Die Festigkeitslehre

Lauenstein, Rudolf

Stuttgart, 1902

3. Zusammengesetzte Belastung.

urn:nbn:de:hbz:466:1-78212

seinen größten Wert erreicht, vom Auflager B aus der Bedingung $p\,x_0 = B$ zu:

$$x_0 = \frac{B}{p}$$

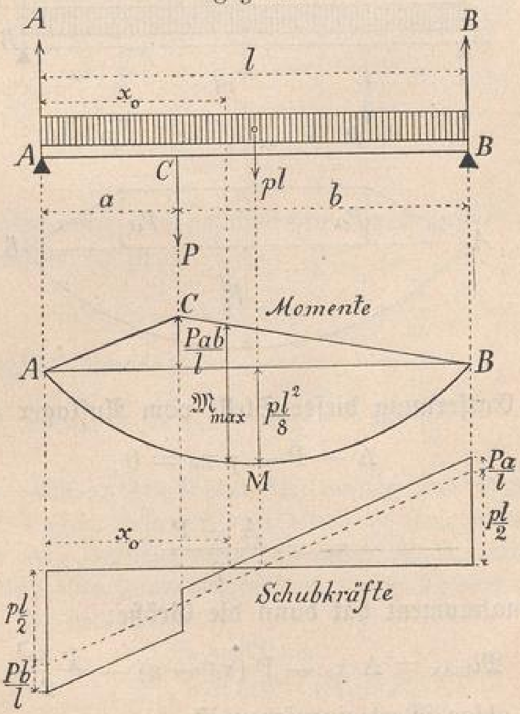
folglich wird:

$$\mathfrak{M}_{max} = B\,x_0 - \frac{p\,x_0^2}{2} = \frac{p\,x_0^2}{2}$$

3. Zusammengesetzte Belastung.

Wirkt auf einen an den Enden unterstützten, gleichmäßig durch p für die Längeneinheit belasteten Balken noch eine Einzelkraft P (Fig. 66), so setzt sich das Moment für eine beliebige Stelle des Balkens zusammen aus zwei Teilen,

Fig. 66.



nämlich aus einem Beitrage, herrührend von der gleichmäßig über die Länge verteilten Belastung und aus dem Beitrage, den die Einzelkraft P liefert. Diese Beiträge sind einzeln für sich zu berechnen und zu addieren.

Die Stützenwiderstände sind:

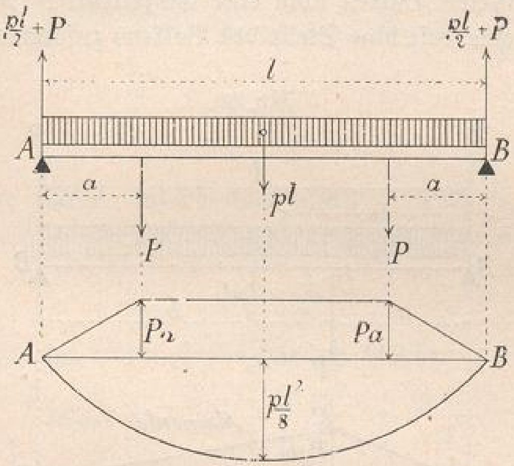
$$A = \frac{p\,l}{2} + \frac{P\,b}{l}$$

$$B = \frac{p\,l}{2} + \frac{P\,a}{l}$$

Das größte Moment findet entweder im Lastpunkt C statt oder es liegt zwischen der Trägermitte und dem Lastpunkte C und kann dann abgegriffen werden aus der graphischen Darstellung der Momente, welche sich zusammensetzt aus dem Dreiecke A B C mit der Höhe $P \frac{a\,b}{l}$ als Beitrag der Einzellast P, und aus der Parabel A M B mit der Pfeilhöhe $\frac{p\,l^2}{8}$ als Beitrag der gleichmäßigen Belastung.

Genauer erhält man die Lage des gefährlichen Querschnitts, indem man die Stelle aufsucht, wo die Schubkraft = Null ist.

Fig. 67.



Ist x_0 die Entfernung dieser Stelle vom Auflager A, so ist:

$$A - P - p\,x_0 = 0$$

also:

$$x_0 = \frac{A - P}{p}$$

Das Maximalmoment hat dann die Größe:

$$\mathfrak{M}_{max} = A\,x_0 - P\,(x_0 - a) - \frac{p\,x_0^2}{2}$$

worin für x_0 der obige Wert einzusetzen ist.

Für den Fall daß:

$$a = b = \frac{l}{2}$$

ist, liegt das Maximalmoment in der Mitte des Trägers und hat die Größe:

$$\mathfrak{M}_{max} = \frac{P\,l}{4} + p\,l \cdot \frac{l}{8}$$

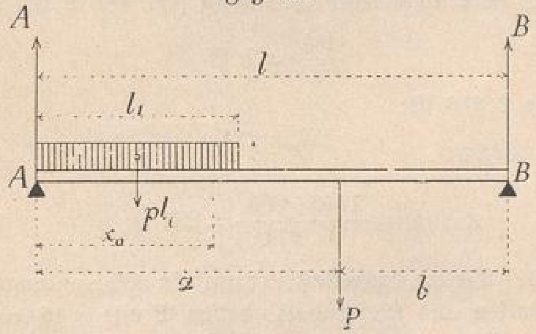
Für den symmetrischen Belastungsfall Fig. 67 liegt der gefährliche Querschnitt ebenfalls in der Trägermitte und der Träger ist zu berechnen aus der Gleichung:

$$P a + p l . \frac{l}{8} = k W$$

Erstreckt sich die gleichmäßig verteilte Belastung nur über einen Teil l_1 des Trägers und wirkt außerdem die Einzellast P auf denselben, so ist nach Fig. 68:

$$A = \frac{P b}{l} + p l_1 \frac{(l - {}^1/_2\, l_1)}{l}$$

Fig. 68.



Wird die Entfernung des gefährlichen Querschnittes vom Auflager A wieder mit x_0 bezeichnet, so ist:

$$A - p x_0 = 0 \text{ oder } x_0 = \frac{A}{p}$$

und danach das größte Moment:

$$\mathfrak{M}_{max} = A x_0 - \frac{p x_0^2}{2} = \frac{p x_0^2}{2}$$

Aufgabe 29. Ein an den Enden frei aufliegender Balken aus Eichenholz von 420 cm Länge ist 150 cm vom Auflager durch ein Gewicht von 900 kg belastet. Welchen Querschnitt muß derselbe erhalten, wenn sich die Breite zur Höhe wie 5 : 7 verhalten soll und eine Inanspruchnahme k = 80 kg/qcm gestattet ist?

Auflösung. Da hier:

$$a = 150 \text{ cm}$$

$$b = 420 - 150 = 270 \text{ cm}$$

in Gl. 47) S. 59 einzusetzen ist, so ist das größte Moment:

$$\mathfrak{M}_{max} = 900 . \frac{150 . 270}{420} = 86\,786$$

und das erforderliche Widerstandsmoment:

$$W = \frac{86\,786}{80} = 1085$$

Da nun für $b = {}^5/_7\, h$

$$W = \frac{{}^5/_7\, h . h^2}{6} = \frac{5}{42} \cdot h^3$$

ist, so erhält man:

$$\frac{5}{42}\,h^3 = 1085$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{42}{5}\,.\,1085} = \sim 21 \text{ cm}$$

$$b = \frac{5}{7}\,h = 15 \text{ cm}$$

Aufgabe 30. Ein mit den Enden frei aufliegender I-Träger Nr. 20 von 600 cm Länge ist in der Mitte durch ein Gewicht von 1400 kg belastet: wie groß ist die Inanspruchnahme k?

Auflösung. Die allgemeine Gleichung (Gl. 48) S. 60) lautet:

$$\frac{P\,l}{4} = k\,W$$

Nach Tabelle 2 § 6 ist:

$$W = 214$$

daher:

$$k = \frac{1400\,.\,600}{4\,.\,214} = 981 \text{ kg}$$

Aufgabe 31. Welche Einzellast P kann ein 400 cm langer, mit den Enden frei aufliegender Balken aus Kiefernholz, dessen Breite = 18 cm und dessen Höhe = 24 cm ist, in der Mitte tragen (k = 60 kg vorausgesetzt) und wie groß ist die Durchbiegung f?

Auflösung. Da nach Tabelle 15 § 6 S. 40:

$$W = 1728$$

ist, so wird nach Gl. 48) S. 60:

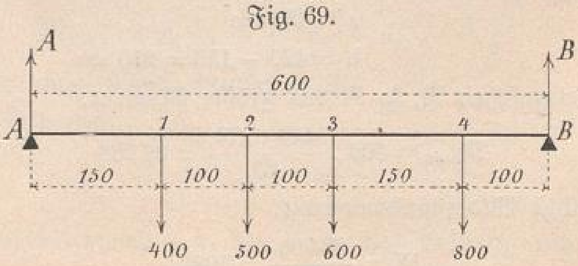
$$P = \frac{4\,k\,W}{l} = \frac{4\,.\,60\,.\,1728}{400} = 1037 \text{ kg}$$

und nach Gl. 49) S. 61:

$$f = \frac{1}{12}\,\frac{60}{120000}\,.\,\frac{400^2}{12} = 0{,}56 \text{ cm}$$

Aufgabe 32. Ein I-Träger von 600 cm Länge ist nach Fig. 69 belastet. Es soll das Profil des Trägers ohne Berücksichtigung des Eigengewichts berechnet werden (k = 1000 kg).

Fig. 69.



Auflösung. Der Stützenwiderstand A hat die Größe:

$$A = \frac{400\,.\,450 + 500\,.\,350 + 600\,.\,250 + 800\,.\,100}{600} = 975$$

Die Gesamtbelastung beträgt:

$$400 + 500 + 600 + 800 = 2300 \text{ kg}$$

folglich ist:

$$B = 2300 - 975 = 1325 \text{ kg}$$

Für die Momente in den Lastpunkten 1, 2, 3, 4 ergeben sich die Größen:

$$\mathfrak{M}_1 = 975 \,.\, 150 = 146250$$
$$\mathfrak{M}_2 = 975 \,.\, 250 - 400 \,.\, 100 = 203750$$
$$\mathfrak{M}_3 = 1325 \,.\, 250 - 800 \,.\, 150 = 211250$$
$$\mathfrak{M}_4 = 1325 \,.\, 100 = 132500$$

Das Moment $\mathfrak{M}_3$ ist das größte, daher das erforderliche Widerstandsmoment:

$$W = \frac{211250}{1000} = 211$$

Es genügt Profil Nr. 20 mit $W = 214$.

Aufgabe 33. Es soll ein nach Fig. 53 S. 63 belasteter I-Träger berechnet werden unter Annahme folgender Größen:

$$P = 800 \text{ kg} \qquad a = 120 \text{ cm}$$
$$P_1 = 1200 \text{ kg} \qquad a_1 = 200 \text{ cm}$$
$$b_1 = 300 \text{ cm}$$
$$l = a_1 + b_1 = 500 \text{ cm}$$

Auflösung. Die Stützenwiderstände sind:

$$A = 800 + \frac{1200 \,.\, 300}{500} = 1520$$

$$B = 800 + \frac{1200 \,.\, 200}{500} = 1280$$

Das Moment über den Stützen hat die Größe:

$$\mathfrak{M} = P\, a = 800 \,.\, 120 = 96000$$

Das Moment im Lastpunkte C ist:

$$\mathfrak{M}_c = P_1 \frac{a_1\, b_1}{l} - P\, a$$

$$\mathfrak{M}_c = 1200 \,.\, \frac{200 \,.\, 300}{500} - 96000 = 48000$$

Der gefährliche Querschnitt liegt also über den Stützen und das erforderliche Widerstandsmoment ist:

$$W = \frac{96000}{1000} = 96$$

Gewählt Profil Nr. 15 mit $W = 97{,}9$.

Aufgabe 34. Es soll unter Beibehaltung aller anderen Größen in Aufg. 33 die Länge a so gewählt werden, daß die Momente einander gleich sind.

Auflösung. Nach S. 63 (unten) ist:

$$a = \frac{P_1}{P} \frac{a_1\, b_1}{2\, l} = \frac{1200}{800} \,.\, \frac{200 \,.\, 300}{2 \,.\, 500} = 90 \text{ cm}$$

Danach wird:

$$\mathfrak{M} = \frac{P_1}{2} \frac{a_1 b_1}{l} = \frac{1200}{2} \cdot \frac{200 \cdot 300}{500} = 72000$$

$$W = \frac{72000}{1000} = 72$$

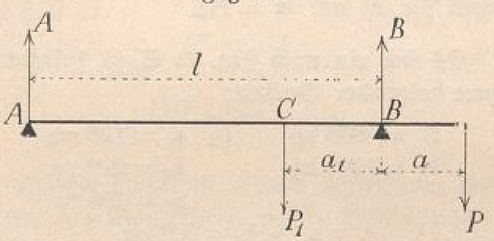
Gewählt Profil Nr. 14 mit $W = 81{,}7$.

Aufgabe 35. Ein Balken aus Eichenholz sei nach Fig. 70 belastet und es sei:

$$P = 800 \text{ kg} \qquad a = 96 \text{ cm}$$
$$P_1 = 3000 \text{ kg} \qquad a_1 = 100 \text{ cm}$$
$$l = 360 \text{ cm}$$

Wie stark muß der Balken genommen werden bei $k = 80$ kg?

Fig. 70.



Auflösung. In Bezug auf den Drehpunkt B ist:

$$A\, l = P_1\, a_1 - P\, a$$

folglich:

$$A = \frac{P_1\, a_1 - P\, a}{l} = \frac{3000 \cdot 100 - 800 \cdot 96}{390} = 620 \text{ kg}$$

Das Moment im Punkte C ist danach:

$$\mathfrak{M}_c = 620\,(360 - 100) = 161200$$

Das Moment über der Stütze B hat die Größe:

$$\mathfrak{M} = P\, a = 800 \cdot 96 = 76800$$

Der Balken ist daher nach $\mathfrak{M}_c$ zu berechnen und erfordert das Widerstandsmoment:

$$W = \frac{161200}{80} = 2015$$

Nach Tabelle 15 § 6 S. 40 genügt $b = 18$ cm, $h = 26$ cm.

Aufgabe 36. Eine $1\frac{1}{2}$ Stein (0,38 m) starke, 4 m breite und 12,5 m hohe Mauer soll durch zwei I-Eisen unterstützt werden. Welches Profil ist zu nehmen?

Auflösung. Der Rauminhalt der Mauer beträgt:

$$0{,}38 \cdot 4 \cdot 12{,}5 = 19 \text{ cbm}$$

Rechnet man das Kubikmeter Mauerwerk zu 1600 kg, so ist das Gewicht der ganzen Mauer:

$$1600 \cdot 19 = 30400 \text{ kg}$$

Die Gesamtbelastung eines Trägers beträgt daher:

$$p\, l = \frac{30400}{2} = 15200 \text{ kg}$$

Danach ist:

$$\mathfrak{M}_{max} = 15200 \frac{400}{8} = 760000$$

$$W = \frac{760000}{1000} = 760$$

Gewählt Profil Nr. 32 mit W = 781.

Der Auflagerdruck eines Trägers hat die Größe:

$$A = \frac{p\,l}{2} = 7600 \text{ kg}$$

Legt man den Träger auf gewöhnliches Ziegelmauerwerk und nimmt an, daß sich der Druck gleichförmig auf die Unterstützungsmauer verteilt (was streng genommen nicht ganz zutreffend ist), rechnet man dabei als zulässige Inanspruchnahme k = 7 kg, so ergibt sich die erforderliche Auflagerfläche zu:

$$F = \frac{7600}{7} = 1086 \text{ qcm}$$

Setzt man:

$$F = a\,b$$

wo a die Auflagerlänge und b die Breite des Trägers bedeutet, so wird, da nach Tabelle 2 § 6:

$$b = 13{,}1 \text{ cm}$$

beträgt, die Auflagerlänge:

$$a = \frac{1086}{13{,}1} = \backsim 83 \text{ cm}$$

Bei Holzbalken ist es Regel und im allgemeinen auch genügend, die Auflagerlänge gleich der Balkenhöhe zu nehmen. Bei Eisenträgern ist dies, wie schon aus obigem Beispiel hervorgeht, in vielen Fällen ganz ungenügend. Man sollte die I-Träger durch Werksteine unterstützen oder besser noch auf eisernen Unterstützungsplatten lagern, um den Druck auf eine größere Fläche der Mauer zu verteilen. Besonders gilt dies für kurze gleichmäßig belastete Träger.

Bei Anwendung von eisernen Trägern achte man auf die Auflager!

Aufgabe 37. Bei einem Dache mit Wellblecheindeckung sei die wagerechte Entfernung der Pfetten = 2,5 m; als gesamte Dachbelastung (Eigengewicht, Schnee und Wind) soll 180 kg für das Quadratmeter der Grundrißfläche angenommen werden. Welches Wellblech ist zu wählen?

Auflösung. Die Belastung des Wellbleches für 1 m Breite beträgt:

$$p\,l = 180 \,.\, 2{,}5 = 450 \text{ kg}$$

folglich ist das größte Moment:

$$\mathfrak{M}_{max} = p\,l \,.\, \frac{l}{8} = 450 \,.\, \frac{250}{8} = 14063$$

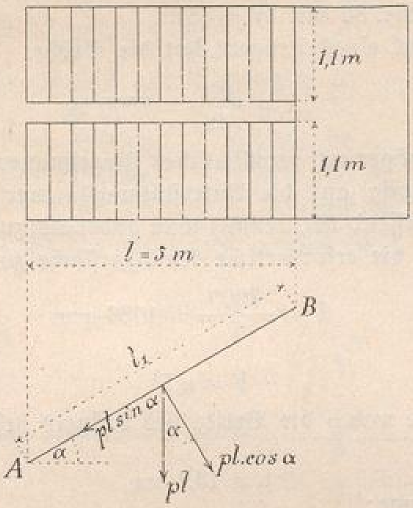
und das Widerstandsmoment (bei k = 500 kg):

$$W = \frac{14063}{500} = \backsim 28$$

Wählt man die Wellenhöhe gleich der halben Wellenbreite, und die Dicke $\delta = 0{,}1$ cm, so genügt nach Tabelle 11 § 6 S. 36 eine Wellenhöhe von 8 cm, eine Wellenbreite von 16 cm.

Aufgabe 38. Für einen Treppenarm (Fig. 71), bei welchem als Belastung 450 kg für 1 qm der Grundrißfläche angenommen wird, soll die äußere Wange, bestehend aus einem ⊏-Eisen, berechnet werden (k = 750).

Fig. 71.



Auflösung. Die Gesamtbelastung des Treppenarmes beträgt:

$$1{,}1\,.\,5\,.\,450 = 2475 \text{ kg}$$

Davon kommt auf die Wange die Hälfte:

$$p\,l = 1238 \text{ kg}$$

Durch Zerlegung von $p\,l$ erhält man die rechtwinklig zum Träger A B wirkende Seitenkraft $p\,l\cos\alpha$, welche das größte Moment erzeugt:

$$\mathfrak{M}_{max} = \frac{p\,l\cos\alpha\,.\,l_1}{8} = \frac{p\,l\cos\alpha}{8}\,\frac{l}{\cos\alpha}$$

$$\mathfrak{M}_{max} = p\,l\,.\,\frac{l}{8}$$

Hieraus geht hervor, daß die Neigung des Trägers auf die Größe des Moments ganz ohne Einfluß ist, und daß die Wange von der Grundrißlänge l genau so zu berechnen ist, wie ein wagerechter, gleichmäßig belasteter Träger von der gleichen Länge l.

Das erforderliche Widerstandsmoment des Wangenträgers ist (bei k = 750) danach:

$$W = 1238\,\frac{500}{8\,.\,750} = 103$$

Nach Tabelle 1 S. 28 genügt ⊏-Eisen Nr. 16 mit W = 116.

Die in der Richtung A B wirkende Kraft $p\,l\sin\alpha$ kann bei der geringen Beanspruchung k = 750 für den Träger selbst vernachlässigt werden.

Aufgabe 39. Eine Deckenkonstruktion soll mit Hilfe von eisernen Trägern ausgeführt werden, die in solchen Entfernungen voneinander anzuordnen sind, daß bei voller Belastung die Durchbiegung derselben $\frac{1}{600}$ der Stützweite beträgt.

Stützweite $l = 520$ cm

Belastung $= 700$ kg für 1 qm

Die Höhe der Träger muß mit Rücksicht auf die Durchbiegung nach Gl. 57) S. 70 mindestens sein:

$$h = \frac{520}{25} = 20,8 \text{ cm}$$

Es sind daher I-Eisen Nr. 21 mit $W = 244$ zu verwenden. Der diesem Widerstandsmomente entsprechende Trägerabstand b ergibt sich aus der Bedingungsgleichung:

$$\mathfrak{M} = k\, W$$

Die Gesamtbelastung eines Trägers ist:

$$p\, l\, b = 700 \,.\, 5,2 \,.\, b = 3640\, b$$

Für $k = 1000$ wird dann:

$$3640\, b \frac{520}{8} = 1000 \,.\, 244$$

folglich:

$$b = \frac{8 \,.\, 1000 \,.\, 244}{3640 \,.\, 520} = 1,03 \text{ m}$$

Aufgabe 40. Es soll ein nach Fig. 65 S. 78 belasteter I-Träger berechnet werden unter Annahme folgender Größen:

$$p = 10 \text{ kg} \qquad l_1 = 120 \text{ cm}$$
$$l = 600 \text{ cm} \qquad l_2 = 300 \text{ cm}$$

Auflösung. Die Stützenwiderstände sind:

$$A = \frac{10 \,.\, 120\,(600 - 60) + 10 \,.\, 300 \,.\, 150}{600} = 1830 \text{ kg}$$

$$B = \frac{10 \,.\, 120 \,.\, 60 + 10 \,.\, 300\,(600 - 150)}{600} = 2370 \text{ kg}$$

Die Größe x_0, d. i. die Entfernung des gefährlichen Querschnittes vom Auflager B ergibt sich zu:

$$x_0 = \frac{B}{p} = \frac{2370}{10} = 237 \text{ cm}$$

folglich wird:

$$\mathfrak{M}_{max} = \frac{10 \,.\, 237^2}{2} = 280845$$

$$W = \frac{280845}{1000} = 281$$

Nach Tabelle 2 § 6 ist erforderlich ein I-Eisen Nr. 23.

Aufgabe 41. Es soll die Profilnummer eines I-Eisens von 720 cm Länge bestimmt werden, welches gleichmäßig mit $p = 8$ kg für 1 cm Länge belastet ist. Dasselbe ist an seinem einen Endpunkte unterstützt und soll so weit über die zweite Stütze hinausragen, daß die Tragkraft voll ausgenutzt wird. (Vergl. Fig. 59 S. 73.)

Auflösung. Aus:

$$l + a = l + 0,4142 \,.\, l = 720$$

folgt:

$$l = 509 \text{ cm}$$
$$a = 0{,}4142 \,.\, 509 = 211 \text{ cm}$$
$$\mathfrak{M}_{max} = 0{,}0858 \,.\, 8 \,.\, 509^2 = 177\,833$$
$$W = \frac{177\,833}{1000} = 178$$

Es genügt ein I-Eisen Nr. 19.

Aufgabe 42. Ein nach Fig. 68 S. 81 belasteter Träger ist für folgende Angaben zu berechnen:

$$P = 600 \text{ kg} \qquad l = 600 \text{ cm}$$
$$p = 12 \text{ kg} \qquad l_1 = 400 \text{ cm}$$
$$a = 500 \text{ cm};\; b = 100 \text{ cm}$$

Auflösung:

$$A = \frac{600 \,.\, 100}{600} + 12 \,.\, 400 \,\frac{(600 - 200)}{600} = 3300$$
$$x_0 = \frac{3300}{12} = 275 \text{ cm}$$
$$\mathfrak{M}_{max} = \frac{12 \,.\, 275^2}{2} = 453\,750$$
$$W = \frac{453\,750}{1000} = 454$$

Gewählt I-Eisen Nr. 27.

Aufgabe 43. Ein auf zwei Stützen ruhender Balken aus Eichenholz von 800 cm Länge soll gleichmäßig mit $p = 5$ kg für 1 cm Länge belastet und so unterstützt werden, daß die Tragkraft des Balkens voll ausgenutzt wird. Es soll der erforderliche Querschnitt des Balkens und die Lage der Stützen bestimmt werden (Fig. 57 S. 70).

Auflösung. Da nach S. 71:

$$a = \frac{l}{\sqrt{8}}$$

ist, so hat man:

$$800 = l + 2 \,.\, \frac{l}{\sqrt{8}}$$

Danach:

$$l = \frac{800}{\left(1 + \frac{2}{\sqrt{8}}\right)} = \infty\, 470 \text{ cm}$$
$$a = \frac{800 - 470}{2} = 165 \text{ cm}$$

Die Gesamtbelastung des Mittelteiles beträgt:

$$p\,l = 5 \,.\, 470 = 2350 \text{ kg}$$

folglich:

$$\mathfrak{M} = p\,l \,.\, \frac{l}{16} = 2350 \,.\, \frac{470}{16} = 69\,031$$

und bei $k = 80$ kg:

$$W = \frac{b\,h^2}{6} = \frac{69\,031}{80} = 863$$

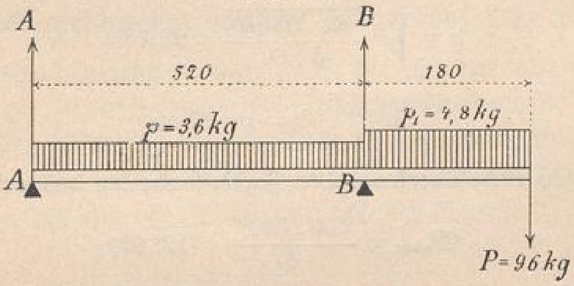
Wählt man $b = 14$ cm, so wird:

$$h = \sqrt{\frac{6}{14} \cdot 863} = 19{,}2 \text{ cm}$$

Aufgabe 44. Zur Unterstützung eines Balkons von 1,8 m Ausladung sollen die über die Gebäudemauer hinausragenden Fußbodenbalken aus Kiefernholz benutzt werden, welche 0,8 m auseinander liegen und 5,2 m Spannweite haben. Die Fußbodenbelastung beträgt 450 kg/qm, die Balkonbelastung 600 kg/qm; das Gewicht der Brüstung ist = 120 kg für das laufende Meter.

Wie stark sind die mittleren Balken auszuführen?

Fig. 72.



Auflösung. Die Belastung eines Balkens zwischen den Stützen beträgt für 1 cm Länge:

$$p = 0{,}8 \cdot 4{,}5 = 3{,}6 \text{ kg}$$

Die gleichförmig verteilte Belastung des überkragenden Balkenendes ist für 1 cm Länge:

$$p_1 = 0{,}8 \cdot 6 = 4{,}8 \text{ kg}$$

Auf das freie Balkenende wirkt außerdem die Einzelkraft:

$$P = 0{,}8 \cdot 120 = 96 \text{ kg}$$

In Fig. 72 sind diese Belastungen zusammengestellt.

Der Stützenwiderstand A ergibt sich aus:

$$A \cdot 520 - \frac{3{,}6 \cdot 520^2}{2} + \frac{4{,}8 \cdot 180^2}{2} + 96 \cdot 180 = 0$$

zu:

$$A = 753 \text{ kg}$$

Das Moment in der Entfernung x vom Auflager A ist:

$$\mathfrak{M}_x = A\,x - \frac{p\,x^2}{2} = 753 \cdot x - \frac{3{,}6 \cdot x^2}{2}$$

Dasselbe wird = Null für:

$$x_0 = \frac{753}{1{,}8} = 418 \text{ cm}$$

folglich hat das Maximalmoment zwischen den Stützen die Größe:

$$\mathfrak{M} = \frac{3{,}6 \,.\, 418^2}{8} = 78626$$

Das Moment über der Stütze B ist:

$$\mathfrak{M}_1 = \frac{4{,}8 \,.\, 180^2}{2} + 96 \,.\, 180 = 95040$$

Das Stützenmoment ist mithin das größte und der Balken zu berechnen nach:

$$k \,.\, \frac{b\,h^2}{6} = 95040$$

Nimmt man $b : h = 5 : 7$, so wird für $k = 60$

$$60 \,\frac{{}^5/_7\, h \,.\, h^2}{6} = 60 \,.\, \frac{5}{42}\, h^3 = 95040$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{42 \,.\, 95040}{5 \,.\, 60}} = 23{,}4 \text{ cm}$$

$$b = \frac{5}{7}\, h = \backsim 17 \text{ cm}$$

Da für die übrigen nicht überkragenden Fußbodenbalken das größte Moment:

$$\mathfrak{M}_{max} = \frac{3{,}6 \,.\, 520^2}{8} = 121680$$

also größer als $\mathfrak{M}_1$ ist, so folgt, daß des Balkons wegen die Balken nicht verstärkt zu werden brauchen, sondern eher etwas schwächer gehalten werden könnten, was aus praktischen Rücksichten indessen wohl nicht geschehen würde.

Aufgabe 45. Welche Länge kann ein an den Enden unterstütztes I-Eisen Nr. 20 haben, um sich selbst noch mit Sicherheit tragen zu können?

Auflösung. Nach Tabelle 2 § 6 ist das Widerstandsmoment:

$$W = 214$$

und das Gewicht für 1 cm Länge:

$$g = 0{,}261 \text{ kg}$$

folglich das Gesamtgewicht:

$$G = 0{,}261 \,.\, l$$

Die Trägerlänge ergibt sich dann aus der Gleichung:

$$l = \frac{8\,k\,W}{0{,}261 \,.\, l}$$

$$0{,}261 \,.\, l^2 = 8 \,.\, 1000 \,.\, 214$$

$$l = \sqrt{\frac{8 \,.\, 1000 \,.\, 214}{0{,}261}} = 2561 \text{ cm} = 25{,}61 \text{ m}$$