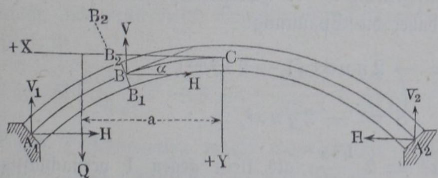
der Stütze A_1 normal zu der Querschnittsfläche BD gerichtet ist. Man erkennt daraus, daß jede rechts von E zwischen E und A_2 wirkende Belastung eine Schubkraft in DB erzeugt, welche bestrebt ist, das Bogenstück A_1BD nach innen oder unten zu verschieben, während eine Belastung zwischen E und der Verticalebene G durch die Mitte des Querschnittes eine Auflagerreaction R_1 erzeugt, welche das Stück A_1BD aufwärts zu verschieben trachtet. Eine Belastung der Strecke GA_1 dagegen muß wieder abwärts wirkende Schubkräfte hervorrufen, da der Einfluß einer solchen Belastung K auf A_1BD sich wieder als Mittelkraft aus K und der nach A_1J gerichteten Reaction R_1, d. h. als der nach JA_2 gerichtete Druck gegen die jenseitige Stütze A_2 bestimmt.

Den Horizontalschub H für diese ungünstigsten Belastungszustände hat man in jedem Falle nach der Gleichung (30ª) zu ermitteln.

Spannungen der Bögen. Hat man in der vorstehend angegebenen Art für einen bestimmten Belastungszustand eines Bogens die horizontale Schubkraft H, sowie die verticalen Auflagerreactionen V_1 und V_2 in A_1 und A_2, Fig. 344, ermittelt, so bestimmt sich für irgend einen Querschnitt durch den Punkt B die daselbst auftretende Spannung wie folgt. Auf diesen Querschnitt wirkt eine Horizontalkraft, welche für den Bogen an jeder Stelle den constanten Werth $-H$ der horizontalen Widerlagerreaction hat, und eine verticale Kraft V, welche sich aus der Differenz zwischen der aufwärts gerichteten Auflagerreaction $-V_1$ in A_1 und den zwischen A_1 und B wirkenden Belastungen Q, also zu §. 66.

Fig. 344.



$$V = Q - V_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (34)$$

bestimmt. Es sind hier wieder diese Kräfte positiv oder negativ angenommen, je nachdem sie nach den Richtungen der positiven oder negativen Coordinatenaxen wirken. Bezeichnet nun α den Neigungswinkel der parabolischen Mittellinie des Bogens in B gegen den Horizont, so erhält man die nach dieser Tangente, d. h. normal zu dem Querschnitte B_1B_2 gerichtete Spannung zu

$$S = V \sin\alpha + H \cos\alpha = V\frac{\partial y}{\partial s} + \frac{H\partial x}{\partial s}.$$

Für die Parabel hat man nun nach (7) und (8):

$$\partial y = 2nx\partial x \text{ und } \partial s = (1 + 2n^2x^2)\,\partial x,$$

so daß man hiermit

$$S = \frac{V\,2nx + H}{1 + 2n^2x^2}$$

oder annähernd

$$S = (V\,2nx + H)\,(1 - 2n^2x^2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (35)$$

erhält.

Setzt man zunächst wieder voraus, der Bogenträger sei wie ein gerader Balken mit seinen Enden verschieblich auf horizontale Stützflächen gesetzt, so daß $H = 0$ ist, so findet man bei einer Belastung des Scheitels C durch $2K$, also mit $V = -K$, die Spannung

$$S = -K\,2nx\,(1 - 2n^2x^2).$$

Die Spannung ist daher in diesem Falle im Scheitel gleich Null und wächst mit x, so daß sie an den Enden für $x = l$ den größten Werth

$$S_{max} = -K\,2nl\,(1 - 2n^2l^2) = -2K\frac{h}{l}\left(1 - 2\frac{h^2}{l^2}\right)$$

annimmt.

Wäre unter derselben Voraussetzung verschieblicher Auflager der Träger gleichmäßig mit q pro Längeneinheit der Horizontalprojection belastet, so wäre $V = -qx$, und daher die Spannung

$$S = -2qnx^2\,(1 - 2n^2x^2),$$

oder angenähert

$$S = -2qnx^2,$$

da man den Werth $2n^2x^2 = 2\dfrac{h^2x^2}{l^4}$ als klein gegen 1 vernachlässigen kann. Auch hierfür ist die Spannung im Scheitel gleich Null, und sie erreicht ihren größten Werth an den Enden zu

$$S_{max} = -2qnl^2 = -2qh.$$

Nimmt man dagegen an, daß der Bogen sich in A_1 und A_2 gegen feste Widerlager stemme, so hat man bei einer Belastung des Scheitels durch $2K$ die Verticalkraft $V = -K$ und nach (23) die Horizontalkraft

$$H = -K\left(\frac{25}{32}\frac{l}{h} - \frac{h}{28l}\right),$$

womit man aus (35)

$$S = \left[-K\,2nx - K\left(\frac{25}{32}\frac{l}{h} - \frac{h}{28l}\right)\right](1 - 2n^2x^2)$$

erhält.

Dies schreibt sich, unter Vernachlässigung der höheren Potenzen von n:

$$S = K\left(-2nx - \frac{25\,l}{32\,h} + \frac{h}{28\,l} + \frac{25}{16}\frac{l\,n^2}{h}x^2\right)$$
$$= K\left(\frac{25}{16}\frac{h}{l^3}x^2 - 2\frac{h}{l^2}x - \frac{25\,l}{32\,h} + \frac{h}{28\,l}\right) \quad . \; . \; . \; . \quad (36)$$

Dieser Ausdruck wird mit:

$$\frac{25}{16}\frac{h}{l^3}\,2\,x = 2\,\frac{h}{l^2}, \text{ d. h. mit } x = \frac{16}{25}\,l = 0{,}64\,l$$

ein Maximum von dem Betrage:

$$S_{max} = -\,K\left(\frac{25\,l}{32\,h} + \frac{423\,h}{700\,l}\right).$$

Wenn dieser Bogen gleichmäßig belastet ist, so hat man:

$$V = -\,q\,x,$$

und nach (24):

$$H = -\,q\,\frac{l^2}{2\,h},$$

so daß man hiermit die Druckkraft:

$$S = \left(-\,q\,x\,.\,2\,n\,x - q\,\frac{l^2}{2\,h}\right)(1 - 2\,n^2x^2) = -\,q\left(\frac{h}{l^2}x^2 + \frac{l^2}{2\,h}\right) \quad (37)$$

erhält, und wenn dieser Bogen noch außerdem das Gewicht $2\,K$ im Scheitel trägt, ist:

$$S = K\left(\frac{25}{16}\frac{h}{l^3}x^2 - 2\frac{h}{l^2}x - \frac{25}{32}\frac{l}{h} + \frac{h}{28\,l}\right) - q\left(\frac{h}{l^2}x^2 + \frac{l^2}{2\,h}\right) \quad . \quad (38)$$

Durch Differentiation erhält man hieraus denjenigen Werth von x, für welchen S zu einem Maximum wird, aus:

$$K\left(\frac{25}{8}\frac{h}{l^3}\,x - 2\,\frac{h}{l^2}\right) - 2\,q\,\frac{h}{l^2}\,x = 0$$

zu

$$x = \frac{16\,K}{25\,K - 16\,q\,l}\,l.$$

Dieser Ausdruck gilt natürlich nur, so lange er Werthe liefert, welche kleiner als l sind; wenn dagegen $x > l$, d. h. wenn $16\,K > 25\,K - 16\,q\,l$ ist, oder für $K \leqq \frac{16}{9}\,q\,l$ stellt sich die größte Druckkraft S an den Enden A_1 und A_2 ein.

Die Druckkraft S erzeugt in dem Querschnitte F des Bogens eine specifische Druckspannung von der Größe:

$$s_d = \frac{S}{F} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (39)$$

Außerdem wird aber der Bogen noch durch ein gewisses Moment M der äußeren Kräfte auf Biegung beansprucht, wodurch beiderseits in den von der neutralen Axe entferntesten Fasern die Biegungsspannung:

$$s_b = M \frac{e}{T} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (40)$$

hervorgerufen wird, wenn wie bisher T das Trägheitsmoment des Querschnitts in Bezug auf die durch dessen Schwerpunkt gehende horizontale Axe und e den Abstand dieser letzteren von der äußersten Faserschicht bedeutet. Das Moment M der äußeren Kräfte erhält man in dem vorausgesetzten Belastungszustande des Bogens, Fig. 344, dann zu:

$$M = - V_1 (l - x) + H (h - y) + Q (a - x),$$

worin man für V_1 und H die verticale und horizontale Auflagerreaction einzuführen hat, welche dem zu Grunde gelegten Belastungszustande gemäß nach dem Vorstehenden zu ermitteln sind. Wenn man daher mit s die höchstens zulässige specifische Faserspannung des Materials pro Quadrateinheit bezeichnet, so gilt für die Bestimmung der Querschnittsdimensionen die Bedingung:

$$s = s_d \pm s_b = \frac{S}{F} \pm \frac{M e}{T} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (41)$$

Setzt man z. B. eine Belastung des Scheitels durch $2K$ voraus, so hat man:

$$V_1 = - K, \; H = - K \left(\frac{25}{32} \frac{l}{h} - \frac{h}{28 l}\right)$$

nach (23), und

$$S = K \left(\frac{25}{16} \frac{h}{l^3} x^2 - 2 \frac{h}{l^2} x - \frac{25}{32} \frac{l}{h} + \frac{h}{28 l}\right)$$

nach (36), folglich die Spannungen in den äußersten Fasern:

$$s = \frac{K}{F} \left(\frac{25}{16} \frac{h}{l^3} x^2 - 2 \frac{h}{l^2} x - \frac{25}{32} \frac{l}{h} + \frac{h}{28 l}\right)$$
$$\pm \frac{K e}{T} \left[(l - x) - \left(\frac{25}{32} \frac{l}{h} - \frac{h}{28 l}\right) (h - y)\right] \quad . \quad . \quad (42)$$

Hieraus folgt für den Bogenscheitel mit $x = y = 0$:

$$s_c = - \frac{K}{F} \left(\frac{25}{32} \frac{l}{h} - \frac{h}{28 l}\right) \pm \frac{K e}{T} \left(\frac{7}{32} l + \frac{h^2}{28 l}\right) \quad . \quad (42^a)$$

während für die Enden A_1 und A_2 mit $x = l$; $y = h$ die Spannung in allen Punkten zu:

$$s_a = \frac{S}{F} = - \frac{K}{F} \left(\frac{25}{32} \frac{l}{h} + \frac{45}{112} \frac{h}{l}\right) . \quad . \quad . \quad . \quad (42^b)$$

sich ergiebt.

Um für diesen Fall die schwächste Stelle, für welche s ein Maximum wird, zu erhalten, findet man aus (42) durch $\frac{\partial s}{\partial x} = 0$:

$$\frac{K}{F}\left(\frac{25}{8}\frac{h}{l^3}x - 2\frac{h}{l^2}\right) + \frac{Ke}{T}\left[-1 + \left(\frac{25}{32}\frac{l}{h} - \frac{h}{28l}\right)\frac{\partial y}{\partial x}\right] = 0,$$

oder mit $\frac{\partial y}{\partial x} = 2nx = 2\frac{h}{l^2}x$, wenn man mit $\frac{TFl^2}{K}$ multiplicirt:

$$T\frac{25}{8}\frac{h}{l}x - T2h - Fel^2 + Fe\left(\frac{25}{16}l - \frac{h^2}{14l}\right)x = 0,$$

woraus

$$x = \frac{T2h + Fel^2}{\frac{25}{8}T\frac{h}{l} + Fe\left(\frac{25}{16}l - \frac{h^2}{14l}\right)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (43)$$

folgt. Wenn man hierin das Glied $\frac{h^2}{14l}$ vernachlässigt, so folgt annähernd

$$x = \frac{16}{25}l,$$

und durch Einführung dieses Werthes und

$$y = \frac{h}{l^2}x^2 = \frac{256}{625}h$$

in (42) erhält man daher die größte Spannung:

$$s_{max} = -\frac{K}{F}\left(\frac{25}{32}\frac{l}{h} + \frac{423}{700}\frac{h}{l}\right) + \frac{Ke}{T}\left[\frac{9}{25}l - \left(\frac{25}{32}\frac{l}{h} - \frac{h}{28l}\right)\frac{369}{625}h\right]$$

$$= -\frac{K}{F}\left(\frac{25}{32}\frac{l}{h} + \frac{423}{700}\frac{h}{l}\right) - \frac{Ke}{T}\left(\frac{81}{800}l - \frac{369}{17500}\frac{h^2}{l}\right) \quad . \quad . \quad (44)$$

Wenn die Last $2lq$ gleichmäßig über den Bogen vertheilt ist, so hat man, wie oben gefunden, das Moment M und also auch die Biegungsspannung für jeden Querschnitt gleich Null; die ganze Spannung ist also die aus S sich ergebende nach (37) durch:

$$s = \frac{S}{F} = -\frac{q}{F}\left(\frac{h}{l^2}x^2 + \frac{l^2}{2h}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (45)$$

bestimmt.

Durch die Druckkraft S wird auch eine Zusammendrückung des Bogenträgers in tangentialer Richtung, also eine Verkürzung der Bogenlänge, und in Folge davon eine Senkung des Scheitels herbeigeführt, welche sich folgenderart bestimmt. Bezeichnet man mit σ die Verkürzung eines Bogenstückes zwischen dem Scheitel und einem Punkte mit der Abscisse x, ist also unter $\partial\sigma$ die Verkürzung des Bogenelementes ∂s verstanden, so hat man nach den für die rückwirkende Elasticität geltenden Regeln:

$$\partial\sigma = \frac{S}{FE}\,\partial s = \frac{S}{FE}\,(1 + 2\,n^2 x^2)\,\partial x,$$

wenn E den Elasticitätsmodul des Bogenmaterials bedeutet. Man erhält daher die Verkürzung σ für das Stück zwischen den Abscissen 0 und x zu:

$$\sigma = \int_0^x \frac{S}{FE}\,(1 + 2\,n^2 x^2)\,\partial x \;.\;.\;.\;.\;. \quad (46)$$

Für einen in der Mitte mit $2\,K$ belasteten Bogen hat man daher nach (36), wenn wiederum der Querschnitt F überall von gleicher Größe vorausgesetzt wird:

$$\sigma = \frac{K}{FE}\int_0^x \left(\frac{25}{16}\,\frac{h}{l^3}\,x^2 - 2\,\frac{h}{l^2}\,x - \frac{25}{32}\,\frac{l}{h} + \frac{h}{28\,l}\right)\left(1 + 2\,\frac{h^2}{l^4}\,x^2\right)\partial x$$

$$= \frac{K}{FE}\left(-\frac{h}{l^2}\,x^2 - \frac{25}{32}\,\frac{l}{h}\,x + \frac{h}{28\,l}\,x\right) \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\; \quad (47)$$

und für die Bogenhälfte mit $x = l$:

$$\sigma = -\,\frac{K}{FE}\left(\frac{27}{28}\,h + \frac{25}{32}\,\frac{l^2}{h}\right) \;.\;.\;.\;. \quad (47^a)$$

Wenn dagegen der Bogen gleichmäßig mit $2\,l\,q$ belastet ist, so erhält man mit $S = -\,q\left(\frac{h}{l^2}\,x^2 + \frac{l^2}{2\,h}\right)$ nach (37):

$$\sigma = -\,\frac{q}{FE}\int_0^x \left(\frac{h}{l^2}\,x^2 + \frac{l^2}{2\,h}\right)\left(1 + 2\,\frac{h^2}{l^4}\,x^2\right)\partial x$$

$$= -\,\frac{q}{FE}\left(\frac{2}{3}\,\frac{h}{l^2}\,x^3 + \frac{l^2}{2\,h}\,x + \frac{2}{5}\,\frac{h^3}{l^6}\,x^5\right) \;.\;.\;. \quad (48)$$

und für die Bogenhälfte:

$$\sigma = -\,\frac{q}{FE}\left(\frac{2}{3}\,h\,l + \frac{l^3}{2\,h} + \frac{2}{5}\,\frac{h^3}{l}\right) \;.\;.\;.\;.\;. \quad (48^a)$$

Wenn der Bogen beiden Belastungen $2\,K$ und $2\,q\,l$ ausgesetzt ist, so bestimmt sich die Verkürzung einer Bogenhälfte durch die Summe von (47^a) und (48^a).

Aus der Verkürzung einer Bogenhälfte läßt sich auch die Senkung η des Scheitels bestimmen. Man findet nämlich die Bogenlänge s der Parabel durch Integration von (8) zu:

$$s = x + \frac{2}{3} n^2 x^3 = x + \frac{2}{3} \frac{h^2}{l^4} x^3$$

und für die Bogenhälfte mit $x = l$:

$$s = l + \frac{2}{3} \frac{h^2}{l}.$$

Hieraus ergiebt sich durch Differentiiren nach h:

$$\partial s = \frac{4}{3} \frac{h}{l} \partial h \text{ oder } \partial h = \frac{3}{4} \frac{l}{h} \partial s.$$

Setzt man daher für ∂s die Verkürzung σ ein, so giebt ∂h die Veränderung von h, d. h. die Senkung des Scheitels:

$$\eta = \frac{3}{4} \frac{l}{h} \sigma.$$

Beispielsweise würde für gleichzeitige Belastung des Bogens mit $2\,K$ im Scheitel und mit $2\,l\,q$ in gleichmäßiger Vertheilung die Senkung des Scheitels nach (47^a) und (48^a) annähernd zu:

$$\eta = \frac{3}{4} \frac{l^3}{h^2 F E} \left(\frac{25}{32} K + \frac{q\,l}{2} \right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (49)$$

folgen.

Nach den vorstehenden Ermittelungen ist es nunmehr auch leicht, den Einfluß von Temperaturänderungen auf die Spannungsverhältnisse der Bogenträger zu ermitteln. Denkt man sich nämlich zunächst den Bogenträger mit seinen Enden verschieblich auf horizontale Stützflächen gestellt, so wird die mit der Zunahme der Temperatur verbundene Verlängerung des Trägers eine Vergrößerung der horizontalen Entfernung der Enden A_1 und A_2 und somit eine Verschiebung der letzteren nach außen im Gefolge haben. Gesetzt diese Verschiebung betrage für jedes Ende den Werth $\tau\,l$, unter τ die durch die Temperaturerhöhung bewirkte Aenderung der Längeneinheit verstanden, so kann man sich die Wirkung der festen Widerlager derartig denken, daß dieselben Horizontalkräfte H auf die Trägerenden ausüben, von genügender Größe, um die Verschiebung wieder aufzuheben. Man erhält daher den hierzu erforderlichen Horizontalschub aus (13^b), wenn man darin $V = 0$ setzt und l für a einführt, durch:

$$\xi = \tau\,l = -\frac{H}{TE} \frac{8}{15} h^2 l.$$

Der hieraus folgende Horizontaldruck:

$$H = \frac{15}{8} \frac{\tau\,TE}{h^2}$$

erzeugt im Querschnitte durch den Scheitel eine Druckspannung:

$$s_d = \frac{H}{F}$$

und eine Biegungsspannung:

$$s_b = \frac{Me}{T} = \frac{Hhe}{T},$$

so daß die durch die Temperaturzunahme erzeugte Spannung im Scheitel den größten Werth:

$$s_t = \frac{H}{F} + \frac{Hhe}{T} = \frac{15}{8}\frac{\tau E}{h^2}\left(\frac{T}{F} + he\right) \quad . \quad . \quad . \quad (50)$$

annimmt.

Hierin kann man den Ausdehnungscoefficienten für Eisen zu 0,000012 für 1° C. annehmen, so daß $\tau = 0{,}000012\,t$ zu setzen ist, wenn t die Temperaturveränderung in Graden C. bedeutet. Um diese durch die Temperaturveränderung hervorgerufene Spannung muß die durch die Belastung erzeugte geringer sein, als die höchstens zulässige, und hierdurch wird der Vortheil einer günstigen Materialverwendung großentheils wieder aufgehoben, welcher sonst mit dem elastischen Bogenträger verbunden ist.

Beispiel. Ein gußeiserner Bogenträger von 5 m Spannweite und 1 m Pfeilhöhe der parabolischen Mittellinie hat in seinem Scheitel ein Gewicht von 5000 kg zu tragen. Wie groß hat man die Breite b des rechteckigen Querschnitts im Scheitel anzunehmen, wenn die Höhe daselbst 0,3 m gewählt wird, unter der Bedingung, daß mit Berücksichtigung einer Temperaturschwankung von 30° C. die größte Faserspannung den Betrag von $s = 6$ kg pro Quadratmillimeter nicht übersteige?

Hier ist, unter $a = 300$ mm die Höhe und unter b die gesuchte Breite des Querschnitts im Scheitel verstanden:

$$F = b\,.\,300 \text{ und } T = \frac{b}{12}\,300^3,$$

daher

$$\frac{T}{F} = \frac{300^2}{12} \text{ und } e = \frac{a}{2} = 150,$$

daher erhält man nach (50) die durch die Temperaturveränderung hervorgerufene Spannung, wenn der Elasticitätsmodul $E = 10\,000$ gesetzt wird:

$$s_t = \frac{15}{8}\frac{0{,}000012\,.\,30\,.\,10\,000}{1000\,.\,1000}\left(\frac{300\,.\,300}{12} + \frac{300\,.\,1000}{2}\right)$$
$$= \frac{0{,}054}{8}\left(\frac{90}{12} + \frac{300}{2}\right) = 0{,}054\,.\,19{,}7 = 1{,}06 \text{ kg}.$$

Die durch die Belastung erzeugte Spannung darf daher nicht mehr als $6 - 1{,}06 = 4{,}94$ kg betragen. Für den Scheitel erhält man nun aus (42[a]) durch Einführung von $K = 2500$, $l = 2{,}5$ m und $h = 1$ m die größte Spannung:

$$s_c = -\frac{2500}{b.300}\left(\frac{25}{32}\frac{2,5}{1} - \frac{1}{28.2,5}\right) - \frac{2500.150}{\frac{1}{12}b\,300^3}\left(\frac{7}{32}2500 + \frac{1000.1000}{28.2500}\right)$$

$$= -\frac{16,15}{b} - \frac{93,53}{b} = -\frac{109,68}{b}.$$

Daher folgt:

$$b = \frac{109,68}{4,94} = 22,2 \text{ mm}.$$

Wenn der Bogen außerdem noch eine gleichmäßig über seine Horizontalprojection verbreitete Last von $q = 500$ kg pro Meter Länge zu tragen hätte, so würde dadurch im Scheitel nach (45) noch eine Spannung:

$$s = -\frac{500}{b.300}\frac{2,5.2,5}{2.1} = -\frac{5,21}{b}$$

eintreten, so daß man für diesen Fall die erforderliche Breite aus:

$$b = \frac{16,15 + 93,53 + 5,21}{4,94} = \frac{114,89}{4,94} = 23,2 \text{ mm}$$

erhalten würde.

Die Senkung des Scheitels durch die Compression des Materials berechnet sich in diesem letzteren Falle nach (49) zu:

$$\eta_1 = \frac{3}{4}\cdot\frac{2,5^3}{1000^2}\frac{1000^3}{23,2.300.10\,000}\left(\frac{25}{32}2500 + 500.2,5\right)$$

$$= \frac{15,63.32,03}{928} = 0,54 \text{ mm},$$

während die durch die Biegung sich nach (25^a) zu:

$$\eta_2 = \frac{2500}{\frac{1}{12}23,2.300^3\,10\,000}\frac{2,5^3\,1000^3}{128} = \frac{3906}{6682} = 0,59 \text{ mm},$$

also die gesammte Senkung zu:

$$\eta = \eta_1 + \eta_2 = 1,13 \text{ mm}$$

berechnet.

Anmerkung. Für einen geraden Balken von gleicher Spannweite und Belastung hätte man für die Mitte das Biegungsmoment durch:

$$M = 5000\frac{5}{4} + 500\frac{5^2}{8} = 7812,5 \text{ mkg},$$

folglich erhielte man bei gleicher Höhe des Trägers die erforderliche Breite b aus:

$$M = s\frac{T}{e} = 6\frac{b\,h^2}{6} = b\,h^2$$

zu

$$b = \frac{7812,5.1000}{300.300} = 86,7 \text{ mm}.$$

Dieses Resultat zeigt die günstigere Verwendung des Materials bei dem Bogenträger im Vergleich zu dem geraden Balken, welche auch dann noch stattfindet, wenn man bei dem letzteren einen vortheilhafteren Querschnitt als den rectangulären wählen wird.