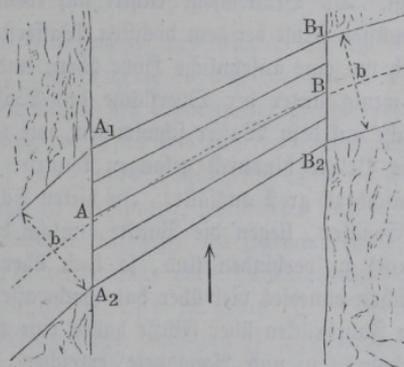


In Fällen, wo es nicht wesentlich darauf ankommt, daß die Wölbbleibungen stetig fortlaufende Flächen seien, kann man schiefe Gewölbe auch aus einer größeren Anzahl von geraden Bögen zusammensetzen, welche derartig gegen einander horizontal, Fig. 104, oder vertical, Fig. 105, versetzt sind, daß die ganze Construction ein horizontales schräges (Fig. 104) oder ein ansteigendes (Fig. 105) Gewölbe ersetzt. Die Ausführung ist dann von derjenigen der gewöhnlichen geraden Gewölbe nicht verschieden. Wenn man ferner zuweilen ansteigende, z. B. die sogenannten Kellerhalsgewölbe oder die unter Treppen befindlichen, so ausführt, daß die einzelnen das Gewölbe zusammensetzenden Ringe senkrecht zur geneigten Aze, also nicht durch verticale Stoßfugenflächen begrenzt sind, so muß man, wie leicht ersichtlich ist, den unter solchen Umständen auftretenden Schub

Fig. 106.



nach der Richtung der Aze durch kräftige Gurt- oder Stirnbögen aufnehmen.

Wenn, wie dies zuweilen bei Eisenbahnüberführungen wohl vorkommt, eine schiefe Brücke $A_1B_1B_2A_2$, Fig. 106, in einer Curve der Bahnlinie AB angeordnet werden muß, so werden die parallelen Widerlager A_1A_2 und B_1B_2 bei constanter Normalbreite b der Bahn verschiedene Länge erhalten, und daher die einzelnen Verticalebenen für die Stütz-

linien oder Stoßfugen A_1B_1 , A_2B_2 , AB ... nicht mehr parallel bleiben. Ein weiteres Eingehen auf diese und ähnliche Fälle würde hier zu weit führen und muß dieserhalb auf die Lehrbücher über Brückenbau und Bauconstructionslehre verwiesen werden.

Gewölbte Brücken. Die Gewölbe finden ihre vornehmste Anwendung zur Herstellung der Brücken, d. h. zur Ueberführung von Straßen, Eisenbahnen oder Canälen über Flüsse oder andere Straßen. Alle diese Brücken werden in der Regel aus Bögen von der Form der Tonnengewölbe gebildet. Die Spannweite der Bögen ist selbstverständlich je nach den Verhältnissen sehr verschieden. Während die sogenannten Durchlässe unter Eisenbahnen, ihrem Zwecke der Abführung von atmosphärischen Niederschlägen entsprechend, oft nur Spannweiten unter 1 m erhalten, richtet sich die Spannweite der Gewölbe bei den Unter- und Ueberführungen von §. 32.

Wegen beim Eisenbahnbau nach der Breite der zu überbrückenden Straße oder Eisenbahn. Bei den Brücken über Flüsse und Ströme sind außer der zu überbrückenden Länge besonders noch die dem Wasserlaufe eigenthümlichen Verhältnisse zu berücksichtigen. Hat das Wasser eine große Geschwindigkeit und ist es starken Anschwellungen unterworfen, so wendet man Bögen mit großer Spannweite an, um das Wasserbett möglichst wenig zu verengen und dadurch das Austreten des Hochwassers aus dem Bette einzuschränken, sowie die zerstörenden Wirkungen des Hochwassers und der von demselben zugeführten Körper, z. B. Eisschollen, auf die Brückenpfeiler zu schwächen. Fließt hingegen der Fluß langsam und hat derselbe keine bedeutenden Hochwasser, so kann man die Brücke über demselben aus einer größeren Anzahl engerer Bögen zusammensetzen. Die Spannweite der gewöhnlichen Brückenbögen beträgt 15 bis 50 m; am größten ist sie bei der Cabin-John-Brücke bei Washington, wo sie 69,5 m und bei der Grosvenor-Brücke über den Dee bei Chester, wo sie 61 m mißt. Die Brückenhöhe richtet sich ebenfalls nach dem Hochwasser; jedenfalls müssen selbst bei dem höchsten Wasserstande die Scheitel der Brückenbögen noch um eine ansehnliche Höhe über, und die Seiten derselben nicht oder nur wenig unter der Oberfläche des Wassers stehen, damit fremde Körper, welche auf dem Wasser schwimmen, wie z. B. Eisschollen, ungehindert durch die Brücke hindurch gelangen können, und auch die Stauung des Wassers nicht zu groß ausfällt. In vielen Fällen, namentlich bei Eisenbahnen und Canälen, liegen die Punkte, welche durch eine Brücke (Viaduct, Aquaduct) zu verbinden sind, so hoch über der Thalsohle, daß die Brückenbögen schon ohnedies viel über das Hochwasser zu stehen kommen. Die gewöhnlichen Fahrbrücken über Flüsse haben eine Höhe von 10 bis 30 m; die Eisenbahnbrücken und Aquaducte erreichen aber Höhen von 50 m und mehr. So hat z. B. die Göltzschtalbrücke bei der sächsisch-bayerischen Eisenbahn in vier über einander stehenden Bogenreihen eine Höhe von 80,4 m, und der römische Aquaduct zu Nismes in Frankreich (Pont du Gard) hat bei drei über einander stehenden Bogenreihen eine Höhe von 48,8 m. Die Bogenhöhe der Brücke richtet sich natürlich nach der Spannweite und Höhe der Brücke überhaupt; bei den gewöhnlichen Fahrbrücken beträgt diese Höhe $\frac{1}{9}$ bis $\frac{1}{3}$ der Spannweite; bei hohen Eisenbahnbrücken und Wasserleitungen nimmt man diese Höhe $\frac{1}{2}$ oder gar $\frac{5}{8}$ der Spannweite. Was die Breite der Brücken anlangt, so beträgt dieselbe bei gewöhnlichen Fahrbrücken 6 bis 12 m; die neue Brücke über die Elbe bei Dresden, welche für Fuhrwerke, Fußgänger und eine Eisenbahn zugleich dient, besitzt sogar eine Breite von nahezu 18 m.

Die Pfeiler und die Widerlager der Brücken müssen nicht nur auf einem ganz festen Grunde stehen, sondern auch eine hinreichende Dicke haben, um dem Drucke der darauf ruhenden Bögen sammt ihrer Belastung wider-

stehen zu können. Der Grund besteht entweder aus festem Felsen, oder aus unzusammendrückbarem Sand, oder aus zusammendrückbarer Erde. Um auf Felsen zu gründen, ist nicht allein die Herstellung ebener Flächen zur Aufnahme des Druckes, sondern auch die Entfernung alles verwitterten und losen Gesteines nöthig. Die Gründung auf Sand, Thon und Erde erfordert hingegen die Herstellung eines Krostes oder eines Bettes aus Beton. Der aus einer Reihe Längenschwellen und einer Reihe aufgekämmerter Querschwellen zusammengesetzte Krost ruht entweder unmittelbar auf dem Stein- oder Sandbette, oder er wird von eingerammten Pfählen getragen, und heißt im ersten Falle ein Schwellen-, im letzteren aber ein Pfahlkrost. Bei der Gründung im Wasser ist es nöthig, die Baustelle der Pfeiler durch einen Fangdamm vor dem Eindringen des Wassers zu sichern. Ist die Tiefe des Wassers über 1,2 m, so sind sogenannte Kastendämme nöthig, welche aus zwei Reihen Bohlen oder Spundwänden und zwischengestampftem Letten zusammengesetzt werden.

Die Fundamente der Pfeiler werden aus gehauenen Steinen treppenförmig aufgemauert, so daß die untere Breite derselben dem sechsten bis neunten Theile der Spannweite gleichkommt. Um die Brückenpfeiler gegen den Stoß des Eises und anderer schwimmenden Körper zu schützen, und um die auf das Flußbett nachtheilig wirkende wirbelnde Bewegung des Wassers möglichst zu verhindern, werden die Pfeiler stromauf- und stromabwärts mit prismatischen Ansätzen, den sogenannten Pfeilerköpfen versehen, welchen eine halbkreisförmige oder halbelliptische Basis und eine kegelförmige oder sphäroidische Haube zu geben ist. Die Landfesten oder Widerlagspfeiler sind in der Regel noch mit Flügelmauern versehen, welche zur Unterstützung der Auffahrt dienen. Die Stärke der Pfeiler und Widerlager ist nach der vorausgeschickten Theorie unter der Voraussetzung zu bestimmen, daß diese Stützmauern nicht allein den constanten Gewölbschub, sondern auch die zufällige und bewegliche Belastung aufzunehmen haben.

Diese zufällige Belastung ist gegen das Eigengewicht der gewölbten Brücken bei einer nicht zu geringen Spannweite nur klein. Man kann dafür etwa folgende Angaben hier anführen. Nach Winkler kann man für dichte Ansammlung von Menschen 5 bis 6 Personen à 70 kg Gewicht, also 350 bis 420 kg auf jeden Quadratmeter Grundfläche rechnen. Ferner ist für Straßenbrücken das Gewicht der größten stark beladenen Frachtwagen von 2,5 m Breite und 3,5 m Axenabstand zu 12 Tonnen, also der Druck eines Rades zu 3 Tonnen anzunehmen, doch kann unter Umständen für sehr schwere Gegenstände (wie z. B. Dampfkessel, Maschinen etc.) der Druck eines Rades auf 5 Tonnen steigen. Für Eisenbahnbrücken kann man den Druck eines Rades für

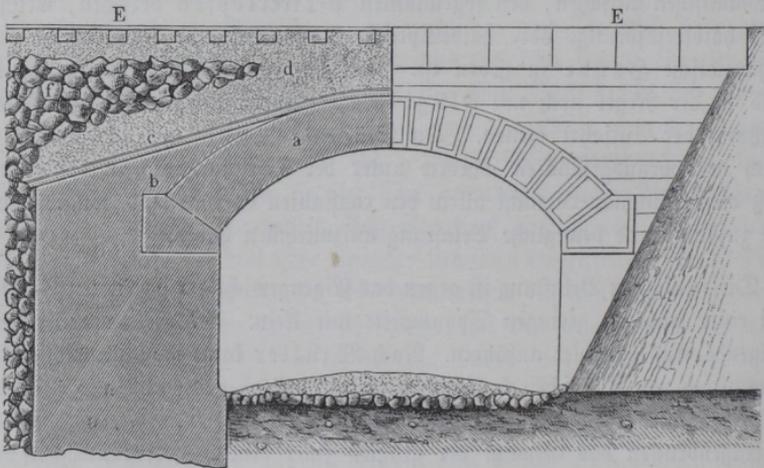
Locomotiven zu 6,5 Tonnen	
Tender	„ 4,5 „
Güterwagen	„ 4 „

in Rechnung bringen, und als ungünstigste Belastung einen Zug von lauter Locomotiven voraussetzen.

Bei Canalbrücken besteht die ganze Belastung immer aus dem Eigengewichte der Construction und des in dem Canale befindlichen Wassers, und es kann an dieser gleichförmigen Vertheilung der Belastung nichts durch die Ueberführung eines Schiffsgefäßes geändert werden, da dasselbe überall ein seinem Gewichte genau gleiches Gewicht Wasser verdrängt. Eine Belastung durch Schnee wird bei gewölbten Brücken gegen die sonstigen Belastungen verschwinden. Die Erschütterungen und Stöße, denen eine Brücke durch passirendes Fuhrwerk ausgesetzt ist, lassen sich nicht gut durch Rechnung feststellen; bei den Ausführungen pflegt man diesen Erschütterungen dadurch Rechnung zu tragen, daß man die zulässige Pressung für das Material des Bauwerkes den jeweiligen Verhältnissen entsprechend geringer annimmt.

In Fig. 107 ist, zur Hälfte im Querschnitt, zur Hälfte in der Ansicht, eine Wegeunterführung von $5\frac{2}{3}$ m Spannweite dargestellt, wie sie bei der Bremer Bahn zur Ausführung gekommen ist. Das Kreisbogengewölbe *a* ist hier mit der Hintermauerung *b* versehen, welche mit einer Ziegel- und Asphalt-

Fig. 107.

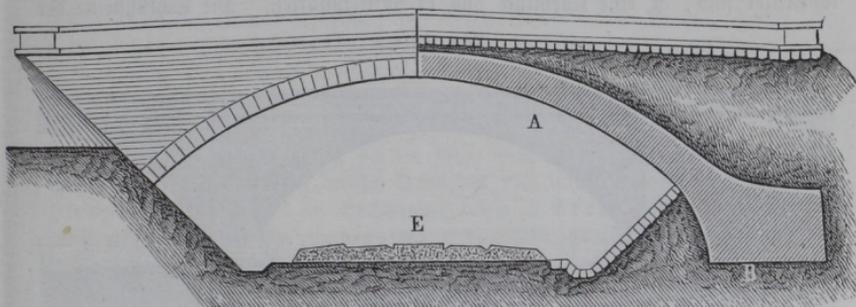


schicht *c* abgedeckt ist. Zum Schutze der letzteren dient zunächst die Kiesschicht *d*, auf welcher die Steinpackung *f* ruht. Die Breite der Brücke beträgt, der zweigeleisigen Eisenbahn *EE* entsprechend, 8,1 m.

Gleichfalls im Querschnitt und in der Ansicht zeigt Fig. 108 eine auf französischen Bahnen zur Ausführung gelangte Wegeüberführung über eine zwei-

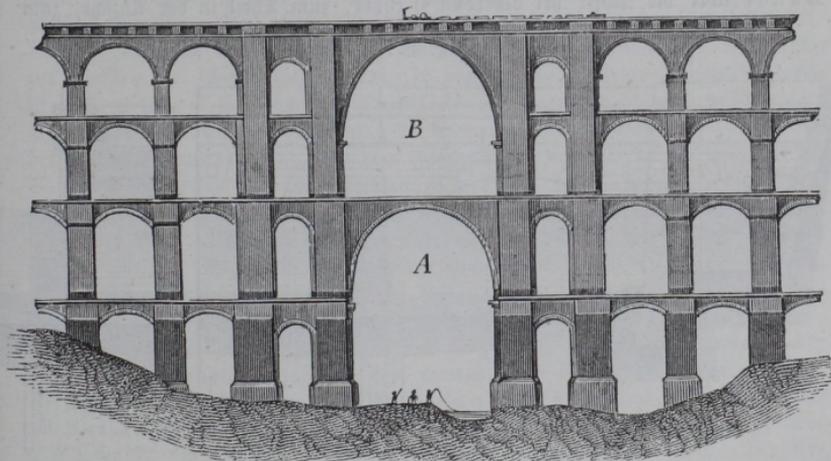
geleisige Eisenbahn *E*. Eine Eigentümlichkeit hierbei besteht hauptsächlich in der Fortsetzung des Gewölbes *A* bis in das Fundament *B*, welches das Widerlager bildet. Eine besondere Hintermauerung hat das nach den Kämpfern hin verstärkte Gewölbe nicht erhalten.

Fig. 108.



In Fig. 109 ist das Mittelstück der Gölkjächthalbrücke abgebildet. Die Länge dieser Brücke beträgt 574 m, die obere Breite 10 m und die untere 22,6 m, die Höhe von der Bachsohle bis zur Schienenoberkante 77,6 m. Von den mittleren großen Bögen hat *A* eine Spannweite von 28,6 m und eine Höhe von 16,2 m, *B* aber eine Spannweite von 30,8 m und eine Höhe von 19,8 m.

Fig. 109.



Nimmt man die Höhe eines Ziegelpfeilers $h = 75$ m und das Gewicht eines Cubikmeters Ziegelmauerwerk gleich 1800 kg an, so erhält man den größten Druck dieses Pfeilers pro Quadratcentimeter, abgesehen von der zufälligen Belastung und von der Belastung durch die Gewölbhbögen,

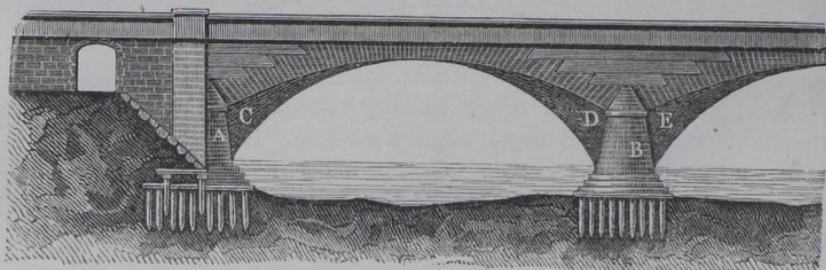
$$p = 75 \cdot 0,18 = 13,5 \text{ kg.}$$

Wäre der Festigkeitsmodul der Ziegel gleich 170 kg anzunehmen, so hätte man für die Pfeiler einen Sicherheitscoefficienten von

$$\frac{170}{13,5} = 12,6.$$

Als ein Beispiel für eine Strombrücke sei in Fig. 110 ein Theil der berühmten von Perronet erbauten Seinebrücke bei Neuilly dargestellt. Dieselbe besteht aus fünf Bögen von 39 m Weite und 13 m Höhe. Die Curve, wonach die Bögen konstruirt sind, ist eine Korblinie aus 11 Mittelpunkten. Die Schlusssteine der

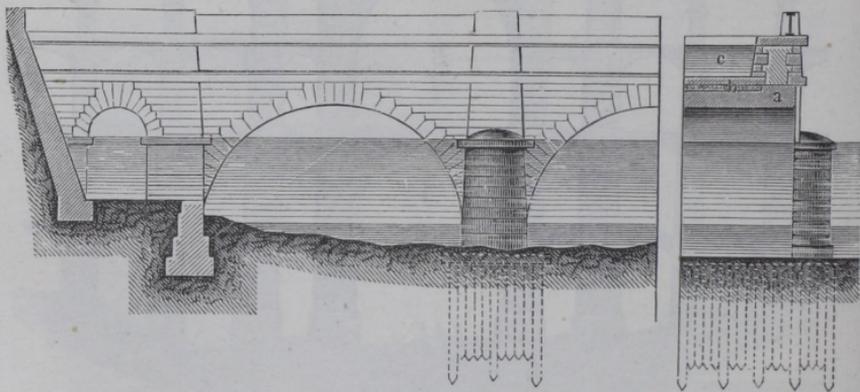
Fig. 110.



Bögen haben hier eine Stärke von 1,62 m erhalten. Die Pfeilertöpfe (A und B) sind halbkreisförmig abgerundet, und die Kanten zwischen den Stirn- und den inneren Wölbflächen der Bögen sind durch krumme Flächen C, D, E, sogenannte Kuhhörner abgestumpft.

In Fig. 111 ist endlich noch die Canalbrücke, welche den Rhein-Marne-Canal über die Mosel bei Liverdun*) führt, zum Theil in der Ansicht, zum

Fig. 111.



Theil im Querschnitte gezeichnet. Die Länge der Brücke zwischen den Widerlagern beträgt 157,7 m. Von den vorhandenen 12 halbkreisförmig überwölbten Oeffnungen haben die 10 mittleren je 13 m und die beiden äußeren je 3 m. Das aus Quadern 1 m stark ausgeführte Gewölbe a trägt auf einer mit Asphalt überzogenen Betonschicht b das Canalbett c von 2 m Tiefe, 6,5 m oberer und 6 m unterer lichter Weite.

*) S. Heinzerling, Brücken der Gegenw. Abth. II, Heft 2, Thl. 5.

Anmerkung. Ueber die Gewölbe ist die Literatur sehr ausgedehnt, jedoch sind die in verschiedenen Schriften abgehandelten Theorien nicht immer richtig, oder wenigstens nicht immer praktisch genug, weil ihnen nicht die der Praxis entsprechenden Voraussetzungen zu Grunde gelegt sind. Es mögen daher hier nur die vorzüglichsten Schriften angeführt werden. Coulomb legte zuerst den Grund zur Theorie, wie sie im Wesentlichen hier vorgetragen wurde. Man sehe: *Théorie de machines simples*, par Coulomb. Die Theorie weiter ausgebildet findet man in Navier: *Résumé des Leçons sur l'application de la mécanique*, T. I. Eine deutsche Bearbeitung ist hiervon erschienen, unter dem Titel: *Die Mechanik der Baukunst*, von Westphal. Ebenso: *Cours de Stabilité des Constructions etc.* par Persy. Abhandlungen von Audoy, Garidel, Poncelet und Petit finden sich im *Mémorial de l'officier du génie*. Die Petit'sche Abhandlung ist deutsch bearbeitet und unter dem Titel „Theorie der Kreisgewölbe“ besonders im Buchhandel sowie in Crelle's Journal der Baukunst erschienen, von W. Lahmeyer. Tabellen zur Berechnung des Gewölbschubes giebt die Schrift: *Tables des poussées des voûtes en plein ceintre*, par Garidel, Paris 1837 u. 1842. Uebrigens findet man die Gewölbe abgehandelt in den Werken über Mechanik von Bossut, Prony, Robinson (Mechanische Philosophie), Whewell, Molesley, Cytelwein, Gerstner u. s. w. Besondere Abhandlungen über Gewölbe sind von Maillard (Mechanik der Gewölbe, Pesth 1817), von Knochenhauer (Statik der Gewölbe, Berlin 1842), Hagen (über Form und Stärke gewölbter Bogen, Berlin 1844), u. s. w. erschienen. Hieran schließt sich die Schrift Ligowski's: „Die Bestimmung der Form und Stärke gewölbter Bögen mit Hülfe der hyperbol. Functionen, aus der Zeitschrift für Bauwesen, 1854“. Ferner über schiefe Gewölbe: Heider, Theorie der schiefen Gewölbe, Wien 1846. Hart, Construction schiefer Gewölbe, in Romberg's Zeitschrift 1847. Sowie Francis Washforth, Praktische Anweisung zur Construction schiefer Gewölbe, deutsch von Härtel. Ueber steinerne Brücken ist noch zu lesen: Gauthey, *Traité de la construction des ponts*, und Ferronet's Werke, die Beschreibung der Entwürfe und der Bauarten der Brücken bei Neuilly, Mantès u. s. w., aus dem Französischen von Dietlein, Halle 1820. Von neueren Werken sind zu empfehlen: Scheffler, „Zur Theorie der Gewölbe“, in Crelle's Journal für die Baukunst, Band 29 und 30, sowie dessen mehrerwähntes Werk: *Theorie der Gewölbe, Futtermauern u. eisernen Brücken*, Braunschweig 1857, I. Tellkampff, „Beiträge zur Gewölbtheorie, frei bearbeitet nach Carvallo, Hannover 1855“. Yvon Villarceau, „Sur l'établissement des Arches de Pont, envisagé au point de vue de la plus grande stabilité. Paris 1853“. Siehe auch „Examen historique et critique des principales théories concernant l'équilibre des voûtes, par Poncelet, Paris 1852“. Ferner ist zum Studium zu empfehlen: Rankine's *Manual of applied Mechanics*, sowie dessen *Manual of Civil-Engineering*. Holzhey, Vorträge über Baumechanik. Heinzerling, *Die Brücken der Gegenwart*, 2. Abth. Der Arbeiten von Schwedler und des Werkes von Föppl ist bereits im Texte gedacht worden.