Die Konstruktionen in Holz

Warth, Otto

Leipzig, 1900

§ 18. Ermittelung der Spannungen in den Dchastuhlkonstruktionen

urn:nbn:de:hbz:466:1-77962

die sonst übliche Form des Pultdaches zu verlassen und ein Satteldach zu wählen. Die Traufkante der vorderen Dachfläche wurde so weit vorgeschoben, daß die Zuschauer gegen den Regen geschützt sind, daß sich aber von den Sitzplätzen der obersten Reihe noch ein Elevationswinkel der Sehstrahlen von 10° ergiebt.[1])

§ 18.

Ermittelung der Spannungen in den Dachstuhlkonstruktionen.

Infolge der eigenartigen Anordnung der Konstruktionsstäbe sind die meisten Dachstuhlkonstruktionen in Holz statisch unbestimmte Systeme, in denen sich die Spannungen nicht genau ermitteln lassen, und bei verschiedenen Konstruktionen, insbesondere bei den durch schräge Stuhlsäulen abgesprengten, ist die genaue Ermittelung der auf die einzelnen Knotenpunkte entfallenden Lasten nicht möglich, wir sind hierbei vielmehr auf Schätzungen angewiesen. Zudem ist die Übertragung der Spannungen infolge der Verbindungsweise eine nur unvollkommene und ungleichmäßige, die Stärke der Hölzer aber mit Rücksicht auf die Verbindungen vielfach eine größere als statisch an und für sich erforderlich wäre. Außerdem lehrt die Erfahrung, daß in den gewöhnlichen Fällen die Sicherheit der Holzkonstruktionen gewährleistet ist, wenn sie nach den praktisch erprobten Regeln und nach gutem Handwerksbrauch ausgeführt sind, so daß nur in besonderen Fällen die Rechnung angewendet wird, um hiernach diejenigen Abmessungen festzulegen, die den Konstruktionsteilen mindestens gegeben werden müssen.

Die Ermittelung der Spannungen erfolgt am einfachsten nach der graphischen Methode, wobei als Belastungen pro Quadratmeter der überdeckten Fläche, aus Eigengewicht, Schnee- und Winddruck zu Grunde zu legen sind:

Beim Zinkdach	140 kg
„ Schieferdach	190 „
„ Falzziegeldach	190 „
„ gewöhnlichen Ziegeldach (Spließdach) .	220 „
„ Doppeldach und Kronendach . . .	250 „

Ein Beispiel möge den Gang der Bestimmung der Spannungen erläutern:

Ein Dachbinder von 12 m Spannweite habe eine Firstpfette und je eine Zwischenpfette aufzunehmen und werde als einfaches Hängewerk mit Gegenstreben konstruiert. Die Deckung bestehe in Schiefer, und die Bundweite betrage 3,50 m, Fig. 628.

1) Deutsche Bauzeitung 1896.

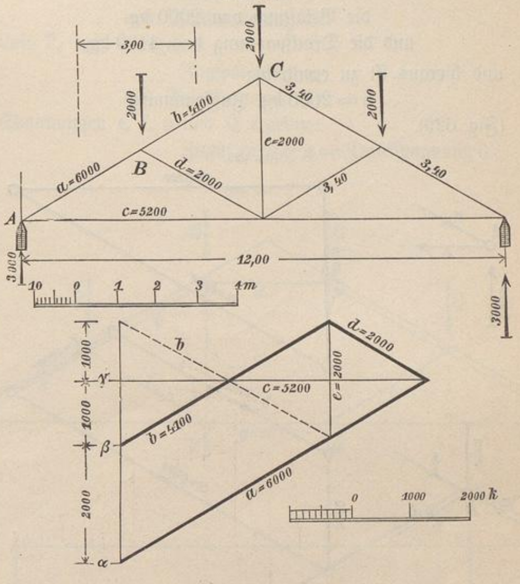
Die Belastung eines Knotenpunktes wird dann:

$$(3{,}00 \times 3{,}50)\ 190 = 2000 \text{ kg},$$

und die Auflagerreaktion

$$2000 + \frac{1}{2} \cdot 2000 = 3000 \text{ kg}.$$

Fig. 628.



Die sämtlichen an einem Knotenpunkte wirkenden Kräfte und Lasten müssen im Gleichgewicht sein, und müssen mithin, nach einem beliebigen Maßstab aufgetragen, ein geschlossenes Kräftepolygon mit einerlei Pfeilrichtung ergeben, s. Kap. VI, § 10. Es dürfen aber an jedem Knotenpunkte immer nur zwei Unbekannte vorhanden sein, da nach mehr als zwei Richtungen nicht zerlegt werden kann.

In A ist bekannt die aufwärts gerichtete Reaktion $= 2000 + 1000 =$ der Kraftlinie $\alpha\beta + \beta\gamma$, und zu ermitteln sind:

$$c = 5200 \text{ kg},$$

und

$$a = 6000 \text{ kg}.$$

Die Pfeilrichtung von c geht von dem Knotenpunkte, ist somit Zugspannung, und diejenige von a geht nach dem Knotenpunkte, ist somit Druckspannung. Die Zugspannungen sind im Kräfteplan durch schwache, die Druckspannungen durch starke Linien markiert.

Im Knotenpunkte B sind bekannt:

die Belastung von 2000 kg,

und die Druckspannung a = 6000 kg,

und hieraus sind zu ermitteln:

die Druckspannung $d = 2000$ kg
und „ „ $b = 4100$ „

Die Zusammensetzung bezw. Zerlegung erfolgt somit entgegengesetzt der Richtung der Zeiger der Uhr, von rechts nach links drehend, Fig. 629.

Im Knotenpunkte C sind bekannt:

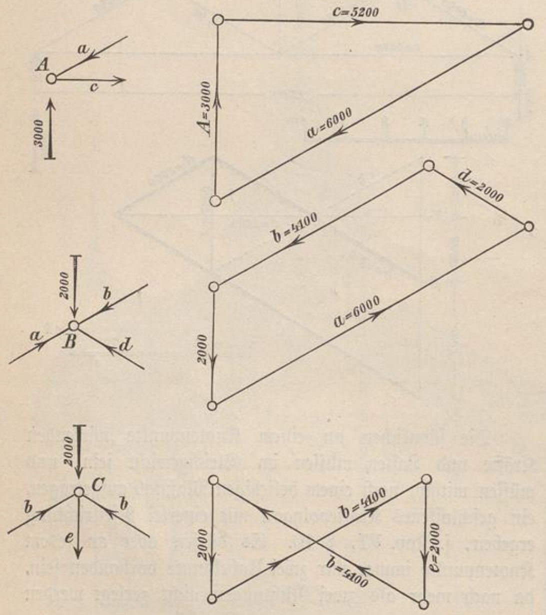
die Belastung von 2000 kg
und die Druckspannung $b = 4100$ kg,

und hieraus ist zu ermitteln:

$e = 2000$ kg, Zugspannung,

(Fig. 629).

Fig. 629.



Alle diese Spannungen sind in dem Kräftepolygon, Fig. 628, nach Cremona so aneinandergereiht, daß jede Kraft nur einmal in dem Plane vorkommt, wodurch sich die Ermittelung in einfacher Weise durchführen läßt.

Nachdem die Spannungen bekannt sind, können nach Kap. VII die Querschnitte der Konstruktionsstäbe bestimmt werden.

a) Strebe.

Es ist: die Normalspannung $N = 6000$ kg
Biegungsbeanspruchung $P = 2000$ „
Länge 340 cm,

somit nach Formel (42)

$$S = \frac{3 \,.\, 2000 \,.\, 340}{4\,b\,h^2} + \frac{5 \,.\, 6000}{2\,b\,h}$$

Es sei $b = 17$ cm und $h = 25$ cm, dann wird

$$S = \frac{3 \,.\, 2000 \,.\, 340}{4 \,.\, 17 \,.\, 25^2} + \frac{5 \,.\, 6000}{2 \,.\, 17 \,.\, 25} = 34 + 35 = 69 \text{ kg},$$

somit richtig.

b) Bundbalken.

Die Zugspannung ist $Z = 5200$ kg,

somit nach Formel (43)

$$b\,h = \frac{Z}{12} = \frac{5200}{12} = 433;$$

für $b = \frac{3}{4}\,h$

wird $\frac{3}{4}\,h^2 = 433$,

und hieraus

$h = 23$ cm,
$b = 17$ cm.

c) Gegenstrebe.

Die Druckspannung ist $N = 2000$ kg,
die Länge $l = 340$ cm,

somit nach Formel (40)

$$h = 0{,}294 \sqrt{2000} = 13 \text{ cm},$$

und nach Formel (41)

$$h = \sqrt[4]{2{,}4^2 \,.\, 6000} = 13 \text{ cm},$$

d. h. der Querschnitt wird auf Druck und auf Zerknickung gleich stark,

und zwar 13×13 cm.

d) Hängesäule.

Zugspannung $Z = 2000$ kg,

somit nach Formel (47)

$$h = 0{,}4 \sqrt{2000} = 18 \text{ cm}.$$

Da die Streben eine Breite von 17 cm erhalten, so kann die Stärke der Hängesäule mit 18/18 cm beibehalten werden.

(Wegen vereinfachter Querschnittsberechnung siehe die Fußnote Seite 124).

In dem Fig. 630 dargestellten Hängewerk seien die Dachlasten P_1 und P_2, und die durch die Hängesäulen aufgenommenen Lasten Q_1 und Q_2; die Reaktion A wird dann $= P_1 + Q_1 + \frac{P_2}{2} + \frac{Q_2}{2}$.

Aus A ergeben sich:

Zugspannung c,
und Druckspannung a;

aus $P_1 + Q_1$ und a ergeben sich:

Druckspannung d,
und Druckspannung b,

aus d, c, Q_2, c und d ergiebt sich:

Zugspannung e.

System Fig. 631.

Die Reaktion wird $2000 + 1000 = 3000$ kg, und zerlegt sich nach der Zugspannung $c = 5200$ kg, und der Druckspannung $a = 6000$ kg;

Fig. 630.

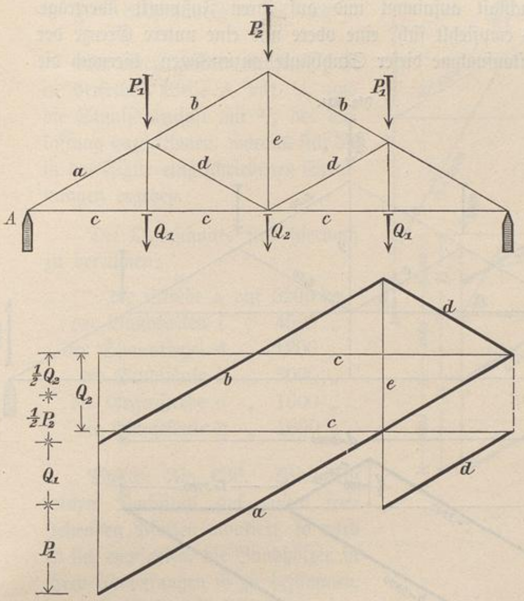
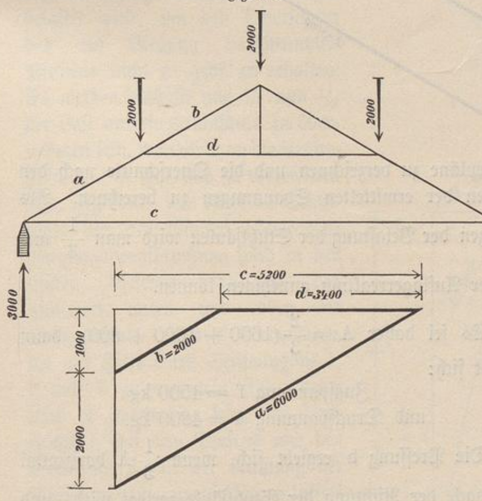


Fig. 631.



aus der Knotenpunktslast 2000 und a ergeben sich:

Druckspannung $d = 3400$ kg,
Druckspannung $b = 2000$ kg.

System Fig. 632.

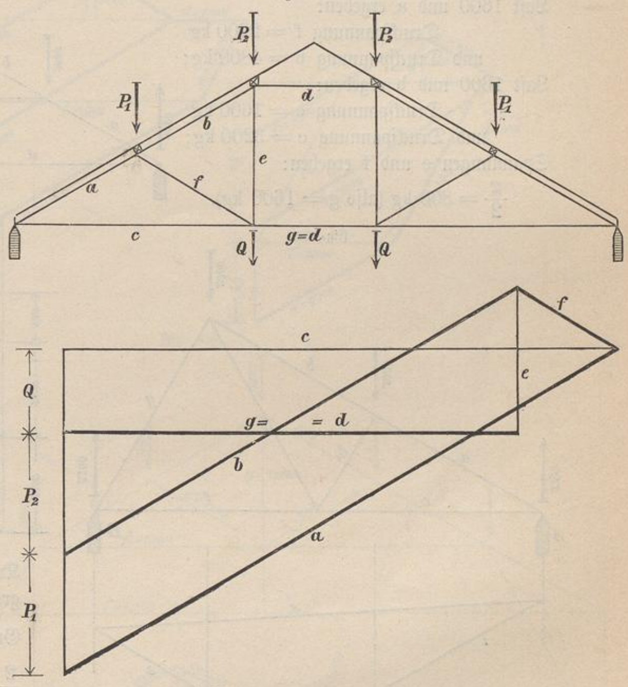
Die Reaktion wird $P_1 + P_2 + Q$, und zerlegt sich nach: der Zugspannung c,
und der Druckspannung a;

Last P_1 und a ergeben:
Druckspannung f,
und Druckspannung b;

Last P_2 und b ergeben:
Zugspannung e,
und Druckspannung d;

Spannungen e, f, c und Q ergeben:
Zugspannung $g =$ Druckspannung d.

Fig. 632.



System Fig. 633, Sheddach.

Die Knotenpunktslasten seien je 2000 kg; da die Lastverteilung unsymmetrisch ist, so sind mit Hilfe eines beliebigen Seilpolygons die Reaktionen zu ermitteln, und es wird

$A = 1700$ kg,
$B = 2300$ kg.

Aus Reaktion A ergeben sich:

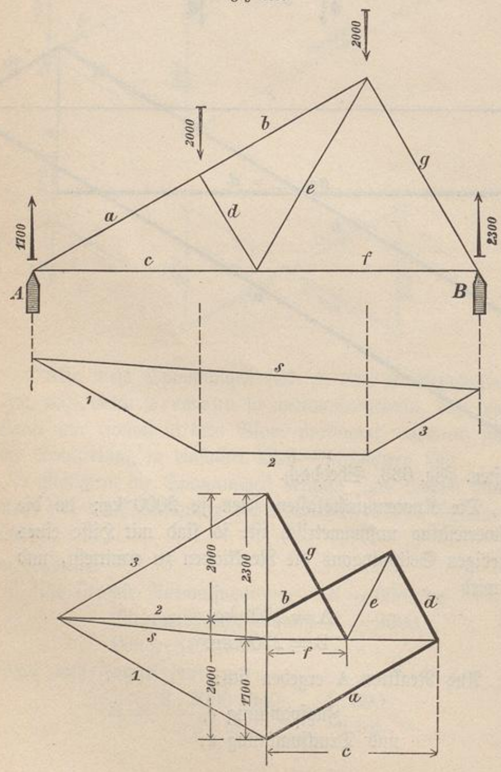
Zugspannung c,
und Druckspannung a;

Last 2000 und a ergeben:
Druckspannung d
und Druckspannung b.
Spannungen d und c ergeben:
Zugspannung f
und Zugspannung e.
Last 2000 und b und e ergeben:
Druckspannung g.

System Fig. 634.
Die Reaktion wird
$1600 + 1600 + 800$,
und ergiebt: Zugspannung $d = 6800$ kg
und Druckspannung $a = 8000$ kg;
Last 1600 und a ergeben:
Druckspannung $f = 2700$ kg
und Druckspannung $b = 4800$ kg;
Last 1600 und b ergeben:
Druckspannung $e = 1600$ kg
und Druckspannung $c = 3200$ kg;
Spannungen e und f ergeben:

$$\frac{g}{2} = 800 \text{ kg (also } g = 1600 \text{ kg).}$$

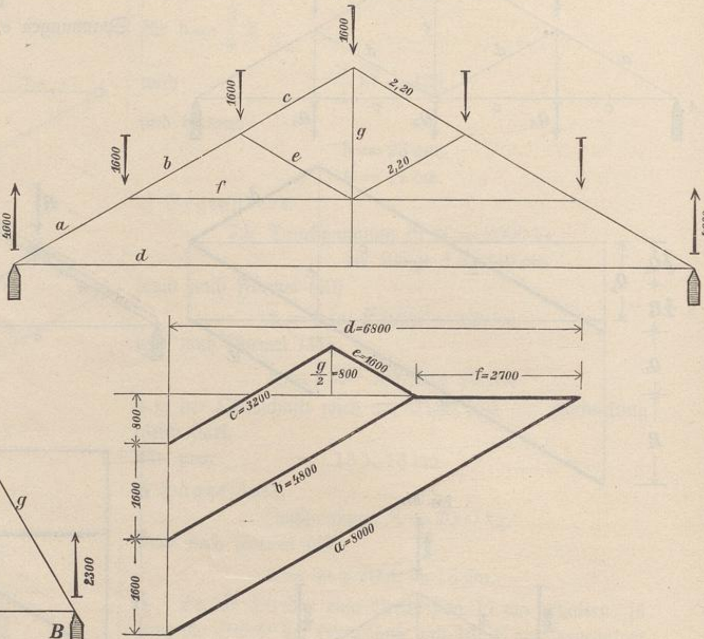
Fig. 633.



System Fig. 635.

Hier ist der Knotenpunkt K durch eine schrägstehende Stuhlsäule unterstützt, die sich auf einen Träger oder in einen Wandpfosten einsetzt, und die je nach der Genauigkeit der Arbeit einen mehr oder weniger großen Teil der Dachlast aufnimmt und auf ihren Fußpunkt überträgt. Es empfiehlt sich, eine obere und eine untere Grenze der Lastaufnahme dieser Stuhlsäule anzunehmen, hiernach die

Fig. 634.



Kräftepläne zu verzeichnen und die Querschnitte nach den größten der ermittelten Spannungen zu berechnen. Als Grenzen der Belastung der Stuhlsäulen wird man $\frac{1}{3}$ und $\frac{2}{3}$ der Auflagerreaktion annehmen können.

Es sei daher $A = \frac{2}{3}(1600 + 1600 + 800)$, dann ergiebt sich:

Zugspannung $f = 4500$ kg
und Druckspannung $a = 4200$ kg.

Die Pressung h ergiebt sich, wenn $\frac{1}{3}$ A horizontal und nach der Richtung der Stuhlsäule zerlegt wird, und es ergeben sich dann im Punkte K aus 1600 kg, a und h:
die Druckspannung $d = 1200$ kg
und die Druckspannung $b = 4800$ kg;

Last 1600 und b ergeben

Druckspannung $e = 1600$ kg,
und „ $c = 3200$ kg;

und e und d ergeben:

$$\frac{g}{2} = 800, \text{ d. h. } g = 1600 \text{ kg.}$$

In einem zweiten Kräfteplan ist in derselben Weise A mit $^1/_3$ und die Stuhlsäulenlast mit $^2/_3$ der Belastung anzunehmen, woraus sich die in der Figur eingeschriebenen Spannungen ergeben.

Die Querschnitte sind hiernach zu berechnen:

die Strebe	a	auf	5200 kg,
der Bundbalken	f	„	4500 „
der Spannriegel	d	„	1200 „
die Stuhlsäule	h	„	3000 „
die Gegenstrebe	e	„	1600 „
die Hängesäule	g	„	1600 „

System Fig. 636. Wird ein solcher Dachstuhl auf einem freistehenden Pfosten montiert, so wird es sich empfehlen, die Bundhölzer in ihren Abmessungen so zu bestimmen, daß die schräge Stuhlsäule weniger belastet wird, um den Querschnitt des auf Biegung beanspruchten Pfostens nicht zu groß zu erhalten. Es werden deshalb nur $^1/_4$ und $^1/_2$ der Last auf die Stuhlsäule zu übernehmen sein, wonach dann die Kräftepläne wie in Fig. 635 zu verzeichnen sind, Fig. 636. Die durch die Stuhlsäule auf den Pfosten übertragene Biegungsbeanspruchung wird in den beiden Befestigungspunkten des Pfostens unten und oben die Stützendrucke t und t′ hervorrufen, die mit Hilfe eines Seilpolygons 1, 2 und 3 zu ermitteln sind; dabei wird es zweckmäßig sein, den Seilstrahl 1 mit dem Pfosten, und den Seilstrahl 2 mit der Richtung der Stuhlsäule zusammenfallen zu lassen, so daß durch Ziehen der Linie 3 und der hierzu Parallelen im Kräfteplan die Werte t und t′ unmittelbar

Fig. 635.

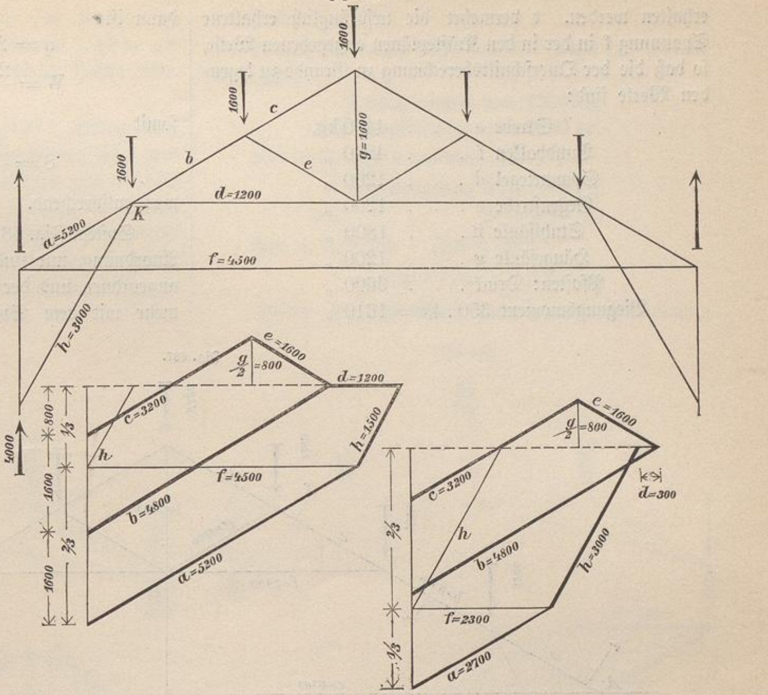
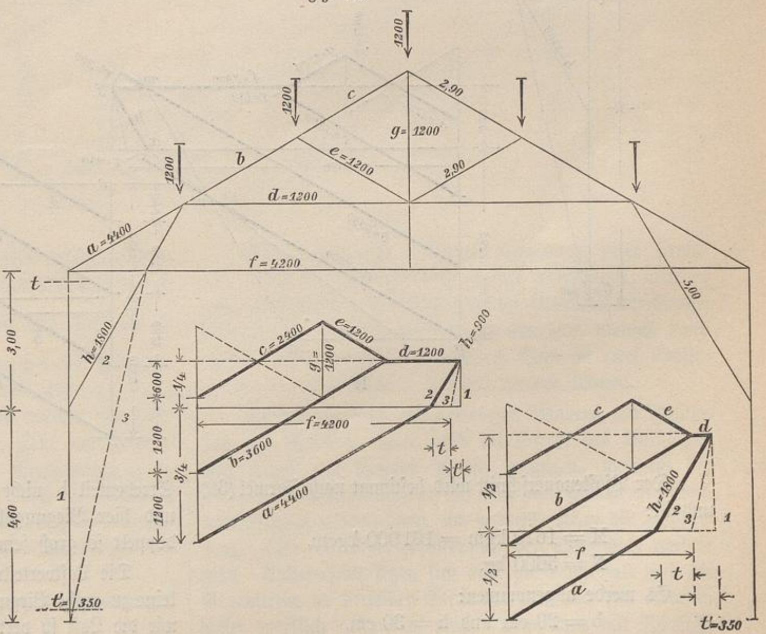


Fig. 636.



erhalten werden. t vermehrt die ursprünglich erhaltene Spannung f in der in den Kräfteplänen angegebenen Weise, so daß die der Querschnittsberechnung zu Grunde zu legenden Werte sind:

Strebe a . . .	4400 kg,
Bundbalken f . . .	4200 „
Spannriegel d . . .	1200 „
Gegenstrebe e . . .	1200 „
Stuhlsäule h . . .	1800 „
Hängesäule g . . .	1200 „
Pfosten: Druck . . .	3600 „
Biegungsmoment $350 . 4{,}6 = 1610$	„

dann ist

$$q = 20 . 30 = 600 \text{ qcm},$$

$$W = \frac{20 . 30^2}{6} = 3000,$$

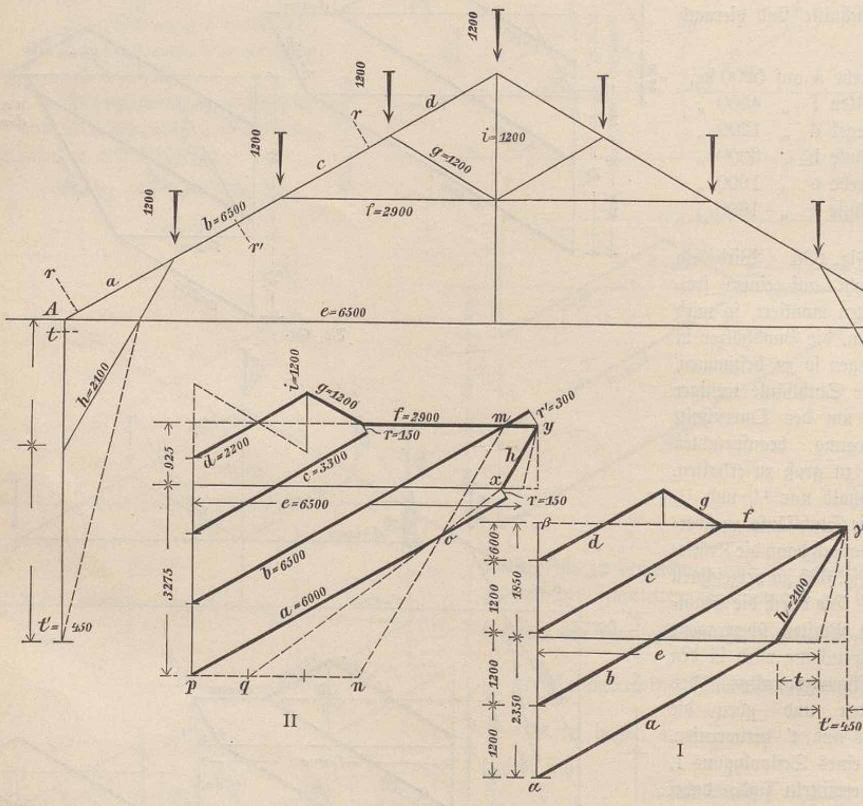
somit

$$S = \frac{161000}{3000} + \frac{3600}{600} = 60 \text{ kg},$$

was entsprechend.

System Fig. 637. Dieser Dachstuhl zeigt eine ähnliche Anordnung, nur sind auf jeder Seite drei Zwischenpfetten angeordnet, und der Kopfpunkt der Stuhlsäule h fällt nicht mehr mit dem Spannriegel f zusammen, so daß der

Fig. 637.



Der Pfostenquerschnitt wird bestimmt nach Formel (30) und ist:

$$M = 1610 \text{ kgm} = 161\,000 \text{ kgcm},$$
$$N = 3600 \text{ kg}.$$

Es werde angenommen:

$$b = 20 \text{ cm und } h = 30 \text{ cm},$$

Strebenteil b nicht mehr in einem festen Dreieck liegt, und hier Biegungsbeanspruchungen r' auftreten, die etwa doppelt so groß sein werden wie in den Feldern a und c.

Die Lastverteilung muß so erfolgen, daß der Pfosten keine zu große Biegung erfährt; als oberste Grenze werden wir die Last so verteilen, daß die Strebe ohne Biegung arbeitet, was auf den Pfosten schon eine beträchtliche Biegung hervorbringt und als untere Grenze nehmen wir an, daß die Last auf die Stuhlsäule auf die Hälfte reduziert sei.

Für die Strebe ohne Biegung, Fig. 637 I, müssen 1200, a, h und b einen geschlossenen Kräftezug bilden; zieht man deshalb durch β eine Horizontale, dann b bis zum Schnittpunkt γ, so können hiernach a und h ermittelt und hieraus der Stützendruck in A mit 2350 kg und die auf die Stuhlsäule übertragene Last mit 1850 kg bestimmt werden. Die übrigen Spannungen werden dann in der bekannten Weise verzeichnet.

System Fig. 638.

Der Stützenpunkt wird 1600 + 800 = 2400 kg, woraus sich ergeben:

Druckspannung a = 7300 kg,
und Zugspannung c = 6400 kg.

Aus 1600 und a ermitteln sich:

Druckspannung d = 1600 kg,
und „ b = 5700 kg.

Aus d, c, c und d ergiebt sich:

Zugspannung e = 4100 kg.

System Fig. 639 bedarf keiner weiteren Erläuterung.

Fig. 638.

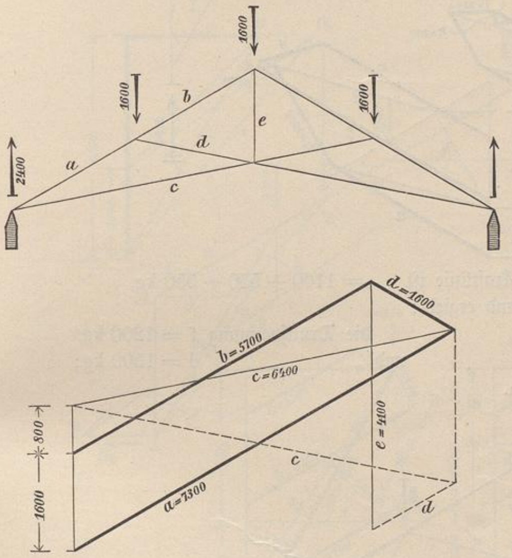
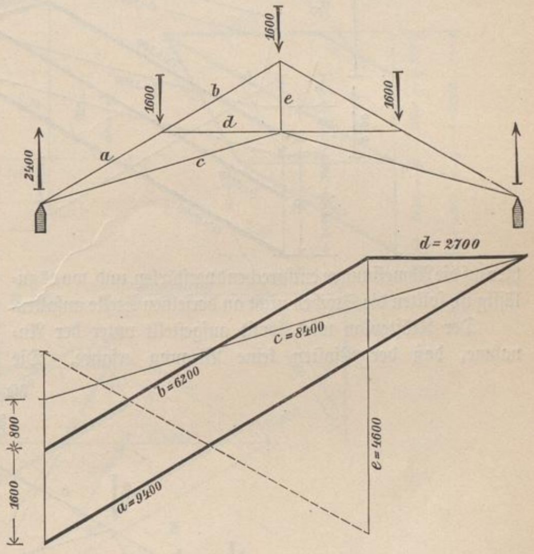


Fig. 639.



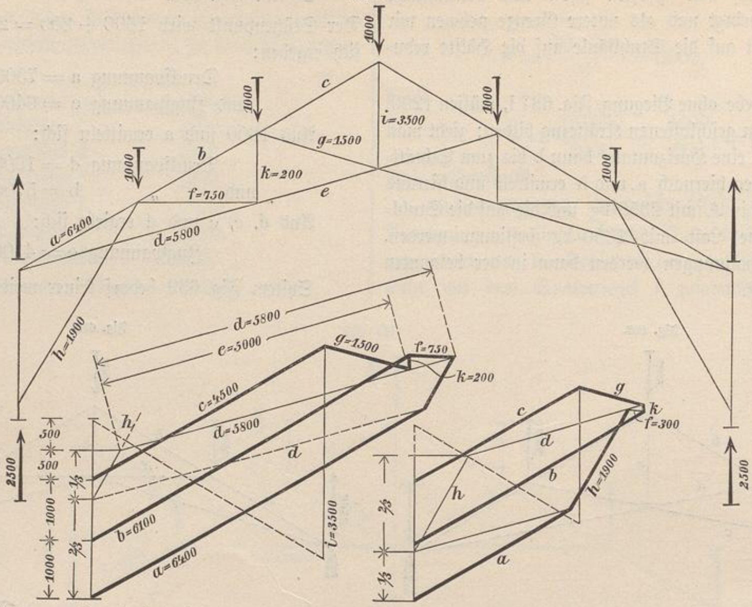
In einem zweiten Kräfteplan Fig. 637 II ist jetzt die Lastverteilung derart vorzunehmen, daß die Stuhlsäule nur noch $\frac{1850}{2} = 925$ kg erhält, wogegen auf das Auflager A 3275 kg entfallen. Man ziehe nun b, durch m die Parallele zu h, teile p n in drei gleiche Teile und ziehe q x durch den Schnittpunkt o von a mit m n, und durch x eine Lotrechte zu a und eine Parallele zu h; zieht man noch r′ senkrecht zu b, so sind hierdurch die Spannungen a, b, deren Biegungsspannungen r und r′ und h ermittelt. Zwischen c und g ist eine Biegungsspannung = r einzuschalten, wonach dann auch die übrigen Spannungen ermittelt sind.

Die Querschnitte sind nach den größten Spannungen aus beiden Kräfteplänen zu berechnen.

System Fig. 640. Infolge Einfügung einer Stuhlsäule wird die Lastverteilung wieder unbestimmt, und es wird zulässig sein, die Grenzen für die Belastung der Stuhlsäule auf $^1/_3$ und $^2/_3$ der Last zu bemessen, wonach dann wieder in der bisher besprochenen Weise in zwei Kräfteplänen die Spannungen ermittelt werden können.

System Fig. 641 mit gekreuzten Bändern auf Pfosten und mit Vordach. Hier wirkt die Strebe des Vordaches dem Druck der inneren Strebe entgegen, wodurch die Biegungsbeanspruchung des Pfostens nur gering wird und vernachlässigt werden kann, um so mehr, wenn die Doppelzange nahe an dem Anfallspunkt der Stuhlsäule vorbeigeht. Andererseits setzen sich aber die Stuhlsäule und die Gegenstrebe an derselben Stelle des Pfostens ein, wodurch dieser merklich geschwächt wird. Man muß mit Rücksicht

Fig. 640.

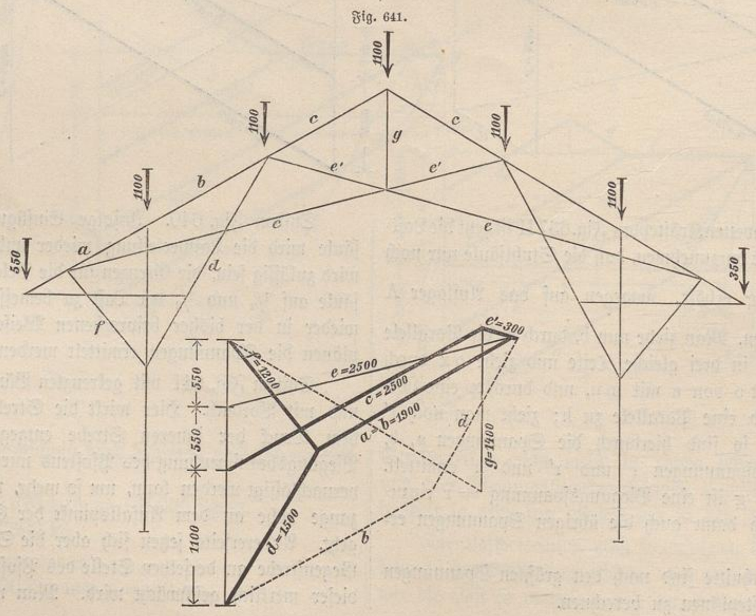


hierauf die Abmessungen entsprechend verstärken, und, wo es zulässig ist, sollten die Streben nicht an derselben Stelle anfallen.

Der Kräfteplan wird somit aufgestellt unter der Annahme, daß der Pfosten keine Biegung erfahre. Die Kraftlinie ist $= 1100 + 550 + 550$ kg, und ergiebt:

die Druckspannung $f = 1200$ kg,
und „ „ $d = 1500$ kg;

Fig. 641.



die Last 550 und f geben:

die Zugspannung e = 2500 kg,

und die Druckspannung a = 1900 kg;

b wird = a und

die Last 1100, b und d geben:

die Druckspannung e′ = 300 kg,

und „ „ c = 2500 kg;

c, 1100 und e geben:

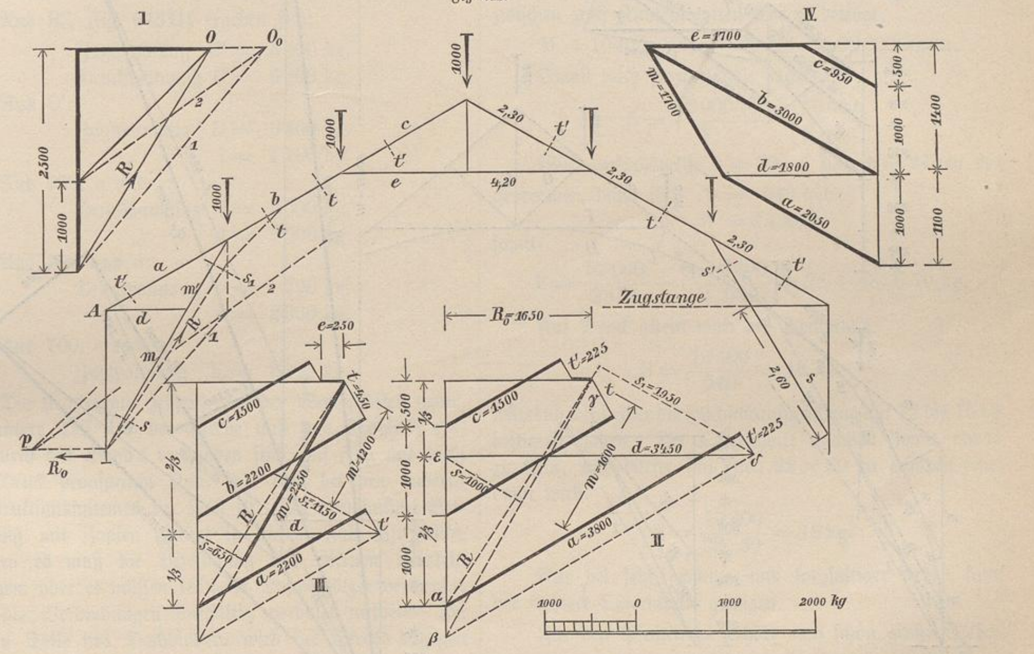
die Zugspannung g = 1400 kg.

System Fig. 642, Ardant'scher Dachstuhl.

Der Strebenfuß muß fest bleiben, wenn sich der Dachstuhl unter der Last einsenkt; der obere Teil der Strebe biegt sich in einer Richtung, der untere Teil entgegengesetzt und diese zwei Biegungen sollen sich ausgleichen. Deshalb muß ein Resultanten-Polygon ungefähr durch die Mitte des freien Stückes der Strebe gehen.

Man verzeichnet zu diesem Zweck nach Fig. 642 I ein vorläufiges Seilpolygon 1, 2 mit dem beliebigen Pol O_0, verlängert den Seilstrahl 2, z. B. bis zum Schnittpunkt p mit der Horizontalen durch den Fußpunkt der Stuhlsäule, verbindet p mit dem mittleren Punkte von b, und zieht im Kräfteplan eine Parallele, so ergiebt sich auf der Wagrechten durch O_0 ein neuer Pol O für ein Seilpolygon, das durch den Fußpunkt der Stuhlsäule und den mittleren Punkt des Stabes b geht, woraus sich dann die Resultierende R am Fußpunkte der Stuhlsäule ergiebt.

Fig. 642.



Für die Lastaufnahme der Stuhlsäule wird nun wieder eine obere und eine untere Grenze anzunehmen sein, und zwar wird $^1/_3$ und $^2/_3$ der Gesamtlast als angemessen erscheinen, wonach dann die beiden Kräftepläne in folgender Weise verzeichnet werden, wenn die Biegungsspannungen Berücksichtigung finden sollen.

Die Stuhlsäule erhalte $^1/_3$ der Gesamtlast von 1000 + 1000 + 500 kg. Man ziehe R, und zerlege lotrecht nach $\alpha\beta$ und parallel zu m nach $\beta\gamma$, Fig. 642 II.

Die Reaktion in A = $^2/_3$ der Last zerlegt sich nach d und a mit der Biegungsspannung t′, welch' letztere man erhält, wenn man $\beta\,\delta \parallel$ a bis zum Schnittpunkt δ mit d zieht, und es ergiebt sich:

die Zugspannung d = 3450 kg,

die Biegungsbeanspruchung t′ = 225 kg,

und die Druckspannung a = 3800 kg.

Lote von ε auf m und von δ auf m geben die Biegungsspannungen der Stuhlsäule, und zwar

s = 1000 kg und s_1 = 1950 kg,

und es ergiebt sich die

Druckspannung m = 1600 kg.

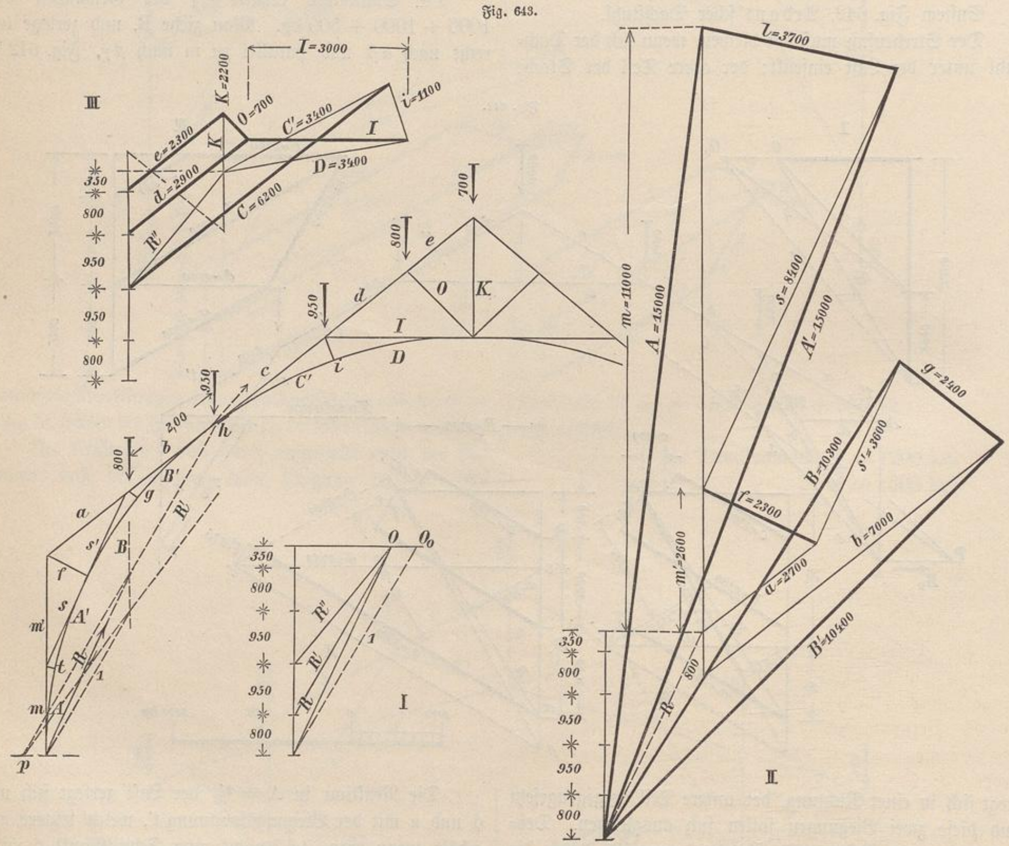
Im oberen Knotenpunkt müssen die Last 1000 und die Spannungen b, t, e, t' und c ein geschlossenes Kräftepolygon bilden; zieht man daher durch γ die Linie t senkrecht auf b und macht $t' = \frac{1}{2}t =$ dem bereits bei a ermittelten t', so werden dadurch die Längen der Linien b, c und e und damit deren Größe bestimmt.

In derselben Weise werden die Spannungen im Kräfteplan III ermittelt unter der Annahme, daß die und der Kräfteplan würde die Gestalt Fig. 642 IV annehmen mit den darin verzeichneten Größen der Spannungen.

System Fig. 643, Bogenbinder.

Der obere Teil des Binders sitzt im Punkte h auf dem unteren, und die Beanspruchungen der Strebe werden in beiden Teilen entgegengesetzte sein. Ein Seilpolygon muß durch den Fußpunkt des Binders und durch h gehen, woraus sich die Resultierenden R, R' und R'', Fig. 643 I ergeben.

Fig. 643.



Stuhlsäule $\frac{2}{3}$ der Last erhalte, und die Querschnitte werden dann unter Zugrundelegung der größten Spannungen ermittelt.[1])

Bei Einfügung einer Zugstange, die den Horizontalschub aufnimmt, werden die Biegungsspannungen beseitigt,

Aus R ergeben sich, Fig. 643 II:

Zugspannung m = 11 000 kg,
und Druckspannung A = 15 000 kg.

Aus A ergeben sich:

Druckspannung l = 3 700 kg,
und „ A' = 15 000 kg.

Aus l und m:

Zugspannung m' = 2 600 kg,
„ s = 8 400 kg.

1) Die nähere Begründung für die Art der Verzeichnung des Kräfteplans, auf die wir hier verzichten müssen, siehe in: Fermes de comble, par Planat. Aulanier & Co., Paris.

Aus m':

Zugspannung $a = 2700$ kg,
Druckspannung $f = 2300$ kg.

Aus A', s und f:

Zugspannung $s' = 3600$ kg,
Druckspannung $B = 10300$ kg.

Aus B:

Druckspannung $g = 2400$ kg,
„ $B' = 10400$ kg.

Aus g, s', a und 800:

Zugspannung $b = 7000$ kg.

In derselben Weise sind die Spannungen im oberen Teil ermittelt aus der im Punkte h wirkenden Reaktion R''.

Aus R'', Fig. 643 III ergeben sich:

Zugspannung $C' = 3400$ kg,
Druckspannung $C = 6200$ kg.

Aus C':

Zugspannung $D = 3400$ kg,
„ $i = 1100$ kg.

Aus 950, c und i:

Druckspannung $I = 3000$ kg,
„ $d = 2900$ kg.

Aus 800 und d:

Druckspannung $o = 700$ kg,
„ $e = 2300$ kg.

Aus 700, e und e:

Zugspannung $K = 2200$ kg.

Die Kräftepläne zeigen, daß der Wandpfosten m/m', der untere Teil a/b der Strebe und das Tragholz s/s', die durch das Band f verbunden sind, auf Zug und nicht auf Druck beansprucht sind, wie dies bei den anderen Konstruktionssystemen der Fall ist. Die gewöhnliche Verbindung mit Zapfen genügt in diesem Fall also nicht, sondern es muß die Befestigung mit eisernen Winkeln erfolgen, oder es müssen teilweise Doppelhölzer verwendet und die Verbindungen sorgfältig verbolzt werden. Im oberen Teile des Dachbinders wird die Strebe dagegen wieder auf Druck beansprucht, während im Bogen umgekehrt die unteren Teile A bis B' auf Druck, die oberen C' und D auf Zug beansprucht sind.

Die Hölzer des unteren Teiles sind außerordentlich stark beansprucht gegenüber dem oberen Teile, und wenn man die Querschnitte nach den größten Spannungen berechnet, so werden sich für den oberen Teil übertriebene Stärken ergeben.

Wenn alle Teile sorgfältig und fest miteinander verbunden werden, so kann sich der Bogen, der je zwischen zwei Knotenpunkten gleichzeitig auf Biegung beansprucht wird, nicht mehr merklich krümmen, da er in fester Verbindung mit den übrigen Verbandhölzern ein Ganzes von großer Höhe bildet, das der Biegung einen großen Widerstand entgegensetzt.

Es ist weiter zu beachten, daß am Fuße des Dachstuhles die sehr große Zugspannung des Pfostens m und die starke Druckspannung des Bogens A im entgegengesetzten Sinne auf die Verbindung wirken, so daß nur der Überschuß des Druckes über den Zug gleich dem Gewicht der halben Dachlast vorhanden ist.

Es ist daher nicht notwendig, den Bogen nach den Wirkungen A und A' zu berechnen, sondern es genügt, wenn die Beanspruchungen B und B' zu Grunde gelegt werden. Hier beträgt die Normalspannung $N = 10400$ kg, und das Biegungsmoment wird, wenn die Stichhöhe zwischen zwei Knotenpunkten 0,05 m beträgt:

$$M = 10400 \, . \, 0{,}05 = 520 \text{ kgm} = 52000 \text{ kgcm}.$$

Somit nach Formel (31, bezw. 42):

$$S = \frac{52000}{W} + \frac{5 \, . \, 10400}{2\,q}.$$

Wird versuchsweise $b = 20$ cm und $h = 27$ cm angenommen, dann ist: $q = 540$ qcm,
$W = 2430$,

somit:

$$S = \frac{52000}{2430} + \frac{5 \, . \, 10400}{2 \, . \, 540} = 22 + 48 = 70 \text{ kg}.$$

Auf Druck allein wird die Spannung

$$S = \frac{10400}{540} = 19 \text{ kg},$$

während wir früher die Höchstbeanspruchung auf 12 bis 15 kg bestimmt haben. Der Querschnitt erscheint somit etwas zu klein, und dürfte auf etwa 22×30 zu erhöhen sein; dann wird:

$$S = \frac{10400}{22 \, . \, 30} = 16 \text{ kg}.$$

Nur bei sehr genauer und sorgfältiger Arbeit kann der kleinere Querschnitt genügen.

Für den Pfosten m erhält man schon große Sicherheit, wenn der Berechnung der Mittelwert $\frac{m + m'}{2}$ zu Grunde gelegt wird.

Es ist somit:

$$N = \frac{11000 + 2600}{2} = 6800 \text{ kg},$$

Höhe $l = 2$ m,

somit nach Formel (40) bei quadratischem Querschnitt:

$$h = 0{,}294 \sqrt{6800} = 24 \text{ cm},$$

und nach Formel (41)

$$h = \sqrt[4]{2^2 \, . \, 6800} = 14 \text{ cm},$$

somit ist zu wählen $^{24}/_{24}$ cm.

Die Berechnung der Strebe erfolgt nach Formel (42); die größte Druckbeanspruchung findet sich im Felde b mit N = 7000 kg; die Pfettenlast beträgt hier P = 950 kg und die Feldlänge l = 200 cm; es wird somit:

$$S = \frac{3 \,.\, 950 \,.\, 200}{4 \,.\, bh^2} + \frac{5 \,.\, 7000}{2\,bh}.$$

Wird b = 15 und h = 23 cm angenommen, dann ist:

$$S = \frac{3 \,.\, 950 \,.\, 200}{4 \,.\, 15 \,.\, 23^2} + \frac{5 \,.\, 700}{2 \,.\, 15 \,.\, 23} = 15 + 51 = 66\,\text{kg}.$$

Wenn man bedenkt, daß die Strebe hier nicht auf Druck, sondern auf Zug beansprucht ist, und die Zugspannung für sich allein $\frac{7000}{15 \,.\, 23} = 21$ kg betragen würde, während wir bei den auf excentrischen Zug beanspruchten Stäben nur 12 bis 15 kg zugelassen haben, so erscheint die Strebe zu schwach, und sie sollte so weit verstärkt werden, daß die angegebene Maximalspannung nicht überschritten wird.

Für b = 20, und h = 27 cm wird:

$$S = \frac{7000}{20 \,.\, 27} = 13\,\text{kg}$$

und es wird der Querschnitt der Strebe hiernach 20 × 27 cm stark werden.

Tragband s: $Z = 8400$ kg,

somit nach Formel (43):

$$bh = \frac{8400}{12} = 700\,\text{qcm};$$

für b = 23, wird h = 30 cm,
„ b = 22, „ h = 32 „
„ b = 27, „ h = 27 „

Die übrigen Abmessungen ermitteln sich in derselben Weise nach den früher gegebenen Formeln.