Versetzgerüst beim Bau der Neckar-Brücke bei Ladenburg. (F. 1<sup>b</sup>, 1<sup>c</sup>, 1<sup>d</sup> Gerüst für den Pfeileraufbau. Die Baumaterialien wurden zu Schiff herangebracht. F. 1<sup>a</sup> Gerüst für die Ausführung der Gewölbe. F. 1 Vorrichtung am Ufer zum Heben der Materialien in die Transportgleise der Dienstbrücke.)

Aus T. XIII, F. 3 ist das Gerüst für den Bau der Loire-Brücke bei Montlouis in der Eisenbahn von Orleans nach Tours ersichtlich. — F. 3<sup>b</sup>, 3<sup>c</sup>, 3<sup>d</sup> Aufbau der Pfeiler, Transport der Materialien per Kahn, Kommunikation der Arbeiter mit den Ufern durch schwimmende Laufbrücken. F. 3, 3<sup>a</sup> Ausführung der Gewölbe. Ein eigentlicher Laufkrahne, welcher der auf demselben sich bewegenden Bockwinde gestattet, die Bausteine an jedem beliebigen Punkte niederzulassen, ist nicht vorhanden, es befindet sich viel-

<sup>10)</sup> Die Baugerüste der berühmten Grosvenor-Bridge über den Dee bei Chester (18<sup>27/34</sup> erbaut) und eines der ältesten im Anfang der 30er Jahre in England erbauten Viadukte — bei Wolverton — gehören ebenfalls hierher. — (Transact. of the inst. of civil. eng. 1836, S. 207; Allg. Bauz. 1838, S. 85.) Vergl. auch Allg. Bauz. 1845, S. 180. Gerüst für den Bau der Kanalbrücke über die Garonne bei Agen (auch abgebildet in Bauernfeind. Vorleagl. f. Brückenbaukunde 1872, Bl. X.)

<sup>11)</sup> Die Bauanlagen der Saarbrücken-Trier-Luxemburger Eisenbahn. Zeitschr. f. Bauw. 1863, S. 43.

mehr je ein Laufkrahnen mit kleiner Spannweite zu beiden Seiten der Brücke. Diese Anordnung erspart Kosten für die Anlage und die Bewegung des Laufkrahnes, gestattet jedoch nicht die Möglichkeit, jeden Stein unmittelbar durch die Winde an seine Stelle zu bringen.

Endlich ist aus T. XIV, F. 2 das Gerüst für den Aufbau der Strompfeiler der eisernen Strafsenbrücke über den Douro bei Regoa in Portugal zu entnehmen. — Das hier gewählte System fester Gerüste, welches auch für die Aufmauerung der Pfeiler einer gewölbten Brücke in Anwendung kommen kann, unterscheidet sich von allen bislang aufgeführten. Es ist gewählt worden, sowohl um die großen Kosten für ein umfangreiches hohes Gerüst zu sparen, als auch um die Gefahren, welche durch Hochwasserstände des Douro den Rüstungen drohte, zu vermeiden.

Das ganze Gerüst baut sich aus letzterem Grunde an der schmalen stromabwärts gehenden Seite der Pfeiler auf, sodass der Pfeiler selbst dasselbe gegen das andringende Hochwasser schützt und setzt sich entsprechend dem Wachsen des Pfeilers aus mehreren Stockwerken zusammen. Das unterste, welches aus vier untereinander verstreuten Stielen gebildet wird und oben eine über den Pfeiler hinausragende Bühne mit fahrbarer Winde trägt, ist 5,6 m hoch und steht auf einer 2 m breiten, 3 m ausladenden konsolenartigen Unterrüstung. Die letztere stützt sich auf den untersten Absatz des Mauerwerks und wird durch einen den ganzen Pfeiler umschließenden Holzrahmen (F. 2) gehalten. Sämtliche Materialien kommen zu Schiff an und werden auf einer unten am Pfeiler befindlichen schwimmenden Bühne abgeladen und von dort mittels der transportablen Winde auf den Pfeiler gebracht. Zur Erleichterung des Ausladens ist auf der Unterrüstung noch eine feste Winde aufgestellt (F. 2\*).

War der Pfeiler, soweit es die Rüstung gestattete, aufgemauert, so wurde die Fahrbahn mittels der Winde abgenommen und ein zweites, dem ersten ähnliches Stockwerk aufgesetzt. Zur Vollendung des Pfeilers wurde noch ein drittes Stockwerk nötig, welches sich von den unteren nur dadurch unterschied, dass es wegen des Aufhörens der Pfeilerhäupter hineinrücken konnte und zum Teil auf dem Hinterhaupte stand. Entsprechend dem Aufbau wurden die nahe am Pfeiler befindlichen Stiele der unteren Stockwerke durch in denselben eingemauerte Anker versichert. Da das Aufbringen eines neuen Stockwerkes in einem Tage ausgeführt wurde und die Maurer sich für diese Zeit hinreichend mit Material versorgen konnten, so fand eine Unterbrechung der Arbeit nicht statt. Der einzige Übelstand war der, dass alle Materialien an der schmalen Seite des Pfeilers angebracht wurden, wodurch oft eine Anhäufung von Material und eine Erschwerung in der Bewegung der Maurer eintrat.

II. Gerüste für hohe Bauten (Viadukte). Hier unterscheidet man folgende Anordnungen:

- a. die Unterstützung der in verschiedenen Etagenhöhen angebrachten horizontalen Transportbahnen u. s. w. geschieht sowohl über, wie unter dem höchsten Wasserstande durch senkrechte, gegen seitliche Verschiebungen gesicherte Ständerreihen;
- b. die Unterstützung geschieht oberhalb des höchsten Wassers wie bei a. angegeben, unterhalb jedoch in jeder Bauwerksöffnung durch freitragende Konstruktionen (Sprengwerke, Gitterträger u. s. w.) unter Benutzung der fertiggestellten Pfeiler und Widerlager als Stützpunkte.

Im ersten Falle hat man entweder Hochwasser und Eisgang nicht zu fürchten oder die Stabilität des Gerüstes wird für genügend gehalten, um event. unter Zuhilfenahme besonderer Verstärkungen oder Vorkehrungen der Wassergefahr oder starkem Eisgange mit Erfolg zu widerstehen. Im zweiten Falle bildet man mittels Anbringung einer freitragenden Konstruktion eine Durchgangsöffnung für Hochwasser und Eisgang, um jeder Gefahr für die Gerüste aus dem Wege zu gehen.

1. Die Gerüstkonstruktion unter a. bildet den eigentlichen Typus der deutschen Methode. Sie kam in Anwendung bei einer Reihe der größten Viadukte Deutschlands, z. B.

Viadukt bei Schildesche in der Köln-Mindener Eisenbahn, Enz-Viadukt bei Bietigheim der Württembergischen Staatseisenbahn, Diemel-Viadukt bei Haueda in der Westfälischen Eisenbahn, Viadukte der Chemnitz-Riesaer Bahn bei Steina, Waldheim, Heilgenborn, Diedenmühle, Kummermühle und über das Zschopau-Thal, Neisse-Thal-Viadukt bei Görlitz in der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn, endlich bei den grössten deutschen Viadukten über das Göltzsch- und über das Elster-Thal u. a. m.

Fig. 2.

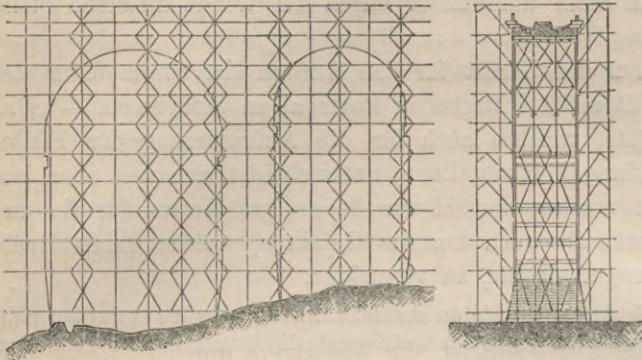
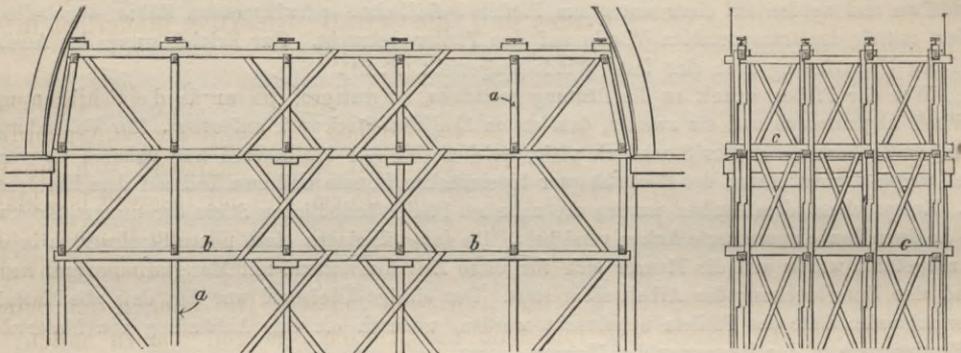


Fig. 2 stellt in der Ansicht und im Querschnitt in allgemeinen Linien die Gerüstkonstruktionen dar. Fig. 3 giebt die Einzelheiten.

Fig. 3.



Abgesehen von geringen Abweichungen in den Einzelheiten, welche bei manchen Konstruktionen beliebt worden sind, ist die allgemeine Anordnung die folgende:

Zwischen den Ständern *a* der einzelnen Etagen liegen die Rahmenhölzer *b*, auf welche sich die Querschwellen *c* kämmen. Rahmen und Ständer, sowie auch Querschwellen und Ständer sind durch Streben oder Zangen (Andreaskreuze) unter Herstellung unverschieblicher Dreiecke gegeneinander abgesteift. Die Rahmen werden über den Ständern gestossen und durch eiserne Stofsplatten mit Bolzen verbunden, Zangen oder Streben ebenfalls mit Ständern bezw. Rahmen verbolzt.

Die Anordnung der Verstrebung der Querschwellen mufs so getroffen werden, dafs unter den Streben noch Raum für den Durchgang der Transportwagen verbleibt. Eine Verstrebung gegen seitliche Verschiebung des Gerüstes, verursacht durch Sturmwinde, Seitenschwankungen der im Betriebe befindlichen Laufkrahne u. s. w. wird ebenfalls erforderlich und am geeignetsten in horizontaler Ebene unter den Querschwellen in Form gekreuzter, durch Bolzen verbundener Diagonalstreben angebracht. Meistens genügt es, diese Horizontalverstrebung nur in einer Etage anzubringen und zwar dann in derjenigen, welche ihrer Lage nach als hauptsächlichster Angriffspunkt der Seitenkräfte zu betrachten sein wird. Die Verstrebung wird jedoch auch häufig in jeder Etage angebracht, gewöhnlich abwechselnd unter Überschlagung je eines Feldes.

Die oberen Gerüstetagen, welche wegen des Dazwischentretens des Gewölbes und der Stirnmauern isoliert hergestellt werden müssen, sollen so lange wie möglich durch Zangen miteinander verbunden und gegeneinander abgesteift werden. Sobald bei Höherführung des Mauerwerks die Zangen hinderlich werden, sind dieselben abzuschneiden, wobei man die Enden zweckmäßiger Weise provisorisch mit dem Mauerwerk verankert. Die Ständer der unteren Etagen werden, wo dieselben auf Fundamentabsätze zu stehen kommen, auf Grundswellen gelagert, sonst sind dieselben entweder als Grundpfähle in den Boden gerammt oder stehen auf besonders zu diesem Zwecke vorgerammten Grundpfählen unter Anwendung von Grundswellen oder sie stützen sich, wo die örtlichen Verhältnisse ein Einrammen von Pfählen nicht gestatten, auf Grundswellen, Schwellenmauern, grofse Quader u. s. w.

Die Gerüstkonstruktion erstreckt sich in der Ansicht des Bauwerks häufig nicht über die Widerlager, sobald es nämlich möglich ist, die Widerlager durch Versetzen der Bausteine aus freier Hand oder unter Zuhilfenahme einfacher Hebevorrichtungen aufzuführen. Durch diese Beschränkung der Ausdehnung der Gerüste wird eine grofse Holzersparnis herbeigeführt, auch wird dadurch vermieden, dafs bei Anschüttung grofser, an die Widerlager sich anlehrender Erdkegel, deren Schüttung nicht bis zur Fertigstellung des Bauwerks ausgesetzt werden darf, die Gerüstkonstruktion hinderlich in den Weg tritt oder gar die Stabilität derselben gefährdet wird.

2. Die zur Verwendung kommenden Stärken kantiger Hölzer sind im allgemeinen für Ständer 15 bis 20 cm, Rahmen 20 bis 35 cm, Streben 15 bis 25 cm, untergeordnete Balken, Kopfbänder und Zangen 15 cm. Der Billigkeit wegen empfiehlt sich die Verwendung von Rundbölzern in einer Stärke von 20 bis 35 cm, die nur insoweit beschlagen werden, als es für die Verbindungsstellen erforderlich wird. Zangen und Bänder können hierbei aus Halbrundholz gefertigt werden. Für die Lehrgerüste und Transportschwellen wird natürlich stets kantiges Holz genommen werden müssen. Die Längen der Ständer bezw. der Etagenhöhen pflegen sich innerhalb der Grenzen 5 m und 8 m zu halten; die Weite der Gerüstfelder wechselt, wenn Kopfbänder zu Hilfe genommen werden, von 4 m bis 6,5 m und bestimmt sich in der Regel leicht durch die Abmessungen des auszuführenden Bauwerks. Obgleich es auf der Hand liegt, dafs bei Anwendung grofser Jochweiten und bedeutender Etagenhöhen Holzersparnis herbeigeführt werden kann, so dürfte doch eine Überschreitung der angegebenen Maximalmafse nicht ratsam erscheinen, da die Aufstellung zu langer Hölzer, wenn dieselben überhaupt zu haben sind, die Schwierigkeiten der Ausführung zu sehr erhöht.

Bei der Berechnung der Gerüste sind die bekannten Regeln der Statik zur Anwendung zu bringen. Es soll nur bemerkt werden, dafs hierbei wegen des provisorischen Charakters der Gerüste ein vergleichsweise geringer Sicherheitsgrad zulässig erscheint und dafs hauptsächlich zu untersuchen ist, ob dieselben dem Winddruck ausreichenden Widerstand leisten.<sup>12)</sup>

3. Ein zweckmäßig konstruiertes Gerüst neuerer Zeit, benutzt für die Ausführung des Sinnthal-Viaduktes auf der Gemünden-Elmer Bahnlinie, ist auf T. XII, F. 1, 1<sup>a</sup>, 1<sup>b</sup> dargestellt.

Das Fahrgerüst ist daselbst in fünf Etagen eingeteilt, die drei unteren je 5,84 m, die beiden oberen je 5,25 m hoch. Streben und Ständer erhielten bei dieser Anordnung noch keine übermäßige

<sup>12)</sup> Ein Teil der Göltzschthal-Viadukt-Rüstung wurde am 8. August 1850 durch Sturmwind zerstört. — Ein Beispiel der Berechnung eines Ständergerüsts findet man Zeitschr. f. Baukunde. 1884, S. 159. (Völker. Erdarbeiten und Viadukte der württembergischen Gäubahn.)

Länge, welche die Aufstellung erschwert hätte. Die Ständer waren 6,13 m von einander entfernt, nur die Weite zwischen den rechts und links neben den Pfeilern befindlichen Ständern war 6,42 m, weil diese Ständer ihre Unterstützung auf den Fundamentabsätzen finden mußten. Die Felder waren durch die gewählte Anordnung nahezu quadratisch geworden, was eine besonders übersichtliche Anordnung der Verstrebung zuließ. Die Streben umfaßten Ständer und Rahmen und waren mit denselben verbolzt. Stand- und Transportgerüst waren bis zur Höhe des dritten Stockwerkes gemeinschaftlich aufgeführt und in der Unterfläche der Querstreben des letzteren war die Horizontalverstrebung gegen Seitenschwankungen angebracht, weil dort den Angriffen der Seitenkräfte am wirksamsten begegnet wurde. Die isolierten Wände der vierten und fünften Etage waren mehrfach durch Zangen verbunden (F. 1<sup>a</sup>). In jedem der drei unteren Stockwerke und zwar über jedem Pfeiler bewegte sich normal zur Bahnachse ein Laufkrahnen von 6,42 m Spannweite. Beim Beginn der Wölbung wurde dieser Krahnen überflüssig und an seine Stelle trat ein anderer von 11,38 m Spur, welcher parallel der Bahnachse lief. Die Spurweite dieses letzten Krahnen war auf ein Minimum beschränkt dadurch, daß man zwischen den äußersten Gerüstwänden *a* (F. 1<sup>a</sup>) noch je zwei neue *b* einstellte, welche vom dritten Stockwerk aus durch die Verstrebung *c* gestützt wurden. Es blieb bei dieser Anordnung noch Raum genug, um zwischen den Stirnen und den Zwischenwänden auf jeder Bauwerksseite einen Transportstrang einzuführen.

Die Herbeiführung der Materialien von den Lagerplätzen geschah auf der rechten Bahnseite mittels Hilfsbahnen, welche durch zwei Drehscheiben mit den Aufzuggleisen in Verbindung standen. Die aus dem anliegenden Einschnitte geförderten Materialien wurden in der Höhe der verschiedenen Etagen durch die Transportbahnen rechts und links herangeschafft. Für die Unterstützung dieser Transportgleise mußte längs der Widerlager ein provisorisches Gerüst geschaffen werden, weil die Materialien für den Bau der Widerlager aus freier Hand versetzt und demgemäß die Hauptgerüste nur bis an die Widerlager geführt wurden. Das provisorische Gerüst wurde allmählich mit der Anschüttung der Böschungskegel zum Teil wieder entfernt und die mit Winden aus der Schüttung hervorgezogenen Hölzer in höheren Etagen wieder verwendet. Bei der Zimmerung des Gerüsts ist Rundholz in ausgedehntem Maße zur Anwendung gekommen.

Ein weiteres musterhaftes Beispiel einer festen Gerüstkonstruktion bietet der Bau des Enz-Viaduktes der Württembergischen Staatseisenbahn, T. XII, F. 5 u. 5<sup>a</sup>.

Die Lehrgerüste waren hier gesprengt, ein Standgerüst war also nicht vorhanden. Sämtliche vier Etagen des Gerüsts sind gleich hoch, rund 8 m, die lichte Weite der Felder in der Ansicht beträgt rund 6 m. Die Unterstützung der Rahmen auf die Ständer geschieht durch Sprengwerksstreben mit zwischenliegendem Spannriegel. Statt Querschwellen liegen doppelte Zangen, welche die Ständer umfassen und auf welche die Rahmen sich aufkämmeren. Die Horizontalverstrebung ist in jeder Etage mit Überschlagung eines Feldes durch Andreaskreuze direkt unter den Rahmen angebracht. Die Streben der Andreaskreuze setzen sich auf die Zangen. Die Basis des Gerüsts ist durch Anbringung langer Streben (F. 5) vergrößert und daher die Stabilität des Gerüsts gegen Hochwasser und Eisgang verstärkt.

Das Gerüst des Chaumont-Viaduktes (T. XIV, F. 9) zeichnet sich ebenfalls durch große Einfachheit der Konstruktion aus.

Auf T. XIII, F. 4, 5, 6, 7 u. 8 sind noch einige zweckmäßig und leicht konstruierte Gerüste von in neuerer Zeit (1875/77) zur Ausführung gekommenen Brückenbauten verzeichnet, nämlich in F. 5, 7 u. 8 Gerüste der Linien Kaiserslautern-Kirchheimbolanden und Germersheim-Bruchsal der Pfälzischen Ludwigsbahn, in F. 6 das Gerüst des Haldenbach-Viaduktes bei Endersbach auf der Linie der Württembergischen Staatseisenbahn, in F. 4 das Gerüst eines Viaduktes der Eisenbahn von Zabern nach Wasselheim in Elsaß-Lothringen.

Das Gerüst der Eisenbahnbrücke über die Werra bei Münden (T. XII, F. 4, 4<sup>a</sup>) bildet wegen der sprengwerksartigen Konstruktion der unteren Etage einen Übergang zu den unter b. näher bezeichneten Anordnungen.

Schließlich mag noch bemerkt werden, daß eine Verbreiterung der Basis des Gerüsts durch Anbringung entsprechender Verstrebungen, um die Stabilität desselben gegen Hochwasser, Eisgang, Seitenschwankungen zu erhöhen, wohl zu empfehlen ist, jedoch soll man in erster Linie dahin trachten, die obere Breite des Gerüsts, durch welche die lichte Weite der Laufkrahne bedingt wird, auf ein Minimum zu beschränken.

Dies wird dadurch erreicht, daß man die äußeren Gerüstwände so nahe als möglich an die Stirnmauer rückt und nur so viel Raum beläßt, um vom Laufkrahne aus vorzunehmende Handhabungen noch bequem ausführen zu können. Abgesehen von der Ersparnis an Holz, erreicht man durch solche Anordnung die größtmögliche Stabilität der oberen Gerüst-Etagen, da die Schwankungen durch den Laufkrahne und die Gefahr des Umkippens durch die verringerte Lichtweite des letzteren ermäßigt werden.

Aus diesem Grunde ist auch der bei dem Sinnthal-Viadukt in Anwendung gebrachten Methode, bei welcher für die Ausführung der Pfeiler Laufkrahne von geringer Weite senkrecht zur Bahnachse und bei Ausführung der Gewölbe und Stirnmauern größere Krahne parallel zur Bahnachse sich bewegen, der Vorzug zu geben vor dem bei festen Gerüsten allgemeiner beliebten Verfahren, bei welchem ein und dieselbe Art von Laufkrahnen für die ganze Dauer des Baues, parallel zur Achse des Bauwerks sich bewegend, beibehalten wird. Letztere Anordnung läßt eine Verringerung der Gerüstbreite der oberen Etagen nicht mehr zu.

Die Gerüstkonstruktionen unter b. unterscheiden sich nicht wesentlich von den eben vorgeführten. T. XII zeigt als Beispiele in F. 3, 3<sup>a</sup> das Gerüst der Fulda-Brücke bei Kragenhof, wo für die freitragende Konstruktion ein Gitterträger und in F. 2, 2<sup>a</sup> das Gerüst des Zschopauthal-Viaduktes, wo für denselben Zweck ein Sprengwerk gewählt worden ist. Die Aufstellung der Gerüste konnte bei beiden letztgenannten Brücken natürlich nicht eher erfolgen, bis die Pfeiler zur Höhe der Sprengwerke bzw. Gitterträger gediehen waren. Es wurden deshalb zur Aufmauerung der Pfeiler bis in jene Höhe provisorische Gerüste erbaut, welche außerdem noch zum Richten der Hauptgerüste in Benutzung gezogen wurden.

Die Anwendung von Sprengwerken anstatt der Gitterträger ist in der Regel vorzuziehen, da letztere, abgesehen von der schwierigeren Herstellung, einen großen Kostenaufwand beanspruchen. Auch lassen sich die Hölzer der Sprengwerke beim Abbruch ungleich besser verwerten. Es muß allerdings dafür Sorge getragen werden, daß der Fuß der Sprengwerke, wenn eine alleinige Unterstützung auf den bereits soweit fertiggestellten Pfeilern nicht für zulässig erachtet werden kann, auf einem eingerammten Pfahlunterbau gegen Eisgang und Hochwasser genügend gesichert wird, was z. B. durch Anbringung von Eisbrechern vor der gefährdeten Stelle, durch Abstiefung der Pfähle gegen die Pfeiler, durch Verkleidung derselben mit Bohlen und im äußersten Falle durch Verfüllung des hohlen Raumes zwischen den Bohlen und den Pfeilern erreicht werden kann.

**§ 9. Feste Gerüste mit beweglichen Transportbahnen.** Diese Konstruktionen bilden den Übergang zu den fliegenden Gerüsten und sind ersichtlich aus dem Bestreben hervorgegangen, die Holzfülle der eigentlichen festen Gerüste mit mehreren unbeweglichen Transportbahnen zu vermindern. Sie erscheinen am Platze für die Ausführung hoher Bauten mittlerer Größe, welche wegen der geringeren Abmessungen der Bausteine eine leichtere Anordnung des festen Teiles der Gerüste noch zulassen.

1. Bei niedrigen Bauten (Flußbrücken) wird eine Hebung von Transportbahnen nur dann zweckmäßig erscheinen, wenn die Kosten der Hebung durch die Minderkosten und die Vorteile, welche dabei durch Einstellung einfacher, leicht zu handhabender Hebevorrichtungen entstehen, mindestens ausgeglichen werden.

Ein Beispiel bietet das Gerüst vom Bau der Mosel-Brücke bei Pfalzel in der Moselbahn, s. T. XIII, F. 9.

Da der Schifffahrtsverkehr der Mosel an der Baustelle auf der linken Flussseite liegt und demnach auf dieser Seite bequeme Vorrichtungen zur ungestörten Entladung der vielfach auf dem Wasserwege anlangenden Materialien nicht geschaffen werden konnten, das rechtsseitige Ufer aber wegen seiner günstigen Höhenlage und ebener Gestaltung sowohl die Zufuhr zu Wasser als auch zu Lande ohne Schwierigkeiten gestattete, so wurden sämtliche Lagerplätze auf der rechten Flussseite eingerichtet.

Das Heranschaffen der Materialien von den Lagerplätzen geschah anfangs auf einer leichten, auf eingerammten eisernen Pfählen ruhenden Transportbrücke, später wurde ein Versetzgerüst aufgestellt, welches gleichzeitig zum Transport der Materialien diente. Dasselbe bestand aus zwei Paar Howe'schen Trägern, von denen je ein Paar zu beiden Seiten der Brücke auf einzelnen längeren Pfählen der Fangdämme ruhte, und auf der oberen Gurtung das Laufkrahngleis, auf der unteren Gurtung das Transportgleis trug. Die einzelnen Träger hatten eine Länge von 52 m und reichten somit über zwei Brückenöffnungen hinweg. Sie wurden auf dem Lande fertig montiert und über die Auflager geschoben.

Im ersten Baujahre hatte das Gerüst vom rechten Ufer bis zum Pfeiler III eine solche Höhenlage, daß die untere Fahrbahn über dem höchsten Sommerwasserstande und im Niveau der an dem Lagerplatz vorbei führenden Straße sich befand. Vor Beginn des Winters wurde dies Gerüst demontiert und im nächsten Frühjahr in einer um 6 m größeren Höhe wieder aufgestellt. Da keine Baukrahne beschafft, sondern die für den Betrieb bestimmten schweren Krahne benutzt werden sollten, so mußten die einzelnen Teile und Verbindungen eine besondere Stärke und Steifigkeit erhalten.

2. Bei Herstellung von hohen Bauwerken (Viadukten) lassen sich die Gerüste in der Regel dadurch noch mehr vereinfachen, daß man die Gerüstbreite auf ein Minimum einschränkt, indem man die Transportbahn nicht zur Seite des Bauwerks, sondern in die Achse desselben legt und nur jeden Pfeiler mit einem rahmenartigen Gerüste umgibt.

In Bezug auf den Materialtransport, soweit derselbe auf dem eigentlichen Gerüste selbst oder mittels desselben bewerkstelligt wird, kann man dabei zwei Fälle unterscheiden:

a. Der Materialtransport geschieht auf hochliegender, horizontaler Bahn. — Alsdann verbindet eine horizontale, zwischen den Pfeilern unterstützte Transportbahn sämtliche Pfeilergerüste und legt sich mittels einer geneigten Ebene an den Hang des Widerlagers, um von dort aus die Materialien aufzunehmen. Über jedem Pfeiler und oberhalb der Transportbahn befindet sich ein Laufkrahne, von welchem aus die Materialien an jeden beliebigen Arbeitspunkt der Pfeiler gebracht werden können. Transportbahn und Laufkrahne werden mit dem Fortschreiten der Arbeiten gleichzeitig entsprechend gehoben, was gewöhnlich in Arbeitspausen, besonders am Sonntage, geschieht um die Hauptarbeiten nicht zu unterbrechen. Die Dienstbrücke erhält entweder nur ein Gleis mit entsprechenden Weichen oder zweckmäßiger gleich zwei Gleise, um jeden unnützen Aufenthalt beim Materialtransport zu vermeiden.

b. Der Materialtransport geschieht auf tiefliegender Bahn und dann durch senkrechte Hebung. — Hier beschränkt sich die ganze Konstruktion auf einzelne, rahmenartig sich um jeden Pfeiler legende Gerüste, zwischen deren Ständern sich über jedem Pfeiler ein Laufkrahne bewegt, welcher sämtliche Materialien vom Erdboden emporhebt. Der Laufkrahne wird mit dem Fortschritt der Arbeiten gehoben.

Zur Herstellung der Gewölbe dient in beiden Fällen eine horizontale Transportbahn, welche auf dem Lehrgerüste und den fertiggestellten Pfeilern unterstützt, entweder gleich hoch genug angelegt wird, um das Gewölbe darüber schliessen zu können, oder aber auch niedriger, um sie später noch einmal zu heben. Wenn die Transportbahn in der Achse des Bauwerks liegt, können die Laufkrahne weniger Ausladung oder Lichtweite erhalten, haben daher weniger Bestreben zu kippen und können einfacher und leichter konstruiert werden. Im Falle a. empfangen die Laufkrahne die Materialien auf horizontaler Bahn von den Widerlagern her, in welchem Falle die Transportbahn bis dahin verlängert werden muß, im Falle b. heben sie solche vom Erdboden empor.

Bei Viadukten von sehr großer Länge, oder wo die Widerlager nicht gegen einen Hang sich lehnen, wird eine Weiterführung der Transportbahn nicht ausführbar sein, indessen kann man an geeigneten Punkten Vorrichtungen zum Aufbringen oder Aufziehen der Materialien einrichten, und hier Materialendepots anlegen, von denen aus die Pfeiler versorgt werden können.

3. Zweckmäßige Beispiele für die Ausführung der Pfeiler bieten in T. XIV, F. 4, 5, 6 die Viadukte des Bèbre-Thals, des Feige-Thals und von Montciant auf der Eisenbahn Saint-Germain-des-Fossées-Roanne und für Ausführung der Gewölbe in T. XIV, F. 1 der Viadukt von Solémy. Bei den ersten beiden Viadukten geschah der Materialtransport auf horizontaler Bahn, beim Viadukt von Montciant durch vertikale Hebung. Die Gerüste des Viadukts des Feige-Thals konnten wegen der geringen Abmessungen der verwendeten Steine bedeutend vereinfacht werden. Die Transportbahn bestand aus einem einfachen Steg und die Gerüste brauchten nicht mehr die Pfeiler zu umschließen, da es nicht nötig war, die Bruchsteine mittels des Wolfes zu versetzen. Letztere, auch die Verblendsteine konnten aus der Hand versetzt werden.

4. Eine Vergleichung der Methoden unter a. und b. liefert nach den beim Bau der genannten Eisenbahn nach Roanne gewonnenen Erfahrungen folgendes Ergebnis:

Beide Systeme lassen, wenn die Materialien erst einmal oben sind, ein gleich gutes Versetzen zu, aber in betreff der Art dieselben in die Höhe zu bringen muß entschieden dem horizontalen Transport gegenüber der vertikalen Hebung der Vorzug gegeben werden. Das erste System mit der hochliegenden Transportbahn kostet in der Anlage mehr als das zweite, jedoch werden diese Mehrkosten durch die Minderkosten des Heranschaffens auf der schiefen Ebene (vergl. § 34) und überhaupt durch die große Leichtigkeit, mit welcher der Weitertransport und der ganze Betrieb vor sich geht, reichlich ausgeglichen. Da beim zweiten System das vertikale Heben länger dauert als der horizontale Transport, so müssen die Maurer sich mit Material, welches sich auf den Pfeilern anhäuft und im Wege liegt, versorgen und trotzdem feiern sie oft, weil die ankommenden Materialien nicht die sind, welche sie gerade gebrauchen können. Beim ersten System dagegen stehen die beladenen Wagen im voraus an den Enden der horizontalen Transportbahn oder in den Weichen und werden erst dann, wenn man sie nötig hat, nach dem Pfeiler befördert, sodafs die Pfeiler mit überflüssigem Material nie belastet werden und die Maurer bequemer arbeiten können und nicht zu feiern brauchen. Diese Vorteile wurden von den Unternehmern der genannten Eisenbahnlinie richtig gewürdigt und bei drei später angefangenen Viadukten wurden deshalb die Gerüste nach dem System des Bèbre-Viaduktes hergestellt. Nach diesem System ist auch der Viadukt von Chastellux (T. XIV, F. 8) erbaut, dessen Gerüst sich durch außerordentliche Einfachheit und Leichtigkeit auszeichnet.

**§ 10. Fliegende Gerüste.** Die Einteilung geschieht am besten mit Rücksicht auf die Art und Weise, wie der Materialtransport zur Verwendungsstelle bewerkstelligt wird. Außerdem wird noch der Pfeilerbau vom Gewölbebau zu trennen sein. Danach unterscheidet man, wenn man nur den Materialtransport, der auf dem eigentlichen Gerüst oder durch dasselbe bewirkt wird, in Betracht zieht, folgende Methoden:

- a. der Materialtransport erfolgt beim Pfeiler- und Gewölbebau auf hochliegenden, horizontaler Bahn;
- b. der Materialtransport erfolgt beim Pfeiler- und Gewölbebau durch vertikale Hebung;

c. der Materialientransport wird beim Pfeilerbau durch vertikale Hebung und beim Gewölbebau auf horizontaler Bahn bewirkt.

Die beiden ersten Methoden bringen das Prinzip der fliegenden Gerüste, alle Gerüstteile auf fertiggestellte Bauwerksteile zu stützen und allmählich mit dem Fortschritte des Baues zu heben, in vollkommenster Weise zur Anschauung.

Bei der ersten Methode bedient man sich einer horizontalen Dienstbrücke, welche die Transportbahn in sich trägt, auf den fertiggestellten Pfeilern ruht und allmählich gehoben wird. Der Transport der Materialien nach der Dienstbrücke geschieht entweder durch geneigte Ebenen oder dieselben werden an einem Ende oder an mehreren Zwischenpunkten durch Aufzüge hinaufgeschafft. Die Dienstbrücke dient sowohl für die Ausführung der Pfeiler als auch der Gewölbe.

Bei der zweiten Methode besteht das ganze fliegende Gerüst eigentlich nur aus einem auf jedem Pfeiler befindlichen Krahn, welcher sich mit dem Fortgange der Pfeilerbauten hebt und schliesslich, auf die Lehrgerüste gestellt, auch für die Herstellung der Gewölbe benutzt wird. — Große Nachteile dieser Methode erwachsen aus der schon im § 9 unter 2 b. besprochenen, ausschliesslich vertikalen Hebung sämtlicher Materialien.

Diese Nachteile werden bei der dritten Methode mehr vermieden, weil bei derselben nach Fertigstellung der Pfeiler für die Ausführung der Gewölbe die Materialien auf einer horizontalen Transportbahn bzw. Arbeitsbrücke befördert werden.

a. Materialientransport für Pfeiler- und Gewölbebau auf horizontaler Bahn. — Das Gerüst des auf der Bahn von Rennes nach Brest von den Ingenieuren Planchat und Fenoux erbauten Morlaix-Viaduktes bietet ein lehrreiches Beispiel für obiges System.

Das Versetzgerüst (T. XV, F. 3) bestand aus einer Verbindung mehrerer hölzernen, von Pfeiler zu Pfeiler sich freitragenden Dienstbrücken, welche allmählich, mit dem Fortschritte der Pfeilerbauten gleichen Schritt haltend, gehoben wurden. Die Dienstbrücke hatte 16 Einzelöffnungen, welche an den Stößen auf den Pfeilern solide miteinander verbunden waren, und ahmte im wesentlichen Howe's System nach. Zwei Gitterträger, 3 m von einander entfernt, und jeder 2,55 m hoch trugen zwei 0,08 m starke Bohlenbahnen, eine obere für die Transportgleise und eine untere für den Verkehr der Arbeiter, für den Wassertransport, die Mörtelbeschaffung und die Überwachung. Jeder dieser Träger (F. 3<sup>b</sup>, 3<sup>c</sup>) wurde aus zwei  $\frac{0,20}{0,25}$  m starken Gurten gebildet, die auf Entfernungen von je 1,80 m durch eiserne Zugstangen von 2,7 m Länge und 0,03 m Stärke miteinander verbunden waren. In den auf solche Weise durch die Zugstangen gebildeten Feldern befanden sich die Streben, die Hauptstreben doppelt, die Gegenstreben einfach,  $\frac{0,12}{0,10}$  stark, an der Kreuzungsstelle durch einen 0,02 m starken Bolzen verbunden. An jedem Knotenpunkte des Gitterträgers war eine Querverbindung hergestellt, welche aus folgenden Teilen bestand:

1. aus zwei horizontalen Querhölzern,  $\frac{0,20}{0,20}$  m stark, das untere auf dem unteren Gurt befestigt 4,2 m lang, das obere unter dem oberen Gurt befestigt 4,8 m lang und beide durch die Zugstangen mit den Gurten verbunden;
2. aus zwei Paaren Doppelzangen  $\frac{0,09}{0,09}$  m stark, welche auf jeder Seite der Zugstangen mit den Querhölzern verbolzt waren. Das eine Paar neigt sich nach aussen und trägt das Schutzgeländer der Dienstbrücke, das andere neigt sich nach innen und dient zur Absteifung der oberen Bohlenbahn und der Trägerkonstruktion.

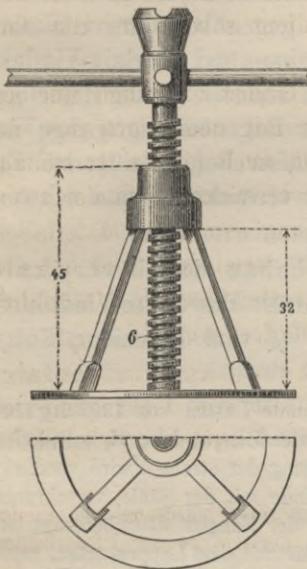
Die obere Bohlenbahn trägt aufser den zwei Transportgleisen auf besonderen, ausserhalb der Gitterträger liegenden  $\frac{0,20}{0,20}$  m starken Langschwelen noch zwei Schienenstränge für die Bewegung der Laufkrahne.

Die Verbindung der Dienstbrücke einer Öffnung mit der anderen geschah auf den Pfeilern und zwar durch 6 m lange und  $\frac{0,20}{0,20}$  m starke Zangen, welche die Gurtungen der Gitterträger miteinander verbanden. Weil über dieser Verbindungsstelle der gewöhnliche Stand der Laufkrahne war und weil dieselbe ausserdem beim Heben der Dienstbrücke noch besonders in Anspruch genommen wurde, so verstärkte man dieselbe durch Einbringung zweier vertikalen Pfosten zwischen den Gurten und durch Vergrößerung der Abmessungen der Streben. — Während der Ausführung ruhte die Dienstbrücke mittels

eines hölzernen Unterbaues auf den Pfeilern. Die Höhe desselben überschritt das Maß von 1,5 m nie, da die Hebung der Dienstbrücke jedesmal nur um 1,0 bis 1,5 m erfolgte.

Für letztere Operation brachte man auf jedem Pfeiler und unter die vier Endpunkte der Gitterträger Gerüstschauben an (Fig. 4), welche eine jedesmalige Hebung von ca. 0,5 m gestatteten. Während die Schrauben, um eine neue Hebung auszuführen, gelöst wurden, unterstützte man die Träger durch Holzschwellen. Die Hebung wurde an Sonntagen vorgenommen und dauerte zur Zeit, als die Dienstbrücke ihre volle Längenausdehnung erreicht hatte, etwa 6 Stunden. An jede Schraube wurden vier Mann gestellt und ein Zimmermann befehligte und beaufsichtigte das Ganze.

Fig. 4.



Was die Verteilung der Materialien während der Ausführung anbelangt, so geschah dieselbe für Bausteine mittels der oberen Transportbahn. Die Winden des Laufkrahnes faßten die Quader oder die Bruchsteinkasten und ließen dieselben auf die Pfeiler nieder. Der Mörtel wurde jedoch in Büten von Kindern auf der unteren Transportbahn nach den über jedem Pfeiler befindlichen Ausgußkästen getragen. Da die Laufkrahne über den Pfeilern ihre Stellung bis zum Zeitpunkte des Wölbens nicht zu verändern brauchten, so wurden dieselben an einzelnen Stellen der Dienstbrücke durch eiserne Haken befestigt, die in entsprechende an den Gurten der Hauptträger angebrachte Ringe eingriffen. Die Beförderung der Materialien auf die Dienstbrücke geschah von der tiefsten Stelle der Thalsohle aus mittels zweier durch je eine 5pferdige Lokomobile getriebenen Aufzüge, die aus je einem Vorgelege, einer Kette ohne Ende und dem Empfangsapparat auf der Dienstbrücke bestanden, vergl. § 34. Behufs Aufnahme dieses Apparates waren die Gitterträger der Dienstbrücke entsprechend verstärkt. Das Herausheben des Mörtels und des Wassers geschah mittels eines besonderen, von einer zweipferdigen Lokomobile getriebenen Aufzuges. Die Benutzung der Dampfaufzüge dauerte übrigens bloß bis zu dem Zeitpunkte, wo das Mauerwerk eine Höhe von 40 m über der Thalsohle erreicht hatte, weil von da ab die Transportbahnen der Dienstbrücke mittels Rampen direkt mit den Lagerplätzen auf den Thalhängen in Verbindung gesetzt werden konnten, durch welche Anordnung der Betrieb wesentlich erleichtert wurde.

Ein weiteres musterhaftes Beispiel der vorliegenden Methode bietet das Gerüst des Aulne-Viaduktes auf der Eisenbahnlinie von Châteaulin nach Landerneau (T. XV, F. 1).

Allerdings kam hier die Dienstbrücke erst bei einer Höhe der Pfeiler von 10 m und bei zwei Pfeilern, in deren Öffnung die Schifffahrt nicht unterbrochen werden durfte, sogar erst in einer Höhe von 30 m in Anwendung und es wurde bis zu dieser Höhe mit festen Gerüsten gemauert, jedoch ist dieser Umstand unwesentlich, da bei der bedeutenden Höhe der Pfeiler (ca. 40 m) die Hauptarbeit mit Anwendung der fliegenden Gerüste ausgeführt wurde.

Die Dienstbrücke (F. 1<sup>b</sup> u. 1<sup>c</sup>) war als Gitterträger konstruiert, die Hauptträger waren 3,95 m von Mitte zu Mitte von einander entfernt und 1,47 m hoch. Die Transportbahn, durch Querbalken, welche durch Kreuzstreben verstärkt waren, getragen, lag 0,73 bzw. 0,57 m unter dem höchsten Punkte der Gitterträger, sodafs die letzteren gleichzeitig als Schutzgeländer dienten. Die Höhe des so gebildeten Schutzgeländers war ausreichend und zugleich bequem, da die Plattform der Transportwagen um 0,13 m höher stand und somit das Herunterlassen der Materialien, welches für die Pfeiler ausschließlich durch Rutschen oder Trichter geschah, wesentlich erleichterte.

Die Hebung der Dienstbrücke erfolgte stets um ca. 1,5 m, sobald das Mauerwerk bis auf 0,6 m bis zur Unterkante der Träger gediehen war. Nach Aufstellung der Lehrgerüste jedoch, welche mit Hilfe der Dienstbrücke geschah, wurde die letztere, um die Ausführung der Gewölbe zu ermöglichen, über das Lehrgerüst gehoben, vergl. § 22. Bei Ausführung der Gewölbe lagen zwei Gleise auf der Dienstbrücke, außerdem waren auch Laufkrahne in Thätigkeit, welche sich auf den Gitterträgern bewegten. Im Anfange dieser Arbeitsperiode wurden die Materialien von den Lagerplätzen auf den Hängen durch Pferde auf geneigten Ebenen herangebracht, später jedoch ist man dazu übergegangen, die Materialien durch einen Aufzug, welcher in § 12 beschrieben wird, vertikal zu heben.

Beim Bau des Franzthal-Viadukts auf der k. k. österr. südl. Staatseisenbahn kam ein ähnliches Gerüst zur Anwendung. Der Verkehr zwischen je zwei Pfeilern wurde durch eine (nur für eine Last von höchstens 250 bis 300 kg berechnete) Laufbrücke bewirkt, die mit Leichtigkeit seitlich verrückt, gehoben und verschoben werden konnte, aber nur für den Arbeiterverkehr und zum Transport von Geräten und Mörtel diente. Die Hebung der Steine geschah mittels einer zwischen je zwei Pfeilern auf einem starken Balkengerüst angebrachten, auf Schienen transportablen Winde.<sup>13)</sup>

Die Vorteile der vorliegenden Methode mit Anwendung einer Dienstbrücke und vorzugsweise horizontaler Förderung der Materialien sind unverkennbar. Abgesehen von dem bereits erwähnten Nutzen des horizontalen Transportes gegenüber der vertikalen Hebung, welche von allen fliegenden Gerüsten das beim Aulne- und Morlaix-Viadukt benutzte System als das vorteilhafteste auszeichnet, beruht ein anderer Vorzug desselben in der Freiheit, welche es dem Konstrukteur in der Wahl der Bogenöffnungen des Viaduktes gestattet. Ein Haupthindernis gegen die Zulassung großer Bogenweiten bei Erbauung von Viadukten bildet ja bekanntlich die Anwendung verwickelter und schwerfälliger Gerüste.

b. Materialientransport für Pfeiler- und Gewölbebau durch vertikale Hebung. — Das älteste bemerkenswerte Beispiel ist das Gerüst des Indre-Viaduktes, auf der Eisenbahn von Tours nach Bordeaux im Jahre 1847/48 vom Ingenieur Tony Fontenay erbaut, s. T. XVII, F. 12 und T. XV, F. 5.

Der dort zur Anwendung gekommene Krahn (F. 12, T. XVII) konnte Lasten von 1200 kg bewältigen. Die vertikale Hauptsäule desselben, deren Fuß sich zwischen vier Zangen *b*, *c*, *d*, *e* befindet, wird durch drei Streben *f*, *g*, *h* in vertikaler Stellung erhalten. Die Wirkung der Strebe *h* wird verstärkt durch eine über derselben liegende eiserne Zugstange *i*, deren oberes Ende mit der Säule verschraubt und deren unteres Ende mittels einer eisernen Platte an der Unterfläche der Zangen *d*, *e* befestigt ist. Außerdem wird die Standfestigkeit der Säule, deren Kopf eine eiserne Platte mit drei Lappen trägt, noch erhöht durch drei eiserne Anker, welche, mit den Lappen der Kopfplatte verschraubt, an der Säule herunterführen und unterhalb der Zangen *b*, *c* nochmals befestigt sind. Der Kopf der Säule hat die Form eines abgestumpften Kegels und trägt am unteren Ende einen schmiedeisernen Ring *k*, in welchem der Krahnarm sich dreht und eine gußeiserne Platte *l*, auf welche derselbe sich stützt.

Der Krahnarm ist aus zwei durch Schrauben verbundenen Teilen gebildet, die an dem der Säule zugekehrten Ende durch ein auch für die Drehung entsprechend geformtes Gufsstück, welches außerdem eine gußeiserne Seilrolle trägt, auseinander gespreizt werden. Das von der Säule abgekehrte Ende des Krahnarms trägt ebenfalls eine Seilrolle und wird durch eine Kette *m* mittels eines Hakens vom Kopfe der Säule aus gehalten, sodaß der Krahnarm sich leicht um den eingefetteten Säulenring drehen kann. Die Achsenlager der 30 cm im Durchmesser haltenden Rollen *o* und *p* sind durch je zwei Schraubbolzen an den Krahnarm befestigt. Die ganze Krahnkonstruktion wird auf dem Mauerwerk nur mittels der Zangen *d* und *e* und der kleinen Querhölzer *q* und *r* (F. 12<sup>b</sup>) gehalten. Das Kippen wird durch eine Kette *s* (F. 12<sup>a</sup>) verhütet, welche zwischen den Zangen *d* und *e* und an einem eisernen, ungefähr 2 m unterhalb der oberen Mauerkante ins Pfeilermauerwerk eingelassenen Dorn aufgehängt ist. In dieser Stellung des Kranes kann die ganze Oberfläche des Pfeilers, mit Ausnahme des schmalen Streifens, den die Zangen *d* und *e* besetzt haben, aufgemauert werden. Ist der Pfeiler ein paar Schichten höher geführt, so hebt man den Krahn durch Nachlassen der Kette *s* auf die neue Pfeileroberfläche und mauert das Ausgesparte nach. Reicht die Länge der Kette nicht mehr aus, so braucht man nur den in die Mauer eingesteckten Dorn etwas höher zu versetzen.

Das Aufziehen der Materialien durch Pferdekraft zeigt F. 12 (vergl. auch § 34). Sind die Steine in erforderlicher Höhe angelangt, so dreht ein Arbeiter mittels des Taues *n* den Krahnarm dem Pfeiler zu und nimmt die Ladung dort in Empfang. Um ein Niedersinken der gehobenen Last in unerwarteten Fällen (Ausrutschen der Pferde u. s. w.) zu verhindern, genügt es ein kurzes Holzstäbchen hinter die Führungsrolle *v* des Seiles zu stecken. Die dadurch erzeugte Reibung ist groß genug, um die schwersten

<sup>13)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1853, S. 555.

Quader beliebig lange in der Luft schwebend zu erhalten. Versuche, statt der in nicht unbeträchtlicher Menge zum Verbrauch kommenden Aufzugsseile Ketten anzuwenden, sind schon beim Bau des Viaduktes von St. Germain angestellt worden, haben aber wegen der geringen Elasticität der letzteren mehrmals einen Bruch des Krahnarmes oder sonstiger Krahntheile zur Folge gehabt.

Auch für das Wölben wurde beim Indre-Viadukt derselbe Krahn benutzt, indem man ihn auf die durch entsprechende Futterstücke horizontal abgeglichenen Scheitel der Lehrgerüste setzte und jedesmal auf dem zweiten Binder, von aussen gerechnet, befestigte, s. T. XV, F. 5. Beim Schliessen des Gewölbes stellte man den Krahn auf die schon versetzten Wölbschichten.

Ogleich das beschriebene System in den Anlagekosten als das billigste alle anderen überflügelt (vergl. Tabelle I. in § 11), so heben doch die schon erwähnten, mit der ausschließlichen vertikalen Hebung verbundenen grossen Nachteile und Kosten jenen Vorteil wieder auf.

c. Materialientransport durch vertikale Hebung für den Pfeilerbau und auf horizontaler Bahn für den Gewölbebau. — Bei den Gerüsten für den Pfeilerbau wendet man ausschliesslich die vertikale Hebung an, während bei Ausführung der Gewölbe vorzugsweise der horizontale Transport zur Geltung kommt, selbstverständlich, je nach den örtlichen Verhältnissen, unter Beibehaltung mehr oder minder ausgehnter Aufzugsvorrichtungen.

Da die Art und Weise der Gewölbeausführung von der in § 9 bei den festen Gerüsten mit beweglichen Transportbahnen beschriebenen Methode wesentlich nicht verschieden ist, sondern bei einzelnen Bauwerken nur dadurch eigentümlich wird, dass gewisse für den Aufbau der Pfeiler in Benutzung gezogene Gerüstteile (wie beim Indre-Viadukt) zur Unterstützung der Gerüste beim Gewölbebau zweckmässig wieder herangezogen werden, so können sich die folgenden Beispiele hauptsächlich auf die verschiedenartigen Systeme für den Pfeilerbau beschränken.

### 1. Viadukt über das Thal bei Rümelingen in der Schweiz (T. XV, F. 7).

Zwei 4 m lange Schwellen *a a* (F. 7<sup>b</sup>) lagern, sich dicht an die schmalen Seiten des Pfeilers lehnd, auf eigens zu diesem Zwecke angeordneten Quaderauskragungen und eine ebenso lange dritte Schwelle *b* ist durch den Pfeiler selbst gesteckt. Jede dieser drei Schwellen wird mittels zweier Streben gegen aus dem Pfeiler vorgekragte Quader abgestützt und trägt schwache Längsbalken, auf denen ein Bohlenbelag für Herstellung des Arbeitsbodens befestigt ist. Ferner tragen die drei festunterstützten Schwellen *a, a, b* mit Hilfe einer Zwischenkonstruktion den für die Ausführung des Pfeilers benutzten Laufkrahnen. Die Zwischenkonstruktion besteht aus vier Streben *d*, welche sich direkt auf die Schwellen *a* setzen und aus vier vertikalen, säulenartigen, 7,5 m langen Doppelzangen *e*, welche die Streben *d* und die 13,5 m langen Träger der Laufkrahnen-Konstruktion umfassen. Ausserdem dienen zur Verstärkung der Konstruktion noch die vier Hilfsstreben *e e*, welche in der Ebene der Hauptstreben *d d* liegen und zwei Ständer *h* mit je zwei Kopfbändern.

Die Gesamtkonstruktion mit der auf dem Laufkrahnen beweglichen Winde wird allmählich mit Fortschritt des Pfeilerbaues gehoben, und damit die Hebung nicht zu oft zu geschehen braucht, kann man, wie F. 7<sup>b</sup> andeutet, den Arbeitsboden auch an eine höhere Stelle bei *k* versetzen. Das beschriebene Gerüst diente nun in seiner höchsten Stellung nach Vollendung der Pfeiler auch zur Unterstützung der in Form verzahnter Träger konstruiereten, horizontalen Dienstbrücke, auf welcher, entgegengesetzt der früher beim Pfeilerbau innegehabten Richtung, jetzt die Laufkrahne sich parallel zur Bahnachse bewegten.

Die Materialien für die Pfeiler wurden beim Rümelingen-Viadukt durch die Winden von der Thalsole gehoben, für die Gewölbe konnte die Förderung in Verbindung mit einer geneigten Ebene von den Thalhängen aus über die horizontale Dienstbrücke erfolgen.

### 2. Viadukt von Daoulas auf der Linie von Châteaulin nach Landerneau (T. XV, F. 2).

In Höhen von 6,5 zu 6,5 m wurden hier durch jeden Pfeiler vier Eisenbahnschienen gesteckt, welche für die Unterstützung des darüber erbauten Gerüstes dienen. Die Konstruktion desselben ist einfach und besteht im wesentlichen aus vier ca. 10 m hohen, 4,85 m von einander entfernt stehenden, vertikalen Ständern, welche am Fussende von doppelten horizontalen Schwellen gefasst, mittels der letz-

teren auf den vier Schienen ruhen. Die vertikalen Säulen sind bis zur Höhe von ca. 7 m durch doppelte, horizontal nicht durchgehende Zangenenden ( $\frac{20}{20}$  cm) und von letzteren eingeschlossene Streben ( $\frac{19}{20}$  cm), außerdem noch durch zwei Paar Andreaskreuze versteift. In 7 m Höhe befinden sich durchgehende Doppelzangen, sodafs bei jeder Stellung des Gerüsts eine Pfeilerhöhe von 6,5 m ausgeführt werden kann. Die letzten liegenden obersten Zangen in 10 m Höhe sind auf einem Ende soweit über die Ständer hinaus verlängert und so verstrebt, dafs die Anbringung einer Welle ermöglicht werden konnte, von welcher aus ein Seilende nach einer untenstehenden, von einer 3 bis 4pferdigen Dampfmaschine betriebenen Winde führt. Das andere Seilende trägt den Materialkasten, dessen Inhalt auf eine bewegliche Rutsche und von dort aus auf den Pfeiler gelangt. Die Winde in Verbindung mit der treibenden Maschine bewegt sich auf zwei Gleisen, sodafs der Apparat gleichzeitig zwei oder mehrere Pfeiler mit Material versorgen kann. Die Schienen blieben nach jedesmaliger Hebung des Gerüsts vorläufig stecken und dienten der Leiter für die Arbeiter zur Stütze. Bei Hebung des Gerüsts mittels zweier einfachen Hebeböcke wurde dasselbe in einzelne Teile zerlegt und später wieder verbunden (vergl. auch § 34).

3. Strafsenbrücke über den Douro bei Regoa in Portugal<sup>14)</sup> (T. XIV, F. 3). Obgleich diese Brücke keine gewölbte ist, sondern eisernen Überbau trägt, so ist doch die hier in Anwendung gekommene Methode für die Aufmauerung der hohen Pfeiler ohne weiteres auch für gewölbte Viadukte anwendbar.

Nachdem die Pfeiler bis zu einer Höhe von 10 bis 11 m mittels hölzerner Böcke aufgemauert waren, wurde die F. 3 bis 3<sup>e</sup> dargestellte Rüstung zur Hilfe genommen. Dieselbe unterscheidet sich von den bisher behandelten Anordnungen dadurch, dafs sie nicht wie jene, bei jeder Versetzung auseinander genommen und wieder aufgestellt oder durch besondere Hebezeuge gehoben zu werden braucht, sondern dafs sie sich allmählich, so zu sagen selbstthätig und zusammenhängend hebt.

Den Hauptbestandteil der auf der Pfeilermitte stehenden Rüstung bilden zwei nach entgegengesetzten Seiten gerichtete feste Ausleger. Dieselben, aus zwei gegeneinander geneigt stehenden und 1,70 m nach jeder Seite hin über die Pfeiler ausladenden Streben *b* bestehend, sind am Kopfe durch einen Holm miteinander verbunden, an ihren beiden Fußenden mit zwei horizontalen nach beiden Seiten über die Pfeiler hinausragenden Schwellen *c* verbolzt und finden nebst letzteren mittels vier kleiner, in der Nähe der Pfeilerkanten liegenden Stützen aus hartem Holze auf dem Mauerwerk ihr Auflager. Die ganze Rüstung ist, wie aus F. 3<sup>b</sup> ersichtlich, durch Längs- und Querverband ausreichend versteift. An den Kopfen der Ausleger sind Kettenrollen befestigt, an welchen mittels zweier am Fuße des Pfeilers aufgestellten, fest verankerten Winden das Material aufgewunden wird, auf der einen Seite die Werksteine, auf der andern Bruchsteine und Mörtel. Das aufgewundene Material wird von einem kleinen Transportwagen, der auf den beiden schon erwähnten, mit einem Gleise versehenen Horizontalschwellen *c* fährt, aufgenommen und auf den Pfeilern weiter transportiert. Bei einseitiger Belastung wird die Rüstung durch zwei fest angezogene Ketten, welche von den Spitzen der Ausleger auslaufen und nach zwei anderen unten aufgestellten Winden führen, im Gleichgewicht gehalten. Diese letztgenannten Ketten dienen zugleich zum Heben des Gerüsts. Ist z. B. eine Mauerschicht bis auf den etwa 2,5 bis 3,0 m breiten Raum, den die Rüstung selbst einnimmt (F. 3<sup>e</sup>), vollendet und das zur Ausfüllung dieses Raumes erforderliche Material auf die Pfeiler geschafft, so zieht man die eine Kette an, während die andere entsprechend nachgelassen wird. Die Rüstung nimmt dann, indem sie sich um die zwei an einer Pfeilerkante liegenden Stützen dreht, die in F. 3<sup>b</sup> angedeutete schräge Stellung an, welche es ermöglicht, auf der andern Seite den früher von dem Gerüst eingenommenen Raum zum Teil auszumauern. Kommt dann das umgekehrte Spiel der Ketten in Ausführung, so stellt sich die Rüstung nach der entgegengesetzten Seite schräg, wobei die jetzt als Unterlage dienenden Stützen auf dem eben vollendeten Mauerwerk, also um eine Pfeilerschicht höher zu liegen kommen. Nachdem nun die noch fehlenden Steine auf der nun zugänglichen Seite versetzt sind, wird das Gerüst wieder in seine horizontale Stellung niedergelassen und der Aufbau der nächsten Schicht in gleicher Weise vorgenommen.

Die ganze Rüstung, deren Bewegung keinen nennenswerten Zeitaufwand erforderte, ist von zwei Zimmerleuten in drei Tagen verzimmert und auf dem Pfeiler aufgestellt worden und es sollen beim Gebrauch derselben trotz des oft auftretenden heftigen Windes und des zuweilen vorkommenden großen Gewichtes der aufzuwindenden Steine keinerlei Unzuträglichkeiten entstanden sein.

<sup>14)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1874, S. 457.

In Fällen, wo der Raum unten am Pfeiler beschränkt ist, kann die Anwendung der zur Bewegung des Gerüstes dienenden Winden dadurch umgangen werden, daß man die Sache umkehrt und die Bewegung von oben vom Pfeiler aus vornimmt. Die festen Punkte für die Ketten müssen dann unten am Pfeiler selbst durch Einmauerung von Ringen oder dergleichen geschaffen werden, während die aus einer Trommel mit Vorgelege bestehende Windvorrichtung auf den äußeren Enden der unteren horizontalen Schwellen *c* der Rüstung angebracht werden kann.

Der Zugang auf die Pfeiler ist durch einen etagenförmigen Aufbau von angelehnten Leitern vermittelt worden, dessen Anordnung aus F. 3<sup>a</sup> ersichtlich ist. Jede Leiter führte an ihrem oberen Ende auf eine Plattform, welche durch zwei schräge, der Leiter gleichzeitig zur Absteifung dienende Streben gegen das Mauerwerk abgestützt und ebenso in horizontaler Richtung verstrebt war. Die Plattform war bis auf die zum Durchsteigen frei bleibende Öffnung mit Bohlenbelag versehen und diente der nächstfolgenden Leiter als Stütze.

4. Viadukt bei Lengfeld über das Friedathal auf der Eisenbahnstrecke Nordhausen-Wetzlar (T. XIV, F. 7).

Die Ausführung des Pfeilermauerwerks erfolgte über Hand. Zum Besteigen der 23,6 m hohen Pfeiler, welche eiserne Überbauten tragen, und zum Hinaufschaffen der Materialien wurden turmartige Gerüste gebaut, welche durch Einbinden einzelner Etagenschwellen und Holme mit dem Mauerwerk in Verbindung gebracht wurden. Das Versetzen der Abdecksteine erfolgte von haubenartigen, auf Konsolen ausgekragten Rüstungen aus. Die Konstruktion der Konsolen gestattete, dieselben nachher leicht wieder zu entfernen. Als bei erreichter größerer Höhe der Pfeiler die Ausführung über Hand gefährlich erschien, wurde ein auf eisernen Stützhaken ruhendes Schutzgeländer um die Pfeiler angeordnet.

**§ 11. Vorteilhafteste Methoden der Einrüstung.** Nachdem in § 7 bis 10 die verschiedenen gebräuchlichen Gerüstsysteme beschrieben und die Vorteile und Nachteile, sowie die Anwendbarkeit derselben in bestimmten Fällen hervorgehoben worden sind, erübrigt noch zu entscheiden, welches der beiden Haupt-Systeme in einem gegebenen Falle das vorteilhafteste sein wird. Um diese Entscheidung richtig treffen zu können, muß man in jedem Falle vorher erwägen, welche der verschiedenen, die Wahl beeinflussenden Rücksichten am meisten Beachtung verdienen.

Die Rücksichten, welche im allgemeinen zu nehmen sein werden, erstrecken sich auf folgende Punkte:

1. Bedeutung, Höhen- und Längenentwicklung des Bauwerks,
2. Kosten,
3. Bauzeit,
4. höchste Wasserstände und Eisgang,
5. Beschaffenheit der Baustelle,
6. Sicherung der Arbeiter.

Die Rücksichten auf die Größe der zur Verwendung gelangenden Bausteine, die Beschaffenheit der zu Gebote stehenden Hölzer, auf die Möglichkeit des Transportes langer Hölzer zur Baustelle und der Wiederverwendung der zu benutzenden Hölzer u. s. w. kommen erst in zweiter Linie und können höchstens die Einzelheiten des einmal gewählten Systems mehr oder minder beeinflussen. Vor allem entscheidet der erste Punkt, die Bedeutung und Größe des zur Ausführung kommenden Bauwerks über das zu wählende Gerüstsystem, weil derselbe im ursächlichen Zusammenhange mit dem Kostenpunkte steht und weil letzterer in den meisten Fällen den Ausschlag geben wird.

Nachstehende Tabelle giebt eine übersichtliche Zusammenstellung der Kosten aller Gerüstsysteme, nachgewiesen in Prozenten der Gesamt-Ausführungskosten an verschiedenen hervorragenden Bauten. Eine derartige Angabe bietet den Vorteil, daß aus dem Ergebnis die dasselbe beeinflussenden veränderlichen Größen der Materialpreise und Arbeitslöhne abgesondert werden.

Tabelle I.

**Kosten fester und fliegender Rüstungen.**

Eingehendere Angaben, auch über Arbeitsleistungen, folgen in § 35. Die Dimensionen u. s. w. der aufgeführten Brücken s. Tabelle IX, § 37.

No.	Name des Bauwerks.	Gesamtkosten der			Kosten pro cbm des Mauerwerks			Kosten in Prozenten der Gesamtkosten		
		Geräte.	Gerüste und Lehrgerüste.	Geräte und Gerüste.	für Geräte.	für Gerüste.	für Geräte und Gerüste.	für Geräte.	für Gerüste.	für Geräte und Gerüste.
	<b>1. Feste Gerüste.</b>	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.
1	Fuldabrücke bei Kragenhof . . . . .	33 549	217 725	251 274	1,1	7,4	8,5	2,7	19,3	22,0
2	Viadukt bei Kummersmühle . . . . .	6 078	38 628	44 706	0,6	3,7	4,3	3,0	18,9	21,9
3	Viadukt bei Saalbach . . . . .	2 808	22 950	25 758	0,5	3,9	4,4	2,1	17,3	19,4
4	Elsterthal-Viadukt . . . . .	114 418	474 684	589 102	1,9	7,9	9,8	3,7	15,1	18,8
5	Sinnthal-Viadukt . . . . .	—	—	92 000	—	—	3,00	—	—	17,2
6	Göltzschthal-Viadukt . . . . .	288 223	767 736	1 055 959	2,1	5,6	7,7	4,4	11,6	16,0
7	Viadukt bei Steina . . . . .	16 131	90 891	107 022	0,6	3,3	3,9	2,2	12,7	14,9
8	Viadukt bei Ottersweiler . . . . .	—	—	61 000	—	—	5,6	—	—	14,9
9	Überbrückung der Zschopau . . . . .	31 770	141 768	173 538	0,9	4,1	5,0	2,5	11,5	14,0
10	Viadukt bei Heiligenborn . . . . .	17 565	79 395	96 960	0,6	2,5	3,1	2,2	10,3	12,5
11	Viadukt bei Diedenmühle . . . . .	22 101	78 060	100 161	0,6	2,4	3,0	2,7	9,5	12,2
12	Viadukt von Chaumont <sup>15)</sup> . . . . .	—	—	395 200	—	—	6,6	—	—	8,5
	<b>2. Fliegende Gerüste.</b>									
13	Viadukt bei Rümelingen . . . . .	—	—	32 000	—	—	—	—	—	11,3
14	Viadukt von Morlaix . . . . .	42 720	184 820	227 540	0,7	2,8	3,5	2,0	8,6	10,6
15	Viadukt von Solémy . . . . .	—	—	19 000	—	—	—	—	—	9,1
16	Dinan-Viadukt . . . . .	—	58 705	—	—	2,2	—	—	7,0	—
17	Indre-Viadukt . . . . .	—	—	64 000	—	—	1,1	—	—	4,0

Eine Ausnahmestellung nimmt ein das außergewöhnlich feste Gerüst der mit einer einzigen halb-kreisförmigen Öffnung von 42 m Weite eine 65,50 m tiefe Thalschlucht der Pyrenäen überbrückende Napoléon-Brücke bei Saint-Sauveur. Es bestand aus dem Lehrgerüst, aus der auf diesen abgestützten Dienstbrücke für den Materialtransport, aus einem hohen Pfeilerartigen Gerüste, welches in der Thalsohle fundiert, von dort aus den Scheitel des Lehrgerüsts zur Vermeidung von Seitenschwankungen unterstützte, und endlich aus einer in Höhe des Gewölbeumfanges, 40 m hoch über Thalsohle angebrachten Plattform. Die Gesamtkosten des Bauwerks betragen 254 910 M., der Gerüste 96 874 M. (oder 38% der Gesamtkosten). — (Notices relatives aux travaux publics français, Exposition universelle de Paris 1867, auch: Dupuit. Traité etc. S. 309).

Wenn es auch verfehlt sein würde, die verschiedenen Systeme allein mit Rücksicht auf die Kosten zu beurteilen, weil unter keinen Umständen auch die eigentümlichen Vor- und Nachteile eines jeden Systems aufser acht gelassen werden dürfen, welche die Ausführung und mittelbar die Gesamtkosten des Bauwerks beeinflussen, so spielen die Kosten doch ohne Frage eine große Rolle.

Rücksichten auf möglichste Sicherung der Arbeiter, solide Ausführung und Kontrolle der Arbeit haben allerdings in Deutschland verschiedene Bauverwaltungen veranlaßt, selbst die größten Bauten unter Hintenansetzung des Kostenpunktes mit Hilfe teurer fester Gerüste auszuführen, hierbei wurden aber die erzielten Vorteile durch die verwendeten Kosten oft nicht aufgewogen.

<sup>15)</sup> Der Prozentsatz würde nicht so niedrig geworden sein, wenn nicht die Herstellungskosten des Chaumont-Viaduktes pro cbm Mauerwerk so bedeutende gewesen wären (vergl. Tabelle IX, § 37).

Es wird nicht schwer werden, nachzuweisen, daß im allgemeinen, abgesehen von den Fällen, wo einseitige Rücksichtnahmen auf einzelne der vorgeführten Punkte eine andere Wahl bestimmen können, es sich empfehlen wird:

1. für kleinere Brücken und Viadukte nur feste Gerüste mit unbeweglichen und bei wachsender Bedeutung des Bauwerks mit beweglichen Transportbahnen,
2. für grössere Brücken (mit vorherrschender Längenentwicklung) feste Gerüste,
3. für hohe Viadukte die fliegenden Gerüste in Anwendung zu bringen.

Die festen Gerüste bieten, sobald bei denselben ausreichende Sicherheitsvorkehrungen gegen Hochwasser und Eisgang getroffen werden können, bedeutende Vorteile. Die vollkommene Sicherheit bei allen Handhabungen der Arbeiter; die Möglichkeit der Verwendung grosser schwerer Werkstücke und grosser Materialanhäufungen auf den Transportbahnen, ohne die Arbeiter zu hindern; bequeme Materialtransporte; grosse Widerstandsfähigkeit gegen Sturmwinde; die Gewährung einer grösseren Garantie hinsichtlich solider Ausführung und Kontrolle der Arbeiten; die Möglichkeit feste Standgerüste herzustellen, dieselben mit den Transportgerüsten zu verbinden und so das Gewicht der noch nicht geschlossenen Gewölbe auf verschiedene Stützpunkte unmittelbar zu verteilen, ohne dabei Teile des frischen Mauerwerks in Anspruch zu nehmen; die Erhöhung der Stabilität der Pfeiler durch die Standgerüste, wodurch die ungefährdete Einwölbung und Ausrüstung eines einzelnen Bogens gestattet werden kann: alle diese Vorzüge finden sich beim System der fliegenden Gerüste nur zum Teil oder gar nicht vor.

Schwer ins Gewicht fallen allerdings dagegen und namentlich bei hohen Bauten die grossen Kosten, die nach Tabelle I bei manchen Bauten das  $2\frac{1}{2}$ -fache der Kosten der fliegenden Rüstungen betragen haben, und der Zeitverlust, verursacht durch die umständliche Herstellung und Aufzimmerung der ausgedehnten Etagenbauten.

Die fliegenden Gerüste können gegenüber den bedeutenden Vorteilen der festen hauptsächlich nur die geringen Kosten und den Zeitgewinn, den die schnelle Herstellung der Gerüste namentlich für hohe Bauten hervorruft, in die Wagschale werfen, dabei aber können allzugrosse Nachteile denselben nicht nachgewiesen werden.

Ein Vorwurf, welcher den fliegenden Gerüsten wohl gemacht wird, nämlich der, daß die Belastung der unfertigen Bauwerksteile durch die Gerüste der Festigkeit des Mauerwerks Abbruch thut, ist nicht stichhaltig, da die durch die vorübergehende Belastung und durch die Rüstung hervorgerufene Vermehrung der Pressungen je nach den verschiedenen Stellen des Bauwerks im allgemeinen nur etwa  $\frac{1}{15}$  bis  $\frac{1}{20}$  betragen wird und somit, da die Festigkeit des zur Verwendung kommenden Materials stets hinreichende Sicherheit gewähren muß, die Stabilität des Bauwerks nicht beeinflussen kann. Dagegen ist es richtig, daß die fliegenden Gerüste den Arbeitern bei ihren Handhabungen nicht die Sicherheit gewähren, wie die festen, und daß bei einigen der beschriebenen Anordnungen die Güte des Mauerwerks durch Lockerung frisch versetzter Steine gefährdet erscheint, ebenso wird auch die Kontrolle der Arbeiten erschwert, da die Arbeitsstellen nicht während der ganzen Dauer des Baues zugänglich bleiben. Diese Nachteile sind jedoch nicht sehr erheblich und sie können durch vermehrte Wachsamkeit und verschärfte Kontrolle vermieden werden.

Die Methode mit einer kleinen Anzahl von Lehrgerüsten eine grosse Reihe von Gewölben einzurüsten (vergl. § 22), wird auch bei den fliegenden Rüstungen bei Anwendung von gesprengten Lehrgerüsten mit Erfolg angewandt, ohne schädliche Einwirkungen auf die vollkommen freistehenden Pfeiler befürchten zu müssen. Deshalb wird nicht zu bestreiten sein, daß die Anwendung der fliegenden Gerüste für grosse und

namentlich hohe Bauten mit Rücksicht auf die geringen Kosten und die Möglichkeit schneller Ausführung im allgemeinen den Vorzug verdient.

Da die Kosten der fliegenden Gerüste nicht im Verhältnisse zur Höhe des Bauwerks stehen, sondern, abgesehen von den hinzukommenden Kosten für die mehrmalige Hebung der Gerüste und der mit der Höhe wachsenden Kosten für Hebung der Materialien, konstant bleiben, so folgt daraus, daß die Kosten der fliegenden Gerüste den festen sich umsomehr nähern, je kleiner das Bauwerk ist. Theoretisch läßt sich die Grenze, bis zu welcher es vorteilhaft sein wird, feste Gerüste zur Anwendung zu bringen, nicht finden. Die Praxis und vergleichende Kostenanschläge werden in gegebenen Fällen die besten Ratgeber sein.

**§ 12. Geräte.** Unter dem Sammelnamen „Geräte“ werden hier alle Hilfsmittel für den Transport, die Vorbereitung und Hebung der Materialien u. dergl. zusammengefaßt.

Die bewegenden Kräfte sind Menschen, Pferde, Dampf und Wasser.

Es giebt nun eine so große Anzahl einschlägiger Hilfsvorrichtungen und Hilfsmaschinen, daß es hier nur möglich ist, die einfacheren und am häufigsten zur Anwendung gelangenden Konstruktionen vorzuführen, da außerdem die Kenntnis der Einrichtung der verwickelteren Maschinen nur durch Specialstudium erreicht werden kann.<sup>16)</sup> Über Kosten und Leistungen sind die §§ 34 bis 36 zu vergleichen.

a. Hilfsmittel für den Transport der Materialien. Dieselben sind — abgesehen von den bekannten Fahrzeugen der Verkehrswege — Lade- bzw. Umlade-Gerüste, feststehende und transportable Krahn, Transportwagen, Seilbremsen, Transportgleise, Weichen, Drehscheiben und Gleiskarren.

1. Umladegerüste und Krahn. T. XVIII, F. 6 zeigt ein gefällig konstruiertes Umladegerüst, welches für den Bau der Donaubrücke in der Buda-Pester Verbindungsbahn<sup>17)</sup> in Klosterneuburg bei Wien am Donauufer errichtet worden ist, um die Werksteine von den Gleisen der K. Franz-Joseph-Bahn auf schnelle und bequeme Weise in die Transportschiffe überführen zu können.<sup>18)</sup>

Die feststehenden Krahn, die für das Auf- und Abladen der schweren Steine dienen, werden meistens in einfacher Holzkonstruktion auf der Baustelle selbst hergestellt. Man trifft häufig auch eine Anzahl derselben, die mit den Köpfen untereinander verbunden sind und so durch die Berührung der Drehkreise ihrer Ausleger ein bestimmtes Feld der mit Gleisen durchzogenen Lagerfläche beherrschen. T. XVII, F. 4 stellt solche Krahn dar, wie sie beim Bau der schweizerischen Centralbahnen benutzt wurden. Ähnlich konstruierte amerikanische Krahn<sup>19)</sup> sind in Fig. 5 (S. 267) dargestellt.

Auf größeren Baustellen, deren Werkplätze ausgedehnte Gleisanlagen durchziehen, oder zu denen vom Flusse her die Baumaterialien direkt herangebracht werden können, finden, wenn die zu hebenden Lasten bedeutend sind, auf Schienen transportable Drehkrahn, die auch mit Dampf getrieben werden können, nützliche Verwendung.

<sup>16)</sup> Hierbei ist namentlich auf den vierten Band dieses Handbuchs, welcher die Baumaschinen behandelt, zu verweisen, insbesondere auf die Kapitel desselben, in welchen die Kraftmaschinen, die Hilfsanlagen für den Materialtransport, die Hebe- und Mörte- und die Maschinen zur Bearbeitung von Bausteinen besprochen werden. Über Mörte- und Maschinen vergl. auch das VII. Kapitel des ersten Bandes dieses Handbuchs, § 16.

<sup>17)</sup> Zeitschr. des Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. 1877, S. 49.

<sup>18)</sup> Ein ähnliches Gerüst vom Bau der Elbe-Brücke bei Pirna vergl. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, 1878, S. 27. — Ferner ähnliche Gerüste, auch für den Transport künstlicher Steinblöcke, Zeitschr. f. Baukunde. 1881, S. 217. (Seeffhner. Die Karlstadt-Fiumaner Bahn und der Hafen von Fiume.)

<sup>19)</sup> Deutsche Bauz. 1876, S. 446.

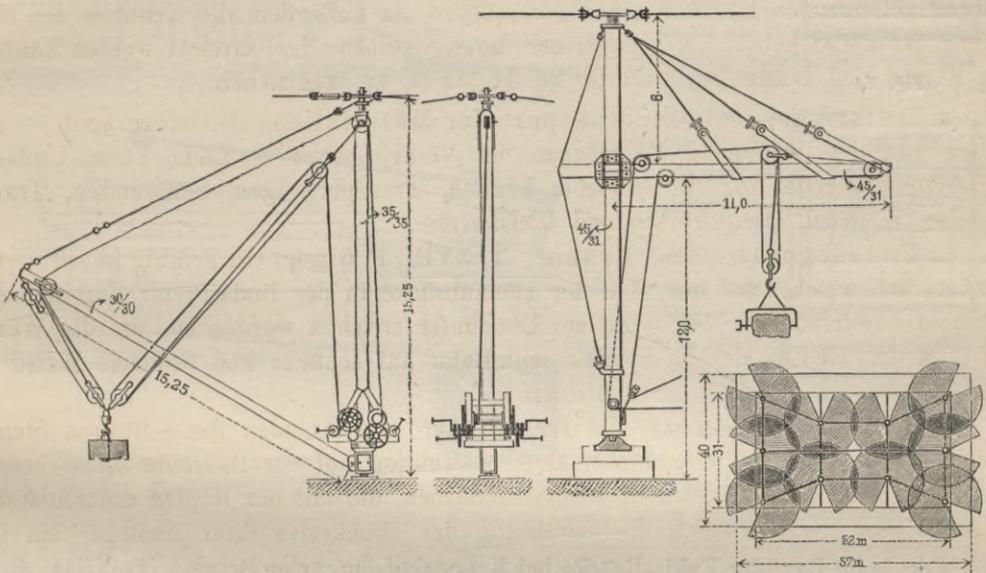
Fabriken, welche die Anfertigung transportabler Krähne und Dampfkrahne als Specialität betreiben, giebt es in ziemlicher Auswahl. Die Mannheimer Maschinenfabrik in Mannheim verfertigt auf normalspurigen Gleisen transportable Dampfkrahne ohne Gegengewicht bis zu 2000 kg und mit Gegengewicht bis zu 3000 kg Tragkraft. Das Heben, Senken und Drehen der Last wird durch eine Zwillingmaschine mit Rädervorgelege bewirkt. Der tägliche Verbrauch eines Krähnes an Steinkohle beträgt 200 kg, sein Gewicht 9500 bis 10000 kg. Er ist ausschließlich aus Schmiedeisen und Gufseisen hergestellt und arbeitet mit nur einem Führer.

Die bekannte Maschinenfabrik von W. Joh. Schumacher in Cöln liefert Dampfkrahne mit normaler Spur zu folgenden Preisen ab Fabrik:

2000 kg Tragkraft	10 200 M.
3000 " " "	12 300 " "

Krahne der letzten Art kamen bei den Fundierungsarbeiten der Rheinbrücke bei Coblenz und bei Wesel zur Verwendung. Sie besitzen bei 10 m Hubhöhe 6 m Ausladung, gebrauchen täglich ca. 125 kg Kohle und 750 kg Wasser und heben die Maximallast mit 0,50 m pro Sekunde, was einer Leistung von 20 Pferdekraft gleich kommt. Das Drehen der Ausleger nach rechts und links und im ganzen Kreise, sowie auf die Fortbewegung auf dem Gleise vor- und rückwärts geschieht mit Dampf, ohne daß die Maschine umgesteuert zu werden braucht.

Fig. 5.



2. Die Transportwagen zum Fortbewegen der Steine oder der Mörtelmaterialien sind einfacher Konstruktion, s. T. XIX, F. 5 bis 7 und 14 bis 17. Zwei parallele Rahmen, durch zwei Querhölzer solide verbunden, tragen mit Überkämmung eine 0,30 m starke Plattform aus Bohlen. Der Wagen in den Dimensionen der F. 14 u. 15 für normale Spur, beim Bau der Brücke St. Pierre de Gaubert zum Transport von größeren Werkstücken benutzt, trägt 1 cbm Werksteine und 0,9 cbm Bruchsteine. Der kleinere Wagen F. 16 u. 17 für 80 cm Spur, diente ebendasselbst zum Transport von Mörtel, welcher in besonderen Bütten à 0,70 cbm Inhalt aufgestellt wurde. Für das Emporwinden der Steine und Mörtelmaterialien auf der Baustelle dienten bezw. die Plattform Fig. 6, und das Holzgefäß Fig. 7 (S. 268).

Eisenbahn-Verwaltungen verwenden, wenn möglich, zu ähnlichen Transporten Bahnmeisterwagen (Rollwagen), die dann auf normalspurigen Interimgleisen zu laufen haben.

Auf der Semmering-Bahn, wo bei den äußerst gewundenen und steil abfallenden Zufuhrwegen, welche meistens nach den sonst ganz unzugänglichen Baustellen erst an-

gelegt werden mußten, gewöhnliches Fuhrwerk fast ganz unanwendbar war, hat sich zum Materialtransport eine Art Mittelding zwischen einem Wagen und einer Schleife (Fig. 8) als brauchbar erwiesen.<sup>20)</sup> Ebendasselbst hatten einzelne Werkstücke des Franz- und Hirschthal-Viaduktes einen Inhalt von 3,7 cbm<sup>21)</sup>, also annähernd ein Gewicht von 9000 kg und für das Aufladen dieser Massen waren auf der Baustelle bewegliche Rampen (Fig. 9) in Gebrauch, welche gute Dienste thaten, da die Werkstücke durch Umlegen und Anziehen eines Seiles leicht zum Kanten und so über die Rampe auf den Wagen gebracht werden konnten.

Fig. 6.

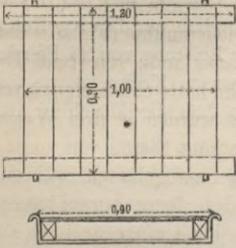


Fig. 7.

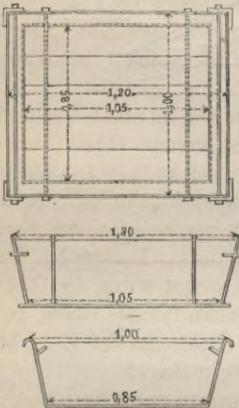


Fig. 8.

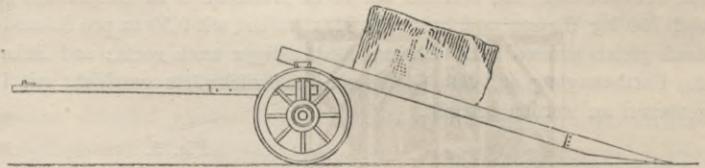
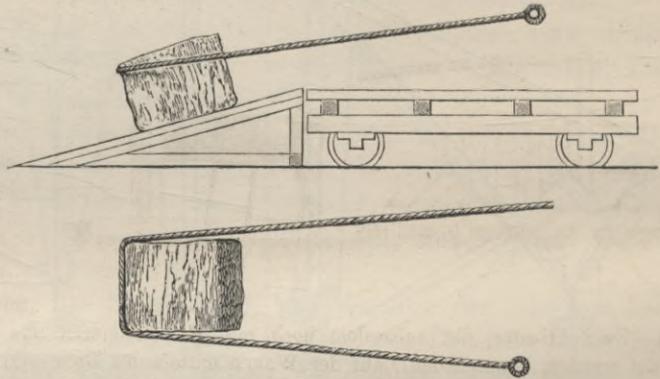


Fig. 9.



Die beim Bau der Fulda-Brücke bei Kragenhof benutzten Bruchsteinschalen waren 2 m lang, 1,2 m breit, wogen 200 kg und faßten das Material zu 0,56 cbm Mauerwerk. Die Mörtelkasten waren 1,9 m lang, 1,1 m im Lichten weit, wogen 213 kg und faßten 0,52 cbm à 2000 kg. Die Wasserfässer hielten 0,88 m im Durchmesser und waren 0,88 m hoch, wogen 130 kg und faßten 0,45 cbm.

T. XIX, F. 5 bis 7 zeigt die beim Indre-Viadukt zum Transport der 1000 bis 1500 kg schweren Werksteine von 0,40 bis 0,60 cbm Inhalt benutzten Transportwagen. Für den Transport noch größerer Stücke kuppelt man zweckmäfsig zwei Wagen zusammen, wie es beim Bau der Zschopau-Brücke geschah, um die Last der 4900 kg schweren Eckquader der Kämpfergesimse auf eine größere Tragfläche des festen Gerüsts zu verteilen.

3. Bremsvorrichtungen. In starken Gefällen wird zweckmäfsig jeder Transportwagen mit einer einfachen Hebelbremse versehen; bei Gefällen von  $\frac{1}{12}$  bis  $\frac{1}{15}$ , je

<sup>20)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1851, S. 365.

<sup>21)</sup> Ebendasselbst. 1853, S. 559.

nach der Beschaffenheit der Bremse, reicht dies aber nicht mehr aus. In solchen Fällen stellt man in der Regel eine Seilbremse am Kopfende der in Gefälle liegenden doppelgleisigen Transportbahn auf, von deren horizontal liegenden oder vertikal stehenden Seiltrommel aus eine Anzahl beladener Wagen mittels Hanf- oder Drahtseil auf dem einen Gleise hinabgelassen, während die leeren Wagen gleichzeitig auf dem andern Gleise emporgewunden werden. (Vergl. auch Band I dieses Handbuchs, Kap. III, § 20.)

Die Trommel muß so lang sein, daß sich ein Seil von der Länge der Rampe darauf abwickeln kann. Das Bremsen geschieht einfach durch einen Brems Schuh, auf dessen Hebel zwei Arbeiter drücken, besser aber durch einen Bremsring mit Hebel.

Fig. 10.

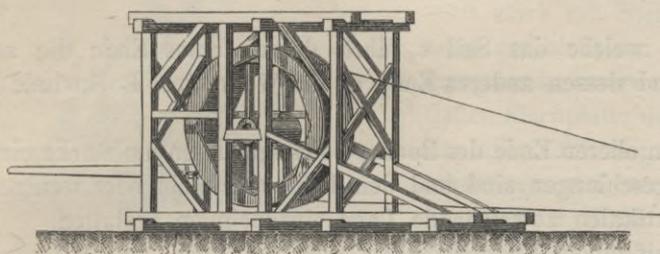
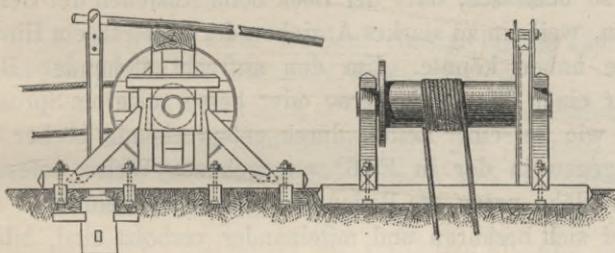


Fig. 11.



Die Seilbremsen beim Bau des Viaduktes bei Diedenmühle (Fig. 10) hätten 5 cm starke Seile von Hanf. Die Transportbahn hatte eine Steigung von 1:10 und es wurden je drei Wagen mit einer Ladung Steine von zusammen 1850 kg hinabgelassen, während gleichzeitig drei leere heraufkamen, wobei das Seil bei einer größten Belastung von 465 kg noch eine  $7\frac{1}{2}$ -fache Sicherheit gegen Zerreißen bot. Das Seil wurde gegen die Einwirkung der Feuchtigkeit durch Einsmieren mit einer aus Schweinefett und Wachs gemischten Masse geschützt.

Beim Bau des Sinnthal-Viaduktes wirkte die Seilbremse (Fig. 11) auf einer Rampe von 1:5 $\frac{1}{2}$ . Die Wagen hingen zu 2 oder 3 gekuppelt, je mit 1 $\frac{1}{2}$  cbm Steinen beladen, am Ende eines 2,3 cm starken Drahtseiles. Zur Schonung des Seiles waren die Gleise mit einer großen Anzahl Rollen ver-

sehen. Zwei Arbeiter, die außerdem noch mit dem Rangieren und Aus- und Einhängen der Züge beschäftigt wurden, konnten den Lauf der Wagen mittels des Brems Schuhes beliebig mädfigen.

Beim Bau der Straßenbrücke zwischen Mainz und Castel kamen Kettenscheiben nebst Ketten ohne Ende, in welche die zu befördernden Wagen eingehakt wurden, mit Vorteil zur Anwendung.

4. Die Konstruktion der Gleise, Drehscheiben, Weichen und Gleiskarren ist bekannt. Es soll nur bemerkt werden, daß die einfachsten Konstruktionen, welche wenig oder gar keiner Unterhaltung und Reparatur bedürfen, auf der Baustelle die vorteilhaftesten sind. Wie erfinderisch in dieser Beziehung die Praxis ist, beweist der Bau der Fulda-Brücke bei Kragenhof. An einer Stelle, wo die Ständer des Krahngerüstes der Anlage einer Drehscheibe oder Weiche hindernd in den Weg traten, wurde zwischen den beiden Transportgleisen ein auf einem Zapfen drehbarer Klotz angebracht, auf welchem die entladenen Wagen, nachdem man sie auf die hohe Kante gesetzt hatte, gedreht wurden, um dann auf dem Nebengleise niedergelassen zu werden. Die Weichen sind im allgemeinen den Drehscheiben und Gleiskarren vorzuziehen, da letztere auf die Geschwindigkeit des Transportes schädlicher einwirken als erstere. Den Drehscheiben gebührt aber wiederum vor den Gleiskarren der Vorzug, weil sie bequemer zu handhaben sind und man bei ihnen in der Wahl der Gleisrichtungen nicht so sehr beschränkt ist. T. XIX, F. 8 bis 10 stellt eine ganz aus Gußeisen konstruierte einfache Drehscheibe dar, wie sie auf Lagerplätzen in Gebrauch ist.

b. Hilfsmittel für die Hebung der Materialien. Hierher gehören: Hebeböcke, feststehende Krahe, Winden, Flaschenzüge, Laufkrahne, Aufzüge u. dergl.

1. Hebeböcke. Eine einfache und zweckmäßige Hebevorrichtung, welche namentlich in Frankreich in ausgedehnterem Maße zur Anwendung kommt, ist, abgesehen von der schiefen Ebene und den Flaschenzügen, die als bekannt vorausgesetzt werden, der sog. Bock oder die Geifs, wie in manchen Orten auch wohl gesagt wird.

Zur vollständigen Vorrichtung (T. XV, F. 6) gehören folgende Teile:

1. zwei schräg gegeneinander gestellte Hölzer oder Wangen *a*, welche je nach dem Zwecke, dem der Bock dienen soll, länger oder kürzer sein können,
2. zwei oder mehrere Querhölzer *b*, welche die Wangen verbinden und in ihrer Lage erhalten,
3. eine eiserne Rolle *c*, welche das Seil *e* führt, dessen eines Ende die zu hebende Last trägt und dessen anderes Ende an der Welle einer Bockwinde *d* befestigt ist,
4. zwei Seile *f*, welche am oberen Ende des Bockes befestigt, unten um starke eingegrabene Pflöcke *h* geschlungen sind und dem Bock eine mehr oder weniger geneigte, von der Vertikalen abweichende Lage einzunehmen gestatten,
5. ein Seil *g*, welches mit einem Ende ebenfalls oben am Bock und mit dem andern Ende an einem eingegrabenen Pflöcke befestigt ist.

Die Länge dieses Seiles ist so bemessen, daß der Bock beim Anziehen der Seile *f* sich nie ganz vertikal stellen kann, weil ein zu starkes Anziehen der letzteren ein Hintenüberkippen des Bockes zur Folge haben könnte. Um den aufrecht stehenden Bock besteigen zu können, sind an der einen Wange hölzerne oder besser eiserne Sprossen angebracht. Die ersteren werden, wie bei einer Leiter, durch entsprechende Löcher der Wange gesteckt, die letzteren dagegen in der in F. 6<sup>b</sup> angegebenen Weise befestigt. Die Wangen, welche je nach ihrer Höhe unten am Boden 2 bis 5 m von einander entfernt stehen, am oberen Ende aber sich berühren und miteinander verbolzt sind, bilden mit der Bodenlinie ein gleichschenkliges Dreieck, dessen Grundlinie zur Höhe sich ungefähr wie 3:7 verhält. Außerdem sind die Wangen am oberen Ende so ausgeschnitten, daß die eiserne Rolle Platz hat, jedoch soll der Ausschnitt nicht unnötig weit sein, damit das Seil sich nicht zwischen Holz und Rolle einklemmen kann.

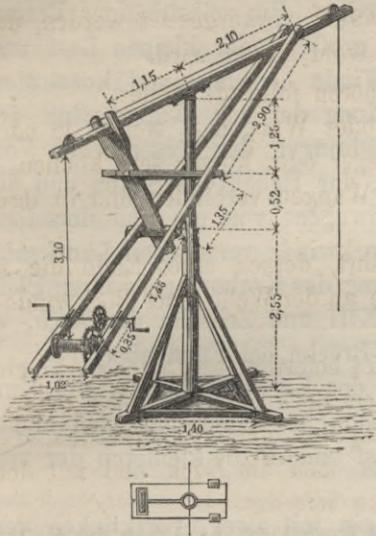
Beim Aufziehen der Materialien wird der Bock mit seinem Fußende soweit vom Mauerwerk abgerückt, daß bei nahezu vertikaler Stellung desselben der Zwischenraum noch ausreicht, um die größten Abmessungen der zur Verwendung kommenden Materialien durchzulassen, ohne das Mauerwerk oder den Bock zu berühren. Sobald der aufgewundene Stein über der Mauer anlangt, wird die Winde festgestellt und die Seile *f* werden losgelassen, sodaß der Bock sich gegen die Mauer neigt. Der Stein hängt dann über der Mauer und kann, wenn man den Bock vorher richtig gestellt hat, ohne weiteres an den Ort seiner Bestimmung niedergelassen werden. Bei stärkeren Mauern muß man, um die Steine sofort an die endliche Stelle bringen zu können, einen entsprechend hohen Bock anwenden.

Bei größeren Bauwerken kann man auch mit Vorteil auf dem Boden eine feste Bahn mit nur einer Schiene anlegen, auf welcher der mit Spurranzrollen zu versehende Fuß des Bockes dann mit Leichtigkeit fortbewegt werden kann.

Die mit einer Winde nach dem System Chauvin versehenen Hebeböcke unterscheiden sich von den vorstehend beschriebenen nur durch die Konstruktion der Winde. Statt des Seiles wird eine Kette über eine sog. Nufs geführt, d. h. über eine Kettenscheibe, deren Umfang mit Vorsprüngen ausgerüstet

ist, durch welche ein Gleiten der Kette verhindert wird. Um ein Abspringen der Kette von der Nufs für alle Fälle zu verhüten, ist eine längere Führung für erstere vorhanden, welche bewirkt, daß stets der halbe Umfang der Nufs umspannt bleibt, die aber zugleich auch den Anlauf und Ablauf der Kette genau regelt. Man hat bei Anwendung der Nufs den Vorteil, ein und dieselbe Winde bei jeder beliebigen Hubhöhe, wenn nur eine entsprechend lange Kette vorhanden ist, benutzen zu können.<sup>22)</sup>

Fig. 12.



2. Drehkrahne. Gute Dienste leistet auch der in Fig. 12 gezeichnete Drehkrahnen vom Bau des Viaduktes bei Ottersweiler der Linie Zabern-Wasselnheim, der auf das Gerüst oder auch auf das fertige Mauerwerk gestellt werden kann. Das liegende Fußkreuz muß stark mit Steinen beschwert werden. Die Drehung geschieht um einen Zapfen, der am oberen Auslegerarm befestigt ist und in einer entsprechend vertieften Eisenplatte der Krahensäule eingreift. Der Krahnen ist billig (320 M.), leicht zu handhaben und kann schnell versetzt werden.

T. XVII, F. 11 zeigt einen neueren, zweckmäßiger konstruierten Krahnen vom Bau der Fulda-Brücke bei Malsfeld mit seinen Einzelheiten. Der Krahnen erreicht die bedeutende Höhe von 20 m.

3. Laufkrahne. Weniger einfach ist die Einrichtung der Laufkrahne (T. XVII), deren Hauptteile die folgenden sind:

1. Der Krahnenwagen. Er wird von dem festen Gerüste bzw. von dem Erdboden unterstützt und bewegt sich auf Schienen in horizontaler Richtung.
2. Die Bockwinde. Sie bewegt sich in horizontaler Richtung senkrecht zur Richtung des Krahnenwagens auf den Schienen des letzteren und ist mit Vorgelege und Seiltrommel zur vertikalen Hebung der Last versehen.
3. Die Windevorrichtung. Sie bewegt den Krahnenwagen mit samt der an der Bockwinde schwebenden Last in horizontaler Richtung auf den Schienen des festen Gerüsts.

Der Krahnenwagen besteht nicht selten aus zwei verzahnten Hauptträgern mit oder ohne Verstärkung durch eiserne Zugstangen, welche auf den Schienen des festen Gerüsts mittels gußeiserner Rollen bewegt werden. An den Enden sind diese Hauptträger durch Querträger verbunden und tragen an beiden Längsseiten einen Fußsteg für die Arbeiter. Zwischen beiden Trägern bleibt Raum für die Bewegung der Ketten der Bockwinde.

Die Bockwinde (vergl. F. 10, T. XVII) ist in der Regel mit doppeltem Vorgelege von 2000 bis 10000 kg Tragkraft versehen und hat folgende Bestandteile:

- 2 Windeböcke mit zugehörigen Lagern, Befestigungs- und Verbindungsteilen, welche auf einem von Rollen getragenen Unterbau befestigt sind,
- 1 Kurbelwelle mit 2 Kurbeln, 2 Getrieben und einer kräftigen zuverlässigen Bremse,
- 2 Vorgelegewellen mit zugehörigen Zahnrädern, Sperrad und Sperrklinke,
- 1 Trommelwelle mit Zahnrad und Kettentrommel,
- 1 lose Rolle mit Kette zum Aufziehen der Last.

<sup>22)</sup> Revue industrielle. 1876. Juni, S. 253.

Neuere Konstruktionen von Winden haben gegen die gewöhnlichen, im Vorstehenden beschriebenen Winden bedeutende Vorzüge, da sich mit denselben das Aufziehen, das Herablassen und Wiederanhalten der Last ohne einen anderen Handgriff als den an der Kurbel vollzieht. Das Ausrücken der Sperrklinke, das Rückwärtsdrehen der Kurbeln, sowie das Anziehen der Bremse werden vermieden. Ein selbstthätiger Bremsapparat bewirkt ein gleichmäßiges Herabsinken jeder großen oder kleinen Last und verhindert, daß größere Lasten, als für welche die Winde berechnet und konstruiert ist, aufgewunden werden können.<sup>29)</sup> Auch die Anwendung der sog. Katzen statt der Bockwinden darf nicht unerwähnt bleiben. Dieselben bringen den wesentlichen Vorteil mit sich, daß die Fortbewegung des Krahnwagens, das Heben der Steine und die Bewegung derselben in der Längenrichtung des Krahnwagens von ein und derselben Stelle aus bewerkstelligt wird, während bei dem mit Bockwinde versehenen Laufkrahn die Arbeiter zwischen jener und der Bewegungsvorrichtung des Krahnwagens ihren Platz wiederholt wechseln müssen. Man vergleiche F. 2, T. XIII und Zeitschr. des Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. 1881, S. 188 (Stübben. Weser-Brücke bei Fürstenberg.)

Die Windevorrichtung besteht in der Regel aus der Kurbelwelle mit zwei Kurbeln und einem Trieb, einer Vorgelegewelle mit zugehörigen Zahnrädern und einem Zahnrad, welches auf der Krahnwagenachse aufgekeilt ist und in die kleineren der vorerwähnten Räder eingreift, T. XVII, F. 3.

Die in F. 2, T. XVII gezeichnete Vorrichtung (ein mit zwei Sperrklinken versehener Hebel) ist weniger zu empfehlen, als die soeben beschriebene, da das Drehmoment zur Fortbewegung hier am Ende der Laufachse und nicht direkt am Umfange der Laufrolle wirkt, wodurch eine schwierigere und unsichere Fortbewegung des Krahnwagens entstehen kann. F. 1, T. XVII stellt die Krahnwagen von 15 m Spannweite dar, welche früher beim Bau der hannoverschen Bahnen gebräuchlich waren, F. 10 einen einfachen Laufkrahn von geringeren Dimensionen, ausgeführt für die Wutach-Brücke zwischen Waldshut und Schaffhausen, der für ein niedriges Gerüst und für niedrige Bauten verwendbar ist. Die Fortbewegung des Krahnes geschieht ohne Übersetzung durch ein Speichenhebelrad. Die Bewegung der Bockwinde auf dem Krahne wird durch eine am Ende des letzteren aufgestellte Seilwinde bewirkt (F. 10<sup>b</sup>).

Mit den Laufkrahn werden die Materialien entweder vom Erdboden emporgehoben und an die Verwendungsstelle gebracht, oder dieselben werden erst durch besondere Aufzugsvorrichtungen gehoben und mittels Transportwagen an diejenige Stelle geführt, von der aus die endliche Versetzung durch den Laufkrahn vor sich gehen kann.

4. Die Aufzugsvorrichtungen kommen zweckmäßig nur bei sehr hohen Bauten in Anwendung und werden dann, falls nicht billiger Wasserkraft auf der Baustelle benutzt werden kann, mit Vorteil durch Dampfkraft getrieben. Die Vorrichtung besteht im wesentlichen aus einem durch die stehende Dampfmaschine oder die Lokomobile getriebenen Vorgelege, durch welches sich zwei an zwei Seil- oder Kettenenden hängende Materialkästen auf und nieder bewegen, und einer Ausrück- und Bremsvorrichtung, durch welche es ermöglicht wird, die Bewegung des Vorgeleges ganz aufzuheben bzw. die gehobene Last in jeder Stellung schwebend zu erhalten.

Ein vorzügliches Beispiel für fliegende Gerüste liefert die von einer siebenpferdigen Maschine betriebene Aufzugsvorrichtung des Aulne-Viaduktes.

<sup>29)</sup> Vergl. u. a. Zeitschr. des Ver. deutscher Ing. 1876, S. 434. — Dingler's Polyt. Journ. 1876, Bd. 222, S. 532.

Auf der Dienstbrücke war eine hölzerne Plattform hergestellt (T. XV, F. 1) 4,5 m breit und Vorsprünge bildend, welche etwa 3 m weit über die äußersten Binder der Lehrgerüste hinausreichten. Die ganze Länge der Plattform senkrecht zur Achse des Gitterträgers beträgt demnach 14,50 m. In dem Bohlenbelage jeder der besagten Vorsprünge waren zwei Öffnungen ( $\frac{1,5}{1,6}$  m) angebracht, die durch in Scharnieren bewegliche Klappen geschlossen wurden. Die Klappen öffneten sich nur für den Durchgang der Materialien. Das Aufwinden der letzteren geschah mittels endloser Kette von einer 0,08 m starken Welle aus, durch welche, 1,5 m über Terrain belegen, zwei 1,8 m von einander entfernte Kettenrollen in Bewegung gesetzt wurden. Jede Kette einer Kettenrolle trug an einem Ende einen leeren, am andern einen beladenen Steinkasten; während der volle hinaufgezogen wurde, ging der leere abwärts. Das Auseinandergehen der beiden Kettenenden oberhalb der Plattform des Gitterträgers, von wo aus dieselben auch durch die betreffenden Öffnungen der Plattform-Vorsprünge geführt wurden und das zur Führung der Ketten auf dem Gitterträger hergestellte Gerüst ist aus F. 1 u. 1<sup>a</sup> ersichtlich. Sobald die gehobene Last über der beweglichen Klappe erscheint, wird sie durch Bremsen der Haupttriebelle mittels eines Bremshebels festgehalten. Die Klappe wird dann geschlossen, und der Transportwagen unter den Kasten geschoben, was vom Hauptstrange aus mittels Drehscheibenverbindung ermöglicht ist (F. 1'). Sodann werden die vollen Kästen durch leere ersetzt und die Klappen wieder geöffnet. Die Maschine erhält Gegendampf und die Bewegung kann somit rückwärts wieder vor sich gehen. Damit die Kette die nötige Steifigkeit behielt, wurde an jedem Steinkasten ein Gegengewicht von 400 kg angebracht.

Ein weiteres Beispiel für feste Gerüste liefert der Mörtelaufzug des Striegisthal-Viaduktes (s. T. XVIII, F. 2).

Der Aufzug wurde durch eine Lokomobile getrieben, welche von ihren Rädern abgehoben und mit ihren Achsen auf einem starken Pfahlgerüst gelagert wurde. Die Maschine arbeitete bei  $3\frac{1}{2}$  Atmosphären mit acht Pferdekraften und hatte gleichzeitig mit dem Betriebe des Mörtelaufzuges auch noch Wasser auf das Gerüst zu pumpen. Die Seiltrommel *s*, welche mit Hilfe eines in der Zeichnung nicht dargestellten Vorgeleges in Bewegung gesetzt wurde, bestand aus einem gußeisernen Gestell mit hölzernem Mantel und die beiden Drahtseile wurden nach verschiedener Richtung hin aufgewickelt. Die Hauptbedingung des ruhigen Ganges einer solchen Aufzugsvorrichtung besteht darin, daß die beiden oben auf dem Gerüste stehenden Seilscheiben nicht parallel und senkrecht zur Achse der Seiltrommel aufgestellt werden, sondern mit ihren Seilebenen auf die Mitte eines jeden umgewickelten Seiles treffen, damit die Richtung des freihängenden Seiles sich nicht zu sehr zu verändern braucht. Die Leitsäulen, die unteren und oberen Seilscheiben u. s. w. sind aus F. 2 u. 2<sup>a</sup> ersichtlich.

Auf T. XIX, F. 11 bis 13 ist endlich ein von Schumacher in Cöln konstruierter Materialaufzug von 2000 kg Tragkraft dargestellt. Diese Konstruktion zeichnet sich durch große Einfachheit aus, da man alle Bewegungen der Last durch die Handhabung eines einzigen Hebels *a* in der Gewalt hat. Durch Anheben desselben wird, und zwar unter Vermittelung zweier mit ihm fest verbundenen Daumen, der um die Achse *b* schwingende Rahmen *c* aus dem unbeweglichen Bremsklotz *d* gehoben, der senkrechte Riemen *e* gespannt und dadurch das Getriebe *f* und weiter eine an der Aufzugskette hängende Last in Bewegung gesetzt. Wenn dagegen der Hebel losgelassen wird, so legt sich die Brems- und Riemenscheibe *g* infolge des auf das Getriebe *f* wirkenden Zahndruckes fest in den Bremsklotz und die Last wird angehalten. Wenn man endlich drittens den gehobenen Hebel nur wenig senkt, so kann man die Geschwindigkeit einer abwärtsgehenden Last durch die Reibung zwischen Bremscheibe und Bremsklotz beliebig mäßigen.

Außer den eben beschriebenen Aufzügen sind noch hydraulische Materialaufzüge und solche mit unmittelbarer Dampf Wirkung in Gebrauch, welche auch samt dem Apparate für die treibende Kraft transportabel hergestellt werden.

Es sei an dieser Stelle bemerkt, daß man auf ausgiebige Vorrichtungen zur Versorgung der Arbeitsstellen mit Wasser besonderen Wert zu legen hat, weil für die Güte des Mauerwerks ein reichliches Netzen der Steine und das Feuchthalten des frischen Mauerwerks oft sehr wesentlich ist.

5. Über die Leistungen der Hilfsvorrichtungen finden an dieser Stelle nur allgemeine Bemerkungen Platz. Eingehendere tabellarische Angaben folgen in § 34 bis 36.

Die Leistungen hängen im allgemeinen von der Art des Motors und der Form und Größe der zu bewegenden Last ab. Als Motoren pflegt man in erster Linie Menschen-

und Pferdekräfte zu bevorzugen, da die Dampf- und Wasserkraft nur bei seltener geforderten bedeutenden Leistungen, die in kurzer Zeit bewältigt werden sollen, am Platze ist.

Die Leistungen der Menschenkraft, welche an der Kurbel einer Winde wirkt, sind durch vielfältige Versuche festgestellt. Der von einem Arbeiter ausgeübte Nutzeffekt stellt sich für Lasten von 500 bis 1000 kg bei einer Bockwinde mit einfachem Vorgelege selbstverständlich höher als bei einer solchen mit doppeltem Vorgelege. Dies ist auch noch der Fall, wenn man, um die Tragkraft einer einfachen Winde bis auf 2000 kg zu erhöhen, die Kette doppelt nimmt und eine lose Rolle einhängt. Will man die Winde mit einfachem Vorgelege für noch grössere Lasten in Anwendung bringen, so kann man dies durch Zuhilfenahme eines vollständigen Flaschenzuges erreichen, jedoch ist in diesem Falle die Benutzung einer Winde mit doppeltem Vorgelege vorzuziehen.

Sobald bei Hebung der Materialien eine gewisse Höhe überschritten werden muß, wird es vorteilhaft, statt der Menschenkraft die Pferdekraft heranzuziehen, jedoch bleibt deren Benutzung nur eine beschränkte, da die Pferde ihrer Körperbeschaffenheit wegen nur bei Hebung mit Flaschenzügen, wo bei geradlinigem Fortschreiten ein Zug auszuüben ist, und am Göpel ihre Kräfte einigermaßen vorteilhaft zur Geltung bringen können. Jedoch auch am Göpel stellen sich ihre Leistungen der steten Körperwendung wegen ziemlich ungünstig und zwar um so mehr, je länger ihr Körper und je kleiner der Kreis ist, in dem sie zu laufen haben.

Wie schon vorhin angeführt wurde, tritt die Anwendung der Dampfkraft in ihr Recht, wo bedeutende Leistungen in kurzer Zeit zu bewältigen sind. Die Dampfkraft hat gegen die menschlichen und tierischen Kräfte den großen Vorzug, daß sie unermüdet Tag und Nacht wirken kann. Allerdings sind die Anschaffungskosten der betreffenden Maschinen bedeutend, jedoch darf man dabei nicht vergessen, daß dieselben nach Gebrauch wieder zu verwerten sein werden. Die Wasserkraft wird nur in besonderen Fällen, wenn die Anlagen für die Nutzbarmachung nicht zu kostspielig werden, mit Vorteil dienstbar zu machen sein. Der Bauplatz des Viaduktes de la Fure<sup>24)</sup> bietet ein Beispiel, wie die Wasserkraft in ausgedehntem Maße in Anwendung gebracht werden kann. Es ist aber wohl nicht zweifelhaft, daß der Erbauer des genannten Viaduktes unter Benutzung der Dampfkraft mindestens mit nicht größerem Kostenaufwande und eben so schnell sein Ziel erreicht haben würde, um so mehr, als die Anlagen der Stauwerke, Wasserräder u. s. w. nach Vollendung des Baues kaum zu verwerten gewesen sind.

## Litteratur,

### Rüstungen und Geräte betreffend.

Funk. Krahnvorrichtungen und Hilfseisenbahnen bei größeren Brückenbauten. Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. 1852, S. 40.

Fränkel. Fliegende Versetzgerüste für steinerne Brücken und Viadukte. Civ.-Ing. 1868, S. 71.

Morandière. Cintres, échafaudages et pont de service du pont de Montlouis sur la Loire. Nouv. ann. de la constr. 1870, S. 97.

Versetzgerüst für die Strompfeiler der Brücke über die Donau bei Mauthausen. Civ.-Ing. 1873, S. 65.

Über Versetz- und Lehrgerüste. Engineer. 1873. I. S. 47, 62 u. a.

Wilke. Lehr- und Arbeitsgerüste. Zeitschr. f. Bauhandw. 1879, S. 137.

<sup>24)</sup> Nouv. ann. de la constr. 1856, Pl. 47 u. 48.

### C. Lehrgerüste.<sup>25)</sup>

Der Zweck der Lehrgerüste, ihre Einteilung, sowie die Wechselbeziehungen der beiden Hauptarten derselben zu den festen und fliegenden Rüstungen u. s. w. sind in § 8 bei Gelegenheit der Besprechung der Rüstungen im allgemeinen bereits klar gelegt worden. Es handelt sich nunmehr um die Einzelheiten der Anordnung der Lehrgerüste.

**§ 13. Lehrgerüst-Systeme.** 1. Das Lehrgerüst hat folgende Hauptbedingungen zu erfüllen. Es soll

- a. die Aufnahme der Last des noch nicht geschlossenen Gewölbes vermitteln,
- b. eine Lehre zur Herstellung des Gewölbes bilden,
- c. möglichst unwandelbar sein, d. h. seine Form während des Wölbens möglichst wenig ändern und die versetzten Wölbsteine weder zu einer Verschiebung noch zu einer Kantendrehung veranlassen,
- d. eine Vorrichtung aufweisen, welche gestattet, den oberen Teil zu senken oder auszurtüsten.

Die Forderungen, daß das Lehrgerüst sich leicht aufstellen und leicht wieder beseitigen lasse, sind als Nebenbedingungen zu bezeichnen.

Um die genannten Bedingungen erfüllen zu können, muß jedes sachgemäÙ ausgeführte Lehrgerüst folgende vier Hauptteile enthalten:

- a. die Lehrbogen oder Binder, welche unter dem Gewölbe je nach der Widerstandsfähigkeit in Entfernungen von 1 bis 2 m von einander aufgestellt sind, also als eigentliche Träger der Gewölbelaast auftreten,
- b. die Schalung, welche aus senkrecht über den Lehrbogen liegenden Schalbrettern oder -Hölzern gebildet wird, deren obere Fläche genau mit der herzustellenden inneren Gewölbelaast zusammenfällt,
- c. die Ausrüstungsvorrichtung, bei welcher man sich, wie in § 25 eingehend erläutert wird, der Keile, Schrauben, Sandtöpfe u. s. w. bedient, um den oberen Teil des Lehrgerüsts zu stützen und zu senken,
- d. die Querverbindungen (Zangen, Windstreben), welche die Binder untereinander absteifen und dadurch gegen Verschiebung und Kanten in der Richtung senkrecht zu ihrer Fläche schützen.

Die obere Begrenzung der Lehrbogen, der Kranz, schließt sich der Form des Gewölbes an und besteht aus einzelnen Kranzhölzern (Felgen), die je nach der Größe der Lichtweite der zu überwölbenden Öffnung durch eine kleinere oder größere Anzahl von Knotenpunkten eingeteilt sind, von denen aus ein System von Streben, Ständern, Hängesäulen, Zugbalken, Zangen und Kopfbändern die Gewölbelaast auf die Kämpfer oder auf andere Stützpunkte überträgt. — Das Tragwerk eines Binders ähnelt demnach hinsichtlich seiner Anordnung dem Überbau einer hölzernen Brücke.

<sup>25)</sup> Bei den Paragraphen 13, 14 und 16 dieses Abschnitts ist Winkler's Arbeit über Lehrgerüste (Wien 1875) mit Genehmigung des Verfassers benutzt worden.

2. Mit Bezug auf die verschiedene Art und Weise der Unterstützung des Tragwerks sind in § 7 bereits zwei Hauptgruppen von Lehrgerüst-Systemen unterschieden worden:

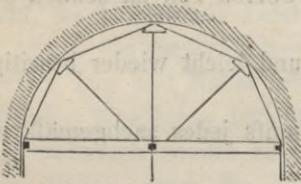
- I. freitragende (gesprengte),
- II. fest unterstützte (feste).

Eine weitere Einteilung der Systeme kann mit Bezug auf die Anordnung der einzelnen Teile des Tragwerks eines Binders geschehen. Die äußere Erscheinung desselben ist bei den freitragenden Systemen am schärfsten ausgeprägt, weil das Vorhandensein von nur zwei Stützpunkten eine große Mannigfaltigkeit bei Anordnung der einzelnen Teile eines Binders nicht zulässt, während bei den festen Konstruktionen wegen der zu Gebote stehenden größeren Stützzahl mehr Abarten möglich sind. Bei den gesprengten Systemen findet man vorwiegend Sprengwerks-Konstruktionen, bei den festen Systemen dagegen meist eine Verbindung von horizontalen Balken oder Zangen mit mehr oder weniger radial gerichteten Streben und Stützen.

Bei diesen verschiedenartigen Anordnungen des Tragwerks kann man folgende Systeme unterscheiden:

a. Streben-Systeme. Der Kranz wird hier durch eine Reihe von Streben oder Stützen getragen, die entweder radial oder nahezu radial gerichtet sind und deren Fuß auf einer vom Unterbau getragenen Schwelle — der Bogenschwelle — ruht.

Fig. 13.



Beim Halbkreisbogen laufen die Streben nahezu in einem Punkte zusammen (Fig. 13 und Gerdau-Brücke T. VII, F. 17), bei flachen Bögen liegt die Bogenschwelle gewöhnlich in Kämpferhöhe (T. XVI, F. 5 u. 19) oder — wenn die unter ihr liegenden Gewölbschichten sich allein tragen können — entsprechend höher (Fig. 14). Das Streben-System kann in vollkommener Weise — als Radialstreben-System — nur bei kleinen Spannweiten

und bei großen Spannweiten nur dann zum Ausdruck gebracht werden, wenn eine genügende Zahl von Stützpunkten zu Gebote steht.

Fig. 14.

Brücke der Brønner Bahn.

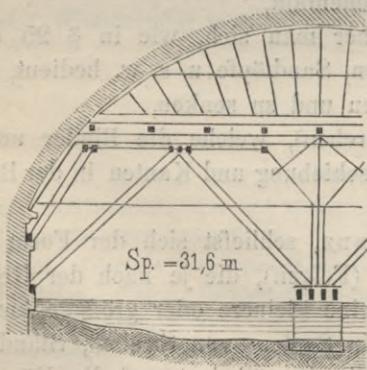
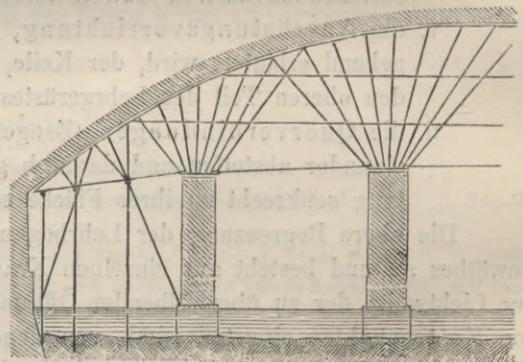


Fig. 15.

Dee-Brücke bei Chester.



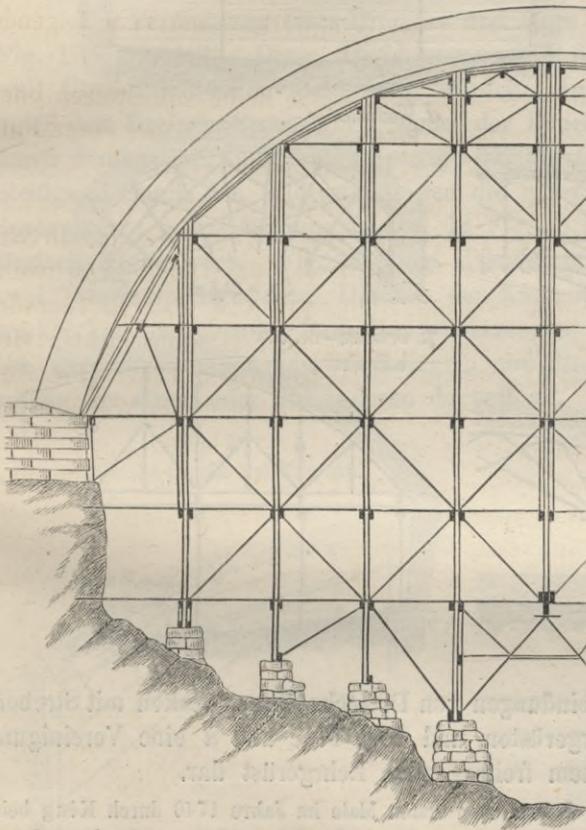
Bei größeren Spannweiten wird es schwierig die Bogenschwelle beizubehalten, weil man sie nicht an genügend vielen Punkten stützen kann. Dann setzt man einzelne Joche oder Pfeiler, von denen die Streben fächerartig auseinander gehen. Die durchschnittliche Entfernung der Joche, von Mitte zu Mitte gemessen, beträgt 5 bis 8 m.

Das Lehrgerüst der berühmten Grosvenor-Brücke über den Dee bei Chester, Fig. 15 (61 m Spannweite), besaß sechs stützende Joche und vier gemauerte Pfeiler. Die größte Entfernung der letzteren betrug von Mitte zu Mitte 12,3 m. Die sich auf die Pfeiler stützenden, fächerartig ausgebreiteten Streben wurden durch drei übereinander liegende Reihen horizontaler Zangen verbunden.

Das Lehrgerüst der Cabin-John-Brücke in Amerika (69,5 m Spannweite) besaß acht stützende Joche, von welchen sechs je 9,75 m von einander entfernt waren und auf einem gemauerten Unterbau ruhten. Außer den hierdurch gebildeten festen Punkten wurden fünf andere durch eingeschaltete Sprengwerke hergestellt. An den festen Punkten wurzelten Gruppen in Fächerform sich ausbreitender Stützen. Die Verbindung sämtlicher Stützen wurde durch vier übereinander liegende horizontale Zangenreihen bewirkt. Beim Lehrgerüst des Belin'schen Riesenprojektes einer Überbrückung des Saône-Thales (Korbogen von 131,6 m Spannweite und 62,3 m Pfeil) stehen die Joche in ca. 8,3 m Entfernung.<sup>26)</sup>

Die beiden letztgenannten Lehrgerüste können aber schon als eine Vereinigung des Streben-Systems mit dem folgenden System — dem Ständer-System — betrachtet werden.

Fig. 16.  
Brücke von Crespano.



b. Ständer-Systeme (Ausbaue-Systeme). Hierher gehören die Anordnungen, s. Fig. 16 (Brücke v. Crespano), bei denen die Unterstützung des Kranzes durch parallele Ständerreihen erfolgt. Bei großen Halbkreis- und überhöhten Bögen wird dadurch ein vollständiger Ausbau der Öffnung erreicht.

Diese Systeme sollten nur bei ganz bedeutenden Weiten zur Anwendung kommen, weil sie sehr viel mehr Material erfordern, als die freitragenden Systeme, obgleich sie sich wegen ihrer großen Regelmäßigkeit leicht herstellen lassen.

Eine Vereinigung des Streben- und Ständersystemes zeigt das bemerkenswerte Lehrgerüst der Wäldlitobel-Brücke der Arlberg-Bahn (T. XV, F. 4), desgl. das Lehrgerüst des Ballochmyle-Viadukts (T. VIII, F. 1).

c. Dreiecks-Sprengwerke. Das System eignet sich besonders zu freitragenden Konstruktionen, weil es, abgesehen von der durch die Elasticität bedingten Formänderung, unverschiebbar ist. Durch ein derartiges Sprengwerk wird immer nur ein Knotenpunkt für den Kranz geschaffen; man wird daher mehrere Dreiecks-Sprengwerke miteinander oder dieselben mit dem Streben- oder Ständer-system vereinigen.

Für Halbkreisbögen wird häufig das auf T. XIX, F. 1 u. 2 und auf T. XV, F. 5 dargestellte System (Indre-Viadukt) gebraucht. Durch das Haupt-Sprengwerk sind aufer dem Knotenpunkt im Scheitel noch die festen Widerlagerpunkte geschaffen. Diese drei

<sup>26)</sup> Rziha. Ober- und Unterbau. II. S. 205; vergl. daselbst S. 186—208 auch verschiedene Skizzen von Lehrgerüsten neuerer spanischer Brücken.

Punkte sind dann zur Unterstützung der beiden Neben-Dreiecks-Sprengwerke herangezogen, wodurch zwei weitere Knotenpunkte erhalten werden. Der Horizontalschub läßt sich durch eine horizontale Zange vermindern und durch eine Bogenschwelle ganz aufheben.

Fig. 17.

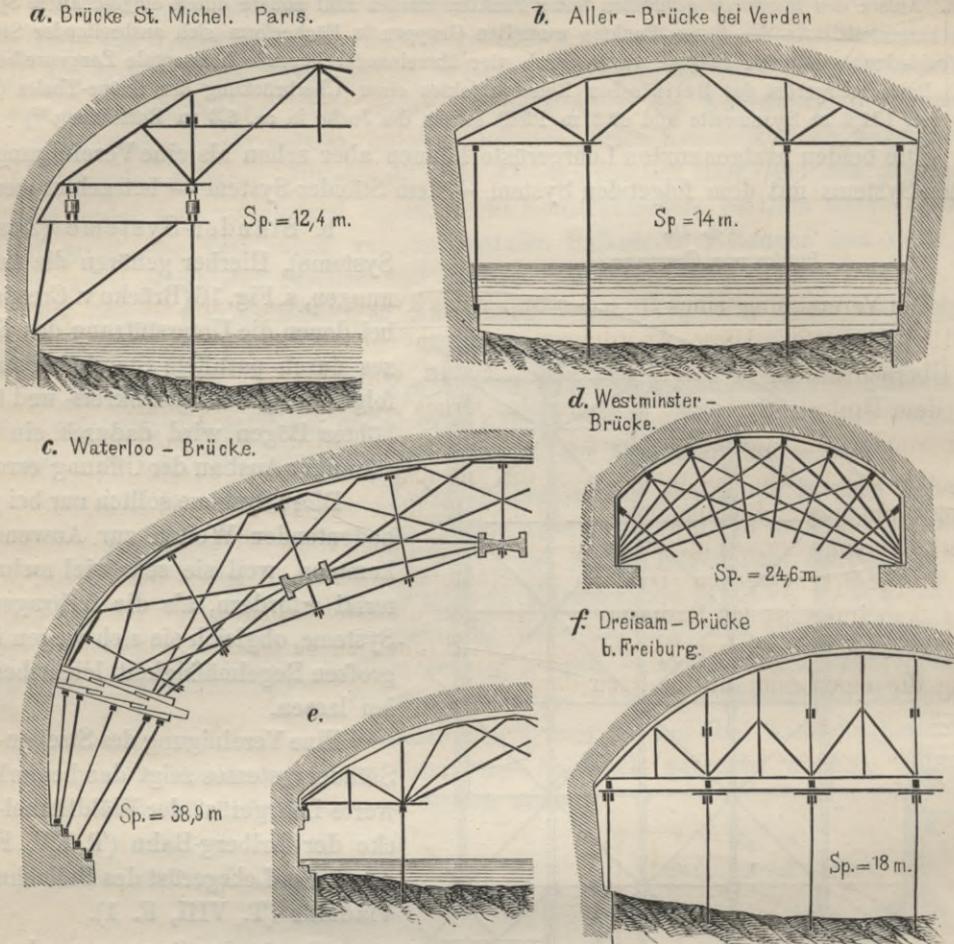


Fig. 17 a, b und e, f stellen Verbindungen von Dreiecks-Sprengwerken mit Streben- und Ständer-Systemen zu festen Lehrgerüsten und Fig. 17 c und d eine Vereinigung mehrerer Dreiecks-Sprengwerke zu einem freitragenden Lehrgerüst dar.

Die letztgenannte Anordnung (Fig. 17 d) kam zum ersten Male im Jahre 1740 durch King beim Bau der Westminster-Brücke (24,6 m Spannweite) zur Anwendung. Im Jahre 1769 wurde sie auch von Myla für die Blackfriars-Brücke (29,8 m Spannweite) und 1817 von Rennie für die Waterloo-Brücke (Fig. 17 c) (38,9 m Spannweite) benutzt. Ein Übelstand dieser Anordnung für große Weiten sind die vielen langen Streben und die große Anzahl von Überschneidungen an den Verbindungsstellen. In Fig. 17 c sind die Streben unterbrochen und durch gusseiserne Schuhe fächerförmig vereinigt.

d. Trapez-Sprengwerke. Ein Trapez-Sprengwerk besteht in seinen Elementen aus zwei Streben und einem Spannriegel, es ist in dieser Gestalt nur bei symmetrischer Belastung stabil. Da eine vollständig symmetrische Belastung nicht durchführbar ist, so müssen noch gewisse Konstruktionsteile hinzugefügt werden, welche dem Tragwerk die nötige Steifigkeit geben. In dieser Hinsicht steht daher dies System dem vorigen nach,

dagegen gestattet es im allgemeinen einfachere Anordnungen als das Dreiecks-System. Auch hier kommt eine Vereinigung mehrerer Sprengwerke in Anwendung; am besten wird man dabei ein Sprengwerk als Dreiecks-Sprengwerk anordnen.

Fig. 18. Brücke über die Nahe.

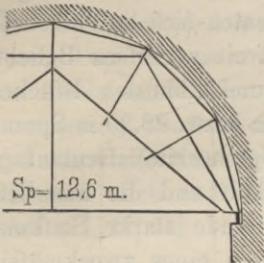


Fig. 19.

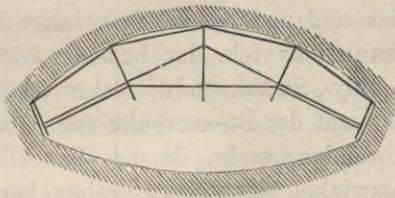
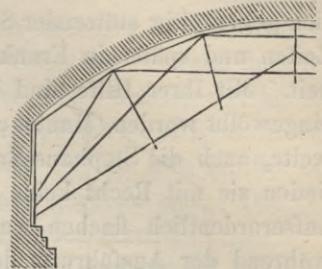


Fig. 20.



Die Vereinigung eines Dreiecks und eines Trapez-Sprengwerks ist in Fig. 18 und Fig. 19 dargestellt. Diese Anordnungen sind für kleine Spannweiten empfehlenswert, weil Überschneidungen nicht nötig werden. In Fig. 19 liegt das Trapez-Sprengwerk unter dem Dreiecks-Sprengwerk, wobei der Druck von den Knotenpunkten des Kranzes durch Streben auf das Trapez-Sprengwerk übertragen wird. Das letztere erhält seine Steifigkeit durch den Widerstand, den die mit ihm verbundenen Streben des Dreiecks-Sprengwerks gegen Biegung leisten. In Fig. 18 liegt das Trapez-Sprengwerk über dem Dreiecks-Sprengwerk. Fig. 20 zeigt die Vereinigung eines Dreiecks-Sprengwerks mit zwei Trapez-Sprengwerken. Die von den Knotenpunkten des Kranzes, bzw. den Sprengwerksecken ausgehenden Radialzangen erzeugen die erforderliche Steifigkeit des Systems. Um Überschneidungen von Spannriegeln und Streben zu vermeiden, ordnet man zweckmäßig die einen oder die anderen doppelt an.

Fig. 21.

Warthe-Brücke bei Wronke.

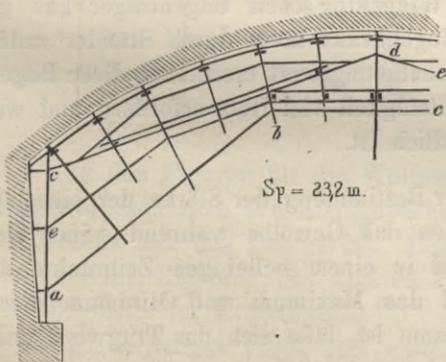
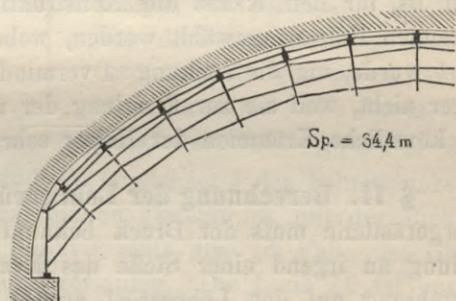


Fig. 22.

Neuilly-Brücke.



Die Anordnung von Neben-Sprengwerken findet man bei den Lehrgerüsten der Mosel-Brücke zu Pfalzeln, des Viadukts zu Comelle, der Unterführung des Lebach-Malstadter Weges (T. XVI, F. 13 u. 14) und der Warthe-Brücke zu Wronke (Fig. 21). Das letztere enthält zwei Haupt-Sprengwerke  $abc$  und  $cde$  und vier Neben-Sprengwerke, welche sich bzw. auf die Punkte  $c$ ,  $d$ ,  $e$  und  $b$  stützen. Häufig findet man auch eine Vereinigung des Trapez-Sprengwerks mit Streben- oder Ständer-Systemen. Beim Lehrgerüst des Viadukts bei Bietigheim, ebenso beim Rümmlinger Viadukt (T. XV, F. 7) sind

beispielsweise die Spannriegel so stark bemessen, daß sie den Druck der Radialstreben aufnehmen können. Hierzu gehört auch das Lehrgerüst vom Viadukt zu Münsterstadt, T. XVI, F. 4.

e. Vieleck-Sprengwerke. Diese von Perronet eingeführten Systeme (Fig. 22, S. 279), bei denen die Gewölbelaast durch eine Reihe übereinander liegender, vieleckiger, sich gegenseitig stützender Strebenkränze aufgenommen wird, erfreuten sich zu Perronet's Zeiten und später in Frankreich und anderen Ländern lange Zeit einer großen Beliebtheit. Mit ihrer Hilfe sind bekanntlich viele der bedeutendsten und kühnsten Brücken eingewölbt worden (Mantes-, Neuilly-, St. Edmunds-Brücke von 39 m bzw. 29,25 m Spannweite, auch die Stephans-Brücke auf der Brennerbahn von 41 m Spannweite). Heutzutage finden sie mit Recht keine Anwendung mehr, da die Wandelbarkeit und die aus dem außerordentlich flachen Aufsatzwinkel sämtlicher Streben herrührende starke Senkung während der Ausführung des Gewölbes sich mit den Eigenschaften eines zweckmäßiger konstruierten Gerüstes nach heutigen Ansichten nicht verträgt. In damaliger Zeit hielt man es jedoch für ein Erfordernis eines guten Lehrgerüstes, daß es während der Ausführung eine gewisse Nachgiebigkeit zeige und ordnete daher auch die Verbindungsstellen der Streben u. s. w. so an, daß eine Drehung der letzteren leicht stattfinden konnte, während man heute der entgegengesetzten Ansicht ist und deshalb auch bei Ausführung größerer Gewölbe die gesprengten Lehrgerüste, bei denen eine größere Senkung nicht zu umgehen ist, vermeidet.

Viele Ingenieure haben übrigens auch schon damals in richtiger Erkenntnis der Schwäche der Perronet'schen Konstruktion bei der Ausführung derselben zur Verhütung der Scheitelsenkung eine Unterstützung angebracht (Jena-Brücke und Dora-Brücke).

f. Gitter- und Bogenträger. Bei flachen Bogen ist die Anwendung von Gitterträgern nicht ausgeschlossen, wie solche bei der neuen London-Brücke für die ganze Öffnung und für die Invaliden-Brücke in Paris nur im mittleren, für die Schifffahrt frei zu haltenden Teil, zur Ausführung gebracht sind.

Für die Neckar-Brücke bei Cannstadt (T. VII, F. 1) und die Brücke bei Besigheim ist für den Kranz die Konstruktion der Wiebeking'schen Bogenträger aus gekrümmten Hölzern gewählt worden, wobei der Bogenkranz noch durch Ständer unterstützt wurde, um die Senkung zu vermindern. Nachahmungswert erscheinen diese Bogenträger nicht, weil sie zur Erzielung der nötigen Steifigkeit viel Holz erfordern und weil das künstliche Krümmen der Hölzer sehr umständlich ist.

**§ 14. Berechnung der Lehrgerüste.** Zur Bestimmung der Stärke der einzelnen Lehrgerüstteile muß der Druck bekannt sein, den das Gewölbe während seiner Herstellung an irgend einer Stelle des Kranzes und in einem beliebigen Zeitpunkte der Ausführung auf das Lehrgerüst ausübt. Sobald das Maximum und Minimum dieses Druckes in jedem Knotenpunkte des Kranzes bekannt ist, läßt sich das Tragwerk eines Binders ähnlich wie dasjenige einer Brücke berechnen.

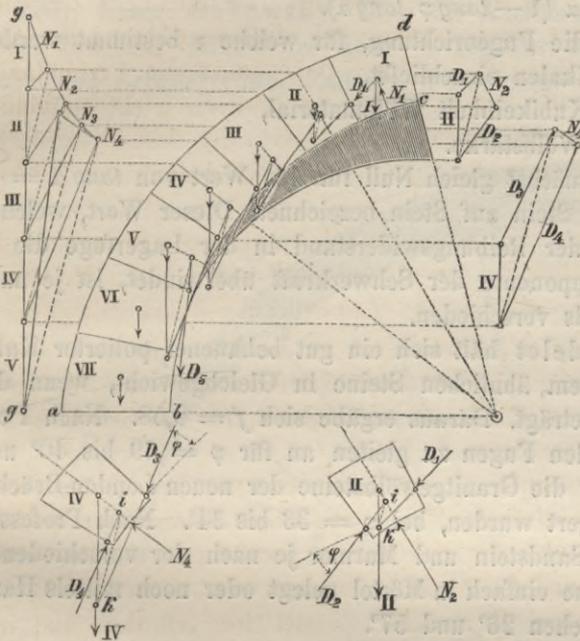
1. Der Druck auf das Lehrgerüst für einen beliebigen Gewölbeteil  $abcd$  (Fig. 23) wird auf graphischem Wege wie folgt gefunden. — Es bedeuten:

- I, II, III . . . . die in den betreffenden Schwerpunkten angreifenden Gewichte der Wölbsteine,
- $N_1, N_2, N_3, \dots$  die von den Wölbsteinen auf das Lehrgerüst ausgeübten Drücke oder die gleichgroßen Gegendrücke des Lehrgerüstes, deren Richtung senkrecht zur inneren Wölbfläche angenommen wird,

$D_1, D_2, D_3 \dots$  die Fugendrucke, deren Richtung, falls ein Gleiten der Steine aufeinander stattfindet, um den Reibungswinkel  $\varphi$  von der Normalen zur betreffenden Fugenrichtung abweicht;  $\varphi$  hat für Stein auf Stein den Mittelwert  $= 22^\circ$ .

Auf die obere Fuge  $dc$  des Wölbsteins I wirkt kein Druck, daher müssen sich für den Gleichgewichtszustand die Kräfte I,  $D_1$  und  $N_1$  nach Richtung und Gröfse zu einem Dreieck zusammensetzen lassen. Auf jeden folgenden Wölbstein — wenn derselbe auf einem unmittelbar unter ihm liegenden gleitet — wirken vier Kräfte, welche zusammen ein Kraftviereck bilden müssen. Im Kraftpolygon Fig. 23 sind das Kraftdreieck und sämtliche Kraftvierecke zusammen getragen, was möglich ist, da alle Kräfte der Richtung nach und stets zwei derselben auch der Gröfse nach gegeben sind. Die Gewichte I, II, III  $\dots$  sind auf der Kraftvertikalen  $gg$  aneinander gereiht.

Fig. 23.



Bei der Bestimmung von  $N_1, N_2, N_3 \dots$  ist zu beachten, dass von einer gewissen Fuge ab das Gleiten der Schichten aufhört und ein Kanten eintritt, nämlich sobald der Stützpunkt — d. i. der Schnittpunkt der Richtungen des Wölbsteingewichtes und des oberen Fugendrucks — außerhalb der Fuge zu liegen kommt. Wenn dieser Fall eintritt, so zeichnet man das Kraftviereck nicht mehr wie für Wölbstein II, wo die Richtung von  $D_2$  bekannt war, sondern in der Weise, dass man — wie für Wölbsteine IV — einen Stützpunkt, der ja in Wirklichkeit stets vorhanden ist, in der Nähe der inneren Laibung und einige Centimeter von letzterer entfernt, annimmt und mit Hilfe dieses Stützpunktes die Richtung von  $D_4$  festlegt.

In den Figuren für die Wölbsteine II und IV bezeichnet  $i$  den Schnittpunkt der Mittelkraft aus dem Wölbsteingewicht und dem oberen Fugendruck mit der Richtung des Drucks auf das Lehrgerüst. Durch den Punkt  $i$  muß also im Falle des Gleichgewichts die Richtung des unteren Fugendrucks verlaufen. Die Linie  $ik$  ist parallel der Diagonale im Kraftviereck.

In derjenigen Fuge, von welcher ab sich der Druck auf das Lehrgerüst zuerst negativ ergibt, ist dieser Druck gleich Null anzunehmen, weil eine Zugspannung zwischen Lehrgerüst und Gewölbe nicht auftreten kann.

Die Stützlinie im Gewölbeteil  $abcd$  ist mit Hilfe des Kraftpolygons eingezeichnet. Sie geht durch die Stützpunkte der Fugen, welche in der Figur durch kleine Kreise angedeutet sind. Dabei hat sich ergeben, dass beim IV. Wölbstein die Richtung von  $D_1$  nicht mehr um den Winkel  $\varphi$  von der Normalen zur Fugenrichtung abweicht und dass beim V. Wölbstein der Druck  $D_5$  auf die untere Fuge negativ wurde. In dieser Fuge ist also der Druck auf das Lehrgerüst gleich Null zu setzen.

2. Der größte Druck auf das Lehrgerüst wird bei derjenigen Wölbschicht stattfinden, welche die oberste der versetzten Schichten ist, denn es ergibt sich aus Vorstehendem:

- a. mit der Entfernung der Wölbschichten vom Kämpfer wächst der Druck auf das Lehrgerüst, während die Fugenpressung abnimmt;
- b. jede neu versetzte Wölbschicht bringt in der unmittelbar darunter liegenden eine Verringerung des Drucks auf das Lehrgerüst hervor.

Danach läßt sich der größte Druck für eine beliebige Stelle des Kranzes aus dem betreffenden Kraftdreieck entnehmen.

3. Die sog. centrale Druckhöhe  $z$  — d. i. der an irgend einer Stelle auf die Flächeneinheit der Schalung normal zur inneren Laibungsfläche wirkende größte Druck auf das Lehrgerüst — bestimmt sich durch Rechnung aus dem Gleichgewichtszustande der obersten Wölbschicht zu:

$$z = \gamma d \cos \alpha (1 - \tan \varphi \tan \alpha).$$

Darin ist:  $\alpha$  der Winkel, den die Fugenrichtung, für welche  $z$  bestimmt werden soll, mit der Vertikalen einschließt,  
 $\gamma$  das Gewicht der Kubikeinheit Wölbmaterial,  
 $d$  die veränderliche Wölbstärke.

Die centrale Druckhöhe wird zunächst gleich Null für den Wert von  $\tan \alpha = \frac{1}{f}$ , wenn  $f$  den Reibungskoeffizienten für Stein auf Stein bezeichnet. Dieser Wert, welchen  $\alpha$  in dem Augenblicke erreicht, wo der Reibungswiderstand in der Lagerfuge die in der Richtung derselben wirkende Komponente der Schwerkraft überwindet, ist je nach der Beschaffenheit des Gewölbmaterials verschieden.

Nach den Versuchen von Rondelet hält sich ein gut behauener polierter Kalkstein mit sehr feinem Korne auf einem ähnlichen Steine in Gleichgewicht, wenn der Reibungswinkel  $90 - \alpha = \varphi = 30^\circ$  beträgt. Daraus ergäbe sich  $f = 0,58$ . Nach Perronet fangen die Gewölbsteine auf den Fugen zu gleiten an für  $\varphi = 39$  bis  $40^\circ$  und nach Rennie, nach Ermittlungen für die Granitgewölbsteine der neuen London-Brücke, wenn sie gut, aber ohne Mörtel gelagert wurden, bei  $\varphi = 33$  bis  $34^\circ$ . Nach Professor Bukowsky's Versuchen liegt  $\varphi$  für Sandstein und Marmor je nach der verschiedenen Bearbeitung und je nachdem die Steine einfach in Mörtel gelegt oder noch mittels Hammerschlägen angedrückt wurden, zwischen  $26^\circ$  und  $57^\circ$ .

Für die Praxis wird man für  $\varphi$  einen Mittelwert annehmen, bei welchem man Sicherheit hat, daß ein Versetzen der Wölbsteine ohne Unterstützung durch das Lehrgerüst noch möglich ist. Dieser Mittelwert ist  $\varphi = 22^\circ$  oder  $\alpha = 68^\circ$ , woraus sich  $f = 0,4$  ergibt.

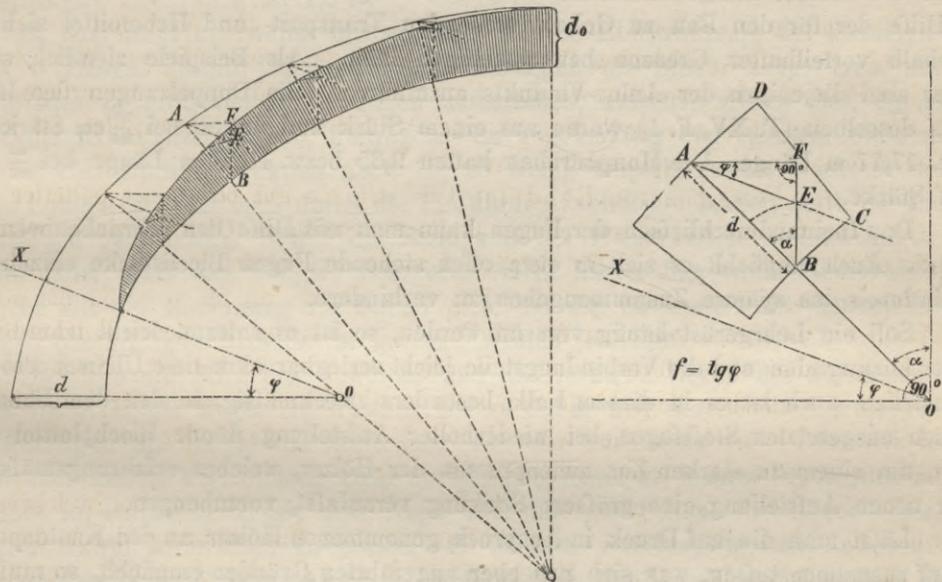
Das Maximum der centralen Druckhöhe wird im Scheitel erreicht für  $\alpha = 0$ . Dies gibt  $z_{\max} = \gamma d_0$ , wenn  $d_0$  die Scheitelstärke bezeichnet.

Die graphische Ermittlung der centralen Druckhöhe ist in Fig. 24 (S. 283) dargestellt. Man lege zuerst diejenige Fugenrichtung  $OX$  fest, welche mit der Horizontalen den Winkel  $\varphi$  einschließt. In dieser Fuge ist die centrale Druckhöhe gleich Null. Man zerlege alsdann die Laibungslinie durch radiale Fugenlinien in beliebige Teile und ziehe von dem in der äußeren Laibungslinie liegenden Punkte  $A$  einer beliebigen Fugenlinie  $AB$  eine Parallele zur  $OX$ , welche die durch  $B$  gelegte Vertikale in  $E$  schneidet. Dann ist die Strecke  $BE$ , multipliziert mit  $\gamma$ , gleich der centralen Druckhöhe  $z$ , welche auf der  $AB$  abgetragen werden kann. Denn es ist:

$$BE = BF - EF = d \cos \alpha (1 - \tan \varphi \tan \alpha).$$

4. Die Bestimmungen der Spannungen in den einzelnen Teilen des Lehrgerüsts bzw. die Ermittlung ihrer Abmessungen läßt sich bei den Schalhölzern, den Kranzhölzern und bei einfachen Stützen mit Hilfe bekannter Sätze der Festigkeitslehre bewerkstelligen und es wird hierauf in § 16 näher eingegangen werden. Auch gewöhnliche Sprengwerke lassen sich unter Anwendung der Sätze von der Kräftezerlegung mit hinreichender Schärfe berechnen. Dagegen gilt von verwickelteren Anordnungen das, was auf S. 86 von den zusammengesetzten Trägern im allgemeinen gesagt ist und es sollten dieselben aus den dort angegebenen Gründen thunlichst vermieden werden. Vorkommendenfalls muß man über die Verteilung der Drücke auf die einzelnen Stützen und Sprengwerke mehr oder minder gewagte Annahmen machen. — Auf Einzelheiten der Berechnungen kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden; durchgeführte Beispiele findet man u. a. bei Winkler. Lehrgerüste steinerner Brücken (Wien 1875) und in der Beschreibung der Striegisthal-Überbrückung (Zeitschr. f. Bauw. 1869, S. 220); ferner: Bukowsky. Über die Ausführung der Lehrgerüste für gewölbte steinerne Brücken. Mitteil. des Arch.- u. Ing.-Ver. für Böhmen. 1870, S. 49 und Wilke. Lehr- und Arbeitsgerüste. Zeitschr. f. Bauhandw. 1879, S. 137.

Fig. 24.



§ 15. Konstruktion der Lehrgerüste.

1. Die Theorie lehrt, daß es bei Anordnung der Konstruktionsteile im allgemeinen zweckmäßig ist, um Zug- oder Biegungsspannungen in den Hölzern zu vermeiden, den in den Knotenpunkten der Kranzhölzer angreifenden Streben eine radiale Richtung zu geben. Da der centrale Druck nach dem Scheitel hin wächst, so müssen bei Annahme gleich starker Kranzhölzer, die Knotenpunkte in der Nähe des Scheitels näher aneinander liegen, als am Widerlager und bei Annahme gleicher Knotenpunkt-Entfernungen die Stärken der Kranzhölzer verschieden ausfallen. Jedenfalls darf die Länge der Kranzhölzer aber nicht zu groß bemessen werden, da von der Widerstandsfähigkeit der auf Biegung in Anspruch genommenen Hölzer vornehmlich die Unwandelbarkeit der Konstruktion abhängig ist.

Aus letzterem Grunde ist auch die Anzahl der übrigen auf Biegung beanspruchten Hölzer (Zangen, Fetten und Balken) zu beschränken, jedoch darf mit der Anbringung dieser Hölzer, wo sie am Platze sind, wiederum nicht gekargt werden, da sie z. B. einer Hebung des Lehrgerüstscheitels während des Wölbens unter dem Drucke der anfänglich versetzten Steine entgegenarbeiten und bei gesprengten Lehrgerüsten den von den Streben auf die Stützpunkte ausgeübten Horizontalschub aufheben oder verringern.

2. Die Verbindungen der Hölzer, namentlich da, wo mehrere derselben aus verschiedenen Richtungen zusammentreffen, sind mit größter Sorgfalt anzufertigen, damit eine regelrechte Übertragung der Pressungen nicht allein in jedem Lehrbogen stattfindet, sondern auch jeder Lehrbogen in gleicher Weise trägt. Das Zusammenstoßen von Hirnholz und Langholz ist deshalb möglichst zu vermeiden.

Da das Setzen des Lehrbogens vornehmlich in den Verbindungsstellen stattfindet, so muß man erstens die Anzahl der Verbandteile zu beschränken suchen und zweitens Mittel anwenden, um ein sattes Schließen aller Verbandfugen zu erzwingen. Durch Verwendung möglichst langer Hölzer, die jedoch stark genug sein müssen, um vorkommenden Biegungseinflüssen widerstehen zu können, kann man die Anzahl der Verbindungsstellen einschränken, jedoch darf man auch hierbei nicht zu weit gehen, da nur Hölzer von solcher Länge und Stärke in Anwendung kommen dürfen, deren Hantierung mit Hilfe der für den Bau zu Gebote stehenden Transport- und Hebemittel sich noch innerhalb vorteilhafter Grenzen bewerkstelligen läßt. Als Beispiele ziemlich starker Hölzer sind diejenigen des Aulne-Viadukts anzuführen. Die Doppelzangen des Lehrgerüsts desselben (T. XV, F. 1) waren aus einem Stück und hatten bei  $\frac{30}{20}$  cm Stärke 13,9 bzw. 17,77 m Länge. Die Hauptstreben hatten 9,35 bzw. 10,55 m Länge bei  $\frac{30}{27}$  bzw.  $\frac{35}{27}$  cm Stärke.

Das Ineinanderschließen der Fugen kann man mit Hilfe von Schraubenbolzen befördern. Auch empfiehlt es sich in etwa offen stehende Fugen Blechstücke einzutreiben, um dadurch das spätere Zusammengehen zu verhindern.

Soll ein Lehrgerüst häufig versetzt werden, so ist es ratsam, leicht transportable Hölzer anzuwenden und die Verbindungsteile leicht zerlegbar ohne tiefe Überschneidungen herzustellen, auch ist es in diesem Falle besonders zweckmäßig, in den dem Druck am meisten ausgesetzten Stofsugen bei wiederholter Aufstellung dünne Blechplatten einzulegen, um einem zu starken Zusammenpressen der Hölzer, welches erfahrungsmäßig bei jeder neuen Aufstellung eine größere Senkung veranlaßt, vorzubeugen.

Läßt man die auf Druck in Anspruch genommenen Hölzer an den Knotenpunkten stumpf zusammenstoßen, was sich aus eben angeführten Gründen empfiehlt, so muß man dieselben jedenfalls durch Anbringung starker Laschen aus Bohlenstücken oder durch Schrauben und Spitzklammern gegen seitliches Ausweichen sichern.

3. Als Hauptstützpunkte der Binder können bei freitragenden Systemen Vorsprünge an Pfeilern oder Widerlagern, oder wenn das betreffende Bauwerk nicht zu hoch ist, Fundamentabsätze benutzt werden. Man krägt zu diesem Zwecke in Pfeilern oder Widerlagern auch besondere Hilfsquader aus, welche nach Vollendung des Gewölbes abgearbeitet werden. Diese Auskragungen sind aber während des Baues vor Beschädigungen sorgfältig zu behüten. Auch horizontal durch die Pfeiler gesteckte Schienen, die nach Beendigung des Baues leicht wieder entfernt werden können, gewähren für gesprengte Konstruktionen sichere Stützpunkte.

Die Zwischenstützpunkte für feste Lehrgerüstsysteme bestehen in der Regel aus eingerammten Pfählen, selten, nur bei bedeutenden Spannweiten, aus gemauerten Pfeilern

(Chester-Brücke, Cabin-John-Brücke, Brücke von Crespano, große Brücken der Brenner-Bahn u. s. w.). Die Pfähle werden je nach Bedarf in verschiedenen Höhen abgeschnitten, jedoch mindestens so hoch belassen, daß die Möglichkeit bleibt, sie später wieder ausziehen. Die einzelnen Pfahlreihen oder Pfahlgruppen werden zu einem Joche vereinigt und durch Zangen und Streben gegen seitliche Verschiebungen versichert, s. T. XVI, F. 16, 17, 19.

Bei Bauten auf dem Lande können auch, falls der gewachsene Boden unter der zu überwölbenden Öffnung tragfähig genug ist, anstatt der eingerammten Pfähle Schwellenstapel (Klotzlager) zur Unterstützung in Anwendung kommen (T. XVI, F. 6). Diese Schwellenstapel müssen der Terrainhöhe entsprechend so angeordnet werden, daß die untersten Schwellen etwas in den gewachsenen Boden eingegraben liegen und eine genügend große Grundfläche bedecken, damit die Belastung des Bodens noch innerhalb zulässiger Grenzen sich bewegt. — Probelastungen der Pfahlreihen vor Aufstellung des Gerüstes sind zu empfehlen.

4. Die vorteilhafteste Entfernung der Lehrbogen von einander läßt sich theoretisch nicht feststellen. Dieselbe bewegt sich zwischen 1 und 2 m, von Mitte zu Mitte gemessen. Größere oder geringere Entfernungen kommen vor, wie Tabelle II nachweist; die beliebteste Entfernung ist 1,5 m.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß manche Konstrukteure bei kleineren Weiten es vorziehen, anstatt jeden einzelnen Lehrbogen als Binder anzuordnen, nur einzelne Binder in größeren Entfernungen aufzustellen, zwischen denen sich die Fellen, welche die Kranzhölzer stützen, freitragen. So zweckmäßig und sparsam diese Anordnung für eine Dachkonstruktion auch ist, so wenig empfehlenswert erscheint dieselbe für ein Lehrgerüst, weil man durch die Einführung zahlreicher langer, stark auf Biegung in Anspruch genommener Hölzer die Steifigkeit der Konstruktion beeinträchtigt. Man beachte daher, daß das billigste Lehrgerüst nicht immer das widerstandsfähigste ist, und gehe mit der Entfernung der Binder nicht auf das äußerste Maß. Jedenfalls wäre die eben beschriebene Methode für größere Weiten fehlerhaft.

Zwischen der Stirn des Gewölbes und der vorderen Ebene des äußersten Lehrbogens bleibt in der Regel ein Abstand bis zu 0,5 m und die Schalhälzer ragen über den Lehrbogen bis auf 0,05 m Entfernung von der Stirnfläche vor. Über die letztere sollten auch andere Verbandteile nicht vorspringen, damit die Maurer bei Ausführung des Gewölbes im Stande sind, mit dem Auge oder mit der Schnur die Ebene einer oder mehrerer Gewölbstirnflächen zu prüfen. Es ist nicht zweckmäßig, die äußeren Lehrbogen zu nahe an die Stirn zu rücken, weil alsdann der Druck auf denselben kleiner ist, als auf die übrigen Lehrbogen, sodaß ein ungleichmäßiges Setzen stattfinden muß.

Der richtige Abstand der Lehrbogen von einander wird außer durch die Schalung noch durch Querverbindungen gesichert, welche gleichzeitig der ganzen Konstruktion die nötige Festigkeit gegen Winddruck verleihen. Bei großen und besonders bei hohen Bauwerken müssen jedoch noch besondere Verstreben gegen Winddruck bzw. gegen Sturmwinde angebracht werden. Diese Verstreben befinden sich in der Regel in Form von Andreaskreuzen senkrecht zur Gewölbstirn in vertikalen und auch geneigten oder horizontalen Ebenen der Hauptkonstruktionsteile. (Vergl. Beschreibung des Lehrgerüstes vom Aulne-Viadukt in § 17.) Außer diesen Verstreben sind noch diejenigen zu erwähnen, welche den Zweck erfüllen, besonders lange Hölzer gegen seitliche Ausbiegung zu schützen. In der Regel liegen diese Verstreben in der Ebene der Hölzer, senkrecht zur Binderfläche und bestehen ebenfalls in Zangen in Verbindung mit Andreaskreuzen.

Bei schiefen Gewölben entsteht die Frage, ob die Lehrbogen senkrecht zur Achse des Gewölbes oder parallel zur Stirnfläche gestellt werden sollen. Das erstere ist das einfachere, weil die Lehrbogen eine kleinere Spannweite erhalten und unter Umständen nach einem Kreisbogen konstruiert werden können, während die parallel zur Stirn gestellten Lehrbogen alsdann nach einer Ellipse zu konstruieren sind. Allein bei der normalen Stellung wird der Druck auf die äußeren Lehrbogen sehr unregelmäßig verteilt, was störende Formänderungen zur Folge haben kann. Bei größeren Spannweiten ist es daher ratsam, die Lehrbogen parallel zur Stirnfläche zu stellen.

5. Die Vorrichtungen für die Ausrüstung sind womöglich über dem höchsten Wasserstande anzubringen und ferner unmittelbar unter dem zu senkenden Oberteil des Lehrgerüsts in die Achsen der Stützpunkte so zu stellen, daß unnötige Biegungsspannungen in den unteren Konstruktionsteilen in der Nähe der Ausrüstungsvorrichtungen vermieden werden. Die allgemeiner gebräuchlichen Mittel zum Ausrüsten sind Keile, Schrauben und Sandtöpfe. In einzelnen Fällen sind auch schiefe Ebenen, Verbindungen von Schrauben und Sandtöpfen, Excentriks u. dergl. in Anwendung gekommen. Die nähere Beschreibung dieser Vorrichtungen folgt in § 25.

6. In betreff der Abmessungen der einzelnen Konstruktionsteile steht im allgemeinen fest, daß Stärken voller Hölzer für Ständer, Balken, Streben über 35 cm selbst bei den bedeutendsten Konstruktionen zu den Seltenheiten gehören; in der Regel geht die Stärke nicht über 30 cm, nicht unter 15 cm; größte Höhe der Kranzhölzer selten über 45 cm; Schalbretter für Ziegel 4 bis 6 cm, Schalhölzer für Werksteine  $\frac{10}{15}$  bis  $\frac{15}{15}$  cm.

Bei der Bestimmung des Holzbedarfs für Lehrgerüste verschiedener Spannweiten können die in nachstehender Tabelle II (S. 287) zusammengestellten Ergebnisse als Anhalt dienen. Zu dieser Tabelle muß bemerkt werden, daß die Zahlen der vorletzten Spalte den Holzbedarf (inkl. Schalung und Unterstützung) pro laufenden Meter der Gerüstbreite angeben, wenn dieselbe von Mitte zu Mitte der äußersten Binder gemessen wird. Diese Zahlen können bei überschläglichen Berechnungen auch genau genug pro laufenden Meter Gewölbetiefe gelten. Die aus der letzten Spalte zu entnehmenden Zahlen haben besonderen Wert, da dieselben darthun, daß die Gesamtmasse des Holzwerks verschiedener Lehrgerüste in nahezu konstantem Verhältnisse zur Masse der zugehörigen Gewölbe steht. Man wird nicht fehlgreifen, wenn man danach für die Mehrzahl der vorkommenden Fälle den Holzbedarf pro cbm Gewölbemasse durchschnittlich zu  $\frac{1}{3}$  cbm annimmt. Für Konstruktionen mit weitgestellten Bindern dürfte mindestens  $\frac{1}{5}$  cbm erforderlich sein. Für feste Gerüste hoher Viadukte, bei denen das meiste Holz in der festen Unterstützung sitzt, müssen natürlich größere Sätze zur Berechnung kommen.

In betreff der Verwendung des Eisens für die Konstruktion der Lehrgerüste ist schließlichsch noch zu bemerken, daß dieselbe, mit Ausnahme weniger Fälle, sich fast nur auf die Anwendung von Gußeisen für eiserne Schuhe, Ausrüstungsgegenstände u. dergl. und von Schmiedeeisen für Zug- und Hängeisen beschränkt hat. Ganz eiserne Lehrgerüste, aus Gußeisen konstruiert, sind soweit bekannt nur in Frankreich für kleinere Gewölbe in Tunnelform und solche ganz aus Schmiedeeisen erst in neuester Zeit in Amerika und England zur Ausführung gekommen. In der Regel begnügt man sich damit, den Kranz der Lehrbogen als Blechbogenträger herzustellen, das übrige Tragwerk wird in Holz ausgeführt.<sup>27)</sup>

<sup>27)</sup> Man vergleiche: Nouv. ann. de la constr. 1868, S. 91. Debar. Note sur un cintre retroussé avec entrain en fer. — Scientific American 1877. Suppl. Nov. S. 1541. Brücke über den Medway zu Maidstone. — Wochenschr. des österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1885, S. 104. Die Putney-Brücke in London.

Tabelle II.  
Kubikinhalte des Holzes ausgeführter Lehrgerüste.

Name des Bauwerks.	Gewölbe		Lehrgerüst.					Bemerkungen.	
	Spannweite m	Pfeil m	Anzahl der Stützpunkte eines Binders Binderfelder	Entfernung der Binder von Mitte zu Mitte	Inhalt des Holzwerkzeugs im ganzen	pro lauf. m Binderfeld	pro cbm Gewölbmasse		
<b>1. Freitragende Lehrgerüste.</b>									
1. Wege-Unterführung (Rhein. Eisenbahn <sup>1)</sup> )	6,50	5,50	2	12	1,25	15	1,0	0,14	T. XVI, F. 2.
2. Marnheimer Viadukt (Pfälzische Ludwigsbahn)	7,00	3,50	2	5	1,03	18	3,5	0,38	T. XVI, F. 1.
3. Indre-Viadukt (Eisenbahn Tours-Bordeaux)	9,80	4,90	2	5	1,65	28	3,4	0,28	T. XV, F. 5.
4. Viadukt auf dem Bastillenplatz (Eisenbahn Paris-Vincennes <sup>2)</sup> )	10,00	5,00	2	7	$\frac{1,33}{1,37}$	56	5,8	0,44	T. XIII, F. 10.
5. Enz-Viadukt bei Bietigheim (Württembergische Staats-Eisenbahn)	11,50	5,75	2	5	1,34	32	4,8	0,27	
6. Viadukt bei Ottersweiler (Eisenbahn Zabern-Wasselnheim)	12,00	6,00	2	4	1,95	26	3,3	0,22	
7. Solémy-Viadukt (Bourbon.-Eisenbahn)	12,00	6,00	2	5	1,37	36	5,3	0,26	T. XIV, F. 1.
8. Fure-Viadukt (Eisenbahn Saint-Rambert-Grenoble)	14,00	7,00	2	5	1,50	45	6,0	0,32	T. XVI, F. 12.
9. Dinan-Viadukt in der Bretagne	16,00	8,00	2	5	1,01	43	8,6	0,40	
10. Wegeüberführung (Lehbach-Mahlstatt, Saarbrücken-Trierer Eisenbahn)	18,00	9,00	2	5	1,40	47	6,8	0,20	T. XVI, F. 14.
11. Comelle-Viadukt (Eisenbahn Paris-Creil)	19,00	9,50	2	5	1,50	70	9,3	0,25	T. XVI, F. 13.
12. Aulne-Viadukt (Eisenbahn Châteaulin-Landerneau)	22,00	11,00	2	5	1,60	106	13,2	0,28	T. XV, F. 1.
13. Moselbrücke bei Pfalzel (Moselbahn)	22,00	4,85	2	7	1,00	87	12,4	0,34	T. XVI, F. 15.
14. Warthe-Brücke bei Wronke (Stargard-Posener Eisenbahn)	23,22	4,39	2	5	1,56	94	11,8	0,32	
<b>2. Fest unterstützte Lehrgerüste.</b>									
15. Viadukt der Berliner Stadt-Eisenbahn	8,00	1,35	4	4	3,45	21	1,5	0,30	
16. Viadukt bei Münnersstadt (Schweinfurt-Meiningener Eisenbahn)	10,00	5,00	5	2	3,50	22	3,1	0,20	T. XVI, F. 4.
17. Viadukt der Berliner Stadt-Eisenbahn	10,00	2,22	4	4	3,45	27	2,0	0,34	F. 3.
18. Viadukt der Berliner Stadt-Eisenbahn	12,00	2,40	4	4	3,45	33	2,4	0,22	F. 6.
19. Wegeüberführung (Rhein. Eisenbahn)	12,00	3,00	3	4	1,30	14	2,8	0,20	F. 5.
20. Wegeüberführung (Rhein. Eisenbahn)	14,58	4,36	4	4	1,00	14	3,5	0,20	F. 9.
21. Oker-Brücke bei Oker (Eisenbahn Vienenburg-Goslar)	14,60	7,30	3	3	1,41	27	6,4	0,30	} Ähnlich wie T. XVI, F. 5.
22. Straßsenunterführung zu Hannover (Hannov. Staats-Eisenbahn)	15,00	2,00	5	24	1,30	99	3,2	0,30	F. 15.
23. Brücke St. Michel zu Paris <sup>3)</sup>	17,26	6,50	4	15	2,03	283	9,3	0,42	
24. Schiffahrtskanal-Brücke (Berliner Stadt-Eisenbahn)	24,00	6,75	6	5	2,80	126	9,0	0,22	F. 17.
25. Rhône-Brücke zu Lyon (Eisenbahn Lyon-Avignon)	30,00	4,30	7	5	1,50	124	16,5	0,26	} Gewöhnliche Öffnung.
26. Rhône-Brücke zu Lyon (Eisenbahn Lyon-Avignon)	30,00	4,30	4	6	1,28	180	23,3	0,38	} Schiffahrts-Öffnung.
27. Wälditobel-Brücke der Arlbergbahn bei Klösterle	41,00	13,23	9	4	1,39	180 <sup>4)</sup>	32,4	0,28	T. XV, F. 4.
28. Viadukt bei Nogent-sur-Marne (Eisenbahn Paris-Mühlhausen)	50,00	25,00	9	6	$\frac{0,95}{1,70}$	623	71,6	0,36	
29. Straßsen-Brücke bei Claix über den Drac bei Grenoble	50,00	7,40	6	5	1,50	266	35,5	0,26	

<sup>1)</sup> Das Gewölbe hat die Form der Drucklinie.

<sup>2)</sup> Die Dimensionen der Hölzer sind reichlich bemessen (Stärke bis 35 cm).

<sup>3)</sup> Starke Dimensionen der Hölzer, zum Teil über 35 cm.

<sup>4)</sup> Außerdem 4 t Eisen.

§ 16. Verbindung und Stärke der Lehrgerüstteile.

1. Die Schalung liegt über den Kranzhölzern und besteht bei Gewölben aus Ziegeln und kleinen Bruch- oder Werksteinen in der Regel aus 4 bis 6 cm starken, mit 2 bis 4 cm Zwischenraum gelegten Latten, die sich von Lehrbogen zu Lehrbogen freitragen, bei Gewölben aus großen Steinen aber nur aus einzelnen stärkeren Schalhölzern, die gewöhnlich in der Mitte der Wölbsteine und in Zwischenräumen liegen, welche kleiner sind als die Steindicke. Man stellt jedoch auch bei der letztgenannten Gewölbeart mitunter durch Benagelung mit dünnen biegsamen Latten über den Schalhölzern eine ununterbrochene Fläche her, wodurch die Bequemlichkeit des Versetzens erhöht wird.

Bezeichnet man die Breite und Höhe der Schalhölzer mit  $b$  und  $h$ , ihren Abstand mit  $e$ , die Binder-Entfernung mit  $a$ , die Wölbstärke mit  $d$ , das Gewicht der Volumeneinheit des Wölbmaterials mit  $\gamma$  und die zulässige Inanspruchnahme für Holz mit  $k$ , so erhält man:

$$k = \frac{3}{4} \frac{\gamma d e a^2}{b h^2}.$$

Setzt man  $e = \varepsilon b$ ,  $\gamma = 0,0026$  kg f. d. cbcm,  $k = 60$  kg f. d. qcm, so wird:

$$h = 0,0057 a \sqrt{\varepsilon d}.$$

Man kann etwa setzen:

Ziegelgewölbe . . . . .	$\varepsilon = 1,0$	$b = 2,0 h$
Bruchsteingewölbe . . . . .	$\varepsilon = 1,8$	$b = 1,5 h$
Quadergewölbe . . . . .	$\varepsilon = 2,5$	$b = 1,0 h$ .

Dann ergibt sich in runden Zahlen:

Wölbmaterial	$d = 40$ cm		$d = 60$ cm		$d = 80$ cm		$d = 100$ cm	
	$b$	$h$	$b$	$h$	$b$	$h$	$b$	$h$
Ziegel . . . . .	9	5	12	6	14	7	16	8 cm
Bruchsteine . . . . .	9	6	12	8	13	9	15	10 „
Quader . . . . .	7	7	9	9	10	10	12	12 „

Fig. 25.

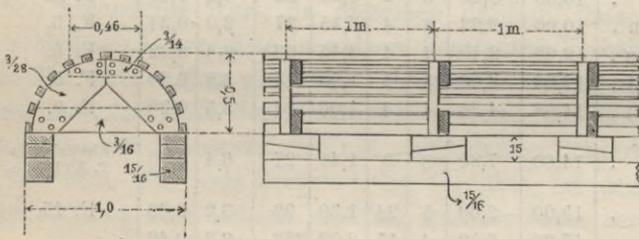
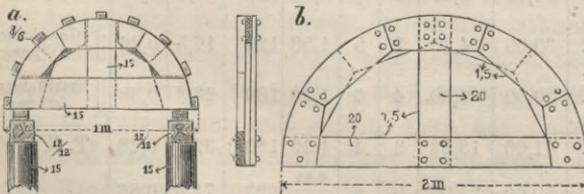


Fig. 26.



An diese Zahlen sich ängstlich zu halten, wäre unnötig, es ist vielmehr häufig auf die im Handel vorkommenden Dicken der Hölzer Rücksicht zu nehmen. Gewöhnlich macht man sämtliche Schalhölzer gleich stark. Bei großen Spannweiten kann es aber ratsam erscheinen, die Dicke vom Scheitel nach den Kämpfern sprungweise abnehmen zu lassen, wobei zwei oder drei verschiedene Dicken in Anwendung zu bringen wären; man kann aber in solchem Falle auch, wie bereits erwähnt, die Entfernung

der Schalhölzer von einander veränderlich annehmen.

3. Der Kranz wird bei kleinen Spannweiten aus einer Bohle geschnitten (Fig. 25 und T. XVI, F. 8), oder aus mehreren Bohlenlagen zusammengesetzt (Fig. 26). Zwischen

die Hirnflächen der einzelnen Bohlenstücke werden zuweilen dünne Blechstücke eingelegt, um das gegenseitige Eindringen der Fasern zu verhindern.

Bei größeren Spannweiten setzt man den Kranz aus stärkeren Hölzern — den Kranzhölzern — zusammen. Bei starker Krümmung bildet man, um die Anwendung zu hoher Hölzer zu umgehen, das Kranzholz aus zwei Teilen, einem geraden und einem gekrümmten (T. XVI, F. 3).

Bezeichnet  $b_1$  die Breite,  $h_1$  die Höhe,  $a$  den Abstand der Kränze,  $d$  die Wölbstärke und  $s$  die Länge, auf welcher das Kranzholz frei liegt, so erhält man, wenn nur der größte Druck im Scheitel in Betracht gezogen wird:

$$k = \frac{3}{4} \frac{\gamma d a s^2}{b_1 h_1^2}.$$

Setzt man  $h_1 = \beta b_1$ , ferner  $\gamma = 0,0026 \text{ kg f. d. cbem}$ ,  $k = 120 \text{ kg f. d. qcm}$ , so wird:

$$h_1 = 0,0253 \sqrt{\beta d a s^2}.$$

Hierbei ist  $\beta = 1,0$  bis  $1,6$ ,  $a = 100$  bis  $200 \text{ cm}$ , im Mittel  $= 1,30 \text{ cm}$ ,  $s = 130$  bis  $300 \text{ cm}$ , im Mittel  $= 200 \text{ cm}$  zu nehmen.

Für  $a = 130$ ,  $s = 200$  wird:

$$h_1 = 4,39 \sqrt[3]{\beta d}.$$

Danach ergibt sich in runden Zahlen:

$d$	$\beta = 1,0$		$\beta = 1,3$		$\beta = 1,6$		cm
	$b_1$	$h_1$	$b_1$	$h_1$	$b_1$	$h_1$	
40	15	15	13	16	11	18	"
60	17	17	14	19	13	20	"
80	19	19	16	21	14	22	"
100	20	20	17	22	15	24	"

Die hiernach berechnete Höhe  $h_1$  ist als die kleinste Höhe in der Mitte zwischen zwei Stützpunkten der Kranzhölzer anzunehmen.

4. Die Streben (Ständer). Haben die Streben einen gleichen Abstand von einander, so nimmt der Druck auf dieselben vom Scheitel nach den Kämpfern hin ab. Um allen Streben demnach eine gleiche Stärke geben zu können, erscheint es ratsam, ihren Abstand von einander veränderlich zu machen, wodurch auch eine gleichmäßigeren Beanspruchung der Kranzhölzer eintritt. Bei den ausgeführten Lehrgerüsten findet man indessen meist einen gleichen Strebenabstand, weil derselbe eine größere Gleichmäßigkeit in der Gesamtanordnung des Lehrgerüstes zulässt.

Bei Abmessung des Streben-Querschnitts ist die Knickfestigkeit in Rechnung zu ziehen, und auf Schwächung durch Bolzenlöcher und Überschneidungen in geeigneter Weise Rücksicht zu nehmen.

Nach Winkler kann man (für Holz) annähernd setzen:

$$\beta = 1,0 \quad h = 4 + 0,10 d + 0,02 c \text{ in cm}$$

$$\beta = 0,5 \quad h = 4 + 0,05 d + 0,02 c \text{ in cm,}$$

wenn  $\beta b = h$  und  $c$  die (für Knicken) freie Länge der Strebe ist.

Wenn die Hölzer doppelt angeordnet sind, so ist bei der Berechnung für jedes einzelne Holz  $d$  nur gleich der halben Wölbstärke anzusetzen.

5. Verbindung des Kranzes mit den Streben (Ständern). Wenn sowohl Kranzhölzer als Streben aus einem Stücke bestehen, so giebt man den Streben schwalbenschwanzförmige Enden (Fig. 27). Um eine seitliche Verschiebung zu hindern, giebt man wohl dem Schwalbenschwanz kurze Zapfen (Fig. 27 a), jedoch sind diese nicht

unbedingt nötig, wenn man beide Kranzhölzer durch Klammern (Fig. 27 *b*) oder Bänder und Schrauben verbindet. Statt dieser Verbindung schneidet man wohl auch an die Streben ganze Zapfen an, welche von den an die Kranzholzenden geschnittenen Klauen umfaßt werden (Fig. 28 *a*).

Fig. 27.

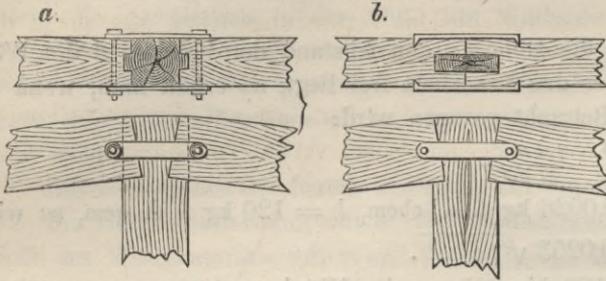


Fig. 28.

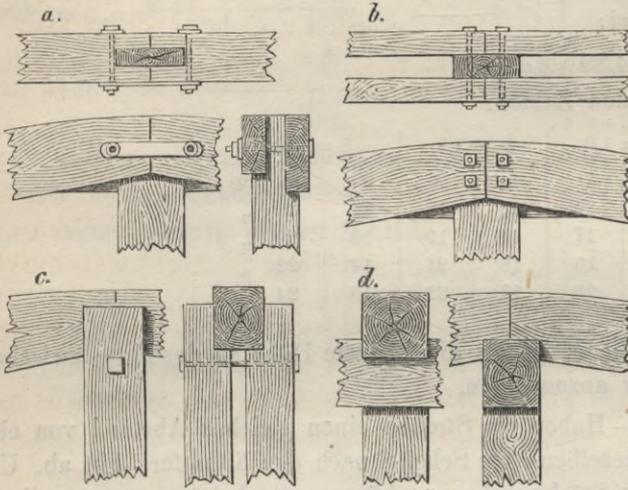
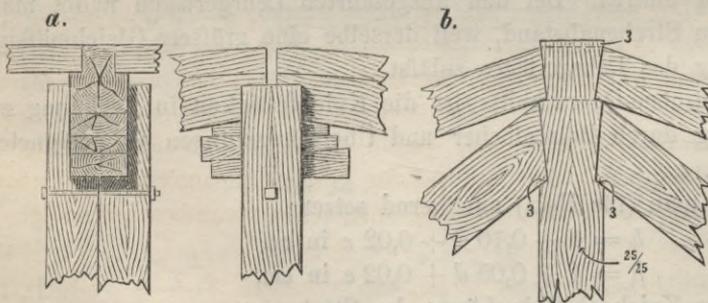


Fig. 29.



Zweiteilige Streben werden mit dem Kranze am besten durch Blattzapfen unter Zuhilfenahme von Schraubenbolzen verbunden (Fig. 28 *c*).

Die Anordnung Fig. 28 *d*, bei welcher über den Streben Holme liegen, die eine Verbindung aller Binder unter einander bezwecken, ist wenig gebräuchlich. Noch seltener findet man die Anordnung Fig. 29, bei welcher zwischen die Streben und die Kranzhölzer Keile eingeschaltet sind, die teils zum Justieren, teils zum Ausrüsten dienen sollen.

Wenig empfehlenswert erscheint die einseitige seitliche Anblattung der Streben an den Kranz (T. XVI, F. 16), da eine während der Ausführung etwa durch plötzlich Aufsetzen eines schweren Quaders übertragene Stosswirkung wegen des Drehmomentes an der Verbindungsstelle letztere zu zerstören droht. Die Streben sollen in der Achse der Druckrichtung liegen und sollen, wenn sie mit Zapfen oder stumpf gegen den Kranz treten, nötigenfalls unter Zuhilfenahme von eisernen Schuhen fest mit demselben vereinigt werden. Will man aber eine Verbindung der Streben mit dem Kranze durch Anblattung ausführen, so muß man die ersteren doppelt nehmen (Fig. 28 *c*).

Besteht der Kranz aus mehreren Bohlenlagen, so wird bei einfachen Streben eine Verbindung mittels Zapfen vorgenommen; bei einer Zusammensetzung aus zwei Lagen kann man die Zapfenlöcher sparen, wenn man den Teilen einen der Zapfendicke gleichen Abstand gibt (Fig. 28 *b*). Bei einer Zusammensetzung aus drei Lagen sind die Zapfenlöcher in der mittleren Lage auszusparen.

6. Andere Verbindungen. Die Streben werden, wenn die Lehrbögen im ganzen transportabel sein sollen, mit der Schwelle fest verbunden; bei einfachen Streben durch einfache, bei Doppelstreben durch Blattzapfen. Bei Lehrbögen, die an Ort und Stelle abgebunden werden, kann bei einfachen Streben die Verzapfung durch Eisenwerk ersetzt werden. Dagegen ist eine Versatzung in der Regel unentbehrlich.

In Fig. 29 *b* und in Fig. 30 sind verschiedene Verbindungsstellen gezeichnet, diese Figuren sind ohne besondere Erläuterung verständlich.

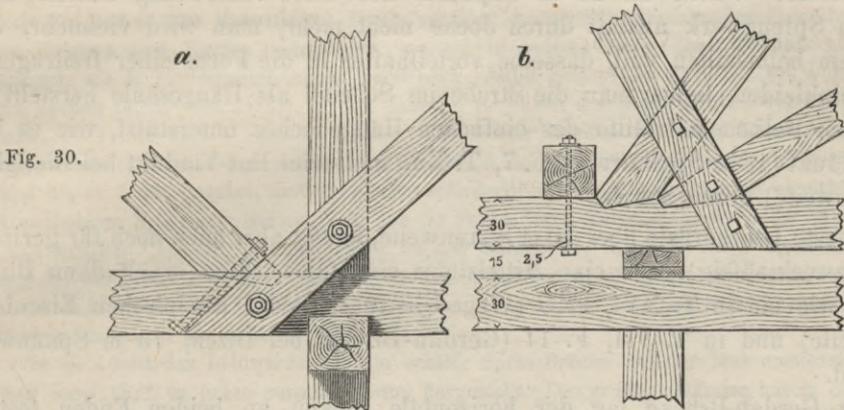


Fig. 30.

## § 17. Beispiele ausgeführter Lehrgerüste.

I. Feste Systeme. Die älteren bekannten festen Lehrgerüst-Systeme unterscheiden sich von den heutzutage in Anwendung kommenden, auf T. XVI verzeichneten Konstruktionen nicht wesentlich. Schon der berühmte englische Ingenieur Smeaton<sup>28)</sup> benutzte das in F. 19 dargestellte einfache Streben-System.

1. Das in der bezeichneten Figur vorgeführte Beispiel dieses Systems ist vom Bau der Wegebrücke über die Erft bei Grimlingshausen entnommen. Das Gewölbe hat 21,97 m Spannweite bei 3,77 m Pfeil.

Die Radialstreben eines Binders, welche sich sämtlich mit Zapfen in einen horizontalen Balken einsetzen, treten bis unter die Schalung, liegen daselbst etwa 1 m von einander entfernt und sind mit den zu beiden Seiten liegenden Kranzhölzern durch Schrauben verbunden. Zur Unterstützung der Binder des Gerüsts dienen sieben Pfahljoche, welche in 3,45 m Entfernung von Mitte zu Mitte stehen. Die erforderliche Dreiecksbildung ist in jedem Binder in der Stirnfläche durch zwei Paar schrägliegende Doppelzangen erzielt, welche sämtliche Radialstreben und den Balken mit Überblattung umfassen, während senkrecht zur Stirn eine Verstrebung durch zwei Paar Andreaskreuze bewirkt worden ist.

Man wird das System der Radialstreben, wie bereits S. 276 erwähnt wurde, in so einfacher Weise nur für kleine Spannweiten und für grössere Spannweiten nur dann durchführen können, wenn man in der Anzahl der Stützpunkte nicht beschränkt ist.

2. In welcher Weise man dasselbe unter Zuhilfenahme eines Sprengwerks in der festen Unterstützung zur Ausführung bringen kann, zeigt das Gerüst vom Viadukt bei Münsterstadt auf der Schweinfurt-Meiningener Eisenbahn (Halbkreisbogen von 10 m Spannweite) F. 4.

Der bewegliche Teil besteht aus zwei 3,5 m weiten Binderfeldern, welche zur Unterstützung von fünf Bogenfetten, bezw. der auf letzteren ruhenden neun, 0,94 m von einander entfernt liegenden Lehrbogenkränze dienen. Die drei obern Fetten sind jede in der Mitte zwischen ihren Auflagerpunkten nochmals

<sup>28)</sup> Reports of the late John Smeaton made on various occasions in the course of his employment as civil engineer. 1812. III. S. 349. — Tredgold. Elementary principles of carpentry. 3<sup>te</sup> edit. 1840.

durch je zwei Kopfbänder gegen die Binder abgestützt, während diese Abstützung bei jeder der beiden untern Fetten gegen eine auf dem Kämpfergesimse liegende Schwelle mittels zweier auf Keile gestellten Streben bewirkt worden ist. Diese Keile müssen bei Vornahme der Ausrüstung zuerst gelöst werden, da vorher ein Senken des Lehrgerüsts durch Lösen der übrigen Ausrüstungskeile nicht möglich ist.

Der feste Teil ist in Form eines einfachen Sprengwerks aus Rundhölzern hergestellt und in der Weise mit dem Transportgerüst verbunden, daß die horizontalen, senkrecht zur Stirnfläche liegenden Schwellen über die Stirn hinaus verlängert sind und den in einer Ebene mit den Ständern des Standgerüsts liegenden Ständern des Transportgerüsts gleichzeitig als Stütze dienen.

Für größere Weiten als 10 m empfiehlt sich diese Anordnung mittels Unterstützung durch Sprengwerk anstatt durch Joche nicht mehr, man wird vielmehr, wenn man das System beibehalten will, dasselbe vorteilhafter in die Form einer freitragenden Konstruktion einkleiden, indem man die Strebe im Scheitel als Hängesäule herstellt und den horizontalen Balken mit Hilfe des einfachen Hängebockes unterstützt, wie es beim Rümlinger Viadukt (13 m Spannweite, F. 7, T. XV) und beim Enz-Viadukt bei Bietigheim (11,5 m Spannweite) geschehen ist.

3. Für feste Lehrgerüste über 10 m Spannweite, häufig aber auch noch für geringere Weiten, wird zweckmäßig schon eine Mittelstütze eingeführt. Man erhält dann Binder-Anordnungen, wie sie in T. XVI, F. 5 (Wege-Überführung der Rheinischen Eisenbahn, 12 m Spannweite) und in T. VII, F. 17 (Gerdau-Brücke bei Ülzen, 13 m Spannweite) dargestellt sind.

Bei der Gerdau-Brücke lag der horizontale Balken an beiden Enden fest im Mauerwerk und nur über der Mittelstütze war eine Senkung durch die Ausrüstungsvorrichtung möglich; die Radialstreben versammelten sich alle in einem Punkte über der Mittelstütze auf einem Sattelholze des Balkens. Bei der Wege-Überführung F. 5 sind auch unter den Stützpunkten am Widerlager zweckmäßigerweise Vorrichtungen zum Ausrüsten angebracht. Die Radialstreben setzen sich direkt mit Versatzung in die Mittelstütze, deshalb sind auch anstatt des Balkens hier Zangen in Anwendung gekommen.

4. Bei den in F. 3, 6, 16 u. 17, T. XVI dargestellten Lehrgerüsten vom Bau der Berliner Stadteisenbahn sind unter dem horizontalen Balken eines jeden Binders mehr als drei Stützpunkte vorhanden. Der Kranz besteht aus nahezu gleich langen Kranzhölzern und von den Knotenpunkten führen die Streben in möglichst radialer Richtung direkt zum Balken bzw. auf ein über demselben liegendes Sattelholz.

Sämtliche Gerüste, mit Ausnahme desjenigen für die Spree-Brücke (F. 16) sind mit weitgestellten Bindern konstruiert, welche starke Fetten zur Unterstützung der Kranzhölzer tragen. Man scheint zwar auf diese Weise an Holz gespart zu haben (vergl. auch Tabelle II), trotzdem dürften, wie schon früher erörtert worden ist, enggestellte Binder in der Regel vorzuziehen sein.

Das Lehrgerüst für einen Viadukt von 10 m Spannweite und 2,2 m Pfeil (F. 3) weist in der Mitte drei Radialstreben auf, von denen die beiden schräggestellten die zugehörigen Kranzfetten mit Anblattung umfassen, während die mittlere in die entsprechende Fette einfach mit Zapfen eingreift. Die Länge der Kranzhölzer beträgt etwa 2,5 m. Die Dreiecksverbindungen sind durch horizontale Doppelzangen und außerdem noch durch zwei Streben hergestellt, welche gleichzeitig den Zweck verfolgen, die beiden schrägliegenden Fetten bzw. die zugehörigen Radialstreben kräftig zu unterstützen.

Bei der für einen Viadukt von 8 m Spannweite, im übrigen ähnlich ausgeführten Konstruktion sind diese beiden Streben fortgelassen und die Doppelzangen in Höhe der Kämpfer unterhalb der daselbst das Kranzende stützenden Fetten durchgeführt. Das für einen Viadukt von 12 m Spannweite (F. 6) in Ausführung gebrachte Lehrgerüst gleicht demjenigen für den Viadukt von 10 m Spannweite, jedoch mit dem Unterschiede, daß hier die Entfernung der Knotenpunkte des Kranzes nur etwa 1,6 m beträgt, sodas im ganzen, einschließlic der Fetten am Widerlager, 9 Fetten durch Streben bzw. Ständer zu unterstützen sind.

Das in F. 17 dargestellte Lehrgerüst der Brücke über den Schiffahrtskanal (24 m Spannweite, 6,75 m Pfeil) wird durch vier Pfahljoche und zwei vom Bau der Widerlager herrührende Bohlwerke unterstützt. Die beiden mittleren Joche liegen 8,5 m von einander entfernt. Diese ungewöhnliche Entfernung war erforderlich für das Durchlassen der Kanalfahrzeuge und bedingte die Ausführung eines einfachen Sprengwerks zur Unterstützung der beiden mittleren Kranzfetten. Das freizuhaltende Profil für den Schiffahrtsverkehr hielt 3,0 m Höhe über Mittelwasser bei 7 m Breite, und um ein Eindringen der Schiffsgefäße zwischen die Pfahlreihen der Binder zu verhindern, waren die Pfähle und Sprengstreben der mittleren Jochöffnung mit Bohlen verkleidet, wie F. 17 angiebt, sodafs an der Verkleidung entlang eine bequeme Führung der Schiffe möglich war.

In den übrigen Teilen ist das Gerüst in bekannter Weise zusammengesetzt. Zu erwähnen bliebe nur noch Folgendes: alle Kranzfetten, denen vermöge des seitlich einwirkenden Gewölbedruckes eine besondere Neigung zum Kanten innewohnte, wurden in jedem Binder durch seitlich angebrachte kurze Holzstempel, wie F. 17<sup>a</sup> veranschaulicht, versichert. Jeder Stützpunkt eines Binders wurde in den beiden mittleren Jochen durch drei Pfähle, in den daneben liegenden durch zwei Pfähle gebildet, und jeder Pfahl hat bezw. 17 t und 15,5 t Last zu tragen. Die Binder wurden mit einer Überhöhung von 12 cm im Scheitel verzimmert. Außerdem wurde dem Gewölbe in der Richtung senkrecht zur Bahnachse eine leichte Wölbung bis zu 5 cm gegeben und die hierfür erforderliche Überhöhung dadurch erreicht, dafs man unter den Kranzhölzern Späne aus hartem Holz auf die Fetten legte, deren Höhe nach der Mitte hin allmählich bis 5 cm zunahm. Da die Verblendquader an den Stirnen des Gewölbes nach unten um 4 cm über die Laibung des Ziegelsteingewölbes vortreten, so liegt die Schalung an den beiden Außenseiten entsprechend tiefer, was dadurch erreicht ist, dafs die Fetten an ihren beiden über die äufsern Binder hervorragenden Enden oben um 4 cm abgearbeitet sind.

In F. 16 ist das Lehrgerüst für die schiefe Spree-Brücke bei der Museumsinsel (zwei Öffnungen von 16,67 bezw. 18,07 m lichte normale Weite) dargestellt. Die gröfsere Öffnung hat in der Bauwerksachse gemessen eine lichte Weite von 23,2 m. Das Gewölbe ist zum gröfsten Teil aus Ziegeln hergestellt, jedoch nicht als eigentlich schiefes, sondern durch Aneinanderreihung von 11 Stück 1,705 m breiten, normal gewölbten Gewölberingen gebildet. Es hat daher auch jeder Ring sein eigenes Lehrgerüst, bestehend aus zwei Bindern in 1,1 m Entfernung von Mitte zu Mitte. Zwischen diesen einzelnen Gerüsten ist bei der Ausführung aufer der Verbindung, welche im unteren Teile durch die durchgehenden Holme der äufsersten Joche erzielt ist, auch in dem oberen Teile durch Zangen eine Verbindung hergestellt. Im übrigen ist das Gerüst ähnlich wie die vorhergehenden ausgeführt. Nur bliebe zu erwähnen, dass man bei der Ausführung die projektierte seitliche Anblattung der Streben an den Kranz unterlassen und statt derselben eine Verbindung mittels eiserner Laschen und Schrauben vorgezogen hat. Der Kranz hat wegen der ungewöhnlichen Form der Gewölbelaibung eine besondere Einrichtung zum Justieren der Schalung erhalten. Jedes Kranzholz besteht nämlich aus zwei Teilen, zwischen denen zwei Doppelkeile von zusammen 6 cm Höhe eingelegt sind. Am unteren Teile sind auf beiden Seiten zwei Stück 6 cm breite, 1,2 cm starke Flacheisen angebracht, welche dem oberen Teil, sobald er durch das Antreiben der Keile in Bewegung gesetzt wird, zur Führung dienen.

Im allgemeinen kann über die Lehrgerüste der Brücken der Berliner Stadt-Eisenbahn schliesslich noch bemerkt werden, dafs den Unternehmern bei der Ausführung überlassen worden ist, sämtliche Holzverbindungen ohne Anwendung von Zapfen, also stumpf mit Hilfe von Seitenlaschen, Spitzklammern und Beschlägen herzustellen und dafs es Vorschrift war, die 4 bis 5 cm starken Schalbretter nicht über 10 cm breit und mit 4 cm Zwischenraum aufzunageln.

5. Wenn man die Kranzhölzer entsprechend stark konstruiert, so kann bei grofser Weite und geringer Pfeilhöhe des Bauwerkes, wo Streben zweckmäfsig nicht mehr anwendbar sind, die Unterstützung auch durch entsprechend weitgestellte Ständer erfolgen, s. T. VI, F. 1. Eine ähnliche Ausführung zeigt T. XVI, F. 11 (Lehrgerüst einer Strafsen-Unterführung auf Bahnhof Hannover).

Besonders starke Kranzhölzer finden sich im Kranz des Lehrgerüstes der Wäldtobel-Brücke der Arlberg-Bahn (T. XV, F. 4), welches eine Vereinigung des Ständer- und Streben-Systems bildet.

Dies Lehrgerüst hat 41 m Spannweite und besteht aus fünf in Abständen von 1,39 m aufgestellten Bindern. Das unterste Stockwerk der festen Unterstützung jedes Binders besteht aus Doppelständern mit gekreuzten Diagonalen und aufgekämmtten Schwellen. Über der tiefsten Stelle der Schlucht, wo der

stützende Fels durch Ständer nicht mehr erreicht werden konnte, ist im Unterbau eine Sprengwerks-Konstruktion eingeschaltet worden. Auf dem untersten Stockwerk des Unterbaues setzt sich ein zweites 5 m hohes Stockwerk aus einfachen, 5 m von einander entfernten Jochwänden. Zwischen dem eben beschriebenen zweistöckigen Unterbau und dem beweglichen Oberteil des Lehrgerüsts sind 45 gufseiserne Sandtöpfe für die Ausrüstung angebracht.

Der Lehrbogen hat 11,33 m Pfeil und besteht wie der Unterbau aus zwei Etagen. Die obere Etage enthält vornehmlich die Streben, welche sich auf die Joche der darunter liegenden Etage stützen. Der Kranz besteht aus 8 Hölzern, von denen dasjenige am Kämpfer am längsten ist. Jedes Kranzholz ist aus zwei durch Verzahnung und sechs Schraubenbolzen untereinander verbundenen, 26 cm starken Balken gebildet und wird sowohl in seiner Mitte als auch an den Enden durch Streben gestützt. Mit Ausnahme der 30 cm starken Ständer des unteren Stockwerks im Unterbau ist das Gerüst aus vierkantig beschlagenem Holze hergestellt. Die Querschwellen sind mit 30 cm im Geviert, die obere Ständer, die Längsriegel, die Hauptstreben und Sprengwerks-Hölzer mit  $\frac{26}{30}$  cm, die Diagonalen mit  $\frac{20}{24}$  cm und die Windversteifungen mit  $\frac{15}{20}$  cm bemessen worden.

6. Die letzten Beispiele für festunterstützte Lehrgerüste auf T. XVI sind F. 9 und F. 10. F. 9 stellt ein Lehrgerüst dar für eine Wege-Überführung der Rheinischen Eisenbahn von 14,58 m Weite, welche über einen fertigen Einschnitte erbaut wurde. Die Brücke ist mit gewölbten Widerlagern ausgeführt, sodass die Enden des Kranzes sich direkt auf einen Fundamentabsatz setzen. Die beiden übrigen Stützpunkte eines Binders liegen über der Futtermauer des Einschnittsgrabens.

Fig. 10 zeigt das Lehrgerüst einer Wege-Überführung von 16,2 m Spannweite, ausgeführt für einen zur Zeit der Bauausführung noch nicht fertiggestellten Einschnitt der Linie Wriezen-Frankfurt a. O. Der Einschnittsboden, welcher eine genügende Festigkeit besaß, wurde daher für die Unterstützung des Gerüsts mit ausgenutzt und zu dem Zwecke so bearbeitet, daß es möglich war, unter dem Scheitel und in der Nähe beider Widerlager unter jeden Binder horizontale Schwellen einzubetten, auf denen die Langschwellen zur Aufnahme der Ständer ruhen. Es sind im ganzen neun Fellen am Umfange des Kranzes vorhanden, von denen jede der beiden unteren an den Widerlagern durch in den Boden gerammte Pfähle unterstützt ist, während drei andere durch vertikale Ständer, zwei durch ein einfaches Sprengwerk und die letzten beiden durch Radialstreben von den festen Punkten aus gehalten werden.

## II. Freitragende Systeme.

1. Die neueren gesprengten Lehrgerüste (T. XVI, F. 1, 2, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 18) sind bislang nur bis 25 m Spannweite in Ausführung gebracht worden.

F. 8 stellt die einfachste Konstruktion eines freitragenden Lehrgerüsts dar, wie sie für Weiten von 1 bis 2 m gebräuchlich ist (vergl. auch Fig. 25 und 26, S. 286). Der Kranz eines Binders besteht aus einer doppelten Lage von 3 bis 4 cm starken miteinander vernagelten Bohlen; die Schalbretter sind 4 bis 5 cm breit und hoch und liegen in Zwischenräumen von 2 bis 4 cm. Die Binder stehen in Entfernungen von 1,25 bis 1,50 m und setzen sich auf je zwei Doppelkeile, unter denen ein  $\frac{10}{10}$  cm starker Balken, welcher von eben so starken Ständern am Widerlager unterstützt wird, senkrecht zur Binderebene durchgeht.

Für größere Weiten als 2 m verstärkt man jeden Binder noch durch einen horizontalen Balken, der zwischen die Kranzenden und die Keile zu liegen kommt und setzt im Scheitel eine vertikale Stütze ein (F. 7). Bei Weiten über 3 m bis zu 7 m Weite würden bei dieser Anordnung die beiden Kranzhölzer zu unförmlich ausfallen. Man führt daher zweckmäßig fünf Knotenpunkte ein, nimmt ferner zur Unterstützung des Balkens einen einfachen Hängebock zur Hilfe und überträgt die Last der zwischen Scheitel und Kämpfer eingeschobenen Knotenpunkte durch eine radial gerichtete Stütze

(auch Doppelzange) auf die Streben des Hängewerks. Als Beispiel für diese Anordnung dient F. 2 (Gerüst einer Unterführung der rheinischen Eisenbahn, 6,50 m Spannweite).

Will man für Spannweiten von 5 m bis 7 m ein Hängewerk noch nicht in Anwendung bringen, so kann man auch die in F. 18 dargestellte Konstruktion nach dem Systeme der Westminster-Brücke wählen. Die Last von jedem der Zwischenknotenpunkte wird hier direkt durch eine Strebe auf das entgegengesetzte Widerlager und die Last des Scheitelpunktes durch Zangen auf den durch den Schnittpunkt der beiden Streben gebildeten festen Punkt übertragen. Außerdem nehmen auch noch die Kranzhölzer und die Doppelzangen der Zwischenknotenpunkte einen Teil der Last auf. Um zu verhindern, daß die besonders auf Druck in Anspruch genommenen vertikalen Zangen im Scheitel seitlich ausweichen, sind dieselben untereinander noch durch horizontale Zangen, welche gleichzeitig zur Absteifung des ganzen Lehrgerüsts dienen, verbunden.

2. Die oben beschriebene Konstruktion mit Anwendung eines einfachen Hängebockes und fünf Knotenpunkten des Kranzes bildet den Übergang zu dem eigentlichen Typus der freitragenden Lehrgerüste für Spannweiten von 5 m bis 15 m, wie derselbe bei einer großen Zahl von ausgeführten Viadukten (besonders auch beim Solémy-Viadukt — T. XIV, F. 1, dem Morlaix-Viadukt — T. XV, F. 3, dem Indre-Viadukt — T. XV, F. 5, sowie beim Viadukt auf dem Bastillenplatz zu Paris — T. XIII, F. 10 wiederkehrt.

Das auf T. XVI, F. 1 vorgeführte Beispiel dieses Systemes ist vom Bau des Marnheimer Viaduktes der Pfälzischen Ludwigsbahn (7 m Spannweite) entnommen.

Von vornherein kann dazu bemerkt werden, daß der horizontale Balken, welcher in jedem Binder unter der Ausrüstungsvorrichtung liegt, als Konstruktionsbestandteil des Binders eigentlich nicht erforderlich ist, weil es genügt, wenn man die Ausrüstungsvorrichtung auf ausgekragte Steine, eingemauerte Schienen u. s. w. setzt, jedoch bietet die Durchführung desselben bei Ausführung der Gewölbe hoher Viadukte die große Annehmlichkeit, daß man eine Plattform errichten kann, von welcher aus die Aufstellung, das Ausrüsten und Abbrechen der Konstruktion bequem und sicher vorgenommen werden können. Man sieht den horizontalen Balken daher auch bei vielen Viadukten, z. B. auch beim Solémy- und Morlaix-Viadukt und beim Viadukt des Bastillenplatzes. Bei letzterem, dessen Pfeiler nur eine geringe Höhe über dem Erdboden haben, hätte er auch fortfallen können. Bei den unteren Bogen des Morlaix-Viaduktes (13,47 m Spannweite) waren die Balken, weil die Pfeiler über Terrain nur eine Höhe von ca. 12 m hatten, in der Mitte von der Thalsohle aus noch durch Ständer unterstützt.

Die allgemeine Anordnung des Systems der Dreiecks-Sprengwerke ist in § 13 bereits beschrieben. Man wird dasselbe bis etwa 15 m Spannweite beibehalten können, aber schon von 10 m Spannweite ab bestrebt sein müssen, durch Anbringung von Zangen in der Binderebene und durch Einführung von entsprechenden Längsverbindungen zwischen sämtlichen Bindern die zu lang werdenden Hauptstreben gegen seitliche Ausbiegung zu versteifen.

Eine von der oben beschriebenen etwas abweichende Anordnung der Binder zeigt das Gerüst des Fure-Viaduktes (F. 12, T. XVI, 14 m Spannweite), dessen Kranz sieben Knotenpunkte aufweist und durch Strebewerk nach Art des Perronet'schen Systemes getragen wird.<sup>29)</sup> In betreff der Durchbiegung dürfte diese Konstruktion aus bekannten Gründen einen Vergleich mit dem vorbenannten Systeme nicht aushalten können.

<sup>29)</sup> Ähnliche Konstruktionen s. Nouv. ann. de la constr. 1857, S. 70. Deplaces. Cintre retroussé en demi-cercle de 14 m de portée. — S. 115. Magnus. Cintre retroussé en anse de panier de 17 m d'ouverture.

3. Bei der Konstruktion von freitragenden Lehrgerüsten über 15 m Spannweite wird man mit einer Einteilung des Kranzes in vier Teile nicht mehr auskommen.

Bei den in F. 14 dargestellten Bindern des Gerüstes vom Bau der Unterführung des Weges von Lehbach nach Mahlstatt auf der Saarbrücken-Trierer Eisenbahn (18 m Spannweite) ist der Kranz in acht Teile eingeteilt. Beim Entwurf des Gerüstes ist man von der Absicht ausgegangen, die Horizontalkräfte in den unteren Teilen der Binder durch quer durchgehende horizontale Hölzer auszugleichen und nur von dem oberen Gewölbedrittel, in welchem horizontale Querverspreizungen schon zu spitz in die Kranzhölzer einschneiden würden, die Last durch einen eingelegten Sprengbock auf kürzestem Wege nach den Auflagern zu übertragen.

Das unterste Querholz ist aus drei Stücken bestehend angenommen, würde sich bei der Länge von 15,14 m aber mit Vorteil für die Widerstandsfähigkeit der Konstruktion aus einem Stück auch noch herstellen lassen. Die kürzeren Längen mit Anwendung der mislichen Stofsverbindungen werden sich nur mit Rücksicht auf die billige Holzbeschaffung empfehlen. Das obere 11,04 m lange Querholz ist aus einem Stück hergestellt.

Es ist nicht zu verkennen, daß die Durchführung der beiden horizontalen Hölzer, welche in ihrem Zusammenhange mit den dazwischen liegenden Streben wie ein Brückenträger wirken, die Unwandelbarkeit des Gerüstes, besonders was die Scheitelsenkung anbetrifft, bedeutend erhöht. Die Stöße und Versatzungen sind sämtlich stumpf (ohne Zapfen) mit zwischengelegten Eisenblechen ausgeführt und seitliche Verschiebungen der Hölzer teils durch 20 mm starke Schraubenbolzen, teils durch Spitzklammern und Laschen verhindert.

Der Kranz besteht im Querschnitt aus einem  $\frac{24}{15}$  cm starken Holze, welches auf beiden Seiten durch einen aus je drei 2,5 cm starken Lagen gebildeten Bohlenbogen armiert ist. Die Ständer der beiden Stützen am Widerlager sind doppelt,  $\frac{20}{20}$  cm stark und erleiden einen Druck von 31 kg pro qcm. Der Druck auf den mit Eisenring versehenen Eichenholzstempel der Sandtöpfe beträgt bei der Ausrüstung 72 kg pro qcm. Über und unter den Sandtöpfen liegt senkrecht zur Gewölbestirn eine Eichenbohle von  $\frac{10}{38}$  cm Querschnitt.

Das Lehrgerüst des Comelle-Viaduktes auf der Linie Paris-Creil (F. 13, 19 m Spannweite) unterscheidet sich in der Anordnung der Binder von dem eben beschriebenen dadurch, daß eine Durchführung von horizontalen Hölzern hier nicht beliebt worden ist.

Der Kranz ist ebenfalls in acht Teile eingeteilt, im übrigen gleicht das System dem Typus der Gerüste für Weiten von 5 bis 15 m, weil als Hauptkonstruktionsteil der Hängebock hervortritt, gegen dessen Streben die Zwischenknotenpunkte abgestützt sind. Die Hauptstreben sind in einer Länge von 11,12 m aus einem Stücke hergestellt und haben im unteren Teile  $\frac{30}{30}$  cm, im oberen  $\frac{20}{20}$  cm Stärke. Zur Absteyfung der Konstruktion sind Andreaskreuze von  $\frac{20}{10}$  cm starken Hölzern an der unteren Fläche sämtlicher Hauptstreben angebracht.

Bei dem sehr zweckmäßig konstruierten Binder des Lehrgerüstes vom Aulne-Viadukt (T. XV, F. 1, 22 m Spannweite) ist besonders Wert auf die Durchführung von horizontalen Hölzern gelegt, außerdem hat man vorsätzlich lange Hölzer in Anwendung gebracht, um die Anzahl der Fugen in den Stößen zu verringern.

Der Kranz ist in sechs Teile eingeteilt und die Hauptkonstruktionsteile sind: zwei Paar Hauptstreben (9,35 m bzw. 10,55 m lang), zwei Paar horizontale Doppelzangen (13,9 m bzw. 17,77 m lang), eine mittlere Hängesäule und zwei an dieselbe schließende Kopfbänder. Dazu kommen noch die Nebenstreben, welche unter den Kranzhölzern liegen. Die Binder setzen sich an den Auflagern auf zwei Doppelreihen von Schwellen, zwischen denen sich die Ausrüstungsvorrichtungen (Sandtöpfe) befinden. Die untere Schwellenreihe wird durch sechs Stück durch das Mauerwerk reichende Schienen getragen.

Da das Lehrgerüst 45 m hoch über Terrain zu liegen kam, so hatte man eine besonders starke Windverstrebung durch sechs horizontale Fetten und drei Systeme von Andreaskreuzen hergestellt, von denen das eine in einer Vertikalebene zu beiden Seiten der mittleren Hängesäule und jedes der beiden andern in 45° geneigt unter der Unterfläche der inneren Hauptstreben befestigt war. Unter der Annahme, daß schon ein starker Windstofs erfolge, wenn das Lehrgerüst noch nicht eingeschalt und nur erst die

Befestigung der beiden großen, in 45° Neigung liegenden Andreaskreuze ausgeführt sei, berechnete man die durch den Gesamtdruck des Windes auf das Gerüst, welcher die Größe von ca. 23 t erreichte, in den  $\frac{20}{10}$  cm starken Windstreben herbeigeführte größte Spannung mit 48 kg pro qcm. Dabei setzte man voraus, daß die Kraft des Windstoßes senkrecht zur Stirnfläche des Gerüstes für den ersten Binder 150 kg und für alle folgenden 75 kg pro qm betrage.

Das letzte Beispiel in der Reihe der auf T. XVI verzeichneten Lehrgerüste bildet das Gerüst vom Bau der Mosel-Brücke bei Pfalz auf der Moselbahn (F. 15, 22 m Spannweite, 4,85 m Pfeil).

Es sind in jedem Binder 11 Knotenpunkte vorhanden, in denen radiale Doppelzangen die Kranzhölzer umfassen, um die Übertragung der Gewölbelaast zu vermitteln. Zwischen dem ersten und zweiten Knotenpunkte, etwa 0,75 m über dem Kämpfer (dem für die Durchfahrt der Mosel-Dampfschiffe freizulassenden Profil entsprechend), geht ein horizontaler Balken durch, in welchen sich die vier von den Knotenpunkten 4, 6 u. 8 ausgehenden Streben mit Versatzung setzen. Die Last von den Knotenpunkten 2, 3, 5, 7, 9 u. 10 wird durch die radialen Zangen übertragen, welche an den Überschneidungsstellen sowohl mit den eben genannten Streben als auch mit dem Balken verbolzt sind. Von letzterem aus wird die Last auf die Lager auf jeder Seite mit Hilfe dreier Streben übergeführt. Die zunächst dem Mauerwerk liegenden Hauptstreben setzen sich mit ihrem oberen und unteren Ende gegen Fellen, welche zur Längsverbinding dienen und von denen die unteren über der Ausrüstungs-Vorrichtung (Vertikalschrauben) liegen. Die übrigen Einzelheiten sind aus der Zeichnung zu entnehmen.

Erwähnt zu werden verdient endlich noch das Lehrgerüst der Warthe-Brücke bei Wronke auf der Stargard-Posener Eisenbahn (23,22 m Spannweite, 4,39 m Pfeil) Fig. 21, S. 279, bei welchem ohne Durchführung eines horizontalen Balkens ein 13 Knotenpunkte aufweisender Lehrbogenkranz nur mit Hilfe von drei Haupt- und zwei Nebensprengwerken gegen die Lager abgestützt worden ist.

Da die Abmessungen der einzelnen Konstruktionsteile in den Figuren der Tafeln überall eingezeichnet sind, so sind dieselben in den vorstehenden Erläuterungen nicht stets besonders angegeben.

## Litteratur,

### Lehrgerüste betreffend.

- Navier. Résumé des leçons données à l'école des ponts et chaussées sur l'application de la mécanique à l'établissement des constructions et des machines. 1826—1838. Deutsch von Westphal. 1851, S. 317.
- Bauernfeind. Vorlegeblätter zur Brückenbaukunde. 1853. II. Aufl. 1871.
- Culmann. Theorie der Lehrgerüste. Im Programme der polyt. Schule zu Zürich. 1857/58.
- Mathieu. Etude sur la construction des cintres des voutes et ponts. Nouv. ann. de la constr. 1862, S. 92.
- Gesprengtes Lehrgerüst mit eisernem Zugband. Nouv. ann. de la constr. 1868, S. 91.
- Morandière. Cintres, échafaudages et pont de service du pont de Montlouis sur la Loire. Nouv. ann. de la constr. 1870, S. 97.
- Bukowsky. Über die Ausführung der Lehrgerüste für gewölbte steinerne Brücken. Mitteilungen des Arch.- u. Ing.-Ver. f. Böhmen. 1870, S. 49.
- Dupuit. Traité de l'équilibre des voutes. 1870, S. 266.
- Über Versetz- und Lehrgerüste. Engineer. 1873. I. S. 47, 62 u. a.
- Heinzerling. Theorie und Anordnung der Lehrgerüste gewölbter Brücken. Zeitschr. f. Bauw. 1874, S. 321.
- Wittmann. Über den Druck der Gewölbe auf die Lehrgerüste. Zeitschr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1874, S. 52 und 1875, S. 95.
- Winkler. Vorträge über Brückenbau, gehalten an der k. k. technischen Hochschule in Wien. Lehrgerüste steinerner Brücken. (Für die Hörer des Verfassers als Manuscript gedruckt.) 1875.
- Heinzerling. Die Brücken der Gegenwart. III. Abt. Hölzerne Brücken und Lehrgerüste. 1876, S. 14, 21 u. 31. Deutsches Bauhandbuch. 1877. Bd. III. S. 332.
- Lehrgerüste der Brücke über den Medway bei Maidstone (schmiedeiserne Blechbogen). Scientific Americ. Suppl. 1877. Nov. S. 1541.
- Stübßen. Mitteilungen über einige ausgeführte Lehrgerüste größerer Spannweite. Romberg's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1878, S. 85.
- Wilke. Lehr- u. Arbeitsgerüste. Zeitschr. f. Bauhandw. 1879, S. 137.

### D. Eigentliche Bauarbeiten.

§ 18. **Allgemeines.** Die Bauzeit einer großen Brücke bestimmt man nach Baujahren und für jedes Baujahr trifft man besondere Maßnahmen über die zweckmäßige Aufeinanderfolge der Bauarbeiten. Im allgemeinen sollen die Arbeiten auf die verschiedenen Jahreszeiten sich wie folgt verteilen:

- in den Frühjahrsmonaten: Inangriffnahme des Baues, Fundamentierung u. s. w.;
- in den Sommer- und Herbstmonaten: Ausführung der Widerlager und Pfeiler bis über den höchsten Wasserstand;
- in den Wintermonaten: Anfertigung der Rüstungen, Beschaffung der Materialien, Herstellen und Reparieren der Baugeräte.

Die richtige Ausnutzung der Bauzeit und der Jahreszeiten ist auf den ordnungsmäßigen Fortgang des Baues von erheblichem, oft entscheidenden Einfluß.

Der Inangriffnahme der Bauarbeiten geht die Absteckung des Bauwerkes und die Festsetzung der Höhenlage, nicht minder auch die Einrichtung des Bauplatzes (s. § 6) voraus. Der Aufbau der Fundamente erfolgt nach event. nochmaliger gründlicher Untersuchung des Untergrundes. Dann folgt die Ausführung der Widerlager und Pfeiler bis zur Kämpferhöhe und gleichzeitig die Hochführung der etwa dazu erforderlichen Gerüste, ferner die Aufstellung der Lehrgerüste, die Herstellung und Ausrüstung der Gewölbe. Die Vollendungsarbeiten erstrecken sich auf Hintermauerung des Gewölbes, Gewölbeabdeckung, Aufmauerung der Stirnen, Versetzen der Brüstungen und Geländer, Aufbringen der Fahrbahn u. s. w., das Ausfugen und die Beseitigung der Gerüste.

Da die Ausführung sich im allgemeinen nach bestimmten, von der Bauverwaltung zu erlassenden technischen Bedingungen regelt, so erscheint es zweckmäßig, die nachfolgende Beschreibung der Arbeiten mit der Vorführung und Besprechung einiger Beispiele von solchen Bedingungen für kleine und große Brücken einzuleiten.

§ 19. **Besondere technische Bedingungen.**<sup>30)</sup> Es ist zur Zeit noch Gebrauch, in die besonderen technischen Bedingungen auch allgemeine Bestimmungen über Art der Verdingung, Kautions, Regelung der Zahlungen u. s. w. aufzunehmen. Zweckmäßiger erscheint es, solche allgemeine Bestimmungen, welche nicht allein für den Bau einer

<sup>30)</sup> Von mehr als bloßem geschichtlichen Interesse sind auch die in Perronet's Werken in größter Ausführlichkeit mitgeteilten Baudispositionen und Specialbedingungen für Ausführung der Arbeiten an der Neuilly- und Mantes-Brücke. Dieselben könnten stellenweise noch heutzutage als Muster dienen.

Die Specialbedingungen für den Bau der berühmten Chester-Bridge über den Dee finden sich in dem Werke von Hann und Hosking. *The theory, practice and architecture of bridges etc.* Vol. II. Suppl. I., desgl. der London-Bridge: Cressy. *An encyclopaedia etc.* Vol. I, S. 455. Specialbedingungen für den Bau der französischen Brücken enthält auch Goschler. *Traité pratique etc.* Vol. I, S. 479 u. 500; für englische Brücken *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover*, 1862, S. 323 (Meyer. Über englische Eisenbahnbrücken), ferner *Engineer*. 1878. I, S. 148. Moorwater-Viadukt der Cornwall Bahn, ebendasselbst 1882. II, S. 291. Putney-Brücke, London; für amerikanische Brücken *Scientific Americ. Suppl.* Nov. S. 1541. 1877. Brücke über den Medway zu Maidstone und Steiner. Über Brückenbau in den Vereinigten Staaten u. s. w. 1878, S. 36.

Ferner vergleiche man den ersten Band dieses Handbuchs Kap. IV, insbesondere § 4. Vergebung der Arbeiten. Submissionsverfahren, § 5. Allgemeine Vertragsbedingungen, § 6. Formen der Verträge. Verfahren beim Abschluss derselben.

Brücke, sondern für Ausführungen aller Art gemeinsam sind, von den rein technischen Bedingungen, welche jedesmal dem vorliegenden Falle anzupassen sind, zu trennen. Über die zweckmäßigste Fassung der allgemeinen Bestimmungen für Vergebung von Bauausführungen gehen die Ansichten der Sachverständigen zwar auseinander.<sup>31)</sup> Neuerdings hat in dieser Sache aber ein wesentlicher Fortschritt dadurch stattgefunden, daß in Preußen seitens der zuständigen Behörde das Verdingungswesen anders geregelt ist.<sup>32)</sup> In Österreich scheinen sich die seitens der Oberbehörden aufgestellten Normen sogar auf die technischen Bedingungen zu erstrecken.<sup>33)</sup>

In den folgenden Beispielen sind von denjenigen Paragraphen, welche allgemeine Bestimmungen enthalten, nur die Überschriften an betreffender Stelle angegeben; die technischen Vorschriften sind dagegen im Wortlaut mitgeteilt.

Das erste Beispiel bezieht sich auf den Bau einer Reihe von kleinen Brücken, welche in einer Eisenbahnlinie liegen.

### I. Besondere Bedingungen

für die Ausführung von Brücken und Durchlässen und von Wege-Über- und Unterführungen auf der Strecke von . . . bis . . . der Zweigbahn . . . . .

#### § 1. Gegenstand der Unternehmung.

Gegenstand der Unternehmung ist die Ausführung der Maurerarbeiten zur Herstellung der Brücken und Durchlässe, sowie der Wege-Über- und Unterführungen, welche in dem beigefügten Verzeichnisse besonders aufgeführt sind, nach den anliegenden . . . Blatt Zeichnungen und den zugehörigen, ebenfalls anliegenden Massenberechnungen und Beschreibungen und dem Preisverzeichnisse, einschließlich der Lieferung der Abdeckplatten für die Pfeiler, die Flügel, Stirn- und Brüstungsmauern u. s. w., und der Flügelanfangsteine und ausschließlich sämtlicher anderen Material-Lieferungen an Steinen, Kalk, Sand und Cement, unter den allgemeinen Bedingungen für die Ausführung der Bauarbeiten u. s. w., und unter den nachstehenden besonderen Bedingungen.

#### § 2. Verdingung der Arbeiten.

#### § 3. Kaution.

#### § 4. Abschlagszahlungen. Schlufszahlung.

#### § 5. Vollendungstermine. Preisermäßigung.

#### § 6. Art der Ausführung im allgemeinen.

Kein Bauwerk darf begonnen werden, bevor die Mittelachse desselben durch die Bauverwaltung abgesteckt und die Art und Tiefe der Fundierung durch dieselbe besonders angeordnet ist. Bevor mit dem Einbringen der Fundamentsteine bezw. des Betons in die Baugrube begonnen wird, muß der Unternehmer dem Streckenbaubeamten anzeigen, daß die Baugrube fertig ausgehoben ist. Durch diesen Beamten erfolgt alsdann die Abnahme der Fundamenttiefe, welche der Unternehmer jedesmal schriftlich anzuerkennen hat.

Erst nach dieser Anerkennung darf mit der Fundierung begonnen werden. In gleicher Weise soll die Abnahme und schriftliche Anerkennung der Höhenlage eines jeden Bankett- bezw. Mauerabsatzes erfolgen. Weicht der Unternehmer von diesen Bestimmungen ab, und beginnt mit einer der erwähnten Arbeiten vor erfolgter Abnahme, oder ist er bei der Abnahme nicht selbst zugegen oder durch einen Bevollmächtigten vertreten, so sind die bezüglichen Aufzeichnungen des Baubeamten allein für die Abrechnung maßgebend und verzichtet der Unternehmer auf jeden Einspruch gegen die Richtigkeit der-

<sup>31)</sup> Vergl. Verhandlungen der Konferenz zur Abänderung der Bestimmungen über das Submissionswesen. Deutsche Bauz. 1884, S. 553.

<sup>32)</sup> Erlafs vom 17. Juli 1885, das Verdingungswesen betr.: Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 319, auch in der Deutschen Bauzeitung und im Wochenblatt für Baukunde abgedruckt. Dieser Erlafs enthält: I. Allgemeine Bestimmungen, betreffend die Vergebung von Leistungen und Lieferungen (1. Arten der Vergebung. 2. Verfahren bei Ausschreibungen. 3. Form und Fassung der Verträge. 4. Inhalt und Ausführung derselben. — Bedingungen für die Bewerbung um Arbeiten und Lieferungen). II. Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Hochbauten. — Zu vergleichen ist Deutsche Bauz. 1885, S. 426.

<sup>33)</sup> Über die Vergebung von Bauarbeiten bei den k. k. Staatseisenbahnbauten. Aufl. vom 6. Sept. 1876,

selben. Der Unternehmer stellt sämtliche zu den Absteckungen und Abnahmen nötigen Arbeitskräfte, Geräte und Instrumente unentgeltlich.

Die Bauverwaltung liefert in der Regel sämtliche Baumaterialien, mit Ausnahme der Abdeckplatten und der Flügelanfänger (pos. . . . des Preisverzeichnisses) auf einen in möglichster Nähe der Baustelle belegenen Lagerplatz. Der Unternehmer hat in der Regel jene Abdeckplatten und Flügelanfänger zu liefern und sämtliche Arbeiten nebst allen dabei vorkommenden Nebenarbeiten auszuführen, einschließlich Beschaffung des dazu erforderlichen Wassers, derart, daß sie zu den im Preisverzeichnisse angesetzten Preisen ganz fertig hergestellt werden. Namentlich gilt dies auch für die Bereitung des Mörtels und hat der Unternehmer in jedem einzelnen Falle besondere Anweisungen der Bauverwaltung über die Mischungsverhältnisse der Bestandteile einzuholen und hiernach den Mörtel entweder als Kalkmörtel aus Kalk und Sand, oder als Cementmörtel aus Cement und Sand, oder als verlängerten Cementmörtel (1 Teil Cement, 2 $\frac{1}{2}$  Teile Kalk mit entsprechendem Sandzusatz) ohne Unterschied des Preises zu bereiten.

Der Unternehmer hat unentgeltlich dafür zu sorgen, daß an denjenigen Stellen, wo der Verkehr während des Baues gefährdet werden könnte, rechtzeitig geeignete Vorkehrungen durch Einfriedigung und durch Erleuchtung u. s. w. der Arbeitsplätze, zur Abwendung von Verkehrsstörungen oder Gefahr getroffen werden.

Nach Beendigung des Baues hat der Unternehmer nicht nur die Baustellen unentgeltlich gänzlich zu räumen, zu reinigen und zu ebnen, sondern auch die Materialien-Lagerplätze, derart, daß alle etwa übrig bleibenden Baumaterialien und Überreste nach näherer Vorschrift beseitigt oder ordnungsmäßig aufgesetzt werden.

Zu § 6 ist zu bemerken, daß die vorgeschriebene schriftliche Anerkennung der Höhenlage jedes Fundamentabsatzes oder dergl. seitens des Unternehmers wohl etwas viel verlangt ist. Es werden sich die genauen Fundamenttiefen und Mauermassen in Übereinstimmung mit dem Unternehmer meistens wohl auf weniger umständlichem Wege feststellen lassen (vergl. § 7 der besonderen Bedingungen unter II.).

#### § 7. Art der Ausführung im besonderen.

Im besonderen wird zu den einzelnen Positionen des Preisverzeichnisses Folgendes bemerkt:

Zu pos. . . . Die Baugruben dürfen nicht weiter und nicht tiefer gemacht werden, als die Beschaffenheit des Bodens und die Möglichkeit einer bedingungsmäßigen Ausführung der Maurerarbeiten dies nach dem Ermessen der Bauverwaltung durchaus nötig macht. Die Sohlen der Fundamentgruben bzw. die einzelnen Abtreppungen derselben müssen stets wagrecht abgeglichen werden.

Zu pos. . . . Während der Ausführung des Fundamentmauerwerks muß die Baugrube stets trocken gehalten werden, und zwar, nach Maßgabe der örtlichen Verhältnisse und nach dem Ermessen der Bauverwaltung, entweder durch Ableitung des Wassers mittels Gräben, oder durch Ausschöpfungen. Die Kosten der Ausschöpfungen, soweit solche von der Bauverwaltung für nötig erachtet werden, übernimmt die letztere derart, daß der Unternehmer die erforderlichen Arbeiter und die gewöhnlichen Schöpfvorrichtungen (einfache Handpumpen, Eimer, Wurfschaukeln, Rinnen u. s. w.) vorhält, wogegen ihm der Tagelohn der Schöpfmannschaften nach dem Preisverzeichnisse vergütet wird. Es dürfen niemals mehr und niemals weniger Arbeiter bei den Ausschöpfungen beschäftigt werden, als nach dem Ermessen der Bauverwaltung zum ungehinderten Fortgange des Arbeitsbetriebes erforderlich sind. Beschäftigt der Unternehmer mehr Arbeiter, so hat er die Tagelöhne für die zu viel beschäftigten ohne Entschädigung selbst zu zahlen.

Zu pos. . . . Das Fundamentmauerwerk der Brücken und Durchlässe soll in der Regel aus gesprengten Feldsteinen oder Bruchsteinen in reinem Cementmörtel, das der Wege-Über- und Unterführungen ebenso in verlängertem Cementmörtel ausgeführt werden.

Zu pos. . . . Das aufgehende Mauerwerk der Brücken und Durchlässe soll unter dem mittleren Wasserstande in reinem, darüber in verlängertem Cementmörtel hergestellt werden. Wird dasselbe aus Ziegelsteinen ausgeführt, so sind dieselben sorgfältig nach besonderer Vorschrift auszusuchen, namentlich dürfen die weniger hartgebrannten und blasseren Steine (II. Klasse), wo solche vorhanden sind, nur über dem mittleren Wasserstande und nur im Innern der Mauern verwendet werden. Blasse Steine, welche in den sichtbaren Flächen vermauert werden sollten, müssen unentgeltlich entfernt und durch vorschriftsmäßige ersetzt werden. Sämtliche Steine müssen vor dem Vermauern gehörig eingewässert werden. Die Fugen der später mit Erde zu verschüttenden Flächen sind in der Regel mit verlängertem Cementmörtel gut, voll und glatt zu verstreichen, sodafs nirgends Feuchtigkeit in dieselben eindringen kann. Auf Verlangen sind diese Flächen zu berappen.

Zu pos. . . . Bei den Abdeckplatten wird nur der wirklich verlegte Flächeninhalt der Platten, mögen dieselben recht- oder schiefwinkelig begrenzt sein, berechnet und bezahlt.

Zu pos. . . . Ebenso soll bei Berechnung der Werksteine nur der wirkliche Kubikinhalte der fertigen Steine in Ansatz gebracht werden.

Zu § 7 ist zu bemerken, daß es vor allem darauf ankommt, den Text der einzelnen Positionen des Preisverzeichnisses ausführlich und klar genug zu halten. Die am Schlusse des Textes einer Position oft beliebte bequeme, aber gefährliche Redewendung: „einschließlich aller Nebenarbeiten“ hat schon viele Streitfälle hervorgerufen. Es ist oft gar nicht leicht, zu entscheiden, was als eine Nebenarbeit zu bezeichnen ist oder nicht.

§ 8. Bewachung und Verwendung des Baumaterials.

Die Bauverwaltung überweist dem Unternehmer beim Beginn der Arbeit gegen Quittung entweder die sämtlichen Baumaterialien, oder einen bestimmten Teil und später den Rest derselben. Der Unternehmer hat dann sowohl für die sachgemäße und kunstgerechte Verwendung der Materialien, als auch für ihre Bewachung Sorge zu tragen, und muß in jeder Beziehung sparsam mit denselben umgehen. Mit Bezug auf § . . . der allgemeinen Bedingungen haftet der Unternehmer bis zur Schlufsabnahme nicht nur für alle an den Arbeiten und Materialien vorkommenden Beschädigungen und Entwendungen, sondern er hat namentlich auch der Bauverwaltung allen durch bedingungswidrige Arbeit und durch mangelhafte Bewachung herbeigeführten Materialverlust zu ersetzen.

§ 9. Teilweise Ausführung durch andere Unternehmer.

Die Bauverwaltung behält sich vor, nach ihrem Ermessen einzelne der im Preisverzeichnisse, namentlich die unter pos. . . . aufgeführten Arbeiten ganz oder teilweise in Tagelohn oder durch einen anderen Unternehmer ausführen zu lassen.

§ 10. Schlufsabnahme. Garantie.

Die Schlufsabnahme erfolgt spätestens sechs Wochen nach bedingungsmäßiger Ausführung sämtlicher Arbeiten. Nach geschehener Abnahme leistet der Unternehmer noch ein Jahr Garantie für alle Schadhaflichkeiten, welche aus mangelhafter Arbeit oder infolge von ihm gelieferten schlechten Materials entstehen, dergestalt, daß er verpflichtet ist, alle dadurch bedingten Reparaturen und Neubeschaffungen innerhalb der durch die Bauverwaltung angesetzten Fristen unentgeltlich zu besorgen, widrigenfalls sie auf seine Kosten bewirkt werden.

§ 11. Kunstgegenstände, Altertümer u. s. w.

Vorstehende Bedingungen werden mit Bezug auf . . . Angebot vom . . . ten . . . . . 18 . . als maßgebend anerkannt.

. . . . . den . . . ten . . . . . 18 . .

D. . . Unternehmer.

Für den Fall, daß die Vergebung nur nach einem einzigen Einheitspreise pro Kubikmeter erfolgt, ist es nötig in den Bedingungen, um Meinungsverschiedenheiten bei der Massenberechnung u. s. w. zu vermeiden, folgende Punkte vorher festzusetzen:

1. in welcher Weise die Gesamtmasse des Bauwerks bei der Schlufsabnahme berechnet werden soll, ob z. B. Sohlenpflaster, Pflaster zwischen den Flügeln und bei Wege-Überführungen mit eingerechnet und als Bauwerksmasse bezahlt werden soll, oder ob die Pflasterung u. s. w., ohne daß dieselbe als Masse mitgerechnet wird, unentgeltlich für den Einheitspreis mit ausgeführt werden muß;
2. in welcher Weise eine Grenze gezogen werden soll zwischen Erdarbeiten, die besonders vergütet werden, und Erdarbeiten, welche als Fundamentaushub unentgeltlich für den Einheitspreis mit zur Ausführung kommen müssen.

Meinungsverschiedenheiten in dieser Beziehung können entstehen, wenn z. B. ein Bauwerk am starken Hange oder so tief gelegen ist, daß die Terrainlinie weit über Fundamentoberkante einschneidet. In solchen Fällen empfiehlt es sich ein für allemal einen bestimmten Prozentsatz vom Inhalt der Fundamente als diejenige Maximalleistung an Erdarbeit festzusetzen, welche unentgeltlich als Fundamentaushub auszuführen sein wird, oder auch eine bestimmte Horizontalebene etwa 1 bis 2 m über der Fundament-

oberkante vorzuschreiben, bis zu welcher alle Erdarbeiten als Fundamentaushub angerechnet werden.

Das folgende Beispiel bezieht sich auf den Bau eines größeren Viadukts. Das zugehörige Preisverzeichnis folgt in § 37.

## II. Besondere Bedingungen

für die Ausführung der Maurer- und Steinhauerarbeiten, sowie der Arbeits- und Lehrgerüste zur Herstellung des Viadukts bei Ottersweiler, Kilom. 4,3 bis 4,5 der Eisenbahn von Zabern nach Wasselnheim.

### § 1. Gegenstand des Verdings.

Gegenstand des Verdings ist die Ausführung der Erd-, Maurer- und Steinhauerarbeiten, sowie der Arbeits- und Lehrgerüste einschliesslich Material-Lieferung für den Viadukt bei Ottersweiler in Kilometer 4,3 bis 4,5 der Eisenbahn von Zabern nach Wasselnheim.

### § 2. Umfang der Arbeiten.

### § 3. Form der Angebote (Offerten).

### § 4. Allgemeine Bedingungen.

Die dann folgenden §§ 5 bis 12 enthalten die eigentlichen technischen Bedingungen.

§ 5. Die Ausführung der in Rede stehenden Arbeiten erfolgt nach den dem Verding zu Grunde liegenden Zeichnungen, Massen- und Kostenberechnungen. Binnen acht Tagen nach Erteilung des Zuschlags hat sich der Unternehmer in dem Geschäftslokale des betreffenden Abteilungsbaumeisters einzufinden, um zwei von demselben beglaubigte Exemplare der dem Verding zu Grunde gelegten Zeichnungen und Berechnungen zu vollziehen. Das eine wird dem Unternehmer gegen Empfangsbescheinigung ausgehändigt, das andere bei der Bauverwaltung niedergelegt.

Die einzelnen Arbeiten müssen nach den Regeln der Kunst und in der besten Konstruktionsweise mit aller Sorgfalt ausgeführt werden. Die Art der Ausführung richtet sich nach den im anliegenden Preisverzeichnis dafür enthaltenen Angaben, sowie nach den in den folgenden Paragraphen getroffenen Bestimmungen und nach den besonderen Angaben des Abteilungsbaumeisters. Als solche Anweisungen sind auch die von letzterem dem Unternehmer etwa mitzuteilenden Detailzeichnungen zu betrachten.

§ 6. Zur Bestimmung der Lage der einzelnen Pfeiler läßt die Bauverwaltung die beiden Achsen derselben abstecken und eine genügende Anzahl von Höhenpunkten einrichten; für den sicheren Schutz der dem Unternehmer übergebenen Richtungs- und Höhenpunkte gegen etwaige Beschädigungen hat der Unternehmer zu sorgen, auch zur Vornahme aller anderen Messungen das nötige Personal nebst Gerätschaften unentgeltlich zu stellen.

§ 7. Die Erdausgrabungen zu den Fundamenten, sowie der etwa nötige Transport des überflüssigen bzw. des zur Verfüllung erforderlichen Bodens müssen nach näherer Anleitung des bauleitenden Beamten vom Unternehmer geschehen. Die Sohle der Baugrube erhält dabei solche Abmessungen, daß die untere Böschungsfäche überall 0,1 m von der untersten Schicht des Mauerwerkes entfernt bleibt. Die ausgehobene Erde ist in mindestens 2 m Entfernung vom oberen Rande der Baugrube zu lagern, falls dieselbe nicht auf Anordnung des bauleitenden Beamten weiter transportiert und in den Damm verkarrt wird. Die Vergütung für diesen Transport ist, falls er nicht mehr als 150 m beträgt, in dem im Preisverzeichnisse enthaltenen Einheitspreise einbegriffen und stehen hierfür dem Unternehmer keine weiteren Ansprüche zu.

Die Hinterfüllung des Mauerwerks darf nur nach erfolgter Genehmigung des bauleitenden Beamten in dünnen Lagen geschehen, welche einzeln fest zu stampfen sind. Die Tiefe der Baugrube wird während der Arbeit von dem Abteilungsbaumeister festgestellt und es wird vor Beginn der Maurerarbeiten eine Handzeichnung der Abmessungen der Baugrube und der Fundamenttiefe mit eingeschriebenen Maßen von dem bauleitenden Beamten angefertigt, welche von dem Unternehmer anzuerkennen ist und für die Berechnung des Fundamentmauerwerks maßgebend bleibt. Die Baugrube ist während der Arbeit durch Ableitung des Wassers mittels Gräben oder durch Ausschöpfen trocken zu erhalten. Die Kosten der Wasserschöpfung werden dem Unternehmer seitens der Bauverwaltung derart ersetzt, daß ihm der Tagelohn der dabei beschäftigt gewesenen Arbeiter nach Maßgabe des im Preisverzeichnis festgestellten Satzes vergütet wird. Mit dem Ausschöpfen soll jedoch nicht früher begonnen werden, als bis sämtliche Geräte und Mannschaften, welche zum unausgesetzten regelmässigen Betriebe der Arbeit erforderlich werden, an Ort und Stelle sind und bevor nicht der Abteilungsbaumeister den Beginn des Ausschöpfens angeordnet hat. Die zum Ausschöpfen der Baugruben erforderlichen Handpumpen stellt die Bauverwaltung; jedoch hat der Unternehmer den Transport derselben von und nach der Baustelle unentgeltlich zu besorgen. Die Bestimmung darüber,

wie viel Pumpen einzustellen sind, steht allein dem Abteilungsbaumeister zu. Der Bauverwaltung steht es frei, statt mit Handpumpen mittels Dampfmaschinen die Baugrube trocken zu legen.

§ 8. Der Mauerverband muß überall tüchtig und kunstgerecht ausgeführt und das zur Verwendung kommende Material zweckmäßig benutzt werden; Bruch- und Werksteine müssen auf ihr natürliches Lager gelegt werden und dürfen nicht auf dem Kopfe stehen. Ecken, Nischen, Vorsprünge und Durchbrechungen sind mit besonderer Sorgfalt anzulegen. Zu dem Fundamentmauerwerk sind die größten Bruchsteine auszuwählen und alle Zwischenräume mit passenden Steinresten in Mörtel auszufüllen. Jedes Bankett ist nach der Wage abzugleichen. Die oberste Bankettschicht unter dem aufgehenden Mauerwerk ist als Binderschicht aus langen, gleich hohen, prismatischen Bruchsteinen, welche eine Lagerfläche von mindestens 0,5 qm haben, verbandmäßig herzustellen. Bei größerer Höhe der Fundamente ist alle 2 m eine Binderschicht anzuordnen.

Das aufgehende Mauerwerk ist aus Bruchsteinen mit einzelnen, in Entfernungen von nicht über 2 m liegenden Binderschichten herzustellen und erhält an den Sichtflächen eine Verblendung von Mantelsteinen. Diese Binderschichten werden aus prismatischen, gleich hohen Bruchsteinen hergestellt in der Art, daß bei den Mittelpfeilern abwechselnd 2 und 3 Steine auf die Dicke des Pfeilers gehen, während bei den stärkeren Widerlagspfeilern dieselben verbandmäßig so einzurichten sind, daß die einzelnen Steine eine Lagerfläche von mindestens 0,5 qm haben; die Stirnen der Binderschichten sollen in den sichtbaren Mauerflächen zugleich als Mantelsteine bearbeitet sein und darf durch dieselben der sonstige Verband nicht gestört werden. Die Schicht unter den Gewölben soll jedesmal eine Binderschicht sein.

Die Verkleidung aus Mantelsteinen erhält horizontale Schichten mit vertikalen Stoßflächen in den einzelnen Steinen. Die Höhe der Steine in den einzelnen Schichten, in deren jeder stets ein Läufer mit einem Binder abwechseln soll, muß gleich, und nicht kleiner als 0,30 m sein; bei Anwendung verschieden hoher Schichten sind die stärkeren zu den Sockeln und dem unteren Teil der Pfeilerschäfte zu benutzen. Die Läufer in den Mantelsteinschichten dürfen höchstens 0,70 m lang und müssen wenigstens 0,30 m breit sein; die Binder müssen wenigstens 0,30 m lang und 0,60 m breit sein. Die Mantelsteine sind an den Sichtkanten mit einem Scharierschlage zu versehen und ist die von diesem Schlage eingeschlossene Fläche sauber zu spitzen oder zu krönen. Für die vorschriftsmäßige Bearbeitung der Mantelsteine wird pro Quadratmeter Sichtfläche eine besondere Zulage (vergl. das Preisverzeichnis) in Rechnung gestellt.

Diejenigen Außenflächen des Mauerwerks, welche später mit Erde verfüllt werden und nicht sichtbar bleiben, sind mit Mörtel zu verstreichen, wofür eine besondere Vergütung nicht gewährt wird. Die zur Entwässerung des Bauwerks in den Widerlagspfeilern einzumauernden Röhren werden von der Bauverwaltung geliefert, müssen jedoch ohne besondere Entschädigung nach Vorschrift des leitenden Baubeamten eingemauert werden; desgleichen hat Unternehmer die zur Anbringung der Schienen für das Lehrgerüst notwendigen Kanäle in dem Mauerwerk auszusparen und nach Ausrüstung der Gewölbe mit hinreichend langen Steinen zu schließen.

Die Gewölbe werden, mit Ausnahme derjenigen für die Entlastungsräume, aus Werksteinen mit central bearbeiteten und gut gespitzten Lager- und Stoßfugen, sowie sauber gespitzten oder gekrönten Sichtflächen hergestellt; die Gewölbesteine müssen sämtlich durch die ganze Stärke des Gewölbes durchgreifen. Wie aus dem Längsschnitt der Gewölbe ersichtlich, sollen dieselben durch radial gefertigtes Bruchsteinmauerwerk nach den Widerlagern zu verstärkt werden, sodafs die Werksteine am Kämpfer schwächer, am Scheitel stärker als 0,70 m sind; bei der Berechnung wird jedoch das Gewölbe gleichmäßig als 0,70 m stark angenommen und die Verstärkung als gewöhnliches Bruchsteinmauerwerk angesehen.

Die Werksteine und Platten sind den Zeichnungen und Angaben des Abteilungsbaumeisters gemäß zuzurichten, die ersteren in den Sichtflächen sauber zu scharieren und zu profilieren, in den Lager- und Stoßflächen zu spitzen, die letzteren nur zu spitzen. Die Versetzung der Werksteine und Platten u. s. w. muß mit großer Vorsicht geschehen; etwa beschädigte Materialien dürfen nicht durch eingesetzte Stücke oder Cement ausgefickt werden und müssen durch neue ersetzt werden.

Die Flachsichten aus gebrannten Ziegeln, mit welchen die Gewölbe-Hintermauerung und die Sohle der Entlastungsräume abgedeckt werden sollen, sind mit vollen Mörtelfugen genau nach dem Richtscheit anzulegen und muß das darunter befindliche Mauerwerk zu diesem Behufe bei der Ausführung gehörig abgeglichen werden. Die Ziegelsteine zu diesen Flachsichten, sowie zu den Gewölben über den Entlastungsräumen sollen, wenn dies für die gute Bindekraft des Mörtels erforderlich ist, mit Wasser genäßt werden. Über die Notwendigkeit befindet der Abteilungsbaumeister unter Berücksichtigung der Natur der Steine und des Mörtels. Sämtliches Mauerwerk soll nach der Ausführung des ganzen Bauwerks von Kalk- und anderen Flecken gereinigt und sodann mit Cementmörtel gefugt werden. Die zu dieser Arbeit erforderlichen Gerüste und Geräte sind von dem Unternehmer ohne besondere Vergütung zu stellen.

§ 9. Die Lieferung der erforderlichen Mauermaterialien, als Bruch- und Werksteine, Platten, Schnittsteine, Gewölbsteine, Ziegelsteine, Sand, Kalk u. s. w. übernimmt der Unternehmer, desgl. die Zubereitung des Mörtels. Von allen von dem Unternehmer zu liefernden Materialien muß eine Probe vor Abschluss des Vertrages an den Abteilungsbaumeister eingeliefert werden, welche, nachdem sie von diesem Beamten für gut und entsprechend befunden ist, mit dem Petschaft des Unternehmers besiegelt und im Abteilungsbureau niedergelegt werden muß, da sie für die Ausführung der betreffenden Lieferung bezw. für die Entscheidung bei eintretenden Meinungsverschiedenheiten maßgebend sein soll.

Die zu verarbeitenden Bruchsteine müssen von genügender Festigkeit und wetterbeständig sein. Dieselben müssen wenigstens zur Hälfte aus Stücken von 0,05 cbm bestehen und zugleich so lagerhaft und köpfig sein, daß sich davon ein dauerhaftes Mauerwerk von regelrechtem Verbands- und sauberem Ansehen nach den Bestimmungen der vorhergehenden Paragraphen fertigen läßt.

Die Steine für das Mantel- und Gewölbemauerwerk sowie die Schnitt- und Werksteine müssen von durchaus gleichmäßiger und fester Qualität sein und den besten Bänken anerkannt guter Brüche und keinesfalls dem Tagesgestein entnommen werden, sie müssen gleichmäßig feines Korn haben, ohne Klüfte, Sprünge oder Stiche und überhaupt vollkommen fehlerfrei beschaffen sein.

Die in Anwendung kommenden Mauerziegel müssen aus bestem, kalkfreien Thon gefertigt, von einerlei Form, tüchtig durchgebrannt, wetterbeständig, hart und von ganz regelmäßiger Form sein.

Als Kalk hat der Unternehmer durchweg Schwarzkalk bester Qualität zu verwenden.

Der erforderliche Cement wird dem Unternehmer von der Bauverwaltung überwiesen, jedoch hat derselbe das Abladen und den Transport desselben in die Depots bezw. vom Depot nach der betreffenden Verwendungsstelle bis zu 400 m Entfernung auf eigene Kosten zu bewirken. Auf dem Transport oder der Verwendungsstelle beschädigtes Material hat der Unternehmer zu ersetzen, bezw. wird dessen Wertbetrag dem Gesamtguthaben des Unternehmers in Abrechnung gebracht. Derselbe darf unter keiner Bedingung von der Bauverwaltung beschafftes, ihm jedoch von dem bauleitenden Beamten noch nicht überwiesenes Material zur Verwendung bringen.

Der Mauersand muß scharf und nicht zu feinkörnig, nötigenfalls gesiebt und durchaus ohne fremde Bestandteile sein.

Die Mörtelbereitung muß mit aller Sorgfalt geschehen und hat sich der Unternehmer hinsichtlich des dabei zu beobachtenden Verfahrens, der Auswahl und des Mischungsverhältnisses der Bestandteile ganz den Anordnungen des bauleitenden Beamten zu unterwerfen. Das Ausheben der Kalkgruben, sowie das Wiederverfüllen derselben, das Herbeischaffen des Wassers zum Löschen des Kalkes bezw. zur Mörtelbereitung ist Sache des Unternehmers. Der Mörtel muß vollständig in der Mörtelbank fertig bereitet werden, sodafs die zu demselben verwendeten Materialien ein vollkommen gleichmäßiges und inniges Gemenge bilden. Abgestandener Mörtel darf unter keinen Umständen verwendet werden. Es wird festgesetzt, daß der Kalkmörtel in sechs Stunden, der verlängerte Cementmörtel in zwei Stunden und der Cementmörtel in einer Stunde nach der Bereitung als abgestanden und unbrauchbar geworden zu betrachten ist.

Zu dem Fundament- und Gewölbemauerwerk sowie zu den Ziegelflachsichten soll verlängerter Cementmörtel, bestehend aus 1 Teil Cement, 2 Teilen Kalk und 6 Teilen Sand, verwandt werden, während das übrige Mauerwerk mit gewöhnlichem Kalkmörtel hergestellt werden soll; es wird jedoch dem Abteilungsbaumeister vorbehalten, bei der Ausführung des Bauwerks näher zu bestimmen, an welchen Stellen Kalkmörtel, verlängerter oder reiner Cementmörtel angewandt werden soll.

Sämtlicher Cement wird von der Bauverwaltung geliefert, ohne daß in dem von dem Unternehmer im Preisverzeichnis für die betreffende Arbeit ausgeworfenen Preise eine Änderung eintritt und ohne Rücksicht darauf, ob zum Mörtel mehr oder weniger Sand und Kalk verbraucht worden, oder ob die Mörtelbereitung mehr oder weniger kostspielig geworden ist. Bei der Bereitung des Cementmörtels muß der Cement mit dem Sande, welcher rein und trocken sein muß, in einer besonderen Pfanne vorher auf das Sorgfältigste vermengt werden. Das erforderliche Wasser wird diesem Gemenge sodann erst auf der Verwendungsstelle zugesetzt. Bei der Bereitung von verlängertem Cementmörtel wird dem sorgfältig angefertigten Kalkmörtel der Cement nachträglich zugesetzt und das Ganze in der Weise durchgearbeitet, daß eine vollständig gleichmäßige Verteilung des Cementzusatzes stattfindet. Bilden sich bei der Bereitung dieses Mörtels kleine Klumpen, so müssen dieselben sorgfältig zerteilt werden.

§ 10. Der Unternehmer muß die erforderlichen Materialien stets in solcher Menge an der Baustelle vorrätig haben, daß das Bedürfnis damit mindestens sechs Tage bestritten werden kann. Die Materialien dürfen nicht eher verarbeitet werden, als bis sie von dem ausführenden Baubeamten geprüft und für gut befunden worden sind. Alles nach dem Urteile des letzteren nicht zulässige Material hat der Unternehmer binnen zwei Tagen nach der Aufforderung vom Bauplatze zu entfernen und ist die Bauverwaltung er-

mächtigt, bei wiederholter Anlieferung untauglichen Materials selber anderweitig taugliches anzukaufen und den Betrag hierfür von dem Guthaben oder der Kautions des Unternehmers in Abzug zu bringen. Meinungsverschiedenheiten über die Brauchbarkeit des Materials entscheidet das deputierte technische Mitglied der kaiserlichen Generaldirektion endgiltig.

Als Bauplatz wird dem Unternehmer das erforderliche Terrain überwiesen; für die Herstellung der Zufuhrwege hat derselbe jedoch ohne Anspruch auf besondere Entschädigung selbst zu sorgen. Nach Vollendung des Baues hat der Unternehmer sämtliche ihm überwiesene Arbeitsplätze unentgeltlich vom Bauschutt zu säubern.

Bei Frostwetter und starkem Regen müssen die angefangenen Mauerteile gegen das Ausfrieren oder Auswaschen des Mörtels geschützt werden; Mauerteile, deren Verbindung durch Frost oder Regen gelitten hat, ist der Unternehmer verpflichtet ohne Anspruch auf Entschädigung abzubrechen und neu aufzuführen.

§ 11. Zum Transport der verschiedenen Materialien nach den einzelnen Stellen des Bauwerks soll zu beiden Seiten desselben ein hölzernes Gerüst nach den beigefügten Zeichnungen erbaut werden, welches so eingerichtet ist, dafs die horizontale Konstruktion (Brückenbahn, Sprengwerke und Langbalken) nach Vollendung des von einer Etage aus zu fertigenden Mauerwerks auf die Höhe der nächsten Etage gehoben werden kann. Die Herstellung des Fundaments und Holzwerks nebst Bohlenbelag, sowie das Liefern und Anbringen sämtlicher Bolzen, Anker, Verklammerungen u. s. w. wird nach den Einzelpreisen des Preisverzeichnisses von der Bauverwaltung bezahlt, dagegen hat der Unternehmer ohne Anspruch auf eine besondere Entschädigung die erforderlichen Arbeiten zur Hebung des Gerüsts zu fertigen und die nötigen Geräte und Hebewerkzeuge hierzu zu stellen. Ferner hat der Unternehmer die Beschaffung und Herstellung der erforderlichen Transportbahnen auf und neben den Gerüsten, die Herstellung der etwa erforderlichen Zwischengerüste, sowie die Gestellung aller Werkzeuge und Maschinen zum Heben des Materials auf seine Kosten zu bewerkstelligen; von letzteren sind jedoch vor der Ausführung dem Abteilungsbaumeister Zeichnungen vorzulegen und etwaige Anstände desselben zu berücksichtigen, auch behält sich die Bauverwaltung das Recht vor, die Anzahl der erforderlichen Hebevorrichtungen zu bestimmen. Etwaige zweckmäßige Vorschläge und billige Wünsche des Unternehmers in betreff der Herstellung der Gerüste können von der Bauverwaltung berücksichtigt werden und werden die aus eintretenden Änderungen hervorgehenden Mehr- oder Minderarbeiten nach den Sätzen des Preisverzeichnisses bezahlt werden.

Nach Vollendung des Bauwerks ist das Gerüst von dem Unternehmer ohne weitere Entschädigung abzubrechen und sind die Hölzer, Eisenteile u. s. w. nach Anordnung des Abteilungsbaumeisters ordnungsmäßig aufzustapeln. Alle Holz- und Eisenteile des Gerüsts verbleiben der Eisenbahnverwaltung, dagegen bleiben die von dem Unternehmer gestellten Transportbahnen, Geräte und Maschinen in dessen Besitz.

§ 12. Die Herstellung der Gewölbe soll in Gruppen von je vier Bogen erfolgen; die Anfertigung und Aufstellung der hierzu notwendigen Lehrbögen wird dem Unternehmer nach den in dem anliegenden Preisverzeichnisse enthaltenen Einzelpreisen bezahlt, die Schienen zum Auflager der Lehrbögen, sowie die Vorrichtungen zum Heben und Senken derselben stellt die Bauverwaltung, jedoch hat der Unternehmer, nachdem ihm diese Gegenstände an einem Punkte der Baustelle übergeben sind, deren weiteren Transport und Anbringung unentgeltlich zu bewerkstelligen. Das Ausrüsten der Gewölbe, die jedesmalige Beseitigung, den Transport und die Wiederaufstellung der Lehrgerüste hat der Unternehmer ebenfalls ohne Anspruch auf eine besondere Entschädigung zu bewirken. Das Ausrüsten der Gewölbe darf nur mit Genehmigung des bauleitenden Beamten und unter Beachtung der von demselben zu erteilenden Vorschriften geschehen und muß dabei die größte Vorsicht beobachtet werden.

Die Lehrgerüste einschließl. der an denselben angebrachten Schrauben, Anker und Verklammerungen, Gerüstschrauben, Schienen u. s. w. bleiben nach der Ausführung Eigentum der kaiserlichen Eisenbahndirektion und hat Unternehmer dieselben dem zur Abnahme bestimmten Beamten an einem ihm zu bezeichnenden Punkte der Baustelle zu übergeben.

§ 13. Vollendungstermin.

Die in dieser Unternehmung begriffenen Arbeiten müssen längstens 14 Tage nach erfolgter Zuschlagserteilung angefangen und sodann mit gleichmäßiger Thätigkeit so betrieben werden, dafs dieselben unfehlbar am . . . . . vollendet sind.

Hierbei wird vorausgesetzt, dafs der Unternehmer nach Erteilung des Zuschlags sogleich einen Teil des zum Angriff der Arbeiten nötigen Terrains und die sämtlichen zur Ausführung erforderlichen Grundstücke längstens drei Monate später vollständig überwiesen erhält. Sollte die Erwerbung einzelner

Grundstücke erst später zu Stande kommen und der Unternehmer dadurch in der Ausführung der betreffenden Arbeiten aufgehalten werden, so soll ihm auf seinen beim Abteilungsbaumeister schriftlich zu stellenden Antrag zu deren Beendigung eine verhältnismäßige Fristverlängerung bewilligt werden.

Gläubt der Unternehmer beim Betriebe der Arbeiten seitens der Bauverwaltung in anderer Weise irgendwie aufgehalten zu werden, so hat derselbe unter Anführung der vermeintlichen Behinderungen dem Abteilungsbaumeister sofort schriftlich Anzeige zu machen. Ob wirklich eine derartige Behinderung vorliegt und ob, event. um wieviel Tage der Termin für die Beendigung der betreffenden Arbeiten aus diesem Grunde hinauszuschieben ist, darüber hat allein die Generaldirektion zu befinden, deren Entscheidung sich der Unternehmer unbedingt unterwirft. Unterläßt derselbe die vorgedachte Anzeige, so kann er aus einer solchen Behinderung später keinesfalls einen Anspruch auf Verlängerung des Termins herleiten.

Um die Fortschritte der Arbeiten jederzeit kontrollieren zu können, wird in näherer Ausführung des Artikels . . . der allgemeinen Bedingungen hierdurch festgesetzt, daß die von dem Unternehmer angestellten Aufseher, Werkmeister, Poliere, Vorarbeiter u. s. w. dem Abteilungsbaumeister alle 14 Tage einen Arbeits-Rapport nach den vorgeschriebenen Formularen einzureichen haben, für deren Richtigkeit der Unternehmer verantwortlich ist.

§ 14. Konventional-Strafe.

§ 15. Abnahme.

Der Tag der Beendigung der Arbeiten wird durch das Abnahme-Attest des Abteilungsbaumeisters endgiltig als solcher festgesetzt.

In Erweiterung des Artikels . . . der allgemeinen Bedingungen wird festgesetzt, daß nach bedingungsgemäßer Vollendung der Arbeiten, welche den Gegenstand der Unternehmung bilden, unter Zuziehung des Unternehmers eine vorläufige Abnahme und die Aufstellung der Schlussrechnung der Arbeiten erfolgt. Nach dieser vorläufigen Abnahme kann das Bauwerk seitens der Bauverwaltung zu Materialtransporten benutzt werden. Der Unternehmer bleibt jedoch noch ein Jahr über diesen Termin hinaus für die bedingungs- und vertragsgemäße Ausführung jener Arbeiten verhaftet, und verbunden, alle zur regelrechten Instandhaltung derselben notwendigen Nachhilfen und Reparaturen auf eigene Kosten und ohne Entschädigung zu besorgen. Erst nach Ablauf eines Jahres werden die ausgeführten Arbeiten nach nochmaliger Prüfung der vertragsgemäßen Ausführung endgiltig übernommen und die Kaution zurückgezahlt.

Bei dieser endgiltigen Abnahme muß der Unternehmer den Bau mit allem Zubehör in völlig gutem und vertragsgemäßen Zustande übergeben und falls sich bei der Revision etwas zu erinnern findet, diese Erinnerung unweigerlich befolgen. Er unterwirft sich in dieser Beziehung durchaus dem Urteile und den Anordnungen des deputierten technischen Mitgliedes der kaiserlichen Generaldirektion.

Nach der endgiltigen Übergabe haftet der Unternehmer nur noch für solche Schäden, welche als Folge schlechter Ausführung nachgewiesen werden, bei der Abnahme nicht sichtbar gewesen oder verheimlicht worden sind.

§ 16. Kaution.

§ 17. Sicherheitsvorkehrungen.

Der Unternehmer ist gehalten, bei Unterbrechung oder Verlegung öffentlicher oder Privatwege die erforderlichen Vorrichtungen zur Sicherheit des Personen- und Wagenverkehrs durch Barrieren, Beleuchtung bei Nacht u. s. w. auf seine eigenen Kosten zu treffen und erklärt derselbe ausdrücklich, für die durch Unterlassung besagter Sicherheitsvorrichtungen etwa entstehenden Unglücksfälle die alleinige Verantwortung zu übernehmen.

Desgleichen muß der Unternehmer Sorge tragen, daß bei den Arbeiten an Wasserläufen der Abfluß und die Vorflut ungehindert erhalten bleiben.

§ 18. Schadenersatz.

§ 19. Sorge für die Handarbeiter. Krankenkassen.

§ 20. Kunstgegenstände, Altertümer u. s. w.

§ 21. Taglohnsarbeiten.

Straßburg, den 22. Juli 1874.

Kaiserliche Generaldirektion der Eisenbahnen in Elsaß-Lothringen.

Vorstehende Bedingungen werden in Bezug auf . . . . . von . . . . . als maßgebend anerkannt.

. . . . . den . . . ten . . . . . 18 . . .

D . . . Unternehmer.

Vorstehend mitgeteilte, der Praxis entnommene Bedingungen enthalten in ihrer Gesamtheit so ziemlich alle Punkte, die bei Ausführung von Brücken in Frage kommen.

Es ist übrigens nicht ratsam, die technischen Bedingungen zu ausführlich zu halten. Man bindet sich dadurch für die spätere Bauausführung zu sehr die Hände. Konstruktionen und Arbeiten, die im Projekt und Preisverzeichnissen genügend bezeichnet sind, darin nochmals zu erläutern, Selbstverständliches aufzunehmen, oder solche Regeln vorzuschreiben, die jeder Sachverständige als allgemein gültige anerkennen wird, ist nicht allein überflüssig, sondern auch schädlich. Der Verfasser ist daher der Ansicht, daß aus den zuletzt mitgeteilten technischen Bedingungen namentlich in den §§ 8 u. 9 ohne Schaden mancher Satz hätte fortbleiben können.

**§ 20. Absteckungsarbeiten.** Dieselben bestehen aus drei Teilen:

- a. Festlegung der Achse des Bauwerks,
- b. Festlegung der Höhenlage der einzelnen Teile desselben,
- c. Bestimmung der normalen oder in der Achse gemessenen lichten Weiten zwischen den Widerlagern und zwischen den Pfeilern u. s. w.

1. Für kleinere Brücken sind diese Messungen meist einfacher Art und es genügt zu ihrer Vornahme die Anwendung von Meßlatte, Meßkette und Nivellier-Instrument. Für die Höhen- und Tiefenbestimmungen der Fundamente, des Gewölbescheitels, Höhe der Fahrbahn u. s. w. ist die Herstellung eines Fixpunktes in der Nähe des Bauwerkes erforderlich an einem Orte, wo derselbe vor Beschädigung sicher steht. Der Fixpfahl soll etwa 1 m lang, mit einem Kreuzholz versehen, am besten aus Eichenholz hergestellt werden. Die obere Fläche ist horizontal abzugleichen und nötigenfalls durch Aufbringung einer Blechplatte vor Beschädigung zu schützen. Man kann auch die Blechplatte fortlassen und oben einen glatten runden Nagelknopf einschlagen, um bei etwa nicht horizontaler Oberfläche des Pfahles doch die Möglichkeit zu behalten, die Nivellierlatte genau aufzusetzen. Fixpfähle mit seitlichem Einschnitt sind nicht zweckmäßig, da der Einschnitt das senkrechte Aufsetzen der Nivellierlatte hindern kann. Es ist zu empfehlen, die Ordinate an dem Holze deutlich zu vermerken. Die Aufstellung eines künstlichen Fixpunktes ist nur dann unnötig, wenn man in unmittelbarer Nähe natürliche unverrückbare Höhenpunkte als solche benutzen und einnivellieren kann.

2. Bei den Absteckungsarbeiten großer Brücken wird meistens die Anwendung des Theodolithen erforderlich, um die lichten Weiten durch trigonometrische Messung zu bestimmen und die Achse mit größter Genauigkeit ausstecken zu können. Die Anlage der Fixpunkte zur Höhenbestimmung ist auch hier notwendig; bei Flußbrücken empfiehlt sich die Anlage eines Pegels an einem geschützten Orte, oder zweier Pegel oberhalb und unterhalb der Baustelle, von deren Nullpunkt aus die Höhen gerechnet werden.

Einige Schwierigkeit kann die Bestimmung der lichten Weite und der Stellung der Widerlager und Pfeiler zuweilen bereiten, wenn die direkte Messung durch Meßlatten, durch Drahtzug auf einer provisorischen Laufbrücke oder auf der gefrorenen

horizontalen Eisdecke nicht mehr möglich ist.

Die Drahtmessung, die jedoch durch trigonometrische Messung zu kontrollieren ist, kann in folgender Weise geschehen (Fig. 31):

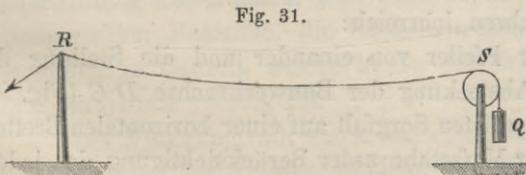
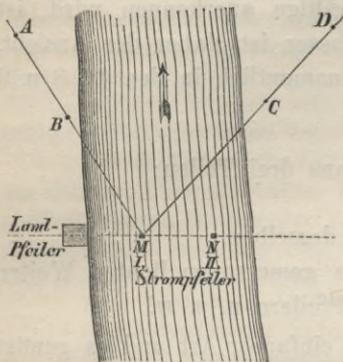


Fig. 31.

Von Ufer zu Ufer wird in der Richtung der Brückenachse ein 2 bis 3 mm starker Eisendraht ausgespannt, sodafs das eine Ende bei R festliegt und das andere über eine leichtgehende Rolle geführt und mit einem hinreichend schweren Gewichte Q belastet

werden kann. Der Punkt *S* wird nun am Drahte vermerkt, sodann der Draht unter denselben Verhältnissen auf dem Lande ausgespannt und daselbst die Entfernung *S R* durch Mefsstäbe unmittelbar bestimmt.

Fig. 32.



Beim Bau der Warthe-Brücke bei Wronke versuchte man, um die durch zwei der höchstgelegenen Punkte des Flussthales gegebene Mittellinie der Bahn auf die Uferländer zu übertragen, zwischen diesen über 300 m von einander entfernten Punkten einen 3 mm starken Draht auszuspinnen, von welchen aus man mittels Lotung die Übertragung vornehmen wollte. Aber die geringste Bewegung der Luft brachte den Draht ins Schwanken, das Lot war selbst bei stillem Wetter nicht zur Ruhe zu bringen und als man wiederholte Versuche mit schwereren Loten, bis zu 5 kg, anstellte, zerrifs endlich der Draht, sodafs man sich gezwungen sah, mit Zuhilfenahme eines Nivellier-Instrumentes und durch Errichtung und Einvisierung gerüstartiger Signale in den Punkten, an welchen die Übertragung stattfinden sollte, die gestellte Aufgabe zu lösen, s. Zeitschr. f. Bauw. 1852, S. 95.

Sind durch solche Messungen oder durch direkte Messung auf der horizontalen Eisdecke die Mittelpunkte etwa vorhandener Strompfeiler aufgefunden, so ist es wichtig, diese sofort durch Fixpunkte (*A, B, C, D* in Fig. 32) auf dem Lande für die Dauer der ganzen Bauzeit festzulegen, sodafs die Mittelpunkte jederzeit wieder aufgefunden werden können.

Fig. 33.

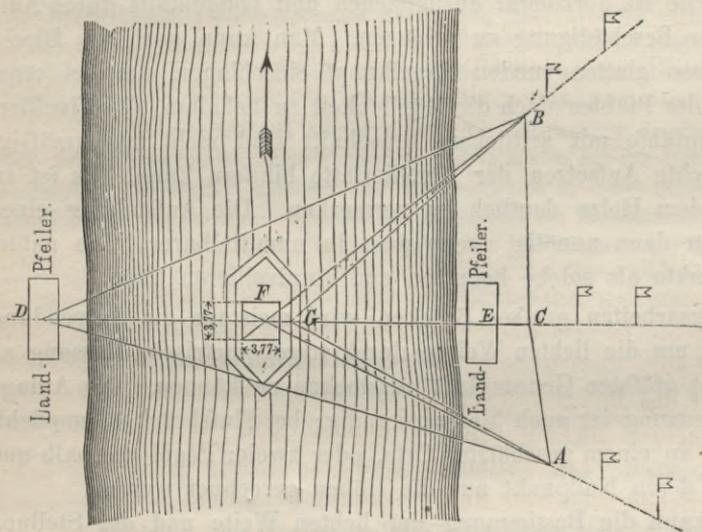
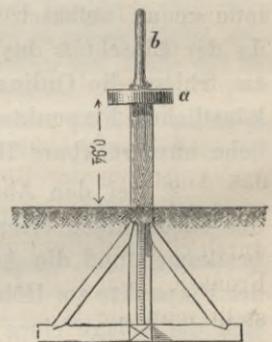


Fig. 34.



3. Als Beispiel einer trigonometrischen Messung ist das beim Bau der Kölner Rhein-Brücke und in ähnlicher Weise auch der Elbe-Brücke bei Dömitz in der Linie Wittenberge-Buchholz eingeschlagene Verfahren lehrreich:

Gegeben waren die Entfernung der Pfeiler von einander und die Stellung der linksseitigen Landpfeiler. Nach genauer Absteckung der Bauwerksachse *D C* (Fig. 33) wurden auf der rechten Uferseite mit der grössten Sorgfalt auf einer horizontalen Bretterbahn mittels zweier je 2 m langer stählerner Mafsstäbe unter Berücksichtigung der jedesmaligen Temperatur zwei Standlinien *A C* und *C B* gemessen und die gemessenen Längen auf eine Temperatur von 15° R. reduziert. Die Punkte *A, B, C* wurden, um von denselben aus mittels Aufstellung des Theodolithen wiederholt die sämtlichen zur Berechnung der Länge *D C* erforderlichen Winkel bei *A, B, C* und *D* messen und ausserdem

mit denselben die Signale zur Ausrichtung der betreffenden Hilfslinie bequem aufstellen zu können, wie Fig. 34 angiebt, ausgebildet. Der Teller  $a$  enthielt die drei Schlitze für die Stellschrauben des Theodolithen und außerdem in seinem Mittelpunkte ein Loch zum Einstecken des Signales.

Sämtliche benannten Winkel wurden nun durch Repetition gemessen, sodann wurde mit Hilfe der gegebenen und gefundenen Größen die Länge  $CD$  berechnet, aus welcher sich das zur Bestimmung der Stellung des rechtsseitigen Landpfeilers erforderliche Stichmaß  $CE$  ergab.

Zur Festlegung des Winkelpunktes  $F$  des mittleren Stropfpfeilers wurden nun in den beiden Dreiecken  $ACF$  und  $CBF$ , in welchen je zwei Seiten und der eingeschlossene Winkel bekannt waren, die Winkel  $FAC$  und  $FBC$  berechnet und die Richtungen der verlängerten Schenkel  $AF$  und  $BF$  dieser Winkel nach der Berechnung durch Aufstellung von Signalen ausgesteckt. Im Schnittpunkte  $F$  wurde sodann ein Pfahl eingerammt, der aber vorläufig nur als annähernder Ort des gesuchten Mittelpunktes betrachtet wurde. In der Nähe dieses Pfahles wurden mehrere andere Pfähle eingerammt, sodafs dieselben im Grundrifs ungefähr ein Quadrat von 3,7 m Seite bildeten. Die Pfähle wurden verholmt und mit einem Bohlenbelage versehen, der also mitten im Rhein eine Art Mefstisch darstellte. Auf demselben wurden nun die Brückenachse und ferner die Richtungen  $AF$  und  $FB$  aufgezeichnet, der Durchschnittspunkt dieser drei Linien, oder richtiger der Schwerpunkt des sich bildenden Fehlerdreieckes, als der gesuchte Mittelpunkt festgehalten und für alle späteren Abmessungen für die Fundierungsarbeiten benutzt. Nach Vollendung der Fundierung wurde der Mittelpunkt für die richtige Anlage des aufgehenden Mauerwerks noch einmal abgesteckt und zwar in der Weise, dafs auf dem Betonfangdamme ein Punkt  $G$  in der Brückenachse angenommen und seine Entfernung von  $C$  mittels sämtlicher sechs in den beiden Dreiecken  $ACG$  und  $BCG$  aufgemessenen Winkel genau berechnet wurde. Hieraus ergab sich das Stichmaß  $GF$ .

**§ 21. Aufbau der Pfeiler.** Nach Beendigung der Fundierungsarbeiten beginnt das Aufstellen der Rüstungen für den Aufbau der Pfeiler unter Benutzung der in § 12 beschriebenen Hilfsvorrichtungen. Die Aufstellung erfolgt, falls das Bauwerk sich nicht durch eine aufsergewöhnliche Länge auszeichnet, bei festen Gerüsten gleich in der ganzen Front je nach dem Fortschritt des Baues von Etage zu Etage. Bei langen Viadukten stellt man die Rüstungen manchmal nur für einen bestimmten Teil der Länge her und benutzt das hergestellte Stück nach Fertigstellung des zugehörigen Bauwerksteiles für die folgenden. (Viadukt bei Schildesche und Neifse-Viadukt bei Zittau.)

Die Frage, ob alle Pfeiler gleichzeitig hochgeführt werden oder nicht, oder in welcher Reihenfolge, läfst sich nicht allgemein lösen, da allerlei örtliche Umstände die Entscheidung beeinflussen, besonders die Art und Weise der Möglichkeit des Materialtransports zur Baustelle, die Rücksichtnahme auf Aufrechterhaltung des Verkehrs und die gegebene Bauzeit, welche häufig die Erbauung sämtlicher Brückenpfeiler innerhalb eines Baujahres vorschreibt.

Bei Viadukten mit stark ansteigenden Seitenhängen wird man mit den Pfeilern der Thalsohle den Anfang machen, um die horizontale Bahn für den Transport der Materialien stets auf die Pfeiler stützen zu können, einerlei ob die Anfuhr der Materialien in der Thalsohle geschieht oder durch Interimstransport von höher liegenden Punkten der Seitenhänge aus. Bei Flußbrücken werden mit Rücksicht auf den Verkehr und um den

das Material herbeiführenden Schiffen Platz zu lassen, selten alle Pfeiler gleichzeitig in Angriff genommen; bei der älteren Eisenbahnbrücke über den Main bei Frankfurt baute man aus letztem Grunde immer den je zweiten Pfeiler.

In betreff der Benutzung der Gerüste für den Aufbau der Pfeiler kann auf die Beispiele in den §§ 8 bis 10 verwiesen werden. An dieser Stelle bleiben noch einige Einzelheiten zu besprechen, die sich auf die Anordnung der Steinschichten und das Versetzen der Steine beziehen, und die, wenn auch zum Teil in das Gebiet der Konstruktionslehre fallend, doch mit der Ausführung innig zusammenhängen.

1. Binderschichten in Pfeilern und Widerlagern kommen in Anwendung, sobald letztere aus verschiedenen Materialien, also beispielsweise in Bruchstein-Füllmauerwerk entweder mit Werkstein-Verblendung oder mit Verblendung aus besser bearbeiteten Bruchsteinen ausgeführt werden. Der Zweck der Binderschichten ist ein doppelter. Sie sollen möglichst gleichmäßige Verteilung des Gewölbedruckes auf die Grundfläche des Pfeilers und möglichste Verminderung des ungleichmäßigen Setzens bewirken, vergl. S. 198.

Beachtet man hierbei, daß der Vertikaldruck in dem Pfeiler vom Kämpfer abwärts in der Regel zunimmt, so würden die Binderschichten am Gewölbe weiter und in der Nähe des Pfeilersockels aber enger liegen müssen. In der Praxis wird jedoch eine rechnungsmäßige Bestimmung der Abstände der Binderschichten selten vorgenommen, da die gefundenen Maße mit den Rücksichten auf Schichtenhöhe, Schönheitsverhältnisse u. s. w. meistens schwer in Einklang zu bringen sind. Ein Beispiel für die strenge Durchführung der rechnungsmäßigen Bestimmung der Binderschichten-Entfernungen bietet das Projekt des Striegisthal-Viaduktes.

2. Die Schichtenhöhe der Steine ist abhängig von der Festigkeit des verwendeten Materials, weil bei unvollständiger Ausfüllung der Lagerfugen die Biegefestigkeit des Steines in Anspruch genommen wird, ferner von den Rücksichten auf das gute Aussehen und auf das Vorhandensein von Hilfsvorrichtungen zum Versetzen.

Im allgemeinen bewegen sich die Schichtenhöhen für Bruchsteine von 0,2 bis 0,3 m, für Quader von 0,3 bis 0,6 m. Bei hohen Bauten trifft man häufig die Anordnung, daß die Schichtenhöhe von der Sohle bis zum Scheitel allmählich abnimmt.

Der Kubikinhalt der Werkstücke beträgt bei gewöhnlicher Größe durchschnittlich 0,3 cbm, bei mittlerer Größe durchschnittlich 0,5 cbm, Steine von 0,75 cbm Inhalt und darüber haben aufsergewöhnliche Größe.

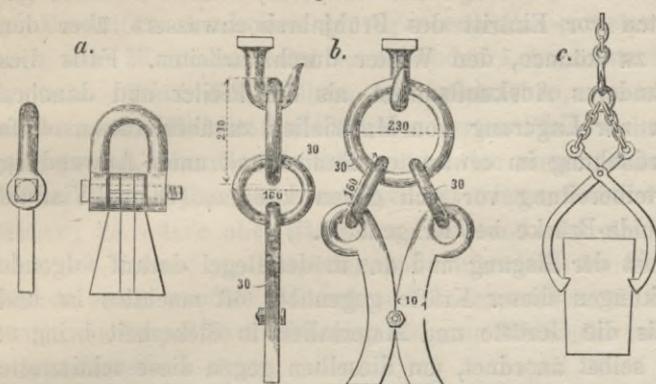
Folgende Angaben über Größe der Steine bei bekannten ausgeführten Bauten sind nicht ohne Interesse: die Schlußsteine der Brücke von Crespano hielten 1,1 cbm; die Wölbsteine der Neuilly-Brücke, nach Morandière die größten in Frankreich, sind 1,80 m lang, 1,62 m hoch, 0,46 m dick bei 1,46 cbm Inhalt; die Eckquader der Kämpfergesimse der Zschopau-Brücke halten rund 2 cbm, die Quader der Brüstungen vom Franz- und Hirschthal-Viadukt bis 3,7 cbm. Noch riesiger sind aber die Abmessungen der Wölbsteine der Dora-Brücke in Turin, von denen die kleineren 5 t wogen, also bei Annahme eines spezifischen Gewichtes des Granites von 2,5, 2 cbm hielten und die größten am Kämpfer 18 t oder rund 7 cbm.

Über die Weite der Fugen vergleiche man S. 199.

3. Das Versetzen größerer Werkstücke von mehr als 0,3 bis 0,5 qm Grundfläche geschieht schon nicht mehr mit Vorteil aus freier Hand, bei einer Größe von 0,5 bis 0,8 qm ist das Versetzen mittels Krabnvorrichtungen am Platze und dies geschieht dann in der Regel mit Zuhilfenahme des sogenannten Wolfes oder ähnlicher Vorrichtungen oder auch wohl der Steinzangen, s. Fig. 35. Letztere kommen in Anwendung, wenn

das Einarbeiten des Wolfloches bei hartem Material zu zeitraubend und kostspielig wird, bringen dann allerdings den Übelstand mit sich, daß man die Steine nicht direkt in ihre endliche Lage bringen kann, sondern zu diesem Zwecke noch besondere Handhabungen ausführen muß. Gewisse Steinformen, wie Gewölbschlusssteine oder Schlusssteine einer Binderschicht u. s. w., können daher nur mit dem Wolf gut versetzt werden.

Fig. 35.



Welche Wichtigkeit manche Bauführung auf die Möglichkeit legt, größere Werksteine, besonders Gewölbssteine, ohne Zeitverlust in die richtige Lage bringen zu können, davon liefert die Ausführung des Gewölbes am Sinnthal-Viadukt ein Beispiel. Dort wurden die Wolflöcher der Gewölbssteine nach Ort und Richtung rechnerisch bestimmt und auf Schablonen dargestellt, so daß jeder Stein an der Krahn-

kette freihängend genau die Lage einnahm, welche er im Bogen anzunehmen hatte. Daß diese Sorgfalt für die solide und rasche Ausführung des Gewölbes von hohem Nutzen war, hat die Erfahrung bei genanntem Bau gelehrt.

Die Frage, ob ein Versetzen der Werksteine in vollem Mörtel oder ein bloßes Vergießen derselben mit Cement, bei welcher Ausführung eine geringere Fugenstärke erzielt werden kann, vorteilhaft ist, kann in Hinsicht auf die Erfahrung wohl dahin entschieden werden, daß ein Versetzen in vollem Mörtelbett unter Anwendung von Krahnvorrichtungen die solideste Ausführung ist. Nur da, wo schwere Werksteinstücke ohne Krahnvorrichtung versetzt werden müssen, oder wo dieselben mit schwierigen Versatzungen ineinander greifen, oder auch bei den Lagerfugen großer und schwerer Steine, desgleichen der Schlusssteine und Scheitelsteine starker Gewölbe, empfiehlt sich das Vergießen mit Cement.

Es wird aber bei großen Steinen immer Schwierigkeiten bereiten, den Mörtel derartig auf die Lagerflächen auszubreiten, daß die untere Lagerfläche des in den Mörtel gesetzten Werksteines vollständig mit ihm in Berührung kommt. Es zeigt sich im Gegenteil beim Emporheben der Steine, wie dieselben nur zum Teil im Mörtel festsetzen, so daß zwischen den Lagerflächen Hohlräume bleiben. Beim Bau der neuen Elbe-Brücke in Dresden hatte man in dieser Beziehung trotz der angewandten verschiedenen Mischungsverhältnisse und Feuchtigkeitsgrade des Mörtels keine befriedigenden Ergebnisse erzielt, bis man auf die Idee kam, ein siebförmig durchbohrtes eisernes Blech auf die Lagerfläche zu legen und auf diesem den Mörtel auszubreiten. Nach Entfernung des Bleches fanden sich nun auf der Lagerfläche eine große Anzahl kegelförmiger Mörtelberge und eine Anzahl unausgefüllter Thäler vor, so daß der aufgesetzte Stein im Stande war, ein gleichmäßiges Mörtelbett herzustellen und keine Hohlräume mehr zu bemerken waren. Die Stärke der Lagerfuge betrug hierbei etwa 5 mm. Das Verfahren dürfte mit Vorteil, auch für Wölbsteine, anzuwenden sein.<sup>34)</sup>

Über Arbeitsleistungen bei Vorbereitung der Baumaterialien und Ausführung der Maurerarbeiten vergl. § 36.

<sup>34)</sup> Protokolle des sächs. Arch.- u. Ing.-Ver. 1875. 86. Hauptvers. S. 65.

4. Während der Aufführung der Pfeiler treten zuweilen Störungen durch Frostwetter, Eisgang oder Hochwasser ein, welche außerordentliche Vorsichtsmaßregeln und Arbeiten nötig machen können.

Bei einer Temperatur von 3—4 Kältegraden müssen die Maurerarbeiten eingestellt und die freistehenden, der schädlichen Einwirkung des Frostes ausgesetzten Mauerflächen durch Bedecken mit Rasen oder Erde geschützt werden, falls man nicht gezwungen ist, um die Pfeilerbauten vor Eintritt des Frühjahrshochwassers über den höchsten Stand desselben führen zu können, den Winter durchzuarbeiten. Falls dies geschehen muß, so bleibt kein anderes Auskunftsmittel, als die Pfeiler und daneben einen entsprechend großen Raum zur Lagerung von Materialien zu überbauen, sodafs die Arbeiten im Schutze der Überdachung im erwärmten Raume und unter Anwendung von heißem Wasser für die Mörtelbereitung vor sich gehen können, (Diemel-Viadukt und Neifse-Viadukt bei Görlitz, Fulda-Brücke bei Kragenhof).<sup>35)</sup>

Gefährlicher als der Frost ist der Eisgang und das in der Regel darauf folgende Hochwasser, da man den Einwirkungen dieser Kräfte gegenüber oft machtlos ist und dann weiter nichts thun kann, als die Gerüste und Materialien in Sicherheit bringen. In welcher Weise man die Gerüste selbst anordnet, um dieselben gegen diese schlimmste Art von Störungen zu sichern, ist in § 8 angegeben. Man kann außerdem die Gerüste noch durch Belastung mit Materialien stabiler machen oder auch für alle Fälle den oberen außerhalb des Hochwasserprofils belegenen Teil mit dem Bauwerke so verbinden und verspreizen, dafs dieser Teil nach Zerstörung des im Wasser belegenen allein für sich bestehen kann und erhalten bleibt (Diemel-Viadukt).

Weitere Mittel zur möglichsten Herabminderung der zerstörenden Gewalt des Eisganges sind die Anlage von Eisbrechern, eine Bohlenverkleidung der Gerüstöffnung, um die Eisschollen beim Durchtreiben zu leiten und endlich das Sprengen der Eisdecke<sup>36)</sup> oberhalb des Bauwerkes, sobald der Eisgang in naher Aussicht steht. Während des Eisganges sind Tag und Nacht Mannschaften bereit zu halten, um Eisstopfungen möglichst zu verhindern.

Kleinere Gerüste und Transportbrücken, die der Gewalt des Stromes nicht widerstehen können, sind rechtzeitig abzubrechen, die Materialien ebenso wie die der Zimmerplätze, falls auch hier Gefahr droht, sind am Ufer aufzustapeln und mit Ketten zu verankern, um das Fortschwimmen zu verhüten.

## § 22. Aufstellen der Lehrgerüste.

1. Sobald eine Reihe von aufeinander folgenden Pfeilern fertiggestellt ist, kann mit dem Aufstellen der Lehrgerüste der Anfang gemacht werden, wenn nicht aus besonderen Rücksichten die Fertigstellung sämtlicher Pfeiler für die gleichzeitige Wölbung sämtlicher Bögen verlangt wird.

Bei Bauten mit vielen Öffnungen sucht man aus Sparsamkeitsrücksichten die Anzahl der zu fertigenden Lehrgerüste möglichst zu beschränken, man wölbt deshalb beispielsweise mit einem Satze von vier Lehrgerüsten (T. XIV, F. 1) vom Widerlager aus und setzt nach Vollendung der dem Widerlager zunächst liegenden Öffnung das

<sup>35)</sup> s. auch Deutsche Bauz. 1880, S. 74 (Bau einer Brücke bei Frostwetter).

<sup>36)</sup> Zeitschr. f. Bauw. 1861, S. 447. Eissprengungen in der Weichsel durch Kanonenschläge. — Ebendasselbst 1865, S. 183. Sprengungen auf der Oder oberhalb Glogau. — Ebendasselbst 1869, S. 86. Sprengungen mit Dynamit auf der Oder bei Oppeln. — Deutsche Bauz. 1872, S. 320. Eissprengungen mit Dynamit auf der Rhône bei Lyon.

Lehrgerüst derselben in die fünfte Öffnung. Man wölbt bei dieser Anordnung beispielsweise in der ersten Öffnung am Widerlager 8, am Pfeiler 6 Schichten und beginnt nun erst die Wölbung in der zweiten Öffnung, darauf in der dritten und vierten u. s. f., sodafs beim Schluß des ersten Gewölbes in der zweiten Öffnung 13 und 11, in der dritten 7 und 6 Schichten versetzt sind. Hierauf beginnt man mit dem Wölben der vierten und setzt das Lehrgerüst der ersten in die fünfte Öffnung. Bei dieser Anordnung des Einwölbens kann man der Gruppenpfeiler entbehren.

Die Minimalzahl der zu setzenden Lehrgerüste läfst sich nicht durch Rechnung ermitteln. Wenn das Wölben, wie beschrieben, von einem Widerlager aus beginnt, so würde man, falls die Stabilität des ersten Pfeilers und der eingerüsteten zweiten Öffnung genügt, um dem Gewölbeschube der ausgerüsteten ersten Öffnung Widerstand zu leisten, eine Reihe von Gewölben mit einem Satze von zwei Lehrgerüsten herstellen können; es würde aber dann der Übelstand eintreten, dafs man jedes Gewölbe sofort nach der Vollendung ausrüsten und auferdem für die Fertigstellung des ganzen Bauwerkes einen grofsen Zeitaufwand beanspruchen müfste. Die Praxis erfordert daher für die sachgemäfsse Ausführung längerer Bauwerke mindestens einen Satz von 3 bis 4 Lehrgerüsten.

Aus Sparsamkeitsrücksichten stellt man auch bei Ausführung längerer Gewölbe häufig das Lehrgerüst nur für die halbe oder eine noch geringere Länge desselben her, und führt das Gewölbe unter entsprechender Verschiebung des Lehrgerüstes dann in einzelnen Teilen aus.<sup>37)</sup> Dies Verfahren kommt besonders bei Eisenbahnbrücken (Unterführungen u. s. w.) zur Anwendung, deren Herstellung in Eile betrieben werden mufs, um über das Bauwerk bald ein Transportgleis für die Bewegung von Erdmassen führen zu können.

Sollen die Lehrgerüste häufig versetzt werden, so ist es vorteilhaft, möglichst kurze, leicht transportable Hölzer zu nehmen und alle in §§ 15 und 16 beschriebenen Vorsichtsmafsregeln zur Verhütung gröfserer Zusammenpressungen bei wiederholtem Gebrauche in Anwendung zu bringen. Ferner ist auf gehörige Bezeichnung der Hölzer Wert zu legen, um die Aufstellung zu erleichtern.

2. Das Aufstellen der Lehrgerüste für Brücken, bei denen Laufkrahne zur Verfügung stehen, erfolgt mit Hilfe der letzteren (T. XIII, F. 1<sup>a</sup>) oder auch durch den Bock (T. XV, F. 5).

Der Bock leistet auch wesentliche Dienste beim Niederlassen eines Lehrbogens, der an eine neue Arbeitsstelle gebracht werden soll, ohne erst in seine Verbandteile zerlegt zu werden. Diese Arbeit läfst sich nämlich mit dem Laufkrahnen nur mühsam ausführen, weil dann jeder Binder des Lehrgerüstes zunächst auf den Schwellen bis an die Stirn des Gewölbes geschoben werden mufs, damit die Windekette des Krahnes imstande ist, ihn zu fassen. Mit einem Bock, der stark genug ist und mit seinem Kopfe bis an den Gewölbescheitel reicht, macht sich die Sache einfacher. Man lehnt denselben an einen beliebigen Binder und bringt ihn zunächst in die erforderliche geneigte Lage. Dann befestigt man den Lehrbogen an dem Seile, welches zur Winde führt, zieht die Winde etwas an, sodafs der Bogen in der Schwebe hängt, dreht ihn so weit, dafs seine Enden die Schwellen nicht mehr berühren und läfst ihn dann langsam zur Erde nieder. Mittels Rollwagen kann man ihn dann an die neu zu überwölbende

<sup>37)</sup> Vergl. Nouv. ann. de la constr. 1861, S. 64. Abaissement du plan d'eau du canal St. Martin; auch Dupuit. Traité de l'équilibre des voutes etc. S. 298.

Öffnung führen und hier entweder mit dem Laufkrahnen oder auch mit dem Bocke aufziehen und wieder aufrichten.

Das Aufziehen der einzelnen vollständig zusammengesetzten Binder des Lehrgerüsts geschah beim Indre-Viadukt mittels eines 19,40 m hohen Bockes. Für das Niederlassen derselben bediente man sich einer besonderen Hilfsvorrichtung, obgleich man für diese Arbeit, wie vorstehend angegeben, auch einen Bock hätte anwenden können.

3. Umständlicher wird die Aufstellung des Lehrgerüsts bei den fliegenden Gerüsten mit horizontaler Transportbahn, jedoch wird auch hier in ausgedehnter Weise der Bock zur Hilfe genommen und im allgemeinen die Aufgabe in der Weise gelöst, daß man in entsprechender Höhe über dem Terrain entweder einen festen oder einen fliegenden Rüstboden anlegt, auf welchem die einzelnen Verbandteile der Lehrgerüste mit Hilfe der Laufkrahne u. s. w. emporgewunden und oben unter Anwendung von Böcken zusammengesetzt werden.

Beim Morlaix-Viadukt baute man für die untere niedrige Bogenreihe einen festen, in der Thalsohle unterstützten Rüstboden. Man legte auf besonders zu diesem Zwecke herausgekragten Quadern der Pfeiler zwei Streichschwellen und in der Ebene dieser Schwellen in der Mittelachse des Bogens ein paralleles Querholz, welches den Holm einer in der Thalsohle stehenden Pfahlreihe bildete. Auf diesen drei Hölzern lagen zwei starke Balken für das Tragen der Rüstbodendielung, in welcher für das Durchlassen der aufzuwindenden Hölzer eine Öffnung gelassen war. Nun zog man zunächst die mittleren Pfosten und die beiden Hauptstreben des Binders in die Höhe und verband dieselben mit Hilfe dreier auf der Plattform befindlichen Böcke. Dann legte man die horizontalen Doppelzangen an und ging zum nächsten Binder über und die Sprengwerke der einzelnen Binder benutzte man beim Richten der übrigen Verbandteile des Lehrgerüsts.

Für die oberen Bogen bediente man sich eines fliegenden Rüstbodens (T. XV, F. 3), der durch zwei, mittels eiserner Stangen an die Dienstbrücke angehängte Querhölzer gehalten wurde. Zur Verstärkung der Gitterträger der Dienstbrücke brachte man an dieser Stelle unter denselben hölzerne Sprengwerke an. Die einzelnen Hölzer wurden auch hier mittels der Laufkrahne gehoben und mit Hilfe von Böcken zusammengestellt.

Beim Aulne-Viadukt wurde der feste Rüstboden auf der Dienstbrücke angebracht, welche sich zur Zeit 4 m über dem Kämpfer und 7 m unter dem Scheitel des Lehrgerüsts befand (T. XV, F. 1<sup>d</sup> u. 1<sup>e</sup>). Die den 0,08 m starken Bohlenbelag tragenden Schwellen wurden auf den oberen Gurtungen der Gitterträger verbolzt und der Belag ragte nach beiden Seiten 1 m breit über das Lehrgerüst hinaus. Auf demselben arbeiteten die Zimmerleute mit Hilfe einer fliegenden, bockähnlichen Vorrichtung. Dieselbe besteht aus zwei 7 m von einander entfernten,  $\frac{20}{20}$  cm starken, am Fusse durch Doppelzangen in vertikaler Stellung erhaltenen Ständern; die Ständer trugen mittels vier Kopfbändern einen  $\frac{20}{20}$  cm starken, 14 m langen Holm, der den Scheitel des Lehrgerüsts um 0,50 m überragte und die Seile und Flaschenzüge für die Hebung und das Halten der Hölzer aufnahm.

Nach Aufstellung des Lehrgerüsts mußte dann noch die Dienstbrücke über den Scheitel der Gewölbe gehoben werden. Dies geschah nach T. XV, F. 1<sup>e</sup> in folgender Weise: Jede zu hebende Öffnung der Dienstbrücke wurde zuerst zerlegt, nur die beiden Gitterträger derselben blieben ganz. Dann wurde ein Träger zunächst um 0,8 m gehoben und an einem Ende durch das Seil einer Winde gefaßt, welche auf den untersten Zangen der Binder des zunächst folgenden Lehrgerüsts befestigt war. Das andere Ende des zu hebenden Trägers ruhte vorläufig auf dem Bohlenbelag des Trägers der anstoßenden Öffnung, welche noch nicht demontiert war. Sodann begann die eigentliche Hebung des Trägers um 9 m, bei welcher Arbeit die oben beschriebenen Vorrichtungen auf den beiden rechts und links neben dem zu hebenden Träger liegenden Lehrgerüsten, eine Winde auf dem nächsten bereits gehobenen Träger (bzw. auf dem Widerlager) und eine zweite auf dem anstoßenden noch nicht gehobenen Träger gestellt waren.

Beim Daoulas-Viadukt (T. XV, F. 2<sup>e</sup> u. 2<sup>e</sup>) geschah die Aufstellung des Lehrgerüsts in besonders kühner Weise mittels eines fliegenden Rüstbodens und zweier auf den Pfeilern stehenden Böcke. Die beiden obersten Holme des fliegenden Rüstbodens lagen genau in der Höhe der beiden Zangen des Lehrgerüsts, sodafs man hiernach alle einzelnen Gerüsteile mit Sicherheit und Genauigkeit verbinden konnte.

Schließlich ist noch zu bemerken, daß das Lehrgerüst von vornherein eine Überhöhung erhalten muß, deren Größe von der Konstruktion desselben, dem Gewichte des

Gewölbes und der Art und Weise der Ausrüstung des letzteren abhängt. Eine in § 26 mitgeteilte Tabelle wird für die Bestimmung der Größe der voraussichtlichen Senkung nach dem Ausrüsten, welche auf theoretischem Wege nicht möglich ist<sup>38)</sup>, einigen Anhalt gewähren.

**§ 23. Herstellung der Gewölbe.** Die Brückengewölbe werden in der Regel aus Werksteinen, aus lagerhaften, bearbeiteten Bruchsteinen oder aus Backsteinen hergestellt und es sind für diese Ausführungen namentlich das Versetzen der Werksteine, die Mittel zur Erzielung radialer Fugen und die Anordnung der Schlußsteinschichten zu besprechen. Ferner sind die seltener vorkommenden Gewölbearten zu betrachten, nämlich die Gewölbe mit konzentrischen Ringen, die Bruchsteingewölbe mit ausgegossenen Fugen und die Gewölbe aus Cementbeton.

1. Zunächst ist in betreff der Mörtelart hier ergänzend zu bemerken, daß der Cementmörtel heute für größere Gewölbeausführungen auch in Deutschland eine ausgedehntere Verwendung findet, obgleich es noch viele Ingenieure giebt, die namentlich für Ziegelgewölbe einem schnell bindenden, langsam erhärtenden Kalkmörtel (Trafs- oder natürlich-hydraulischen Mörtel) den Vorzug geben, weil sie der Ansicht sind, daß bei seiner Anwendung die nach dem Ausrüsten des Gewölbes nicht selten auftretenden offenen Fugen oder Risse leichter zu vermeiden seien, vergl. § 27.

Die neuerdings in Frankreich und auch in anderen Ländern zur Ausführung gekommenen bedeutenden Brücken, bei denen unter Anwendung von Cementmörtel die günstigsten Ergebnisse erzielt worden sind, beweisen aber, daß bei sorgfältiger Ausführung auch der Cementmörtel für Brückengewölbe sehr gut verwendbar ist. Näheres über die betreffenden Ausführungen siehe § 26 u. 27.

Die Zusammensetzung des Mörtels für die Gewölbe kann aus der Tabelle S. 123 entnommen werden. Man läßt die Bindekraft desselben vom Widerlager nach dem Scheitel hin zunehmen, sodafs etwa, wenn die Gewölbesteine in Nähe der Kämpfer in Mörtel, bestehend aus 1 Teil Trafs oder Cement, 2 Teilen Kalk und 3 Teilen Sand versetzt worden sind, diese Arbeit in Nähe des Scheitels, wo wegen der mehr der Vertikalen sich nähernden Lagerflächen ein Versetzen im Mörtelbett immer schwieriger wird, unter Anwendung eines stärker hydraulischen Mörtels aus etwa gleichen Teilen Trafs oder Cement, Kalk und Sand vorgenommen wird. Die unteren Teile der Lagerfugen in der Nähe des Scheitels werden mit Hilfe der Mörtelsäge gefüllt und die Scheitelsteine in der Regel in reinem Trafs oder Cementmörtel vergossen.

2. Beim Versetzen der Wölbsteine hat man schon auf das Ausrüsten Bedacht zu nehmen. Es ist daher bei Ziegelgewölben, um eine zu innige Verbindung der Schalung des Lehrgerüsts mit dem aus den Fugen quellenden Mörtel zu vermeiden, durch welche die spätere Arbeit des Ausfugens erschwert und die Gefahr des Absplitterns der Steinkanten beim Ausrüsten erhöht wird, vorteilhaft, die auf der Schalung liegende Steinschicht mit unten leeren Fugen zu versetzen. Allerdings wird bei regniger Witterung trotz dieser Vorsicht das Ausquellen des Mörtels unter dem starken Drucke der Gewölbelast nicht ganz vermieden werden können.

Bei Quadergewölben, wo die Schalhölzer in der Mitte jedes Wölbsteines liegen können, ist die Fuge von unten frei, sodafs dieselbe noch vor gänzlicher Erhärtung

<sup>38)</sup> Eine Annäherungsformel von v. Kaven findet man Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. 1861, S. 74; s. auch Winkler. Vorträge über Brückenbau, gehalten an der k. k. technischen Hochschule zu Wien. Lehrgerüste steinerner Brücken (für die Hörer als Manuscript gedruckt). S. 12.

des Mörtels ausgekratzt werden kann; man kommt aber trotzdem auch hier der Gefahr des Absplitterns der inneren Steinkanten beim Ausrüsten und des dann erfolgenden Zusammenpressens der Wölbsteine zuvor, indem man die Kanten bricht und den sogenannten „Druck“ anarbeitet. Um eine besonders saubere Laibungsfläche zu erhalten, legt man auch wohl zwischen jeden Wölbstein und das zugehörige Schalholz zwei lange dünne Keile, mit deren Hilfe man die Höhenlage des Steines während des Versetzens justieren kann.

Bei der Claix-Brücke über den Drac bei Grenoble (vergl. § 27) verschloß man, um Mörtelnähte zu vermeiden, die Fugen der inneren Laibung und der Stirn auf eine Tiefe von 2 cm mit Gips. Nach erfolgter Ausrüstung kratzte man den Gips wieder aus und füllte die Fugen unter Anwendung des Mörtelaisens.

Bei Wölbung der in Ziegeln ausgeführten Flutöffnungen der Elbbrücke bei Wittenberge hat man keine festgenagelte Schalung angewendet, um das Fugen alsbald nach Fertigstellung der einzelnen Schichten vornehmen zu können. Man legte die Schalbretter zu diesem Zwecke zwischen die gut abgelehrten Kranzhölzer der Lehrgerüste ein, befestigte sie seitlich durch kleine Keile und setzte darauf die einzelnen Steinschichten an. Sobald eine Schicht fertig war, wurden die Latten fortgenommen und zur Ausführung der folgenden Schicht benutzt. Das fertige Gewölbstück ruhte dann direkt auf den Kranzhölzern. Man kann bei dieser Methode allerdings eine saubere Laibungsfläche erzielen, es ist dabei jedoch ein Übelstand, daß man vorher das Lehrgerüst nicht auf der Lattenoberfläche mit Wölbmaterial belasten kann. Die allmähliche mit der Wölbung fortschreitende Lattung hat bei dieser Methode aber vor der gleich nach Aufstellung des Lehrgerüsts angebrachten, festgenagelten Schalung den Vorteil, daß die innere Laibungsfläche während der Ausführung sichtbar bleibt und daß man im stande ist, auch zwischen den Lehrbogen Steinmaterial in die Höhe zu schaffen.

3. Zur Herstellung radialer Fugen bedient man sich meist einfacher Mittel. Bei Lehrgerüsten, auf denen die Krümmungs-Mittelpunkte markiert werden können, lassen sich die Gewölbefugen mit Hilfe von durch die Mittelpunkte gehenden Radialschnüren oder Radiallatten justieren. Sind die Mittelpunkte nicht zu markieren, so hilft man sich durch Anwendung des Quadranten oder durch Schablonen aus Holz oder Zink, welche auf die Krümmung der Schalung gestellt, die Richtung der Fugen angeben. Bei der letzten Methode ist man abhängig vom Setzen des Lehrgerüsts während der Wölbung, wodurch eine Überwölbung der Schichten eintreten kann. Man kann jedoch diesem Übelstande entgegenwirken, wenn man die Schichten gleich beim Versetzen etwas „faul“ wölben läßt.

Perronet wendete bei Herstellung der aus 11 Mittelpunkten konstruierten Wölblinie der Neuilly- und Nantes-Brücke, da eine Schnur keine genaue Messung gestattet hätte, einen hölzernen Quadranten von 0,8 m Halbmesser an, auf welchem sämtliche Winkel, welche die Lagerfugen der einzelnen Wölbsteine mit der Horizontalen einschlossen, angegeben waren, sodaß das in einer Ecke des Quadranten angebrachte Lot, wenn man eine Seite des ersteren auf die Lagerfläche des zu versetzenden Steines stellte, bei richtiger Stellung des Steines genau auf die entsprechende Gradzahl des Bogens einspielte.

Bei so großen Öffnungen, wie sie die genannten Brücken aufzuweisen haben, ist es auch erforderlich, die Abscissen und Ordinaten der Punkte, in welchen die innere Wölbungslinie von den Lagerfugen geschnitten wird, vom Kämpfer aus zu berechnen und die gefundenen Längen und Höhen während der Ausführung zur Kontrolle der richtigen Lage der Wölbsteinkanten zu benutzen.

Bei der Wölbung der Nagold-Brücke bei Teinach (33 m Spannweite) erwies es sich als unausführbar, den Rücken der Lehrbögen genau nach der inneren Wölbungslinie zu gestalten. Deshalb wurde vor dem Versetzen jeder einzelnen Quaderschicht dem zugehörigen Schalholz die richtige Lage mittels eines Koordinatensystems gegeben, das auf eine an der Schwelle der Lehrbögen durch Nägel festgelegte Grundlinie bezogen war; an den Stirnlehrbögen waren außerdem schon auf dem Reifsboden die Fugenrichtungen mittels Sägeschnitten eingekerbt.

4. Die Schlußsteinschicht der Gewölbe muß besonders bei Quaderbauten mit der größten Sorgfalt bearbeitet und hergestellt werden, damit nach dem Eintreiben derselben, welches bei größeren Bauten mittels schwerer Handrammen geschieht, sämtliche Lagerfugen zur möglichsten Vermeidung nachherigen Setzens stark aufeinander geprefst sind. Es ist daher auch notwendig, mit dem vollständigen Abrichten der Schlußsteine zu warten, bis die Nachbarschichten schon versetzt sind und der verbleibende Raum genau gemessen werden kann. Nach Einbringung des Schlußsteines und unmittelbar vor dem Beseitigen des Lehrgerüsts würden noch keine Drücke in den Fugen vorhanden, wohl aber die Fugen vollständig geschlossen und die Widerlager unbeansprucht sein, wenn die Formänderung (Deformation) des Lehrgerüsts sich ganz verhindern ließe.

Bei der Herstellung der Gewölbe einiger großer Brücken der Neuzeit hat man, um Deformationen des Gewölbes möglichst zu vermeiden, eine neue Methode des Wölbens mit Erfolg zur Ausführung gebracht. Diese Methode besteht im wesentlichen darin, daß man das Gewölbe an mehreren Stellen zugleich zum Schluß bringt. Hierüber, sowie auch über andere Methoden, die denselben Zweck verfolgen, vergleiche man § 27.

5. Die Herstellung von Gewölben aus mehreren konzentrischen Ringen (Rouladen) ist vom theoretischen Standpunkte aus nicht zu empfehlen, weil die Unbestimmtheit, welche in betreff der Lage der Stützlinie schon beim einfachen Gewölbe vorliegt, bei Anwendung mehrerer Ringe noch bedeutend erhöht wird. Es ist nicht ausführbar zwei von einander getrennte übereinander liegende Ringe eines Gewölbes hinsichtlich ihrer Bogenlänge so genau passend zu wölben, daß jeder Ring den ihm rechnermäßig zufallenden Teil der Last auch in Wirklichkeit zu tragen bekommt. Damit nun die Pressungen thunlichst von einem Ring auf den anderen übertragen werden, muß man die einzelnen Ringe durch Einfügung von Binderschichten miteinander in Verband setzen. Dies geschieht auch bei den aus  $\frac{1}{2}$  Stein starken Ziegelringen ausgeführten englischen Brückengewölben, obgleich nach außen hin Verbandlosigkeit der Ringe zur Schau gestellt wird. Ferner ist für das Gelingen eines Ringgewölbes Vorbedingung, daß ein sehr guter Mörtel benutzt und daß die Ausführung mit großer Sorgfalt überwacht wird.

Wenn also nach Vorstehendem die Herstellung eines Gewölbes aus Ringen von vornherein bemängelt werden muß, so ist doch nicht zu verkennen, daß dieselbe gewisse praktische Vorteile bietet. Man umgeht bei Ziegelgewölben — und das ist der Grund, warum die Engländer nicht selten in Ringen wölben<sup>39)</sup> — die Anwendung von Formsteinen und kann ferner bei sehr großen Gewölben aus beliebigem Material durch diese Art der Ausführung den Druck auf das Lehrgerüst und damit die Senkung desselben verringern, weil das Gewicht des erst herzustellenden Ringes kleiner ist, als das

<sup>39)</sup> Vergl. Allg. Bauz. 1838, S. 59. (Flaminius. Bemerkungen auf einer Reise in England im Sommer 1837.) — Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. 1862, S. 326. (Meyer. Über englische Eisenbahnbrücken.)

Gewicht des ganzen Gewölbes, und weil der erste Ring nach erfolgtem Schluß sofort einen Teil des Gewichts der über ihm liegenden folgenden Ringe zu tragen vermag. In dieser Entlastung des Lehrgerüsts beim Wölben liegt der Grund, weshalb die Anwendung von Ringen bei Herstellung bedeutender Gewölbe in der Neuzeit in Aufnahme gekommen ist. Schon Dupuit<sup>40)</sup> hat dies Verfahren empfohlen. Dasselbe kam mit großem Erfolg u. a. zur Anwendung bei der Brücke über die Isère, der Tilsit-Brücke in Lyon und der Claix-Brücke über den Drac. Bei der Tilsit-Brücke wurden die Werksteine trocken versetzt und nachher mit Portlandcement vergossen. Das Lehrgerüst erhielt eine Überhöhung von 5 cm, die vor dem Beginn des Wölbens durch Belastung mit  $\frac{1}{5}$  des Wölbmaterials auf Null herabgedrückt wurde. Nach dem Ausrüsten soll sich keine Senkung des Gewölbes gezeigt haben.

Über andere Einzelheiten derartiger Ausführungen vergl. § 27.

6. Bruchsteingewölbe mit ausgegossenen Fugen. Die Anwendung von handlichen, häufig ganz unbearbeiteten Bruchsteinen ist besonders für Frankreich<sup>41)</sup> eigentümlich. Die Festigkeit der aus diesem Material hergestellten Gewölbe beruht im wesentlichen auf der Güte des in Anwendung kommenden Cementmörtels. Die Herstellung solcher Gewölbe aus kleinem Material erfordert nur bezüglich der Mörtelbereitung besondere Sorgfalt und bietet viele Vorteile, namentlich wegen Vereinfachung der Hilfsvorrichtungen.

Die erste in derartigem Mauerwerk und Vassy-Cement ausgeführte Brücke war *Pont aux doubles* in Paris (1847). Die Senkung des Gewölbescheitels der 31 m weiten Öffnung mit  $\frac{1}{10}$  Pfeil soll nach dem Ausrüsten nur 1,5 mm betragen haben. In demselben Jahre machte der Oberbergrat Henschel in Kassel einen erfolgreichen Versuch mit dieser Baumethode beim Bau einer schiefen Brücke von 11,3 m Spannweite über die Ahne. Die Bruchsteine wurden im Verbandsverbande und nach der Schraubenlinie trocken mit 8 mm weiten Fugen versetzt, dann durch Übergießen von Wasser von Staub und Schmutz gereinigt und mit Cementmörtel vergossen. Die Senkung beim Ausrüsten betrug 15 mm. Ferner darf die Alma-Brücke in Paris nicht unerwähnt bleiben, wegen der Art und Weise der Herstellung ihrer Gewölbe kann indessen auf S. 188 verwiesen werden.

Die Ausführung dieser Brücke ist eine erstaunlich schnelle gewesen. Am 8. Nov. 1854 wurden die Fundamentierungsarbeiten in Angriff genommen; trotz Verzögerung dieser Arbeiten durch im Winter und Frühling eintretendes Hochwasser waren Pfeiler und Widerlager im Juni 1855 fertig. In zwei Monaten wurden die Gewölbe hergestellt und unmittelbar darauf mußte die Brücke schon für den Weg zur Industrieausstellung fahrbar gemacht werden. Die Lehrbogen blieben stehen und auf die Gewölbe wurde Erdaufrag gebracht. Als dieser Auftrag nach dem Schlusse der Ausstellung entfernt wurde, zeigten sich starke Senkungen an den Pfeilern, die dem Vermuten nach von Höhlungen in den Steinfüllungen zwischen den Ramppfählen herrührten. In die Pfeiler wurden deshalb 9 Löcher von 0,20 m Durchmesser gebohrt und durch dieselben Portlandcement in die Fundamente gegossen.

Die endliche Eröffnung geschah erst am 2. April 1856 nach Beendigung dieser Wiederherstellungsarbeit.

In ähnlicher Weise sind die bis 50 m weiten Gewölbe der im Jahre 1855/56 erbauten Eisenbahnbrücke zu Nogent sur Marne auf der Linie Paris-Mühlhausen hergestellt. Der hier verbrauchte Cement von Vassy wurde von gewandten Arbeitern in ganz kleinen

<sup>40)</sup> Traité de l'équilibre des voutes, S. 283.

<sup>41)</sup> Aynard. Note sur la fondation du pont de Ménat et sur l'emploi de petits matériaux dans la construction des voutes. Ann. des ponts et chaussées. 1849. I. S. 249. — Ponts en ciment. Dasselbst. 1855. I. S. 252, mit einer Tabelle, in welcher Zusammensetzung, Gewicht, Pressung und Senkung der verschiedenen Gewölbe aufgeführt sind. — Vergl. auch Zeitschr. f. Bauw. 1856, S. 124 u. 127.

Mengen mit starken Kellen auf besonderen Tennen zubereitet und in den unteren Gewölbepartien mit 2 Teilen, in der Scheitelgegend mit weniger (bis zu 1 Teil) Sand vermischt.

In Deutschland sind in neuerer Zeit, vornehmlich durch die Vorwohler Cementbau-Gesellschaft Liebold & Co. in Holzminden, Brücken in Bruchstein-Füllmauerwerk mit Erfolg zur Ausführung gelangt.<sup>42)</sup>

Bemerkenswert ist ferner das Gewölbe der Unterführung des Lerchen-Mühlgrabens in der Tiefbauschacht-Bahn bei Zwickau.<sup>43)</sup> Man hat dies Gewölbe, dessen Achse im Grundrisse Kurven bildet, in zwei Ringen hergestellt, und das Lehrgerüst dementsprechend aufsergewöhnlich leicht (mit 4,80 m weit gestellten Bindern) angeordnet. Ehe die Wölbung begann, wurde die Schalung mit einer Abkochung von grüner Seife bestrichen, um eine Verbindung des Cementmörtels mit den rauhen Schalbrettern zu verhindern. Die verwendeten Bruchsteine sind Abfälle, welche bei der Schieferindustrie entstehen, sog. Theumaer Spitzen, 3 bis 5 cm stark, 20 und 30 cm lang. Unter Verwendung eines Cementmörtels vom Mischungsverhältnis 1:3 wurde der erste Ring 25 cm stark gewölbt, wobei in genügender Anzahl und regelmässigen Abständen 50 cm hohe Bänder hergestellt wurden, um eine möglichst innige Verbindung mit dem zweiten, ebenfalls 25 cm starken Ringe zu erzielen. Der erste Ring blieb sieben Tage liegen, sodafs er erhärten konnte. Das Lehrgerüst wurde erst sechs Wochen nach Schlufs des zweiten Ringes beseitigt. Nach erfolgter Ausrüstung soll sich nicht die geringste Senkung gezeigt haben.

7. Die Brücken aus Cementbeton<sup>44)</sup> sind in den letzten Jahren mehr und mehr in Aufnahme gekommen, wohl aus dem Grunde, weil die Fabrikation des Portlandcements sich wesentlich vervollkommenet hat und die genannten Brücken sich im allgemeinen rascher und billiger herstellen lassen, als die in gewöhnlicher Weise gewölbten Brücken. Doch sind Gewölbe aus eigentlichem Cementbeton — d. h. aus einer mit Stein-schlag vermengten gestampften Cement-Mörtelmasse — nur in kleineren Abmessungen ausgeführt. Für gröfsere Bauten ist das vorhin besprochene Bruchsteinmauerwerk mehr am Platze.

Bei den eigentlichen Cementbeton-Gewölben wird die Masse, bestehend aus einer Mischung von Portlandcement, Kiessand und Steinschlag (letzterer etwa in Gröfse einer Wallnufs bis zur Gröfse eines kleinen Hühnereis), zuerst in trockenem Zustande mehrere Male durcheinander gearbeitet. Dann wird Wasser zugesetzt und die feuchte Masse in Schichten von 10 bis 12 cm Stärke auf die Verschalung gebracht, und zwar unter Verwendung einer dünnen Schicht feinen Cementmörtels als Unterlage. Der aufgebrachte Beton wird dann so lange gut gestampft, bis die Masse dicht und bildsam geworden ist und sich an der Oberfläche Wasser zeigt. Ist die erste Schicht derart durchgestampft, so wird ihre Oberfläche rauh gemacht, eine zweite Schicht aufgebracht und

<sup>42)</sup> Zeitschr. f. Bauhandw. 1882, S. 9. Die neuen Bruchsteinbrücken und Kanäle der Vorwohler Portland-Cementfabrik.

<sup>43)</sup> Jahrbuch des sächs. Ing.- u. Arch.-Ver. 1883, S. 267.

<sup>44)</sup> Deutsche Bauz. 1872, S. 260. (Hoffmann. Massive Brücke von 8,16 m Weite bei Lübars). — Ebendasselbst. 1873, S. 75. (Hoffmann. Die Überwölbung des Gerberbaches in der Stadt Schaffhausen.) — Ebendasselbst. 1877, S. 259. (Liebold. Brücke aus Cementbeton.) — Auch die Brücke über den Lavale zwischen Sorio und Logrono in Spanien weist drei Segmentgewölbe à 10 m Spannweite und 2,34 m Pfeil auf, die samt den Mittelpfeilern aus Beton mit blofser Quaderverkleidung bestehen. Desgl. bestehen die 10,2 m weiten elliptischen Gewölbe der Brücke bei Lumbreras über den Ireguaz daselbst aus Beton. — Neuere spanische Brücken von der Wiener Weltausstellung s. Rziha. Eisenbahn-Unter- und Oberbau. II. S. 194. — Über eine Brücke mit Gufsmauerwerk aus Santorinerde bei Barcola vergl. Allg. Bauz. 1848, S. 59.

ebenfalls gestampft. Um zu verhüten, daß das Cementwasser durch die Schalbretter fließt, und namentlich, um nach dem Ausrüsten eine saubere Gewölbelaibung zu erhalten, hat man die Schalung mit einer schützenden Decke zu versehen. Für diesen Zweck wird Makulaturpapier, Eisenblech oder ein Gipsüberzug angewendet. Letzterer ist besonders zu empfehlen.

Die fertigen Gewölbe müssen je nach der Witterung in den ersten Wochen häufig benetzt werden, damit der Beton gut erhärten kann. Dyckerhoff & Widmann in Biebrich wenden für solche Gewölbe-Ausführungen meistens einen Beton bestehend aus 1 Teil Portlandcement, 5—6 Teilen Kiessand und 5—6 Teilen Kiessteinen oder Steinschlag an.<sup>45)</sup>

Schließlich sei bemerkt, daß bei den meisten Gewölben mit bedeutenden Pfeilhöhen, namentlich bei Halbkreisgewölben, mit dem Fortschreiten des Einwölbens, jedenfalls aber vor dem Ausrüsten die Hintermauerung bis zur Höhe der sog. Bruchfuge herzustellen und daß auf eine innige Verbindung derselben mit dem Mauerwerk der Gewölbe durch guten Mörtel und Steinverband Bedacht zu nehmen ist.

**§ 24. Ausführung der schiefen Gewölbe.** — Die Ausführung schiefer Werksteingewölbe erfordert ausgedehnte Vorbereitungen und es sollen im Nachstehenden hauptsächlich derartige Gewölbe berücksichtigt werden. Bei Backstein- und Bruchsteingewölben genügen ziemlich einfache Hilfsmittel. Bei diesen Gewölben handelt es sich namentlich darum, daß die Lagerfugen auf der Schalung vorgezeichnet und markiert werden, wobei man biegsame Lineale benutzt; bei Backsteingewölben kann man auch Papierschablonen zu Hilfe nehmen, worüber Zeitschr. f. Bauw. 1871, S. 279 Näheres enthält.

In betreff der Gewölbe aus Werksteinen ist zunächst auf § 28 des II. Kapitels hinzuweisen, woselbst die graphischen Methoden und die Rechnungen vorgeführt sind, welche es ermöglichen, die Liniennetze schiefer Gewölbe auf einem Reifsboden in natürlicher Größe zu verzeichnen und die Schablonen für die einzelnen Steine zu gewinnen. Auch von dem Herausragen und Bearbeiten der Wölbsteine ist auf S. 222 bereits die Rede gewesen. Hier sei bemerkt, daß außer Schablonen, Richtscheiten und Winkeln mit einem biegsamen Schenkel auch sog. Schmiegen für die vorkommenden spitzen und stumpfen Winkel zur Verwendung kommen, ferner, daß man für die Herstellung der windschiefen Flächen zweckmäßigerweise zwei durch Stangen verbundene Richtscheite, eines mit parallelen und eines mit konvergierenden Kanten, zu Hilfe nimmt und daß auch bei Bearbeitung der Laibungsflächen Schablonen, welche zu je zweien durch Querhölzer verbunden und außerdem mit radial stehenden Ansätzen versehen sind, mit Vorteil verwendet werden.

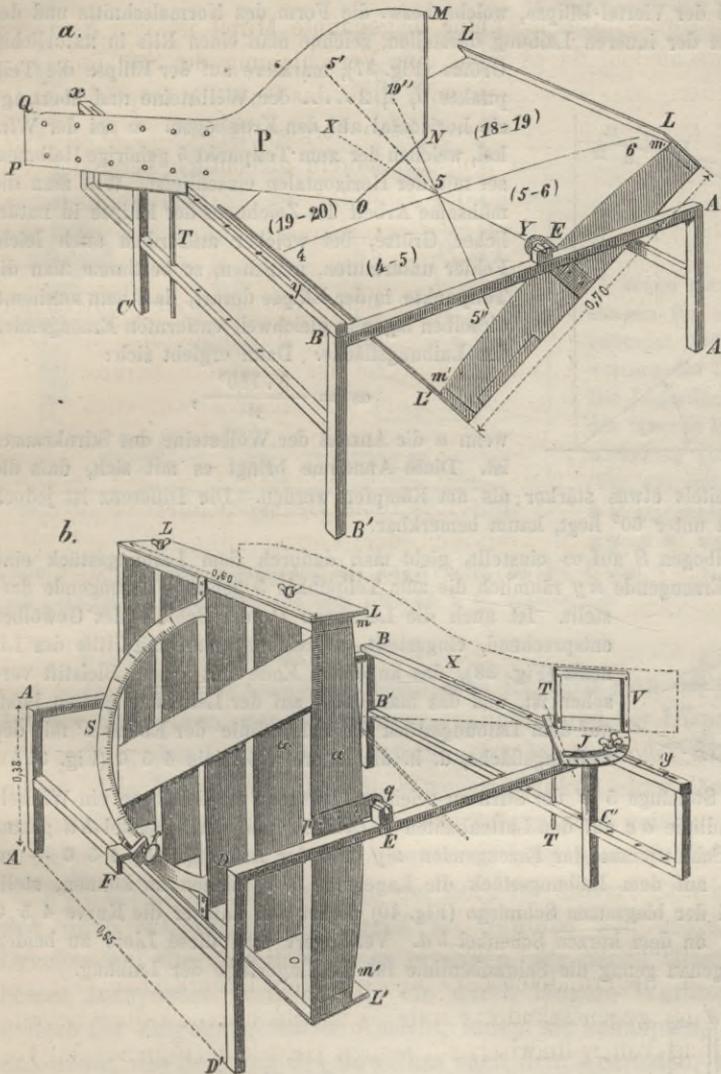
Diese Hilfsmittel genügen in den meisten Fällen, um den Werksteinen die richtige Gestalt zu geben. Mit einer richtigen Bearbeitung der Steine muß aber ein genaues Versetzen derselben Hand in Hand gehen. Zu diesem Zwecke muß auf dem thunlichst unwandelbar hergestellten Lehrgerüst eine genaue Markierung der Fugeneinteilung vorgenommen werden. Bei dem *pont des quatre saisons* hat man außerdem Drähte, welche in angemessener Weise ausgespannt wurden, mit Erfolg verwendet. Wegen der bezüglichen und wegen sonstiger Einzelheiten ist auf die Originalmitteilungen zu verweisen.<sup>46)</sup>

<sup>45)</sup> Louvier in Lyon hat zum Stampfbeton für Gewölbe mit Erfolg anstatt Steinschlag Kohlenschlacken benutzt. Wochenbl. für Baukunde 1885, S. 275.

<sup>46)</sup> Von den auf S. 225 und sonst bereits namhaft gemachten Mitteilungen mögen hier hervorgehoben werden: Rumpf. Schiefe Wegebrücke bei Ellershausen. Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. 1854, S. 554. — Hoffmann. Anleitung zu Entwurf und Ausführung schiefer Quaderbrücken-Gewölbe. Allg. Bauz. 1871. —

Eingehender soll ein Apparat besprochen werden, mit dessen Hilfe man die zur Bestimmung der räumlichen Lage eines Wölbsteins erforderlichen Elemente für ein schiefes Gewölbe mit kreisförmigem Normalschnitt in natürlicher Gröfse zeichnen bzw. auf dem Lehrgerüst festlegen kann.<sup>47)</sup>

Fig. 36.



Der vorhin erwähnte Apparat, welchen der französische Ingenieur Gros konstruiert hat, ist mit den bei Benutzung desselben in Anwendung kommenden Schmiegen, Winkeln u. dergl. durch die Figuren 36 bis 41 veranschaulicht.

Der Apparat selbst (Fig. 36) besteht im wesentlichen aus einem „Laibungsstück“ (*douelle*) und einer vertikalen Leitebene *P*, welche derart auf einem festen eisernen Gestell zusammen gelagert sind, dafs beide Teile alle erforderlichen Stellungen einnehmen können.

Das Gestell ist ein auf vier Füfsen stehender Rahmen, in welchem eine Klemmvorrichtung *F*, die Lager *E* und der Stab *T*, welcher als Drehungsachse für die Leitebene *P* dient, angebracht sind.

Das Laibungsstück besteht aus fünf unter sich verbundenen parallelen Kranzhölzern *a*, deren obere Kanten *m* o *m'* genau nach der Form der Bogenlaibung eines normalen Gewölbeschnittes gekrümmt und zum Zweck der Aufnahme von Zeichenpapier mit Karton oder einer Zinktafel überzogen sind. Vor Beginn der zeichnerischen Arbeit werden an dem Laibungsstück noch folgende Teile befestigt:

1. Auf den Rahmenhölzern *b* *b*, *b'* *b'* dünne rechteckige Latten *L*, *L'*, welche etwas über die Zeichenfläche vorstehen, sodafs durch die vorstehenden Kanten eine Ebene parallel zur Berührungsebene an die mittlere Erzeugende des Laibungsstücks festgelegt ist,
2. die eisernen Zapfenträger *p* *q*,
3. auf dem mittleren Kranzholze der eiserne Gradbogen *S*, dessen Mittelpunkt in die Achse *E* fällt und der eine Drehung des Laibungsstücks um 90° gestattet.

de Vialar. Pont des Quatre-Saisons (Chemin de fer de Rodez à Millan). Note sur la construction des voutes. Ann. des ponts et chaussées. 1878. I. S. 259. — Sampité. Appareil orthogonal dans les voutes dont la section droite est une ellipse surbaissée. Ann. des ponts et chaussées. 1882. II. S. 578.

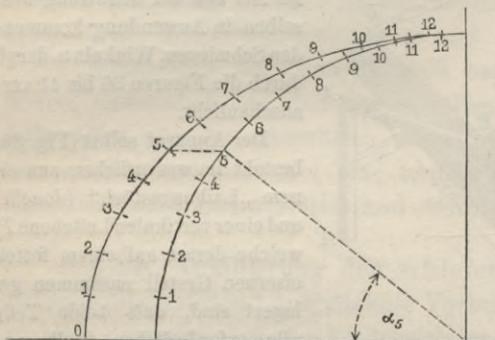
<sup>47)</sup> Gros. Note sur le tracé direct, en vraie grandeur, des panneaux des voussoirs d'une voute biaise à section droite circulaire. Ann. des ponts et chaussées. 1877. I. S. 533.

Die als Holztafel hergestellte Leitebene *P* (Fig. 36 *a*) kann mit Hilfe des Quadranten *J*, der Klemmschraube *w* und der Visierlinie *xy* des Gestells parallel zur Stirnfläche des Gewölbes festgestellt werden, wobei sie um die vertikale Achse *TT* gedreht wird. —

Der Apparat kann z. B. zur Bestimmung der räumlichen Lage der Stirn-Wölbsteine, wie folgt, benutzt werden.

Von dem Viertelkreis und der Viertel-Ellipse, welche bezw. die Form des Normalschnitts und der Stirnansicht des gegebenen Bogens der inneren Laibung darstellen, zeichne man einen Riß in natürlicher Gröfse (Fig. 37), markiere auf der Ellipse die Teilpunkte 0, 1, 2 . . . . der Wölbsteine und übertrage sie horizontal auf den Kreisbogen.  $\alpha_5$  sei der Winkel, welchen der zum Teilpunkt 5 gehörige Halbmesser mit der Horizontalen einschließt. Will man die mühsame Arbeit des Zeichnens der Ellipse in natürlicher Gröfse, bei welcher außerdem auch leicht Fehler unterlaufen, umgehen, so bestimme man die Teilpunkte in der Ellipse derart, daß man annimmt, dieselben lägen in gleichweit entfernten Erzeugenden der Laibungsfläche. Dann ergibt sich:

Fig. 37.



$$\alpha_5 = \frac{5 \cdot 180^\circ}{n},$$
 wenn *n* die Anzahl der Wölbsteine des Stirnkranzes ist. Diese Annahme bringt es mit sich, daß die Wölbsteine in der Nähe des Scheitels etwas stärker als am Kämpfer werden. Die Differenz ist jedoch bei Gewölben, deren Schiefe nicht unter 60° liegt, kaum bemerkbar.

Indem man nun den Gradbogen *S* auf  $\alpha_5$  einstellt, giebt man dadurch dem Laibungsstück eine solche Lage, daß seine mittlere Erzeugende *xy* räumlich die zum Teilpunkte 5 gehörige Erzeugende darstellt. Ist auch die Leitebene *P*, der Schiefe des Gewölbes entsprechend, eingestellt, so zeichnet man mit Hilfe des Lineals (Fig. 38), das an einem Ende mit einem Bleistift versehen ist, und das man dabei auf der Leitebene gleiten läßt, auf dem Laibungsstück die Schnittlinie der Ebene *P* mit der Laibungsfläche, d. h. die innere Wöblinie 4 5 6 (Fig. 35).

Um auf der Ebene *P* die Stoßfuge 5 5' der Stirn zu zeichnen, legt man an die Ebene ein Winkelmaß (Fig. 39), wobei dessen Grundlinie *ac* auf den Lattenkanten *LL*, *L'L'* und der Schenkel *bd* genau über den Punkt 5 — d. i. der Schnittpunkt der Erzeugenden *xy* mit der Laibungslinie 4 5 6 — zu liegen kommen muß. Um ferner auf dem Laibungsstück die Lagerfuge 5 5'' ziehen zu können, stellt man daselbst den langen Schenkel der biegsamen Schmiege (Fig. 40) derart auf, daß er die Kurve 4 5 6 tangiert und zieht die Linie 5 5'' an dem kurzen Schenkel *bd*. Verlängert man diese Linie zu beiden Seiten der 4 5 6, so erhält man genau genug die Schraubenlinie für die Lagerfuge der Laibung.

Fig. 38.

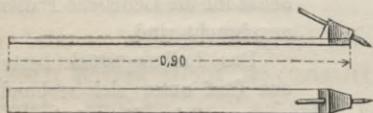


Fig. 39. Fig. 40.

Fig. 39.

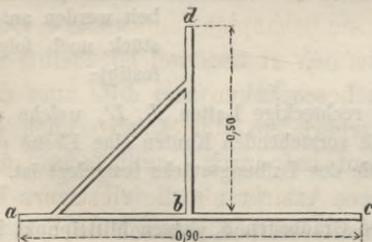
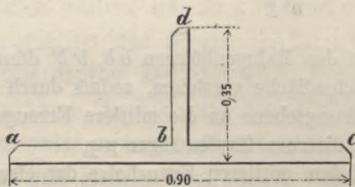


Fig. 40.



Ehe man nun die Klemmschraube *f* löst, um den Gradbogen z. B. auf den Winkel  $\alpha_5$  einzustellen und das beschriebene Verfahren für diesen Winkel zu wiederholen, ist es nötig, die räumliche Lage der Stoßfuge 5 5' in Beziehung zur Lagerfuge 5 5'' und die Krümmung der letzteren festzuhalten, um danach die Form der Wölbsteinfläche 5'' 5 5' ausarbeiten zu können. Zu diesem Zwecke bedient man sich eines schiefen Winkelmaßes (Fig. 41), dessen Schenkel *ac* genau auf die Linie 5'' 5 19'' des Laibungsstücks (Fig. 41 *a*) und dessen Schenkel *bd* auf die Richtung 5 5' der Ebene *P* eingestellt wird. Das so eingestellte Winkelmaß legt man dann auf ein Zeichenblatt, zieht hier die Linie *bd* und markiert die drei

Punkte *a*, *b*, *c*, durch welche man ohne erhebliche Fehler an Stelle der Schraubenlinie einen Kreisbogen schlagen kann.

Fig. 41.

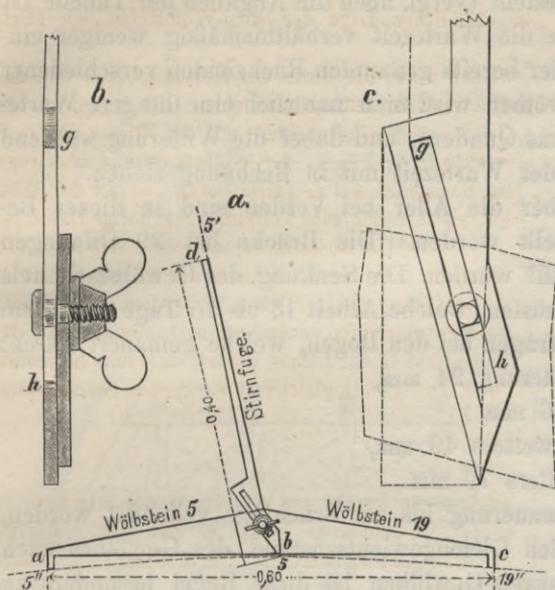
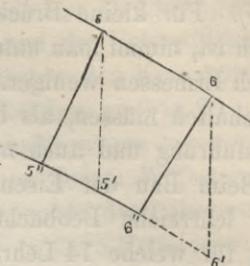


Fig. 42.



Wenn man die vorherbeschriebenen Aufzeichnungen für alle Teilpunkte bis zum Scheitel vollendet hat, kann man das Zeichenblatt, welches das Laibungsstück bedeckt, abnehmen. Die Lagerfläche z. B. des Wölbsteins 5 6 in der inneren Laibung kann man dann in der Abwicklung auf ein besonderes Blatt übertragen (Fig. 42), indem man die Linien 5 6, 5 5'' und 5 5' zeichnet. 5 5' ist die mittlere Erzeugende *xy*; 6 6'' steht senkrecht zum Bogen 5 6. Die

Linie 5'' 6'', hintere Begrenzung der Lagerfläche, ist der Bogen 4 5 6 in der Richtung der Erzeugenden und parallel zu sich selbst um eine Strecke 5 5' verschoben.

### § 25. Ausrüstungs-Methoden.

1. Wenn das Gewölbe geschlossen ist, läßt man es, je nach der Spannweite, der Art der Materialien, der Witterungsverhältnisse und der Disposition, die in betreff Wiederverwendung des Lehrgerüsts getroffen ist, längere oder kürzere Zeit auf dem letzteren ruhen. Die Meinungen über die Zweckmäßigkeit einer längeren oder kürzeren Wartezeit vom Gewölbeschlusse bis zur Ausrüstung sind geteilt. Während verschiedene Konstrukteure die Vornahme der Ausrüstung bald nach Schluß des Gewölbes empfehlen<sup>48)</sup> — weil sie glauben, daß dann der noch für äußere Einwirkungen empfängliche Mörtel sich ohne schädliche Spannungen im Gewölbe und ungleichmäßige Übertragung des Druckes auf die Lagerflächen zu erzeugen, der neuen Gleichgewichtslage des Gewölbes besser anzupassen vermöge, als ein durch längere Wartezeit erhärteter Mörtel — sind andere der entgegengesetzten Ansicht, indem sie behaupten, daß es in erster Linie darauf ankomme, die Senkung des Gewölbes nach dem Ausrüsten, welche eben die der Stabilität nachteiligen Formänderungen herbeiführt, zu beschränken und daß man dies durch die Vornahme der Ausrüstung bei vollständig erhärtetem Mörtel, also nach langer Wartezeit erreichen könne. Die Praxis der Neuzeit hat durch mannigfache, an großen Gewölben ausgeführte Beobachtungen die letztere Ansicht als die richtigere bestätigt. Eine längere Wartezeit wird für die Stabilität keines Gewölbes von schädlichem Einflusse sein; eine zu kurze Wartezeit hat aber schon häufig den Ruin eines Gewölbes verursacht, da der noch nicht erhärtete Mörtel mit Macht aus den Fugen an der inneren Laibung herausquellen und dadurch zugleich mit der Verkürzung der inneren Laibungslinie den Zusammensturz des Gewölbes herbeiführen kann.

<sup>48)</sup> Nouv. ann. de la constr. 1858, S. 36. Roy. Observations sur les avantages de décaissement en bref délai. — Morandière. Kap. III. S. 188.

Im allgemeinen wird man demnach die Wartezeit für Gewölbe über 20 m Spannweite nicht wohl unter vier Wochen bemessen dürfen. Für die Brücken der Arlberg-Bahn waren durchweg sechs Wochen festgestellt (vergl. auch die Angaben der Tabelle III in § 26). Für kleine Brücken, bei denen die Wartezeit verhältnismäßig weniger einflussreich ist, nimmt man unter Beachtung der bereits genannten Rücksichten verschiedener Art nach Ermessen weniger. Bei Ziegelgewölben wird man natürlich eine längere Wartezeit innehalten müssen, als bei Gewölben aus Quadern, und dabei die Witterung während der Ausführung und auch noch während der Wartezeit mit in Rechnung ziehen.

Beim Bau der Eisenbahnbrücke über die Aller bei Verden sind in dieser Beziehung lehrreiche Beobachtungen angestellt worden. Die Brücke hat 29 Öffnungen à 14 m, für welche 14 Lehrgerüste beschafft wurden. Die Senkung des Gewölbescheitels bei verschiedenen Öffnungen nach dem Ausrüsten, welche Arbeit 13 bis 15 Tage nach dem Schluß derselben ausgeführt wurde, hat betragen bei den Bogen, welche gemauert waren:

1. bei warmer und trockener Witterung 24 mm,
2. bei veränderlicher Witterung 46 mm,
3. während abwechselnden Regenwetters 49 mm,
4. während anhaltenden Regenwetters 79 mm.

Vor dem Ausrüsten soll die Hintermauerung bis zur Bruchfuge vollendet werden, damit das Gewicht dieser Mauermassen den Gleichgewichtszustand des Gewölbes nach dem Ausrüsten nicht verändert. Bei Halbkreis-Gewölben ist diese Regel besonders zu beachten, da die Stützlinie ohne Vorhandensein der Hintermauerung aus dem Gewölbequerschnitt treten würde.

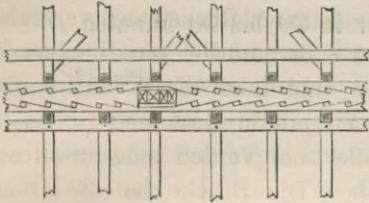
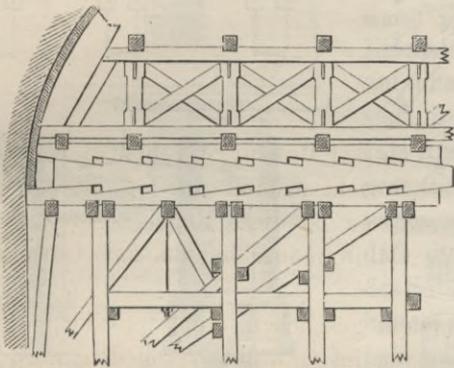
2. Das Ausrüsten soll mit der größten Vorsicht geschehen, damit plötzliche Senkungen und der Stabilität nachteilige Erschütterungen im Gewölbe vermieden werden. Aus diesem Grunde sind die älteren Keilmethoden, bei denen dergleichen nicht zu umgehen ist, heutzutage, wo es bessere Methoden gibt, für die Ausrüstung bedeutender Gewölbe nicht mehr zu empfehlen.

Die Erfinder dieser neuen Methoden und nach ihnen viele andere Ingenieure bezeichneten als Hauptforderung, die man an ein gutes Ausrüstungssystem stellen müsse, die Möglichkeit, bei Anwendung desselben alle Teile desselben Gerüstes mit gemeinschaftlicher, beliebig zu regelnder Geschwindigkeit senken zu können. Die Erfüllung dieser Forderung ist aber nicht allein unnötig, sondern sogar schädlich, da jedes Gewölbe sich im Scheitel mehr senken wird, als am Kämpfer, bei gleichmäßiger gleichzeitiger Senkung aller Teile des Gerüstes wird sich daher der Kämpfer bereits von jenem gelöst haben, während der Scheitel noch fest aufliegt. Dies kann sogar bei flachen Gewölben ein Rutschen in der Nähe der Kämpferfugen zur Folge haben; jedenfalls aber wird dadurch eine Neigung zum Öffnen der oberen Lagerfugen in der Nähe des Scheitels hervorgerufen. Deshalb muß man diejenige Ausrüstungsmethode als die vollkommenste bezeichnen, welche dort, wo im Gewölbe ein größeres Setzen zu erwarten steht, auch eine teilweise, gleichmäßig zu regelnde Senkung gestattet.

Von allen Mitteln zur Ausrüstung, als da sind Keile, Schrauben und Sandtöpfe und die in einzelnen Fällen zur Anwendung gekommenen Excentriks, schiefe Ebenen oder Verbindungen von Schrauben und Sandtöpfen, entspricht der obigen Anforderung nur ein einziges in vollkommener Weise. Dies sind die Schrauben im Umfange des Lehrbogens, welche Teile desselben in radialer Richtung bewegen können (Radialschrauben). Es muß aber bemerkt werden, daß die Anwendung der an und für sich sehr zu empfehlenden Radialschrauben mit großen Kosten und mit Unbequemlichkeiten verknüpft

ist und dafs man zur Zeit den Sandtöpfen, als dem billigsten und genügend sicheren Ausrüstungsmittel, den Vorzug giebt.

Fig. 43.

Fig. 44.  
London-Brücke.

3. Die Keile bringt man entweder zwischen dem beweglichen Oberteil der Binder des Lehrgerüsts und der Unterstüztung (F. 4, T. XVI) oder zwischen den Kranzhölzern und den Streben oder Ständern an (Fig. 29 a, S. 290). Bei den älteren Ausführungen lagen entweder kleinere Keile unter jedem Wölbsteine bzw. unter jedem Stützpunkte des Lehrgerüsts (T. XVI, F. 20) oder gröfsere Keile in Form von verzahnten Trägern unter den Stützpunktreihen desselben, bei welcher letzteren Anordnung die Träger parallel (Fig. 43) oder senkrecht (Fig. 44) zur Achse des Gewölbes gerichtet sein können.

Beispiele sind die Ausführung der Gloucester-, Blackfriars-, Waterloo- und London-Brücke in England u. a. m. Bei der erstgenannten, von Telford erbauten Brücke mußte man, obgleich die Keilflächen gehörig eingeseift waren, doch eine 12 Centner schwere Ramme benutzen, mit deren Hilfe erst nach 20 bis 30 Schlägen ein Lösen der Keile erreicht werden konnte.

4. Die ersten zweckmäfsigen Beispiele der Radialschrauben-Methode lieferten der Bau der Elbe-Brücke bei Wittenberge (18<sup>50/51</sup>) und der Ilmenau-Brücke bei Lüttenburg (1859). (Fig. 45 und 46, S. 326.)

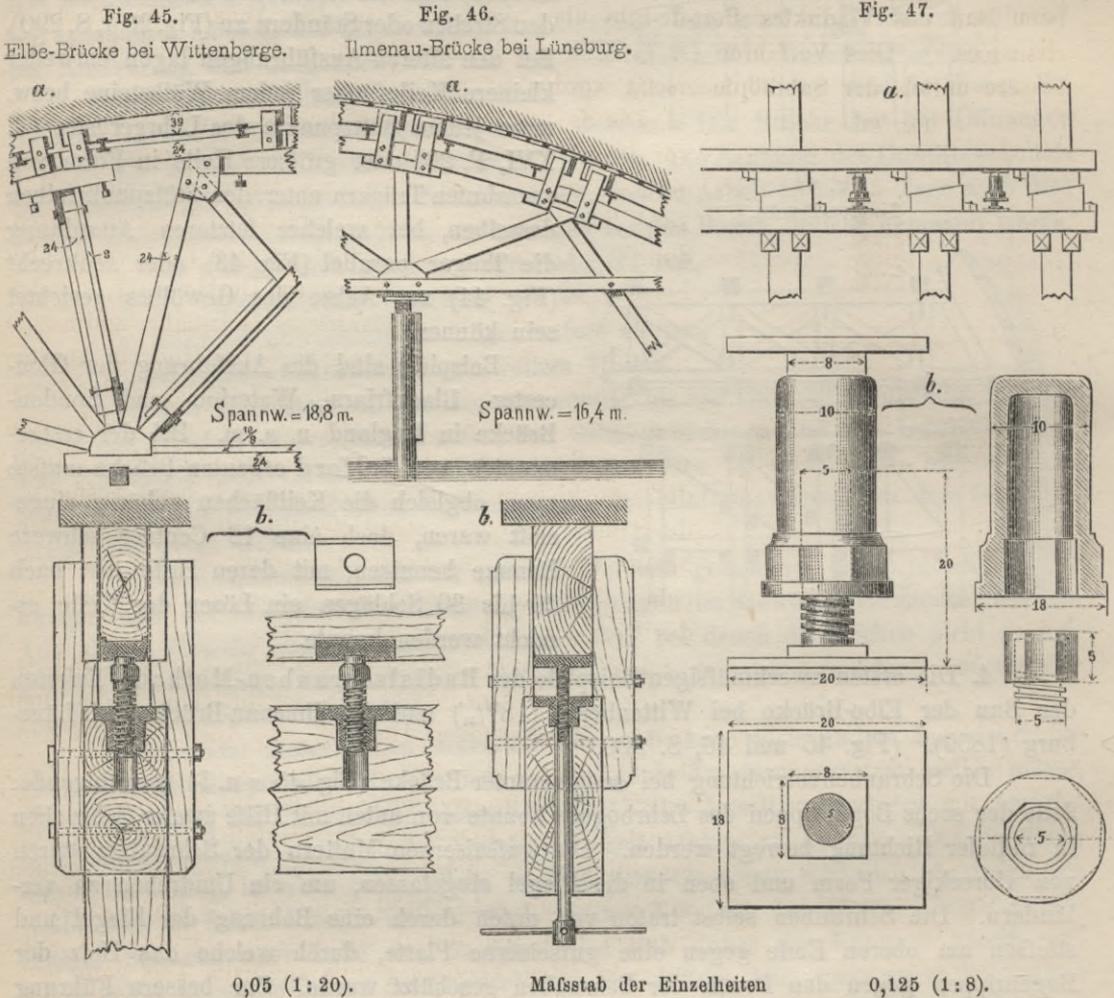
Die Schraubenvorrichtung bei erstgenannter Brücke (Fig. 45 a u. b) war folgende: Jede der sechs Bogenrippen des Lehrbogens konnte von unten mit Hilfe zweier Schrauben in radialer Richtung bewegt werden. Die gufseisernen Muttern der Schrauben waren von viereckiger Form und oben in die Riegel eingelassen, um ein Umdrehen zu verhindern. Die Schrauben selbst traten von unten durch eine Bohrung der Riegel und stiefsen am oberen Ende gegen eine gufseiserne Platte, durch welche das Holz der Bogenrippen gegen den Druck der Schrauben geschützt wurde. Zur bessern Führung der Rippen bewegten sie sich noch zwischen zwei hölzernen Backen, welche miteinander und mit den Riegeln verbolzt waren.

Bei der Ilmenau-Brücke hatte man insofern eine Verbesserung angebracht, als man, um die grofse Länge der Schrauben zu vermeiden, den Kopf derselben nicht unter die Riegel, sondern zwischen Riegel und Bogenrippe gelegt hatte, s. Fig. 46 a. Man braucht bei dieser Anordnung auch die Riegel nicht durch Durchbohren zu schwächen.

Abgesehen von dem Vorzuge der Möglichkeit der teilweisen Senkung, gewähren die Stellschrauben auch den grofsen Vorteil, dafs man während der Aufstellung, nach dem Belasten und beim Einwölben stets eine nachträgliche Justierung des Lehrgerüsts vornehmen kann.

Die Gleichmäfsigkeit und Gleichzeitigkeit der Senkung aller Punkte ist hier natürlich nur durch einen grofsen Aufwand von Arbeitskräften zu erreichen, aber die-

selbe ist auch, wie dargethan, durchaus nicht erforderlich, da es richtiger ist, wenn man vom Scheitel anfangend allmählich gleichzeitig nach beiden Seiten auf die Widerlager zugehend, die Schrauben um eine gleiche Anzahl von Gängen, (event. in der Nähe des Scheitels anfänglich sogar um einige mehr) dreht. Das Lösen der 40 Schrauben an der Ilmenau-Brücke geschah durch vier Arbeiter in 20 bis 30 Minuten.



5. Vertikalschrauben, welche unter den Stützpunkten des Gerüstes liegen und dasselbe vertikal senken, sind, weil bequemer und billiger, gebräuchlicher. Sie wurden zum ersten Male 1846 durch Dupuit beim Bau des Pont de Cé in Anwendung gebracht, nachdem ihm das Ausrüsten durch Keile mißglückt war. Bis zum Beginn der Ausrüstung ruht das Lehrgerüst auf Keilen (Fig. 47 a), die kurz vor der Ausrüstung dadurch leicht herausgetrieben werden, daß man die Schrauben zwischen die beiden Schwellen bringt und etwas anzieht.

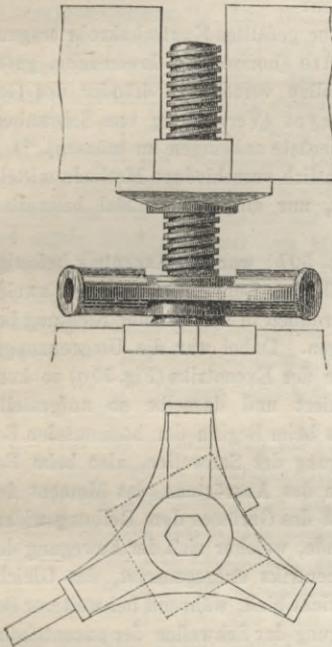
Die von Dupuit konstruierten Schrauben<sup>49)</sup> unterscheiden sich von den jetzt gebräuchlichen (Fig. 48) nur dadurch, daß die Schraubenmutter, in welche eine Schraube

<sup>49)</sup> Ann. des ponts et chaussées. 1855. II. S. 358. Décintrement des arches de ponts au moyen de verrins. Ferner ebendasselbst: 1856. I. S. 241; 1856. II. S. 307; 1858. II. S. 367.

mit linkem und eine mit rechtem Gewinde hineinfasst, in der Mitte liegt, welche Anordnung eine große Länge der Schrauben bedingt, welche der Stabilität derselben nachteilig ist.

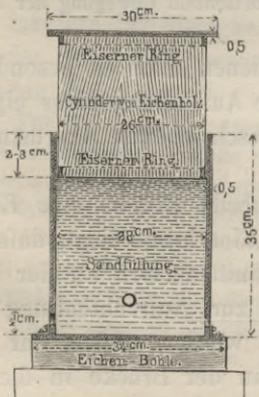
6. Sandsäcke und Sandtöpfe. Den Vertikalschrauben am nächsten stehen die Sandsäcke, welche ebenfalls erst kurz vor der Ausrüstung aufgestellt zu werden brauchen. Der Erfinder dieses Verfahrens, Beaudemoulin, beschreibt die erstmalige Anwendung beim Bau des Viaduktes Port-de-Pile über die Creuse in den Annales des ponts et chaussées.<sup>50)</sup> Dies Verfahren (s. T. XVI, F. 21) ist jedoch veraltet, da es durch das bessere mittels der Sandtöpfe ersetzt worden ist.

Fig. 48.



Die Sandtöpfe, deren Aufstellung allerdings nicht kurz vor dem Ausrüsten, sondern mit der Aufstellung des Lehrgerüstes zugleich geschehen muß, kamen zum ersten Male 1854 beim Bau der Austerlitz-Brücke in Paris in Anwendung<sup>51)</sup>. Die Töpfe oder Cylinder waren von 2 cm dickem Eisenblech, 30 cm hoch bei 30 cm Durchmesser, standen auf einer 3 cm dicken, quadratischen Holzplatte, und hatten statt der später gebräuchlichen, röhrenförmigen Ansätze zum Ausfließen des Sandes nur vier runde, in das Blech gestoßene Öffnungen, die mit Korkstöpseln geschlossen waren. Beim Ausrüsten machte man die Beobachtung, daß die kleinen Sandkegel, welche sich beim Ausfließen des Sandes bildeten, sobald sie die nötige Größe erreicht hatten, trotz der ungeheuren Belastung, die auf den Stempeln ruhte, im stande waren, die eingetretene Senkung des Gerüstes zu hemmen.

Fig. 49.



Die jetzt gebräuchlichen Sandtöpfe (Fig. 49) sind cylindrisch, aus Eisenblech, mit angenietetem Boden und kurzen röhrenförmigen Ansätzen zum Ausfließen des Sandes, der fein und vorher am Feuer getrocknet sein muß, versehen und tragen einen besonderen aus Hartholz gefertigten, durch Eisenringe verstärkten Stempel. Um die Feuchtigkeit möglichst vom Sande abzuhalten, werden sämtliche Teile mit Ölfarbe gestrichen, der Raum zwischen Stempel und Blechwand mit Cement ausgegossen oder mit geknetetem Thon ausgefüllt und jeder Topf dann noch mit geteertem Wachsleinwand umwickelt.

Bezeichnet man die Anzahl der Sandtöpfe in einem Lehrbogen mit  $n$ , den Durchmesser des Stempels mit  $d$ , die Spannweite mit  $l$  in Meter, die Entfernung der Lehrbogen mit  $e$  in Meter, so kann man nach Winkler

$$d \text{ cm} = 2l \sqrt{\frac{e}{n}}$$

annehmen. Die Blechdicke ist etwa zu  $0,01 d$  und die

<sup>50)</sup> 1849. II. S. 129. (Croizette-Denoyers. Sur le décentrement des arches d'une grande ouverture). S. 162. (Beaudemoulin. Décentrement employé au pont de la Vienne et de la Creuse). Ferner a. o. O. 1854. II. S. 206; 1857. II. S. 22 u. 247; 1859. I. S. 183 und 1860. II. S. 1.

<sup>51)</sup> Allg. Bauz. 1862, S. 73.

Weite der Löcher zu 0,09  $d$  zu wählen. — Die Vorzüge der Methode der Sandtöpfe bestehen in ihrer Billigkeit und in der bequemen Aufstellungs- und genügend sicheren Ausrüstungsweise.

Erwähnenswert ist eine Einrichtung, die beim Bau der Nagold-Brücke (Württemberg) mit einem Kostenaufwand von nur 80 M. getroffen wurde, um eine vorzeitige böswillige Entleerung der gußeisernen Sandtöpfe zu verhüten. Zu diesem Zwecke wurden die oberhalb der Entleerungs-Schieber befindlichen Schrauben mittels einer elektrischen Leitung derart verbunden, daß bei jedem Entleerungs-Versuche elektrische Lärmapparate auf der Baustelle und im Zimmer des Brückenwächters in Thätigkeit treten mußten.

Die Sandtöpfe der Gerdaubrücke kosteten pro Stück 20 M., die der Berliner Stadteisenbahn (20 cm weit, 21 cm nutzbare Höhe unter dem Stempel) kosteten 10—12 M.

7. Von anderen hie und da zur Anwendung gekommenen Methoden, die aber sonst keine praktische Bedeutung haben, sollen nur die folgenden kurz aufgeführt werden:

Die Methode Lagrené (Sandsäcke, die im innern ein mit Wasser gefülltes Kautschukrohr tragen, um die anfängliche Senkung gleichmäßiger zu machen); Methode Pluyette (horizontale, kreisrunde, gußeiserne Scheibe, die eine Schraubenfläche trägt, auf welcher die mit Rollen versehenen Ständer des Gerüsts gleiten und dadurch zum Sinken gebracht werden); Methode Guyot (Verbindung von Schrauben und Sandtöpfen, um die letzteren nicht gleich bei der Aufstellung der Gerüste anbringen zu müssen).<sup>52)</sup>

Außerdem muß noch die von den vorstehend beschriebenen wesentlich verschiedene Methode mittels Anwendung von Excentriks<sup>53)</sup> Erwähnung finden, die soviel bekannt, nur ein einziges Mal beim Bau der St. Annen-Brücke in Hamburg zur Anwendung gekommen ist.

Auf jedem Pfahl der Unterstützungsreihen des Lehrgerüsts (Fig. 50 b) war ein Excentrik befestigt und über sämtliche Excentriks einer Pfahlreihe konnte sich die Schwelle des Lehrgerüsts mittels zweier

Schrauben in horizontaler Richtung bewegen. Dabei war die Umgrenzungslinie des Excentriks (Fig. 50 a) so konstruiert und dasselbe so aufgestellt, daß beim Beginn der horizontalen Bewegung der Schwellen, also beim Beginn des Ausrüstens, das Moment der Last des Gerüsts dem Reibungswiderstande, welcher sich der Bewegung des Excentriks entgegensetzt, das Gleichgewicht hielt, während bei weiterer Bewegung der Schwellen der excentrische

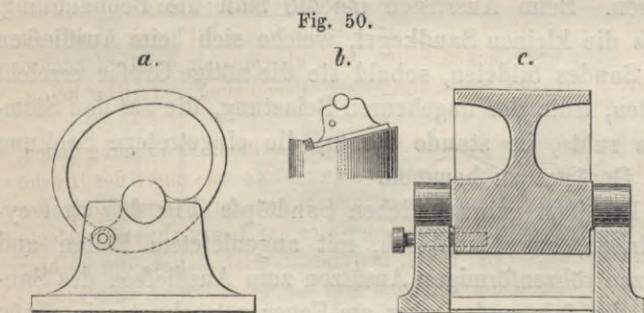


Fig. 50.

Druck des Gerüsts eine Bewegung des Excentriks bzw. ein Senken des Gerüsts hervorrief.

Besondere Bedeutung kann dieser Methode nicht beigemessen werden, da die Schwierigkeit, alle Excentriks in gleicher Höhe anzubringen und besonders die anfängliche horizontale Bewegung der Lehrgerüst-Konstruktion dagegen sprechen.

8. Es können auch vereinzelt Fälle vorkommen, in denen man es besonderer Umstände wegen vorzieht, die Ausführung eines Gewölbes ohne Aufstellung eines eigentlichen Lehrgerüsts und ohne Anwendung eines der bisher beschriebenen Ausrüstungsverfahren vorzunehmen.

Diese Umstände können eintreten, wenn die zu erbauende Brücke eine Eisenbahn- oder Straßens-Überführung ist, welche derartig in einem Einschnitte liegt, daß bei Anwendung der gewöhnlichen Ausführungsmethode die Einschnittsmassen an der Baustelle vor Inangriffnahme des Baues bewegt und außerdem zur Aufrechterhaltung des Verkehrs der nebenliegenden StraÙe ein Provisorium errichtet werden mußte. Zur Vermeidung des Provisoriums und um zu verhüten, daß der Bau der Brücke in die ge-

<sup>52)</sup> Ann. des ponts et chaussées. 1852. II. S. 245. (de Lagrené. Notice sur les décentremens). — Dasselbst. 1856, S. 311. (Appareil pour le décentrement du grand pont de la Marne à Nogent-sur-Marne). — Nouv. ann. de la constr. 1871, S. 101. (Guyot. Perfectionnement du décentrement au sable).

<sup>53)</sup> Deutsche Bauz. 1870, S. 49. Intze. (Neue Ausrüstungsmethode für größere Gewölbe).

troffenen Dispositionen für die Bewegung der Gesamtmassen des Einschnittes störend eingreife, kann man, wenn der Einschnittsboden dazu die gehörige Festigkeit besitzt, die Wölbung statt auf hölzernem Lehrgerüste auf dem nach der Gewöblinie abgearbeiteten Erdboden vornehmen, nachdem die Baustelle mit Einschluss der nebenliegenden StraÙe mittels eines Stollens zur Förderung des Einschnittsbodens und des Materials der Baugruben unterfahren worden ist.

Das älteste Beispiel dieser Art, bei welchem übrigens der Stollen nicht zur Erdförderung benutzt worden ist, bietet der Bau einer 15 m weiten massiven Überführung in einem Einschnitte der Birmingham-Gloucester Eisenbahn bei Dunhamstead.<sup>54)</sup>

Die neueste Anwendung dieser Methode geschah, soweit bekannt, bei Ausführung der Wege-Überführung über den 11 m tiefen Einschnitt bei Glattfelden in der Schweizerischen Nordostbahn (Linie Winterthur-Coblentz.<sup>55)</sup> Die Brücke hatte 19 m Weite (T. XVIII, F. 5).

Nachdem die Abgrabung des Erdklotzes, welcher das Lehrgerüst ersetzen sollte, beendet und die Aufmauerung der Widerlager bis zum Kämpfer gediehen war, wurden vier Lehrbogen, aus je drei Bohlen zusammengesetzt, mit ihrer ganzen Höhe in das Erdreich eingelassen und nach dieser Arbeit die letzte sorgfältige Planierung des Erdcylinders vorgenommen. Mit dem Fortschreiten der Mauerung wurden auf die Lehrbogen die Schalhölzer befestigt und je zwischen zwei Bogen nach Art der Eisenbahnschwellen mit Kies unterstopft, sodaÙs sie der ganzen Länge nach auf dem Terrain satt auflagen, wodurch ein Eindrücken der Lehrbogen unter der Last des Mauerwerks vermieden wurde. Zu beiden Seiten der Brücke und auÙser Berührung mit dem Mauerwerk wurden wie für eine Tunnelmauerung Schablonen festgelegt, die neben der Gewölbelaibung noch die genaue Einteilung der Schichten zeigten und dazu dienten, die Ausführung der Mauerung und den Zustand der Lehrbogen während des Baues jederzeit genau untersuchen zu können. Nach Beendigung der Mauerung des Gewölbes wurde der Stollen möglichst rasch nach oben so erweitert, daÙ die Ausrüstung vom Scheitel aus nach beiden Seiten ganz gleichmäÙig erfolgen konnte. Obgleich die Ausrüstung mehrere Tage dauerte, hat das Mauerwerk nach Beendigung derselben keinen Mangel gezeit.

An dieser Stelle mag auch eine ähnliche aufsergewöhnliche Ausrüstungsmethode Erwähnung finden, die bei einer Brücke zu Ariamcoupon in Indien<sup>56)</sup> zur Anwendung kam. Der FluÙ war unter der Brücke nur 1 m tief und hatte keine starke Strömung, sodaÙs man bequem und sicher zur Unterstützung des Lehrgerüsts fünf Pfeiler aus Ziegeln aufbauen konnte, von denen jeder vier auf Längsschwellen gelegte Sandsäcke trug. Das Lehrgerüst, welches auf den Sandsäcken ruhte, bestand aus Holzplatten, die in ihrer Zusammensetzung in der Brückenansicht eine polygonale Form zeigten und auf denen zuerst eine Ziegelflachsicht ausgebreitet und dann eine aus Steinbrocken und feuchtem Thon nach der Form der Gewölbelaibung gebildete zweite Schicht hergestellt war. Vor Beginn des Wölbens bedeckte man die so hergestellte Lehrgerüstfläche 5 mm hoch mit Sand und Kalk.

9. Das Ausrüsten bei hohen Viadukten und bei Anwendung fliegender Gerüste kann insofern Schwierigkeiten bereiten, als die Zukömmlichkeit zu den Keilen, Schrauben oder Sandtöpfen besondere Hilfsvorrichtungen erfordert. Zur Erläuterung dienen die folgenden Beispiele.

Für die Arbeit des Ausrüstens beim Indre-Viadukt gebrauchte man zwei Hilfsvorrichtungen, eine für das Losschlagen der Keile und für das Entfernen der Schalhölzer, eine andere für das Niederlassen der einzelnen Binder des Lehrgerüsts behufs deren Wiederverwendung.

Die erstgenannte Vorrichtung (T. XIX, F. 1, 2 u. 4) stellt als Hauptbestandteil einen auf Rollen auf der Stirnmauer längs der Achse des Viadukts beweglichen Wagen dar, in dessen Mitte eine Windetrommel aufgestellt ist, von welcher aus durch zwei über die Rollen *a* und *a*<sub>1</sub> und senkrecht am Viadukt herunterführende Seile eine fliegende Laufbrücke gehalten wird. Die Arbeiter gelangen auf die Laufbrücke mittels einer an die Pfeiler gelehnten Leiter, welche in F. 1 u. 2 nicht angegeben ist, und können, sobald man die Brücke in die gehörige Lage gebracht hat, die erforderlichen Handhabungen

<sup>54)</sup> Transact. of the inst. of civil-engineers. I. 1848, S. 136. Vergl. auch Zeitschr. d. Arch. u. Ing.-Ver. zu Hannover. 1873, S. 507. (Mehrtens. Über Ausrüstung größerer Brückengewölbe).

<sup>55)</sup> Die Eisenbahn. 1878, S. 109. (Rampacher. Gewölbte Überfahrtsbrücke bei Glattfelden).

<sup>56)</sup> Ann. des ponts et chaussées. 1872. II. S. 29. (Lamaresse. Procédés de construction spéciaux à Pondichéry).

vornehmen. Nachdem auf diese Weise zunächst die Keile entfernt worden sind, steigt der Zimmermann auf eine Bohlenunterlage, die zwischen den Bindern des Lehrgerüsts angebracht ist, löst die Schalhälzer und bindet dieselben an das Ende eines Seiles, welches ihm sein Gehilfe von oben zureicht. Dies Seil geht über die Rolle *e* und schlingt sich eine halbe Rundung um ein Querholz am Geländer des Wagens, damit der obere Arbeiter, der das andere Seilende in der Hand hält, im Stande ist, erstens durch Anziehen den nötigen Rückhalt auszuüben, wenn sein Kollege unten das angebundene Lagerholz aus dem Gewölbe-Innern herausstößt, und zweitens durch allmähliches Loslassen das Lagerholz zur Erde niederzulassen.

Bei der zweiten Hilfsvorrichtung, welche zum Niederlassen der einzelnen Lehrbogen des Lehrgerüsts diente, wurde ein dem vorigen ganz ähnlicher Wagen benutzt (T. XIX, F. 2<sup>a</sup> u. 3). Es sind an demselben im ganzen sechs Leitrollen vorhanden, drei zu jeder Seite des Viadukts in einem freihängenden Gestell, dessen zwei Rollen tragender, unterer Teil sich an die Stirnmauer des Viadukts lehnen kann und dessen oberer Teil mit der dritten Rolle in der Längsachse des Wagens, in der Mitte zwischen den Hauptträgern desselben befestigt ist.

Die F. 3 stellt den schwierigsten Teil der Operation, das Niederlassen der letzten Binder in der Mitte des Gewölbes dar. Das eine der erforderlichen Seile geht von der Windtrommel aus zunächst über die obere Rolle, dann über eine der beiden Rollen bei *e* und von dort über eine Rolle der mit einem Haken versehenen Flasche *k*, welche etwas über dem Schwerpunkt des Lehrbogens an der Hängesäule desselben durch Schlingen befestigt ist. Von der Rolle der Flasche *k* aus geht das Seil nach der zweiten Rolle bei *e* zurück und ist bei *t* am unteren Riegel des Windebockes befestigt.

Das zweite Seil ist an der Hängesäule oberhalb der Flasche *k* befestigt, geht durch je eine Rolle bei *g* und bei *f* und schlingt sich in einer halben Rundung um den unteren Riegel des Windebockes, damit der das Seilende führende Arbeiter bei *o* im Stande ist, nötigenfalls den erforderlichen Rückhalt auszuüben oder loszulassen. Sobald nun die Windtrommel gedreht wird und das Seil zum Rückhalten entsprechend gelockert ist, kann sich der Lehrbogen auf den Pfeilvorsprüngen der Kämpfer vorwärtsschieben und die in der F. 3 angedeutete, etwa 70 Grad gegen den Horizont geneigte Stellung einnehmen. Wiederholt man nun nach und nach die angegebenen Operationen an der Windtrommel und am losen Seilende bei *o*, so kann man den Lehrbogen allmählich von der ersten geneigten Stellung *rp* in die Stellungen *pq*, *qs*, *st* u. s. w. und schließlich in die Endstellung *zy* bringen, bei welcher derselbe immer noch am Kämpfer unterstützt bleibt. Dreht man nun zum letzten Male die Winde noch ein wenig und lockert das Rückhaltseil, so hängt der Lehrbogen in der Schwebe und kann zur Erde niedergelassen werden. Während der eben beschriebenen Operation regeln zwei Arbeiter von der Sohle aus mittels der an den Streben des Lehrbogens befestigten Seile *z*, den Weg desselben.

Mit einem Exemplar dieser Hilfsvorrichtung sind sämtliche 354 Binder der Lehrgerüste demonstriert worden.

Die Hilfsvorrichtungen zum Ausrüsten und Niederlassen der Lehrbogen bei fliegenden Gerüsten mit horizontaler Transportbahn, wie bei dem Morlaix-, Aulne- und Daoulas-Viadukt, gestalteten sich einfacher, da die vorhandenen Gitterträger der Dienstbrücke und die Laufkrane genügten, um an denselben eine fliegende Laufbrücke aufzuhängen, wie T. XV, F. 3 u. 3<sup>a</sup> zeigt.

## § 26. Formänderung des Gewölbes.<sup>57)</sup>

1. Formänderungen im Gewölbe werden durch die Senkung des Lehrgerüsts, durch das Setzen des Gewölbes und eintretendenfalls durch ein Weichen der Widerlager, sowie auch durch Temperaturänderungen hervorgerufen.

a. Unter der Mitwirkung der Last der allmählich fortschreitenden Wölbung ändert das Lehrgerüst mehr und mehr seine Form. Würde dabei der Mörtel bis zur Vollen- dung des Gewölbes weich bleiben, so könnte das Gewölbe, ohne dafs Spannungen in ihm entstehen, den Formänderungen des Lehrgerüsts folgen. In Wirklichkeit tritt aber schon vor Vollendung des Gewölbes eine allmähliche Erhärtung des Mörtels ein, sodafs das Gewölbe den Formänderungen nur folgen kann, indem in ihm Spannungen entstehen oder einzelne Fugen sich öffnen.

<sup>57)</sup> Unter Benutzung eines Vortrags von Winkler über die Lage der Stützlinie im Gewölbe. Deutsche Bauz. 1880, S. 58. Man vergleiche hierzu auch Deutsche Bauz. 1879, S. 117, 127 u. 130, sowie 1880, S. 184, 210 u. 243.

Bei flachen Bögen entstehen offene Fugen in der äußeren Laibung an den Kämpfern, bei Halbkreis- und elliptischen Bögen an höher liegenden Bogenteilen. Beim Ausrüsten öffnen sich die Fugen infolge der Zusammendrückung des Bogens noch mehr, während sie sich unter der Wirkung der entstehenden Momente und der hieraus sich ergebenden Verdrehungen auch zum Teil wieder schliessen. Eine Untersuchung mit Hilfe der Elasticitätstheorie ergibt, daß der aus beiden Ursachen sich zusammensetzende Betrag, um welchen die Fugen sich wieder schliessen, im allgemeinen kleiner ist, als der durch die Senkung des Lehrgerüstes erfahrungsmässig hervorgerufene Betrag. Demnach bleiben im allgemeinen nach dem Ausrüsten Fugen offen, sodafs z. B. bei flachen Bögen eine Berührung der Lagerflächen an den unteren Kanten der Kämpferfugen oder vielmehr an einer diesen Kanten naheliegenden Stelle eintritt. Das Gewölbe verhält sich alsdann so, als ob es auf Gelenken ruhte, die sich nahe an den unteren Kanten der Kämpferfugen befinden. Bei Gewölben mit großem Pfeilverhältnis werden diese Gelenke an den Berührungspunkten der Stützlinie mit der inneren Wölblinie, d. h. nahe der Bruchfuge, liegen. Bei diesen Gewölben ist es allerdings möglich, daß die vor dem Ausrüsten geöffneten Fugen sich nach dem Ausrüsten wieder schliessen und daß andere Fugen sich öffnen, falls die Zugfestigkeit des Mörtels dies nicht verhindert.

Daß man der Formänderung des Lehrgerüstes durch vorherige Belastung entgegengetreten kann, ist bereits in § 22 erwähnt worden. Eine vollständige Beseitigung der Senkung ist aber schon deshalb nicht möglich, weil der Druck an einer und derselben Stelle des Lehrgerüstes, wie in § 14 nachgewiesen wurde, sich mit dem Fortschreiten der Wölbung ändert.

b. Beim Ausrüsten senkt sich das Gewölbe etwas, es ändert sich somit die Krümmung an den einzelnen Stellen. Der Krümmungsradius wird am Scheitel größer, an den Kämpfern kleiner, die Stützlinie rückt also im Scheitel hinauf, an den Kämpfern dagegen herab. Dies würde auch dann eintreten, wenn die Widerlager unverrückbar wären. Die Widerlager sind aber, ebenso wie das Gewölbe, elastischen Formänderungen unterworfen; unter Umständen kann auch die Basis des Widerlagers eine Drehung zulassen. In der Regel wird durch den Gewölbeschub eine kleine Drehung nach hinten bewirkt, welche gleichzeitig eine geringe Vergrößerung der Spannweite und eine kleine Drehung der Kämpferfugen im Gefolge hat. Beide Bewegungen bedingen ein Heben der Stützlinie im Scheitel und ein Senken derselben an den Kämpfern. Wenn die Stützlinie infolge der Formänderung des Lehrgerüstes bereits durch die inneren Kanten der Kämpferfugen ging, so tritt beim Weichen der Widerlager nur eine Hebung der Stützlinie im Scheitel ein. Bei überwiegendem Erddruck auf die Hinterfläche der Widerlager kann auch die umgekehrte Erscheinung: eine Senkung der Stützlinie im Scheitel und eine Hebung derselben an den Kämpfern eintreten.

c. Auch Temperaturänderungen bringen ein Heben und Senken der Stützlinie hervor. Bei einer Temperaturerhöhung muß der Scheitel infolge der Verlängerung des Bogens sich heben, d. h. die Stützlinie im Scheitel sich senken und am Kämpfer heben. Bei einer Temperaturabnahme tritt der umgekehrte Fall ein. Da nun im allgemeinen durch die Senkung des Lehrgerüstes, das Setzen des Gewölbes und das Ausweichen der Widerlager dieselbe Verschiebung der Stützlinie entsteht, wie bei einer Temperaturverminderung, so würde es, wenn nicht andere Rücksichten davon abhielten, ratsam sein, die Gewölbe bei möglichst niedriger Temperatur auszuführen, um zum wenigsten die Einwirkungen der letzteren unschädlicher zu machen. — Beobachtungen über den Einfluß der Temperatur bei steinernen Brücken sind nur wenige bekannt. Ein Beispiel bietet

die Claix-Brücke über den Drac (vergl. § 27). Zwei Jahre nach ihrer Erbauung beobachtete man die Scheitelhöhe im Vergleich zu einem festen Punkte und fand folgende Höhenunterschiede:

am 12. Februar 1876 bei  $7^{\circ}$  Cels. unter Null 0,217 bis 0,212 m,

„ 10. August 1876 „  $45^{\circ}$  „ über „ 0,205 „ 0,210 m,

also bei einer Temperaturzunahme von  $52^{\circ}$  Cels. eine Scheitelhebung von durchschnittlich 7 mm. Im Gewölbe zeigte sich dabei kein Rifs, wohl aber in der Stirnverkleidung. Diese Risse kamen im Winter und verschwanden im Sommer wieder.

Auch bei der Nagold-Brücke in der Nähe von Teinach (Württemberg), deren Gewölbe 33 m weit gespannt ist, beobachtete man eine Bewegung des Scheitels, welche bei  $2\frac{1}{2}^{\circ}$  Cels. etwa 1 mm betrug.

2. Die Messung der Senkungen oder Hebungen erfolgt vielfach durch Nivellement, indem man in der Stirn des Gewölbes an bestimmten Stellen Visierpunkte anlegt, deren Ordinaten man mit der Ordinate eines Fixpunktes vergleicht. In dieser Weise geschah die erwähnte Messung bei der Claix-Brücke an der stromaufwärts und auch an der stromabwärts liegenden Stirn. Auch das Beschnüren der Stirnflächen mit Horizontal- und Normallinien ist ein Mittel, um die Veränderungen der Lage der Wölbesteine während und nach der Wölbung zu messen.

Für gröfsere Weiten empfiehlt es sich, vor der Ausrüstung horizontale oder geneigte gerade Linien (*ab*, *cd* und *ef*, Fig. 51) direkt auf die Stirnfläche des Gewölbes zu ziehen und zwar in solcher Ausdehnung, dafs die Endpunkte derselben möglichst an einer späteren Senkung des Gewölbes nicht Teil haben können. Die Veränderung dieser Linien giebt dann die eingetretene Senkung an.<sup>58)</sup>

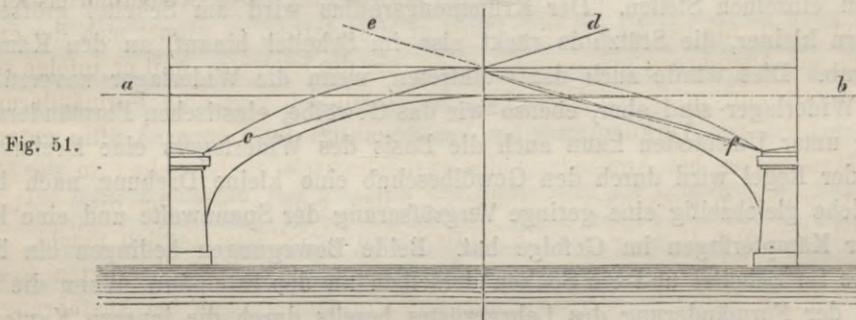


Fig. 51.

Eine besondere Einrichtung zum genauen Messen der Bewegungen des Gewölbescheitels hatte man beim Umbau der Brücke von Champigneules<sup>59)</sup> getroffen. Die Einrichtung bestand im wesentlichen aus drei Teilen: einem in der Form eines Fischträgers angeordneten, aus Eisen-Gitterwerk hergestellten Balancier von 22,7 m Länge, der in seiner Mitte um eine im Widerlager angebrachte Achse drehbar und dessen eines Ende mit dem Schlufsstein fest verbunden war; einer eisernen Nadel von 4 m Länge, die in 20 cm Abstand von ihrem, dem Balancier zugekehrten Ende um eine feste Achse und

<sup>58)</sup> Morandière. Kap. III. S. 189. — Ann. des ponts et chaussées. 1832. II. S. 43. (Prony. Notice sur les inflexions qu'avaient subies, après un laps de vingt années, des lignes droites tracées sur le plan des têtes de l'arche du milieu du pont Louis XVI avant son decintrément, conséquences relatives à la résistance des ciments comprimé, formules et table pour la calcul de changement que le tassement fait éprouver à une voute en arc de cercle). — Vergl. auch: Protokoll des sächs. Ing.-Ver. 1877. 90. Vers. S. 3. (Köpcke. Die Messung von Bewegungen an Bauwerken mittels der Libelle). Civiling. 1877, S. 379. Dasselbe.

<sup>59)</sup> Ann. des ponts et chaussées. 1880. I. S. 324.

deren anderes Ende auf einer Teilung sich bewegten; endlich einer Lenkstange, welche das freie Ende des Balanciers mit dem kurzen Ende der Nadel verband. Die Bewegungen des Bogenscheitels übertrugen sich demnach in zwanzigfach vergrößertem Maße auf das Nadelende über der Teilung, vergl. auch die Beschreibung des Umbaus der genannten Brücke in § 31.

3. Über die Größe der Gewölbesenkung bei verschiedenen großen Brücken nach dem Ausrüsten giebt nachfolgende Tabelle III (S. 334) Aufschluß.

Dieselbe giebt Veranlassung zu bemerken, daß für größere Öffnungen, wenn man die Senkung nach dem Ausrüsten möglichst beschränken und eine lange Wartezeit innehalten will, die Anwendung von in der Mitte des Scheitels festunterstützten Lehrgerüsten den gesprengten vorzuziehen ist. Unzuträglichkeiten können feste Lehrgerüste nur herbeiführen, wenn etwa das Mauerwerk der Fundamente und Widerlager während des Wölbens und später sich stark setzt. Für kleinere Öffnungen und für hohe Bauten, bei denen die festen Unterstützungen zu kostspielig werden, sind gesprengte Lehrgerüste am Platze.

### § 27. Mittel zur Verminderung der Formänderungen der Gewölbe.

1. Die im vorigen Paragraph besprochene, aus verschiedenen Ursachen eintretende Hebung bzw. Senkung der Stützlinie führt in vielen Fällen ein Heraustreten derselben aus dem Kern des Gewölbes herbei, giebt also zu Zugspannungen, und als Wirkung derselben, zur Bildung von Rissen und offenen Fugen Anlaß. Größere offene Fugen, welche man vor dem Ausrüsten mit Sicherheit wieder schließsen kann, sind dabei weniger gefährlich als feine Risse, die sich der Beobachtung entziehen oder die man nicht vollständig wieder beseitigen kann. Obwohl nun bei Anwendung eines Cementmörtels leichter feine Risse entstehen, als bei Anwendung anderer Mörtelarten, so eignet sich der erstere doch mehr für die Ausführung größerer Gewölbe, als die letzteren, weil er infolge seiner raschen Bindekraft und größeren Festigkeit im Stande ist, größeren Formänderungen, insbesondere auch einer Verkürzung oder Verlängerung des Bogens kräftig entgegenzuarbeiten. Man hat es bei Anwendung des Cementmörtels auch leichter in der Hand, die Stofsfugen großer Wölbsteine vollständig zu füllen, eine Arbeit, die beim Gebrauch anderer Mörtelarten, wie in § 21 bereits erörtert wurde, Schwierigkeiten macht. Nach heutigen Ansichten bildet daher die Anwendung eines sachgemäß bereiteten Cementmörtels ein wichtiges Mittel zur Verhinderung von Formänderungen bei Ausführung von Gewölben.

Ferner sind hier die Ringgewölbe (vergl. S. 317) insofern zu erwähnen, als bei Anordnung einzelner Ringe die Senkungen des Lehrgerüstes vermindert werden. Im übrigen bietet aber dies Verfahren keine wesentlichen Vorteile bezüglich der Formänderungen, auch sind neben gelungenen einschlägigen Ausführungen solche bekannt, bei welchen die Ringgewölbe sich nicht sonderlich bewährt haben.

2. Sonstige Mittel sind:

- a. Herstellung von nach dem Ausrüsten zu schließenden Lücken im Gewölbe, am Kämpfer und im Scheitel oder auch nur am Kämpfer,
- b. Herstellung von vor dem Ausrüsten zu schließenden Lücken am Kämpfer,
- c. Anbringung provisorischer oder definitiver Gelenke,
- d. Schließsen des Gewölbes an mehreren Stellen.

Das unter a. bezeichnete Mittel kommt nicht selten in Anwendung und bezweckt eine Festhaltung der Stützlinie innerhalb gewisser Grenzen. Man unterbricht im Scheitel,

Tabelle III.

Senkungen größerer Lehrgerüste und Gewölbe während der Ausführung und nach dem Ausrüsten.<sup>1)</sup>

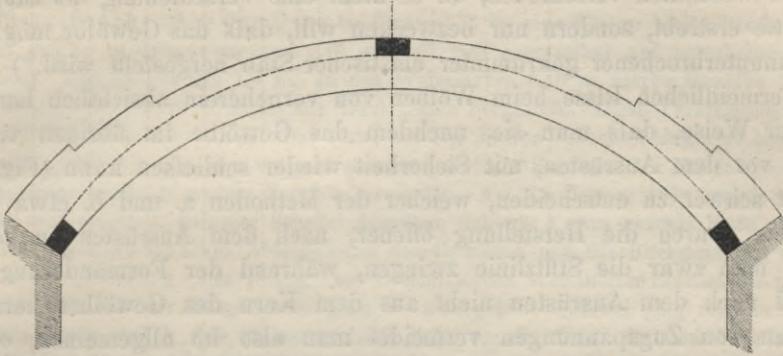
Name des Bauwerks und Art der Ausführung.	Jahrb.	Baumaterial des Gewölbes.	Lehrgerüst		Dimensionen des Gewölbes		Die Ausrüstung		Die Senkung betrug		
			System	Über- höhung m	Spann- weite m	Pfeil m	begann nach Schluß des Gewölbes Tage à 10 Std.	dauerte für eine Öffnung Tage à 10 Std.	während des Wölbens m	nach dem Ausrüsten m	im Ganzen m
1) Es liegen Keile unter jedem Wölbsteine.											
1. Brücke zu Mantes (großer Bogen) .	1764	Quader	gespr.	0,32	39,00	11,38	13	10	0,325	0,231	0,556
2. " " (kleiner Bogen) .	1764	do.	"	0,24	35,00	10,89	—	—	0,243	0,189	0,432
3. St. Edmunds-Brücke zu Nogent über die Seine . . . . .	1768	do.	"	0,08	29,25	8,60	3	5	0,074	0,338	0,412
4. Neuilly-Brücke über die Seine . .	1772	do.	"	0,40	39,00	4,20	18	19	0,360	0,260	0,620
5. Brücke über die Dora, Turin . .	1823	Granit	fest	0,26	45,00	5,5	20	5	—	0,150	0,190
6. Kaiser-Franzensbrücke in Carlsbad .	1826	Sandstein	"	0,26	30,34	4,04	—	5	—	0,220	0,220
7. Chester-Brücke über den Dee . .	1834	Granit Sand- und Kalkstein	"	—	61,00	12,81	—	—	0,00	0,065	0,065
2) Keile in Form verzahnter Träger.											
8. Waterloo-Brücke, London . . . .	1817	Granit	gespr.	—	38,88	9,75	—	—	—	0,040	0,040
9. London-Brücke, " . . . .	1824	do.	fest	—	46,35	9,00	—	—	—	0,063	0,063
10. Gloucester-Brücke, " . . . .	1826	do.	"	—	45,72	10,67	—	—	—	0,025	0,025
3) Ausschneiden der Lehrgerüststreben.											
11. Viadukt bei Görlitz (N. M. E.) . .	1847	Granit	"	—	22,28	11,14	—	—	—	0,060	0,060
4) Keile unter den Stützpunkten.											
12. Fulda-Brücke bei Kragenhof . . .	1855	Quader	"	0,07	21,00	10,50	—	—	0,103	0,006	0,109
13. Aller-Brücke bei Verden . . . .	1862	Ziegel	"	0,05	14,00	2,00	14	—	0,025	0,050	0,075
5) Sandsäcke.											
14. Viaduc de Port de Pile sur la Creuse	1848	Ziegel	"	0,09	31,00	11,00	25	—	0,045	0,075	0,120
6) Methode Lagrené.											
15. Viaduc de la Rocheservière . . .	1851	Werk- und Bruchstein	"	—	22,00	11,00	—	0,5	—	0,03	0,030
7) Vertikalschrauben.											
16. Neifse-Thal-Viadukt bei Zittau . .	1858	Quader	"	0,14	17,00	8,50	120	—	0,147	0,011	0,157
17. Pont Napoléon à Saint Sauveur . .	1860	Werk- und Bruchstein	"	—	42,00	21,00	30	—	—	0,005	0,005
8) Radialschrauben.											
18. Elbe-Brücke bei Wittenberge . .	1850	Ziegel	"	0,08	18,83	3,15	—	—	0,041	0,033	0,073
19. Ilmenau-Brücke bei Lüneburg . .	1859	do.	"	—	16,36	2,34	4—8	0,05	0,032	0,012	0,044
9) Sandtöpfe.											
20. Austerlitz-Brücke . . . . .	1854	Vassy-Cement und Meulieres	"	—	32,24	4,10	—	—	—	0,035	0,035
21. Gerdau-Brücke bei Uelzen . . . .	1860	Ziegel	"	—	13,00	6,50	10—17	—	0,014	0,010	0,024
22. Pont de Tilsit, Lyon <sup>2)</sup> . . . . .	1862	Quader	"	0,05	22,84	2,75	40	—	0,00	0,00	0,00
23. Oker-Brücke bei Oker . . . . .	1864	Kalkstein	"	—	14,60	7,30	7	—	0,018	0,018	0,036
24. Aulne-Viadukt . . . . .	1866	Quader	gespr.	—	22,00	11,00	24	—	0,090	0,015	0,105
25. Claix-Brücke über den Drac . . .	1874	Bruchstein	fest	—	52,00	7,40	42	0,03	0,004	0,000	0,004
26. Nagold-Brücke bei Teinach . . .	1882	Sandstein	"	—	33,00	3,30	42	—	—	0,043	0,084
27. Wälditobel-Brücke der Arlbergbahn	1884	Bruchstein	"	0,30	41,00	13,23	145	—	0,178	0,048	0,226

<sup>1)</sup> Über eine außergewöhnliche Senkung einer Brücke (über die Lenne bei Lethmathe) vergl. Muyschel. Vortrag im Arch.-Ver. zu Berlin. Zeitschr. f. Bauw. 1871, S. 395.

<sup>2)</sup> Vergl. Morandière, Kap. III, § 3. Tassement des routes, S. 189 und Kap. V, § 2, S. 488. Modes divers de décaissement.

fast bis zu  $\frac{1}{3}$  der Gewölbdicke (Fig. 52) von der äußeren Laibung aus, und (bei Segmentbogen) am Kämpfer, ebenfalls fast bis zu  $\frac{1}{3}$  der Gewölbdicke von der inneren Laibung aus, die Berührung der Schichten oder die Druckübertragung durch Fehllenassen von Mörtel oder Steinschichten oder durch Anarbeiten von Druckflächen bei Quadern. Erst nach dem Ausrüsten sind die offen gelassenen Fugen auszugießen, bezw. die fehlenden Steinschichten einzusetzen.

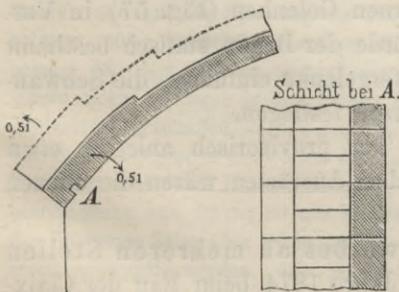
Fig. 52.



Nach dieser Methode wurde u. a. im Sommer 1877 in der Schlußsteinschicht mehrerer in Ziegeln ausgeführten Gewölbe des Kuhle-Viaduktes in Barmen auf der Baustrecke Düsseldorf-Hörde der rheinischen Eisenbahn (Stichbogen von 11 m Spannweite und 2,75 m Pfeil, sowie Halbkreisbogen von 13,75 m Spannweite und 3 Stein Scheitelstärke) eine Aussparung von  $\frac{1}{2}$  Stein Stärke, welche man erst nach dem Ausrüsten ausmauerte, angelegt. Inwieweit es mit Hilfe dieses Verfahrens gelungen war, die Stützlinie nach der Bogenmitte zurückzudrängen, konnte nicht mit Sicherheit entschieden werden. Scheitelfugen hatten sich allerdings nicht gezeigt, aber dieselben waren auch bei der Ausführung der übrigen Gewölbe, welche sehr solide und mit vollem Schluß hergestellt worden waren, nicht entstanden. Risse in der Nähe der Kämpfer bei den Stichbogen und in der Nähe der Bruchfuge bei den Halbkreisbogen waren aber trotz Scheitelbelastung der Lehrgerüste und Anwendung aller sonstigen Vorsichtsmaßregeln nicht zu vermeiden gewesen. Dieselben nahmen an Weite so lange zu, bis die Gewölbe geschlossen, von da ab blieben sie unverändert.

Im Frühjahr 1878 wurde mit der Herstellung der Gewölbe des Bartholomäus-Viaduktes ebendasselbst (Stichbogen von 11 m Spannweite und 2,75 m Pfeil) begonnen und es kamen dabei die im Jahre 1877 beim Kuhle-Viadukt schon mehrfach benutzten Lehrgerüste wieder zur Verwendung. Die ersten Gewölbe wurden in derselben Weise wie beim Kuhle-Viadukt ausgeführt. Dabei zeigten sich die Kämpferisse wieder und zwar erheblich stärker, was hauptsächlich der Beschaffenheit der Lehrgerüste zugeschrieben wurde, welche durch das mehrmalige Abbrechen und das Lagern während des Winters u. s. w. gelitten hatten.

Fig. 53.



Es wurden deshalb, um die Lehrgerüste nicht zu stark zu belasten, die übrigen Gewölbe aus je zwei 0,38 m starken Ringen hergestellt. Sodann wurde in einer geeigneten Schicht des unteren Ringes, gewöhnlich der fünften vom Kämpfer aus gerechnet, an der inneren Laibung eine Läuferreihe von  $\frac{1}{2}$  Stein Breite ausgespart (Fig. 53), aber der bequemeren Ausführung der anschließenden Schichten wegen nicht ganz weggelassen, sondern statt in Mörtel in trockenen Sand gesetzt, sodafs diese Reihe wegen ihrer Nachgiebigkeit fast als nicht vorhanden angesehen werden konnte. Eine Aussparung im Scheitel wurde diesmal wegen der geringen Stärke daselbst nicht für nötig gehalten. Der Erfolg hat gezeigt, dafs durch diese Anordnung die Kämpferisse im unteren Ringe völlig vermieden werden konnten.

Beim Überwölben des zweiten Ringes, wobei indessen der Scheitel auf entsprechende Breite links und rechts belastet wurde, zeigte sich nirgends ein Rifs. Nach dem Ausrüsten und Freimachen der Gewölbe wurden die in Sand gesetzten Läuferreihen herausgenommen, die Lücken vom Sande sorgfältig

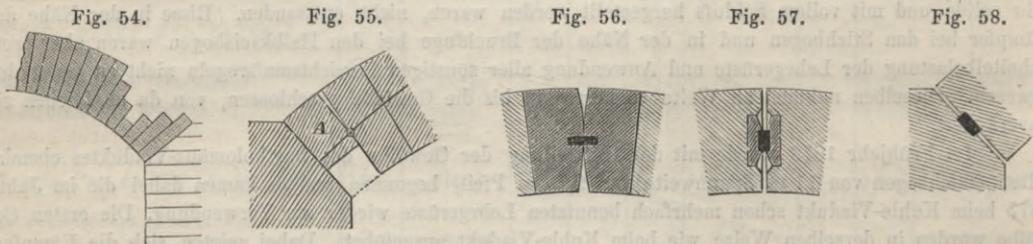
gereinigt und dann eine Läuferreihe mit Cementmörtel eingesetzt. Ein rasch abbindender Mörtel war hierzu erforderlich, um ein Herausfallen der Steine zu verhüten, was bei der Steilheit der Fugenrichtung unter Anwendung von gewöhnlichem Mörtel leicht hätte geschehen können.

Dieses Verfahren wurde von Anfang Juni 1878 ab noch bei mehreren Viadukten der genannten Linie angewendet.

Das von Housselle vorgeschlagene, unter b. genannte Mittel ist von dem erstbeschriebenen wesentlich verschieden, da es nicht eine Verschiebung der Stützlinie nach der Bogenmitte erstrebt, sondern nur bezwecken will, das Gewölbe möglichst tadellos als ein ununterbrochener gekrümmter elastischer Stab hergestellt wird.<sup>60)</sup> Housselle will die unvermeidlichen Risse beim Wölben von vorneherein absichtlich herstellen und zwar in einer Weise, das man sie, nachdem das Gewölbe im übrigen vollendet ist, jedoch noch vor dem Ausrüsten, mit Sicherheit wieder schliessen kann (Fig. 54).

Es ist schwer zu entscheiden, welcher der Methoden a. und b. etwa der Vorzug zu geben sei. Durch die Herstellung offener, nach dem Ausrüsten zu schließender Fugen kann man zwar die Stützlinie zwingen, während der Formänderung des Lehrgerüsts und nach dem Ausrüsten nicht aus dem Kern des Gewölbes herauszutreten. Das Auftreten von Zugspannungen vermeidet man also im allgemeinen, obgleich ein Öffnen der Kämpferfuge bei A (Fig. 55) nicht ganz verhindert werden kann. Ein Nachteil ist auch der Umstand, das das Material der nach dem Ausrüsten geschlossenen Lücken hinsichtlich des Eigengewichts des Gewölbes ohne Beanspruchung bleibt.

Es scheint demnach dem zweiten Verfahren der Vorzug zu gebühren, obwohl dabei den Folgen der Formänderung des Gewölbes nach dem Ausrüsten nicht mit Sicherheit entgegengetreten werden kann.



Definitive Gelenke sind des öfters in Vorschlag gebracht, soviel bekannt aber noch nicht zur Ausführung gekommen. Bei einer solchen wären etwa im Scheitel und an den Kämpfern Werksteine mit abgerundeten oder abgeschrägten Lagerflächen (Fig. 56) anzuwenden, deren Verschiebung gegeneinander durch eingelegte eiserne Dübel verhütet wird. Ferner ist die Einlegung von cylindrischen eisernen Gelenken (Fig. 57) in Vorschlag gebracht. Durch Anbringung solcher Gelenke würde der Bogen statisch bestimmt werden, oder es ließen sich, wenn man nur zwei Kämpfergelenke einführt, die Schwankungen der Stützlinie im Scheitel innerhalb enger Grenzen festlegen.

Man könnte die Kämpfergelenke übrigens auch nur provisorisch anlegen, etwa durch Einfügung von Flacheisenstücken (Fig. 58); nach dem Ausrüsten wären die offenen Fugen dann zu vergiessen.

3. Es bleibt nun noch das Schliessen des Gewölbes an mehreren Stellen zu besprechen. Dieses Mittel kam zum ersten Male im Jahre 1874 beim Bau der Claix-Brücke über den Drac zur Ausführung, ferner im Jahre 1883 beim Bau der Wäldlitobel-Brücke der Arlbergbahn und auch in den Jahren 18<sup>84</sup>/<sub>85</sub> bei Herstellung verschiedener

<sup>60)</sup> Housselle. Über Ausführung von Gewölben. Deutsche Bauz. 1878, S. 509.

Brückengewölbe der Eisenbahnlinie Stockheim-Ludwigstadt-Eichicht. Bei Anwendung dieses Verfahrens nimmt man das Gewölbe nicht allein an den Kämpfern, sondern auch an geeigneten Stellen der Bogenschenkel in Angriff und bewirkt dadurch in erster Linie eine Verminderung der Formänderung des Lehrgerüsts, hat aber außerdem den Vorteil, wegen Vermehrung der Arbeitsstellen schneller wölben zu können, als auf gewöhnliche Weise.

Die Claix-Brücke über den Drac bei Grenoble ist eine 8,20 m breite Strafsenbrücke, deren einziger Bogen von 52 m Spannweite und 7,40 m Pfeil sich unmittelbar auf natürlichen Felsboden als Widerlager setzt. Das im Scheitel 1,5 m, an den Widerlagern 3,10 m starke Gewölbe ist aus kleinen Bruchsteinen zwischen Stirnverkleidungen aus Werksteinen hergestellt. Diese Verkleidung ist im Scheitel 1,2 m, an den Widerlagern 2,6 m hoch. Das feste, auf vier Jochen ruhende Lehrgerüst bestand aus sechs Bindern, welche 1,5 m von einander entfernt standen. Auf die Kontrolle der Höhenlage aller wichtigen Punkte des Gerüsts wurde besondere Sorgfalt verwendet. Am 14. Januar 1874 wurde das Lehrgerüst belastet, vorher war ermittelt, daß der Scheitel desselben sich um 1 mm gesenkt hatte.

Bei den aufsergewöhnlichen Abmessungen des Gewölbes und mit Rücksicht auf die Anwendung kleiner, aber unter Anwendung eines vorzüglichen Cementmörtels vermauerter Bruchsteine mußte die Herstellung des Gewölbes mit der äußersten Sorgfalt vor sich gehen. Hierbei ging man so weit, daß man die Maurer mindestens täglich ihre Plätze wechseln liefs, um die durch die Gewohnheiten der Arbeiter entstehenden Fehler nicht an einzelnen Stellen zu häufen.

Man hatte beschlossen zwei Ringe anzuwenden, um das Lehrgerüst nicht zu sehr zu belasten und ferner jeden Ring in vier gleichzeitig hergestellten Stücken zu wölben, damit die Veränderlichkeit des Druckes in einem und demselben Punkte des Lehrgerüsts möglichst beschränkt und dadurch die Formänderung desselben vermindert werde. Auf die Länge der ersten beiden Stirnwölbesteine (0,8 m) führte man an den Widerlagern ein sauberes Trockenmauerwerk provisorisch aus, gegen welches sich die beiden Stücke 1 und 4 des ersten Ringes setzten. Die Stücke 2 und 3 stützten sich gegen Bohlen, welche mit dem Lehrgerüst verbunden waren. Der Herstellung des Bruchsteingewölbes ging natürlich das Versetzen der ersten Stirnwölbestein-Schicht voraus. Dabei wurden die drei ersten Wölbesteine an den Widerlagern vorläufig trocken auf Holzkeilen versetzt und die Fugen erst beim Schliesen des ersten Ringes ausgefüllt.

Am 31. Januar war die Stirnverkleidung fertig und 3 Tage später der erste Ring geschlossen. Die Wegnahme und der Ersatz des Trockenmauerwerkes gelang vollkommen und am 3. Februar beobachtete man eine Senkung des Lehrgerüsts um 4 mm. Der zweite Ring wurde im Verbands mit dem ersten angelegt und das ganze Gewölbe am 27. Februar geschlossen. Die Ausrüstung erfolgte 42 Tage nach Schluß des Gewölbes. Die Höhenlage des Scheitels soll nach dem Ausrüsten ganz unverändert gewesen sein, während an einzelnen anderen Bogenpunkten geringe, höchstens 2 mm betragende Verschiebungen beobachtet wurden.

Der große Bogen der Wäldlitobel-Brücke der Arlbergbahn (T. XV, F. 4) ist aus wenig bearbeiteten, lagerhaften Bruchsteinen hergestellt und mit 41 m Spannweite bei 13,23 m Pfeil angelegt. Die Scheitelstärke des Bogens beträgt 1,70 m, die Stärke an den Widerlagern 3,10 m. Die größte Inanspruchnahme des Materials erreicht hierbei 14 kg f. d. qcm. Wegen Beschreibung des Lehrgerüsts vergl. S. 293. Auch bei diesem bedeutenden Bau wurde das Augenmerk vornehmlich auf die Güte des Mörtels und auf die Schulung der ausübenden Werkleute gerichtet. Das Lehrgerüst wurde nicht vorher belastet, aber in seinen einzelnen Stockwerken derart überhöht, daß die Gesamtüberhöhung 0,30 m betrug. Mit dem Wölben begann man gleichzeitig an vier Stellen und zwar aufser an den beiden Widerlagern noch an zwei in der halben Höhe des Bogens liegenden Punkten, für welche vorher künstliche Widerlager geschaffen werden mußten. Ihre Anordnung ist derart, daß eine doppelte Tafel aus 12 dicht aneinander liegenden Schwellen den Schub aufnimmt und ihn mittels zweier Strebewände an die Felsenböschungen abgibt. Eine derartige Strebewand ist aus einer rostförmigen Verbindung von vier vierkantig beschlagenen und 22 × 30 cm starken Langbäumen gebildet, s. F. 4, T. XV. Da diese Rostwände auf der Bludenzer Seite über 20 m lang geworden sind, so mußten sie an einer Stelle, wie dies der Schnitt *c d* zeigt, gekuppelt werden. Die gedachten Wände gehen, um beim Wölben nicht zu hindern, neben den Bogenstirnen vorüber und sind, da sie sich schräg nach auswärts stemmen, durch mehrere Zangen verbunden. Über Einzelheiten ist Folgendes zu bemerken.<sup>61)</sup>

<sup>61)</sup> Nach Angaben, welche der Verfasser vom bauführenden Ingenieur des fünfzehnten Loses der Arlbergbahn, R. Musil in Innsbruck, erhalten hat.

Das Lehrgerüst erhielt bei der Aufstellung folgende Überhöhungen:

Unterster Längsbalken . . . . .	0,26 m
1. Stockwerk . . . . .	0,02 „
2. u. 3. Stockwerk je 0,01 . . . . .	0,02 „
zusammen . . . . .	0,30 m

Da es nicht vor dem Wölben belastet wurde, so zeigte sich eine starke Senkung, welche bis zum Gewölbeschluss am 8. November 1883 im Scheitel 0,140 m und am 1. April 1884, dem Tage der Ausrüstung, vor Beginn derselben 0,178 m betrug. Dabei bemerkte man ein starkes Einfressen der Hölzer ineinander, namentlich der Sandbüchsen-Stempel in die über ihnen liegenden Querschwellen aus weichem Holze.

Während der Wölbung beobachtete man an derjenigen Stelle des Lehrbogen-Kranzes, welche vor dem Orte lag, wo gerade gemauert wurde, auch die bekannten Erscheinungen des Aufsteigens. Infolge dessen lösten sich die Streben samt den Zapfen mitunter 6 cm aus den Sattelhölzern des Kranzes. Beim Fortschreiten der Wölbung kehrten die Lehrbogenteile in ihre frühere Lage zurück, wobei die noch nicht erhärteten Fugen der äußeren Gewölbelaibung sich ein wenig öffneten, um sich bald darauf wieder zu schließen. Man gebrauchte deshalb die Vorsicht, die Fugen mit Cementmörtel zu vergießen, um das Eindringen von Wasser oder Verunreinigungen derselben zu verhüten. Das beschriebene Aufsteigen des Lehrgerüsts erfolgte nicht allein beim Mauern in der untern, sondern auch in der obern Gewölbzone zwischen den provisorischen Widerlagern und dem Scheitel. Ja sogar der Scheitel hob sich unter der starken Gewölbbelastung noch ein wenig.

Weil die thalseitigen Langständer des Gerüsts um etwa 6 m tiefer zu stehen kamen, als die bergseitigen, so hatte man eine stärkere Senkung des Lehrgerüsts auf der Thalseite und, in ursächlichem Zusammenhange damit stehend, auch eine kleine Drehung des ganzen Gerüsts in der Vertikalebene nach der Thalseite hin vorausgesehen. Das Gerüst setzte sich auf der Thalseite um 0,03 m mehr, als auf der Bergseite, so zwar, daß die auf 3 cm vorgesehene größte Abweichung der Längsständer rechts von der Vertikalen noch um 2 cm nach links überschritten wurde. Ursache dieser Verschiebung nach der Thalseite hin war wohl nicht allein die beregte ungleichmäßige Senkung des Gerüsts; vielleicht hatten auch der ungleiche Schub der provisorischen Widerlager sowie der Umstand dazu beigetragen, daß die in der Richtung Ost-West liegende Thalseite des Gerüsts stark von der Sonne beschienen worden ist.

Das Hauptgewölbe ist als rauhes Schichten-Mauerwerk aus Glimmerschiefer und Kalksteinen in Mörtel, bestehend aus 1 Theil Bingser und Kufsteiner Cementkalk und 2 Theilen Quarzsand, hergestellt. Jede etwa 0,35 m bis 0,40 m starke Schicht hält nur einerlei Material-Gattung, entweder Kalkstein oder Glimmerschiefer, dabei ist nur  $\frac{2}{3}$  von der Lagerfläche jedes Steines rauh bearbeitet, wobei Höhlungen von 1 cm tief zugelassen worden sind.

Der 630 cbm haltende Hauptbogen wurde nach 80 Tagen Arbeitszeit am 7. November 1883 an den bezeichneten drei Stellen zum Schluss gebracht. Das Schließen in den Gewölbeschenkeln wurde durch vier Steinschichten bewirkt; dabei wurden die das provisorische Widerlager bildenden Lagerbalken bis auf zwei Stück seitlich herausgenommen, was ohne Schaden geschehen konnte, weil ein erheblicher Druck der oberen Gewölbzone gegen die Lagerbalken nicht zu bemerken war. In der ersten und zweiten Schlußschicht wurde darauf mit der Mauerung der Anfang gemacht und die vermauerten Teile gegen die obere Gewölbzone abgestempelt. Nachdem darauf die beiden Lagerbalken an einem Ende (links) abgehauen worden waren, konnten die untern Teile der Schichten 3 und 4 geschlossen werden. Endlich wurde auch das rechte Ende der Lagerbalken abgehauen und dort die dritte und vierte Schicht geschlossen. Dabei wurden alle nach oben noch frei stehenden Schichten der oberen und unteren Gewölbzone solange gegenseitig abgestempelt, bis deren Schluss vollkommen erfolgt war.

Die Senkung betrug, wie bereits angegeben, bis zum Tage der Ausrüstung (1. April) 0,178 m. Am letzten Beobachtungstage — 28. August — ergab sich eine Senkung von 0,048 m. Die Gesamt-senkung (0,226 m) ist im Vergleich mit anderen ähnlichen (vergl. Tabelle III, S. 334) nicht klein zu nennen und hätte durch eine vorherige Belastung des Lehrgerüsts verringert werden können.

Auffallen muß es, daß man beim Bau der um 11 m weiter gespannten Claix-Brücke die provisorischen Widerlager in einfacher Weise durch mit dem Lehrgerüst verbundene Bohlenlagen herstellte, während man es bei der Wäldlitobel-Brücke für notwendig gehalten hat, den Schub durch mächtige Strebebalken nach außen an die Felswände abzugeben. Wenn man bedenkt, daß die Reibung zwischen den Gewölbestücken und der Schalung des Lehrgerüsts doch eine bedeutende ist und daß der Neigungswinkel der Tangente an die Wölblinie mit der Horizontalen selbst in der Nähe der provisorischen Widerlager kaum 30° betrug, daß also der von den mittleren Gewölbestücken auf letztere ausgeübte Schub nur ein sehr geringer gewesen sein kann, so muß für ähnliche Fälle eine Befestigung der provisorischen Widerlager auf dem Lehrgerüst als zulässig und empfehlenswert bezeichnet werden.

§ 28. **Vollendungsarbeiten.** — Zu den Vollendungsarbeiten rechnet man die Herstellung der Übermauerung nebst der Gewölbeabdeckung, sodann das Aufmauern der Stirnen, das Versetzen der Gesimse, Geländer oder sonstiger bekrönenden Teile, das Ausfugen, ferner das Anschütten von Böschungskegeln, die Hinterfüllung des Bauwerks, die Herstellung der Fahrbahn und das Abbrechen der Gerüste.

1. Die Ausführung der Übermauerung, ihrer Abdeckung und der Abdeckung des Gewölbes erfordert die größte Sorgfalt, da die Erfahrung lehrt, daß namentlich bei Eisenbahnbrücken das Tagewasser oft früher oder später durch die Einwirkung von Erschütterungen oder allmählich stärker hervortretender, anfänglich nicht beachteter Undichtigkeiten der Decke seinen Weg durchs Gewölbe nimmt. Die Zerstörung des letzteren geht dann in zweifacher Weise vor sich, erstens löst das durch die Fugen sickernde Wasser den Kalk des Mörtels zum Teil auf, reißt ihn mit sich fort und setzt ihn in Gestalt von Krustationen und Stalaktiten auf der inneren Gewölbelaibung ab, außerdem äußert aber der Frost eine verderbliche Wirkung, indem er das vom Wasser durchdrungene Mauerwerk durch Krystallbildungen nach und nach auseinander sprengt.

Es müssen aber nicht allein die Übermauerungsflächen, sondern alle übrigen mit dem Erdreich, also auch mit dem darin sich ansammelnden Wasser in Berührung stehenden schrägen und vertikalen Flächen der Widerlager, Flügel und Stirnen gegen die eindringende Feuchtigkeit geschützt werden, wenn man für eine lange Dauer des Bauwerks sorgen will.

In der Regel deckt man die Übermauerung mit einer einfachen oder doppelten, mit vollen Fugen in Cementmörtel versetzten Ziegelflachschiebt ab und sichert dieselbe noch durch eine Asphalt- oder Cementlage oder durch eine Abdeckung von Asphaltplatten oder präparierter Asphaltpappe. Eine Abdeckung durch Bleiplatten kommt — der hohen Kosten wegen — nur in seltenen Fällen zur Anwendung, häufiger eine Abdeckung durch Cementüberzug mit darüberliegenden Ziegelflachschiebt. Die vertikalen oder schrägen, der Hinterfüllung zugekehrten Flächen der Widerlager und Flügel werden meistens mit Rapp-Putz versehen, überdies die schrägen Flächen auch noch asphaltiert. Außerdem muß man dahin streben, an diesen Stellen möglichst durchlässige Hinterfüllungs-Materialien zu verwenden. Daher ist die Anbringung von Lagen trockener kleiner Steine (Sickerkanäle) zu empfehlen. Auf den senkrechten Flächen der Stirnen halten sich die Asphaltplatten besser als der gewöhnliche Asphaltüberzug, deshalb führt man im Mauerwerk, wenn ein Asphaltüberzug zur Anwendung kommen soll — da es wichtig ist, die Übergangsstelle von der horizontalen Gewölbefläche nach der senkrechten Stirnfläche möglichst zu dichten — zweckmäßig von der oberen Stirnlinie ab bis auf das Gewölbe eine Abrundung aus, auf welcher die Asphalt- bzw. die Betonschicht gleich bis unter die Abdeckplatten der Stirn gezogen werden kann.

2. **Abdeckung mit Cement- und Asphaltschichten.** Die Herstellung einer einfachen, etwa 15 mm starken Cementschicht (1 Teil Cement, 2½ Teile gewaschener Flußsand) oder einer ebenso starken einfachen Asphaltschicht bietet für bedeutendere Gewölbe keine genügende Sicherheit, da diese Decken den durch Senkungen und Erschütterungen herbeigeführten Bewegungen des Bauwerks ohne rissig zu werden nicht zu folgen vermögen.

Um eine Cementdecke möglichst widerstandsfähig herzustellen, muß man den Cement rasch aufbringen, während des Bindens nicht durch äußere Kräfte den Bindeprozeß stören und zur Erlangung der größtmöglichen Festigkeit der Decke fortwährend und langsam Wasser zuführen. Letzteres kann man am zweckmäßigsten durch Auf-

bringung einer etwa 10 mm starken, nassen Sandschicht erreichen, welche zugleich den Zweck erfüllt, die Cementdecke gegen Zerreißen durch zu schnelles Trocknen an der Luft und gegen Sonnenstrahlen zu schützen. Selbstverständlich ist die Cementdecke erst auszuführen, nachdem das Gewölbe ausgerüstet ist.

Die Abdeckung der Brücken der Arlbergbahn geschah, indem auf den Gewölberücken zunächst eine 6 bis 8 cm starke Betonschicht gebracht wurde, dann eine dünne Schicht aus gewöhnlichem Cement und über diese eine ganz dünn aufgestrichene Lage (2 bis 3 mm) „Ponti-Cement“. Hierauf kam noch eine 1 bis 3 cm starke Cementschicht und darüber eine 10 cm starke Lage Sand.

Das früher wohl in Ausführung gebrachte Mittel, die Abdeckungsschicht noch durch Aufbringung einer starken Thonlage vor dem Eindringen des Wassers zu schützen, ist von zweifelhaftem Wert. Eine Verstärkung der Cement- oder Asphaltsschicht vermindert deren Neigung zum Zerreißen nur unbedeutend, ist daher auch von keinem großen Nutzen. Man muß vielmehr dahin streben, eine Decke aus zwei Lagen herzustellen, deren untere, möglichst biegsam und weich, sich den Bewegungen des Bauwerks, ohne zu zerreißen, anschließt und deren obere durch ihre Härte im Stande ist, den äußeren Eindrücken Widerstand zu leisten. Dies läßt sich beim Asphalt erreichen, indem man der unteren Schicht eine entsprechende Menge Goudron und der oberen reingewaschenen Kies zusetzt. Man sollte deshalb bei bedeutenden Gewölben eine Asphaltabdeckung nie anders als in doppelten Lagen zur Anwendung bringen, da sonst bei der sorgfältigsten Ausführung, namentlich wenn die Arbeit bei feuchtem Wetter vorgenommen werden muß, die Herstellung einer gleichartigen, ununterbrochenen Decke nicht zu ermöglichen ist. Für eine in zwei Lagen hergestellte 3 cm starke Asphaltsschicht gebraucht man pro qm 70 kg Asphalt-Mastix, 7 kg Goudron und 7 kg gereinigten Trinidad-Asphalt mit einem Zusatz von 20 bis 25 % reinen, lehmfreien Kies.

Abdeckungen, welche aus einer mit zwei Ziegelflachsichten überdeckten Cementlage bestehen, sollen sich gleichfalls gut bewährt haben. Wegen der Einzelheiten der Ausführung ist die unten vermerkte Mitteilung zu Rate zu ziehen.<sup>62)</sup>

3. Abdeckung mit Asphaltplatten. Ein Abdeckungs-Material, welches widerstandsfähig und biegsam genug ist, um gegen äußere Eindrücke und gegen Zerreißen infolge Bewegung des Bauwerks unempfindlich zu sein, hat man in der präparierten Asphaltpappe (den sog. Isolierplatten oder Asphaltplatten) gefunden.

Die Isolierplatten von Johannes Jeserich in Berlin sind im fertigen Zustande 17 bis 20 mm stark und bestehen aus Dachpappe stärkster Qualität, welche in rohem Zustande durch ein Gemenge von aufgelöstem, gereinigtem Asphalt, Goudron u. s. w. getränkt wird. Die Platten werden auf die Abdeckung gelegt und an den Stosfugen um 5 bis 6 cm überdeckt. Dann wird eine zweite Lage mittels Klebe-Asphalt im Verband aufgelegt, sodafs die Stosfugen der ersten Lage um 0,5 m überdeckt werden. Schliesslich wird die Oberfläche mit Klebe-Asphalt überstrichen und in diesen Überzug ein feingesiebter Graupenkies eingewälzt.

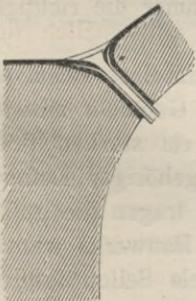
Ein tüchtiger Verleger stellt pro Tag 30 qm solcher Abdeckung fertig und der qm kostet aussch. Transport der Materialien von der Fabrik ab etwa 4 M. In ähnlicher Weise wird die Abdeckung mit den Isolierplatten von W. Herre & Co. in Potsdam hergestellt, welche von besonderer Haltbarkeit und Dehnbarkeit sein sollen.

<sup>62)</sup> Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. 1877, S. 175. Osthoff. Über Mittel zur wasserdichten Abdeckung der Brückengewölbe.

Die Asphaltplatten von Büsscher & Hoffmann in Eberswalde bestehen aus Asphalt-schichten in Verbindung mit einer langfaserigen Einlage, welche die Biegsamkeit, sowie die Widerstandsfähigkeit gegen das Zerreißen vermehrt. Sie werden in der Regel 3 m lang bei 81 cm Breite gearbeitet, sind 10 bis 15 mm stark und kommen entweder lose auf Rundhölzer aufgerollt oder flach aufeinander gelegt zur Versendung. Um ein Zusammenkleben der Platten zu verhindern, werden dieselben durch eine Lage Papier und etwas Sand von einander getrennt und bei der Aufbewahrung aus denselben Gründen möglichst in kühlen Räumen und stehend untergebracht. Sind die Platten bei kalter Witterung erstarrt und steif geworden, so muß man sie, um das Entstehen von Brüchen zu vermeiden, am Verwendungsorte an einem Feuer gelinde anwärmen, damit das Aufrollen und Verlegen mit Leichtigkeit vorgenommen werden kann. Beim Verlegen werden die Platten auf die von Unebenheit möglichst befreite, abzudeckende Fläche gebracht, sodafs ihre Ränder sich 7 bis 10 cm weit überlappen. Die letzteren werden dann mit dazwischen gestrichenem erhitzten Asphaltkitt fest aufeinander geklebt und der Stofs wird mit Hilfe eines 6 bis 8 kg schweren, an einer eisernen Stange befindlichen warmen Eisens derart überbügelt, dafs sich die Ränder erwärmen, fest aneinander schmiegen und unlöslich verbinden. Damit ein Festkleben der Platten am Bügeleisen nicht stattfinden kann, überstreut man die Fuge vorher reichlich mit trockenem Sande. Nach geschehenem Bügeln wird der Stofs nochmals mit steifem Asphalt überstrichen, bei wichtigen Bauten wird die ganze Oberfläche der Abdeckung mit einer dünnen Asphalt-schicht überzogen.

Ein geübter Verleger kann in einem Tage 30 qm Abdeckung mit Asphaltplatten herstellen. Für 100 qm braucht man zum Verkleben der Nähte 100 kg Asphalt und zum Überzuge 100 kg Asphalt und 1 Tonne Steinkohlenteer. 1 qm Asphaltplatte wiegt etwa 15 kg und kostet bei 1 cm Stärke 2 M., bei 1,3 cm Stärke 2,5 M. ab Fabrik. Fertige

Fig. 59.



Abdeckung kostet pro qm aussch. der Transportkosten etwa 4 M.

4. Die Abdeckung mit Bleiplatten kommt nur in vereinzelten Fällen zur Anwendung. Dieselbe ist wirksam, jedoch wegen der grossen Kosten nur ausnahmsweise zu empfehlen. Ein qm solcher Abdeckung 2,5 mm stark (pro qm 25 kg wiegend) kostet 15 M., also fast das Fünffache der gewöhnlichen Asphaltabdeckung.

Das Einsetzen der Entwässerungsröhren erfordert aus den auf S. 192 angegebenen Gründen besondere Sorgfalt; wenn ihre Lage es gestattet, so isoliert man sie möglichst von dem Mauerwerk, andernfalls empfiehlt es sich, sie mit Asphalt zu umgeben, wie Fig. 59 zeigt.

5. Erdarbeiten. Eine Arbeit, die bei mangelhafter Ausführung oft schon Beschädigungen der Bauwerke herbeigeführt hat, ist die Hinterfüllung der Widerlager und die Überfüllung des Gewölbes bis zur Höhe der Fahrbahn. Obwohl es stets Vorschrift ist, die Hinterfüllung gleichmässig in dünnen Lagen auszuführen, sodafs kein einseitiger Schub auf Widerlager und Gewölbe kommen kann, so wird diese Regel doch nicht selten unbeachtet gelassen. Besonders bei grossen Bauwerken, wo die Erdmassen zur Hinterfüllung in der Regel auf Interimsbahnen herangebracht und von den Lowries herabgestürzt werden, geschieht die benannte Arbeit — wenn auch die Hinterfüllung in der Nähe der Widerlager mit Handkarren in dünnen Lagen vor sich geht und letztere, um späteren starken Sackungen vorzubeugen, mit Anwendung von Handdrammen gedichtet werden — doch häufig in zu grosser Hast. Es entstehen dann in den nicht

gleichmäßig geschichteten Erdmassen Bewegungen, welche empfindliche Wirkungen auf die Widerlager und Gewölbe ausüben, sodaß oft die stärksten Abmessungen sich diesen Kräften nicht mehr gewachsen zeigen. Dies ist auch bei Gewölben, die unter einem hohen Damme liegen, in der Regel die Hauptursache der Formänderungen.

Nicht minder kann das unvorsichtige Anschütten hoher Böschungskegel vielerlei Unannehmlichkeiten im Gefolge haben. Ist das Material undurchlässig, so bietet die Entwässerung Schwierigkeiten. Bei anhaltendem Regen dringt die Feuchtigkeit in das Innere; es treten infolge dessen starke Senkungen ein, die weiter zu Rissen und Klüften Veranlassung geben. In die letzteren sickert alsdann das Wasser ein und es bilden sich, wenn nicht genügend für Wasserabzüge gesorgt wird, Rutschflächen. Wie kostspielig solche Rutschungen von Böschungskegeln werden können, zeigt der Bau des Ilm-Viadukts bei Weimar in der Weimar-Geraer Eisenbahn.<sup>63)</sup>

6. Das Versetzen der Gesimse, Deckplatten, Werksteine der Brüstungen u. s. w. geschieht gewöhnlich erst nach Hinterfüllung des Bauwerks, da man dann Gelegenheit hat, auf provisorischem oder definitivem Gleise oder auch so, daß der definitive Verkehr auf der Brücke nicht behindert wird, Laufkrahne aufzustellen (s. T. XVII, F. 7), mit deren Hilfe das Versetzen der Gesimssteine u. s. w. vor sich gehen kann und welche später auch zum Abbrechen der Gertiste oder zum Anhängen fliegender Rüstungen zu benutzen sind, von denen aus das Ausfugen oder das Bearbeiten der Ansichtsflächen und nachträgliche Reparaturen ausgeführt werden.

T. XVII, F. 3 zeigt die beim Bau des Indre-Viaduktes für das Ausfugen u. s. w. der Gewölbe benutzte fliegende Rüstung, welche mittels zweier Seile auf und nieder bewegt wurde, deren Enden nach einfachen, auf dem Boden stehenden Winden geführt waren. Der quer über das Geländer gelegte, an beiden Enden mit Rollen versehene Tragebalken von  $\frac{25}{25}$  cm Stärke war an seinen beiden Lagerpunkten noch mit je einer Bohle von 1 m Länge und 15 cm Breite verbolzt, um beim Verschieben des Balkens, welches mit Hilfe von Rollen und Hebebäumen geschah, demselben immer die richtige Lage geben zu können und die scharfen Kanten zu schonen.

Die für das Nacharbeiten des Gesimses und Geländers ebendasselbst benutzte Hilfsvorrichtung ist in T. XVIII, F. 4 dargestellt. Es ist eine auf dem Geländer mittels Rollen bewegliche Vorrichtung, welche in der Hauptsache aus zwei  $\frac{12}{20}$  cm starken Trägern besteht, die durch zwei über dem Geländer liegende Bohlen in gehöriger Entfernung gehalten werden. Die Bohlen sind mit den Trägern verbolzt und tragen die gußeisernen Lager zur Aufnahme der Gleitrollen. Auf beiden Seiten des Bauwerks waren an den Trägern zwei gleichkonstruierte fliegende Arbeitsbrücken mittels Seilen festgebunden. Jede Brücke bestand aus zwei in entsprechender Form gebogenen Flacheisen von 6 cm Breite und 15 mm Stärke, welche unten und in der Mitte durch 2 cm starke Bolzen verbunden waren, auf welche ein Boden aus Brettern für die Arbeiter zu liegen kam. Die Bretter dienten zuerst für den oberen Boden, wurden dann nach Beendigung der betreffenden Arbeiten herausgenommen und für die Herstellung des unteren Bodens benutzt. Durch Anbringung von Stricken wurde den Arbeitern im Rücken Halt und Sicherheit gewährt. Die fliegenden Rüstungen für das Nacharbeiten der Stirnflächen waren beim Indre-Viadukt 7 bis 8 m lang und 1 m breit und hingen an Seilen, die oben auf der Brücke befestigt waren.

<sup>63)</sup> Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover, 1881, S. 425.

Ahnliche fliegende Rüstungen vom Bau der Brücke St. Pierre de Gaubert zeigen T. XVII, F. 8 u. 9. Eine etwas stärkere Konstruktion, benutzt bei der Wiederherstellung des Pont du Gard, ist in T. XVIII, F. 11 dargestellt.

Bei Flufsbrücken kann man das Nacharbeiten der inneren Gewölbelaibungen u. s. w. häufig auch von Rüstungen aus vornehmen, welche durch Pontons unterstützt sind.

Mit der Vornahme der erforderlichen Belastungsproben (vergl. § 16 des IV. Kapitels) und der vorläufigen Abnahme (s. § 15 der besonderen Bedingungen für grofse Brücken in Paragraph 19), nach welcher das Bauwerk dem Verkehr übergeben werden kann (was häufig schon vor Beendigung der letzten Vollendungsarbeiten geschieht), schliefsen die regelmäfsigen Arbeiten, die bei Ausführung gröfserer Brücken vorkommen.

---

Am Schlusse dieses Abschnitts soll darauf hingewiesen werden, dafs die Notwendigkeit einer sorgfältigen Projektierung und Herstellung, nicht minder aber einer planmäfsigen Unterhaltung der Brücken in nachdrücklichster Weise aus den Ursachen des plötzlichen Einsturzes einzelner Bauwerke hervorgeht. Manche dieser Fälle haben eine traurige Berühmtheit erlangt, so z. B. der Einsturz des in den vierziger Jahren erbauten Löbauer Viaduktes auf der Linie Dresden-Löbau-Zittau, von welchem in der Neujahrsnacht des Jahres 1856, 12 Jahre nach Fertigstellung, plötzlich fünf Pfeiler, ohne dafs sich vorher Anzeichen ihrer Unhaltbarkeit gezeigt hatten, zusammenbrachen.

Trotz der Bedeutung des hier berührten Gegenstandes mufs die Erwähnung sonstiger Ereignisse der in Rede stehenden Art auf eine Angabe der einschlägigen Litteratur beschränkt bleiben.<sup>64)</sup>

---

<sup>64)</sup> Einsturz einer gewölbten Wegebrücke nach Beseitigung der Lehrbogen. Engineer 1863, 18. Sept. — Einsturz einer Wege-Unterführung bei Bischhausen (Halle-Kasseler Bahn). Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. 1871, S. 442. — Einsturz der Brücke über die Elbe bei Riesa (von den Pfeilern ausgehend). Jahrgang 1876 d. Zeitschr. f. Bauwesen, der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover u. a. — Einsturz einer Wege-Unterführung bei Heidesheim. Deutsche Bauz. 1876, S. 271. — Einsturz einer Brücke über den Ogwen-Flufs bei Bangor in Carnarvonshire (England). Deutsche Bauz. 1880, S. 313. — Über Einstürze älterer Brücken. Engineer 1880, Juni. S. 461. — Einsturz eines in der Wiederherstellung begriffenen Bogens der Invalidenbrücke zu Paris. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1880, S. 154. — Brücken-Einstürze in England. (Einsturz einer alten gewölbten Wegebrücke der London-Chatham-Dover Bahn.) Centralbl. der Bauverw. 1882, S. 446. — Zerstörung einer Eisenbahnbrücke durch einen Wolkenbruch. Centralbl. der Bauverw. 1884, S. 47.

## E. Unterhaltungs-, Wiederherstellungs- und Umbau-Arbeiten einschließlich der Arbeiten während des Betriebes.

### § 29. Unterhaltungs-Arbeiten.

1. Zu den eigentlichen Unterhaltungsarbeiten darf man nur gewisse regelmäßig wiederkehrende, durch äußere Einflüsse veranlasste Ausbesserungsarbeiten rechnen; dieselben haben den Zweck, den betriebssicheren Zustand des Bauwerks zu wahren. Regelmäßige Unterhaltungsarbeiten erfordert auch die bestausgeführte Brücke im Laufe der Zeit, doch werden diese Arbeiten bei einiger Vorsicht sich in engen Grenzen bewegen; bei schlecht ausgeführten oder schlecht unterhaltenen Bauwerken können aber die zur Erhaltung des betriebssicheren Zustandes erforderlichen Verbesserungen größeren Umfang annehmen, solche Arbeiten nennt man dann Wiederherstellungsarbeiten (Rekonstruktionen).

Die fortwährenden, teils mechanisch zerstörend, teils chemisch zersetzend wirkenden äußeren Einflüsse sind die Erschütterungen, denen das Bauwerk beim Befahren ausgesetzt ist, die Feuchtigkeit u. s. w. der Luft und des umgebenden Erdreichs, Temperaturänderungen, sowie Frostwetter, Eisgang und Hochwasser.<sup>65)</sup>

2. Der mit der Beaufsichtigung einer längeren Verkehrsstrecke beauftragte Beamte (Aufseher, Bahnmeister) hat bei seinen regelmäßigen Streckenbegehungen den Zustand der Bauwerke und ihrer einzelnen Teile sorgsam zu beobachten und außerdem nach eingetretenem Eisgang, nach Hochfluten oder Überschwemmungen dieselben einer außerordentlichen, eingehenden Prüfung zu unterziehen. Besonders hat er bei solchen Vorkommnissen die Aufmerksamkeit auf diejenigen Bauwerke zuerst hinzulenken, welche sich durch ungünstige Lage auszeichnen, bzw. deren Fundamente in schwimmendem Boden (Moor, Treibsand u. dergl.) bei der Ausführung nur durch starke Schutzmittel, als Steinschüttungen und Pflasterungen, haben gesichert werden können.

Er hat dann bei vorgefundenen Beschädigungen unverzüglich seinem Vorgesetzten, dem die Leitung der Unterhaltungsarbeiten obliegt (Abteilungs- oder Betriebs-Ingenieur, Bau-Inspektor, Ober-Ingenieur) Bericht zu erstatten, damit sofort Anordnungen getroffen werden, um die notwendigen Reparaturen zu gelegener Zeit vornehmen zu können. Bei bedeutenden Brücken wird man die Materialien zur Unterhaltung, namentlich zur Steinschüttung, stets auf der Baustelle vorrätig halten müssen.

Für eine größere Verwaltung empfiehlt es sich für jedes Bauwerk ein eigenes Buch (Revisionsbuch, Besichtigungsbuch) anzulegen, in welchem die Ergebnisse der regelmäßigen oder außerordentlichen Besichtigungen, ebenso wie die behufs Beseitigung der gefundenen Mängel zur Ausführung gebrachten Arbeiten eingetragen werden. Solche Bücher sind für Brücken mit eisernem Überbau bei vielen Eisenbahnverwaltungen neuerdings angelegt, nicht aber — soviel bekannt — auch für steinerne Brücken, obwohl

<sup>65)</sup> Wegen Sicherung der Bauwerke gegen Hochwasser und Eisgang vergl. Kap. I, S. 105.

kein stichhaltiger Grund vorliegt, diesen nicht eine ebenso große Sorgfalt zuzuwenden, wie den eisernen Brücken. Ratsam ist es, bei Anlegung solcher Bücher eine kurze, aber erschöpfende Geschichte der ersten Anlage des Bauwerks einzutragen.

3. Die bei den regelmäßigen Besichtigungen der Bauwerke zum Vorschein kommenden kleineren Mängel sind: Auswittern und Schadhafwerden einzelner Steine, Rissbildungen infolge von Sackungen und Verschiebungen einzelner Bauwerksteile, Formänderungen einzelner Bauwerksflächen, z. B. Ausbauchungen der Stirnen, Trennung der Stirnmauer vom Gewölbe, Verdrückungen im Gewölbe u. s. w.

Nach Entdeckung dieser oder ähnlicher Mängel wird man nicht eher zur Ausbesserung derselben schreiten, bis man die Ursachen klar erkannt hat und sicher ist, daß die Verbesserung des Schadens auch von ausreichender Dauer ist.

Schadhafte Steine sind auszuwechseln, Risse mit Papierstreifen zu überkleben und ihre Erweiterung zu beobachten, offene Fugen können mit Cement verstrichen werden, weil das Entstehen feiner Haarrisse im Cement auf Bewegungen schließen läßt. Ferner ist auf Beseitigung des Pflanzenwuchses, welche sich hie und da in den Fugen, mitunter aber auch an den Ansichtsflächen der Steine bildet, Bedacht zu nehmen.

Bei Formänderungen einzelner Bauwerksteile leistet das Einziehen eiserner Anker gute Dienste, wenn dieselben ohne zu große Hindernisse und ohne schädliche Zerstörung des alten Mauerwerks angebracht werden können. Eintretendenfalls sind einzelne Bauwerksteile abzubrechen und durch neue zu ersetzen, wobei in manchen Fällen Verstärkungen zweckmäßig sein können. Bei der Verbindung alter und neuer Bauwerksteile sollen die ersteren nicht mehr als nötig durch Verzahnungen geschwächt werden.

Größere Reparaturen sind das Einspannen neuer Gewölbe, entweder an Stelle alter zerstörter Gewölbe oder auch in der Bauwerkssohle als Mittel zum Verhindern des Weichens der Widerlager in weichem Untergrunde. Auch das Einbohren von Löchern und das Ausfüllen derselben bezw. der Risse, zu denen die Löcher führen, mit Portlandcement, ferner Verkleidungen mit Cementbeton kommen in Anwendung, vergl. die Beispiele in § 30.

4. Besondere Sorgfalt erfordert die Unterhaltung der Entwässerungs-Anlagen. Die Abflußröhren und Abflußkanäle sind offen zu erhalten und es ist hierauf namentlich bei Frostwetter zu achten.

Wenn infolge mangelhafter Unterhaltung oder unzureichender Wirksamkeit der Entwässerungs-Anlagen das Tagwasser in die Gewölbe dringt und an der inneren Laibung durchsickert, so soll man sich nicht mit dem bloßen Verstreichen der Laibungsfugen begnügen, denn dadurch wird wohl das Durchsickern vorläufig verhindert, aber das Gewölbe um so mehr der gänzlichen Zerstörung entgegen geführt. Man lege die äußere Gewölbeffläche bloß, beseitige die alte Abdeckung und ersetze dieselbe durch eine neue, genügend widerstandsfähige. Beim Auswechseln sind die Lagerflächen schadhafter Steine oder Ziegel und auch leere Fugen von allem Mörtel zu reinigen und gut zu nässen, bevor man dieselben wieder mit frischem Mörtel versieht.

Bei vielen älteren Brücken, welche keine Gewölbeabdeckung besaßen, hat sich die Notwendigkeit herausgestellt, nachträglich eine solche anzulegen. Weil aber die nachträgliche Herstellung während des Betriebes unter Umständen eine sehr kostspielige und den Betrieb erschwerende Arbeit ist, so hat man sich bei Eisenbahnbrücken in einzelnen Fällen damit begnügt, nur einen Teil des alten Kiesbettes über dem Gewölbe zu entfernen und nur etwa 60 cm unter den Schienen entweder eine selbständige oder an die alten, höher liegenden Gewölbefflächen sich anschließende Abwässerungs-

fläche zu schaffen, indem man den eingeebneten Kies mit einer Ziegelschicht abpflasterte und auf letztere eine Asphaltplatten-Schicht anbrachte. Eine derartige nachträgliche Abdeckung ist bei mehreren älteren Brücken im Bezirk der Königl. Eisenbahn-Direktion Berlin mit Erfolg hergestellt.

Weitere Einzelheiten über Unterhaltungs-Arbeiten enthalten die Beispiele in § 30 bis § 32. Über die Kosten der Unterhaltung vergl. § 38.

**§ 30. Wiederherstellungs-Arbeiten.** — Die zur Wiederherstellung baufälliger Brücken in Anwendung kommenden Mittel sind je nach den Ursachen des Verfalls, der Art des Bauwerks u. s. w. so mannigfacher Art, daß eine systematische Behandlung derselben nicht wohl möglich ist. Wir beschränken uns darauf, die genannten Arbeiten durch Beispiele zu erläutern, und bemerken, daß es sich im allgemeinen um Beseitigung solcher Fehler handelt, welche auch bei der Unterhaltung, wenn auch in geringerem Umfange, vorkommen.<sup>66)</sup>

1. Der Diemel-Viadukt bei Hueda auf der Westfälischen Bahn ist unter Anwendung eines festen Etagengerüstes erbaut. Als die Gewölbe nahezu zum Schluß gebracht waren, bemerkte man an einzelnen Fugen der Pfeilmantelsteine kleine schalenförmige Abblätterungen, die am Tage nach vollendeter Ausrüstung eine Bedenken erregende Größe (bis zu 15—20 cm) annahmen. Auch barsten viele Steine und die entstandenen Risse erstreckten sich, ohne den Fugen des Mauerwerks zu folgen, lotrecht durch mehrere Schichten hindurch.

Nachdem eine weitere Bewegung nicht mehr stattzufinden schien, weil die über die Risse geklebten Papierstreifen sich unverändert hielten, und nachdem festgestellt war, daß die Fundamente nirgends nachgegeben hatten, auch die Gewölbe sich in normalem Zustande befanden, nahm man verschiedene der zerstörten Mantelsteine der Pfeiler heraus und stellte die Ursachen der Beschädigungen fest. Diese waren in der Hauptsache: Unzeitige Aufführung des Mauerwerks bei Frost mit Unterbrechung durch Hochwasser, nachlässige Bearbeitung der Mantelsteine, die in ihren äußeren Kanten scharf gearbeitet waren, hinten aber keilförmig in das Füllmauerwerk hineinreichten, lässiges Versetzen der Werksteine und des Füllmauerwerks und endlich Mangel durchgehender Binderschichten.

Die Wiederherstellung ging in folgender Weise vor sich: Es wurden sämtliche Mantelsteine der beschädigten Pfeiler ausgewechselt und zwar so, daß der Pfeiler ringsum im Mantel immer unterstützt blieb und die einzubringenden Steine daher nicht in horizontalen, sondern in vertikalen Schichten von vornherein tragend versetzt wurden. In dieser Weise ging man rund um den Pfeiler und nahm zuerst die Ecken, dann die Mitten und zuletzt die Zwischenflächen einer Schicht vor. Es wurden nur die allerfestesten Quadersteine, die in ihrer ganzen Ausdehnung völlig parallele Lager hatten, verwendet und man ließ dieselben an Stelle der herausgenommenen Läufer als Binder so tief, als es ohne Gefahr geschehen konnte, in den Pfeiler eingreifen, arbeitete die abgesprengten Köpfe der Binder auf 0,5 m Tiefe ab, setzte neue Läufer vor und goß die Zwischenräume zwischen den eingesetzten Quadern und dem Füllmauerwerk und ebenfalls die Lücken des letzteren mit Cement aus. Auf diese Weise ist die Unterfahrung der Pfeiler bei ihrer geringen Stärke eine fast vollständige geworden, da die gegenüberstehenden neuen Binder sich größtenteils in der Mitte der Pfeiler berührten und nur ein geringer Teil des Füllmauerwerks zwischen den alten Bindern verblieb.

Nachdem die Vollendungsarbeiten des Bauwerks ausgeführt waren, wurde dasselbe (im Frühjahr 1851) einer eingehenden Prüfung, Nachmessung und Abwägung unterworfen, bei welcher sich ergab, daß der Zustand genau derselbe geblieben war, wie bei Einstellung der Bauarbeiten.

2. Umfangreiche Wiederherstellungsarbeiten mußten mit dem Viadukt bei Plankenstein auf der Österreichischen Südbahn vorgenommen werden, dessen Zustand infolge mangelhafter Ausführung der Maurerarbeiten bald nach seiner Vollendung derart war, daß mit Rücksicht auf die Sicherheit

<sup>66)</sup> Wegen der Einzelheiten der besprochenen Wiederherstellungen ist zu verweisen auf: Henz. Die Restauration des Diemel-Viadukts. Zeitschr. f. Bauw. 1852, S. 6. — Scheidtenberger. Rekonstruktion des Eisenbahn-Viadukts bei Plankenstein. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1873, S. 265. — Flach. Reparatur einer Brücke der sächsisch-schlesischen Eisenbahn. Mitteilungen des sächs. Ing.- u. Arch.-Ver. 1877, S. 39. — Rekonstruktion eines Durchlasses der Thorn-Insterburger Eisenbahn. Zeitschr. f. Bauw. 1879, S. 307. — Wiederherstellung von Brücken mittels Beton. Riga'sche Industrie-Zeitung 1882.

des Betriebes alle über den Viadukt fahrenden Züge das Langsamfahrtsignal erhalten mußten. Sämtliche Gewölbe des Viaduktes hatten in der Nähe der Stirnen mehr oder minder ausgedehnte Risse *a* (T. XVIII, F. 7 bis 7<sup>d</sup>), die sich bei den meisten Pfeilern auch in diese fortsetzten, sodafs es den Anschein hatte, als ob das Bauwerk seiner ganzen Länge nach in drei Teile gespalten wäre. Ferner waren in den Stirnen einiger Pfeiler Vertikalrisse *b* (F. 7) zu sehen, welche sich bei einzelnen Pfeilern bis zum Hauptgesimse fortpflanzten. Ehe man zur endgiltigen Wiederherstellung des Bauwerks schreiten konnte, mußte man dasselbe, um es vor weiterer Zerstörung zu sichern und zur Wahrung der Betriebssicherheit durch Abspreizungen und Einrüstungen (F. 7 u. 7<sup>a</sup>) standfest erhalten, wobei man dahin strebte, den Druck einer möglichst großen Fläche des Bauwerks aufzunehmen und auf eine große Fläche des Untergrundes zu übertragen.

Die Wiederherstellung führte man ohne Unterbrechung des Betriebes in der Art aus, dafs man den Viadukt mit Ausschluß eines Teiles von fünf Öffnungen verschüttete und letztere, wie F. 7<sup>b</sup> veranschaulicht, durch Einspannen einer neuen Bogenstellung mit entsprechender Verstärkung der Pfeiler von neuem widerstandsfähig machte. Weil aber durch diese Anlage das Durchflufsprofil der beiden Flußöffnungen verkleinert wurde, so glich man diesen Verlust durch Einschaltung einer dritten Flußöffnung zwischen dem Pfeiler 4 und 5 und durch entsprechende Erweiterung bezw. Regulierung des Flußbettes aus.

Die vorzunehmenden Arbeiten verteilten sich daher auf zwei Perioden:

1. Ausführung der Dammschüttung aus einer Seitenentnahme bis zu etwa 3 m Höhe unter dem Bahnplanum unter allmählicher Fortnahme der Stützen *a*, *b*, *c* und der Lehrgerüste; gleichzeitig erfolgte die Ausführung der fünf neuen Bogenstellungen.

2. Durchschlagen und Abbrechen der Gewölbe, um bei den zu verschüttenden Pfeilerstellungen das vollständige Dammprofil und um bei den neuen Pfeilerstellungen die neue Fahrbahn herstellen zu können.

Die Arbeiten der zweiten Periode waren von besonderer Schwierigkeit, da dieselben wegen Aufrechterhaltung des Betriebes in zwei Teilen, für die rechte und linke Viadukthälfte getrennt, ausgeführt werden mußten.

Die Art und Weise der Ausführung über den fünf neuen Bogenstellungen ist aus F. 7<sup>c</sup> u. 7<sup>d</sup> ersichtlich. Nachdem das rechte Gleis auf das äußerste Maß (0,63 m) nach rechts verschoben und das linke mittels Gleisverschlingung in dasselbe hineingezogen worden war, benutzte man das letztere Gleis zum Materialtransport für das Abtragen der linken Hälfte, bei welcher Arbeit die rechte Hälfte fortwährend durch Abspreizungen gestützt wurde, deren Pfosten schließlicb bis auf das neue Gewölbe reichten. Dann folgte die Herstellung der neuen Überschüttung und darauf das Abbrechen der rechten Viadukthälfte. Die Ausführung der Schüttung über den übrigen Gewölben erfolgte nach Durchbrechen und Abtragen derselben in ähnlicher Weise.

Die in F. 7<sup>b</sup> angedeuteten Anker zur Verbindung des neuen Pfeilermauerwerks mit dem alten sind nicht zur Ausführung gekommen, da das Durchbohren der alten Pfeiler große Schwierigkeiten und auch Zerstörungen im Mauerwerk verursachte. Eine Verbindung mittels Verzahnung ist wegen des schlechten Zustandes der alten Pfeiler nicht angeordnet.

3. Ein lehrreiches Beispiel bietet die Wiederherstellung einer Brücke aus Granit auf der sächsisch-schlesischen Staatseisenbahn, welche im J. 1877 ohne Betriebsstörung zur Ausführung gelangte. Die Bewegungen dieses Bauwerks (3 Öffnungen à 11,32 m) wurden vom Jahre 1872 ab genau verfolgt, anfangs mit Hilfe von Holzkeilen, welche man in die klaffenden Fugen trieb, später durch Verstreichen der Fugen mit Cement, wobei sich die unbedeutendsten Bewegungen durch feine Haarrisse in der Fugung äußerten. Es wurde festgestellt, dafs die Risse in einem Pfeiler und in den Gewölben infolge mangelhafter Abdeckung der letzteren und ungenügender Abführung des Tagewassers entstanden waren. Die Wiederherstellung bestand daher in Reparatur der Gewölbe und des einen Pfeilers, sowie in Herstellung einer neuen Gewölbeabdeckung und Entwässerung.

Bei der Reparatur des Pfeilers wurden Stollen, je zwei zur Zeit, quer durch denselben getrieben und zwar nur von solchem Querschnitte, dafs ein Maurer mit Spitzhacke und Brechstange notdürftig arbeiten konnte. Dabei hatte man vorher den Pfeiler in Abständen von 2 bis 3 m mit vertikal angelegten, alten Eisenbahnschienen umgeben, welche durch vier horizontale eiserne Bänder mit Spannvorrichtungen gegen Verschiebung gesichert waren. Nach Fertigstellung der ersten beiden Stollen erfolgte die gründliche Reinigung und Annetzung der Wandungen derselben, das Ausgiefsen der unterhalb gelegenen Klüfte mit sehr dünnflüssigem, reinen Cementmörtel und sodann Ausmauerung mit Cementmörtel 1:2. Dann kamen weitere zwei Stollen an die Reihe u. s. f.

Die Gewölbereparatur wurde unter Zuhilfenahme einer Gleisverschlingung in zwei Perioden durchgeführt. Nach Beseitigung der Überfüllung der einen Brückenhälfte bewirkte man die teilweise Abtragung

der Gewölbeübermauerung, wodurch die reparaturbedürftigen Bogenteile freigelegt wurden. Die Gewölberisse waren gleichzeitig von unten her auf untergesetzter leichter Rüstung dicht verschalt worden, sodafs das Ausgiefsen mit Cementmörtel von oben geschehen konnte. Die Risse in den unteren Bogenteilen und die Risse im Pfeiler hinter und direkt unter den Kämpfern konnten glücklicherweise ebenfalls durch Ausgiefsen von oben gefüllt werden; eine Wegnahme der Kämpfer-Hintermauerung oder einen Pfeilerdurchbruch direkt hinter den Kämpfern hätte man auch wohl nicht wagen dürfen. Auf der oberen Seite der Gewölbe wurden dann noch starke Eisenklammern eincementiert und schliesslich die neue Abdeckung und Entwässerung hergestellt.

4. Ein in der Thorn-Insterburger Bahn unfern Bischdorf ausgeführter gewölbter Durchlaß von 2,51 m lichter Weite und 35,31 m Länge war durch die Last des darüber befindlichen etwa 9 m hohen Bahndamms, sowie durch den Druck des hinter den Widerlagern anstehenden, von Wasseradern durchzogenen Lehmbodens derart verdrückt worden, dafs er bald nach der Betriebseröffnung der Bahn zur Verhütung des Einsturzes auf eine Länge von 24 m abgesteift und ausgezimmert werden mußte.

Behufs der Wiederherstellung mußte der Durchlaß wasserfrei gemacht werden, zu welchem Zwecke in 12 m Entfernung von der Achse des Bauwerks ein Doppel-Röhrendurchlaß von je zwei 1,0 m im Lichten weiten, gußeisernen Röhren mit Hilfe eines bergmännischen getriebenen Stollens durch den Bahndamm geführt und in Benutzung genommen ist. Alsdann wurde das schadhafte Mauerwerk, aus welchem namentlich an der Sohle der Mörtel teilweise bis zur Tiefe eines Meters herausgewaschen war, durch neues Mauerwerk in Cementmörtel ersetzt und die Widerlager an denjenigen Stellen, welche besonders verdrückt waren, in der Sohle mittels Sohlenbogen und in Kämpferhöhe mittels gußeiserner Streben gegenseitig verspannt. — Das Gewölbe zeigte sich zwar teilweise stark verdrückt und überhöht, die vorhandenen Risse reichten jedoch nicht durch die ganze Wölbstärke, sodafs eine Erneuerung des Gewölbe-Mauerwerks nicht für nötig gehalten wurde.

Die Kosten der Gesamt-Wiederherstellungs-Arbeiten beliefen sich (ausschl. des Transports der Personen und Materialien auf der Bahn) auf 23537 M. Die Kosten des 45,12 m langen Stollens von 9,0 qm Querschnitt, welche in vorstehender Summe mit enthalten sind, betragen 85 M. pro lauf. Meter.

5. Die Anwendung von Cementbeton zu Wiederherstellungen ist in größerem Maßstabe auf der Erie-Eisenbahn in Amerika ins Werk gesetzt worden. Zum ersten Male scheint man dort den Beton beim Wiederaufbau des im Jahre 1875 abgebrannten Portage-Viadukts (hölzerner Überbau) in der Buffalo-New-York-City-Bahn benutzt zu haben, indem man die Pfeiler durch Umschließung ihrer alten, teilweise beschädigten Sockel mit Betonkörpern zur Aufnahme einer Eisenkonstruktion herrichtete. Diese Arbeit kostete 6000 Dollars. — Bald darauf beschloß man, einen gewölbten Durchlaß von 4,25 m Weite, 44,5 m Länge unter einem 18 m hohen Damme bei Warsaw, dessen Gewölbe stark beschädigt war, durch Auskleidung mit einer Betonschicht wieder in Stand zu setzen. Zu diesem Zwecke stellte man ein Lehrgerüst derart auf, dafs zwischen seiner Schalung und der inneren Gewölbelaibung ein Raum von 10 cm Höhe verblieb. In den so begrenzten Hohlraum wurde darauf Beton mit der Hand geprefst und das Lehrgerüst nach achttägiger Erhärtung der Masse entfernt. Auch für Brückenpfeiler wurde die Methode angewendet, so z. B. sicherte man die Pfeiler der West-Paterson-Brücke, deren Pfeiler zerborsten waren und auseinander zu fallen drohten, dadurch, dafs man sie mit einer 30 cm starken Betonhülle umgab.

Die angeführten Beispiele<sup>67)</sup> ergeben, dafs die anfängliche Ursache aller Gebrechen meistens die mangelhafte Ausführung und die mit derselben in ursächlichem Zusammenhange stehende mangelhafte Kontrolle der Arbeiten ist. Dagegen zeigen die mehr als

<sup>67)</sup> Weitere Beispiele sind: Transactions of the inst. of civil eng. 1836, S. 131. Cooper, description of the plan of restoring the archstones of Blackfriarsbridge. (Dasselbe auch Ann. des ponts et chaussées. 1840, S. 255 und Notizbl. d. Berl. Arch.-Ver. 1836, S. 20.) — Allg. Bauz. 1844, S. 312. Brücke über die Beraun in Böhmen. — Ebendasselbst. 1855, S. 269. Heubach-Brücke zwischen Kempten und Immenstadt. — Ebendasselbst. 1865, S. 98. Wiederherstellung des Pont du Gard bei Nismes. — Ann. des ponts et chaussées. 1871. I. S. 361. (Cadot. Note sur la reconstruction rapide et économique des ponts en maçonnerie). — Scheidtenberger. Wiederherstellung eines Durchlasses bei Oberleseece. Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1873, S. 305. — Ann. des ponts et chaussées. 1874. I. S. 227. Legras. Reconstruction du pont de Chateau-Gontier. — Ebendasselbst. 1874. II. S. 392. Rekonstruktion der Brücken bei Dijoin und St.-Yan. — Ebendasselbst. 1875. II. S. 367. Reconstruction d'une pile de pont à Mussidan. — Protokolle des sächs. Arch.- u. Ing.-Ver. 1870. 72. Vers. S. 15. (Umbau der Probsthaider Wege-Überführung auf der sächs.-baier. Staats-Eisenbahn). — Zeitschr. f. Bauw. 1878, S. 26. Wieder-aufriechtung eines umgestürzten pneumatisch fundierten Pfeilers. — Rekonstruktion der Brücke von Malzeville.

zweitausendjährigen Werke des alten Roms, daß man trotzdem von einer nahezu unbegrenzten Dauer der steinernen Brücken sprechen kann. Doch wird dieselbe nicht allein durch musterhafte Ausführung, welche wiederum ohne ebensolche Leitung und Beaufsichtigung nicht denkbar ist, sondern auch durch regelmäßige Unterhaltung, ohne welche selbst das gesündeste Bauwerk allmählich dem Zahn der Zeit verfallen würde, angestrebt werden müssen.

§ 31. Umbauten. — Zu den Umbauten sind in erster Linie die Umänderungen bestehender hölzerner Brücken in steinerne zu rechnen, ferner alle diejenigen Abänderungen und Verbesserungen, welche aus Betriebs- und Verkehrsrücksichten an einem bestehenden Bauwerk notwendig werden z. B. Verbreiterung, Höher- oder Tieferlegung der Fahrbahn, Erweiterung des Durchflußprofils u. s. w. Die Umbauarbeiten sind ebenso wie die Wiederherstellungsarbeiten sehr mannigfacher Art, sodafs ihre Besprechung, wie bei jenen, an der Hand von Beispielen erfolgen soll.

1. Änderung hölzerner in steinerne Brücken. Die ganz aus Eichenholz konstruierten Überbauten der früheren Eisenbahnbrücken der hannoverschen Staatsbahnen hatten eine Dauer von 25 bis 30 Jahren, diejenigen aus Kiefern- bzw. Tannenholz eine solche von 10 bis 15 Jahren. Man entschloß sich diese Brücken durch eiserne oder steinerne zu ersetzen. Ein Ersatz durch Eisenkonstruktionen wurde nur da ausgeführt, wo wegen der mangelnden Höhe die Ausführung von Gewölben unthunlich war, während man in allen übrigen Fällen eine Überwölbung vorzog und zwar aus folgenden Gründen:

1. Die Mittelpfeiler besaßen eine genügende Tragkraft für die Überwölbung und die zu überwölbenden Öffnungen hatten nur eine Weite von 14 bzw. 16 m.
2. Die für die Aufnahme der Sprengstreben des hölzernen Überbaues bestimmt gewesenen Quaderschichten konnten mit nur einer Ausnahme sofort zu den Bogenkämpfern benutzt werden.
3. Die Ziegel konnten billig beschafft und mit der Bahn bis zur Baustelle befördert werden.
4. Bei der vorhandenen großen Anzahl der Öffnungen und wegen der in zwei Hälften vorgenommenen Gewölbeausführung kam man mit wenigen Lehrgerüsten aus.
5. Um die Gewölbe mit genügender Pfeilhöhe über dem höchsten Wasserstande ausführen zu können, brauchte man die Anschlußdämme zum Teil nur 0,5 m, zum Teil gar nicht zu erhöhen.

Die Ausführung der Gewölbe geschah ohne Betriebsstörung und, wie vorhin bemerkt, um an Gerüsten zu sparen in zwei Hälften. Zuerst wurde diejenige Brückenhälfte überwölbt, welche mit dem hölzernen Überbau für das zweite Gleis noch nicht versehen war. Sodann erfolgte eine Verlegung des Gleises und die Ausführung der Gewölbe für die andere Brückenhälfte, welche unter Belassung eines Zwischenraumes von etwa 15 mm stumpf gegen die erste Hälfte stiefs. Zur Verbindung beider Gewölbehälften dienten zwei Anker, die in etwa 3 m Entfernung von den Stirnen eingemauert wurden. Nach dem Ausrüsten der zweiten Gewölbehälfte vereinigte man diese Anker durch einen über die hakenförmig umgebogenen Enden derselben gelegten Ring, verstrich endlich von unten aus die Fuge des Zwischenraumes und goß dieselbe von oben mit Cement aus.

An den Widerlagern führte man je zwei getrennte Verstärkungspfeiler ohne Störung des Betriebes einzeln auf, indem man Schächte bergmännisch abteufte, die Sohle betonirte und das neue Mauerwerk stumpf gegen das alte setzte. Zur Vermehrung der Betriebssicherheit legte man während des Umbaues unter das Fahrgleis zwei Stück 15 m lange und 50 cm starke Rundhölzer, auf denen die Bahnschwellen festgenagelt wurden und deren eines Ende auf das Mauerwerk des Widerlagers zu liegen kam, während das andere Ende auf dem Damme gut unterstopft wurde. Vier gewölbte Brücken wurden auf diese Weise mit einer Ersparung von 14, 26, 28 bzw. 38% gegen die Kosten, welche ein eiserner Überbau verursacht hätte, ausgeführt.<sup>68)</sup>

Ann. des ponts et chaussées. 1879, Febr. S. 102. — Tiefenbacher. Die Rutschungen. Wien 1880. S. 109, 128, 131 u. a. — Jahrbuch des sächs. Ing.- u. Arch.-Ver. 1883, S. 165. (Reparatur der Chausseebrücke über die Weißeritz in Deuben bei Dresden).

<sup>68)</sup> Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover. 1861, S. 64. von Kaven. Die Wölbung der Ilmenau-Brücke. — Ebendasselbst. 1861, S. 359. Meyer. Die Wölbung der Gerdau-Brücke. — Ebendasselbst. 1863, S. 429. Früh. Die Wölbung der Aller-Brücke. — Ebendasselbst. 1860, S. 158 und Deutsche Bauz. 1876, S. 86. Vorträge des Geh. Reg.-Rats Funk.

Ein Beispiel eines ähnlichen Umbaues, besonders beachtenswert dadurch, daß die an Stelle der hölzernen Brücke ausgeführte steinerne Brücke von Grund auf neu hergestellt werden mußte, liefert der Umbau der Eisenbahnbrücke über den Mürzfluß auf der Endstation der Semmeringbahn<sup>69)</sup> mit drei Öffnungen von 19 bis 25 m Weite. Der Umbau erstreckte sich sogar auf die Fundamente, welche tiefer gelegt werden mußten.

Um eine provisorische Überbrückung von etwa 316 m Länge neben der umzubauenden Brücke zu umgehen, beschloß man für die Unterstützung des Fahrgleises die neu erbauten Pfeiler und Widerlager u. s. w. heranzuziehen. Demnach ging die Bauausführung in folgenden Abschnitten vor sich:

1. Abtragen des hölzernen stromaufwärts liegenden, rechten Überbaues. Herstellung von Fangdämmen für den Bau der neuen Pfeiler. Errichtung einer provisorischen Sprengwerksbrücke, deren Joche auf die innere Pfahlreihe der Fangdämme der rechten Brückenhälfte zu stehen kamen. Erstmalige Verlegung des linken Fahrgleises auf das Provisorium der rechten Brückenhälfte.

2. Abbrechen sämtlicher Pfeiler und Widerlager und Neubau derselben. Allmähliche Abstützung des Provisoriums der rechten Brückenhälfte auf die fertigen neuen Pfeiler unter Wegnahme der Joche, sodafs die Aufstellung der Lehrgerüste und das Einwölben nicht behindert wurde.

3. Herstellung der Gewölbe. Ausführung der Hintermauerung und der Stirnmauer für die linke Brückenhälfte, während die Gewölbe noch auf den Lehrgerüsten blieben. Herstellung eines provisorischen hölzernen Unterbaues über der Hintermauerung der linken Brückenhälfte zur Aufnahme des Fahrgleises. Zweite Verlegung des Fahrgleises vom Provisorium der rechten Brückenhälfte auf das neu hergestellte der linken.

4. Abtragen des Provisoriums. Vollendung der Hintermauerung und der Stirnmauer der rechten Brückenhälfte. Ausrüstung sämtlicher Gewölbe. Dritte Verlegung des Fahrgleises vom provisorischen Unterbau der linken Brückenhälfte auf die fertige rechte Brückenhälfte. Abtragung des provisorischen Unterbaues und Vollendung der Arbeiten auf der linken Brückenhälfte. Letzte Verlegung des Fahrgleises in die ursprüngliche Lage.

Die Ausführung währte, mit Unterbrechung durch zwei Winter, vom August 1852 bis August 1854, also 2 Jahre. Die Kosten des Brückenbaues betragen rund 200 000 M., die Kosten der provisorischen Gerüste u. s. w. rund 30 000 M., also 15% der erstgenannten Summe.

2. Die Hebung von Gewölben mußte bei einigen Brücken des Rhein-Marne-Kanals, infolge der auszuführenden Hebung seines Wasserspiegels, vorgenommen werden. Besonders lehrreich ist das Verfahren, welches bei einer in der Nähe von Frouard den Kanal überschreitenden Eisenbahnbrücke von 6,60 m Breite und 10 m Spannweite im Juli 1877 zur Anwendung kam.<sup>70)</sup> Das Gewölbe der Brücke, welches aus kleinen Bruchsteinen zwischen Werkstein-Stirnen in hydraulischem Kalkmörtel bestand, zeigte sich so gut erhalten, daß man von einem Abbrechen desselben, obwohl zu diesem Zweck bereits ein Lehrgerüst angebracht war, Abstand nahm, man beschloß vielmehr, das Gewölbe nur an den Kämpfern zu lösen, in einem Stücke auf die erforderliche Höhe mittels der Schrauben des Lehrgerüsts zu heben und dann wieder in Stand zu setzen.

Beim Einarbeiten der Kämpfer-Breschen wurden an beiden Seiten drei feste Stützpunkte bis zum letzten Augenblicke erhalten und dann gleichzeitig abgearbeitet, bis das Gewölbe völlig auf dem Lehrgerüst ruhte. Hierbei senkte sich das Lehrgerüst im Scheitel um 4 cm, wobei einige Risse und offene Fugen in der inneren Laibung und an den Stirnen zu Tage traten. Das Gewicht des Lehrgerüsts eingeschlossen hatte man nun 75 cbm Gewölbmasse mit 180 t Gewicht zu heben. Die Gesamthebung von 0,43 m geschah mittels Schrauben, die nach jeder Aufwärtsbewegung von 0,025 m und nach erfolgtem Antreiben von Keilen zurückgeschraubt wurden, in 1½ Tagen; stündlich betrug die Hebung 3 cm.

Nach Wiederherstellung der Kämpferlücken galt es die Risse in der Laibung und an den Stirnen, welche sich während der Hebung und der dabei erfolgten weiteren Senkung des Lehrgerüsts um 2 cm auf eine durchschnittliche Weite von 1 cm vergrößert hatten, zu schließen. Zu diesem Zwecke bohrte man in die Risse von oben her Löcher, reinigte beide von Mörtel und Steinresten und schloß sie von unten mit Thon. Dann führte man in die Löcher unter starkem Druck einen aus Moselsand und Portlandement gemischten Mörtel ein. Bei den Stirnfugen stellte man den erforderlichen Druck unter Zuhilfenahme eines höher liegenden Reservoirs her.

Acht Tage später rüstete man aus, wobei noch eine Scheitelsenkung von 1,5 mm beobachtet wurde.

<sup>69)</sup> Meißner. Die Erbauung der Eisenbahnbrücke über den Mürzfluß nächst Mürzzuschlag. Allg. Bauz. 1855, S. 194.

<sup>70)</sup> Ann. des ponts et chaussées. 1878. I. S. 592; auch Revue générale de l'architecture et des travaux publics. 1883, No. 9 bis 10. Centralbl. der Bauverw. 1884, S. 87.

3. Durch Abarbeitung der inneren Laibungsfläche erhielt auf derselben Kanalstrecke das Gewölbe der Eisenbahnbrücke bei Champigneules das erforderliche Durchfahrtsprofil.<sup>71)</sup>

Die Brücke hat bei einer Schiefe von 30°, eine in der Stirn gemessene Spannweite von 19,15 m (10 m normale Weite), und trägt neben der zweigleisigen Eisenbahn Paris-Strasbourg noch eine StraÙe. Gesamtbreite zwischen den Geländern 11,85 m. Das Gewölbe besteht aus sechs in Zwischenräumen von 1,25 m nebeneinander liegenden Ringen aus Werksteinen; die Zwischenräume werden durch fünf Betonkörper ausgefüllt. Die Gewölbstärke betrug durchweg 1,30 m und wurde auf 0,835 m verringert, entsprechend einer Pressung von 40 kg f. d. qcm, vergl. S. 125.

Nachdem ein versuchsweises Abarbeiten von zwei Werkstein- und Betonringen und eine hierauf angestellte Probelastung in zufriedenstellender Weise verlaufen waren, schritt man zur Abarbeitung eines größeren Teils des Gewölbes, beschränkte sich aber zunächst auf die Beseitigung der erforderlichen Teile dreier Schlusssteine und je zweier Steine an denjenigen Bogenstellen, wo die Drucklinie sich der inneren Laibung am meisten näherte. Alsdann fand eine zweite Probelastung mit einer 70 t schweren Lokomotive in eingehender Weise statt, worauf der in Angriff genommene Gewölbeteil vollständig und erst nach nochmaliger Belastung das ganze Gewölbe abgearbeitet wurde. Hierbei verschob man aber vorsichtigerweise die Bahngleise provisorisch immer derart, daß dieselben niemals über eine in Abarbeitung begriffene Gewölbezone zu liegen kamen.

Die Kosten der Abarbeitung betragen pro qm Laibungsfläche 85,6 M., im ganzen etwa 9000 M.

4. Verbreiterungen alter Brücken, deren Fahrbahnbreite dem wachsenden Verkehre nicht mehr genügte, sind namentlich in England in großer Zahl zur Ausführung gekommen.<sup>72)</sup> Meistens ist die Verbreiterung in der Weise erfolgt, daß man die alte Brücke möglichst unverändert belassen und an einer Seite oder an beiden Längsseiten derselben unter Anwendung eiserner Quer- und Längskonstruktionen neue Bahnen hergestellt hat.

Bei der Carlisle-Brücke in Dublin war eine gleichzeitige Tieferlegung der Fahrbahn der alten Brücke erforderlich, was dadurch ermöglicht wurde, daß man die vorhandenen Kreisbogen-Gewölbe in elliptische umwandelte.

Die Tieferlegung der Fahrbahn des Pont-Neuf zu Paris, auf welcher nach angestellten Untersuchungen binnen 24 Stunden 90 000 Fußgänger und 15 000 Pferde verkehrten, erfolgte in anderer Weise. Man schlug ein neues Gewölbe unter dem alten und beseitigte dann das letztere, wodurch eine Ermäßigung der Brückenhöhe von 1 m erzielt wurde. T. XVIII, F. 8 zeigt die Ausführung mittels eines an der Brücke aufgehängten Arbeitsgerüsts, welche gleichzeitig für den Verkehr des Publikums diente.

**§ 32. Arbeiten während des Betriebes.** — In den §§ 29 bis 31 sind bereits verschiedene Unterhaltungs-, Wiederherstellungs- und Umbauarbeiten beschrieben worden, welche während des Betriebes zur Ausführung kommen mußten. Hier bleibt nur über Neubauten etwas hinzuzufügen, die in einer bestehenden Verkehrslinie herzustellen sind. Die dabei in Betracht kommenden allgemeinen Verhältnisse wurden bereits in § 6 unter 5. erörtert. Danach wird in den meisten Fällen zur Aufrechterhaltung bestehenden Verkehrs entweder eine provisorische oder definitive Verlegung einer Verkehrslinie in Frage kommen, wobei der Verkehr eine erhebliche Störung nicht erleidet, oder die Ausführung wird unter erschwerenden Umständen ohne Zuhilfenahme einer Verlegung vor sich gehen müssen.

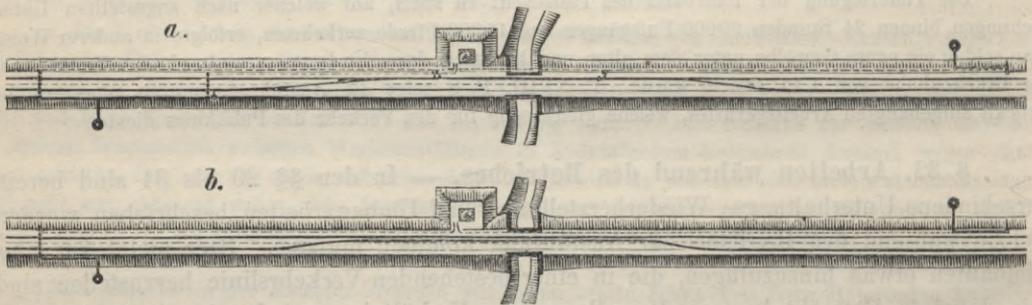
1. Am schwierigsten gestalten sich die Verhältnisse in der Regel, wenn die Verkehrslinie eine Eisenbahn ist, deren Damm an der Baustelle durchbrochen werden soll und dabei nicht verlegt werden kann. Es bleibt dann kein anderes Mittel, als die Fahrgleise zu unterfangen, wobei eine zeitweise Unterbrechung oder Verschiebung derselben nur in den Zugpausen stattfinden darf. Bei eingleisigen Bahnen sind letztere

<sup>71)</sup> Ann. des ponts et chaussées. 1880. I. S. 319.

<sup>72)</sup> The Builder, 1875, S. 118. Kurze Notiz über die Erbreiterung der North-Bridge in Edinburgh. — Ebendasselbst, 1878, S. 641. Neue Carlisle-Brücke in Dublin. — Ann. des ponts et chaussées. 1876, Pl. 25. — Vergl. auch The Engineer. 1877. I. S. 269. Rebuilding and widening Carlisle-Bridge, Dublin, woselbst die Ausführungs-Bedingungen mitgeteilt werden.

meistens für dergleichen Arbeiten ausreichend lang bemessen. Bei stark betriebenen zweigleisigen Bahnen wird es jedoch häufig nötig, ein Gleis für längere Zeit oder auch nur für gewisse Stunden des Tages zu sperren. Findet die Sperrung des einen Gleises nur für eine Reihe von Stunden am Tage statt, so wird die Betriebseinrichtung in der Regel derart getroffen, daß alle Züge zwischen den beiden Stationen, innerhalb welcher die Baustelle liegt, eingleisig verkehren. Es fahren demnach die früher auf dem jetzt gesperrten Gleise verkehrenden Züge auf falschem Gleise, weshalb die für einen solchen Fall durch die Signalordnung vorgeschriebenen Vorsichtsmaßregeln (Allarmsignal, rotes Licht der bei Nacht fahrenden Maschine u. s. w.) ausgeführt werden müssen. Obgleich die Nachbarstationen von der Sperrung des Gleises Kenntnis haben und daher auf demselben keinen Zug ablassen dürfen, so werden doch in gehöriger Entfernung von der gesperrten Stelle nach beiden Richtungen hin in der Regel noch Knallsignale in Verbindung mit Absperrsignalen (rote Fahne, rotes Licht) ausgelegt, um vorkommenden Falls einen falsch fahrenden Zug noch rechtzeitig zum Halten bringen zu können. Soll das eine Gleis auf längere Zeit, z. B. während der Bauzeit eines Brückenteiles gesperrt werden, so würde es der Betrieb nicht zulassen, daß die Sperrung, wie im vorigen Falle, auf der ganzen Strecke zwischen den Nachbarstationen erfolgt. Es wird vielmehr genügen, nur ein kurzes nach beiden Seiten über die Baustelle hinaus reichendes Stück der Strecke zu sperren und die Verbindung von dem gesperrten Gleise nach dem nicht gesperrten durch Weichenverbindungen (Fig. 60 *a*) oberhalb und unterhalb der Baustelle oder durch eine sog. Gleisverschlingung (Fig. 60 *b*) offen zu halten.

Fig. 60.



c. Stellvorrichtung und Bude.

Bei Anwendung von Weichen kann man das gesperrte Gleisstück als Materialengleis nutzbar machen. Meistens, auch wenn an der Sperrstelle eiserner Oberbau liegt, stellt sich eine Gleisverschlingung billiger als Weichenanlagen. Um den Betrieb in der Nähe der Baustelle zu sichern ist es notwendig, oberhalb und unterhalb der letzteren je ein einflügeliges Abschlußsignal, welches die Zeichen „Halt“ und „Fahrt frei“ giebt, aufzustellen; dabei müssen die Signalfügel selbstthätig derart miteinander verbunden bzw. gegeneinander verriegelt werden können, daß es niemals möglich ist, beide Flügel auf „Fahrt“ zu stellen. Bei besonders schwierigen Bauten, die zu Zeiten auch die betriebssichere Lage des Fahrgleises an der Baustelle gefährden können, ist es ratsam jeden Zug zuvor am Abschlußsignal halten zu lassen, wo der Zugführer dann erst ausdrückliche Erlaubnis zur Weiterfahrt erhält. Auch eine elektrische Verbindung des Bahnwärters mit den Nachbarstationen ist notwendig.

Die Ausführung von Bauwerken während des Betriebes ist nachstehend an einigen Beispielen erläutert.

2. Das Unterfangen der Fahrbahn mittels Abteufen senkrechter Schächte und Aufstellung von Sprengwerken kam im J. 1876 zur Anwendung beim Bau eines gewölbten Fußgänger-Tunnels unter den Bahnhofsgleisen der Halle-Sorau-Gubener Bahn in Cottbus (T. XVIII, F. 9 bis 9<sup>e</sup>). Die Gleise durften während der Ausführung weder gesperrt noch verlegt werden; in unvermeidlichen Fällen wurde eine Aufserbetriebsetzung eines Gleises für die Dauer von wenigen Stunden gestattet.

Die Arbeiten begannen von einer Seite aus und zwar zunächst unter den beiden äußersten nördlichen Gleisen. In einer Betriebspause wurde, nachdem vorher das Kiesbett bis zur Schwellenunterkante freigelegt worden war, unter die Schwellen bzw. unter jede Schiene ein 14 m langer,  $\frac{35}{40}$  cm starker Träger *aa* (F. 9) eingeschoben und es wurden beide Träger zunächst fest gestopft. Nachdem auf diese Weise die Gleise versichert waren, begann unter denselben die Ausschachtung der Baugrube derartig, daß mit Hilfe von Bohlenkränzen, die in sich und unter sich abgespreizt waren, auf jeder Widerlagsseite ein Schacht eingetrieben wurde (F. 9, I). Die Bodenbeschaffenheit gestattete es, vor Beginn der Abspreizung eine Schachttiefe von 1 m = 3 Bohlenbreiten auszuheben. Es brauchte daher das Einlegen und Abspreizen der Bohlen erst zu erfolgen, nachdem jene Tiefe erreicht war; nach Einlegung der nächsten 3 Bohlen wurden alle 6 Bohlen untereinander verspreizt, und so weiter fortgeföhren. Die Abspreizung geschah derart, daß man Bohlen von oben nach unten über die zuerst eingesetzten Bohlenkränze legte und zwischen diesen die Absteifung *b* (F. 9, II) herstellte, durch welche Anordnung die Zahl der Spreizen auf ein Minimum verringert und freier Arbeitsraum gewonnen wurde.

Waren die Schächte bis auf die Sohle der Baugrube hinuntergeföhrt und verspreizt, so begann die Unterstüztung der Träger, um allmählich auch den Erdaushub zwischen den beiden Schächten in Angriff nehmen zu können. Zunächst wurden die vertikalen Stützen *c* (F. 9<sup>a</sup>, III) aufgestellt, welche auf Quer- und Langschwellen ruhten und außerdem auf starken, breiten, eichenen Doppelkeilen, um jederzeit nachgetrieben, bzw. beim Ausrüsten gelöst werden zu können. Sodann wurden die Spannriegel *e* und die Streben *d* eingebracht, die Aussteifung entsprechend ergänzt und nun mit dem Ausgraben des mittleren Erdkerns begonnen, wobei zunächst der Träger *aa* bzw. der Spannriegel *e* in der Mitte fortwährend unterstüzt und nach Bedürfnis die Stützen *f* unter demselben verlängert wurden. Zugleich wurden die sich lösenden Spreizen *b* durch die Spreizen *g* ersetzt und die Absteifung der Kopfwand so lange fortgeföhrt, bis der Zustand F. 9<sup>a</sup>, IV erreicht worden war. — Im Laufe der Ausführung stellte es sich, um freien Arbeitsraum zu erhalten, als praktisch heraus, die Spreizen *g* fortzulassen und an deren Stelle hinter die Stützen *c* in der Längsrichtung starke Hölzer *dI* einzubringen, gegen welche die Absteifung der Seitenwände vorgenommen werden konnte. Die Hölzer fanden auf einem Ende Halt in dem fertigen Mauerwerk.

Es begann nun die Herstellung des Mauerwerks, und zwar konnte dasselbe unter event. Fortnahme der Spreizen *g* und unter Ersatz derselben durch *h*, sowie weiterhin durch Hinterfüllen des Bodens in den Zustand V gebracht werden. Jetzt wurden die Stützen *i*, ebenfalls auf Schwellen und Keilen, eingesetzt, die Stützen *c* und die Streben *d* entfernt und das Mauerwerk bis zu der aus Darstellung F. 9<sup>b</sup>, VI ersichtlichen Höhe hinterfüllt. Während dieser Zeit ward die Hintermauerung des Gewölbes fortgesetzt und es wurden die in F. 9<sup>b</sup>, VI gezeichneten, über die Hintermauerungsfläche etwas vorstehenden Mauerpfeiler aufgeföhrt, welche die zur Unterstüztung der Träger *aa* dienenden, kurzen Ständer *k* aufnahmen. Ursprünglich waren diese Mauerpfeiler nicht projektiert, die Holzstützen *k* sollten auf Schwellen und Keilen ruhend, direkt bis auf die Asphaltierung der Hintermauerung reichen, jedoch gab man diese Anordnung später auf, da bei Entfernung jener Holzstützen, welche stets zugleich mit der Entfernung der Träger *a* geschehen mußte, ein Wiederaufgraben des bereits hinterfüllten Bodens und eine Beschädigung der Asphalttschicht nicht vermieden werden konnte. — Demnächst wurden die Stützen *f* entfernt und die dafür im Gewölbe ausgesparten Öffnungen geschlossen (F. 9<sup>b</sup>, VII); dann ward die Verfüllung des fertigen Tunnelteils beendet und es verblieben nur die Träger *aa* noch eine Zeit lang unter dem Gleise, bis die Verfüllung sich gehörig gesetzt und während dieser Zeit durch Nachstopfen die hinreichende Festigkeit erlangt hatte (F. 9<sup>c</sup>, VIII). Erst nach einiger Zeit wurden auch die Träger *aa* entfernt.

Die in den Figuren angegebenen Stärken der zur Verwendung gekommenen Hölzer zeigten sich als reichlich bemessen. Am stärksten wurden die Träger *aa* in Anspruch genommen, und zwar in Periode VII, wo dieselben 3,0 m (bis zur Mitte der Unterstüztung 3,25 m) weit frei lagen. Selbst unter der Annahme, daß dieselben bei dieser lichten Weite nur frei aufliegen, obgleich man sie mit Recht als in mehreren Punkten unterstüzt annehmen könnte, waren dieselben bei Belastung durch eine Lokomotive doch nur mit höchstens 65 kg pro qcm in Anspruch genommen.

Die Baukosten haben betragen:

Erdarbeiten einschl. Zimmerarbeit und Holzlieferung u. s. w.				Maurerarbeiten einschl. Material				Gesamtkosten	
unter den Gleisen		außerhalb der Gleise		unter den Gleisen		außerhalb der Gleise einschl. Pflasterung		pro lauf. m Tunnel	für den ganzen Tunnel überhaupt
pro cbm Erde M.	im ganzen M.	pro cbm Erde M.	im ganzen M.	pro cbm M.	im ganzen M.	pro cbm M.	im ganzen M.		
4,50	8 118,90	1,00	2 748,50	26,03	13 334,68	22,97	22 390,57	472,01	54 989,11

In den Gesamtkosten sind enthalten 8396 M. (= 7,21 M. pro lauf. m Tunnel) für verschiedene kleinere Ausgaben, nämlich für die eisernen Gitter und Fenster, die Treppenstufen, die Abdeckung der Treppengeländer, die Asphaltierung des Gewölbes, die Verlegung einer vorgefundnen Gasleitung und die Unterhaltung der Gleise und des Perrons.

Wegen sonstiger Einzelheiten ist auf die Originalmitteilung<sup>73)</sup> zu verweisen, welche auch Angaben über die Arbeitsleistungen, die Dauer der Arbeitsperioden und Näheres über die Art der Ausführung enthält.

3. In den F. 10 bis 10<sup>c</sup>, T. XVIII ist eine Ausführung dargestellt, bei welcher das Bauwerk unter Zuhilfenahme einer Verbreiterung des Eisenbahndammes und einer Gleisverschlingung hergestellt wurde. Dies Verfahren ist für den Betrieb sehr störend; an seiner Stelle sollte daher, wenn die Verhältnisse es gestatten, das eben beschriebene mit Hilfe senkrechter Schächte gewählt werden.

Der Gang der Arbeiten war folgender:

Periode 1, F. 10: Abgrabung des Damms auf der einen Bahnseite und Verwendung des gewonnenen Bodens zur Verbreiterung des Planums auf der anderen Seite. Dabei muß ein Fahrgleis gesperrt werden.

Periode 2, F. 10<sup>a</sup>: Wegnahme des betreffenden Teiles im gesperrten Gleise; Fortgang der Abgrabung und Beginn der Maurerarbeiten.

Periode 3, F. 10<sup>b</sup>: Abgrabung bis auf das zulässige Maß, wobei die abgegrabene Böschung durch eine Bohlwand unter Zuhilfenahme fertiger Bauteile als Stützpunkte abgesteift wird.

Periode 4, F. 10<sup>c</sup>: Hinterfüllung und Überschüttung des fertigen Bauteiles. Wiederherstellung des gesperrten Gleises und Verschlingung mit dem anderen Gleise. Endlich Abgrabung des Dammrestes, Vollendung der Maurerarbeiten u. s. w. und Wiederinbetriebsetzung beider Fahrgleise.

Abgesehen von der Behinderung des Betriebes tritt bei dem beschriebenen Verfahren auch noch der Übelstand ein, daß infolge der stückweisen Ausführung und der raschen Hinter- und Überfüllung des Mauerwerks das letztere zu Verdrückungen geneigt ist.

<sup>73)</sup> Deutsche Bauz. 1877, S. 291. Mehtens. Bau eines gewölbten Fußgängertunnels unter den bestehenden Gleisen der Halle-Sorau-Gubener Eisenbahn auf Bahnhof Cottbus. — Eine ähnliche Ausführung für eisernen Überbau s. Civ.-Ing. 1867, S. 253. (Tellkamp. Brückenbau unter Bahnhof Altona). — Desgl. für eine gewölbte Brücke: Allg. Bauz. 1865, S. 64. Baulichkeiten unter einer im Betriebe stehenden Eisenbahn (aus Portefeuille des conducteurs des ponts et chaussées et des gardes-mines No. 9, 1863); vergl. auch Goschler. Traité pratique de l'entretien etc. des chemins de fer. vol. I. S. 134.

## F. Kosten-Statistik.<sup>74)</sup>

§ 33. Allgemeines. — Für die genaue Veranschlagung oder um ermitteln zu können, ob die vom Unternehmer in Ansatz gebrachten Einheitspreise im angemessenen Verhältnisse zu den aufgewendeten Selbstkosten stehen, ist die Kenntnis der Elementarkosten der Lieferungen und Arbeiten erforderlich, da die allerdings bequemere und rascher zum Ziele führende Methode der Preisbestimmung allein nach Erfahrungssätzen bei der Mannigfaltigkeit der vorkommenden Fälle oft sehr trügen kann.

Die Elementarkosten teilen sich in drei Gruppen, in die Kosten:

1. für Beschaffung der Materialien frei Baustelle, bei denen man zu beachten hat:
  - a. Beschaffung frei Fabrik-, Gewinnungs- oder Lieferort,
  - b. Transport zur Baustelle;
2. für alle weiter auf der Baustelle mit den Materialien vorzunehmenden Handhabungen, welche zerfallen in:
  - a. Vorbereitung bezw. Bearbeitung,
  - b. Transport,
  - c. Hebung,
  - d. Vermauern und Versetzen,
  - e. Nacharbeiten der Flächen;
3. für Gerüste, Geräte, Bauleitung, Verzinsung der angelegten Kapitalien u. s. w., welche Kosten durch einen Prozentsatz (vergl. Tabelle I, S. 264) oder durch eine Pauschsumme, oder event. durch besondere Berechnung festgestellt werden.

Die Kosten der Beschaffung der Materialien frei Fabrik-, Gewinnungs- oder Lieferort sind abhängig von den allgemeinen Handels- und Verkehrsverhältnissen und augenblicklichen Konjunkturen, müssen daher unmittelbar in Erfahrung gebracht werden, während die Kosten für den Transport zur Baustelle mittels Fuhrwerk oder auf Interimsbahnen (auf öffentlichen Eisenbahnen gelten im allgemeinen feste Tarife) durch Berechnung gefunden werden können.

Die schwierigste und zeitraubendste Arbeit der Kostenbestimmung bereiten die Gruppen 2. und 3., weil, um zu einem richtigen Ergebnisse zu gelangen, aus dem Verbrauch an Material und Arbeitskraft für jede einzelne in den Gruppen enthaltene Arbeit

<sup>74)</sup> Über Kosten der Brücken geben auch Aufschluß: *Nouv. ann. de la constr.* 1857, S. 79. Knab. *Notes sur les principaux viaducs du chemin de fer de Rouen à Havre.* — Dasselbst 1859, S. 163. Frémaux. *Viaduc de Messarges.* — Dasselbst 1862, S. 62. Nördling. *Ponts-rails droits en maçonnerie.* — Dasselbst 1862, S. 21. Cassagnes. *Prix de revient totaux et par mètre superficiel des viaducs établis sur plusieurs lignes françaises.* — Ferner: Vorrede zu *Morandière. Traité de la constr. etc.* S. 6 bis 7 und Tabellen am Schluss des Werkes von Fontenay über den Indre-Viadukt. — *Zeitschr. f. Bauw.* 1859, S. 225. *Kosten sächsischer Viadukte.* — *Civ.-Ing.* 1868, S. 279. v. Schönberg. *Über Arbeitsleistungen und Materialverbrauch bei Kunstbauten.* — *Osthoff. Hilfsbuch zur Anfertigung von Kostenberechnungen im Gebiete des gesamten Ingenieurwesens.* Leipzig 1879.

die Summe gezogen und dieselbe dann mit Rücksicht auf den Lohnsatz der verschiedenen Arbeitsklassen und die Kosten der Materialien in Geld umgesetzt werden muß. Für diese Berechnung dienen die nachfolgenden Tabellen, namentlich No. IV bis VIII.

Bei Kostentüberschlägen und Kostenanschlägen, welche als Unterlagen für die Submission dienen sollen, bei welchen also die später wirklich zu zahlenden Einheitspreise durch die Konkurrenz festgesetzt werden, wird man in der Regel das vorstehend ange-deutete, zeitraubende Verfahren der Preisbestimmung aus Summierung der Elementar-kosten nicht in Anwendung bringen, sondern die Einheitspreise nach den in verwandten Fällen erfahrungsmäßig gezahlten Sätzen bestimmen.

Für diese Bestimmung mögen die Zusammenstellungen des § 37 dienen, aus welchen die Kosten einer Reihe von ausgeführten Brückenbauten älterer und neuerer Zeit im allgemeinen für den lauf. m, f. d. qm der Ansichtsfläche, f. d. cbm der ganzen Masse und im besonderen nach Einheitspreisen zu entnehmen sind.

### § 34. Kosten des Materialien-Transports und der Hebung der Materialien.

1. Die Kosten, welche aus dem Transport der Materialien von dem Gewinnungs-ort nach der Baustelle erwachsen, sollen nur kurz besprochen werden, eine eingehende Erörterung muß den Werken über Veranschlagungen, auf welche hiermit verwiesen wird, überlassen bleiben.<sup>75)</sup> — Für den Eisenbahntransport sind die Einheitssätze aus den Tarif-Tabellen der Eisenbahnverwaltungen zu entnehmen. Die Kosten des Wasser-transportes sind sehr schwankend, auch von Angebot und Nachfrage wesentlich abhängig; eine Arbeit von G. Meyer über die Kosten der Binnenschiffahrt (Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1881, S. 193) giebt mancherlei Aufschlüsse. Die Kosten des Transports mit Landfuhrwerk werden hauptsächlich von der Beschaffenheit der Strafsen und von ihren Steigungsverhältnissen beeinflusst; die Grundlagen für ihre Berechnung sind in dem IV. Kapitel des ersten Bandes dieses Handbuchs (2. Aufl., § 3 u. 4), namentlich aber in Launhardt. Die Steigungsverhältnisse der Strafsen (Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1880, S. 345) enthalten. Auch Pollitzer (Der praktische Ingenieur und Baumeister, II. S. 308 u. ff.) bespricht die bezeichneten Kosten bei horizontalen, gepflasterten und ungepflasterten Wegen.

2. Bei dem Transport der Materialien auf der Baustelle kommen Transporte auf Interimgleisen, Transporte mit zweirädrigen Steinwagen und solche mit Schiebkarren in Betracht. Auch über diese drei Arten von Transporten macht Pollitzer in dem bezeichneten Werke Angaben, ferner ist das III. Kapitel des ersten Bandes dieses Handbuchs (§ 8 u. ff.) zu Rate zu ziehen. Beobachtungen, welche beim Bau der Fulda-Brücke bei Kragenhof über Interimgleis-Transporte von Steinmaterial, auch über die hierbei zum Auf- und Abladen der Steine erforderliche Zeit gemacht wurden, sind in der Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover (1858) verzeichnet.

3. Über die Kosten der vertikalen Hebung der Materialien sollen hier nur insoweit Mitteilungen gemacht werden, als tierische Motore in Betracht kommen. Zunächst ist jedoch auf das erste Kapitel des vierten Bandes zu verweisen, woselbst die Leistungen jener Motoren an Hilfsvorrichtungen verschiedener Art eingehend er-örtert sind.

<sup>75)</sup> Vergl. über diesen Gegenstand auch: Mitteilungen des Arch.- u. Ing.-Ver. f. Böhmen. 1874, S. 79. (Nosek. Über Zufuhr von Baumaterialien) und das bereits erwähnte Hilfsbuch von Osthoff.

a. Hebung mit Winden. Beim Bau der Fulda-Brücke zu Kragenhof sind in Bezug auf die Leistungen der Menschenkraft bei Hebung von Baumaterialien mittels Winden nachstehende Versuche gemacht:

Tabelle IV. Hebung von Baumaterialien mittels der Bockwinde des Laufkrahns.

Material.	Bedarf an Arbeitskraft									Nutzeffekt eines Arbeiters in mkg pro Sekunde, bei einem Gewichte der Last in kg von				
	pro cbm in Tagen à 10 Stunden bei einer Förderungshöhe in Metern von								im ganzen waren thätig an der Winde	zum Aus- und Einhängen der Steinzangen u. s. w. Absetzen und Füllen der Fässer u. s. w.	500 bis 750	750 bis 1000	1000 bis 1500	1500 bis 2000
	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0						
Quader einschl. Aufwinden und Absetzen . .	0,20	0,25	0,30	0,36	0,41	0,46	0,51	0,56	4 Mann	2 Mann	4,90	5,10	5,70	6,42
Quader einschl. Aufwinden und Versetzen . .	0,39	0,46	0,53	0,60	0,67	0,74	0,81	0,88	4 "	} 3 Mann beim Versetzen 1 Mann beim Anhängen	4,90	5,10	5,70	6,42
Bruchsteine einschl. Aufwinden und Absetzen . .	0,20	0,27	0,34	0,42	0,47	0,56	0,63	0,70	4 "		3 Mann	4,45	—	5,18
Mörtel . . . . .	0,17	0,23	0,29	0,35	0,41	0,47	0,53	0,59	4 "	2 "	4,45	—	5,18	—
Wasser . . . . .	0,14	0,17	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	3 "	1 "	4,45	—	5,18	—

Die gehobenen Quader hielten durchschnittlich 0,44 cbm à 2300 kg, die Steinzangen wogen 6 kg. Das Anhängen der Quader an die Windekette, das Absetzen derselben auf das Mauerwerk und das Verschieben der Bockwinde auf dem Laufkrahnen erforderte je 6,5 Minuten Zeit. Über die Abmessungen u. s. w. der Bruchsteinschalen, Mörtelkästen, Wasserfässer vergl. S. 268.

Ein weiteres Beispiel liefert der Bau des Diedenmühle-Viaduktes, woselbst 4 Mann an der Mörtelwinde innerhalb 21 aufeinander folgender Tage à 10 Std. 492,5 cbm Mörtel à 1760 kg 25,5 m hoch förderten.

Nach Rühlmann<sup>76)</sup> kann man im allgemeinen für die an einer Winde zu erzielende Leistung der Menschenkraft folgende Werte setzen:

	Kraft in kg	Geschwindigkeit in m pro Sekunde.	Arbeit pro Sekunde in mkg	Tägliche Arbeitszeit in Stunden.	Tägliche Arbeit in mkg	Arbeit in Maschinenpferden bei gleicher Zeitdauer.
Accordarbeit bei sehr kontinuierlicher Thätigkeit . . . . .	10,0	1,0	10,0	8	288 000	0,135
Tagelohnarbeit und Accordarbeit mit vielen Stillständen . . . . .	8,0	0,781	6,25	8	180 000	0,083

b. Pferde am Göpel und an Rollen arbeitend. Bei Abschätzung von Arbeiten der Pferde am Göpel mit nicht zu kurzen (nicht unter 5 m langen) Zugbäumen können nachfolgende Werte als Anhalt dienen<sup>77)</sup>:

	Zugkraft kg	Geschwindigkeit pro Sekunde.	Arbeit pro Sekunde in mkg	Dauer der Arbeit Stunden.	Tägliche Arbeit in mkg	Arbeit in Maschinenpferden bei gleicher Zeitdauer.
Kräftige Pferde von 400 bis 500 kg Gewicht (Accord) . . . . .	65,0	1,0	65,0	6	1 400 000	0,86
Schwächere Pferde von 300 kg Gewicht durchschnittlich (Tagelohn) . . . . .	45,0	0,9	40,5	8	1 166 400	0,54

Am Pferdegöpel des Viaduktes Heiligenborn hoben 2 Pferde täglich 32,7 cbm Mörtel à 1760 kg auf 35,6 m Höhe. Dies giebt für ein Pferd eine tägliche Nutzleistung von 1 024 425 mkg. Ferner sind von den Pferden gleichzeitig 6.90,4 Pumpenhübe à 45 mkg ausgeübt worden, einer Arbeit von 48 600 mkg gleich. Die Reibungswiderstände ungerechnet, hat in diesem Falle also ein Pferd eine gesamte tägliche mechanische Arbeit von 1 073 025 mkg ausgeführt. Dabei hatten die Pferde eine Geschwindigkeit von 0,95 m.

Die Zugkraft des Pferdes stellt sich höher, wenn es bei geradlinigem Fortschreiten einen Zug ausüben hat und hierbei nicht fortwährend in Thätigkeit ist. Dies beweist u. a. der Bau des Indre-Viaduktes, woselbst ein Pferd in einzelnen Fällen beim Aufziehen schwerer Steine bis zu 250 kg Zugkraft entwickelte.

Das Pferd hatte dabei ohne Anwendung eines Flaschenzuges 0,90 bis 1 m horizontale Geschwindigkeit, mit Anwendung desselben hob sich die Last mit einer Geschwindigkeit von 0,45 bis 0,50 m. Das Aufwinden der schwersten Steinblöcke, der Gesimssteine von 0,40 bis 0,60 cbm Inhalt und 1000 bis 1500 kg Gewicht, geschah durch 5 Pferde in 42 bis 47 Sekunden. Die augenblickliche Leistung eines

<sup>76)</sup> Rühlmann. Allgemeine Maschinenlehre. Bd. I, S. 233.

<sup>77)</sup> Daselbst. Bd. I, S. 156.

Pferdes war hierbei (da die Förderungshöhe 21 m betrug) pro Sekunde also 100 bis 134 mkg. In einem Tage à 10 Stunden Arbeitszeit einschl. Ruhepausen wurden durch diese 5 Pferde 30 cbm à 2500 kg auf 21 m Höhe gehoben. Das Aufwinden kleinerer Steine von 0,1 bis 0,25 cbm Inhalt erforderte nur 20 bis 23 Sekunden Zeit. Bruchsteine und Mörtel für die Pfeiler (80 bis 100 kg) wurden durch 1 Pferd, für die Gewölbe (140 bis 160 kg) durch 2 Pferde gehoben. Im letzten Falle war die Leistung eines Pferdes geringer, einmal wegen der größeren Länge und Schwere des Seiles und weil außerdem die Pferde auch auf ihrem Rückgange zu ziehen hatten. Es hatten nämlich zwei Krahnene, die um vier Bogenstellungen von einander entfernt auf dem Gewölbe aufgestellt waren, unten eine gemeinschaftliche Zugleine, an der die Pferde gingen, sodafs, während bei dem ersten Krahnene die Last gehoben wurde, beim zweiten die leeren Steinschalen niedergingen, die Pferde also in jeder Richtung beim Aufwinden in Thätigkeit waren.

Die Werksteine der Binderschichten von 0,10 bis 0,20 cbm Inhalt wurden durch drei Pferde gehoben, die außerdem noch Bruchsteine und Mörtel heben mußten, also fortwährend im Gange waren. Das Aufwinden der Pfeilerbekrönungsstücke (bis 0,40 cbm Inhalt) geschah durch 4 Pferde unter Zuhilfenahme eines Flaschenzuges.

c. Verschiedenartige Hebungen. Über den Unterschied der bei Hebung verschiedener Materialien mittels Flaschenzügen (unter Benutzung von Pferde- und Menschenkraft) und mittels Bockwinden erzielten Nutzeffekte geben die beim Fulda-Brückenbau angestellten Versuche Aufschluß:

Tabelle V. Hebung von Baumaterialien mittels verschiedener Hilfsvorrichtungen.

Beschaffenheit		Nutzeffekt eines Arbeiters pro Sekunde.	Geschwindigkeit der leer herabgehenden Seile u. Taue.
der Hilfsvorrichtung.	der gehobenen Last.		
a. Durch Menschen bewegt.			
1. Flaschenzug mit zwei einscheibigen Kloben, das untere Ende des Tauses über eine feste Rolle geleitet.	Hölzer von durchschnittl. 570 qcm Querschnitt zus. 150 bis 250 kg wiegend.	3,65	0,195
2. Flaschenzug mit einem zweiseibigen und einem einscheibigen Kloben desgl.	Dieselben Hölzer zusammen 250 bis 500 kg wiegend.	4,38	0,176
3. Winde mit einfachem Vorgelege und einfacher Kette aus 12 mm starkem Eisen.	Desgleichen.	4,74	0,158
4. Wie unter 1.	Eine 220 kg schwere Schiene.	2,63	0,195
5. Wie unter 3., die Kette doppelt mit eingehängter loser Rolle.	Zwei Schienen.	2,92	0,158
b. Durch Pferde bewegt.			
6. Flaschenzug wie unter 2. Ein Pferd an dem über die feste Rolle geleiteten Seilende.	Hölzer von durchschnittl. 570 qcm Querschnitt zus. 250—400 kg schw.	91,2	0,117
7. Desgl. mit 2 Pferden.	Dieselben Hölzer zusammen 500 kg schwer.	77,4	0,117

Hierbei ist zu bemerken: Der hier erzielte Nutzeffekt menschlicher Motoren erscheint gegen die in Tabelle IV angegebenen gering, was hauptsächlich darin seinen Grund hat, weil die in jener Tabelle behandelten Arbeiten in Accord und die der vorstehenden in Tagelohn vergeben waren. Der durch das Anschürzen und Ablegen der verschiedenen Materialien entstehende Zeitverlust ist durchschnittlich zu 3,8 Minuten beobachtet worden. Derselbe war bei Anwendung von Winden in der Regel größer als bei Anwendung von Flaschenzügen, ferner abhängig von der Länge und sonstigen Beschaffenheit der emporzuwindenden Gegenstände, sodafs die äußersten Grenzen, innerhalb welcher er sich bewegte, zu 2,5 bis 8 Minuten beobachtet wurden.

Tabelle VI. Arbeitsbedarf bei Hebung von Hölzern mittels verschiedener Hilfsvorrichtungen.

No. der Hilfsvorrichtung in Tabelle V.	Bedarf an Arbeitskraft					für ein Quantum von cbm	im ganzen sind erforderlich.
	pro cbm in Arbeitstagen à 10 Std. bei einer Förderungshöhe in Meter von						
	5,0	10,0	15,0	20,0			
1.	0,225	0,272	0,320	—	0,25	} 6 Mann zum Zusammenbringen, Anhängen u. Ziehen. 1 „ „ Abschürzen.	
3.	0,120	0,168	0,216	—	0,50		
6. } Arbeiter	0,095	0,112	0,133	0,150	0,50	} 3 Mann an der Winde. 3 „ zum Zusammenbringen, An- und Abschürzen. 1 Pferd mit Führer. 4 Mann zum Zusammenbringen der Hölzer und Zurückführen des Tauses u. s. w. 1 Mann zum Abschürzen.	
	Pferde	0,016	0,019	0,022			0,027

Vorstehende Tabelle ist auf Grund der in Tabelle V angegebenen Beobachtungen berechnet. Es scheint sich daraus zu ergeben, daß beim Emporschaffen von Lasten mittlerer Größe (etwa bis 1000 kg) das Aufziehen mittels eines von einem Pferde betriebenen Flaschenzuges, wenn man bei der Kostenberechnung 1 Pferdetag = 2½ Arbeitstage setzt, nur dann billiger ist, als das Aufwinden mit Hilfe einer einfachen, durch Menschenkraft betriebenen Winde, wenn die Förderungshöhe größer als 5 m und kleiner als 10 m ist.

4. Die Nachteile der vertikalen Hebung gegenüber dem horizontalen Transport zeigten sich auffällig beim Bau des Morlaix-Viaduktes, wie nachstehende Zusammenstellungen beweisen.

Es betragen die durchschnittlichen Kosten pro Kubikmeter Pfeilermauerwerk bei Beförderung der Materialien

	mittels der Aufzüge M.	auf geneigter Bahn M.
Für Gerüste . . . . .	1,288	0,880
Für den Steinaufzug . . . . .	0,440	—
„ „ Mörtelaufzug . . . . .	0,088	—
„ „ Transport und die Verteilung der Steine . . . . .	1,840	1,400
Desgl. des Mörtels . . . . .	1,024	0,448
Summe . . . . .	4,080	2,728

Ferner die durchschnittlichen Kosten pro Kubikmeter der geförderten Materialien

	mittels der Aufzüge M.	auf geneigter Bahn M.
Steine zu heben bzw. herabzulassen . . . . .	0,440	0,320
Mörtel zu heben . . . . .	0,240	—
Transport und Verteilung der Steine . . . . .	1,240	1,080
„ „ „ des Mörtels . . . . .	1,856	1,280

**§ 35. Kosten der Gerüste.** In betreff der Kosten in Prozenten der Gesamtkosten vergl. Tabelle I, S. 264.<sup>78)</sup>

1. Über die bei Herstellung fester Rüstungen erforderliche Arbeitszeit können folgende Angaben dienen:

Fulda-Brücke bei Kragenhof (T. XII, F. 3).

100 lauf. m Holz

erfordern durchschnittlich an Arbeitstagen à 10 Std. (in Tagelohn).

1. in Zulage zu bringen, abzubinden und die Zulage auseinander zu legen . . . . .	7,37
2. 15 m weit unter die Windevorrichtungen auf Arbeitsbahnen zu transportieren . . . . .	0,95
3. auf durchschnittlich 20 m Höhe aufzuwinden oder aufzuziehen . . . . .	1,20
4. auf den Gerüsten weiter zu transportieren . . . . .	2,85
5. zu richten . . . . .	5,94
6. abubrechen, zu beseitigen und aufzustapeln . . . . .	6,89
Summa . . . . .	25,20

Will man die Kosten pro 100 lauf. m Gerüst (ausschl. Material) berechnen, so hat man für Beaufsichtigung, Geräte, Verzinsung der angelegten Kapitalien, kleinere nicht berechnete Arbeiten u. s. w. der vorstehenden Summe etwa 15% zuzurechnen.

Neifse-Viadukt bei Görlitz.

100 lauf. m

erfordern durchschnittlich an Arbeitstagen à 10 Std. (in Accord).

1. Holz zu Balken, Schwellen, Rahmen, Stielen, Streben und Riegeln zu beschlagen, zu verbinden, zu heben und zu richten, einschl. Haltung der erforderlichen Geräte u. s. w. . . . .	21,10—26,50
2. Holz zu Lehrgerüsten für Öffnungen von 10 bis 20 m scharfkantig und genau winkelrecht zu beschlagen, mit großer Sorgfalt und genau nach Zeichnung auf dem Schnürboden zu verbinden, zu verbolzen, aufzubringen und zu richten . . . . .	37,20—42,50
3. Rippen der Lehrbogen aus einer doppelten Lage von 40 bis 50 cm starken Bohlen mit wechselnden Stößen auf dem Schnürboden zuzulegen, auszuschneiden und nachzuhobeln, die Stücke genau ineinander zu passen und auf den Stößen mit 40 cm starken Bohlenstücken zu benageln, einschl. Herstellung des Schnürbodens . . . . .	63,70—79,60
4. Holme der Pfahlreihen zu beschlagen, zuzurichten, die Gerüstpfähle wagerecht abzuschneiden und mit starken Backen zu versehen, die Holme aufzubringen und einzubolzen . . . . .	74,3

<sup>78)</sup> Ferner giebt Hoffmann eine Tabelle über die in verschiedener Weise reduzierten Kosten der Brückenrüstungen gelegentlich seiner Untersuchungen über die vorteilhafteste Öffnungsweite gewölbter Brücken. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1881, S. 559.

Es kostete ferner: 1 lauf. m Rüstung des Göltzschthal-Viaduktes (Hölzer von durchschnittlich 20 bis 24 cm Stärke), Material und Arbeitslohn 2,32 M., desgl. des Elsterthal-Viaduktes (Hölzer von 23 bis 28 cm Stärke) 2,49 M., desgl. der Fulda-Brücke bei Kragenhof für das Transportgerüst 2 M., für das Lehrgerüst 2,30 M. — Der cbm Tannenholz bezw. Eichenholz kostete seinerzeit bei den genannten Bauten in Rundstämmen frei Baustelle durchschnittlich 30 bezw. 45 M. — Die festen Gerüste des Chaumont-Viaduktes (T. XIV, F. 9) erforderten pro qm der berüsteten Fläche 0,17 cbm Holz und 1,80 kg Eisen.

2. Über die Arbeitsleistungen bei Herstellung fliegender Gerüste werden im allgemeinen, was die Zimmerarbeiten anbetrifft, die vorstehenden Zahlen auch anwendbar sein. Im besonderen mögen zur Ergänzung des Vorhergehenden noch folgende Angaben dienen:

Morlaix-Viadukt (T. XV, F. 3).

Es kostete	Mark
1. Bei jeder der 16 gewöhnlichen Öffnungen der Dienstbrücke (enthaltend 26,60 cbm Holz, 930 kg Schmiedeseisen, 480 kg Gufseisen und 20 030 kg schwer)	
der cbm Holz (einschl. Eisen, ausschl. Hebung) . . . . .	100
„ lauf. m Öffnung des Viaduktes . . . . .	170
2. Bei der für die Aufnahme des Mörtel- und Steinaufzuges hergerichteten Öffnung (54 cbm Holz) der cbm Holz . . . . .	90
3. 1 Laufkrahnen von 2000 kg Tragfähigkeit (3 cbm Holz und 36 kg Eisen) f. d. cbm Holz ausschl. Winde . . . . .	80
4. Die Winde dazu . . . . .	240
5. Die für die Hebung der Dienstbrücke benutzten Schrauben, (4 für die gewöhnliche, 10 für die Aufzugsöffnung) jede mit einer Hebekraft von 8000 kg, das Stück . . . . .	560
6. Die jedesmalige Hebung der ganzen Dienstbrücke (16 1/2 Zimmermannstage à 4,8 M. und 280 halbe Handlangertage à 2,4 M.) . . . . .	412,8
7. Die Hebung der Dienstbrücke im ganzen . . . . .	14 400
für den cbm Holz derselben . . . . .	30
„ „ lauf. m Länge . . . . .	48

Aulne-Viadukt (T. XV, F. 1).

Es kostete: Jede Öffnung der Dienstbrücke (23,70 cbm Holz, 1150 kg Eisen, Gewicht 17 800 kg, Spannweite 24,8 m, Tragfähigkeit 10 000 kg bei 60 kg pro qcm Maximalspannung der Hölzer) f. d. qcm Holz 100 M., f. d. lauf. m Öffnung 96 M.

Es erforderte:

	Arbeitsstage eines Zimmer- gesellen.	Hand- langers.
Die Aufstellung eines vollständigen Lehrgerüsts (105,70 cbm Holz, 2040 kg Eisen), welche durch 12 Zimmerleute in 5 Tagen geschah,		
für den cbm Holz . . . . .	0,57	—
im ganzen . . . . .	60	—
Das fliegende Gerüst für diese Aufstellung enthielt 3,20 cbm Holz und 37 kg Eisen.		

Daoulas-Viadukt (T. XV, F. 2).

Jede Aufstellung des Gerüsts für den Pfeilerbau, welches 9,35 cbm Holz und 220 kg Eisen enthielt, im ganzen . . . . .	9	4
für den cbm Holz . . . . .	0,96	0,43
Das jedesmalige Heben und Richten des Gerüsts für das Aufstellen der Lehrgerüste, welches 16,30 cbm Holz und 90 kg Eisen enthielt, 4 Tage Zeit und im ganzen . . . . .	21	6
für den cbm Holz . . . . .	1,29	0,37

Dinan-Viadukt.

Es kostete: Jede Öffnung der Dienstbrücke (Spannweite 16 m, 5 cbm Holz, 80 kg Eisen, Gewicht 5300 kg, Tragfähigkeit 20 000 kg) f. d. cbm Holz 104 M., f. d. lauf. m Öffnung 33 M.

Es erforderte:

Die Aufstellung eines vollständigen Lehrgerüsts (43,25 cbm Holz) einschl. Transport der Hölzer und Hebung derselben f. d. cbm Holz . . . . .	1,39	1,83
Das Gerüst für die Aufstellung bezw. die verstärkte Dienstbrücke enthielt 12 cbm Holz und wog 7500 kg.		
Das Abbrechen und Herablassen des Lehrgerüsts f. d. cbm Holz . . . . .	0,6	0,8

3. Nach Mathieu<sup>79)</sup> kosten Lehrgerüste einschl. Material und aller Arbeiten für Hebung, Ausrüsten u. s. w. f. d. qm der Gewölbelaibung bei einer Öffnung von

2	2—5	5—9	9—12	12 m und darüber
2	4	8	12	36 M.,

wenn der cbm Holz zu 52,8 M., der Verschnitt zu 16%, der Zimmermannstgelohn zu 3,6 M. und der Handlangerlohn zu 2 M. angerechnet wird.

Über den Kubikinhalte des Holzes ausgeführter Lehrgerüste vergl. Tabelle II, S. 287.

Es kosteten ferner: Die Dienstbrücke der Brücke über die Mosel bei Longeville (215 m lang, 135 cbm Holz, 2500 kg Eisen) 12000 M. oder f. d. cbm Holz rund 90 M., f. d. lauf. m 56 M. und f. d. lauf. m Öffnung der Gewölbe (8 Öffnungen à 20,6 m) 73 M. — Die Dienstbrücke der Solémy-Brücke (T. XIV, F. 1) desgl. f. d. lauf. m Öffnung des Gewölbes 48 M.

### § 36. Arbeitsleistungen bei Ausführung des Mauerwerks.

1. Die zur Berechnung der Bauzeit bei kleineren Brücken erforderlichen Angaben über Arbeitsleistungen durch Unternehmer in Accord enthält nachfolgende Tabelle.

Tabelle VII. Arbeitsleistungen bei Ausführung kleiner Brücken.  
Strecke Frankfurt a. d. Oder-Cottbus.

Benennung des Bauwerks.	Inhalt des Mauerwerks cbm	Anzahl der im ganzen beschäftigt gewesenen Arbeiter			Anzahl der für Vollendung erforderlichen Arbeitstage.	Leistung eines Mauergesellen pro Tag cbm	Handlanger pro Geselle.	Bemerkungen.
		Poliere	Maurer	Handlanger				
1. Wege-Unterführung 4 m weit . . . . .	1256	45	559	443	45	2,25	0,79	} Gruppe I.
2. " " 4 " " . . . . .	822	45	343	264	45	2,39	0,77	
3. " " 5 " " . . . . .	459	22	206	153	22	2,23	0,74	
Summa pos. 1—3	2537	112	1108	860	112	2,29	0,77	durchschnittlich.
4. Durchlaß 1 m weit . . . . .	163	11	107	76	11	1,52	0,71	} Gruppe II.
5. " 1 " " . . . . .	107	12	69	38	12	1,55	0,55	
6. " 1 " " . . . . .	48	4	33	18	10	1,46	0,55	
Summa pos. 4—6	318	27	209	132	33	1,52	0,63	durchschnittlich.

Für den Kubikmeter Mauerwerk waren also durchschnittlich erforderlich:

	Poliere.	Maurer.	Handlanger.
Gruppe I . . . . .	0,044	0,436	0,339
Gruppe II . . . . .	0,085	0,657	0,415

Die angeführten Bauwerke zerfallen in zwei Gruppen, deren erste die No. 1 bis 3, die zweite die No. 4 bis 6 umfaßt. Die Bauwerke der ersten Gruppe bis zu 5 m Weite sind durchweg auch in den Fundamenten aus gebrannten Ziegeln ausgeführt und liegen in kurzen Terrainvertiefungen, sodaß die Materialien auf eine durchschnittliche Transportweite von 60 m zum größten Teil von den Thalhängen mittels Rutschen herabgelassen werden mußten. Die Bauwerke der zweiten Gruppe sind kleinere Durchlässe von 1 m Weite mit Backsteingewölben, im übrigen aus Findlingen. Das Material lag unmittelbar daneben mit 15 m Durchschnittstransport. Bei beiden Gruppen fand sich Mauersand auf der Baustelle und bei den Fundierungen entstand kein Wasserzudrang.

Wenn die Leistung eines Arbeiters sich für Gruppe I um 0,77 cbm für den Tag günstiger stellt, als für Gruppe II, so hat das zum Teil darin seinen Grund, weil für kleine Bauwerke das Anlegen von Kalkgruben, das Ausheben der Fundamente und die Einleitung der Arbeiten einen höheren Prozentsatz der im ganzen aufgewendeten Arbeitskraft beanspruchen, als bei Brücken mit großen Mäßen. Außerdem kommt hinzu, daß die angefahrenen Findlinge bei den Bauwerken der Gruppe II erst auf der Baustelle und zwar von den Mauern gespalten werden mußten. Der Mehrverbrauch von Handlanger pro Maurergeselle bei Gruppe I hat seinen Grund darin, daß bei den Bauwerken dieser Gruppe sämtliche Materialien durch Handlanger zugetragen wurden, während bei den kleinen Durchlässen der Gruppe II die Maurergesellen die Steine zum Teil selbst heranwälzten. Die größte Zahl der zu beschäftigenden Arbeiter dürfte

<sup>79)</sup> Nouv. ann. de la constr. 1862, S. 92. Mathieu. Étude sur la construction des cintres des voûtes et ponts.

jedoch in Thätigkeit gewesen sein, da die Arbeiten wegen der vorgerückten Jahreszeit unter Anstrengung aller Kräfte gefördert werden mußten.

Nach Pollitzer erfordern:

1. Durchlässe bis zu 2 m Öffnung aus gewöhnlichen lagerhaften Bruchsteinen mit Halbkreis- oder Segmentgewölben, schiefen, geböschten Flügeln, letztere und die Stirnmauern mit Platten von 0,05 bis 0,08 m Stärke und 0,3 bis 0,4 m Breite abgedeckt, samt in Mörtel gelegtem Sohlenpflaster f. d. cbm durchschnittlich . . .	Maurer.	Handlanger.	Mörtelmacher u. s. w.
	1,12	0,75	0,15
2. Für je um 0,5 m größere Weite (bis zu 6 m) mehr f. d. cbm . . .	0,03	0,015	—

2. Die nachstehende Tabelle enthält Arbeitsleistungen bei Vorbereitung der Baumaterialien und bei der eigentlichen Herstellung des Mauerwerks.

Tabelle VIII. Arbeitsleistungen bei Ausführung des Mauerwerks u. s. w.

Beschreibung der auszuführenden Arbeit.	Einheitsmafs.	Bedarf an Arbeitskraft in Tagen à 10 Stunden.
a. Vorbereitung der Baumaterialien auf der Baustelle.		
1. Findlinge zu sprengen . . . . .	cbm	Steinhauer 0,50
2. Gesprengte Findlinge für Cyklopenmauerwerk oder für unregelmäßiges, jedoch in horizontalen Schichten herzustellendes Mauerwerk mit Hammer und Zweispitze rauh zu bearbeiten . . . . .	qm	1,00
3. Dieselbe Arbeit, jedoch mit Randschlag auf jedem Steine . . . . .	"	1,20
4. Bruchsteine, in nicht zu unregelmäßigen Stücken wie No. 2 zu bearbeiten (1 cbm Bruchstein giebt 0,68 bis 0,78 cbm Mauerwerk. 1 cbm gewachsener Fels giebt 1,33 cbm Bruchstein.)	"	0,80
5. Desgl. wie No. 3 . . . . .	"	1,00
6. Bruchsteine, gesprengte Feldsteine aufzusetzen . . . . .	cbm	Handlanger 0,10
7. Ziegelsteine desgl. . . . .	Mille	0,12
Sandsteine von mittlerer Härte, bruchmässig in vorgeschriebenen Höhen, jedoch beliebigen Breiten und Längen angeliefert, bis 0,5 cbm Inhalt:		
8. zu spitzen . . . . .	qm	0,40
9. zu krönen . . . . .	"	0,50
10. zu krönen, rundum mit Schlag und mit einer Fase zu versehen . . . . .	"	0,60
11. in den Lager- und Stofsugen sauber zu flächen . . . . .	"	0,20
12. in den Lager- und Stofsugen sauber zu scharieren . . . . .	"	0,70
13. Zuschlag zu No. 8—12 für härteres Material . . . . .	"	0,20
14. Zuschlag zu No. 9 u. 10 für Granit (gestockt) . . . . .	"	2,00
15. Quader mittlerer Härte in den Stofs- und Lagerfugen sauber geflächt, in den Ansichtsflächen gekrönt, mit Schlag und Fase versehen durchschnittlich bis 0,5 cbm Inhalt . . . . .	cbm	2,00
16. Desgl. für Gewölbsteine . . . . .	"	2,50
17. Zusatz zu No. 15 für Schmiegen, Versatzungen und Rundungen . . . . .	"	0,50
18. Zusatz zu No. 15 für Gesimse und Profilierungen . . . . .	"	1,00
19. Zusatz zu No. 15—16 für härteres Material . . . . .	"	1,50
20. Zusatz zu No. 15—16 für Granit (gestockt) . . . . .	"	4,50
b. Herstellung des Mauerwerks ausschl. Transport, Hebung und Vorbereitung der Materialien.		
21. Bruch- und Ziegelsteinmauerwerk . . . . .	"	Maurer 0,76
22. Quadermauerwerk ohne Anwendung des Laufkrahns . . . . .	"	1,40
23. Desgl. mit Anwendung des Laufkrahns . . . . .	"	0,64

Hierzu ist Folgendes zu bemerken:

Zu No. 1. Wenn die Findlinge nach dem Sprengen nicht zur Abnahme aufgesetzt werden, so wird das Sprengen nicht nach cbm, sondern zweckmässig f. d. lauf. cm Bohrloch in Accord vergeben. Auf der Strecke Cottbus-Frankfurt a. O. hielt der grösste vorgefundene Findling 3 cbm. Der lauf. cm Bohrloch einschl. Halten der Geräte und des Pulvers wurde dort mit 4 Pf. bezahlt.

Zu No. 8 bis 14. Das Brechen und Bossieren der weicheren Sandsteinsorten erfordert nach Sganzin, je nach der Form und Gröfse des Steines 2,31 bis 3,37 Tage. Für härtere Steine das Doppelte, für Kalkstein, Granit und Marmor das 3—4fache.

Ferner: 1 qm weiches Sandsteinmaterial zu spitzen 0,58, zu kröneln 0,78, glatt aufzuschlagen oder zu scharieren 1,17 Steinhauerarbeitstage.

Zu No. 15. Sandsteinquader der Fulda-Brücke bei Kragenhof erforderten 1,68 bis 2,16, der Werra-Brücke bei Münden (bunter Sandstein) 2,68, der Ruhmebrücke bei Nordheim (Dolomit) 3,32, einer schiefen Wegebrücke bei Ellershausen (Sandstein aus den Brüchen von Reinhausen) 2,54 bis 2,91 Steinhauerarbeitstage f. d. cbm.

Zu No. 21 bis 23. Die Herstellung von 1 cbm Ziegelmauerwerk des Gewölbes der Ilmenau-Brücke erforderte Tage: 0,66 Maurer, 0,31 Handlanger, 0,22 Mörtelmacher. Desgl. von 1 cbm Quadermauerwerk der Oker-Brücke unter Anwendung von Krahnvorrichtungen: 0,90 Maurer, 0,60 Handlanger zur Bewegung des Laufkrahns, 1,20 Handlanger beim Transporte der Materialien. Desgl. 1 cbm Mauerwerk des Dinan-Viaduktes: 1,25 Maurer, 0,13 Steinhauer für Nacharbeiten der Flächen, 2,51 Handlanger für Nebenarbeiten einschl. Transport und Hebung, 0,18 Pferde mit Führer.

1 cbm Gewölbemauerwerk der Elbe-Brücke bei Pirna erforderte bei Anwendung von Laufkrahnen:			
für Vorbelastung . . . . .	0,074	Maurertage,	0,222
„ Wölben . . . . .	0,328	„	0,361
„ Materialförderung . . . . .	—	„	0,449
Im ganzen . . . . .	0,402	„	1,032

1 cbm Mauerwerk des Ilm-Viaduktes bei Weimar erforderte Tage: 1,02 für Maurer, 1,01 für Tagelöhner, 1,20 für Zimmerleute.

Das 827,21 cbm enthaltende Gewölbe der Claix-Brücke (vergl. S. 337) wurde in 440 Maurertagen vollendet, sodaß sich daraus die Tagesleistung eines Maurers zu rund 2 cbm ergibt. Bei der Wäldlitobel-Brücke war dieselbe Leistung 0,9 cbm, wobei ein teilweises Abrichten des oberen Lagers in jeder Schicht mit enthalten war.

### § 37. Kosten des fertigen Mauerwerks und fertiger Brücken.

#### 1. Kosten des fertigen Mauerwerks.

Über die Kosten des fertigen Mauerwerks geben die nachstehenden Preisverzeichnisse einige Anhaltspunkte. Das erste dieser Verzeichnisse dient zugleich als Ergänzung der in § 19 mitgetheilten besonderen technischen Bedingungen.

#### Preisverzeichnis

für die Ausführung des Viadukts in Kilom. 4,3 bis 4,5 der Eisenbahn von Zabern nach Wasselnheim. Reichs-Eisenbahnen in Elsaß-Lothringen.

Bezeichnung der Arbeiten.	Preis für die Einheit	
	M.	Pf.
1. Stellung eines Poliers oder Vorarbeiters bei Tagelohnsarbeiten, einschl. Werkzeug und Geräte, für den Tag zu 10 Arbeitsstunden . . . . .	4	40
2. Desgl. wie vor für einen Zimmer-, Maurer- oder Steinhauergesellen . . . . .	3	52
3. Desgl. wie vor für einen Handlanger oder Handarbeiter . . . . .	2	45
4. Aushebung der Fundamentgruben, einschl. der nachherigen Hinterfüllung des Mauerwerks in dünnen, gehörig festzustampfenden Lagen, Verkarren der etwa übrig bleibenden Erde in die Bahndämme einschl. Vorhaltung aller Geräte, Karren, Karrbohlen u. s. w. ein cbm . . . . .	—	88
5. Bruchsteinmauerwerk der Fundamentmauern in bestem Verbande in Schwarzkalkmörtel nach Zeichnung und besonderer Anweisung aufzuführen, die durchgehenden Binderschichten herzustellen, die Bankette und oberen Flächen des Bauwerks sauber abzugleichen, die zu verschüttenden Flächen sauber mit Mörtel auszustreichen, einschl. Lieferung sämtlicher Materialien, Bereitung des Mörtels, Beschaffung des Wassers u. s. w. ein cbm	13	20
6. Bruchsteinmauerwerk der aufgehenden Mauern in regelmäßigen Schichten sonst wie vor herzustellen, ein cbm . . . . .	21	12
7. Äußere Flächen des Bruchsteinmauerwerks mit regelmäßigen Schichten von Mantelsteinen, die sauber gespitzt oder gekröneln, und mindestens 0,30 m hoch sein müssen, in vorschriftsmäßigem Verbande zu verkleiden, als Zulage zu pos. 3, ein qm . . . . .	10	56

	Bezeichnung der Arbeiten.	Preis für die Einheit	
		M.	Pf.
8.	Gewölbemauerwerk aus vorschrittmäßig zu bearbeitenden Werksteinen in Schwarzkalk- oder Cementmörtel herzustellen, die Steine zu bearbeiten und die Sichtflächen mit Cement sauber auszufugen, einschl. Lieferung sämtlicher Materialien ausschl. des Cements, ein cbm . . . . .	47	52
9.	Gewölbemauerwerk der Entlastungsräume aus gut durchgebrannten und regelmäsig geformten Thonziegeln in Schwarzkalkmörtel aufzuführen und alle sichtbaren Flächen sauber mit Cementmörtel auszufugen, einschl. Vorhaltung der Gerüste, Lehrbogen u. s. w., und Lieferung sämtlicher Materialien mit Ausnahme des Cements, ein cbm . . . . .	31	68
10.	Ziegelpflaster über den Gewölben aus besonders gut geformten Steinen auf der flachen Seite voll in Schwarzkalk- oder Cementmörtel zu verlegen und die Fugen zu verstreichen, einschl. Lieferung aller Materialien u. s. w. jedoch mit Ausschluss des etwa zum Fugenverstrich zu verwendenden Cements, ein qm . . . . .	2	64
11.	Ziegelpflaster über den Gewölben, aus einer doppelten Ziegelflachsicht bestehend, sonst wie vor, ein qm . . . . .	4	84
12.	Deckplatten zur Überdeckung der Verbindungs- und Luftkanäle von Bruchsteinen in den vorgeschriebenen Stärken und Breiten in den Ansichtsflächen bearbeitet anzuliefern und zu verlegen, die Stofsfugen nahezu schließend herzustellen und nötigenfalls mit Zwickern in Mörtel zu schliesen, einschl. aller Materialien, ein cbm . . . . .	26	40
13.	Werksteine für die Gesimse, Türmchen und Brüstungen u. s. w. in den vorgeschriebenen Abmessungen sauber schariert und profiliert anzuliefern und zu versetzen, die etwa angeordneten Anker, Klammern u. s. w. sauber einzulassen und mit Blei zu vergießen, die Werksteine in vollem Schwarzkalk- oder Cementmörtel zu versetzen und die Fugen mit Cementmörtel fest und sauber auszustreichen, einschl. Lieferung sämtlicher Materialien mit Ausschluss des Cements und der Eisenteile, ein cbm . . . . .	58	8

**Einheitspreise bei größeren Brücken der Pfälzischen Ludwigsbahn. (1872—1875.)**

Beschreibung der ausgeführten Arbeit.	Einheit.	Kosten der Einheit.	
		M.	Pf.
<p><small>Sämtliche Preise verstehen sich, wenn nicht ausdrücklich Anderes bestimmt ist, einschließlich aller Rüstungen, Arbeitsleistungen und Materiallieferungen. Pos. 8 u. 11 beziehen sich auf die Herstellung dreier größerer Viadukte in der Nähe von Zweibrücken, welche in einem etwa 1,4 km langen und bis zu 16 m tiefen Felseinschnitt lagen, die übrigen Positionen auf die Bauwerke der III. Abteilung Pirmasens-Zweibrücken der Landau-Zweibrückener Linie, woselbst die Bruchsteine zum größten Teil in Einschnitten gewonnen werden konnten.</small></p>			
1. Für Hinterfüllung der Kunstbauten einschl. Transport auf eine mittlere Entfernung von 20 m . . . . .	cbm	—	26
2. Trockenmauerwerk zu Fundamenten in regelmäsigten Schichten, auf beiden Seiten nach der Schnur gemauert, die Steine mit dem Hammer zugerichtet . . . . .	„	6	17
3. Fundamentmauerwerk wie unter pos. 2, jedoch in hydraulischem Mörtel . . . . .	„	7	88
4. Trockenmauerwerk über der Erde in regelmäsigten horizontalen, 0,15 bis 0,20 m hohen Schichten, in Moos gesetzt, auf beiden Seiten nach der Schnur gemauert, die Steine in der Ansichtsfläche sowohl als auch in den Lager- und Stofsfächen sorgfältig mit dem Hammer oder der Zweispitze gerichtet . . . . .	„	7	20
5. Aufgehendes Mauerwerk wie unter pos. 4, jedoch in Mörtel aus hydraulischem Kalk, einschl. Ausfugen mit Cement . . . . .	„	9	—
6. Gewölbemauerwerk aus keilförmig mit dem Hammer zugerichteten Steinen in hydraulischem Kalkmörtel, die Ansichtsflächen sorgfältig mit dem Hammer gerichtet, einschl. Ausfugen . . . . .	„	15	43
7. Gewölbemauerwerk aus größeren, nach Schablonen vom Steinbauer in Lager- und Stofsfugen bearbeiteten Steinen, sonst wie unter pos. 6 . . . . .	„	29	14
8. Gewölbemauerwerk wie unter pos. 7, jedoch aus untadelhaften Steinen, besonders sauber bearbeitet und in den Ansichtsflächen sauber gestockt . . . . .	„	68	60
9. Werksteinmauerwerk gewöhnlicher Größe (bis zu 0,35 cbm Inhalt der Steine), in Mörtel aus hydraulischem Kalk, die Lager- und Stofsfugen geflächt, die Ansichtsflächen mit Schlag versehen und dazwischen gespitzt einschl. etwa nötig werdender Ausbesserungen und Ausfugen . . . . .	„	27	43
10. Werksteinmauerwerk besonderer Größe (Steine bis zu 0,75 cbm) nach Schablonen bearbeitet, sonst wie unter pos. 9 . . . . .	„	30	85

Beschreibung der ausgeführten Arbeit.	Einheit.	Kosten der Einheit.	
		M.	Pf.
11. Werksteinmauerwerk von untadelhaften Steinen zu Brüstungen und Gesimsen u. s. w., die Lager- und Stosfugen geflächt, die Ansichtsflächen gestockt oder schariert, sonst wie unter pos. 10 . . . . .	cbm	52	63
12. Gewölbeabdeckung aus Portland-Cementmörtel mit $\frac{1}{2}$ Sandbeimengung, 2 bis 3 cm stark und sorgfältig aufgetragen . . . . .	qm	2	40
13. Fundamentquader und Deckplatten in den Lager- und Stosfugen gehörig gespitzt, in hydraulischem Mörtel versetzt . . . . .	cbm	20	57
14. Ansichtsflächen des Werksteinmauerwerks rein aufgeschlagen oder schariert . . . . .	qm	3	42
15. Desgl. sauber gekrönelt, gestockt oder glatt geflächt . . . . .	"	2	70
16. Desgl. rauh gespitzt oder bossiert und mit einem 0,03 m breiten Kantenschlage versehen . . . . .	"	1	60
17. Desgl. sauber gespitzt mit Kantenschlag . . . . .	"	2	—
18. Desgl. gespitzt einschl. Bearbeitung der Lager- und Stosfugen der Schichtensteine von 0,20 m Höhe und Ausfugen mit Cement . . . . .	"	2	30
19. Desgl. gekrönelt, sonst wie unter pos. 18 . . . . .	"	3	—
20. Tagelohn eines Steinhauergesellen zu 10 Arbeitsstunden . . . . .	"	3	43
21. Bordsteine 0,15 m breit, 0,30 m hoch und mindestens 0,50 m lang für Straßenbrücken einschl. Lieferung und Verlegen . . . . .	lauf.m	—	68
22. Pflaster, aus harten Sandsteinen; 0,20 m hoch und entsprechend lang und breit, mit dem Hammer zugerichtet, in regelmässigen Schichten auf einer 0,20 m hohen Sandschicht versetzt . . . . .	qm	2	23
23. Desgl. in Mörtel aus hydraulischem Kalke . . . . .	"	2	57
24. Desgl. aus Melaphyr . . . . .	"	4	11

2. Kosten kleiner Brücken.<sup>80)</sup>

Es kosteten pro cbm Gesamtmasse der Bauwerke die kleinen Brücken und Durchlässe der folgenden Eisenbahnlinien:

1. der Cöln-Giesener Eisenbahn . . . . . 19,85 M. (Bruchstein),
2. der Schlesischen Gebirgsbahn . . . . . 23,00 " (Bruchstein),
3. der Berlin-Dresdener Eisenbahn . . . . . 24,00 " (Ziegel- u. Bruchstein),
4. der Cottbus-Frankfurter Eisenbahn . . . . . 26,00 " (Ziegel- u. Bruchstein),
5. der Rhein-Nahe-Bahn . . . . . 26,26 " (Bruchstein),
6. der Linie Stockheim-Ludwigstadt . . . . . 21—38 " (Bruchstein).

Die Kosten für den cbm schwanken sonach im allgemeinen zwischen 20 und 30 M. Als Einheitspreise für Deutschland kann man bei kleinen Brücken rechnen:

Fundamentmauerwerk mit Aushub . . . . .	1 cbm	15	M.
Aufgehendes Mauerwerk . . . . .	"	20	"
Gewölbeabdeckung . . . . .	"	30	"
Sichtbare Flächen . . . . .	1 qm	5—6	"
Quader . . . . .	1 cbm	60—100	"

3. Kosten grosser Brücken.

Die Tabellen IX und X geben eine Übersicht der Kosten f. d. laufenden Meter, den Quadratmeter Ansichtsfläche und den Kubikmeter Mauerwerks-Inhalt der bedeutendsten steinernen Brücken der Welt. Die Kosten f. d. laufenden Meter beziehen sich auf die grösste Länge des Bauwerks; die Ansichtsflächen sind im Aufriss einschliesslich der Flächen der Bogenöffnungen gemessen. — In Tabelle XI sind nach Mitteilungen der königl. General-Direktion der Verkehrsanstalten in München die hauptsächlichsten bei einigen grösseren Brücken der bayerischen Staatsbahnen gezahlten Einheitspreise zusammengestellt.

<sup>80)</sup> Vergl. auch den ersten Band dieses Handbuchs (2. Aufl.), Kap. I, S. 126.

Name des Bauwerks.	Bauzeit.	Kosten in Mark			
		im ganzen.	pro lauf. m	pro qm An-sichtsfläche.	pro cbm Inhalt des Mauerwerks.
<b>I. In Deutschland.</b>					
1. Neifsethal-Viadukt bei Görlitz, N.-M.-Eisenbahn . . . . .	1844—47	1 898 805	4023	186	57
2. Viadukt bei Schildesche, C.-M.-Eisenbahn . . . . .	1844—47	1 114 770	2957	141	47
3. Göltzschthal-Viadukt, Sächsisch-Bayrische Staatsbahn . . . . .	1845—51	<b>6 599 621</b>	<b>11358</b>	239	49
4. Elsterthal-Viadukt, desgl. . . . .	1845—51	3 128 680	10991	290	52
5. Viadukt bei Heilgenborn, Chemnitz-Riesaer-Eisenbahn . . . . .	1846—52	772 323	4516	140	25
6. Viadukt bei Diedenmühle, desgl. . . . .	1846—52	819 486	4820	134	25
7. Viadukt bei Kummersmühle, desgl. . . . .	1846—51	203 976	1805	<b>81</b>	<b>20</b>
8. Viadukt bei Steina, desgl. . . . .	1846—52	744 120	3278	100	27
9. Viadukt bei Saalbach, desgl. . . . .	1846—51	132 843	1771	83	23
10. Überbrückung der Zschopau, desgl. . . . .	1846—52	1 234 632	4539	142	37
11. Enz-Viadukt bei Bietigheim, W. St.-Eisenbahn . . . . .	1851—53	1 028 571	3596	147	36
12. Werra-Brücke bei Münden, Hannov. Südbahn . . . . .	1851—55	389 786	2421	110	30
13. Fulda-Brücke bei Kragenhof, desgl. . . . .	1852—56	1 128 000	6714	182	38
14. Neifsethal-Viadukt bei Zittau, Zittau-Reichenberger Eisenbahn . . . . .	1856—58	1 261 866	1687	105	29
15. Mosel-Brücke bei Conz, Saarbrücken-Trierer Eisenbahn . . . . .	1856—59	858 000	3813	232	58
16. Brücke über die Sieg bei Siegburg, Cöln-Giefsener Eisenbahn . . . . .	1857—59	220 315	1478	157	32
17. Brücke über die Sieg bei Blankenberg, desgl. . . . .	1857—59	158 638	<b>1404</b>	127	34
18. Brücke über die Sieg bei Hoppengarten, desgl. . . . .	1857—59	192 863	1461	117	31
19. Oker-Brücke bei Oker, Eisenbahn Vienenburg-Goslar . . . . .	1864—65	93 000	1525	113	37
20. Striegisthal-Viadukt, Tharandt-Freiburger Eisenbahn . . . . .	1866—68	1 528 524	4392	132	44
21. Sinnthal-Viadukt, Gemünden-Elmer Eisenbahn . . . . .	1869—71	642 857	3737	133	21
22. Mulden-Brücke bei Göhren, Chemnitz-Leipziger Eisenbahn . . . . .	1869—71	3 155 187	7658	215	57
23. Brooks-Brücke in Hamburg . . . . .	1869—70	211 585	6365	998	139
24. Kornhaus-Brücke in Hamburg . . . . .	1872	142 344	6470	949	173
25. Schillings-Brücke über die Spree in Berlin . . . . .	1872—74	451 115	—	600	114
26. Viadukt bei Ottersweiler, Linie Zabern-Wasselheim, Reichs-E. . . . .	1874—76	410 000	1449	98	37
27. Belle-Alliance-Brücke am Halleschen Thore in Berlin . . . . .	1875—76	400 000	—	—	143
28. Albert-Brücke in Dresden . . . . .	1875—77	2 100 000	6430	$\frac{1088}{1337}$	76
29. Bärwald-Brücke über den Schifffahrtskanal in Berlin . . . . .	1876—78	260 000	—	1040	145
30. 10 Brücken der Eisenbahnlinie Nordhausen-Wetzlar . . . . .	1877—78	823 382	1946	178	33
31. Wäldlitobel-Brücke der Arlbergbahn bei Klösterle . . . . .	1883—84	86 000	1265	75	47
<b>II. In Frankreich.</b>					
32. Indre-Viadukt, Eisenbahn von Tours nach Bordeaux . . . . .	1847—48	1 608 400	2142	127	27
33. Viaduc de Dinan, Strafsenbrücke in der Bretagne . . . . .	1846—50	749 094	2375	75	35
34. Viaduc de la Bèbre, Eisenb. St.-Germain des Fossés nach Roanne . . . . .	1854—55	533 728	3327	132	36
35. Viaduc de Monciant, desgl. . . . .	1854—55	265 840	2038	100	28
36. Viaduc de Nérard, desgl. . . . .	1854—56	290 568	2382	106	27
37. Viaduc de la Feige, desgl. . . . .	1854—56	326 648	2334	95	25
38. Viaduc des Sapins, desgl. . . . .	1854—56	396 000	2532	110	28
39. Pont et Viaduc de Nogent sur Marne, Eisenbahn Paris-Mühlhausen . . . . .	1855—56	2 953 934	3559	152	48
40. Viaduc de Chaumont, desgl. . . . .	1856—57	<b>4 553 270</b>	<b>7589</b>	193	<b>76</b>
41. 13 Viadukte der Orleans-Bahn . . . . .	—	1 296 730	1081	65	26
42. Morlaix-Viadukt, Eisenbahn von Rennes nach Brest . . . . .	1861—63	2 139 632	7328	147	32
43. Garonne-Brücke bei St. Pierre-de-Gaubert, Eisenb. d'Agon-Turbes . . . . .	1862—64	975 075	2165	130	—
44. Viaduc d'Auteuil, Pariser Gürtelbahn Auteuil-Javel . . . . .	1864—65	1 354 976	<b>1263</b>	144	41
45. Viaduc du Point du Jour, desgl. . . . .	1864—65	433 389	2154	194	31
46. Viaduc de Javel, desgl. . . . .	1864—65	296 364	2477	138	31
47. Pont-Viaduc sur la Seine, desgl. . . . .	1863—65	2 491 385	<b>10261</b>	<b>439</b>	46
48. Viaduc de l'Aulne, Eisenbahn von Châteaulin nach Landerneau . . . . .	1864—67	1 732 000	4841	121	35
49. Viaduc de la Doujine, desgl. . . . .	1864—67	856 000	3856	126	34
50. Viaduc de Daoulas, desgl. . . . .	1864—67	1 260 000	3530	112	32
51. Viadukt über die Roussaschlucht in der Strafe v. Nizza n. Mentone . . . . .	1867	56 000	1400	159	46
52. Viadukt von Duzon, Strafsenbrücke bei Tournon . . . . .	1870	280 000	1307	<b>59</b>	<b>20</b>
53. Pont de Claix, Strafsenbrücke bei Grenoble . . . . .	1873—74	173 600	2346	300	67
54. Viaduc de Chastellux, Strafsenbrücke, Departement de l'Yonne . . . . .	1876—78	89 000	<b>671</b>	<b>43</b>	<b>18</b>

Größte Länge	Größte Höhe	Abmessungen.		An-sichtsfläche ein-schl. Öff-nungen	Inhalt des Mauerwerks	Material.	Bemerkungen.
		An-zahl.	Weite				
472	35	31	$\frac{18,88}{22,28}$	10 194	33 215	Granit.	
377	21	28	10,20	7 900	23 644	Sandstein.	
<b>574</b>	<b>80</b>	51	30,59	<b>27 227</b>	<b>135 667</b>	Ziegel.	Zu 3. Vier Etagen.
279	70	16	30,59	10 553	60 186	Ziegel.	Zu 4. Zwei Etagen.
171	41	3	12,46	5 500	31 409	Granit und Sandstein.	Zu 5. Zwei Etagen.
170	52	$\frac{14}{2}$	$\frac{7,36}{14,16}$	6 100	32 916	desgl.	Zu 6. Zwei Etagen.
113	30	7	11,33	2 500	10 382	desgl.	Zu 5. bis 10. Aufser Granit und Sandstein kamen auch Porphyrr und Ziegel zur Anwendung. Letztere für die Geländer oder Gallerien.
227	38	15	11,33	7 400	27 606	desgl.	Zu 21. Die Steine konnten zum Teil aus einem naheliegenden Einschnitte gebrochen werden.
75	24	6	8,49	1 600	5 810	desgl.	Zu 22. Zwei Etagen.
272	37	$\frac{9}{5}$	$\frac{11,33}{19,26}$	8 700	33 759	desgl.	Zu 23. u. 24. Fundierung auf Pfahlrost und Beton. Flächenangabe abzüglich der Öffnungen.
268	32	21	11,46	7 000	28 203	Keuper-Sandstein.	Zu 24. Konvergierende Widerlager, 77° bezw. 73° gegen die Strafsenachse geneigt.
161	25	6	17,50	3 540	12 954	Bunter Sandstein.	Zu 25. Breite zwischen den Geländern 15 m.
168	37	5	21,00	5 923	29 487	Bunter Sandstein.	Zu 27. Fundierung auf Kalkstein-Cement-Beton zwischen Spundwänden. Breite 34,7 m zwischen den Geländern. In den Gesamtkosten sind einbe-griffen: vier je 7 m lange Flügelmauern, sowie große halbrunde Ausbauten in den Stirnmauern, Verblendung mit Oberkirchner Sandstein, reiche Granitballustrade, 4 polierte Granitpostamente mit Marmorgruppen, Fahrbahn von Asphalt. — 1 cbm Gewölbe (Klinker in Cement) auschl. Rüstung 45 M.; 1 qm Sandstein-Verblendung einschl. Ver-setzen 67 M.; 1 lauf. m Ballustrade 400 M.; eine Marmorgruppe 17 000 M.
748	19	$\frac{33}{5}$	$\frac{17,00}{22,65}$	12 000	43 117	Bruchstein und Quader.	Zu 28. Breite 18 m (2 Fufssteige à 3 m und 12 m Fahrbahn). Ansichtsfäche bzw. zwischen Fahrbahn und Pfeilerbasis und zwischen Fahrbahn und Terrainlinie, abzüglich der Öffnungen, gemessen.
225	—	8	21,97	3 700	14 816	Sandstein der Triasformation.	Zu 29. Breite 22,5 m zwischen den Geländern.
149	9,4	7	16,95	1 400	6 900	Bruch- und Werkstein.	Zu 31. Die Ansichtsfäche ist oberhalb der Kämpferlinie gemessen.
113	11	6	15,69	1 240	4 648	desgl.	
132	12,5	6	15,69	1 650	6 188	desgl.	
61	14	2	14,60	820	2 494	Kalkstein mit Granit-Verblendung.	
348	44	$\frac{4}{9}$	$\frac{5,66}{17,00}$	11 600	34 597	Sandstein.	
172	30	8	7,88	4 850	30 650	Bunter Sandstein.	
412	68	27	12—26	14 700	55 514	Bruchstein und Quader.	
33,24	—	2	14,80	212	1 522	Ziegel mit Klinker- und Granit-Verblendung.	
22	—	1	$\frac{15,62}{17,05}$	150	824	Klinker mit Granit- und Sandstein-Verblendung.	
—	—	$\frac{3}{2}$	$\frac{11,93}{12,55}$	750	3 958	Bruchstein und Quader.	
283	15	16	12,00	4 200	10 820	Klinker mit Sandstein-Verblendung.	
—	—	1	18,6	—	2 800	Sandstein.	
325	12,2	$\frac{5}{4}$	$\frac{12,7-17,0}{31,0}$	$\frac{1930}{1570}$	27 770	Klinker mit Sandstein-Verblendung.	
—	—	1	19,89	250	1 799	Sandstein.	
$\frac{14,54}{53,0}$	8,5—25,7	1—4	$\frac{8,5-13,5}{13,5}$	4 618	25 102	Bruchstein (Kalkstein und Glimmerschiefer).	
68,0	18	$\frac{1}{1}$	$\frac{41,0}{8,0}$	1 140	1 850	Bruchstein und Quader.	
751	23	59	9,80	15 771	59 500	desgl.	
315	49	10	16,00	9 930	21 504	desgl.	
160	33	8	14,00	4 041	14 831	desgl.	
130	26	8	12,00	2 660	9 638	desgl.	
122	26	5	17,00	2 740	10 621	desgl.	
140	31	7	14,00	3 442	13 298	desgl.	
156	27	11	10,00	3 600	13 906	desgl.	
<b>830</b>	29	$\frac{30}{4}$	$\frac{15,00}{50,00}$	19 366	61 190	desgl.	
600	54	$\frac{50}{46}$	$\frac{10,00}{9,50}$	23 580	59 653	desgl.	
1200	—	—	—	19 905	49 849	desgl.	
292	<b>63</b>	$\frac{14}{9}$	$\frac{15,5}{13,47}$	14 566	<b>65 830</b>	desgl.	
450	15	17	21,65	7 484	—	desgl.	
<b>1073</b>	9	151	4,8	9 409	33 820	desgl.	
155	9	26	4,97	2 238	14 136	desgl.	
120	10	19	4,8	2 154	9 641	desgl.	
243	23	$\frac{5}{31}$	$\frac{30,25}{4,80}$	5 673	54 444	desgl.	
357	55	12	22,00	14 310	49 490	desgl.	
222	42	9	18,00	6 805	24 960	desgl.	
357	38	15	18,00	11 275	39 600	desgl.	
40	17	3	8—10,46	352	1 210	Werkstein.	
215	60	8	14,00	4 730	14 000	Granit, Sand- u. Kalkstein.	
74	12	1	50,0	580	2 608	Bruchstein und Quader.	
132,6	20	11	9,5	2 056	5 130	Bruchstein, Quader und Kunststeine.	

Tabelle X. Kosten großer Brücken

Name des Bauwerks.	Bauzeit.	Kosten in Mark			
		im ganzen.	pro lauf. m	pro qm An-sichtsfläche.	pro cbm Inhalt des Mauerwerks.
1. Thomas-Viadukt über das Patapsco-Thal (Baltimore-Ohio-Eisenbahn)	1833—35	547 242	2545	127	—
2. Stockport-Viadukt, Birmingham-Manchester-Eisenbahn, England .	1838—40	1 453 971	2658	97	—
3. Viadukt der Lagunen in Venedig . . . . .	1841—46	3 600 000	1000	179	—
4. Digswell-Viadukt bei Wellwyn (Great-Northern-Eisenbahn) . .	1849—50	1 390 000	2914	114	52
5. Viadukt in der Strafe von Albano nach Arricia . . . . .	1848—53	654 000	2031	62	9,3
6. Mississippi-Brücke zu Minneapolis in Minnesota (Eisenbahn Minneapolis-Manitoba) . . . . .	1882—83	2 778 000	4337	—	45

Tabelle XI. Kosten größerer Brücken der

Name des Bauwerks	den Thalwasserbach bei Mütterstadt	die Mud bei Miltenberg	die Rezat bei Ansbach
Brücke über: . . . . .	Schweinfurt-Meiningen	Aschaffenburg Miltenberg	Nürnberg-Crailsheim
Auf der Eisenbahnlinie . . . . .			
Bauzeit . . . . .	1872	1875	1873/74
Fundierungsart . . . . .	natürliche auf festem Wellenkalk	natürl. auf Buntsandsteinfelsen 1,3 m tief	Pfahlrost und Beton
Material . . . . .	Kalkstein von Randersacker	Sandstein	Sandstein von Lichtenau
Abmessungen			
Anzahl und Weite der Öffnungen .	3 à 10 m u. $\frac{1}{2}$ Pfeil	2 à 11 m u. 3,0 m Pfeil	3 à 18 m u. $\frac{1}{4}$ Pfeil
Gewölbstärke im Scheitel und Kämpfer	0,7 m u. 0,9 m	0,65 m u. 0,85 m	0,9 m u. 1,2 m
Pfeilerstärke am Kämpfer und Anlauf	1,8 m u. $\frac{1}{60}$	1,60 m u. $\frac{1}{20}$	2,10 m u. $\frac{1}{8}$
Widerlagsstärke am Kämpfer „	3,0 m u. $\frac{1}{60}$	3,0 m	3,9 m u. $\frac{1}{8}$
Gesamteinhalt des Mauerwerks	3363,0 cbm	2637,0 cbm	2137,0 cbm
Kosten in Mark f. d. cbm einschl. Material und Arbeit			
Rauhes Bruchsteinmauerwerk . . .	Kalkstein 16,80	Sandstein 11,20	Sandstein 18,30
Rauhes Quadermauerwerk . . . . .	„ 37,10	—	„ 34,80
Verblendmauerwerk . . . . .	„ 30,95	„ 27,60	—
Werksteinmauerwerk . . . . .	—	—	—
Gewöhnliche Rüstung . . . . .	„ 51,50 (Steine bis 0,5 cbm)	„ 43,10	Sandstein 50,20 (Steine über 0,5 cbm)
Desgl. . . . .	—	—	—
Besondere Rüstung . . . . .	Kalkstein 58,60	„ 51,70	Sandstein 55,00 (Steine unt. 0,5 cbm)
Desgl. . . . .	„ 71,00 (Steine bis 1 cbm)	—	Sandstein 60,20 (Steine über 0,5 cbm)
Desgl. . . . .	Kalkstein 89,50 (Steine über 1 cbm)	—	—
Desgl. . . . .	—	—	—
Das ganze Bauwerk einschl. Rüstungen . . . . .	30,3	35,4	41,2

in England, Amerika und Italien.

Größte Länge m	Größte Höhe m	Öffnungen		An-sichtsfläche ein-schl. Öff-nungen. qm	Inhalt des Mauerwerks cbm	Material.	Bemerkungen.
		An-zahl	Weite m				
215	20	8	17,79	4 295	—	Werkstein.	Zu 4. Humber, A record of the progress of modern engineering 1864, S. 31, auch Zeitschr. f. Bauw. 1868, S. 591. Zu 5. Drei Etagen. Der ungewöhnlich niedrige Einheitspreis ist nur durch die günstigen Umstände zu erklären, unter denen gebaut werden konnte. Die Peperinbruchsteine lagen unmittelbar neben der Baustelle, und um Gerüste zu sparen, erbaute man zunächst einen Pfeiler in der Nähe des Steinbruches, legte dann über diesen Pfeiler eine leichte Laufbrücke für den Materialtransport des zweiten Pfeilers und so fort in der Art, daß während des ganzen Baues die Bausteine nur vorwärts, aber nie in die Höhe geschafft zu werden brauchten.
547	32	22	19,81	15 003	—	Ziegel.	
3598	5,6	210	10,16	20 149	—	Werk- und Bruchstein.	
477	31	40	9,14	12 144	26 465	Ziegel.	
322	60	36	8—9,5	10 500	70 000	Peperinbruchstein.	
640,5	—	{ 4 16	{ 30,5 24,38	—	62 000	Blauer Granit und Mankato-Kalkstein.	

Bayerischen Staatseisenbahnen. (1872—1876.)

die Eger bei Markt-leuthen	die Laber bei Sinzig	die Amper bei Brück	die Abens bei Abensberg	das Altmühlthal bei Görghheim
Fichtelgebirgsbahn	Ingolstadt-Regens-burg	München-Landsberg	Ingolstadt-Regensburg	Nürnberg-Crailsheim
1876	1872/73	1870—72	1872/73	1873/74
natürliche auf Felsen 3 m tief	natürliche auf Jura-felsen	Beton, 1,8 m stark	Beton, 1,2 m stark	Pfahlrost und Beton
Granit	Dolomit	Nagelfluhe von Braunenburg	Jurakalk von Marching	Sandstein von Neunkirchen
4 à 16 m u. $\frac{1}{2}$ Pfeil	5 à 10 m u. $\frac{1}{2}$ Pfeil	4 à 16 m u. $\frac{1}{5}$ Pfeil	3 à 12 m u. $\frac{1}{2}$ Pfeil	3 à 14 m u. $\frac{1}{4,5}$
0,8 m u. 1,2 m	0,75 m u. 0,9 m	1,0 m u. 1,2 m	0,75 m u. 1,15 m	0,75 m u. 1,0 m
2,5 m u. $\frac{1}{56}$	2,0 m u. $\frac{1}{60}$	2,2 m u. $\frac{1}{18}$	2,2 m u. $\frac{1}{20}$	1,8 m u. $\frac{1}{40}$
4,5 m u. $\frac{1}{3}$	3,0 m u. $\frac{1}{10}$	5 m u. $\frac{1}{10}$	3,5 m u. $\frac{1}{8}$	3,9 m u. $\frac{1}{40}$
6292,0 cbm	2966,0 cbm	5313,0 cbm	1573,0 cbm	2469,0 cbm
Granit 20,10	Dolomit 13,50	—	Jurakalk 13,40	Sandstein 17,70
„ 56,30	„ 54,90	Nagelfluhe 61,50	„ 52,30	Kalkstein 67,54
—	Grünsandst. 41,10	„ 54,90	„ 38,50	Sandstein 39,94
„ 75,00	„ „ 67,40	„ 75,00	„ 63,40 (Steine bis 1 cbm)	„ 58,80
—	Granit 104,90	—	Granit 116,60	Kalkstein 87,77
„ 85,00	Grünsandst. 83,60	„ 88,80	Jurakalk 72,00	Sandstein 69,94
Sandstein 73,00	Dolomit 83,60	Granit 127,30	„ 78,90 (Steine über 1 cbm)	Kalkstein 103,20
—	Granit 127,40	—	Granit 132,00 (Steine bis 1 cbm)	—
—	—	—	Granit 144,00 (Steine über 1 cbm)	—
46,5	50,7	55,3	65,7	90,1

§ 38. **Unterhaltungskosten.** — Es liegt auf der Hand, wie wichtig es ist, die Größe der Unterhaltungskosten für die verschiedenen Brückengattungen zu kennen. Leider bietet die technische Statistik in dieser Beziehung wenig Anhaltspunkte, aber selbst aus einer Reihe von vorliegenden Beobachtungsergebnissen ist es mit Rücksicht auf die Mannigfachheit der obwaltenden Verhältnisse und begleitenden Umstände, schwierig, die Kosten für verschiedene Bauwerksarten mit Sicherheit festzustellen.

In der Regel geschieht die Angabe der Unterhaltungskosten in Prozenten der Herstellungskosten des Bauwerks. Diese Art der Angabe hat gewiß ihre Berechtigung, jedoch neben der Angabe in Prozenten ist auch eine solche für die Einheit der Gesamtlängte und der Tiefe des Bauwerks erwünscht. Auch das Umrechnen der Kosten auf ein cbm Mauerwerk, ein qm Ansichtsfläche u. s. w. kann bei größeren Bauwerken von Interesse und für statistische Zwecke willkommen sein.

Die statistischen Nachrichten der preussischen Eisenbahnen gaben die Unterhaltungskosten, ohne dieselben bislang für eiserne, hölzerne und steinerne Brücken zu trennen, für zwei Bauwerksarten: a) bis einschl. 10 m Weite, b) über 10 m Weite in Prozenten der Herstellungskosten an. Seit dem Jahre 18<sup>80</sup>/<sub>81</sub>, in welchem die Ausgabe der Statistik vom Reichs-Eisenbahnamt für die Reichs-Eisenbahnen erfolgt, wird jedoch eine Unterscheidung zwischen großen und kleinen Brücken nicht mehr gemacht. Die nach diesen Angaben berechneten Durchschnittszahlen sind in den Tabellen XII u. XIII zusammengestellt.

Tabelle XII. Unterhaltungskosten kleiner und großer Brücken der preussischen Eisenbahnen.

Name der Eisenbahn.	Betriebsöffnung im Jahre	Durchschnittliche Unterhaltungskosten in Prozenten der Herstellungskosten für Brücken		Reihe der Jahre, für welche der Durchschnitt berechnet wurde.	Anzahl der Jahre.	Bemerkungen.
		bis einschl. 10 m W.	über 10 m Weite.			
1. Rheinische . . . . .	1839	0,50	0,25	1863—70	8	
2. Berlin-Anhalt . . . . .	1840	0,58	1,73	1863—79	17	Zu 2. und 4. Die Unterhaltungskosten erreichen hier eine außergewöhnliche Höhe.
3. Niederschlesisch-Märkische . . . . .	1842	0,38	0,24	1863—79	17	
4. Berlin-Stettin (Stammbahn) . . . . .	1842	0,63	1,02	1863—79	17	
5. Cöln-Minden (Stammbahn) . . . . .	1845	0,21	0,17	1863—79	17	
6. Berlin-Hamburg (Stammbahn) . . . . .	1846	0,22	0,72	1863—79	17	
7. Thüringische . . . . .	1846	0,39	0,18	1864—79	16	Zu 7. Hier sind zahlreiche steinerne Brücken vorhanden.
8. Westfälische . . . . .	1848	0,39	0,35	1863—79	17	
9. Bergisch-Märkische (Stammbahn) . . . . .	1848	0,38	0,23	1863—76	14	Zu 9. Desgl.
10. Saarbrücker . . . . .	1850	0,36	0,095	1863—79	17	
11. Ostbahn . . . . .	1851	0,31	0,19	1863—79	17	
12. Oberschlesische (Breslau-Posen-Glogau) . . . . .	1856	0,86	0,30	1863—79	17	
13. Rhein-Nahe . . . . .	1858	0,42	0,23	1863—79	17	
14. Stargard-Cöslin-Colberg (B. St.) . . . . .	1859	0,37	0,20	1863—79	17	
15. Cöln-Giessen und Beetzdorf-Siegen (C. M.) . . . . .	1859	0,15	0,18	1865—79	15	Zu 15. Desgl. Die Gesamtlängte der lichten Öffnungen der großen Brücken ist hier für eiserne und steinerne Brücken dieselbe (1550 m).
16. Ruhr-Sieg und Lethmathe-Iserlohn (B. M.) . . . . .	1864	0,28	0,21	1865—79	15	
17. Cöslin-Danzig (B. St.) . . . . .	1869	0,21	0,165	1871—79	9	
18. Cottbus-Großenhain . . . . .	1870	0,35	0,39	1872—79	8	
19. Venlo-Hamburg (C. M.) . . . . .	1870	0,11	0,11	1873—79	7	
20. Posen-Thorn-Bromberg . . . . .	1872	0,21	0,29	1873—79	7	
21. Oberlausitzer . . . . .	1874	0,08	0,07	1875—79	5	
22. Wittenberge-Buchholz (B. H.) . . . . .	1875	0,19	0,13	1875—79	5	
23. Berlin-Dresden . . . . .	1875	0,09	0,13	1876—79	4	
24. Oels-Gnesen . . . . .	1875	0,13	0,09	1876—79	4	
25. Posen-Creuzburg . . . . .	1875	0,02	0,01	1876—79	4	

Tabelle XIII.

Durchschnittliche Unterhaltungskosten der Brücken der Reichs-Eisenbahnen.

Etatsjahr.	Gesamt-Anlagekosten	Gesamt-Unterhaltungskosten	Durchschnittliche Unterhaltungskosten in Prozenten der Anlagekosten.
	M.	M.	
1880/81	743 518 890	1 841 004	0,25
1881/82	802 762 673	1 959 186	0,24
1882/83	809 734 719	1 892 180	0,23

Die Unterhaltungskosten für steinerne Brücken lassen sich aus vorstehender Tabelle nicht unmittelbar entnehmen; jedenfalls sind die angegebenen Prozentsätze, wenn dieselben für steinerne Brücken allein Gültigkeit haben sollen, bedeutend herabzusetzen, wie die von Pollitzer<sup>81)</sup> angeführten Erfahrungsergebnisse bestätigen. Nach Pollitzer erfordert die jährliche Unterhaltung der Brücken einer größeren Verkehrsstrecke für den lauf. m Lichtweite und Tiefe derselben durchschnittlich: an Maurerschichten 0,8 *t* und an Handlangerschichten 1,1 *t*,, wenn *t* und *t*, den Arbeitslohn für eine mittlere Arbeitsdauer von 10 Stunden bedeutet. Giebt *W* die Gesamtweite der Öffnungen für den Kilometer Bahnlinie und *T* die Gesamttiefe in Meter an, so betragen danach die Unterhaltungskosten:

$$K = (0,8 t + 1,1 t,) W T.$$

Ein so hoher Betrag dürfte indessen nur unter ungünstigen Verhältnissen erreicht werden. Zuverlässiger sind wohl die nachstehenden nach einem durchschnittlichen Ergebnis vieler Bahnen des In- und Auslandes von dem Genannten berechneten Sätze, welche die jährlichen Unterhaltungskosten, wie folgt, feststellen:

	In Prozenten der Ausgabe		pro lauf. m Öffnung M.
	für den Gesamtunterhalt einer Bahnlinie.	für die Unterhaltung des Unterbaues einer Bahnlinie.	
1. Für gewölbte Brücken . . . . .	0,5	5,4	3,2
2. Für Brücken mit hölzernem Überbau . .	0,8	7,0	30,0
3. Für Brücken mit eisernem Überbau . .	1,3	12,4	7,6.

Trotz des unbestreitbaren Wertes dieser Angaben wird man dieselben für einen besonderen Fall doch mit der nötigen Vorsicht, erst nach Erwägung aller den Zustand des Bauwerkes betreffenden Verhältnisse, nötigenfalls also mit Abänderungen anzuwenden haben, besonders auch, weil die Gröfse der Unterhaltungskosten, wie Tabelle XII nachweist, eine veränderliche, mit dem Alter der Bauwerke zunehmende ist.

Zweifellos steht aber fest, dafs, in Prozenten der Anlagekosten ausgedrückt, die Unterhaltungskosten für eine steinerne Brücke bedeutend geringer ausfallen, als für eine hölzerne oder eiserne und dafs bei sachgemäfsrer Ausführung und regelmäfsiger Unterhaltung für eine steinerne Brücke eine sehr grofse Dauer angenommen werden kann, während die Dauer der hölzernen Brücken nur eine eng begrenzte ist und über die der eisernen Brücken zur Zeit noch Ungewifsheit herrscht. Es empfiehlt sich deshalb die steinernen Brücken vor den eisernen und hölzernen in allen geeigneten Fällen zu bevorzugen.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA

KRAKÓW

<sup>81)</sup> Die Bahnerhaltung. II. S. 131.

## Litteratur.

Die größeren Werke, welche die Steinbrücken im allgemeinen behandeln, sind auf S. 226 namhaft gemacht. Notizen über kleinere Mittheilungen, welche Rüstungen und Geräte, Lehrgerüste, Ausführung schiefer Brücken, Ausrüstung der Gewölbe und Wiederherstellungs-Arbeiten betreffen, sind den betreffenden Stellen des Textes beigelegt.

### Zeitschrift für Bauwesen.

- Henz. Der Bau des Neisse-Viaduktes bei Görlitz in der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn. 1855, S. 281.  
 Derselbe. Die Main-Brücke bei Frankfurt a. M. in der Main-Neckar-Bahn. 1856, S. 479.  
 Derselbe. Die Bananlagen der Saarbrücken-Trier-Eisenbahn. 1863, S. 47.  
 v. Nehus. Diggswell-Viadukt der Great-Northern Eisenbahn bei Wellwyn (aus Humber. A record of the progress of modern engineering. 1864, S. 31). 1868, S. 591.  
 Wilke. Der Bau der Striegisthal-Überbrückung bei Freiberg. 1869, S. 206.  
 Lehwald. Mittheilungen über die größeren Kunstbauten auf der Strecke Nordhausen-Wetzlar im Zuge der Staats-eisenbahn Berlin-Metz. 1880, S. 442.  
 Derselbe. Die wichtigeren Kunstbauten der Staatsbahnstrecke von Güls bis zur Reichsgrenze bei Perl (Moselbahn). 1884, S. 141.

### Notizblatt bezw. Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover.

- Söhlke. Über den Neubau der Chausseebrücke über die Ruhme bei Nordheim. Notizbl. 1853, S. 328.  
 Lanz und Gerber. Die Werra-Brücke bei Münden in der Königl. Hannov. Südbahn. Zeitschr. 1856, S. 64.  
 Sonne. Der Bau der Fulda-Brücke bei Kragenhof für die Eisenbahn von Hannover nach Cassel. 1858, S. 44.  
 Meyer, G. Über englische Eisenbahnbrücken. 1862, S. 281.  
 Bolenius. Der Bau der Oker-Brücke bei Oker in der Eisenbahn Vienenburg-Goslar. 1866, S. 203.  
 Hofmann. Die neue Elbe-Brücke bei Pirna. 1878, S. 27.  
 Seefehlner. Über die vom französischen Ministerium im Jahre 1878 ausgestellten Brückenpläne und Modelle. 1879, S. 135.  
 v. Scholtz. Überbrückung des Ilmthales bei Weimar. 1881, S. 425.

### Allgemeine Bauzeitung.

- Die Brücke bei Buffalora über den Tessin. 1836, S. 41.  
 Der Bau der Brücke über die Dora in Turin. 1836, S. 145.  
 Über einige neuere Brücken in und bei Mailand. 1836, S. 370.  
 Bemerkungen über den Bau der Brücke von Crespano. 1836, S. 411.  
 Die Karlsbader Kaiser Franzens-Brücke. 1837, S. 85.  
 v. Etzel. Brücke über die Enz bei Besigheim im Königreich Württemberg. 1839, S. 160.  
 Derselbe. Brücke über den Neckar bei Cannstadt. 1840, S. 8.  
 Die neue Steinbrücke über den Bergstrom Meduna bei Pordenone in der venezianischen Provinz Udine. 1841, S. 231.  
 Hürsch. Baugeschichte der Nydeck-Brücke in Bern. 1843, S. 190.  
 Römer. Die Düsseldorf-Elberfelder Eisenbahn. 1843, S. 60.  
 Die Brücke über die Beraun bei Beraun in Böhmen. 1844, S. 312.  
 Die Brücke über die Maas im Benediktsthale bei Lüttich. 1845, S. 261.  
 Becker. Steinbrücke über den Neckar bei Ladenburg auf der Main-Neckar-Eisenbahn. 1850, S. 259.  
 Hartwich und Bürkner. Die Brücke über die Warthe bei Wronke auf der Stargard-Posener Eisenbahn. 1852, S. 93.  
 Kohl. Der Bau der zweiten Elbe-Brücke (Marienbrücke) und des sich daran anschließenden Viaduktes bei Dresden. 1852, S. 269.  
 Hartung. Der Viadukt bei Schildesche auf der Köln-Mindener Eisenbahn. 1854, S. 132.  
 Förster. Die alte steinerne Brücke über den Wienfluß vor dem Kärnthnerthor in Wien. 1854, S. 3.  
 v. Etzel. Der Viadukt bei Bietigheim über die Enz auf der Württembergischen Eisenbahn. 1856, S. 262 u. 315.  
 Zelger. Die Brücke über den Main bei Schweinfurt. 1857, S. 331.

## Allgemeine Bauzeitung (Fortsetzung).

- Der Viadukt der Suize bei Chaumont im Departement der Ober-Marne in Frankreich. 1862, S. 341.  
 Der Viadukt über die Rance bei der Stadt Dinan in der Bretagne. 1862, S. 345.  
 Die Brücke Louis-Philippe über die Seine zu Paris. 1864, S. 327.  
 Ludwig. Der Leska-Viadukt bei Znaim auf der Eisenbahn von Grufsbach nach Znaim. 1871, S. 246.  
 Viadukt über den Schuttkegel der Rivoli bianchi. 1881, S. 9.

## Zeitschrift des bayerischen Architekten- und Ingenieur-Vereins.

- Weikard. Der Sinnthal-Viadukt auf der Gemünden-Elmer Bahulinie. 1872, S. 11.

## Zeitschrift für Baukunde.

- Reverdy. Das französische Brückenbauwesen auf der internationalen Ausstellung in Paris im Jahre 1878. 1880, S. 63.  
 Mohr und Gleim. Viadukt der Rheinischen Eisenbahn über das Ruhrthal bei Herdecke. 1881, S. 5 u. 183.  
 Leibbrand. Steinbrücke über die Nagold bei Teinach (Württemberg). 1883, S. 347.  
 Weikard. Die massiven Brücken der bayerischen Eisenbahnstrecke Ludwigstadt-Eichicht. 1884, S. 469.

## Zeitschrift bezw. Wochenschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins.

- Bomches. Beschreibung der Arbeiten des Brücken-Viaduktes von Nogent-sur-Marne. Zeitschr. 1860, S. 101.  
 (Vergl. auch Civil-Ing. 1857, S. 181.)  
 Kreuter. Über die Ausführung steinerner Brücken in Frankreich. Zeitschr. 1877, S. 5.  
 Melan. Neuere steinerne Brücken und Viadukte in Frankreich. Wochenschr. 1879, S. 115.

## Der Civil-Ingenieur.

- Hartmann. Beschreibung der Weiseritz-Überbrückung in Dresden. 1854, S. 230.  
 Couche. Über die steinernen Brücken und Viadukte der deutschen Eisenbahnen. 1856, S. 56.  
 Werther. Nachrichten über den Bau der neuen Elbe-Brücke in Dresden. 1859, S. 215.  
 Lehmann. Neisse-Thal-Viadukt der Zittau-Reichenberger Eisenbahn bei Zittau. 1867, S. 333 u. 413.

## Mitteilungen bezw. Protokolle des sächsischen Ingenieur-Vereins.

- Merbach. Die Viadukte im Zschopauthale zwischen Waldheim und Limmritz auf der Chemnitz-Riesaer Staatseisenbahn. Mitteil. 1858, S. 1.  
 Bake. Mitteilungen über den Muldenbrückenbau bei Göhren. Protok. 77. Vers. 1872, S. 13.  
 Hofmann. Mitteilungen über den Bau der neuen Elbe-Brücke bei Pirna. Protok. 87. Vers. 1875, S. 42.  
 Mank. Notizen über den Stand des Dresdener Elbe-Brückenbaues. Protok. 1875, S. 59.

## Deutsche Bauzeitung.

- Mehrtens. Die Wäldlitobel-Brücke der Arlbergbahn. 1885. No. 95.

## Zeitschrift für Bauhandwerker.

- Brakel. Der Luhe-Viadukt bei Greene (Holzminden-Kreienser Eisenbahn). 1866, S. 138.  
 Warnecke. Die Leine-Strom-Brücke bei Ippensen. 1866, S. 151.

## Centralblatt der Bauverwaltung.

- Blanck. Bau der Unterführung der Königstraße in Hannover. 1882, S. 145.  
 Kinzer. Die Wäldlitobel-Brücke der Arlberg-Bahn. 1884, S. 249.  
 Eger. Bau der Mauritius-Brücke in Breslau. 1885, S. 243.  
 Mehrstens. Fortschritte im Bau von Brückengewölben. 1885, S. 473.

## Annales des ponts et chaussées.

- Picot. Notice sur la construction du pont du Sault-du-Rhône. 1832. II. S. 144.
- Villiers. Notes recueillies en 1851, pendant sa mission en Allemagne. Chemin de fer saxons. Ligne saxo-bavaroise de Leipzig à Hof. 1853. I. S. 241.
- Fessard. Notice sur la construction du Viaduc de Dinan. 1855. II. S. 310.
- Croizette-Denoyers. Mémoire sur les travaux et les dépenses de la partie de chemin de fer du Bourbonnais comprise entre Saint-Germain-des-Fossés et Roanne etc. 1859. II. S. 121.
- Lechallas. Notice sur la construction de deux ponts sur la Loire à Nantes. 1865. I. S. 39.
- Fénoix. Note sur les travaux de construction du grand viaduc de Morlaix. 1867. I. S. 207.
- Doniol. Notice sur la construction du pont de Fiume'alto. 1868. II. S. 147.
- Bassompierre-Sewrin & de Villiers du Terrage. Mémoire sur le pont viaduc du Point-du-jour et sur les ouvrages d'art de la section du chemin de fer de ceinture, comprise entre Auteuil et Javel. 1870. I. S. 56.
- Regnauld. Détails pratiques sur la construction d'un pont en maçonnerie à Saint-Pierre-de-Gaubert sur la Garonne. 1870. I. S. 411.
- Arnoux. Notice sur le viaduc de l'Aulne. 1870. II. S. 233.  
(Vergl. auch auszugsweise Übersetzung Civil-Ing. 1872, S. 48.)
- Picquenot. Le pont de Vernon. 1874. II. S. 65.
- Cendre. Notice sur la construction du pont de Claix. 1879. I. S. 1.
- Lavoinnie. Notice sur la construction du viaduc de Chastellux. 1882. II. S. 5.

## Nouvelles annales de la construction.

- Michal, de la Galisserie & Darcel. Le Pont de l'Alma à Paris. 1855, No. 11.
- Davignaud & Droling. Notice sur la construction du pont de Libourne sur la Dordogne. 1856, S. 51.
- Toni Fontenay. Le Viaduc de la Fure (chemin de fer de St. Rambert à Grenoble). 1856, S. 108 u. 119.
- Cassagnes. Viaduc du chemin de fer de Vincennes à la gare de la Bastille, Paris. 1860, S. 172.
- Convents. Viaduc en maçonnerie avec radier général à Pont-d'Ain. 1861, S. 43.
- Chauvisé & Wolff. Pont en maçonnerie sur la Bidassoa (frontière d'Espagne). 1863, S. 41.
- Oppermann. Viaduc en maçonnerie de Solémy (chemin de fer du Bourbonnais). Détails des cintres, du pont de service et des chantiers. 1874, S. 41.
- Blanc. Pont-Viaduc en maçonnerie à trois arcades courbes construit sur le ravin de la Roussa. 1874, S. 90.
- L'exposition du ministère des travaux publics. 1878, S. 103.
- Pont de Claix sur le Drac (Département de l'Isère). 1878, S. 104.



Handbuch der Ingenieurwissenschaften II Band Brückenbau 2<sup>te</sup> Aufl.

- zu Fig. 2.
- 1. Bauhütte mit Magazin, Schmiede u. Kohlschuppen. N<sup>o</sup> 9. Abladegerüst für die rauhen Quader.
  - 2. Offener Schuppen für die Zimmerleute.
  - 3. Abladegerüst.
  - 4. Sandmühle.
  - 5. Kalkhütte, Wächterhütte und Wagnerei.
  - 6. Drehscheiben.
  - 7. Sackbahnen zum Zurückstellen d. leeren Wagen.
  - 8. Trinkquelle.
  - 10. Geleise für den Transport aus dem Einschnitte in die verschiedenen Stockwerke d. Hauptgerüsts.
  - 11. Doppelgeleise auf 2,3<sup>m</sup> hohem Gerüste für den Transport der Quader u. Bruchsteine aus dem Einschn. auf den Lagerplatz (in der Höhe der Districtsstrasse).
  - 12. Längsgeleise unter dem Hauptgerüste auf dem Lagerplatze.

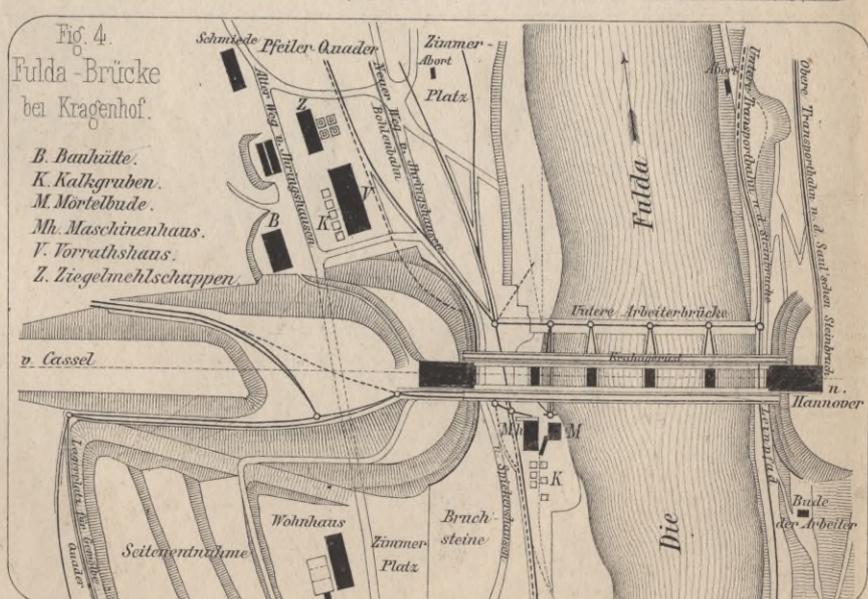
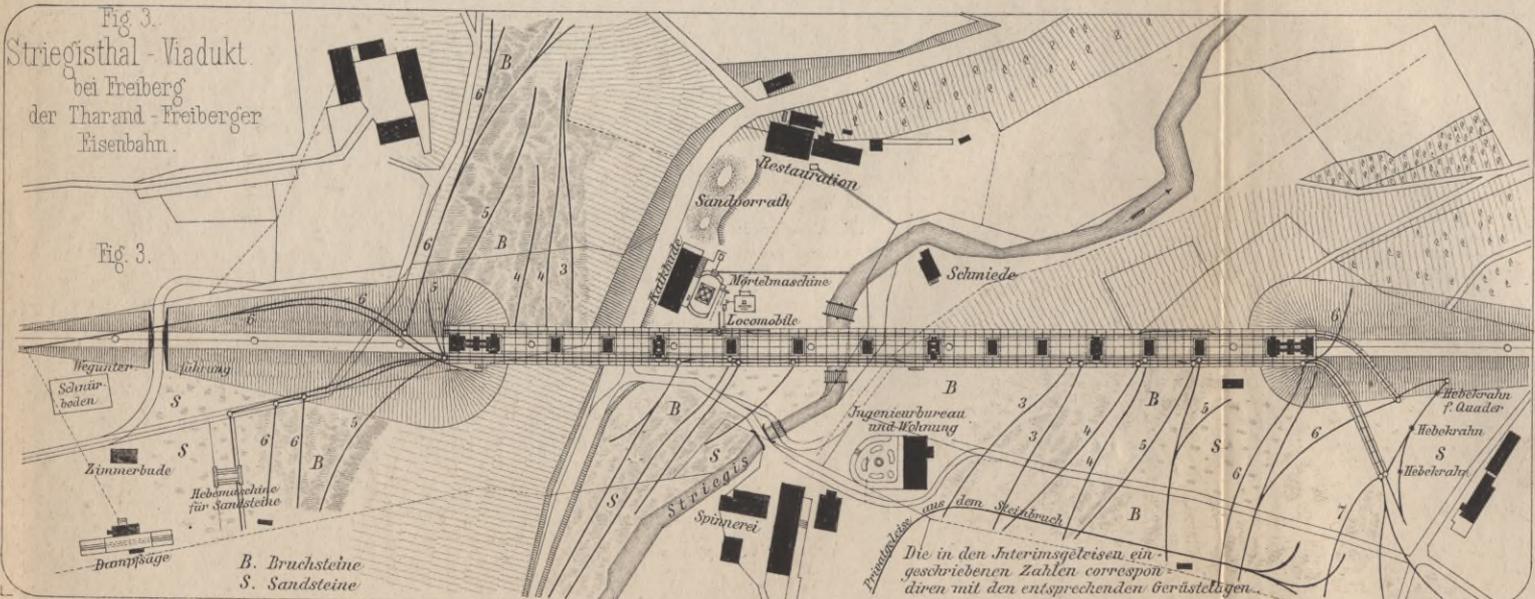
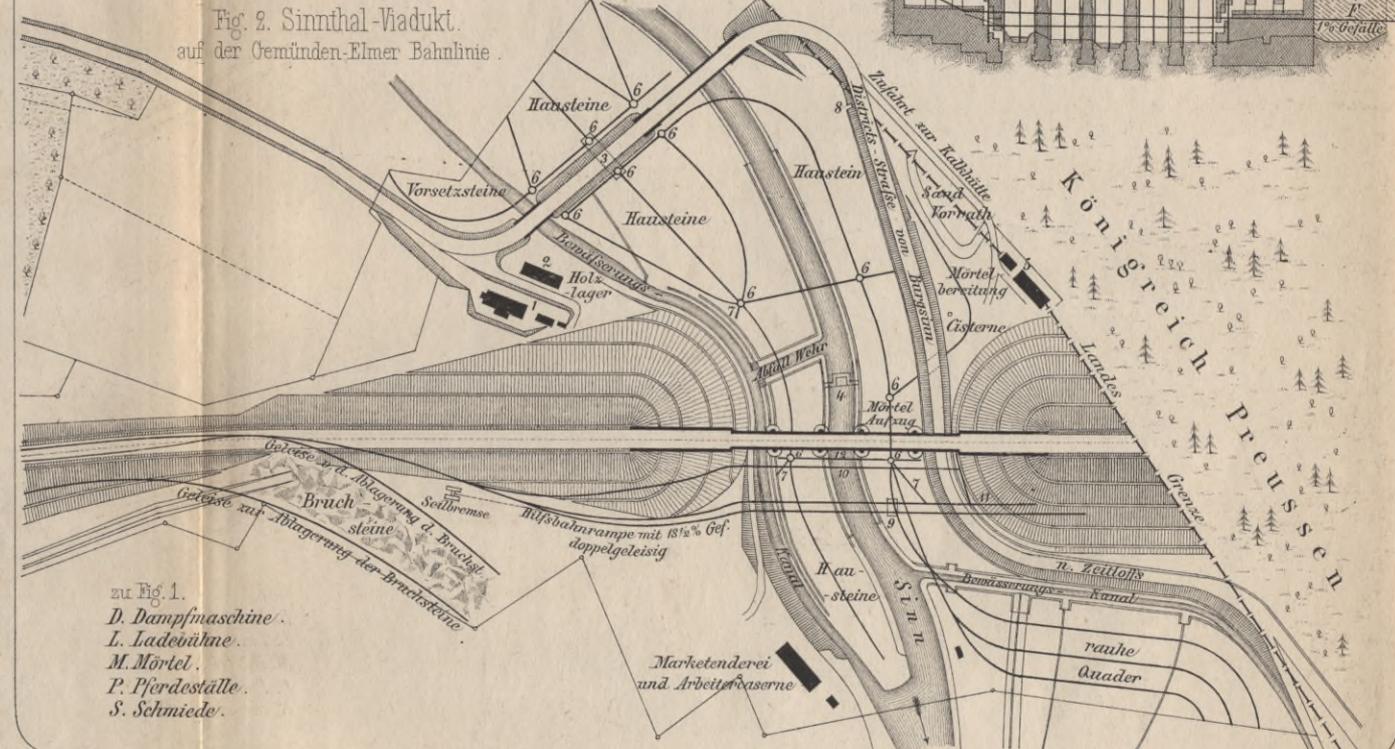
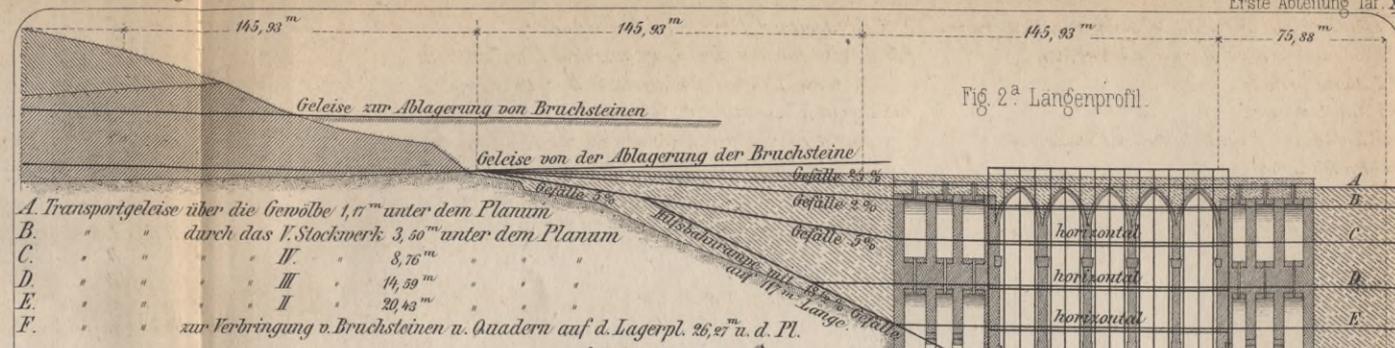
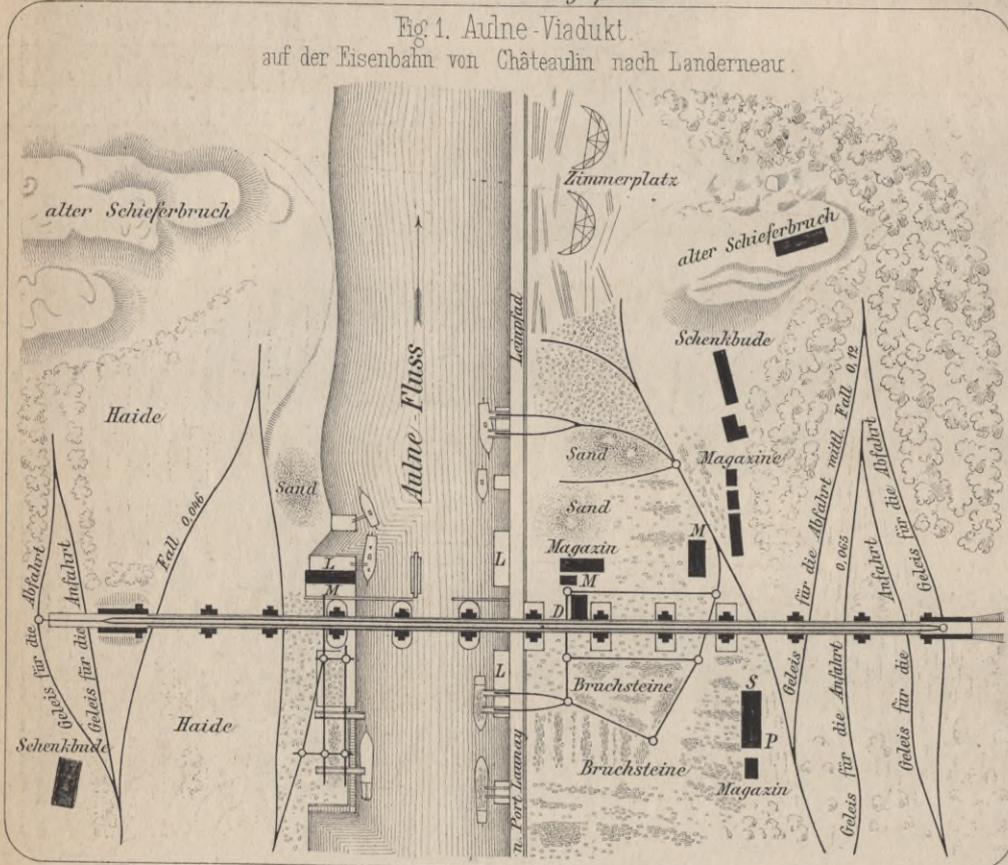






Fig. 1. Sinnthal Viadukt auf der Gemünden-Elmer Bahnlinie.

Fig. 1<sup>a</sup> Querschnitt.

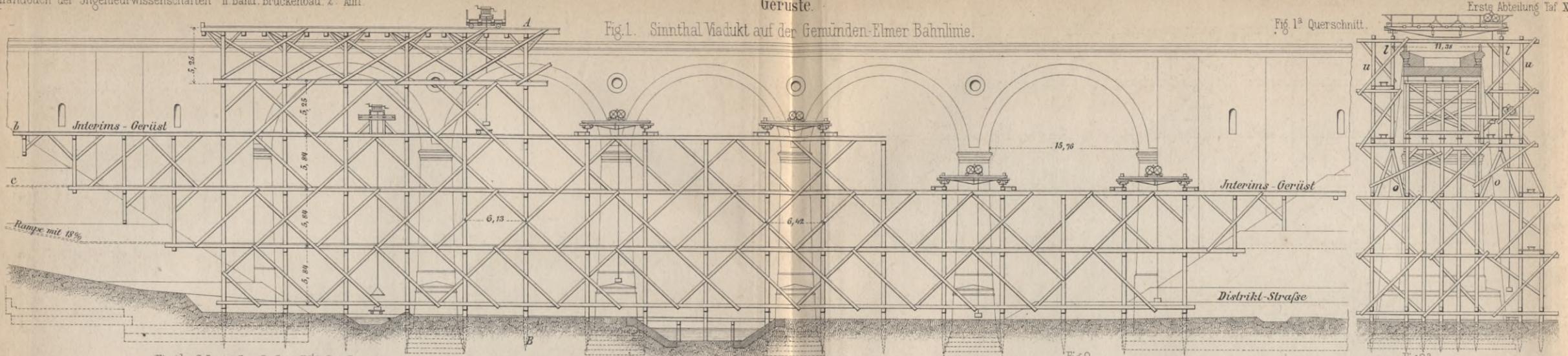


Fig. 1<sup>b</sup> Schnitt durch das IV<sup>te</sup> Stockwerk.

Schnitt durch das III<sup>te</sup> Stockwerk.

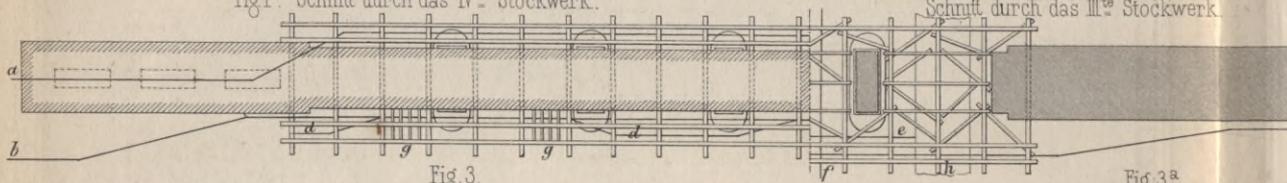


Fig. 3.

Fig. 3<sup>a</sup>.

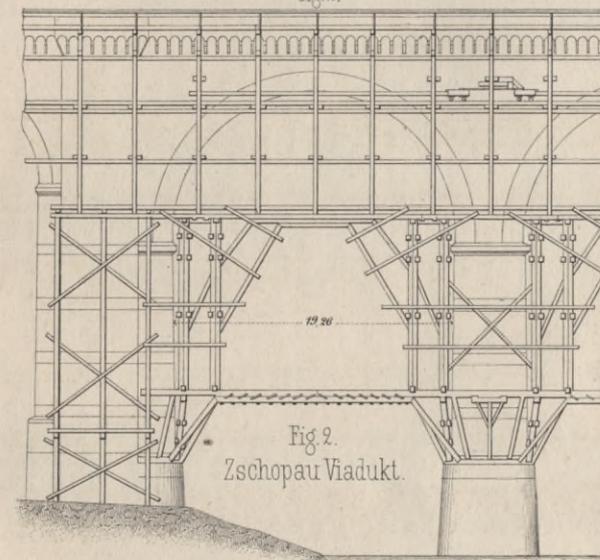


Fig. 2.

Fig. 2. Zschopau Viadukt.

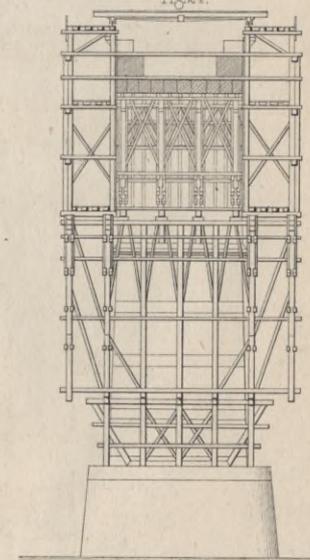


Fig. 2<sup>a</sup>.

Fig. 5. Einz Viadukt bei Bietigheim.

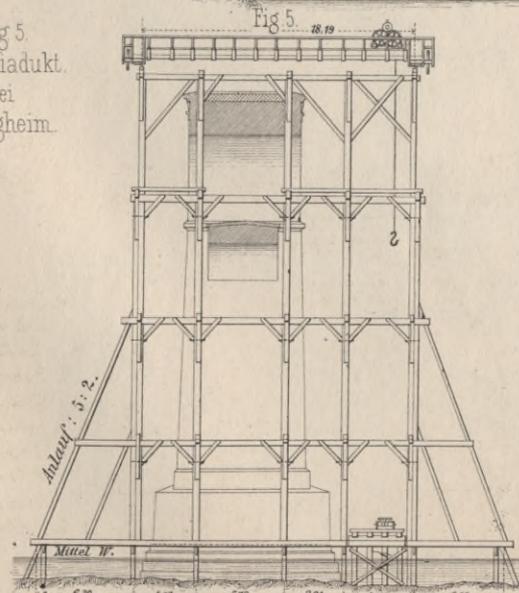


Fig. 5.

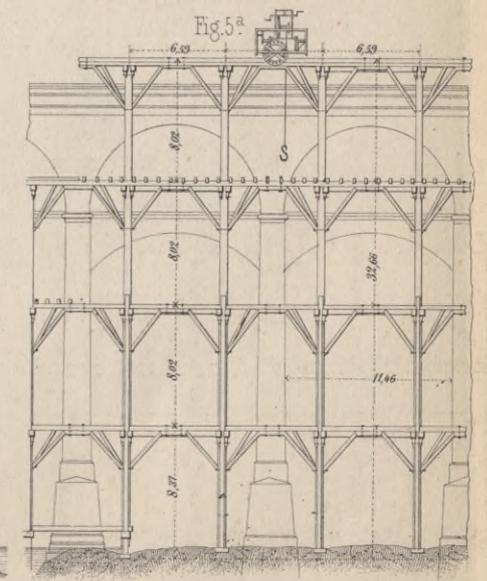


Fig. 5<sup>a</sup>.

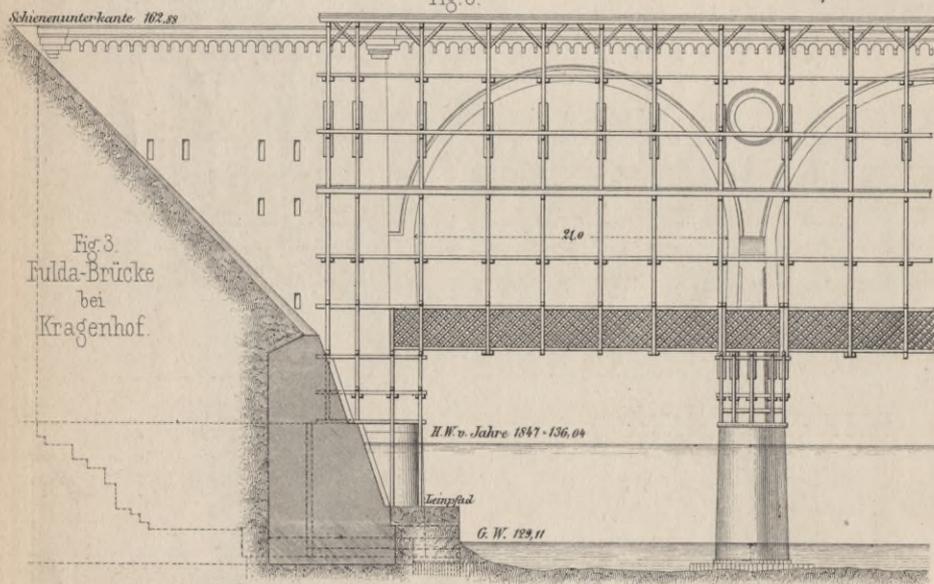
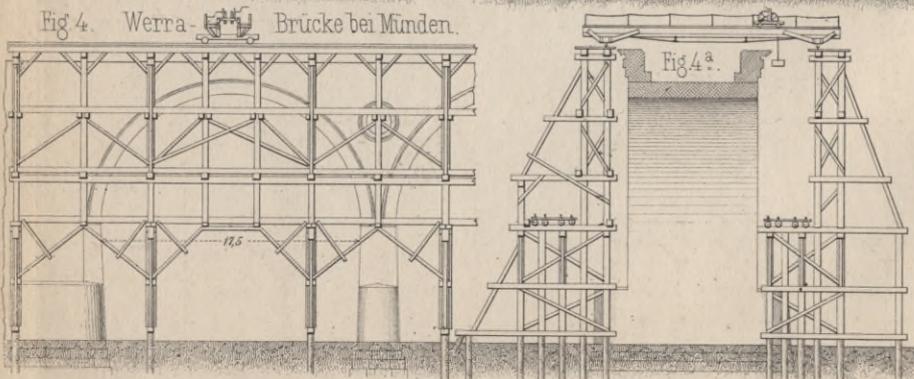


Fig. 3. Fulda-Brücke bei Kragenhof.

Fig. 4. Werra-Brücke bei Münden.



zu Fig. 1. u. 1<sup>b</sup>

- a. Transportgeleise aus dem Einschnitte über die Hohlräume der Widerlager in das V<sup>te</sup> Stockwerk (in der linksseitigen Wand des Fahrgerüsts).
- b. Transportgeleise aus dem Einschnitte in das IV<sup>te</sup> Stockwerk (im Raum zwischen den Gewölben und der rechtsseitigen Wand des Fahrgerüsts).
- c. Transportgeleise aus dem Einschnitte durch das II<sup>te</sup> und III<sup>te</sup> Stockwerk. h. Distrikt-Straße.
- d. Ausweichgeleise. f. Lagerplatzgeleise.
- e. Aufzugsgeleise. g. Aufzugsgerüste.

Fig. 1<sup>a</sup> 2, 2<sup>a</sup>, 3, 3<sup>a</sup>, 4, 4<sup>a</sup>, 5, 5<sup>a</sup> - 1:500.

Fig. 1<sup>b</sup> - 1:1000.

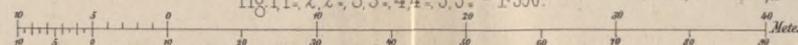
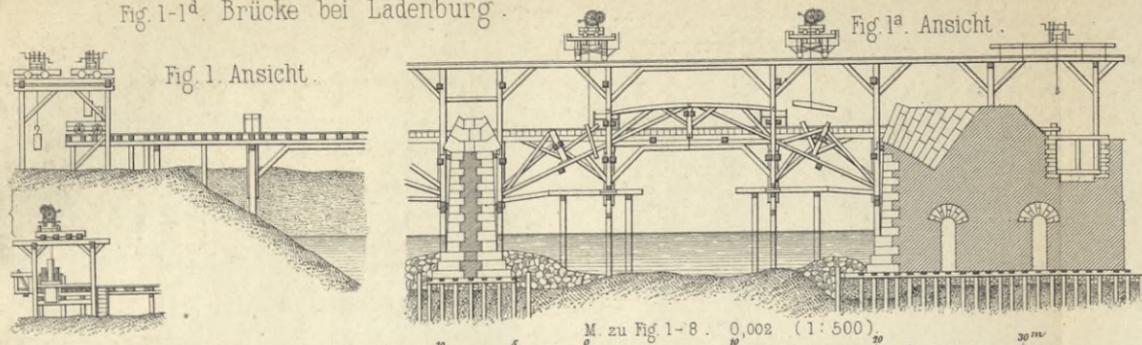




Fig. 1-1<sup>a</sup>. Brücke bei Ladenburg.



Ausführung der steinernen Brücken.

Gerüste.

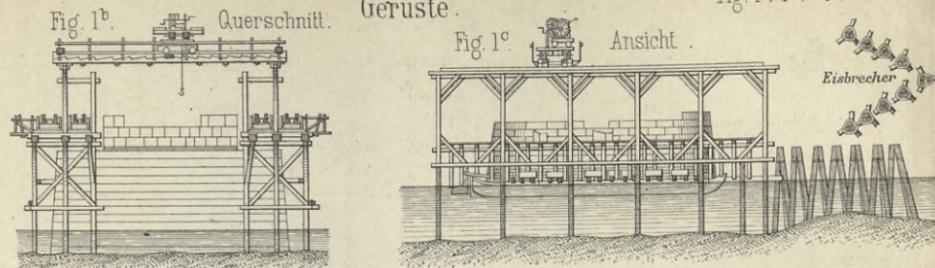


Fig. 1<sup>d</sup>. Gerüst für die Pfeiler.

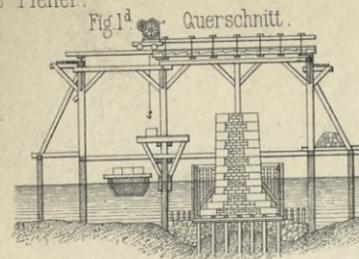


Fig. 2. Brücke über die Mosel bei Conz.

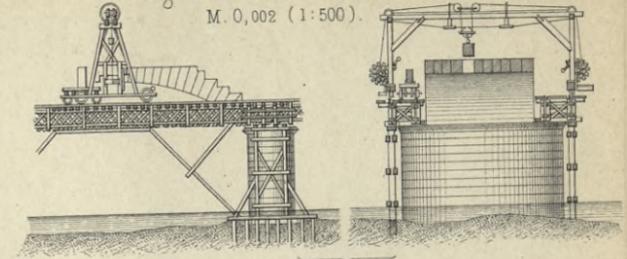


Fig. 4-4<sup>b</sup>. Viadukt der Bahn von Zabern nach Wasselnheim.

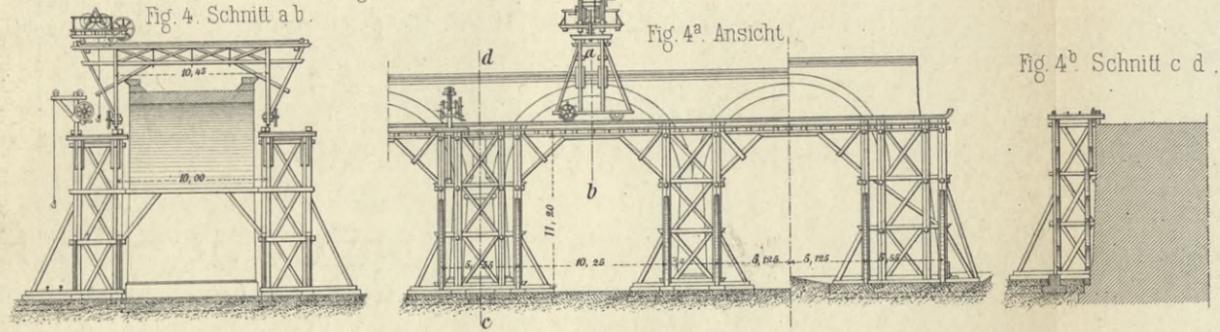


Fig. 3-3<sup>a</sup>. Brücke über die Loire bei Montlouis. M. 0,002 (1:500).

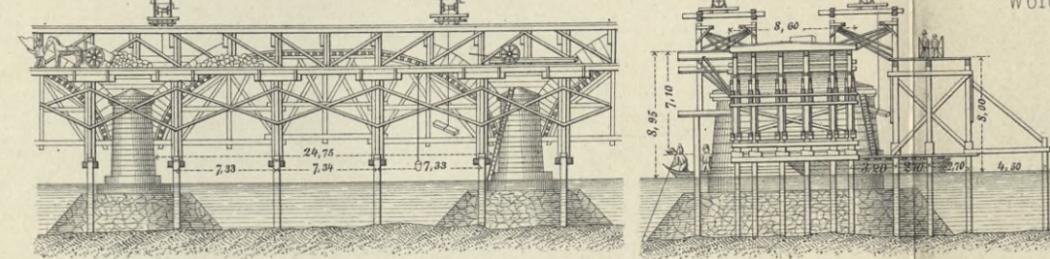


Fig. 3 u. 3<sup>a</sup>. Wölbergerüst.

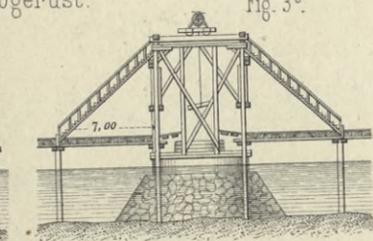


Fig. 3<sup>b</sup>-3<sup>d</sup>. Gerüst für den Pfeilerbau.

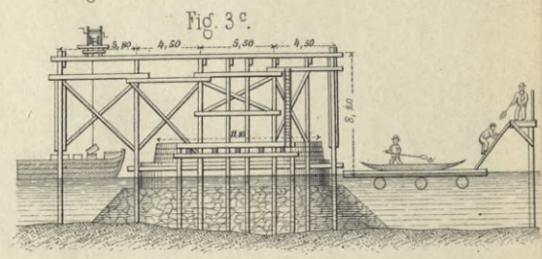


Fig. 6 u. 6<sup>a</sup>. Viadukt bei Endersbach (Württemberg'sche Staatsbahn). M. 0,002 (1:500).

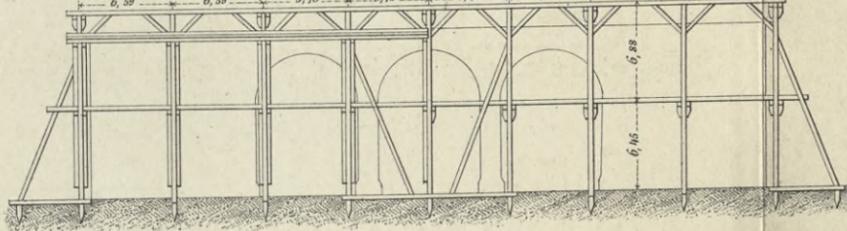


Fig. 6<sup>a</sup>.

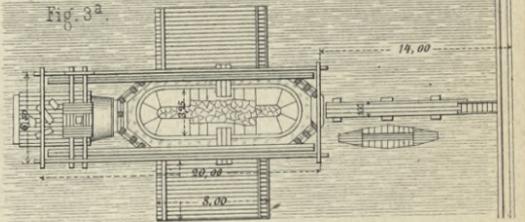
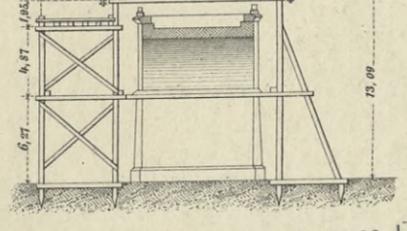


Fig. 5-5<sup>b</sup>. Viadukt bei Marnheim. M. 0,002 (1:500).

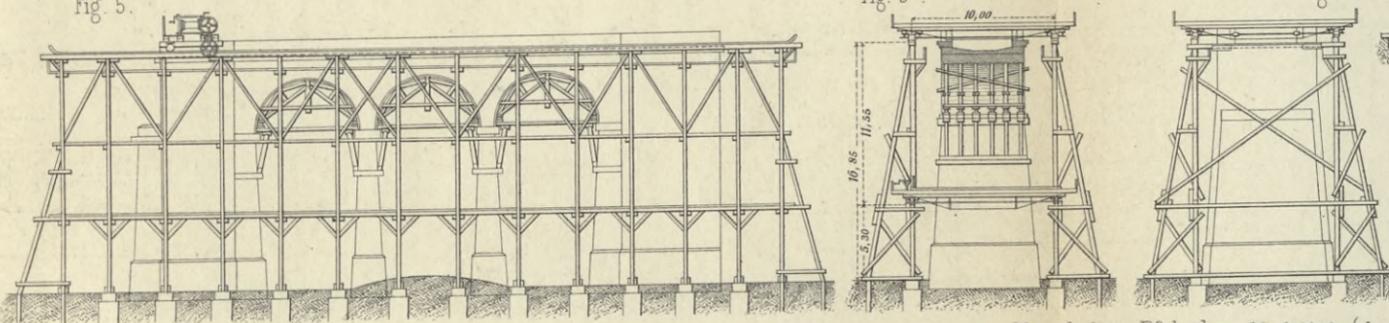


Fig. 5<sup>b</sup>.

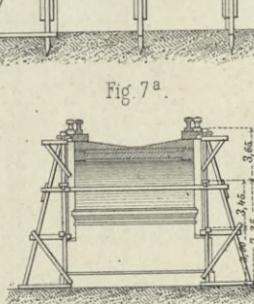
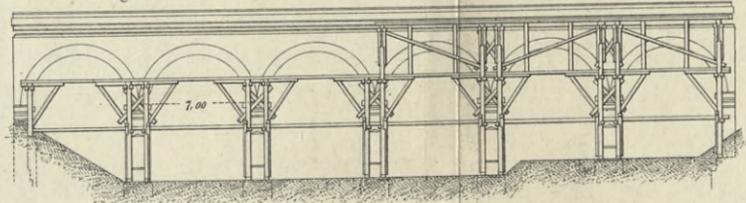


Fig. 7 u. 7<sup>a</sup>. Viadukt der Pfälzischen Ludwigsbahn.



M. 0,002 (1:500).

Fig. 8 u. 8<sup>a</sup>. Viadukt der Pfälzischen Ludw. Bahn.

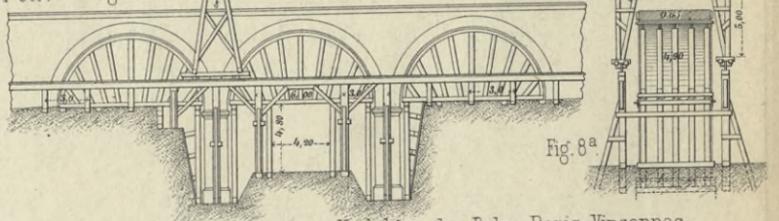


Fig. 9 u. 9<sup>a</sup>. Brücke über die Mosel bei Pfalz. M. 0,0036 (1:275).

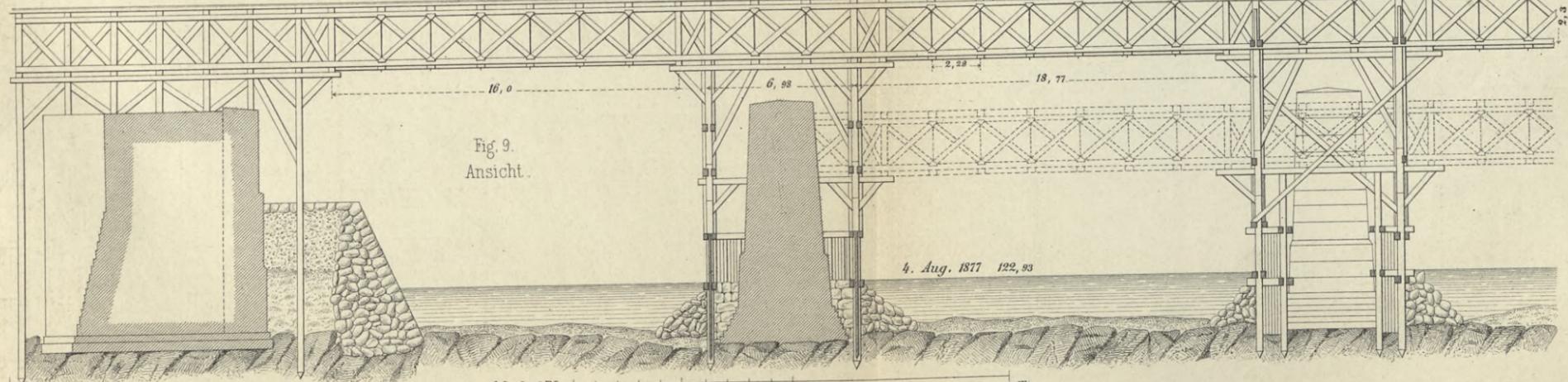


Fig. 9. Ansicht.

4. Aug. 1877 122, 93

Fig. 9<sup>a</sup> Querschnitt.

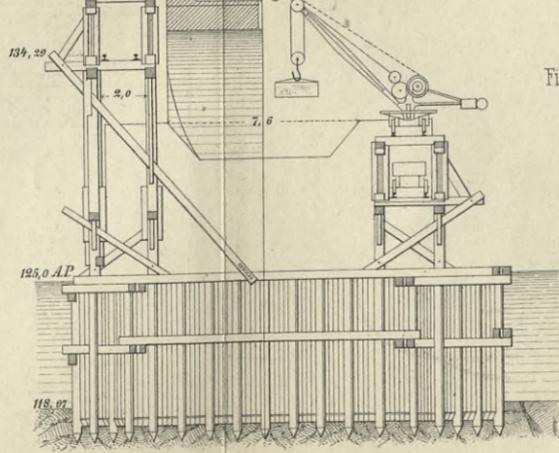
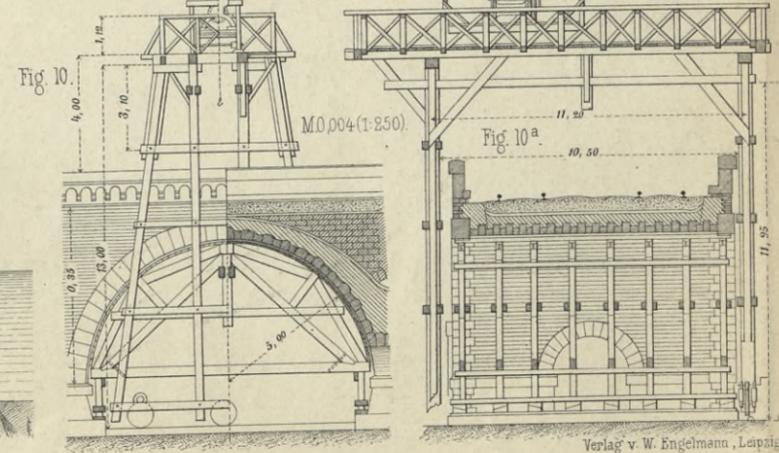


Fig. 10 u. 10<sup>a</sup>. Laufkran eines Viaduktes der Bahn Paris-Vincennes.



M. 0,004 (1:250).

Fig. 10<sup>a</sup>.



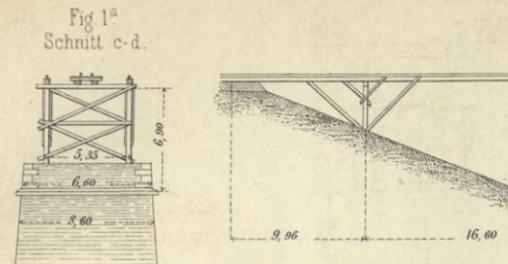


Fig 1<sup>a</sup> Schnitt c-d.

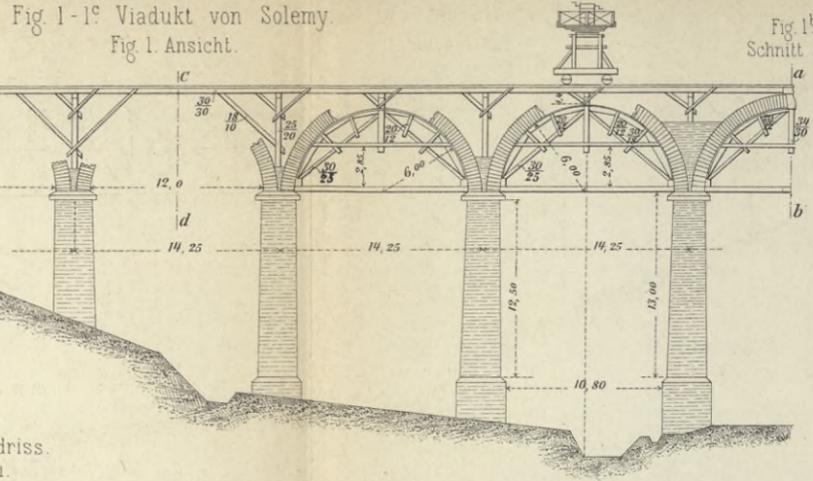


Fig 1-1<sup>c</sup> Viadukt von Solemy  
Fig 1 Ansicht.

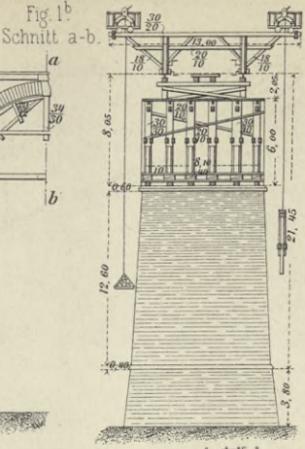


Fig 1<sup>b</sup> Schnitt a-b.

Fig 2-2<sup>b</sup> Strompfeiler, Fig 3-3<sup>c</sup> Landpfeiler der Strassenbrücke über den Douro bei Regoa (Portugal). M. 0,002 (1:500).

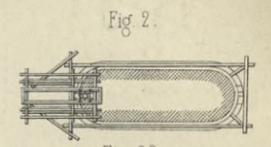


Fig 2.

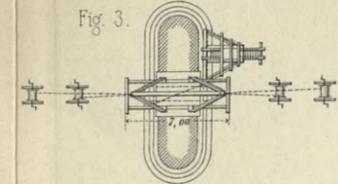


Fig 3.

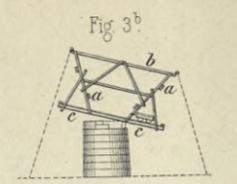


Fig 3<sup>b</sup>

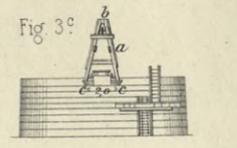


Fig 3<sup>c</sup>

Fig 4-4<sup>b</sup> Viadukt von Montciant. M. 0,002 (1:500).

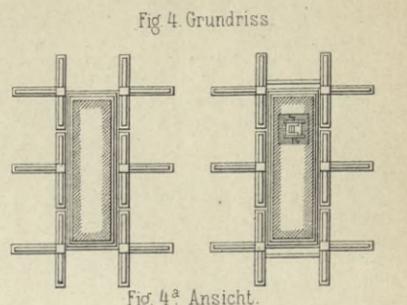


Fig 4 Grundriss.

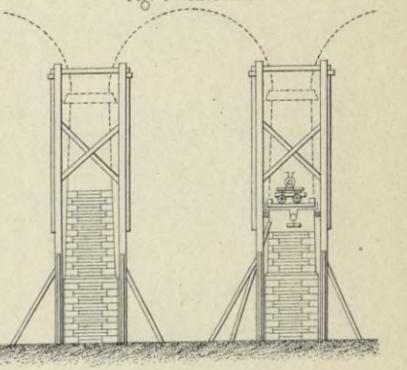


Fig 4<sup>a</sup> Ansicht.

Fig 5-5<sup>b</sup> Viadukt des Bèbre-Thals. M. 0,002 (1:500).

Fig 5 Grundriss.

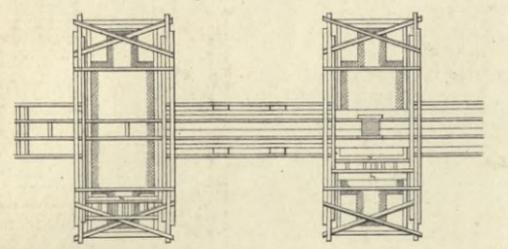


Fig 5<sup>a</sup>

Ansicht.

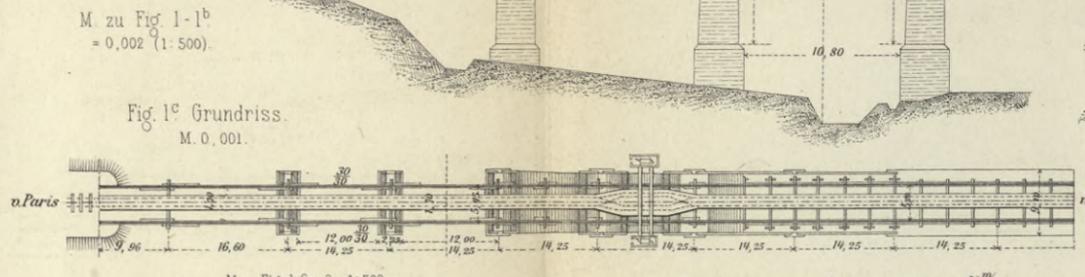
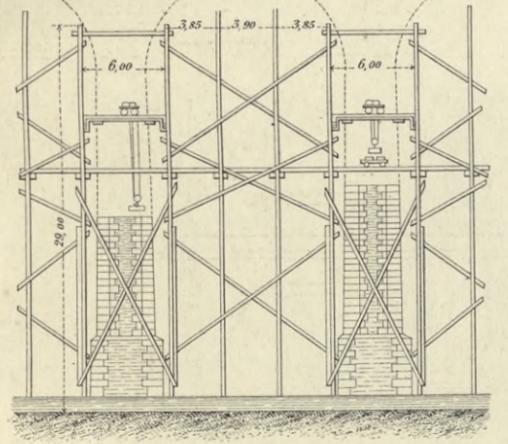


Fig 1<sup>c</sup> Grundriss.  
M. 0,001.

Fig 5<sup>b</sup> Seitenansicht.

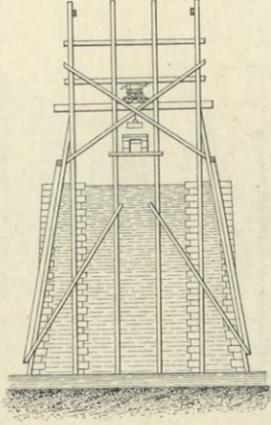


Fig 7u7<sup>a</sup> Viadukt bei Lengfeld. M. 0,004 (1:250).  
Rüstung am Mittelpfeiler.

Fig 7. Seitenansicht.

Fig 7<sup>a</sup> Vorderansicht.

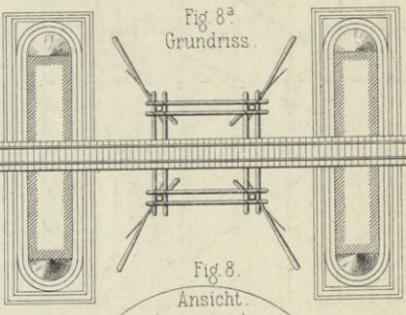
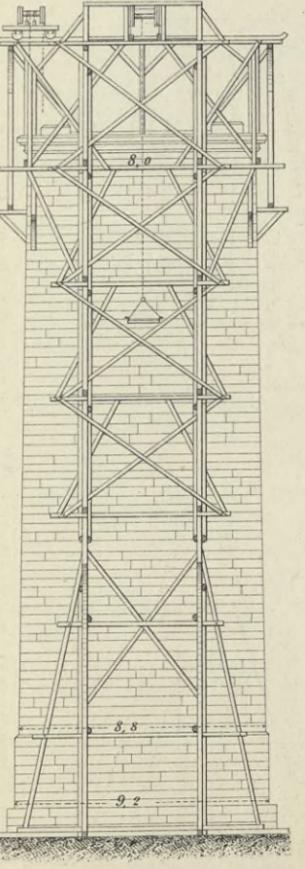
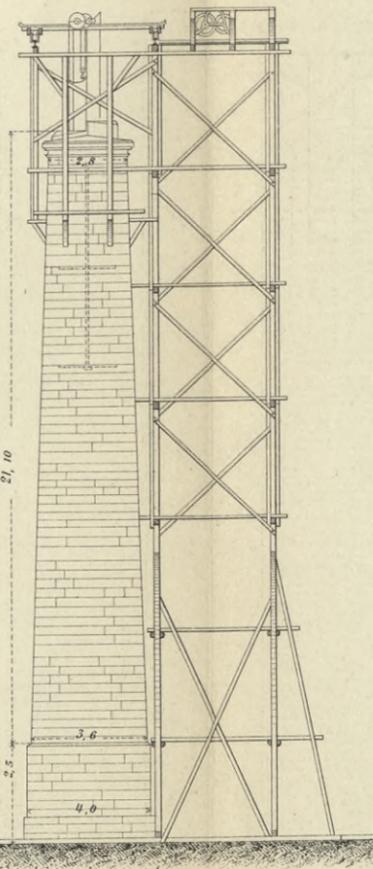


Fig 8<sup>a</sup> Grundriss.

Fig 8 Ansicht.

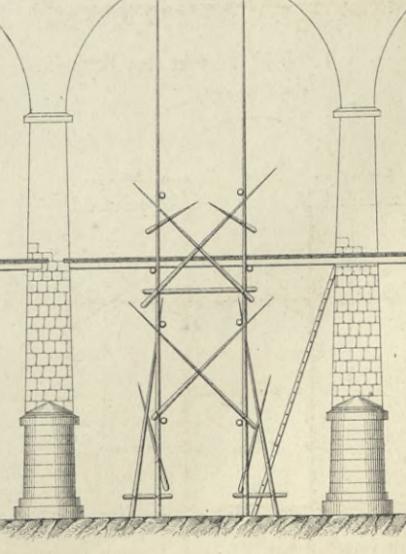


Fig 8-8<sup>c</sup> Viadukt v. Chastellux. M. zu Fig. 8-8<sup>b</sup> 0,004 (1:250).  
Fig 8<sup>c</sup> Transportbahn. M. 0,025 (1:40).

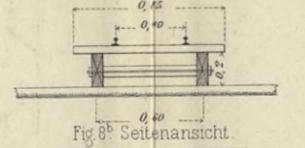


Fig 8<sup>b</sup> Seitenansicht.

Fig 9u.9<sup>a</sup> Viadukt von Chaumont M. 0,002 (1:500).

Fig 9. Vorderansicht.

Fig 9<sup>a</sup> Seitenansicht.

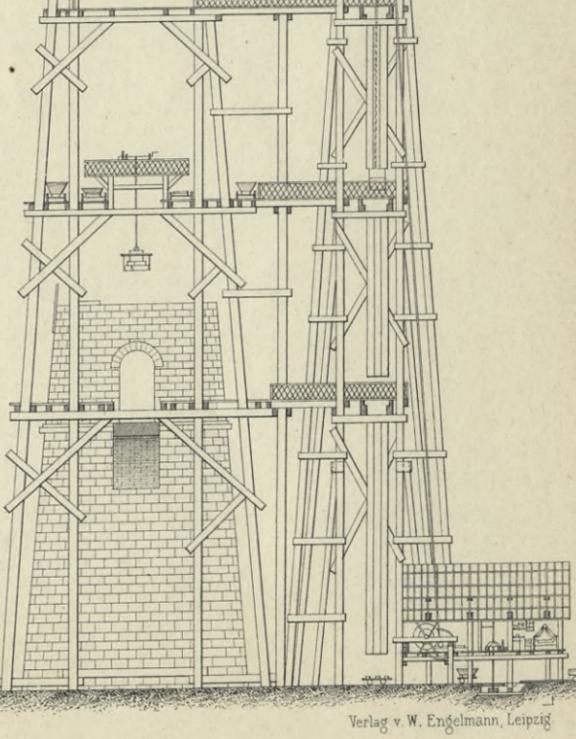
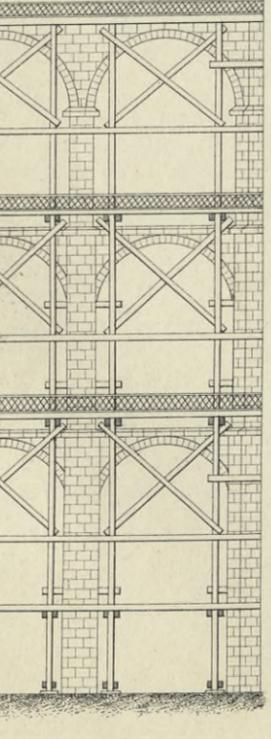


Fig 6-6<sup>a</sup> Viadukt des Feige-Thals. M. 0,002 (1:500).  
Fig 6 Ansicht.

Fig 6<sup>a</sup> Seitenansicht.

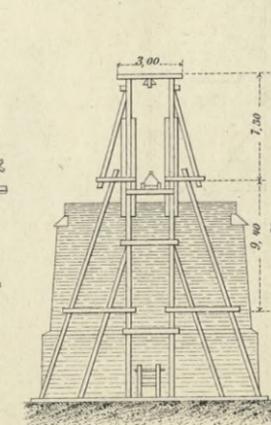
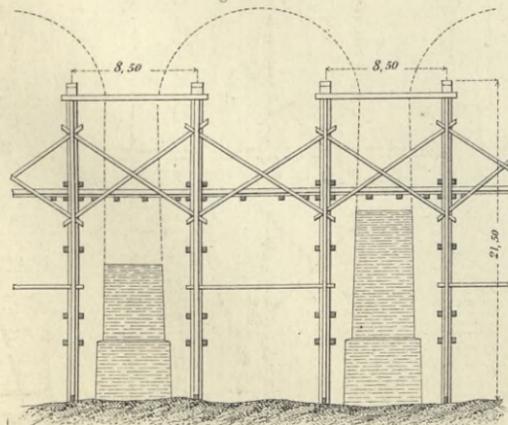




Fig 1-1<sup>b</sup> Viadukt des Aulne-Thals.

Fig 1<sup>a</sup> Vertikalschnitt.

Fig. 2. Viadukt von Daoulas. M 0,002.

Fig 2-2<sup>b</sup> Herstellung der Pfeiler.

Fig 2<sup>c</sup>

Fig 2<sup>d</sup>

Fig 3<sup>a</sup> Querschnitt

Fig 3-3<sup>c</sup> Viadukt von Morlaix.

(obere Etage)

Fig 3.

Fig 2<sup>c</sup>-2<sup>e</sup> Aufstellung der Lehrgerüste.

Aufstellen des Lehrgerüsts. Ausrüsten.

M zu Fig 3, 3<sup>a</sup>, 6, 6<sup>a</sup> = 0,0033 (1:300)

Fig 4 u 4<sup>a</sup> Wäldlitobel-Brücke der Arlberg-Bahn M. 0,0022 (1:450).

Fig 3<sup>b</sup> u 3<sup>c</sup> Gitterträger M. 0,01. Ansicht und Längenschnitt.

Fig 3<sup>b</sup>

Fig 3<sup>c</sup>

Fig 4

Fig 4<sup>a</sup>

Fig 5 Viadukt des Jndre-Thals. Aufstellen der Lehrgerüste und Wölben M. 0,002 (1:500).

M zu Fig 4 = 0,0022 (1:450)

Fig 7. Viadukt von Rümelingen. M. 0,002 (1:500).

Fig 7<sup>a</sup>

Fig 7<sup>b</sup> u 7<sup>c</sup> Herstellung der Pfeiler. Fig 7<sup>b</sup> Fig 7<sup>c</sup>

Fig 6-6<sup>c</sup> Wölben mittels des Bocks. M. 0,0033 (1:300).

Fig 6<sup>a</sup>

Fig 6<sup>c</sup>

Fig 1<sup>b</sup> Hebung der Dienstbrücke.

Fig 1<sup>a</sup> u 1<sup>e</sup> Aufstellung der Lehrgerüste. Fig 1<sup>a</sup> Fig 1<sup>e</sup>

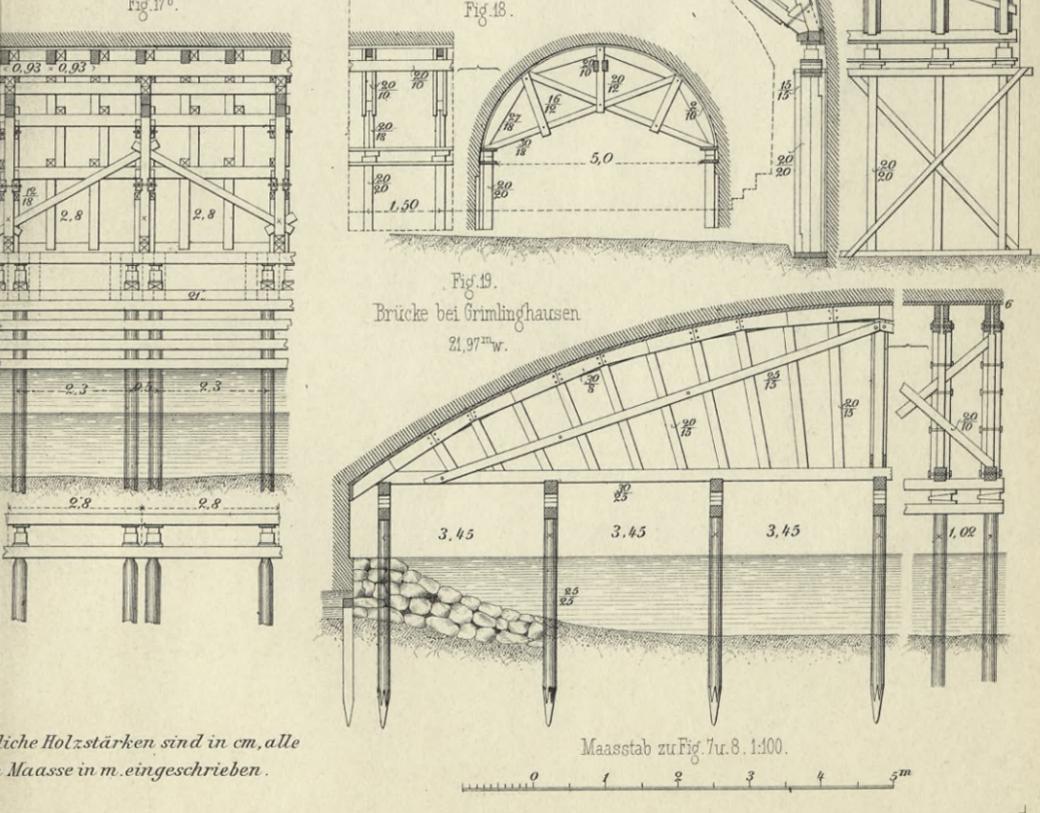
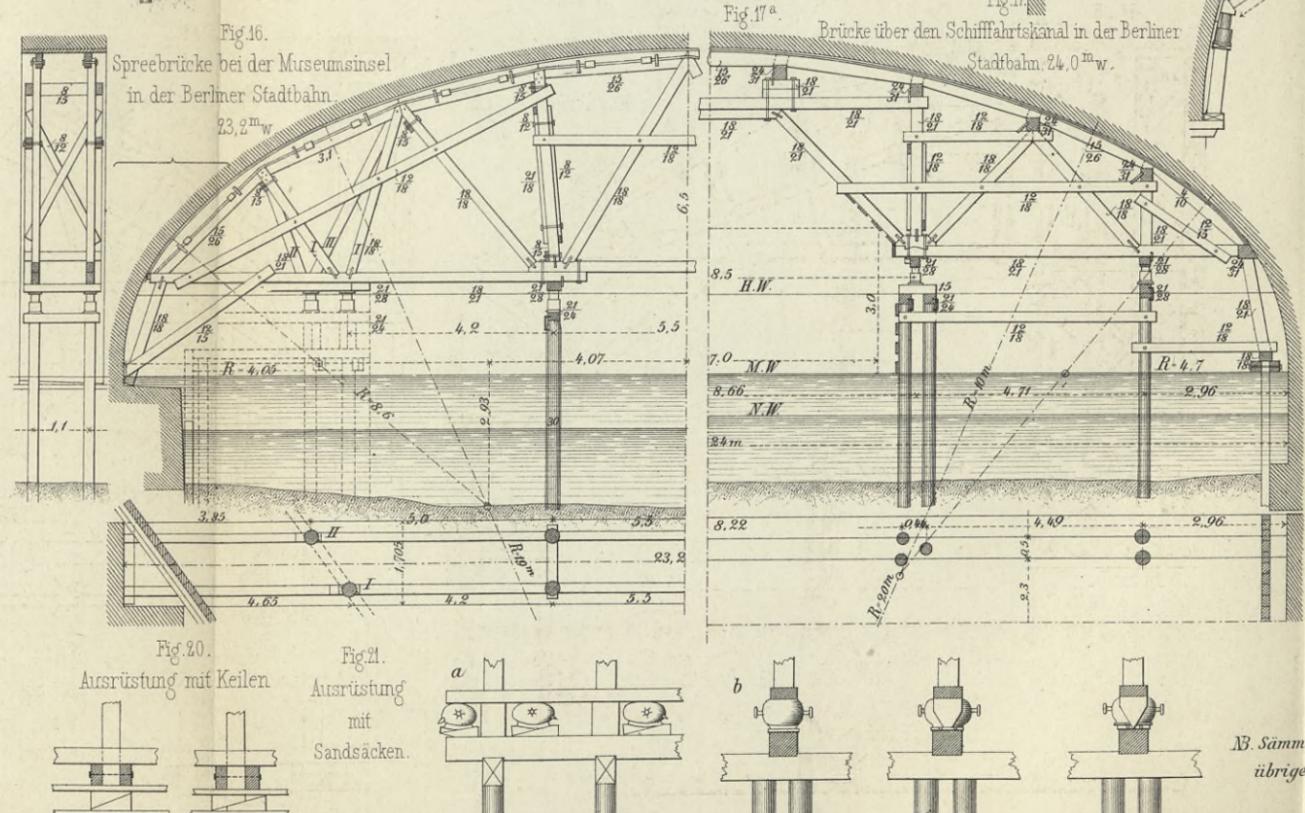
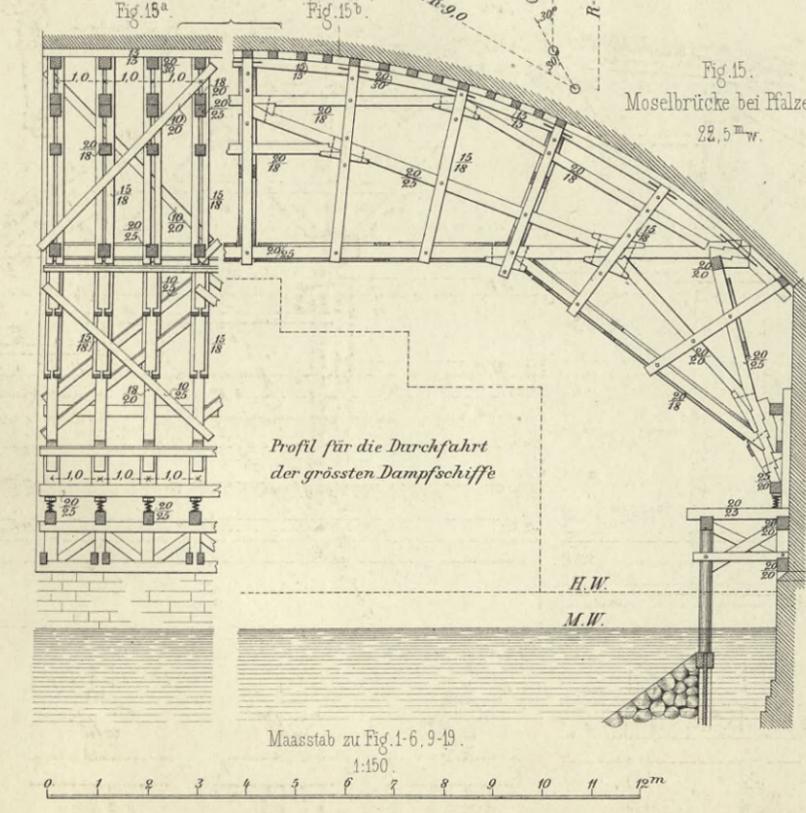
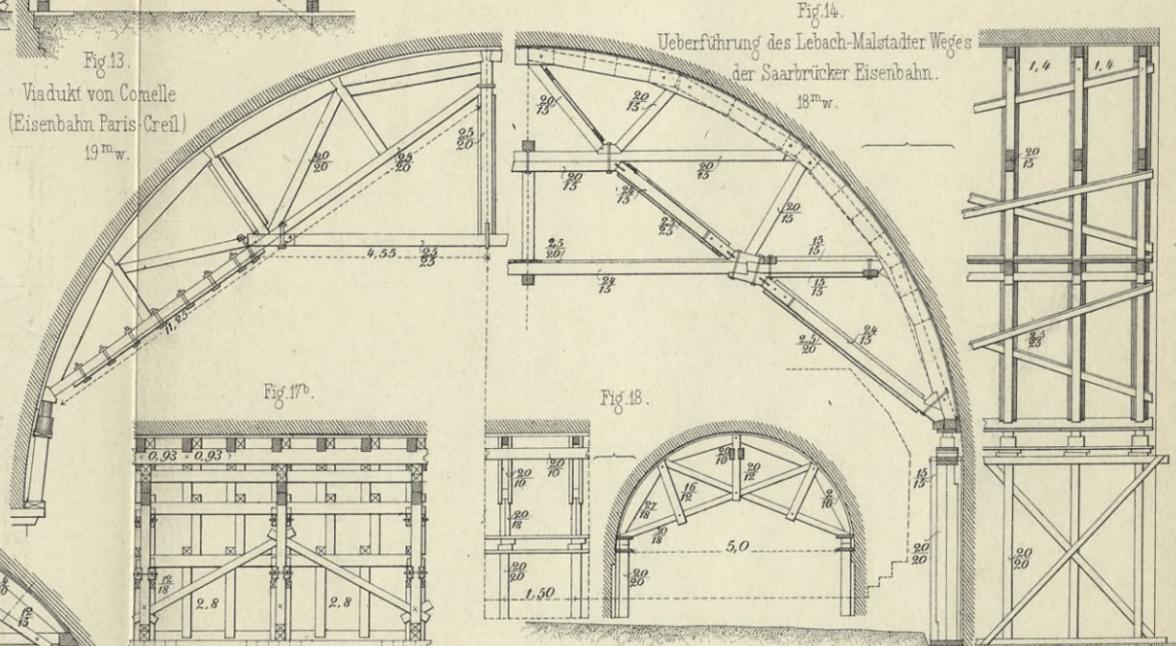
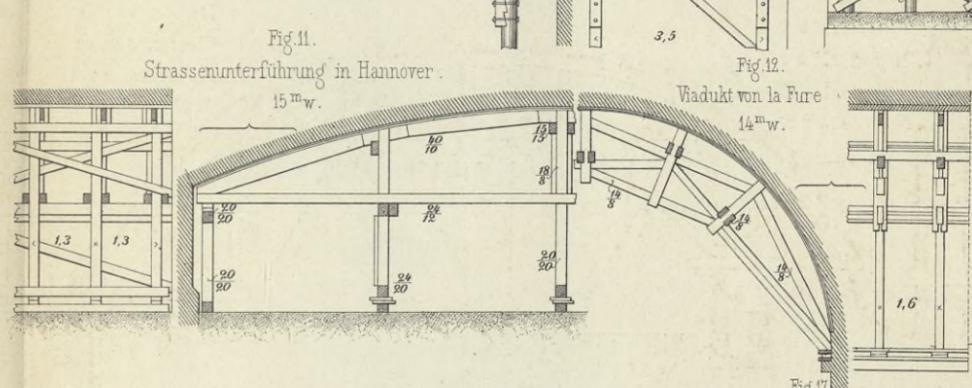
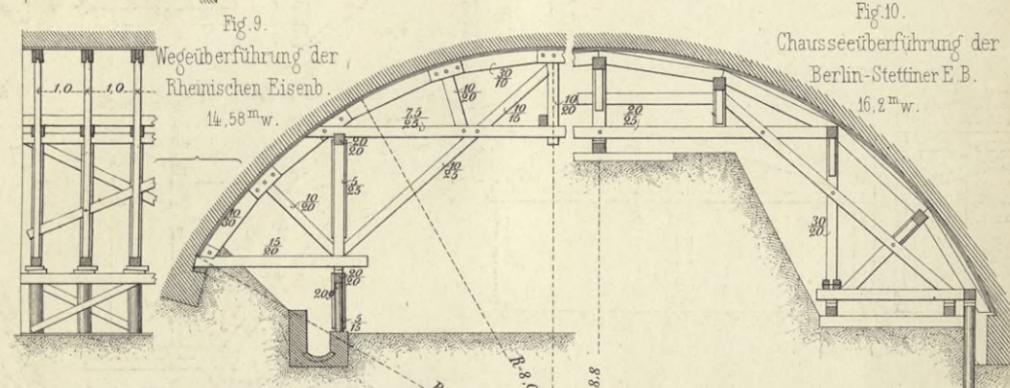
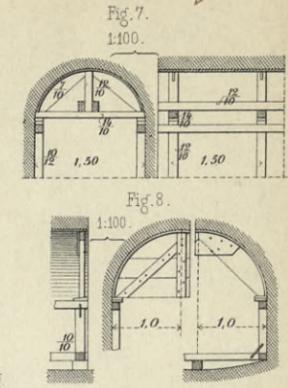
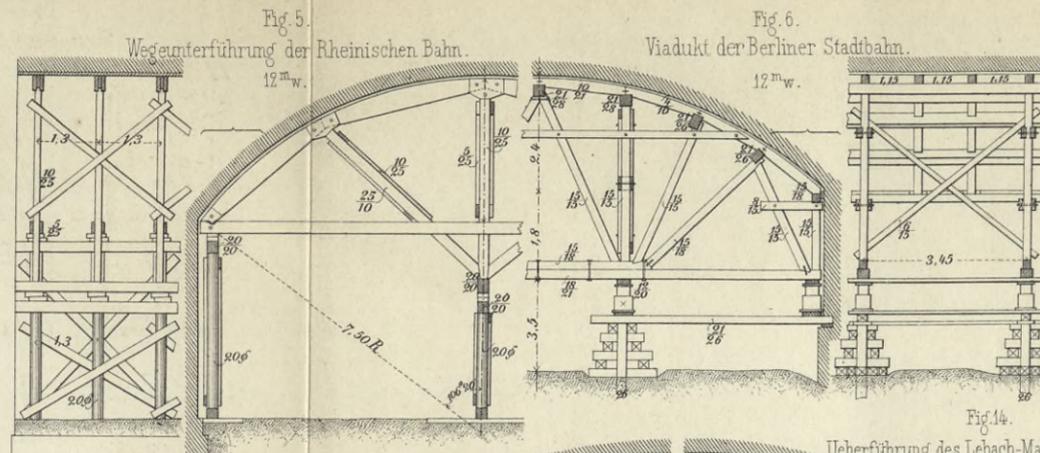
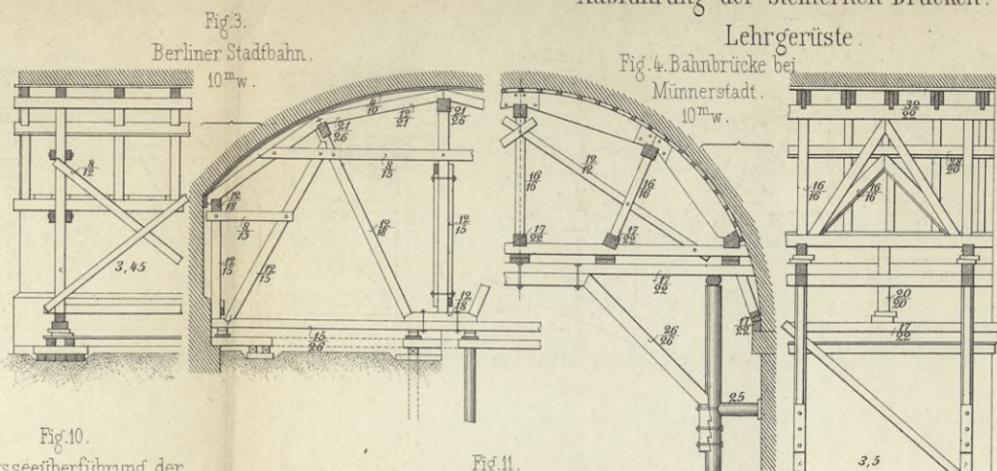
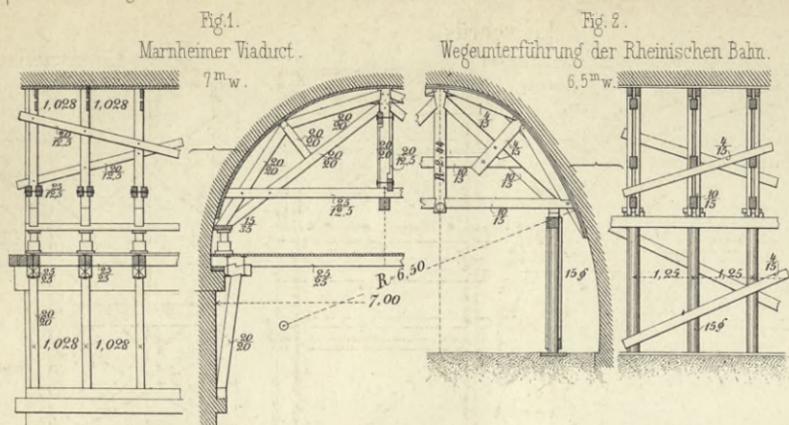
Fig 1<sup>e</sup>

Fig 1<sup>f</sup> Aufzug (Grundriss).

Fig 6<sup>b</sup> Leitereisen d Bocks.

M zu Fig 1, 2, 5, 7 = 0,002 (1:500)





AB. Sämtliche Holzstärken sind in cm, alle übrigen Maasse in m. eingeschrieben.



### Ausführung der steinernen Brücken.

#### Hilfsvorrichtungen.

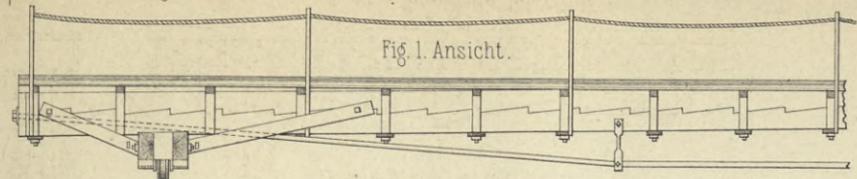


Fig. 1 Ansicht.

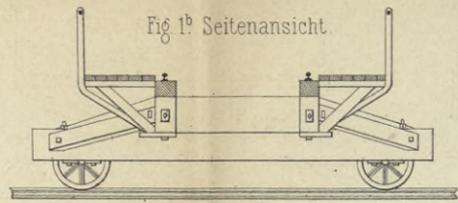


Fig. 1<sup>b</sup> Seitenansicht.

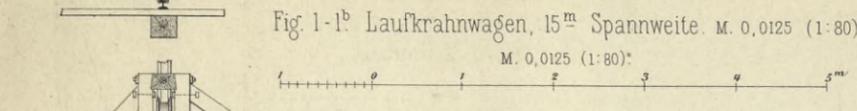


Fig. 1-1<sup>b</sup> Laufkranwagen, 15<sup>m</sup> Spannweite. M. 0,0125 (1:80).  
M. 0,0125 (1:80)

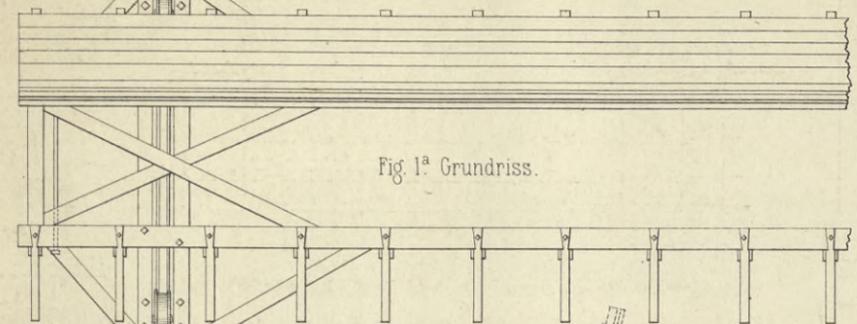


Fig. 1<sup>a</sup> Grundriss.

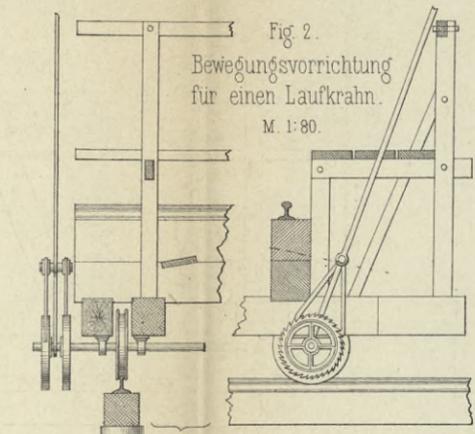


Fig. 2.  
Bewegungsvorrichtung  
für einen Laufkran.  
M. 1:80.

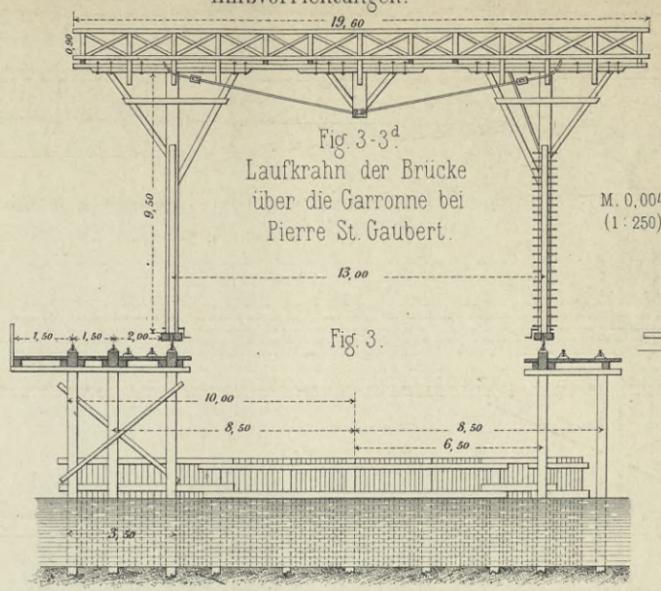


Fig. 3-3<sup>d</sup>  
Laufkran der Brücke  
über die Garonne bei  
Pierre St. Gaubert.  
M. 0,004.  
(1:250).

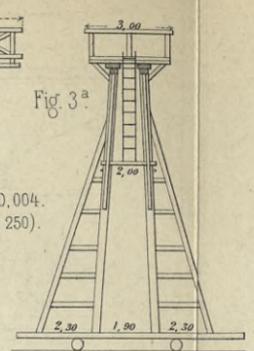


Fig. 3<sup>a</sup>

Fig. 3<sup>b</sup>-3<sup>d</sup> Bewegungsvorrichtung des Laufkrans. M. 0,05 (1:20).

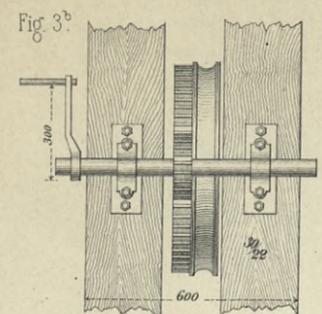


Fig. 3<sup>b</sup>

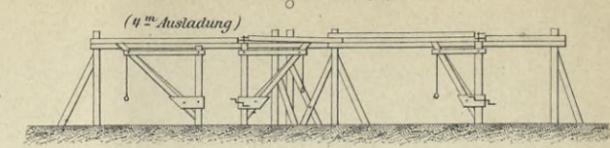


Fig. 4 Ansicht.

(4<sup>m</sup>-Auslastung)

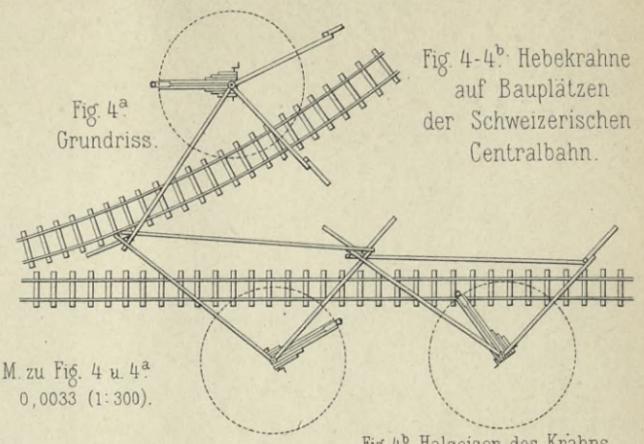


Fig. 4<sup>a</sup>  
Grundriss.

Fig. 4-4<sup>b</sup> Hebekranne auf Bauplätzen der Schweizerischen Centralbahn.

Fig. 7-9. Vorrichtungen für Vollendungsarbeiten. M. 0,005 (1:200).

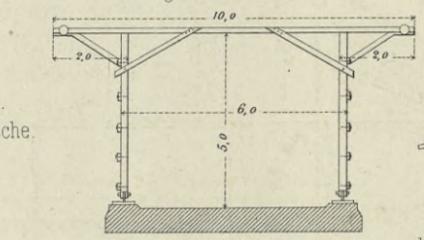


Fig. 7 Laufkran.

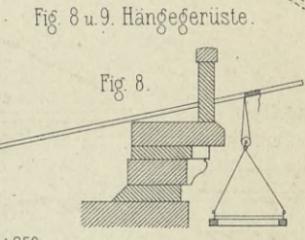


Fig. 8 u. 9 Hängegerüste.

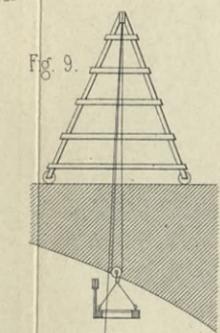


Fig. 9.

Fig. 12-12<sup>e</sup> Hebekran des Jndre-Viadukts. M. 1:100.



Fig. 12<sup>a</sup> Krahnarm (von unten gesehen).



Fig. 12.  
Vorderansicht.

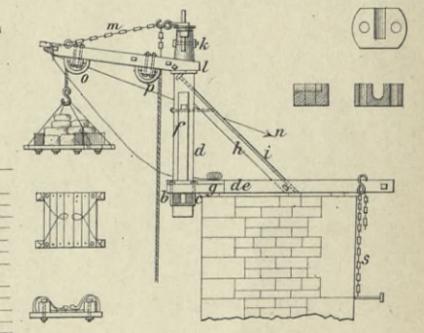


Fig. 12<sup>a</sup> Seitenansicht.

Fig. 12<sup>e</sup> Rollenlager.

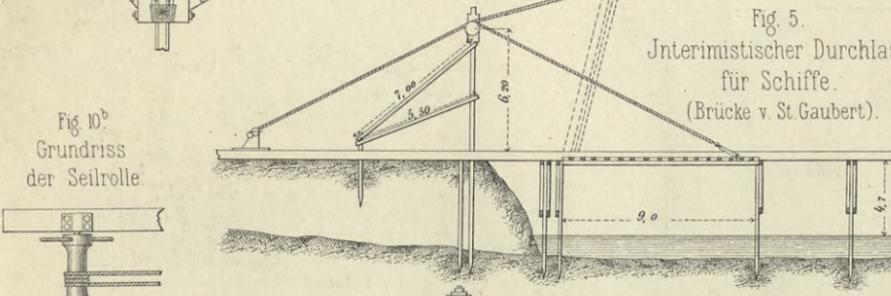


Fig. 5.  
Interimistischer Durchlass  
für Schiffe.  
(Brücke v. St. Gaubert).

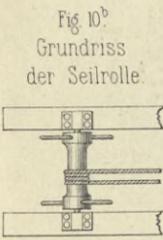


Fig. 10<sup>b</sup>  
Grundriss  
der Seilrolle.

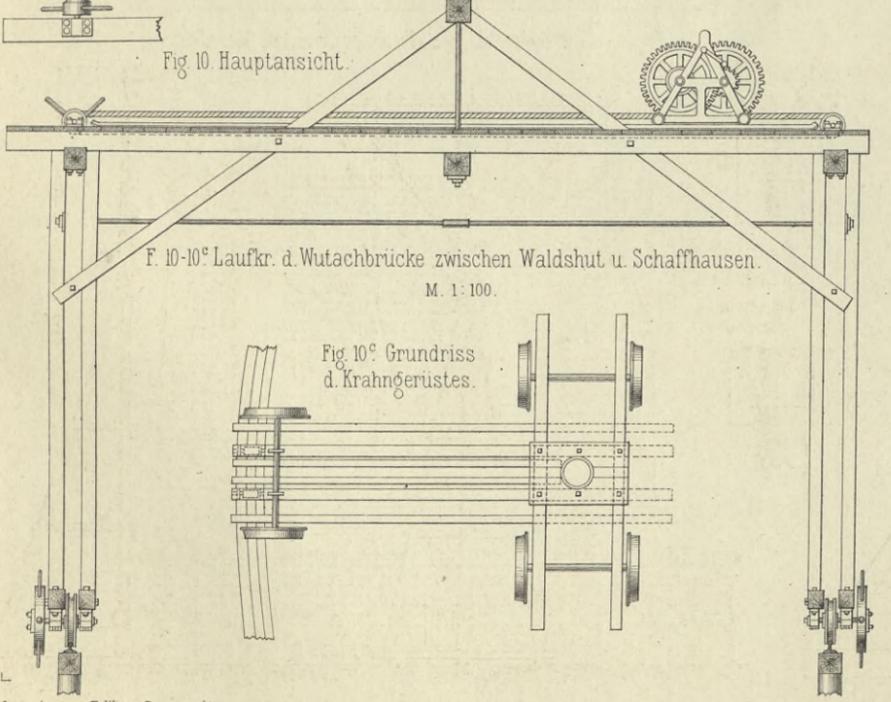


Fig. 10 Hauptansicht.

F. 10-10<sup>e</sup> Laufkr. d. Wutachbrücke zwischen Waldshut u. Schaffhausen.  
M. 1:100.

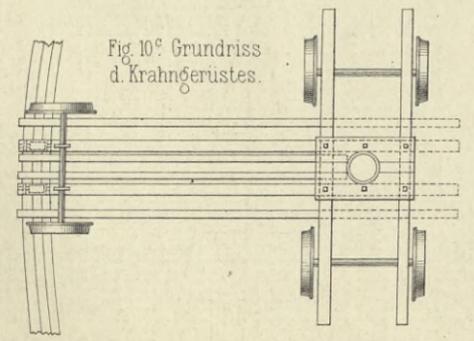


Fig. 10<sup>c</sup> Grundriss  
d. Krahngerüsts.

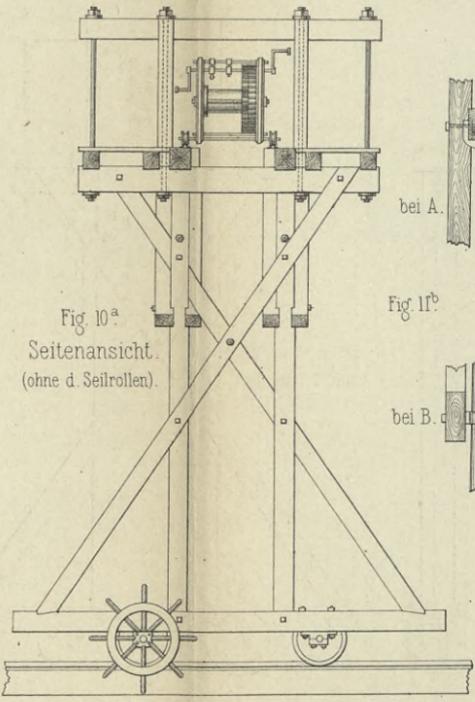


Fig. 10<sup>a</sup>  
Seitenansicht.  
(ohne d. Seilrollen).



Fig. 11<sup>a</sup> u. 11<sup>b</sup>  
Einzelheiten  
des Krans.  
M. 1:50.

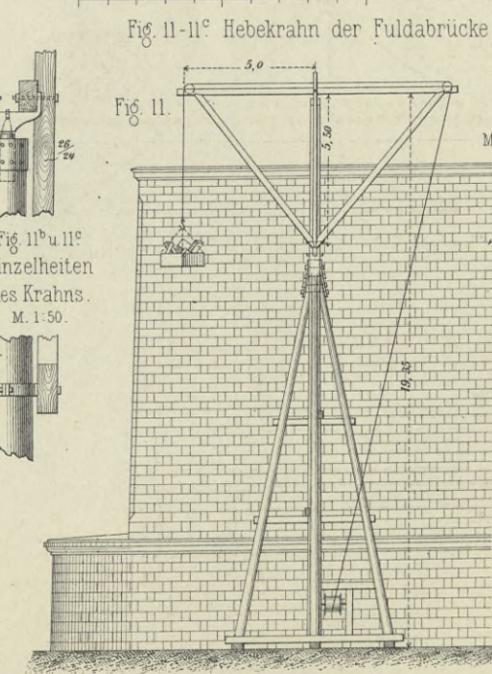


Fig. 11.

Fig. 11<sup>a</sup>  
M. 1:250.

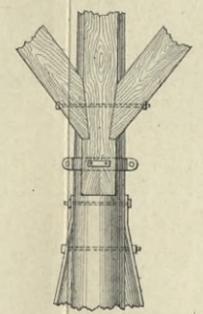


Fig. 11<sup>c</sup>

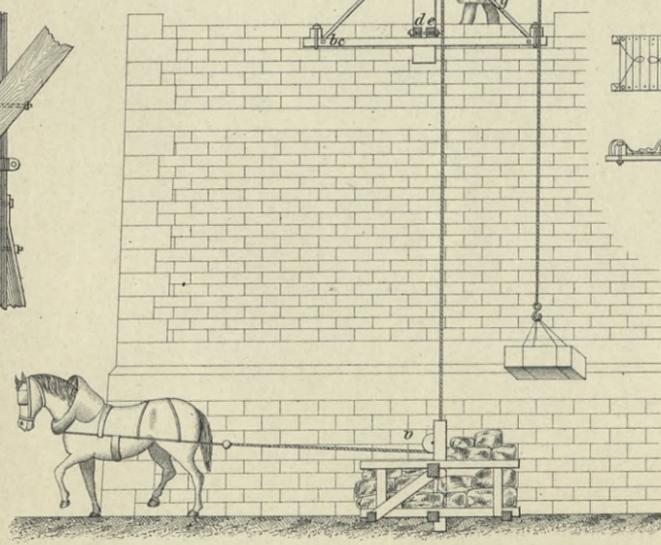


Fig. 12<sup>b</sup> Grundriss.



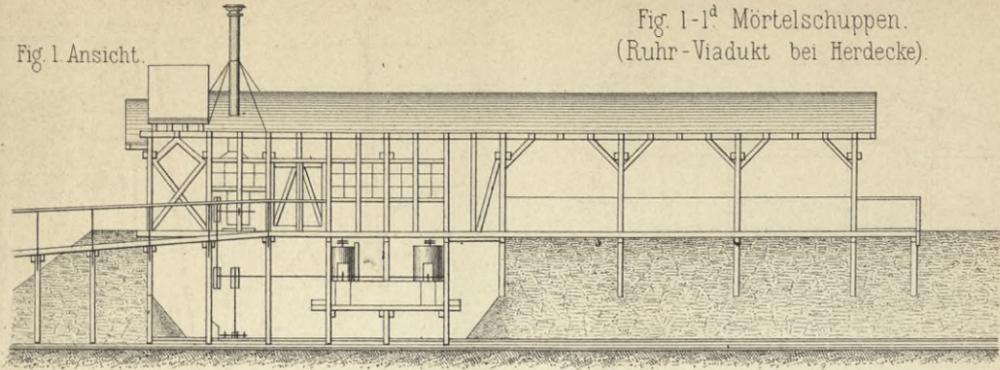


Fig 1 Ansicht.

Fig 1-1<sup>d</sup> Mörtelschuppen.  
(Ruhr-Viadukt bei Herdecke).

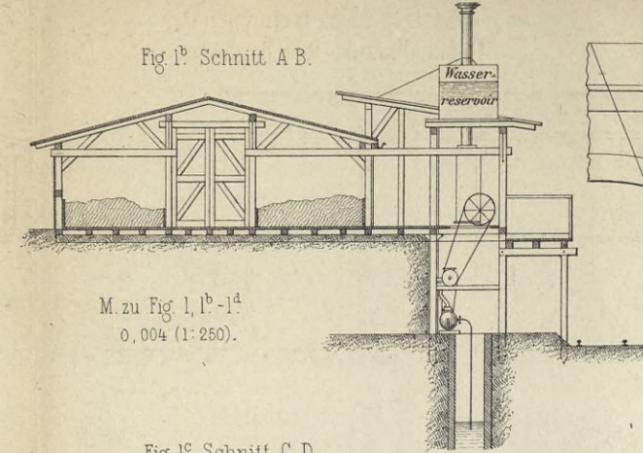


Fig 1<sup>b</sup> Schnitt A B.

M. zu Fig. 1, 1<sup>b</sup>-1<sup>d</sup>  
0,004 (1:250).

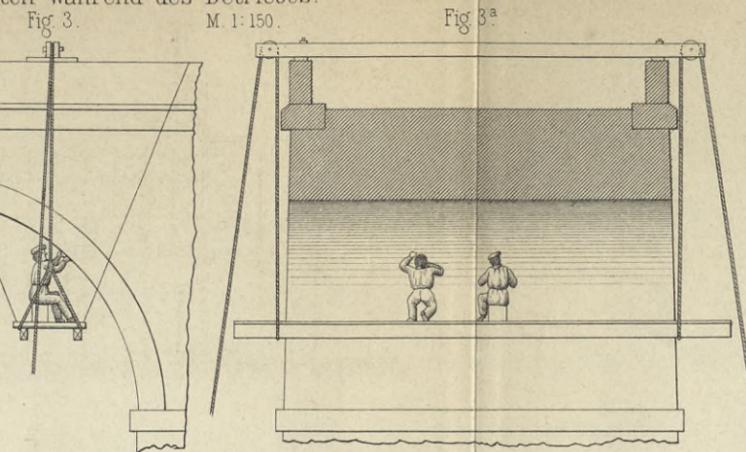


Fig 3.

M. 1:150.

Fig 3<sup>a</sup>

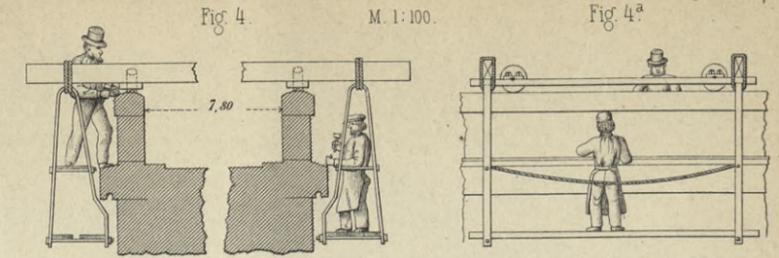


Fig 4.

M. 1:100.

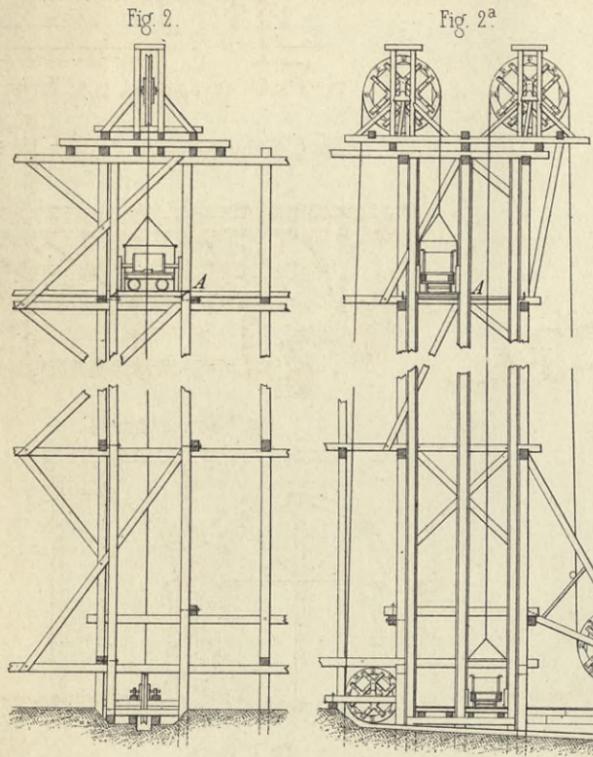


Fig 2.

Fig 2<sup>a</sup>

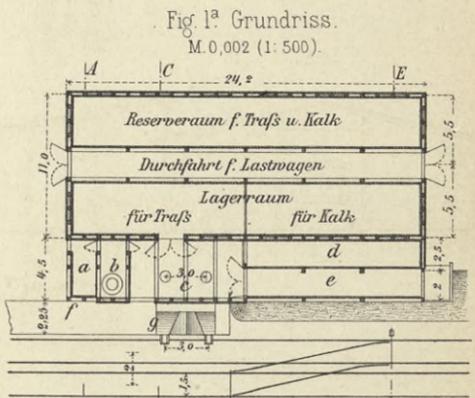


Fig 1<sup>c</sup> Grundriss.  
M. 0,002 (1:500).

- zu Fig. 1<sup>c</sup>
- a. Koflenraum.
  - b. Maschinenraum.
  - c. Mischbühne.
  - d. Bühne zum Kalklöschchen.
  - e. Transport d. gelöschten Kalks.
  - f. Karrenbahn f. Sandtransport.
  - g. Mörtelreservoir.
- Fig 2 u. 2<sup>a</sup>  
Mörtelaufzug.  
(Striegis-Thal Viadukt).  
M. 0,005 (1:200).

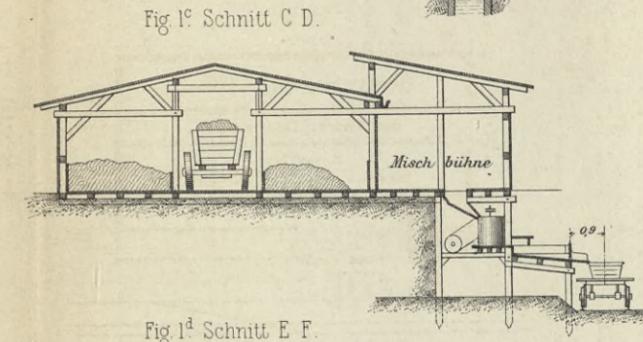


Fig 1<sup>d</sup> Schnitt C D.

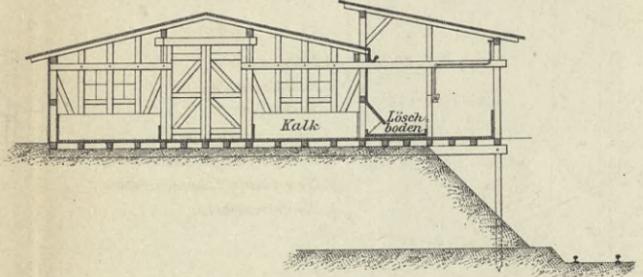


Fig 1<sup>e</sup> Schnitt E F.

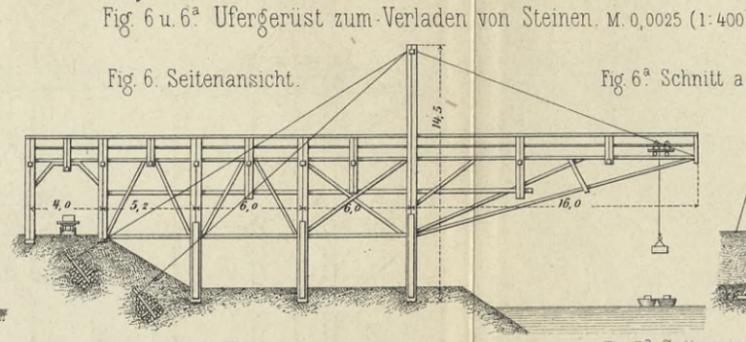


Fig 6 u. 6<sup>a</sup> Ufergerüst zum Verladen von Steinen. M. 0,0025 (1:400).

Fig 6. Seitenansicht.

Fig 6<sup>a</sup> Schnitt a b.

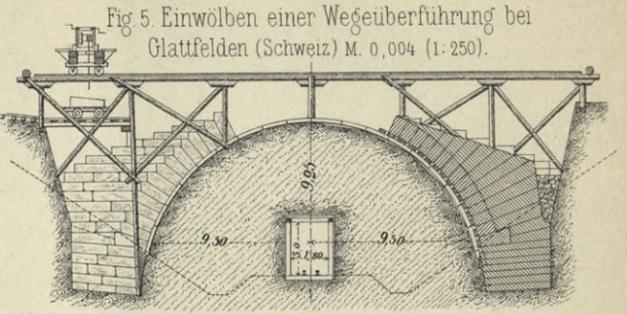


Fig 5 Einwölben einer Wegeüberführung bei  
Glattfelden (Schweiz) M. 0,004 (1:250).

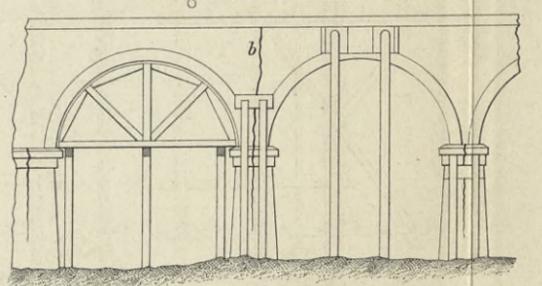


Fig 7. Vorderansicht.

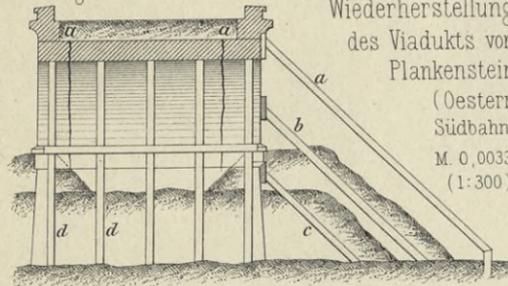


Fig 7<sup>a</sup> Seitenansicht.

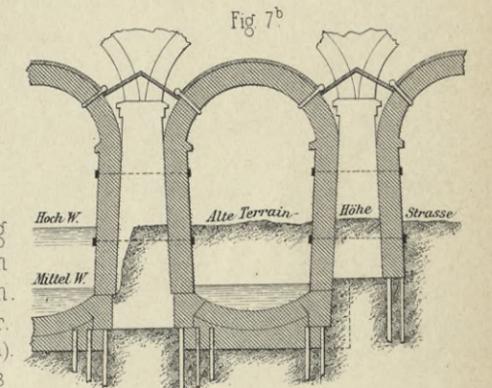


Fig 7<sup>b</sup>

Fig 7-7<sup>d</sup>  
Wiederherstellung  
des Viadukts von  
Plankenstein.  
(Oesterr.  
Südbahn).  
M. 0,0033  
(1:300).

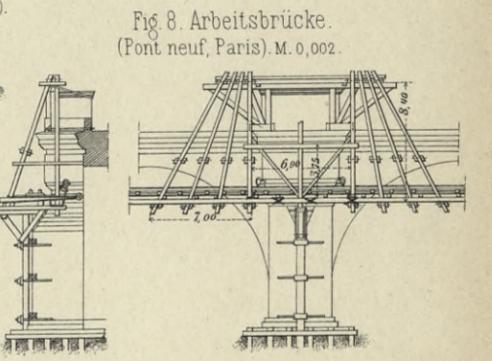


Fig 8. Arbeitsbrücke.  
(Pont neuf, Paris). M. 0,002.

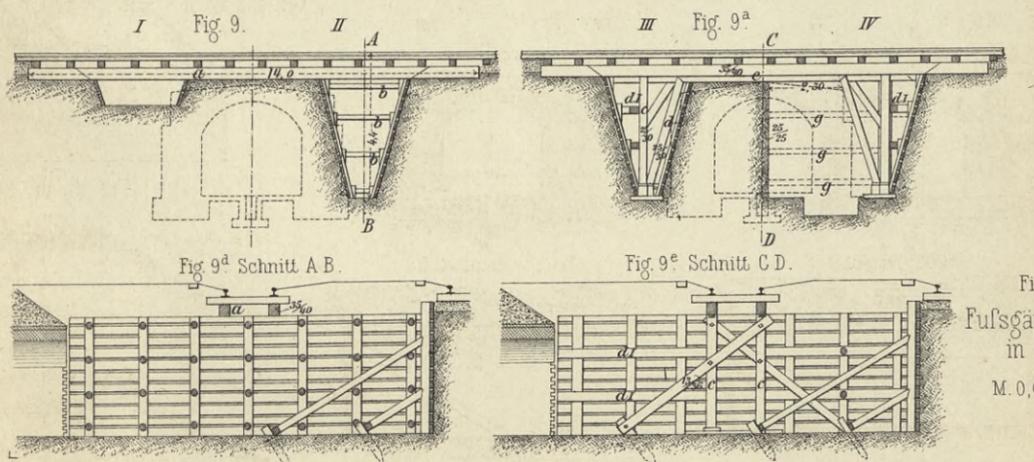


Fig 9.

Fig 9<sup>a</sup>

Fig 9<sup>a</sup> Schnitt A B.

Fig 9<sup>e</sup> Schnitt C D.

Fig 9-9<sup>g</sup>.  
Fußgängertunnel  
in Cottbus.  
M. 0,004 (1:250).

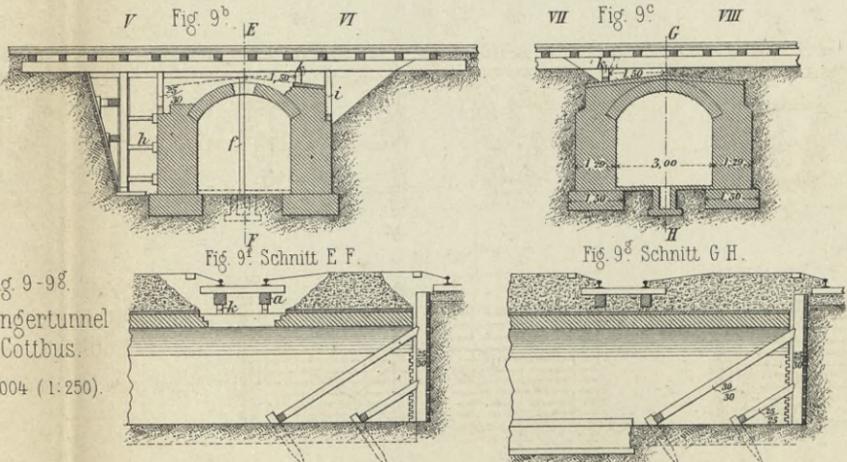


Fig 9<sup>b</sup>

Fig 9<sup>c</sup>

Fig 9<sup>f</sup> Schnitt E F.

Fig 9<sup>g</sup> Schnitt G H.

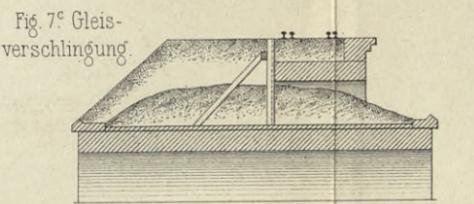


Fig 7<sup>c</sup> Gleisverschlingung

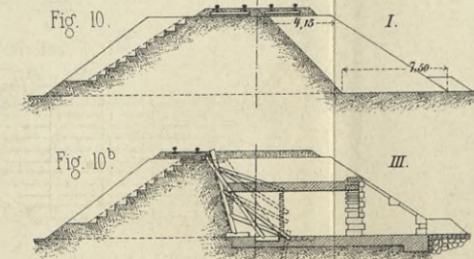


Fig 10.

Fig 10<sup>b</sup>

Fig 10-10<sup>c</sup> Ausführung mittels Gleisverrückung. M. 0,004 (1:250).

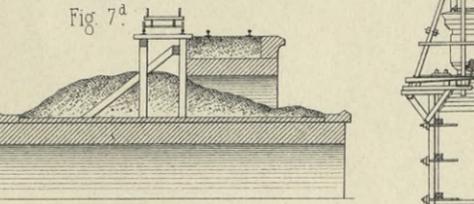


Fig 7<sup>d</sup>

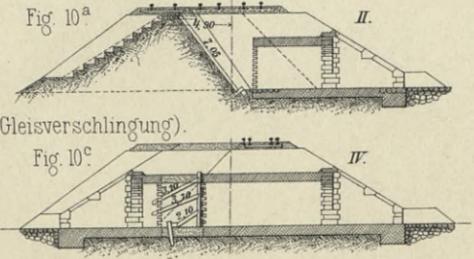


Fig 10<sup>a</sup>

(Gleisverschlingung).

Fig 10<sup>c</sup>

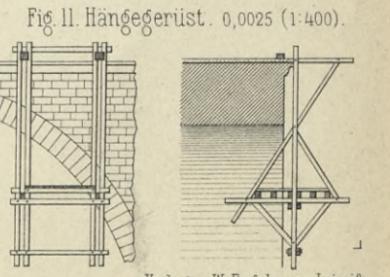


Fig 11. Hängegerüst. 0,0025 (1:400).







S. 61







Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000301494