in den Streben:

$$T_1 = \frac{8}{4}\,\frac{2{,}09}{3}\,800 = 1115\,\text{kg in } D\,G,$$

$$T_2 = \frac{8}{4}\,\frac{2{,}43}{3}\,800 = 1296\,\text{kg in } E\,H,$$

$$T_3 = \frac{8}{4}\,\frac{2{,}92}{3}\,800 = 1557\,\text{kg in } F\,C;$$

in den Verticalen:

$$P_1 = \frac{1}{2}\,800 = 400\,\text{kg in } E\,G,$$

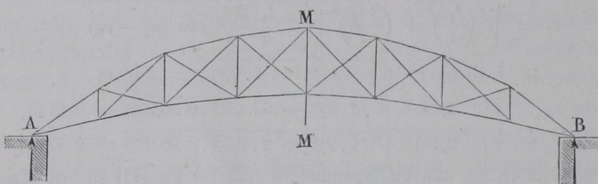
$$P_2 = 800\,\text{kg in } F\,H.$$

In der mittleren Hängestange $B\,C$ hat man:

$$P_3 = \left(\frac{n}{2}\,\frac{h_1}{h} - 1\right) Q = \left(4\,\frac{3{,}5}{3} - 1\right) 800 = 2933\,\text{kg}.$$

§. 61. Sichelförmige Träger. Zur Ueberdeckung weiter Räume, z. B. der Bahnhofshallen, wendet man in neuerer Zeit häufig als Dachbinder eiserne Fachwerksträger an, deren obere sowohl wie untere Gurtungen nach krummen bezw. gebrochenen Linien gebildet sind, so daß die Träger die sichelförmige Gestalt der Fig. 290 annehmen.

Fig. 290.



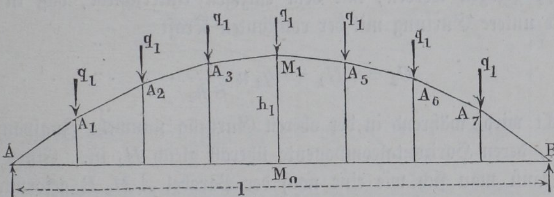
Diese Träger, welche kurz als Sichelträger bezeichnet werden mögen, sind wie die vorstehend besprochenen Brückenträger ebenfalls mit einem System von Füllungsgliedern zwischen den Gurtungen zu versehen, und es dienen die Knotenpunkte der oberen Gurtung zur Aufnahme der durch das Gewicht der Decke sowie des Schnees ꝛc. dargestellten Belastung. Das Eigengewicht der Träger selbst kann für die Berechnung ebenfalls genügend genau in den Knotenpunkten der oberen Gurtung wirksam gedacht werden, indem nur der kleinere Theil dieses Gewichtes, etwa $\frac{1}{3}$ desselben, thatsächlich in den unteren Knotenpunkten wirkt. Will man dem letzteren Umstande jedoch Rechnung tragen, so wird man leicht die dadurch veranlaßte geringe Correction der Resultate vornehmen können, welche die Rechnung unter der Annahme der Concentrirung des Eigengewichtes in den oberen Knotenpunkten ergiebt.

Die Form der Gurtungen ist für die Rechnung als eine gebrochene oder polygonale anzunehmen, denn wenn man auch, etwa aus Schönheitsrücksichten, die Gurtungen als stetig gekrümmte ausführt, so wird bei den meist beträchtlichen Spannweiten die gerade Verbindungslinie zweier auf einander folgenden Knotenpunkte einer Gurtung doch in der Regel ganz im Innern des zugehörigen Gurtungsstückes verbleiben.

Die zur verticalen Mittellinie MM symmetrische Curve, in welcher man die Knotenpunkte einer Gurtung anordnet, kann zwar beliebig gewählt werden, es empfiehlt sich aber, zu diesen Curven für beide Gurtungen Parabeln mit der Mittellinie MM als Hauptaxe zu wählen, weil unter dieser Annahme die Diagonalen für den Fall einer gleichmäßigen Belastung des ganzen Trägers gar keiner Anstrengung ausgesetzt sind, wie sich mit Rücksicht auf das für den Parabelträger in §. 56 Gesagte wie folgt ergiebt.

Es wurde daselbst gefunden, daß bei einem Fachwerksträger AB, Fig. 291, mit horizontaler unterer Gurtung, dessen obere Knotenpunkte in einer Parabel

Fig. 291.



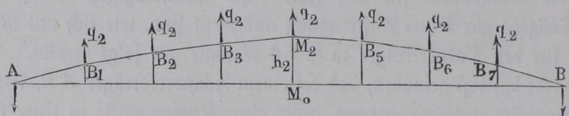
gelegen sind, die Spannung der unteren Gurtung für alle Punkte denselben Betrag U hat, wenn der Träger auf seiner ganzen Länge mit einer gleichmäßig über die Horizontalprojection verbreiteten Belastung bedeckt ist, und daß die horizontale Componente H der Spannung auch für jeden Punkt der oberen Gurtung denselben Betrag gleich U haben muß. Die Diagonalen sind für diesen vorausgesetzten Belastungszustand keinerlei Anstrengungen ausgesetzt. Es ergab sich nach (3) des gedachten Paragraphen diese Spannung:

$$U_1 = H_1 = q_1 n \frac{l}{8 h_1}, \quad \dots \dots \quad (1)$$

wenn $l = AB$ die freie Spannweite, $h_1 = M_1 M_0$ die Höhe des Parabelscheitels und q_1 die Belastung jedes Knotenpunktes, d. h. jedes der n Felder bedeutet. Wenn dabei die Belastungen in den Knotenpunkten der unteren Gurtung wirken, so ist jeder Verticalständer einer Zugkraft gleich q_1 ausgesetzt, während bei einer Belastung der oberen Gurtung auch die Spannungen der Verticalpfosten gleich Null ausfallen, indem in jedem Punkte wie A_2 die daselbst angebrachte Belastung q_1 von den beiden verticalen Spannungscomponenten der anstoßenden Gurtungsstücke $A_2 A_1$ und $A_2 A_3$ im Gleichgewichte gehalten wird. Man könnte sich daher vorstellen, daß die einzelnen Stücke der oberen Gurtung wie einzelne, in A_1, A_2, A_3 . . . lose gegen einander gestützte Wölbsteine wirken, wobei der Gegendruck der Widerlager A und B durch die Zugkraft $U = H$ der unteren Gurtung ersetzt wird.

Dieselbe Betrachtung gilt auch für einen Parabelträger AB, Fig. 292, bei welchem die oberen Knotenpunkte durch vertical aufwärts gerichtete

Fig. 292.



Kräfte q_2 gezogen werden, mit dem einzigen Unterschiede, daß in diesem Falle die untere Gurtung mit der constanten Kraft

$$U_2 = H_2 = q_2 n \frac{l}{8 h_2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

gedrückt wird, während in der oberen Gurtung nunmehr Zugspannungen eintreten, deren Horizontalcomponente überall gleich H_2 ist. Einen solchen Träger kann man sich wie eine nach der Parabel $A M_2 B$ geformte Kette vorstellen, deren Enden A und B durch eine horizontale Spreize AB aus einander gehalten werden, indem auch hier sowohl die Verticalstangen wie die Diagonalen als unwirksam fortgelassen werden können. Der verticale Auflagerdruck in A oder B ist natürlich für Fig. 291 zu $\frac{n q_1}{2}$ abwärts gerichtet und für Fig. 292 gleich $\frac{n q_2}{2}$ aufwärts gerichtet.

Denkt man sich nunmehr die beiden Träger hinsichtlich ihrer Pfeilhöhen und Belastungen so bemessen, daß die Horizontalspannungen H_1 und H_2 gleiche Größe annehmen, d. h. setzt man

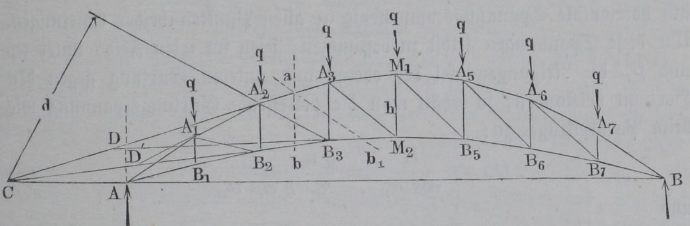
$$q_1 n \frac{l}{8 h_1} = q_2 n \frac{l}{8 h_2} \text{ oder } \frac{q_1}{h_1} = \frac{q_2}{h_2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

voraus, so kann man die beiden Träger der Figuren 291 und 292 zu einem einzigen von der sichelförmigen Gestalt $A M_1 B M_2$ der Fig. 293 vereinigt denken, indem die gerade Gurtung AB ganz fortgelassen wird, welche gänzlich wirkungslos wird, da die Zugspannung des Bandes AB der Fig. 291 sich mit der gleichen Druckspannung der Spreize in Fig. 292 aufhebt. Man hat sich dann in jedem Knotenpunkte der oberen Gurtung eine Verticalkraft q_1 abwärts und in jedem unteren Knotenpunkte eine Verticalkraft q_2 aufwärts zu denken. Stellt man sich nun schließlich die unteren Knotenpunkte $B_1, B_2 \ldots$ mit den oberen $A_1, A_2 \ldots$ durch Verticalstangen verbunden vor, so ist es klar, daß für den Zustand des Gleichgewichtes jeder obere Punkt A dieser Stangen mit einer Kraft

$$q = q_1 - q_2 \quad \ldots \ldots \ldots \quad (4)$$

belastet zu denken ist, indem diese abwärts wirkende Last $q_1 - q_2$ zusammen mit dem abwärts gerichteten Zuge q_2 im unteren Knotenpunkte B dann

Fig. 293.



dem aufwärts gerichteten Zuge q_1 im oberen Knotenpunkte das Gleichgewicht hält.

Den Auflagerdruck und die Reactionen erhält man in A und B dann zu

$$R = \frac{n}{2}(q_1 - q_2) = \frac{n\,q}{2} \quad \ldots \ldots \quad (5)$$

Aus (4) und (3) folgt übrigens:

$$q_1 = \frac{q}{1 - \frac{h_2}{h_1}} = q\,\frac{h_1}{h_1 - h_2} \quad \ldots \ldots \quad (6)$$

und

$$q_2 = \frac{q}{\frac{h_1}{h_2} - 1} = q\,\frac{h_2}{h_1 - h_2} \quad \ldots \ldots \quad (7)$$

Hieraus geht hervor, daß die Diagonalen des parabelförmigen Sichelträgers für den Zustand der vollen Belastung desselben keinerlei Anstrengungen ausgesetzt sind. Ebenso ergiebt sich, wie bei dem Parabelträger, daß bei dieser Belastung die Spannungen der Gurtungen überall den größtmöglichen Betrag annehmen, und zwar berechnen sich diese Spannungen wie folgt.

Unter der gemachten Voraussetzung (3), daß die horizontalen Componenten H_1 und H_2 der Spannungen beider Gurtungen gleich groß sind, erhält man aus (1) und (2):

$$q_1 = H \frac{8}{n\,l} h_1 \text{ und } q_2 = H \frac{8}{n\,l} h_2,$$

und daher nach (4):

$$q = q_1 - q_2 = H \frac{8}{n\,l}(h_1 - h_2) = H \frac{8}{n\,l} h,$$

wenn die Trägerhöhe in der Mitte $h_1 - h_2 = h$ gesetzt wird. Hieraus ergiebt sich:

$$H = q\,n \frac{l}{8\,h} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (8)$$

als horizontale Spannungscomponente in allen Punkten beider Gurtungen. Um diese Spannungen selbst zu bestimmen, seien im ν ten Felde unter α_ν und β_ν die Neigungswinkel der oberen und unteren Gurtung gegen den Horizont verstanden, so erhält man die betreffende Gurtungsspannung wie beim Parabelträger zu:

$$O_\nu = \frac{H}{\cos\alpha_\nu} = \frac{q\,n}{8} \frac{l}{h \cos\alpha_\nu} \quad \ldots \ldots \quad (9)$$

und

$$U_\nu = \frac{H}{\cos\beta_\nu} = \frac{q\,n}{8} \frac{l}{h \cos\beta_\nu}, \quad \ldots \ldots \quad (10)$$

d. h. also, die Spannungen von irgend zwei Gurtungsstücken verhalten sich wie deren Längen, wenn eine gleiche Weite der einzelnen Felder vorausgesetzt wird.

Wenn der Träger nicht über seine ganze Länge, sondern nur über einen Theil derselben mit der zufälligen Belastung bedeckt ist, welcher Zustand bei Dächern in Folge einseitigen Schnee- und Winddrucks sich einstellen kann, so werden auch in den Diagonalen der Felder Anstrengungen hervorgerufen, und man wird auch hier die größten Beträge desselben zu ermitteln haben, um nach ihnen die Querschnitte der Diagonalen zu bemessen. Diese Ermittelung geschieht in derselben Weise, wie bei dem einfachen Parabelträger. Nimmt man zunächst, wie in Fig. 293, nur einfache nach links ansteigende Diagonalen an, und denkt sich durch irgend ein Feld wie $A_2 A_3$ einen Schnitt $a\,b$ gelegt, so hat man den Schnittpunkt C der beiden durchschnittenen Gurtungstheile als Momentenmittelpunkt anzunehmen, um aus der dafür aufzustellenden Momentengleichung die Spannung T der Diagonale $A_2 B_3$ zu finden. Dieser Schnittpunkt C je zweier demselben Felde angehörigen Diagonalen liegt auf der Horizontalen $A\,B$ und zwar außerhalb der Auflagerpunkte, und man findet durch eine ganz gleiche Betrachtung, wie sie in §. 56 für den Parabelträger angestellt worden ist, daß jede Belastung eines rechts vom Schnitte gelegenen Knotenpunktes in der Diagonale Zugspannungen, dagegen jede Belastung des linken Trägertheiles Druckspannungen erzeugt. Man hat also, um die beiden größten Anstrengungen zu bestimmen, ein Mal den rechten und das andere Mal den linken Trägertheil mit der zufälligen Last bedeckt anzunehmen. Man erhält auf diese Weise für die größte Zug- und Druckspannung der Diagonale gleiche Werthe, da die Spannung zu Null wird, wenn beide Trägertheile gleichmäßig belastet werden. Da die permanente Belastung durch das Eigengewicht ohne Einfluß auf die Spannungen der Diagonalen ist, so genügt es, der Berechnung derselben lediglich die zufällige Belastung durch Schnee- und Winddruck zu Grunde zu legen.

Auch für die in den Verticalstreben durch einseitige Belastung hervorgerufenen Spannungen gilt eine ähnliche Betrachtung. Denkt man sich etwa durch den Stiel $A_3 B_3$ einen Schnitt $a b_1$ gelegt, so hat man den Schnittpunkt D der beiden Gurtungsglieder $A_2 A_3$ und $B_3 M_2$ als Momentenmittelpunkt anzunehmen. Auch hier ist sogleich zu erkennen, daß jede Belastung eines rechts von dem Schnitte $a b_1$ gelegenen Knotenpunktes in dem Verticalstiele Druckspannungen, und jede Belastung links Zugspannungen erzeugt, so lange der Schnittpunkt D außerhalb der Verticallinien durch die Auflager A und B fällt. Wenn dagegen ein solcher Schnittpunkt, wie dies z. B. mit demjenigen D' zwischen $A_1 A_2$ und $B_2 B_3$ der Fall ist, rechts von A innerhalb der durch A und B gehenden Verticalen gelegen ist, so erkennt man, daß die Belastungen aller Knotenpunkte in dem Pfosten Zugspannungen erzeugen.

Hiernach lassen sich die größten Spannungen der Zwischenglieder in bekannter Weise bestimmen, und man wird die Lage der Durchschnittspunkte C und D am einfachsten aus der Zeichnung entnehmen können. Diese so ermittelten Werthe gelten für die Anordnung einfacher Diagonalen nach Art der Fig. 293. Will man die Einrichtung so treffen, daß die Diagonalen nur durch Zugkräfte angesprochen werden sollen, so hat man, wie früher mehrfach angegeben, zu jeder der gezeichneten links ansteigenden Diagonalen noch eine rechts ansteigende Diagonale hinzuzufügen, welche der Kürze wegen hier als Gegendiagonale bezeichnet werden möge. Hierdurch erreicht man, daß die Diagonalen überall nur gezogen werden, und zwar wird für die Gegendiagonale in irgend einem Felde diejenige Spannungszahl maßgebend sein, welche nach der oben für einfache Diagonalen angegebenen Ermittelung derjenigen Diagonale zukommt, die in dem zu dem betrachteten Felde symmetrisch gelegenen Felde angebracht ist. Dies erkennt man leicht aus einer Vergleichung der Figuren 294 und 295 (a. f. S.). Während nämlich bei der Wirkung der links ansteigenden Diagonalen in Fig. 294, z. B. die Diagonale $A_5 B_6$ des sechsten Feldes ihre größte Zugspannung bei einer Belastung von A_6 und A_7 annimmt, findet, wenn die Gegendiagonalen in Fig. 295 gespannt werden, die größte Zugspannung der Diagonale $B_2 A_3$ des zweiten Feldes bei einer Belastung von A_1 und A_2 statt. Es ist aber ersichtlich, daß die beiden in Fig. 294 und Fig. 295 dargestellten Belastungszustände mit einander übereinstimmen.

Fig. 294.

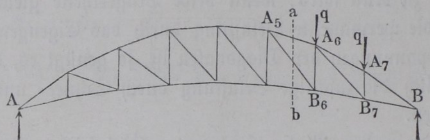
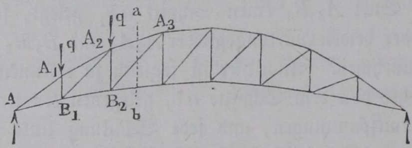


Fig. 295.



In Betreff der Verticalständer muß bemerkt werden, daß dieselben bei der Anwendung von gekreuzten, nur gegen Zugkräfte wirksamen Diagonalen ebensowohl gedrückt wie gezogen werden können. Die größten Zugspannungen stellen sich offenbar in den Verticalstielen ebenfalls bei der vollen Belastung des Trägers ein, da in diesem Falle die Spannungen U der unteren Gurtungen, welche allein Zug in den Stielen hervorzurufen geeignet sind, ihre größten Werthe annehmen, die Diagonalen dagegen, welche nur Pressungen in den Stielen erzeugen können, für diesen Zustand ohne Spannung sind. Wie bereits anfänglich gefunden wurde, ist diese größte Zugspannung der Stiele für den Zustand der vollen Trägerbelastung durch

$$q_1 = q \frac{h_2}{h_1 - h_2} = q \frac{h_2}{h}$$

ausgedrückt.

Um auch die größten Pressungen der Stiele zu finden, dienen die nach dem Vorstehenden unter Annahme eines einfachen Diagonalensystems, Fig. 293, gefundenen Druckspannungen der Verticalstiele. Hierbei hat man nur zu beachten, daß man für jeden Verticalpfosten von den beiden Druckspannungen, welche für diesen Stiel und für den ihm symmetrisch zur Mittellinie gelegenen gefunden wurden, immer die absolut größere Pressung anzunehmen hat. Von der Richtigkeit dieser Bemerkung überzeugt man sich leicht durch die Figuren 296 bis 298. Gesetzt, man erhielte für den Stiel $A_3 B_3$, Fig. 296, in dem Falle, daß die links ansteigenden Diagonalen wirksam sind, die größte Druckspannung bei einer

Belastung der Knotenpunkte A_3, M, A_5, A_6, A_7 zu P_3, und für den Stiel $A_5 B_5$, unter derselben Voraussetzung bezüglich der activen Diagonalen, Fig. 297, den größeren Werth P_5, so hat man diesen Werth P_5 auch für $A_3 B_3$ anzunehmen. Denn wenn man für diesen letztgedachten Pfosten $A_3 B_3$ unter der Annahme, daß die rechts ansteigenden Diagonalen, Fig. 298, zur

Fig. 296.

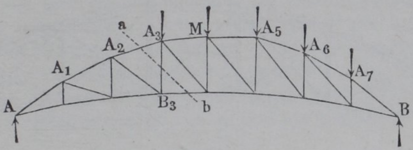


Fig. 297.

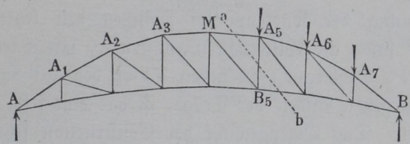
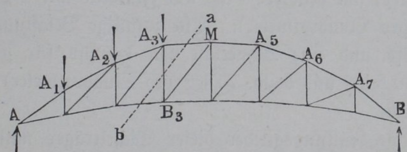


Fig. 298.



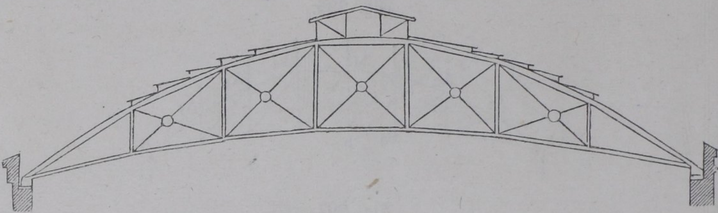
Wirkung kommen, die größte Pressung entsprechend einer Belastung der Knotenpunkte A_1, A_2, A_3 links vom Schnitte ab ermittelt, so gelangt man wegen der übereinstimmenden Belastungszustände zu demselben Werthe P_5, welcher nach Fig. 297 für $A_5 B_5$ gefunden wurde. Andererseits hätte man den für $A_3 B_3$ gefundenen Werth P_3 auch für $A_5 B_5$ zu Grunde zu legen, für den Fall, daß P_3 größer als P_5 sich ergeben würde. Ein Beispiel wird den Gang der Ermittelung näher erläutern.

In Fig. 299 (a. f. S.) ist ein Sichelträger dargestellt, wie solche über der Empfangshalle des Berliner Bahnhofs der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn *) aufgestellt sind. Die Spannweite dieser Binder beträgt $120' = 37{,}66$ m und es sind die Pfeilhöhen der Parabeln, in denen die Knotenpunkte der oberen und unteren Gurtung angeordnet sind, zu $1/5$ bezw. $1/15$ der Spannweite angenommen. Von den 54 in $12' = 3{,}75$ m

*) Erbkam, Zeitschr. f. Bauwesen, 1870.

von einander entfernten Bindern ist jeder durch sechs Verticalpfosten in sieben Felder getheilt, von welchen die beiden äußeren, je 20′ = 6,276 m weiten, mit Zinkblech, die fünf mittleren Felder von je 5,02 m Weite mit Glas abgedeckt sind. Die oberen Gurtungstheile sind, da sie wegen der

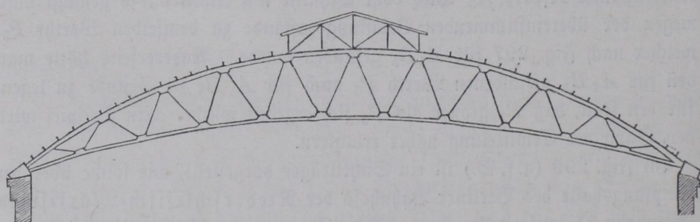
Fig. 299.



großen Entfernung der Knotenpunkte zwischen den letzteren noch durch Pfetten belastet sind, als Gitterbalken construirt, um ihnen die genügende Festigkeit gegen Durchbiegung zu geben. Von den 50′ = 15,69 m über dem Perron gelegenen Enden der Träger ist das eine fest, das andere auf Rollen gelagert. Das Eigengewicht der Construction setzt sich zusammen aus dem Gewichte der Eisentheile mit 12,2 Pfd. pro Quadratfuß (62 kg pro Quadratmeter) und dem der Glas und Zinkdecke mit 4 Pfd. pro Quadratfuß (20,3 kg pro Quadratmeter). Als zufällige Belastung ist ein Winddruck von 6 Pfd. und eine Schneelast von 14 Pfd. für jeden Quadratfuß Grundfläche (30,5 kg und bezw. 71 kg pro Quadratmeter) der Berechnung zu Grunde gelegt.

Man kann die Füllungsglieder dieser Sichelträger natürlich auch nach einem anderen Systeme anordnen, so z. B. ist bei dem in Fig. 300 dargestellten

Fig. 300.



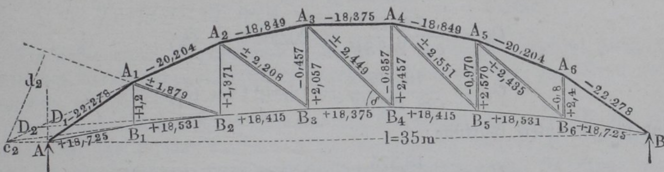
stellten Binder über der Empfangshalle des Görlitzer Bahnhofs zu Berlin*) ein System von Zwischengliedern nach Art des Neville'schen gewählt. Für diese Träger, deren Spannweite 121′ = 38 m beträgt, hat

*) Erbkam, Zeitschr. f. Bauwesen, 1872.

die Obergurtung die Form eines Kreisbogens von $95{,}5' = 30$ m Halbmesser erhalten. Die Berechnung derartiger Sichelträger bietet nach dem Vorstehenden und mit Berücksichtigung des über die Neville'schen Träger in §. 55 Gesagten keine Schwierigkeiten dar.

Beispiel. Als Beispiel sei ein Binder von 35 m Spannweite gewählt, welcher nach Art der über der Empfangshalle des Berliner Bahnhofes der Niederschlesischen Bahn aufgestellten in sieben gleiche Felder von 5 m Weite getheilt sein mag. Für die Parabeln der Gurtungen sollen bezw. 7 m und 2 m Pfeilhöhe gewählt werden, und es möge für jeden Knotenpunkt die permanente Belastung zu $p = 1000$ kg $= 1$ t, die zufällige Belastung durch Schnee und Wind zu $k = 2$ t, also die Gesammtbelastung zu $q = 3$ t angenommen werden.

Fig. 301.



Zur Verzeichnung der parabolischen Gurtungen erhält man zunächst die Höhen der Knotenpunkte über der Horizontalen AB, Fig. 301, von der Mitte aus beiderseits zu

$$7\left(1 - \frac{1}{7^2}\right) = 6{,}857 \text{ m für } A_3 \text{ und } A_4,$$

$$7\left(1 - \frac{9}{49}\right) = 5{,}714 \text{ m für } A_2 \text{ und } A_5,$$

$$7\left(1 - \frac{25}{49}\right) = 3{,}429 \text{ m für } A_1 \text{ und } A_6,$$

$$2\left(1 - \frac{1}{49}\right) = 1{,}959 \text{ m für } B_3 \text{ und } B_4,$$

$$2\left(1 - \frac{9}{49}\right) = 1{,}633 \text{ m für } B_2 \text{ und } B_5,$$

$$2\left(1 - \frac{25}{49}\right) = 0{,}979 \text{ m für } B_1 \text{ und } B_6,$$

Demgemäß ergeben sich ferner die Neigungswinkel α und β der Gurtungsstücke gegen den Horizont durch

$$tg\,\alpha_1 = \frac{3{,}429}{5} = 0{,}6858; \qquad \alpha_1 = 34^0\,26' \text{ für } A A_1,$$

$$tg\,\alpha_2 = \frac{5{,}714 - 3{,}429}{5} = 0{,}4571; \quad \alpha_2 = 24^0\,34' \text{ für } A_1 A_2,$$

$$tg\,\alpha_3 = \frac{6{,}857 - 5{,}714}{5} = 0{,}2286; \quad \alpha_3 = 12^0\,52' \text{ für } A_2 A_3,$$

Ebenso erhält man für die untere Gurtung die entsprechenden Winkel

$$\beta_1 = 11^0\,5' \text{ für } A\,B_1,$$
$$\beta_2 = 7^0\,26' \text{ für } B_1\,B_2 \text{ und}$$
$$\beta_3 = 3^0\,44' \text{ für } B_2\,B_3.$$

Für die Gurtungen des Mittelfeldes ist

$$\alpha_4 = \beta_4 = 0.$$

Zunächst findet sich die größte Horizontalspannung der Gurtungen nach (8) zu

$$H = O_4 = U_4 = q\,n\,\frac{l}{8\,(h_1 - h_2)} = 3\,.\,7\,\frac{35}{8\,(7-2)} = 18{,}375\,\text{t},$$

und daher mit den oben ermittelten Neigungswinkeln der Gurtungen die Spannungen der letzteren:

$$O_1 = \frac{18{,}375}{\cos\,34^0\,26'} = 22{,}278\,\text{t} = O_7,$$

$$O_2 = \frac{18{,}375}{\cos\,24^0\,34'} = 20{,}204\,\text{t} = O_6,$$

$$O_3 = \frac{18{,}375}{\cos\,12^0\,52'} = 18{,}849\,\text{t} = O_5,$$

und für die untere Gurtung:

$$U_1 = \frac{18{,}375}{\cos\,11^0\,5'} = 18{,}725\,\text{t} = U_7,$$

$$U_2 = \frac{18{,}375}{\cos\,7^0\,26'} = 18{,}531\,\text{t} = U_6,$$

$$U_3 = \frac{18{,}375}{\cos\,3^0\,44'} = 18{,}415\,\text{t} = U_5.$$

Um die größten Spannungen der Zwischenglieder zu bestimmen, seien zunächst einfache, nach links ansteigende Diagonalen angenommen. Für den Schnittpunkt C_2 der Gurtungen des zweiten Feldes findet man durch Rechnung oder nach der Zeichnung den Abstand von der Stütze A zu $c_2 = 2{,}5$ m, und denjenigen von der Diagonale $A_1\,B_2$ zu $d_2 = 5{,}7$ m. Daher erhält man für diese Diagonale die Spannung T_2, wenn man die Knotenpunkte A_2, A_3, A_4, A_5 und A_6 mit je $k = 2$ t belastet denkt, wobei das Eigengewicht als ohne Einfluß vernachlässigt werden kann, aus:

$$2\,\frac{1+2+3+4+5}{7}\,2{,}5 - T_2\,5{,}7 = 0 \text{ zu } T_2 = +\,1{,}879\,\text{t}.$$

Ebenso erhält man für eine Belastung nur des ersten Knotenpunktes A_1:

$$2\,\frac{6}{7}\,2{,}5 - 2\,.\,(5 + 2{,}5) - T_2\,5{,}7 = 0 \text{ zu } T_2 = -\,1{,}879\,\text{t}.$$

In gleicher Weise bestimmen sich die Spannungen in den Diagonalen der übrigen Felder mit Ausnahme des mittleren, und es wird genügen, für diese Bestimmung einfach die Ansätze anzugeben. Es ist für die

Diagonale $A_2\,B_3$: $c_3 = 15$ m, $d_3 = 19{,}4$ m:

$$2\,\frac{1+2+3+4}{7}\,15 = T_3\,19{,}4; \quad T_3 = \pm\,2{,}208\,\text{t}.$$

Diagonale $A_4 B_5$: $c_4 = 15\,\text{m}$, $d_4 = 16{,}8\,\text{m}$:

$$2\,\frac{1+2}{7}\,(35+15) = T_5\,.\,16{,}8; \qquad T_5 = \pm\ 2{,}551\ \text{t}.$$

Diagonale $A_5 B_6$: $c_5 = 2{,}5\,\text{m}$, $d_5 = 4{,}4\,\text{m}$:

$$2\,\frac{1}{7}\,(35+2{,}5) = T_6\,.\,4{,}4; \qquad T_6 = \pm\ 2{,}435\ \text{t}.$$

Für das mittlere Feld, für welches der Schnittpunkt der Gurtungen ins Unendliche rückt, setzt man wieder die Verticalcomponente der Diagonalspannung $T_4 \sin \delta$ gleich der verticalen Scheerkraft in diesem Felde bei einer Belastung des halben Trägers. Der Neigungswinkel δ folgt aus:

$$tg\,\delta = \frac{A_3 B_3}{5} = \frac{6{,}8571 - 1{,}9592}{5} = 0{,}9796 \text{ zu } \delta = 44^0\,25',$$

daher erhält man aus:

$$T_4 \sin 44^0\,25' = 2\,\frac{1+2+3}{7};\ T_4 = \pm\ 2{,}449\ \text{t}.$$

Die Bestimmung der Spannkräfte in den Verticalpfosten geschieht gleichfalls unter der Voraussetzung einfacher Diagonalen, welche auf Zug und Druck wirksam sind, wie folgt:

Der Durchschnittspunkt D_1 zwischen den Gurtungen $A A_1$ und $B_1 B_2$ fällt zwischen A und B und hat von A den horizontalen Abstand $b_1 = 0{,}588\,\text{m}$, wie aus der Zeichnung oder durch Rechnung gefunden wird. In Folge dessen erzeugen alle Belastungen Zugspannungen, so daß man P_{1max} erhält, wenn der Träger voll belastet ist, während für den leeren Träger P_{1min} eintritt. Man hat daher aus:

$$\frac{6.3}{2}\,0{,}588 - P_{1max}\,(5-0{,}588) = 0;\ P_{1max} = +\,1{,}199 = rot\ 1{,}2\ \text{t Zug}$$

und

$$\frac{6.1}{2}\,0{,}588 - P_{1min}\,(5-0{,}588) = 0;\ P_{1min} = +\,0{,}4\ \text{t Zug}.$$

Für die übrigen Pfosten fallen die betreffenden Durchschnitte D der Gurtungen außerhalb der Stützen und man findet die äußersten Anstrengungen der Pfosten nach dem Vorstehenden durch die folgenden Ansätze. Es ist für $A_2 B_2$, $b_2 = 0{,}416\,\text{m}$ (links von A). Daher wird für eine Belastung von A_2 bis A_6:

$$\left(3 + 2\,\frac{1+2+3+4+5}{7}\right) 0{,}416 - 1\,.\,5{,}416 + P_{2min}\,10{,}416 = 0;$$

$$P_{2min} = +\,0{,}229\ \text{t Zug},$$

während man für eine Belastung von A_1 den Werth P_{2max} aus:

$$\left(3 + 2\,\frac{6}{7}\right) 0{,}416 - 3\,.\,5{,}416 + P_{2max}\,10{,}416 = 0;$$

$$P_{2max} = +\,1{,}371\ \text{t Zug}$$

erhält. Man hat ebenso für $A_3 B_3$ den Abstand des Schnittpunktes von A, $b_3 = 6{,}429$, daher:

$$\left(3 + 2\,\frac{1+2+3+4}{7}\right) 6{,}429 - 1\,(11{,}429 + 16{,}429) + P_{3min}\,21{,}429 = 0;$$

$$P_{3min} = -\,0{,}457\ \text{t Druck},$$

$$\left(3 + 2\,\frac{6 + 5}{7}\right) 6{,}429 - 3\,(11{,}429 + 16{,}429) + P_{3max}\,21{,}429 = 0;$$

$$P_{3max} = + 2{,}057 \text{ t Zug.}$$

$A_4 B_4$; $b_4 = 55$ m links von A:

$$\left(3 + 2\,\frac{1 + 2 + 3}{7}\right) 55 - 1\,(60 + 65 + 70) + P_{4min}\,75 = 0;$$

$$P_{4min} = - 0{,}857 \text{ t Druck,}$$

$$\left(3 + 2\,\frac{6 + 5 + 4}{7}\right) 55 - 3\,(60 + 65 + 70) + P_{4max}\,75 = 0;$$

$$P_{4max} = + 2{,}457 \text{ t Zug.}$$

Für $A_5 B_5$ ist $b_5 = 66{,}67$ rechts von A, daher:

$$\left(3 + 2\,\frac{1 + 2}{7}\right) 66{,}67 - 1\,(61{,}67 + 56{,}67 + 51{,}67 + 46{,}67) + P_{5min}\,41{,}67 = 0;$$

$$P_{5min} = - 0{,}970 \text{ t Druck,}$$

$$\left(3 + 2\,\frac{6 + 5 + 4 + 3}{7}\right) 66{,}67 - 3\,(61{,}67 + 56{,}67 + 51{,}67 + 46{,}67) + P_{5max}\,41{,}67 = 0;$$

$$P_{5max} = + 2{,}570 \text{ t Zug.}$$

$A_6 B_6$; $b_6 = 39{,}375$ rechts von A:

$$\left(3 + 2\,\frac{1}{7}\right) 39{,}375 - 1\,(34{,}375 + 29{,}375 + 24{,}375 + 19{,}375 + 14{,}375) + P_{5min}\,9{,}375 = 0;$$

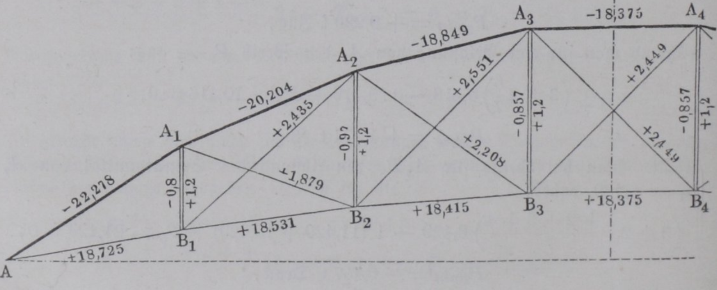
$$P_{6min} = - 0{,}8 \text{ t Druck,}$$

$$\left(3 + 2\,\frac{6 + 5 + 4 + 3 + 2}{7}\right) 39{,}375 - 3\,(34{,}375 + 29{,}375 + 24{,}375 + 19{,}375 + 14{,}375) + P_{6max}\,9{,}375 = 0;$$

$$P_{6max} = + 2{,}4 \text{ t Zug.}$$

Die so gefundenen Spannungszahlen, welche in Fig. 301 eingetragen wurden, gelten für die Anordnung einfacher gegen Druck und Zug wirksamer Diagonalen. Wendet man jedoch nur zugfähige Kreuzbänder an, so behalten die gefundenen Spannungen überall für die links ansteigenden Diagonalen ihre Gültigkeit, wäh-

Fig. 302.



rend für jedes rechts ansteigende Diagonalband nach dem Obigen die Spannungszahl gilt, welche für das symmetrisch gelegene Feld berechnet wurde. Für diesen Fall sind ferner die Verticalstiele der größten Zugspannung bei der vollen Trägerbelastung ausgesetzt, und diese größte Zugspannung berechnet sich nach (7) zu

$$q_2 = q \frac{h_2}{h_1 - h_2} = 3 \frac{2}{7-2} = 1{,}2\,\mathrm{t}.$$

Als größte Druckspannung hat man für jeden Stiel den absolut größten Werth von denjenigen Beträgen anzunehmen, welche für diesen und den symmetrischen Stiel als P_{min} sich ergaben, z. B. hat man für $A_3 B_3$ und für $A_4 B_4$ die größte Druckkraft zu 0,857 t, und nicht, wie bei einfachen Diagonalen für $A_3 B_3$ sich fand, zu 0,457 t anzunehmen. Dementsprechend sind die für gekreuzte Diagonalen geltenden Spannungszahlen in die Fig. 302 eingetragen.

Häng- und Sprengwerke. In gleicher Weise wie die Fachwerke hat man auch die bei Bauausführungen häufigen sogenannten Häng- und Sprengwerke zu beurtheilen. Man versteht darunter im Allgemeinen solche Constructionen, welche dazu dienen, Balken von größerer Länge in einzelnen Punkten zwischen den Auflagern durch geeignet angeordnete Zwischenglieder derartig zu unterstützen, daß die Last der unterstützten Punkte durch eben diese Zwischenglieder nach den festen Auflagern hin übertragen wird. Wenn hierbei der Balken von oben unterstützt wird, so heißt die Construction ein Hängwerk, während vermittelst der Sprengwerke die Unterstützung von unten bewirkt wird. Bei allen Häng- und Sprengwerken treten als charakteristische Zwischenglieder geneigte Stäbe auf, welche ebensowohl als Druckstreben wie als Zugbänder wirken können. Verticale Pfosten werden hauptsächlich bei den Hängwerken als sogenannte Hängesäulen in Anwendung gebracht, kommen indessen auch bei einzelnen Sprengwerken als Druckstiele vor. Ebenso finden sich horizontale Glieder sowohl als Zuganker wie als gedrückte Spannriegel. Sehr häufig aber ersetzt man, insbesondere bei den Sprengwerken, die Wirkung solcher horizontalen Stangen durch die von festen Widerlagsmauern ausgeübten Reactionen. Je nachdem die Unterstützung des Balkens in nur einem oder in mehreren Punkten vorgenommen wird, werden wohl einfache und zusammengesetzte Häng- und Sprengwerke unterschieden. §. 62.

Ein einfaches Hängwerk, ein sogenannter Hängebock, ist durch Fig. 303 (a. f. S.) dargestellt. Der in AA auf Stützen ruhende Balken wird in der Mitte mittelst des Hängeeisens DE durch die Hängesäule BC getragen, welche letztere den auf sie ausgeübten Zug Q auf die beiden Streben BA überträgt. In jeder dieser Streben wird, wie aus der Zerlegung der Kraft Q sich ergiebt, eine Druckspannung

$$S = \frac{1}{2} \frac{Q}{\sin \alpha} \quad \ldots \ldots \quad (1)$$