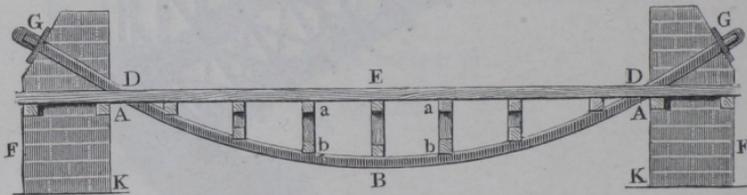


Anmerkung. Die größeren Holzbrücken haben zum Theil noch größere Spannweiten als die steinernen Brücken. Bei der oberen Schuytkill-Brücke kommt ein Bogen von über 100 m Spannweite und 6 m Höhe vor. Die alten Schweizer Brücken, sowie die Wiebeking'schen Brücken, haben schon Spannweiten von 50 bis 60 m. Bei der Trenton-Brücke hat der mittlere Bogen eine Spannweite von 60 m und eine Höhe von 8 m. Eine sehr große Gitterbrücke ist bei Wittenberge über die Elbe geführt. Dieselbe hat 11 Oeffnungen zu je 53,5 m und 3 zu je 37,5 m Spannweite. Die Tragwände dieser Brücke haben eine Höhe von 6 m, während ihr Abstand von einander nur 4 m misst. Die Versuche, welche vorläufig mit einem Theile dieser Brücke angestellt worden sind, haben sehr günstige Resultate geliefert; bei der Fahrt und dem Stillstande einer Locomotive von 600 Centner Gewicht betrug die Senkung nur 15 mm; bei einem Marsche von 240 Mann über die Brücke war dieselbe nur 14 mm, erst bei einer gleichmäßigen Belastung von 2000 Centnern und einer Uebersahrt von zwei Locomotiven von 1260 Centner Gewicht betrug die Senkung 78 mm. Siehe die Nachrichten darüber in der Eisenbahnzeitung, 1850, Nr. 29 bis 31, oder polyt. Centralblatt, 1850, Lief. 18.

§. 68. Hängebögen. Wenn man den Tragbogen nicht nach oben, sondern nach unten, folglich in die Richtung der Last stellt, so findet in Hinsicht auf den seither betrachteten Fall nur der Unterschied statt, daß der Bogen durch die Belastung dort comprimirt und hier ausgedehnt wird, daß er also im ersten Falle durch seine Druck- und im letzteren Falle durch seine Zugfestigkeit widerstehen muß. Da das Schmiedeeisen eine große Zug- und das Gußeisen eine größere Druckfestigkeit besitzt, so ist das erstere mehr zu einer solchen umgekehrten Bogenstellung geeignet als das Gußeisen. Einen solchen Tragbogen führt Fig. 348 vor Augen. Es ist  $ABA$  ein schmiede-

Fig. 348.



eiserner Bogen,  $DED$  der von ihm getragene Balken, ferner sind  $FK, FK$  die beiden Widerlagspfeiler, und  $G, G$  Reile und Unterlagsplatten, womit sich die Bögen von außen gegen die Widerlager stützen. Natürlich sind es alle Mal mindestens zwei neben einander liegende Tragbögen, welche einen oder mehrere Balken wie  $DED$  unterstützen, und es besteht immer die Verbindung dieser Theile unter einander aus den Querbalken  $a, a \dots$ ,  $b, b \dots$  und Tragfäulen  $ab, ab \dots$ . Die Wirkung eines solchen Tragbogens auf die Widerlager ist, wie bei den umgekehrten Häng- und Sprengwerken, von außen nach innen gerichtet; man hat also hier dafür zu sorgen,

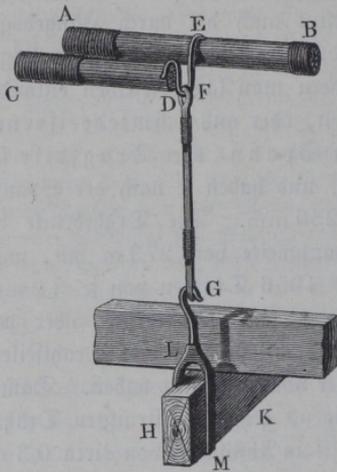
daß die Widerlager nicht um die inneren Kanten  $K, K$  nach innen kippen. Uebrigens kann man einen Balken  $DED$  durch einen solchen Bogen ebenso gut von oben als von unten unterstützen, wenn man nur die Tragsäulen  $ab, ab$  durch Hängesäulen ersetzt. Man hat es dann mit einem sogenannten Hängebogen zu thun und nennt auch die durch Hängebögen getragenen Brücken Hängebrücken. In der Regel bildet man diese Bögen nicht aus krummem Holz oder Eisen, sondern man läßt dieselben entweder aus Seilen, und namentlich Drahtseilen, oder aus schmiedeeisernen Ketten bestehen. Die hierzu verwendeten Spann- oder Tragsaile bestehen aus Draht von 1 bis 4 mm Dicke, und haben je nach der Spannweite u. s. w. eine Stärke von 25 bis 250 mm. Die Drahtbrücke bei Freiburg in der Schweiz, welche eine Spannweite von 273 m hat, wird z. B. von vier Seilen getragen, welche aus 1056 Drähten von je 3,2 mm Stärke bestehen, und 136 mm dick sind, und die Drahtbrücke über den Niagara-Wasserfall, von 257 m Spannweite, besteht aus vier Drahtseilen, welche bei 3640 Drähten einen Durchmesser von 250 mm haben. Damit die nur neben einander liegenden und übrigens gehörig gefirnigten Drähte eines Laues gehörig zusammenhalten, sind sie in Abständen von circa 0,3 m ungefähr 0,3 m lang mit anderem Draht umwickelt.

Die Glieder der Tragketten bestehen aus mehreren neben einander liegenden und hochkantig gestellten Eisenschienen von 2,5 bis 4 m Länge, und sind durch cylindrische Bolzen mit einander verbunden. Der Querschnitt eines Kettengliedes und folglich auch die Anzahl und die Querschnittsdimensionen der einzelnen Schienen eines ganzen Gliedes sind natürlich von der Spannweite, Höhe u. s. w. abhängig. Die 132 m spannende Kettenbrücke zu Prag wird z. B. von acht Ketten getragen, deren Glieder aus je sechs 3,14 m langen, 105 mm hohen und 15 mm dicken Schienen zusammengesetzt sind; die 198 m spannende Kettenbrücke zu Pesth ruht hingegen nur auf vier Ketten mit 3,75 m langen und 0,270 m hohen Gliedern, welche je 10 bis 11 Schienen enthalten, die zusammen in der Mitte der Kette eine Dicke von 310 mm und an den Enden derselben eine solche von 315 mm haben. Endlich hat man Hängebrücken aus über einander liegenden Eisenbändern construirt; eine größere Brücke dieser Art befindet sich zu Suresnes bei Paris. Dieselbe hat eine Spannweite von 63 m und es besteht hier jedes Tragsaile aus 20 über einander liegenden gewalzten Eisenbändern von 81 mm Breite und 3,83 bis 4,15 mm Dicke.

Das Hängewerk, welches die Brückenbalken mit den Spann- oder Tragsaile verbindet, besteht entweder aus schmiedeeisernen Hängestangen oder aus Hängeseilen. Die Art und Weise, wie diese Stangen oder Seile einerseits mit den Spannketten und andererseits mit den Balken der Brücke zu verbinden sind, ist aus Folgendem zu ersehen.

Hat eine Drahtbrücke nicht je zwei neben einander hängende Seile, so hängt man die Hängeseile mittelst einfacher Drehre an das Tragsseil; besteht

Fig. 349.



sie hingegen aus je zwei neben einander hängenden Seilen, so werden die Hängeseile mittelst Haken an ein solches Seilpaar aufgehangen. Diese Aufhängungsweise ist in Fig. 349 dargestellt. *AB* und *CD* sind die beiden Seile, *DE* ist der Haken und *FG* stellt das Hängeseil vor. Das Tragsseil *CD* ist unmittelbar beim Haken abgeschnitten gedacht. Die Enden *HK* der Querbalken oder Unterzüge, auf welchen die ganze Brücke ruht, sind entweder mit Bügeln *LM* umgeben, deren hakenförmige Köpfe in die unteren Drehre *G* der Hängeseile eingehakt werden, oder sie sind von unten mit Eisenplatten bekleidet, und es werden die durch die Querbalken und

diese Platten gehenden, zu diesem Ende durchlochten oder schraubenförmig zugeschnittenen Enden der Hängestangen durch Keile oder starke Schraubennütern mit den ersteren fest verbunden.

Fig. 350.

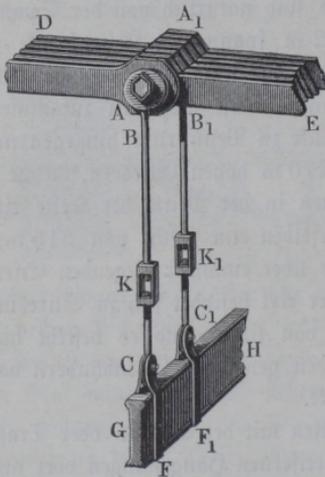
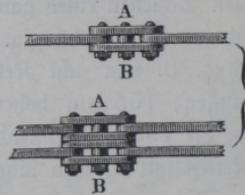


Fig. 351.



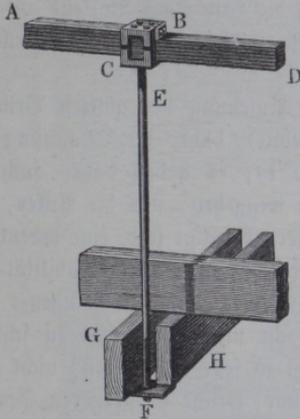
Die Art und Weise, wie die Hängestäbe an die Tragketten angehängt werden, ist aus Fig. 350 und Fig. 351 zu ersehen. Bei der ersteren Anordnung hängen die Hängestäbe *BC*, *B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>* unmittelbar an dem Bolzen *AA<sub>1</sub>*, Fig. 350, welcher die Kettenlieder *DA* und *EA<sub>1</sub>* mit einander verbindet. Die mit Stell- oder Scheerengliedern *K*, *K<sub>1</sub>*

versehenen Hängestangen sind auch hier mittelst Bügel *CF*, *C<sub>1</sub>F<sub>1</sub>* an die gußeisernen Querbalken angeschlossen. Bei älteren Kettenbrücken sind die

Kettenglieder durch besondere Blätter mit einander verbunden, welche in ihrer Mitte noch besondere Bolzen *A, B*, Fig. 351, tragen, woran die Hängestangen aufgehangen werden.

Die Aufhängung der Brücke an ein Bandeisenseil ist in Fig. 352 abgebildet. Es ist hier an jeder Stelle, wo oben ein Band *AB* endigt, und unten ein neues Band hinzutritt, eine gußeiserne Klemmbüchse *BC* aufgesetzt,

Fig. 352.

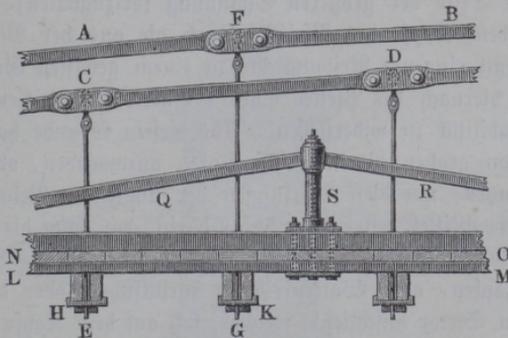


an welche die Enden *B* und *C*, nachdem sie durch dieselbe gegangen sind, durch je zwei Schrauben befestigt werden. Die mit einem Kopfe in der Klemmbüchse aufgehängene Hängestange *EF* trägt an ihrem unteren Ende eine Eisenplatte *E*, auf welcher die Enden von zwei Querbalken *G* und *H* aufliegen, zwischen denen die Hängestange hindurchgeht.

Meist hat man auf einer und derselben Seite der Brücke zwei Tragketten über einander, wie z. B. *AB* und *CD*, Fig. 353, und deshalb gehen auch dop-

pelt so viel Hängestäbe als Kettenglieder nach der Brücke herab; ist folglich die Länge der Kettenglieder 3 bis 4 m, so beträgt die Entfernung zwischen je zwei Hängestäben *CE* und *FG* 1,5 bis 2 m. Die Figur zeigt auch

Fig. 353.



noch, wie die unteren Enden der Kettenstäbe durch Fußplatten *H, K* und Keile *E, G* mit den Querbalken verbunden sind. Auf den Querbalken liegen die Längenschwellen wie *LM*, quer darüber wieder eine Bohlenlage *NO*, oder eine Holzpfasterung u. s. w.

Was die Breite der Brückenbahn anlangt, so rechnet man auf eine Laufbahn 1 bis 2 m und auf eine Fahrbahn 2 bis 4 m; eine Brücke mit zwei Lauf- und zwei Fahrbahnen erhält folglich eine Totalbreite von 6 bis 12 m.

Um der Brücke eine größere Steifigkeit zu geben, versteht man die Brückenbahn noch mit besonderen Verstrebungen, wie z. B. *QRS*, Fig. 353; sehr zweckmäßig sind z. B. die nach dem Principe der Gitterwände construirten Steifwände. Man kann auch nach *Cadiat* und *Dudry* die Querbalken durch einen Gitterbalken ersetzen, wobei sich die Last eines Balkens auf das ganze Gitterwerk vertheilt. Auch giebt man zu diesem Zwecke der Brückenbahn eine schwache Wölbung.

Die Bogenhöhe der Hängebrücken ist in Ansehung der ganzen Brückenslänge meist sehr klein ( $\frac{1}{7}$  bis  $\frac{1}{25}$  der Sehne), daher die Spannung der Seile oder Ketten sehr bedeutend (s. Bd. I); es haben daher auch die Pfeiler, über welche die Seile oder Ketten weggehen, und die Anker, mit denen die Seil- oder Kettenenden an den Ufern befestigt sind, eine bedeutende Kraft auszuhalten, und es sind deshalb Pfeiler von großer Stabilität und Widerlager von bedeutendem Widerstande in Anwendung zu bringen. Die Entfernungen zwischen je zwei Pfeilern macht man, um nicht zu schwere Seilketten zu erhalten und die Pfeiler nicht zu sehr zu belasten, nicht gern über 160 m, doch kommen auch Umstände vor, welche zu größeren Spannweiten nöthigen; es beträgt dieselbe z. B. bei der *Menai*-Kettenbrücke in England 176 m und bei der Seilbrücke zu *Freiburg* in der Schweiz sogar 264 m.

Wenn die Kette zu beiden Seiten eines Pfeilers ungleich gespannt wird, was bei einer einseitigen Belastung stets eintritt, so sucht dieselbe über ihrem Lager nach der Seite der größeren Spannung fortzugleiten; da nun aber die Kette mit dem Kopfe des Pfeilers durch die aus der Mittelkraft der Spannungen entspringende Reibung bis zu einem gewissen Grade verbunden ist, so hat hiernach der Pfeiler einer der Reibung gleichen Seitenkraft durch seine Stabilität zu widerstehen. Aus diesem Grunde hat man denn auch Pfeiler von großen Breiten und Dicken anzuwenden, oder besondere Mittel zu benutzen, um diese Wirkungen der ungleichen Belastung zu ermäßigen. Diese Mittel bestehen entweder darin, daß man die Ketten über Rollen oder Walzen laufen läßt, und dadurch die gleitende Reibung auf eine kleinere Zapfen- oder Walzenreibung zurückführt, oder daß man die Ketten an einen Sector anschließt, welcher, sich auf dem Kopfe des Pfeilers wälzend, sich nach der einen oder nach der anderen Seite hin neigen läßt, oder daß man endlich gar den Pfeiler durch eine Säule ersetzt, welche um eine horizontale Ase drehbar ist. In der Anordnung von Fig. 354 sind die zwei Ketten *AB*, *CD* über gewöhnliche Leitrollen *E*, *E*, *F*, *F* gelegt, in Fig. 355 liegen hingegen die beiden Ketten auf einem gußeisernen Sattel

*EFE*, welcher wieder auf neun gußeisernen Walzen ruht. Diese Walzen werden endlich von einer Fußplatte *GH* unterstützt, die auf dem Kopfe des Kettenpfeilers festigt. Wenn die beiden Ketten auf der einen Seite mehr als auf der anderen belastet sind, so rollt der ganze Sattel sammt den

Fig. 354.

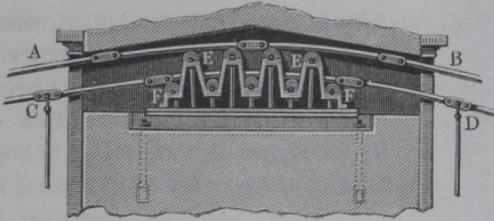
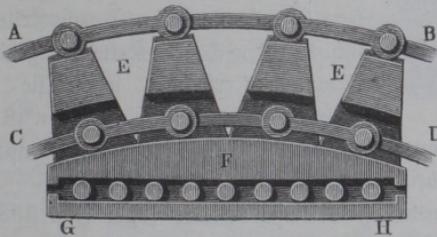


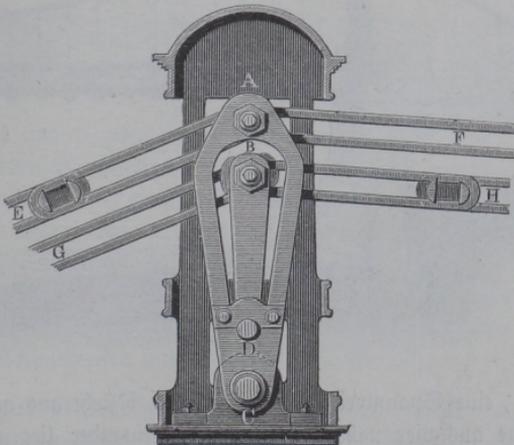
Fig. 355.



darauf liegenden Ketten so weit fort, bis die Spannung der Ketten auf der einen Seite nahezu gleich derjenigen auf der anderen Seite geworden ist. In Fig. 356 ist eine Kettenführung dargestellt, welche bei einer Kettenbrücke über die Maas bei Seraing zur Anwendung gekommen ist. Die obere Kette *EAF* ist hier an einen Hebel *CA* angeschlossen, dessen Drehungsaxe *C* auf dem Kopfe einer gußeisernen Säule ruht, während

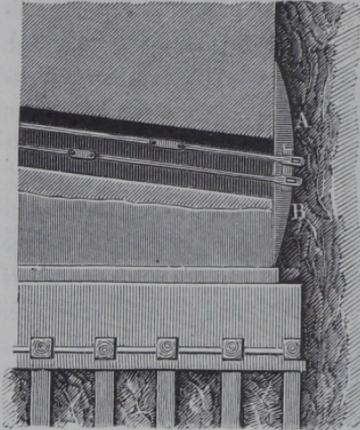
die untere Kette *GBH* an einem kleineren Hebel *DB* befestigt ist, dessen Drehungsaxe *D* auf dem ersteren Hebel selbst sitzt.

Fig. 356.



Damit die Mittelkraft aus den beiden Spannungen der über einen Pfeiler weggehenden Kette vertical wirke, und so vom Pfeiler am sichersten aufgenommen werde, ist es nöthig, daß die Theile der Kette zu beiden Seiten des Pfeilers gleiche Neigung gegen den Horizont haben. Läßt sich diese Gleichheit nicht herstellen, wie es z. B. bei den Uferpfeilern sehr oft der Fall ist, so muß man die Pfeiler bedeutend verstärken.

Fig. 357.



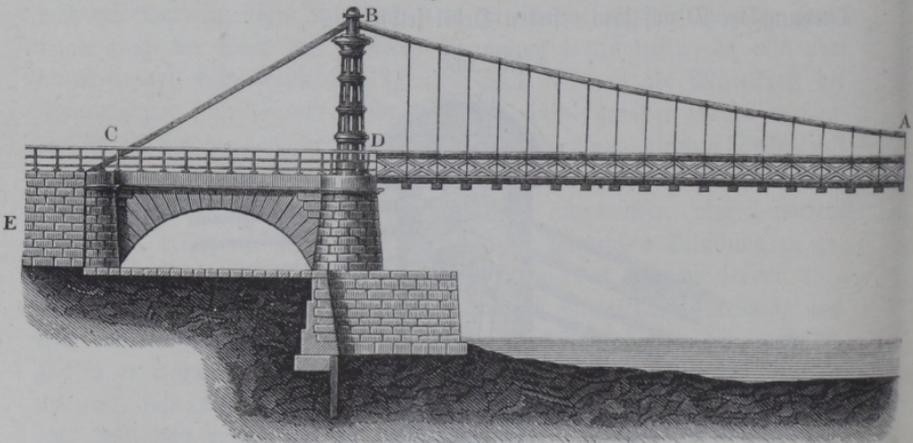
Um die Kettenenden an den Ufern zu verankern, versieht man dieselben mit starken Bolzen und legt diese in Lager, welche auf einer großen und dicken Eisenplatte *AB*, Fig. 357, sitzen, die sich gegen eine dicke Widerlagsmauer, oder gegen ein Gewölbe, oder gar gegen das feste Gestein stemmt. Durch Keile läßt sich dann noch die Kette in gehöriger Spannung erhalten, wenn sie durch Dehnung etwa schlaff geworden ist.

Um die Kettenenden an den Ufern zu verankern, versieht man dieselben mit starken Bolzen und legt diese in Lager, welche auf einer großen und dicken Eisenplatte *AB*, Fig. 357, sitzen, die sich gegen eine dicke Widerlagsmauer, oder gegen ein Gewölbe, oder gar gegen das feste Gestein stemmt. Durch Keile läßt sich dann noch die Kette in gehöriger Spannung erhalten, wenn sie durch Dehnung etwa schlaff geworden ist.

Eine neuere Hängebrückenanlage ist die von Brialmont construirte Kettenbrücke über die Maas bei Seraing.

Die Seitenansicht von einem Stück dieser Brücke führt Fig. 358 vor Augen. Diese Brücke, welche bei einer Breite von 5 m und einer Bogen-

Fig. 358.

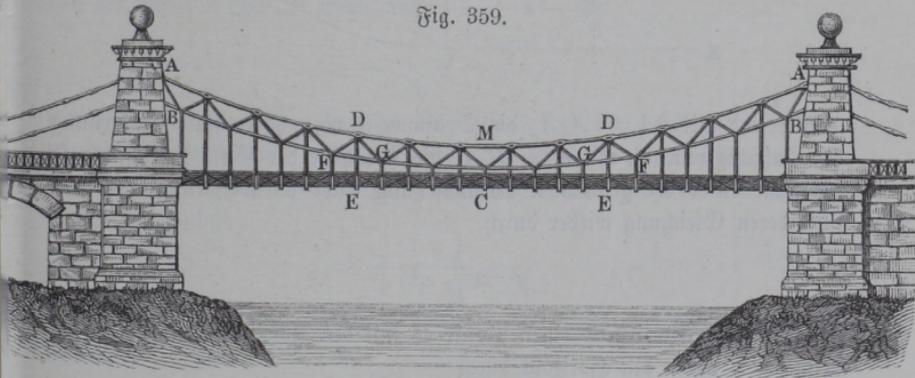


höhe von 7 m, eine Spannweite von 105 m hat, besteht aus acht und zwar auf jeder Seite aus vier nahe über und neben einander liegenden Doppel-

fetten. Die Glieder dieser Ketten, deren Metalldicke 25 und Höhe 50 mm mißt, bilden Scheeren oder Ringe von 3 m Länge und 100 mm lichter Weite. Die auf einer Seite neben einander liegenden Doppelfetten sind durch 100 mm dicke Bolzen mit einander verbunden, und an die letzteren sind die 3 cm dicken Hängestangen angeschlossen. Die Tragketten  $AB$  sind mit den Spannketten  $BC$  durch die in Fig. 356 abgebildeten Hebel verbunden, welche in einem 8 m hohen und aus vier Stücken und einem cylindrischen Kern bestehenden gußeisernen Thurne enthalten sind. Die Befestigung der Kettenenden in der Widerlagsmauer  $E$  ist ähnlich wie Fig. 357 darstellt. Die ganze Brücke wiegt auf das laufende Meter 1010 kg, und nimmt man die Belastung eben so groß an, so berechnet sich die Spannung der Ketten auf 418910 kg, so daß auf ein Quadratmillimeter derselben eine Spannung von 10 kg kommt. Die Hängestangen sind dagegen nur mit 2 kg und die gußeisernen Pfeiler mit  $2\frac{1}{2}$  kg pro Quadratmillimeter belastet.

Die Eisenbahnkettenbrücke über den Donau-Canal in Wien, ausgeführt von den Ingenieuren Schmirch und Fillunger ist in Fig. 359 skizzirt.

Fig. 359.



Dieselbe besteht aus je zwei durch Diagonalstäbe  $DF$ ,  $DG$  . . . mit einander verbundenen Hängeketten  $AMA$  und  $BGGB$ , welche wie gewöhnlich, die Brückenbahn  $ECE$  mittelst verticaler Hängestangen tragen. Diese Brücke hat eine Spannweite von 264 Wiener Fuß (83,45 m), eine Bogenhöhe von  $13\frac{1}{3}$  Fuß (4,17 m) und trägt eine Fahrbahn mit Doppelgleisen von 35 Fuß Breite. Der Gesamtquerschnitt der Ketten ist 248 Quadratfuß (1720 qcm), und der Materialaufwand dieser Brücke besteht aus 7290,8 Ctr. Schmiedeeisen und aus 668 Ctr. Gußeisen.

**Theorie der Hängebrücken.** Die Curve, welche von der Kette §. 69. oder dem Seile einer Hängebrücke gebildet wird, hängt wesentlich von der