



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Dächer im allgemeinen, Dachformen

Schmitt, Eduard

Stuttgart, 1901

25. Kap. Hölzerne Satteldächer.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-78841](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-78841)

man unter jedes Binderauflager eine Säule setzte; dadurch wird unter Umständen der Verkehr bedeutend erschwert. Man setzt dann zweckmäÙig die Säulen weiter auseinander, lagert auf denselben Träger, welche nun ihrerseits die Dachbinder aufnehmen. Ein Beispiel zeigt Fig. 227¹³⁶⁾.

Der Binderabstand beträgt hier 4,00 m und der Säulenabstand in der Reihe 12,00 m, so daß jeder Träger *AA* zwischen seinen Auflagern auf den Säulen noch zwei Dachbinder aufnimmt. Zu beachten ist, daß die Träger *AA* durch wagrechte Kräfte stark beansprucht werden können, worauf bei der Konstruktion und Berechnung Rücksicht zu nehmen ist.

Eine verwandte Anordnung zeigt Fig. 228¹³⁷⁾.

Das Gebäude ist eine Kesselschmiede mit gemauerten Pfeilern, in welche die Schornsteine gelegt sind. Man hat auf die Pfeiler besondere Träger gelegt, auf welchen die Binder gelagert sind.

In Fig. 229¹³⁸⁾ ist endlich eine ganz eigenartige Konstruktion vorgeführt, bei welcher die Firstlinie aus besonderen Gründen parallel zur Schmalseite des Gebäudes geführt werden mußte.

Man hat in diesem Falle die große Stützweite in drei Teile zerlegt, den mittleren Teil durch ein Satteldach, die beiden Seitenteile durch parabolische Träger überdacht und für die mittleren Auflager der Binder zwei kräftige Träger *AA* angeordnet.

25. Kapitel.

Hölzerne Satteldächer.

a) Allgemeines.

Das einfachste Dach entsteht, wenn zwei Sparren derart zu einem Sparrenpaare verbunden werden, daß sie einander im First stützen. Soll der Firstpunkt unter den belastenden Kräften nicht hinabgehen und sollen die Auflagerstellen der Sparren nicht ausweichen, so müssen die wagrechten Seitenkräfte der Sparrenspannungen aufgehoben werden. Man könnte diese nach außen schiebenden Kräfte durch genügend starke Seitenmauern der Gebäude unschädlich machen; indes empfiehlt sich eine solche Anordnung bei hochliegenden Stützpunkten der Sparren nicht, weil die Seitenmauern dann sehr stark gemacht werden müßten. Für die unschädliche Beseitigung der erwähnten Kräfte und die Erhaltung der geometrischen Form des Daches sind bei den Holzdächern hauptsächlich zwei Konstruktionsarten üblich: die ältere, welche man als das Kehl balkendach, und die jüngere, welche man als das Pfettendach¹³⁹⁾ bezeichnet.

70.
Einteilung.

Beim Kehl balkendach wird jedes Sparrenpaar zu einem geschlossenen Dreieck durch einen Balken, auch Tram geheißten, vervollständigt, welcher die SparrenfüÙe miteinander verbindet; nach Bedarf ordnet man bei jedem Sparrenpaare in verschiedenen Höhen noch weitere wagrechte Balken an. Die Sparrenpaare stützen sich also beim Kehl balkendach auf Balken (Träme), welche in den Ebenen der Sparrenpaare liegen.

Bei dem in der Gegenwart meistens ausgeführten Pfettendach ruhen die Sparrenpaare auf Balken, welche der Längenrichtung des Daches parallel laufen und in gewissen Abständen durch Binder getragen werden. Die tragenden Balken, deren Achsen die Ebenen der Sparrenpaare meistens unter einem rechten Winkel schneiden, heißen Pfetten oder Fetten; sie überführen die von den Sparren aufgenommenen lotrechten und wagrechten Kräfte auf die Binder, in denen dieselben sich mit den Auflagerdrücken ausgleichen.

¹³⁹⁾ In Österreich nennt man den Pfettendachstuhl auch »italienischen Dachstuhl«.

71.
Grundsätze
für die
Konstruktion.

Für die Konstruktion der Holzdächer sind nachstehende Grundsätze maßgebend:

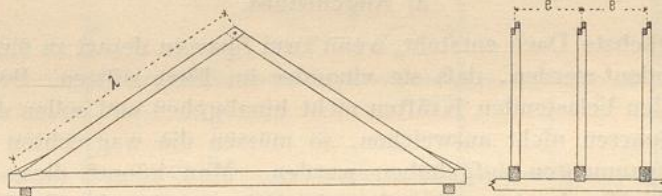
1) Man leite die belastenden Kräfte (Eigengewicht, Schnee- und Winddruck) auf möglichst einfachem, kurzem und klarem Wege in die Stützpunkte.

2) Man benutze die durch die Plananordnung verfügbaren Stützpunkte. So soll man, wenn Mittelmauern vorhanden sind, diese außer den Seitenmauern als Stützpunkte verwenden; dabei vermeide man aber sog. durchlaufende oder kontinuierliche Träger als Dachbinder, weil bei denselben das Setzen der Gebäudemauern schädlich wirken kann.

3) Man ordne möglichst wenig auf Zug, sondern hauptsächlich auf Druck beanspruchte Konstruktionsteile an; denn die Holzverbindungen gestatten wohl eine gute Übertragung von Druck, aber nur eine wenig befriedigende Übertragung von Zug. Da auch die Übertragung von Schub annehmbar ist, so wird es oft möglich sein, die Zugkraft an einem Knotenpunkte mit Zuhilfenahme der Schubspannung zu übertragen, also gewissermaßen den Zug in einen Schub zu verwandeln. Bei den aus Eisen und Holz bestehenden Dächern werden die Zugstäbe aus Eisen hergestellt.

4) Lange, durchgehende Hölzer sind mehr zu empfehlen, als kurze Stücke; denn an den Verbindungsstellen setzen sich die einzelnen Verbandstücke allmäh-

Fig. 230.



lich stets mehr und mehr ineinander, und daraus folgen Formänderungen, welche mit der Zahl der Einzelteile wachsen.

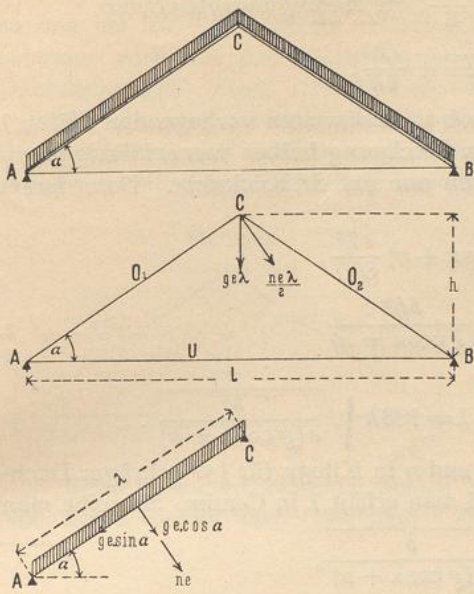
5) Viereckige Felder ohne Diagonalen sind verschiebliche Figuren und gefährden die Konstruktion; wenn irgend möglich, soll man solche Felder mit Diagonalen versehen. Falls Diagonalen nicht angeordnet werden können, so sichere man die Erhaltung der Winkel durch Kopf- und Fußbänder.

6) Wenn das Dach nicht ganz klein ist, so faßt man die Kräfte sowohl beim Kehlbalken-, wie beim Pfettendach an einzelnen Stellen zusammen und führt sie an diesen in die Stützpunkte über. Dieses Sammeln der Kräfte geschieht in den Dachbindern. Werden in den Bindern die Lasten durch lotrechte oder nahezu lotrechte Pfosten auf die Stützpunkte geführt, so hat man den sog. stehenden Dachstuhl; werden aber zu gleichem Zwecke schräge Pfosten verwendet, so hat man den liegenden Dachstuhl. Der liegende Dachstuhl gestattet, einen freieren Bodenraum anzuordnen als der stehende.

72.
Einfaches
Dreieckdach.

Bei geringen Abmessungen lehnen sich die Sparren im First aneinander und übertragen ihren Schub auf einen Balken, in welchen sie sich mit Versatzung setzen (Fig. 230). Die Sparrenlänge λ , bis zu welcher diese Anordnung ausreicht, ist abhängig von der Art der Dachdeckung, dem Neigungswinkel des Daches, dem Abstände e der Sparrenpaare, der Sparrenstärke und anderen Umständen. Um eine ausreichende Unterlage für die Beurteilung zu erhalten, soll eine kleine Berechnung vorgenommen werden.

Fig. 231.



Der Abstand der Sparrenpaare (oder Sparrengebände) sei e , die Länge jedes Sparrens λ und die lotrechte Belastung der Sparren auf das Quadr.-Met. schräger Dachfläche g ; ferner sei die normale Windbelastung für 1 qm (wie oben) n und der Neigungswinkel des Daches α . Alsdann kann man die Kräftewirkung so auffassen, als ob die beiden Sparren durch ein besonderes Dreieck ABC (Fig. 231) unterstützt und in den Punkten A, C und B aufgelagert seien. Der in A und C unterstützte Sparren AC wird auf Biegung beansprucht; die lotrechte Belastung desselben für das lauf., in der Schräge gemessene Meter ist ge und zerlegt sich in $ge \cdot \cos \alpha$ normal zur Längsachse des Sparrens und $ge \cdot \sin \alpha$ in der Achsenrichtung des Sparrens. Außerdem wirkt noch

winkelrecht zur Längsachse der Winddruck, welcher für das lauf. Meter des Sparrens ne beträgt. Durch diese Normalkräfte wird ein größtes Biegemoment hervorgerufen:

$$M_{max} = \frac{(ge \cos \alpha + ne) \lambda^2}{100} = \frac{(g \cos \alpha + n) e \lambda^2}{800}$$

In diese Gleichung ist e in Met. und λ in Centim. einzuführen, so daß man M_{max} in Kilogr.-Centim. erhält.

Der Einfluss der Achsialkraft ist nicht bedeutend und kann für den vorliegenden Zweck vernachlässigt werden.

Auf das stützende Dreieck ACB wirkt in C lotrecht nach unten die Kraft $ge\lambda$, ferner winkelrecht zu einer der Dachflächen, etwa zu AC , die Kraft $\frac{\lambda en}{2}$. Man erhält

$$\left. \begin{aligned} O_1 &= -\frac{\lambda e}{2} \left[\frac{g}{\sin \alpha} + \frac{n}{\operatorname{tg} 2\alpha} \right] \\ U &= \frac{\lambda e}{2} \left[\frac{g}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{n \cos \alpha}{\operatorname{tg} 2\alpha} \right] \\ O_2 &= -\frac{\lambda e}{2} \left[\frac{g}{\sin \alpha} + \frac{n}{\sin 2\alpha} \right] \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 1.$$

In Wirklichkeit fallen die Sparren AC , bezw. BC mit den Stäben AC , bezw. BC des dreieckförmigen Fachwerkes ACB zusammen; dieselben erleiden also eine zusammengesetzte Beanspruchung. An der ungünstigsten Stelle im Sparren AC ist die Beanspruchung

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{\frac{F}{a}} + \frac{O_1}{F}$$

Die Querschnittsfläche des Sparrens ist $F = bh$; σ_{max} darf höchstens die zulässige Grenze K erreichen, welche zu

$$K = 80 \text{ kg für } 1 \text{ qcm}$$

gesetzt werden soll. Dann ist, da $\frac{f}{a} = \frac{bh^2}{6}$, die Bedingungsgleichung

$$K = \frac{6 M_{max}}{bh^2} + \frac{O_1}{bh}.$$

Hier soll untersucht werden, wie groß in bestimmten vorliegenden Fällen λ angenommen werden darf. Der einfachen Rechnung halber vernachlässigen wir zunächst den Einfluss von O_1 und nehmen nur auf M Rücksicht. Dann lautet die Gleichung:

$$\frac{Kbh^2}{6} = (g \cos \alpha + n) \frac{e\lambda^2}{800},$$

d. h.

$$\lambda^2 = \frac{400K}{3e} \frac{bh^2}{(g \cos \alpha + n)} \dots \dots \dots 2.$$

Für $K=80$ ist

$$\lambda^2 = \frac{10667 bh^2}{e(g \cos \alpha + n)}, \text{ sonach } \lambda = 103h \sqrt{\frac{b}{e(g \cos \alpha + n)}}.$$

In diese Gleichung sind e in Met., g und n in Kilogr. für 1^{qm} schräger Dachfläche, b und h in Centim. einzusetzen, und man erhält λ in Centim. Schreibt man

$$\lambda = 1030 h \sqrt{\frac{b}{e(g \cos \alpha + n)}},$$

so ist alles in Met., bzw. bezogen auf Met. einzuführen, und man erhält dann auch λ in Met.

Ist das Dach mit $\frac{h}{L} = \frac{1}{3}$ geneigt, also $\alpha = 33^\circ 41'$ und $\cos \alpha = 0,832$, und

ist dasselbe mit Schiefer gedeckt, so ist $g = 75 \text{ kg}$ und $n = 83 \text{ kg}$, wofür $n = 85 \text{ kg}$ gesetzt werden soll. Gleichzeitige größte Schnee- und Windbelastung braucht bei einem so steilen Dache nicht angenommen zu werden; Schneedruck sei also nicht vorhanden. Der Abstand e der Gespärre betrage 1^m; die Querschnittsabmessungen des Sparrens seien $b = 12 \text{ cm}$ und $h = 15 \text{ cm}$. Alsdann wird

$$\lambda = 1030 \cdot 0,15 \sqrt{\frac{0,12}{75 \cdot 0,832 + 85}} = 4,4 \text{ m}.$$

Zu der bei dieser Sparrenlänge auftretenden größten Beanspruchung $K=80 \text{ kg}$ für 1^{qm} kommt noch diejenige durch die Kraft O_1 . Im vorliegenden Falle ist

$$O_1 = -\frac{4,4 \cdot 1}{2} \left[\frac{75}{0,555} + \frac{85}{2,4} \right] = -374 \text{ kg}.$$

Die Sparren-Querschnittsfläche ist $f = 12 \cdot 15 = 180 \text{ qcm}$, mithin die Erhöhung der Spannung durch O_1 nur $\sigma_2 = \frac{374}{180} = 2,1 \text{ kg}$ für 1^{qm}, d. h. unbedenklich gering. Man kann in den meisten Fällen nach der einfachen Formel für λ rechnen, ohne Rücksicht auf O_1 zu nehmen, und erhält, wenn $e = 1 \text{ m}$ angenommen wird,

$$\lambda = 1030 h \sqrt{\frac{b}{g \cos \alpha + n}} \dots \dots \dots 3.$$

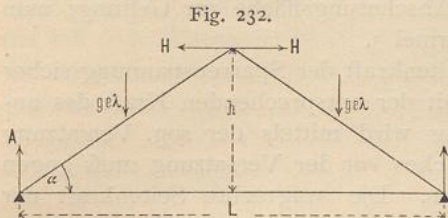
(Hierin alle Maße in Met., bzw. bezogen auf Met.)

Der Ausdruck 3 für λ kann auch zu Grunde gelegt werden, wenn es sich darum handelt, die größten zulässigen Abstände der Sparrenstützpunkte bei Pfetten- und größeren Kehlbalkendächern zu ermitteln; die Anwendung obiger Formel setzt dann aber voraus, daß auf die Kontinuität der Sparren keine Rücksicht genommen ist.

Je nach den Umständen kann man λ_{max} , die freitragende Sparrenlänge, zu 3,50 bis 5,00 m annehmen. Bezüglich der Abstände der Sparrenpaare voneinander wird auf das nächstfolgende Heft (Teil III, Abt. III, Abschn. 2, F: Dachdeckungen) dieses »Handbuches« verwiesen.

Auf die Länge λ kann auch die Anordnung im First von Einfluss sein. Die Sparren lehnen sich im First aneinander und sind daselbst mittels des sog. Scherzapfens miteinander verbunden; derselbe darf nicht überbeansprucht werden.

Die im First von einem Sparren auf den anderen übertragene Kraft infolge des Eigengewichtes ist (Fig. 232)



$$H_g = \frac{g e \lambda L}{4h},$$

und es wird, da $L = 2\lambda \cos \alpha$ ist,

$$H_g = \frac{g e \lambda^2 \cos \alpha}{2h}.$$

Ferner entsteht zwischen beiden Sparren im First durch einseitigen Wind eine Kraft, welche nach Gleichung 1 (S. 87) den Wert hat:

$$O_2 = -\frac{\lambda n e}{2 \sin 2\alpha}.$$

Diese Kräfte sollen von einem Sparren auf den anderen übertragen werden, ohne dass der Holznagel am Scherzapfen merklich beansprucht wird. Bei dem unvermeidlich eintretenden Eintrocknen und Setzen des Daches ist es aber sehr wahrscheinlich, dass die Kräfte auch einmal durch den Holznagel übertragen werden müssen. Deshalb soll untersucht werden, bis zu welchen Abmessungen der Scherzapfen mit Holznagel genügt.

Zerlegt man H_g in die beiden Sparrensparnungen $O_{1.g}$ und $O_{2.g}$, so wird

$$O_{2.g} = -\frac{g \lambda e}{4 \sin \alpha}, \text{ und die ganze zu übertragende Kraft wird}$$

$$O_2 = -\frac{\lambda e}{2} \left[\frac{g}{2 \sin \alpha} + \frac{n}{\sin 2\alpha} \right],$$

$$O_2 = -\frac{\lambda e}{4 \sin \alpha} \left[g + \frac{n}{\cos \alpha} \right] \dots \dots \dots 4.$$

Der Holznagel wird in zwei Querschnitten auf Abscherung beansprucht. Ist die zulässige Abscherungsspannung bei einem eichenen Nagel $K' = 22 \text{ kg}$ für 1 cm^2 , so muss

$$2 \cdot 22 \frac{d^2 \pi}{4} = O_2 = \sim 35 d^2$$

sein, woraus

$$d = 0,17 \sqrt{O_2} \text{ Centim.} \dots \dots \dots 5.$$

Wird der Wert $O_2 = 35 d^2$ in Gleichung 4 eingesetzt und nach λ aufgelöst, so erhält man

$$\lambda_m = \frac{140 d^2 \sin \alpha}{e \left(g + \frac{n}{\cos \alpha} \right)},$$

worin d in Centim. einzuführen ist.

In obigem Beispiel war $g = 75 \text{ kg}$, $n = 85 \text{ kg}$, $e = 1 \text{ m}$, $\alpha = 33^\circ 41'$, $\cos \alpha = 0,832$ und $\sin \alpha = 0,555$; demnach wird $O_2 = -80\lambda$ Kilogr.

Der für λ zulässige Wert ergibt sich sonach aus der Gleichung $80\lambda = 35d^2$ mit
 $\lambda_m = 0,44 d^2$ Met.

Ist $d = 2,5$ cm, so wird $\lambda_m = 0,44 \cdot 6,25 = 2,75$ m.

Man findet wohl die Angabe, daß die Sparren sich bis auf 2,50 m Länge mit Scherzapfen gegeneinander lehnen dürfen; diese Angabe würde annähernd mit dem eben gefundenen Ergebnis übereinstimmen.

Zu beachten ist: Wenn im First beide Sparren nur mittels Anblattung verbunden sind, so kommt nur eine einzige Abscherungsfläche zur Geltung; man erhält alsdann λ halb so groß als nach Formel 5.

Am Sparrenfuß muß die wagrechte Seitenkraft der Sparrenspannung sicher in den Balken geführt werden und sich mit der entsprechenden Kraft des anderen Sparrens aufheben. Die Verbindung wird mittels der sog. Versatzung vorgenommen. Die Länge c des Balkenstückes vor der Versatzung muß gegen Abscheren genügend groß gewählt werden. Die wagrechte Seitenkraft der Sparrenspannung ist nach Gleichung 1 (S. 87)

$$U = \frac{\lambda e}{2} \left[\frac{g}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{n \cos \alpha}{\operatorname{tg} 2\alpha} \right].$$

Ist die zulässige Beanspruchung auf Abscheren T und die Breite des Balkens b (in Centim.), so darf $Tbc = U$ sein, woraus

$$c = \frac{U}{Tb}$$

folgt. T kann zu 10 kg für 1 qcm gesetzt werden; alsdann wird

$$c = \frac{\lambda e}{20b} \left[\frac{g}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{n \cos \alpha}{\operatorname{tg} 2\alpha} \right] \text{ Centim.}$$

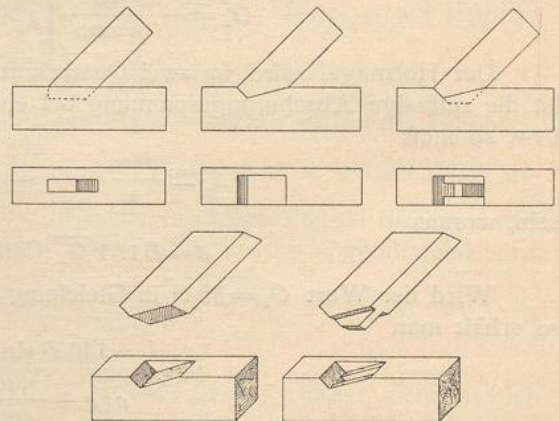
In dieser Formel sind alle Werte auf Met., bzw. auf Quadr.-Meter bezogen; nur b ist in Centim. einzuführen, und man erhält c in Centim.

Für obiges Beispiel erhält man $c = \frac{71\lambda}{10b}$; ist $b = 12$ cm und $\lambda = 3,5$ m, so wird $c = 2$ cm; demnach genügt eine geringe Länge.

Aus vorstehender Rechnung ergibt sich auch die Zulässigkeit der in Fig. 233 dargestellten Anordnung der Versatzung, welche natürlich nur bei kleinen Kräften in Anwendung kommen darf.

Fig. 233 u. 234 a , b u. c zeigen die gebräuchlichen konstruktiven Einzelheiten am Sparrenfuß und am First. Nach *Breymann* sollen die Zapfen am Sparrenfuß nicht verbohrt werden; der Sparren soll mit dem Balken auf einer Seite bündig angeordnet werden. Bezüglich der sog. Aufschieblinge vergleiche im folgenden (Art. 76). Als größte Spannweite eines einfachen Dreieckdaches kann man 6,00 bis 7,00 m annehmen.

Fig. 233.



Die doppelte Versatzung (Fig. 234 *b, c* u. 235 *a, c*) wird verwendet, falls der Winkel zwischen Strebe und Balken sehr spitz ist, hauptsächlich bei den weiterhin folgenden Hängewerken und Sprengwerken. Es wird empfohlen, die hintere Versatzung tiefer hinabzuführen als die vordere, weil dadurch ein wesentlich größerer Abscherungswiderstand erzielt wird, als wenn beide Versatzungen gleich tief reichen. Die empfohlene Anordnung zeigen Fig. 235 *a* u. 235 *c*. Das Ausspringen der Strebe aus der Versatzung soll der Schraubenbolzen in Fig. 235 *b* verhindern. Fig. 235 *c* zeigt einen Schuh von hartem Holz, der mit dem Balken verdübelt ist (bezw. verzahnt sein kann), die Schubkraft von der Strebe aufnimmt und auf den Balken überträgt.

Fig. 234.

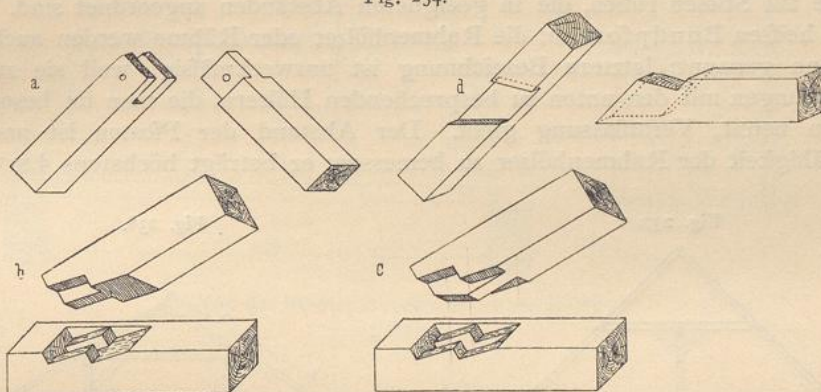
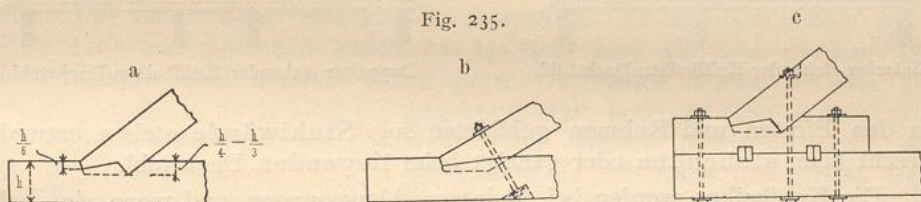


Fig. 235.



b) Kehlbalkendächer.

Wenn die Abmessungen des Daches so groß sind, daß die Sparren nicht mehr vom Fuß bis zum First ungestützt durchlaufen können, so ordnet man mittlere Stützpunkte, sog. Kehlbalken, an.

Das einfachste (zugleich am wenigsten wirksame) Kehlbalkendach ist in Fig. 236 dargestellt. Die Kehlbalken *c* wirken hier als mittlere Stützen der Sparren und dienen zur Verkürzung der freien Knicklänge derselben. Man sieht leicht ein, daß der Kehlbalken durch das Eigengewicht und den Wind auf Druck beansprucht wird und demgemäß mit Rücksicht auf Zerknicken berechnet werden müßte. Eine angestellte Berechnung hat aber ergeben, daß die in den einzelnen Kehlbalken auftretenden Druckkräfte so gering sind, daß ein Knicken bei den üblichen Mafsen nicht zu befürchten ist. Die Querschnittsabmessungen der Kehlbalken werden zu 10×15 bis 12×20 cm gewählt. Es ist zu beachten, daß, wenn der First infolge der Belastung sich senkt, die beiden Anschlußpunkte des Kehlbalkens das Bestreben haben, sich voneinander zu

73.
Kehlbalken.

entfernen; man trägt diesem Umstande durch eine Verbindung nach Fig. 234 *d* Rechnung, welche Zug übertragen kann.

Die vorbeschriebene Anordnung kann nur zur Ausführung kommen, wenn die Kehlbalcken kurz, 2,50 bis höchstens 4,00 m lang sind. Unterstützung der Kehlbalcken durch Kopfbänder oder Bügen, um grössere Weiten zu erzielen, ist nicht empfehlenswert; sie ist wenig wirksam und kostet viel Holz.

Kehlbalcken von grösserer Länge unterstützt man durch Rahmenhölzer, welche auf Stielen ruhen, die in geeigneten Abständen angeordnet sind. Diese Stiele heissen Bundpfosten; die Rahmenhölzer oder Rähme werden auch wohl Pfetten genannt; letztere Bezeichnung ist unzweckmässig, weil sie zu Verwechselungen mit den unten zu besprechenden Hölzern, die man im besonderen Pfetten nennt, Veranlassung giebt. Der Abstand der Pfosten ist nach der Tragfähigkeit der Rahmenhölzer zu bemessen; er beträgt höchstens 4,50 m. Die

Fig. 236.

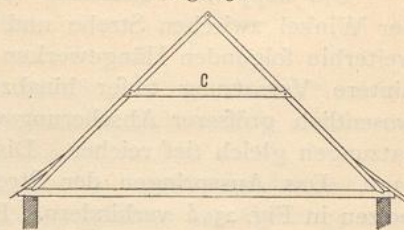
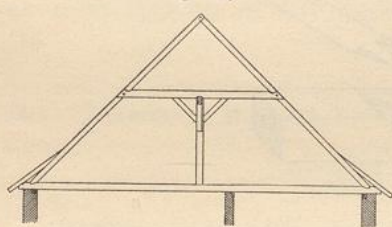
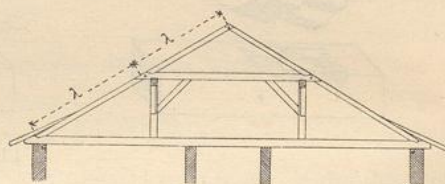


Fig. 237.



Einfacher stehender Kehlbalcken-Dachstuhl.

Fig. 238.



Doppelter stehender Kehlbalcken-Dachstuhl.

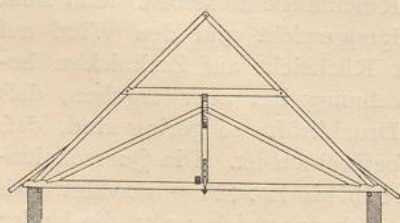
aus den Pfosten und Rahmen gebildeten sog. Stuhlwände stehen entweder lotrecht beim stehenden oder geneigt beim liegenden Dachstuhl.

74.
Stehender
Dachstuhl.

Die Kehlbalcken werden bei kleineren Abmessungen und wenn eine nahe der Gebäudemitte vorhandene Wand als Stütze für die Pfosten verwendbar ist, durch eine in der Mitte des Daches angeordnete Stuhlwand gestützt (Fig. 237). Die Kehlbalcken werden bei dieser Konstruktion ungünstig beansprucht; die Länge derselben darf nicht grösser als 5,00 m sein. Man nennt diese Anordnung den einfachen stehenden Kehlbalcken-Dachstuhl.

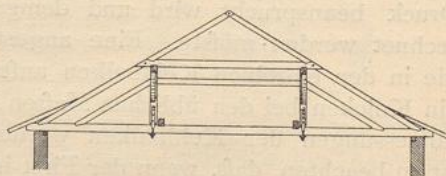
Besser ist der sog. doppelte stehende Kehlbalcken-Dachstuhl (Fig. 238). Die beiden Stuhlwände sind nahe den Enden der Kehlbalcken, 25 bis 30 cm von

Fig. 239.



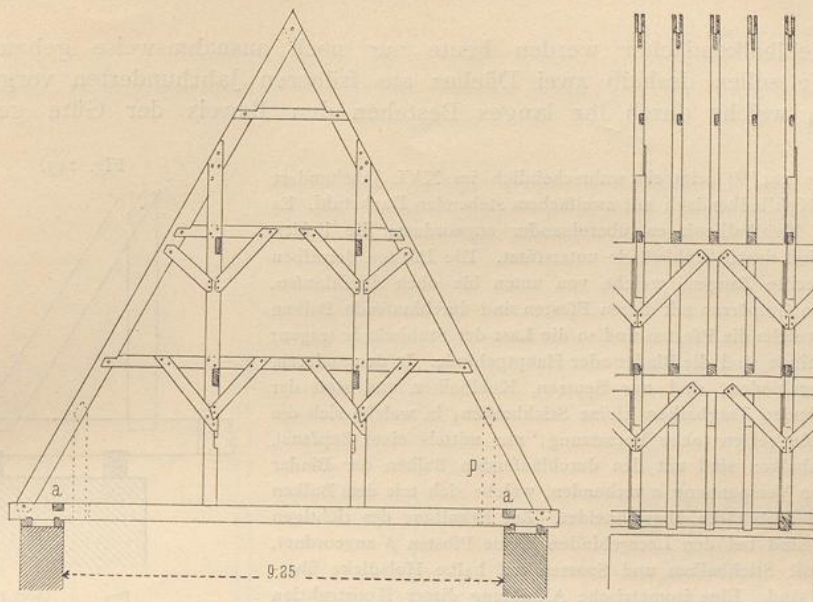
Kehlbalkendach mit einsäuligem Hängewerk.

Fig. 240.



Kehlbalkendach mit zweisäuligem Hängewerk.

Fig. 241.

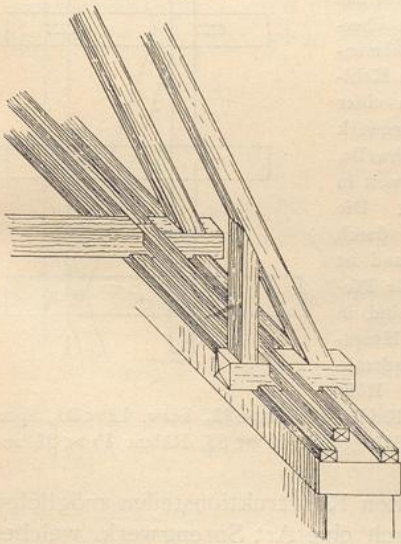


Von der St.-Stephans-Kirche zu Mainz¹⁴⁰⁾.

$\frac{1}{150}$ w. Gr.

denselben entfernt, angebracht und stützen dieselben in durchaus zweckmäßiger Weise. Das untere Sparrenstück, vom Sparrenfuß bis zum Kehlbalken, kann 3,50 bis 4,50^m und das obere Stück 2,50 bis 3,00^m lang gemacht werden. Bei steilen Dächern wird letzteres Stück unter Umständen länger, als das angegebene Maß beträgt; dann ordnet man wohl noch weitere Kehlbalkenlagen an. Kehlbalken in der Nähe des Firstes werden Spitz-, Hain- oder Hahnenbalken genannt.

Fig. 242.



Ein Mangel dieser Konstruktionen ist, daß die Fachwerke der Bindergebände verschiebliche Figuren enthalten; Fig. 237 enthält zwei Vierecke und Fig. 238 ein Viereck. Man muß deshalb, um diesem Mangel einigermaßen abzuwehren und die Unveränderlichkeit der Winkel möglichst herbeizuführen, sog. Kopfbänder oder Bügen anbringen. Solche Kopfbänder dürfen auch in den Stuhlwänden nicht fehlen.

Wenn das Gebäude keine mittleren Stützpunkte für die Stuhlwände bietet, so kann man die Rähme durch einfache oder doppelte Hängewerke stützen (Fig. 239 u.

¹⁴⁰⁾ Nach: GRIER, F. Statistische Übersicht bemerkenswerther Holzverbindungen Deutschlands. Mainz 1841.

240). Auf diese Konstruktionen wird bei den Pfettendächern näher eingegangen werden.

Kehlbalkendächer werden heute nur noch ausnahmsweise gebaut; als Beispiele sollen deshalb zwei Dächer aus früheren Jahrhunderten vorgeführt werden, welche durch ihr langes Bestehen den Beweis der Güte geliefert haben.

Fig. 241¹⁴⁰⁾ zeigt ein wahrscheinlich im XVI. Jahrhundert erbautes Kehlbalkendach mit zweifachem stehenden Dachstuhl. Es sind drei Kehlbalkenlagen übereinander angeordnet; die beiden unteren sind durch Stuhlwände unterstützt. Die Pfosten derselben sind lotrechte Zangen, welche von unten bis oben durchlaufen. Nur in den Gespärren mit diesen Pfosten sind durchlaufende Balken (Träme), welche die Pfosten und so die Last der Stuhlwände tragen; diese Gebinde sind die Binder oder Hauptgebinde. In den anderen, den Leergebinden, sind nur Sparren, Kehlbalken und statt der durchlaufenden Tragbalken kleine Stichbalken, in welche sich die Sparrenfüsse setzen (ohne Versatzung, nur mittels eines Zapfens). Die Stichbalken sind mit den durchlaufenden Balken der Binder durch eine Verspannung a verbunden, welche sich mit dem Balken auf halbe Holzstärke überschneidet. Zur Erhaltung des richtigen Winkels sind bei den Leergebinden kleine Pfosten p angeordnet, welche mit Stichbalken und Sparren auf halbe Holzdicke überschneiden sind. Eine isometrische Abbildung dieser Konstruktion zeigt Fig. 242. Die Träme haben hier die gesamte Last zu tragen und dem entsprechend große Stärke. Die Stärkenmaße sind: Hauptbalken oder Träme 20×35 , Kehlbalken 18×29 und 10×20 , lotrechte Zangen 20×30 , Rahmenhölzer 20×35 und Kopfbänder 17×25 cm. Der Abstand der Binder beträgt $3,20$ m und derjenige der Gespärre $0,80$ m.

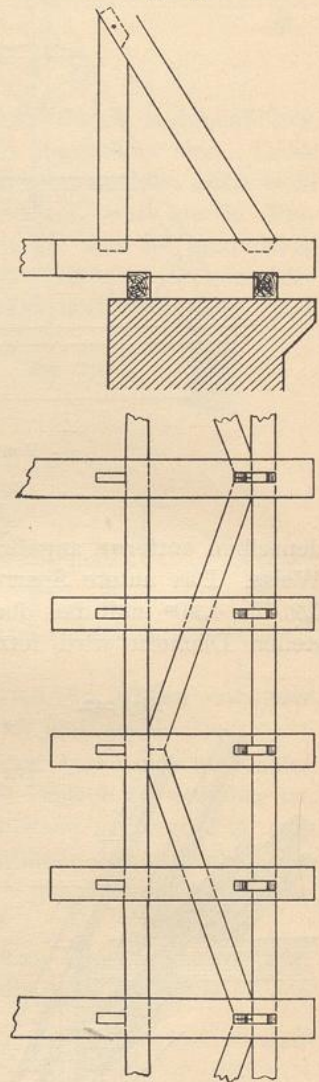
Eine bessere Übertragung des Schubes der Leergebinde auf die Bindergebände stellt Fig. 243 dar. Unter die Stichbalken sind wagrechte Streben gelegt, welche im Grundriß eine Art Sprengwerk bilden. Man nennt diese Hölzer wohl auch Schlangen.

Ein weiteres, gutes und altes Beispiel zeigt Fig. 244¹⁴⁰⁾ aus dem XIV. Jahrhundert. Hier sind vier Kehlbalkenlagen übereinander, welche, mit Ausnahme der obersten, durch Rahmenhölzer in der Mitte ihrer Länge gestützt sind; die unterste Kehlbalkenlage findet jederseits eine weitere Unterstützung in einer Stuhlwand. Die mittleren Rähme werden durch ein Hängewerk getragen; die Hängesäule ruht nicht auf der unteren Schwelle, welche auf den Trämen liegt, sondern ist nur genügend weit in diese eingezapft, um Seitenschwankungen zu verhüten. Die Sparren sind mit den Kehlbalken teilweise noch einmal durch eine Art Fußband zu einem Dreieck verknüpft; das Fußband ist parallel zur Neigung der gegenüberliegenden Dachseite. Die Pfosten für die Seitenrähme der untersten Kehlbalkenlage sind in allen Gespärren, was etwas reichlich zu sein scheint. Die Hauptabmessungen und Stärken der einzelnen Teile sind: Binderabstand $2,50$ m, Lichtweite zwischen den Mauern $10,90$ m, Höhe $13,80$ m, Abstand der Gespärre $0,833$ m, Balken 21×42 , Kehlbalken 14×22 , bzw. 12×20 , Sparren 16×25 (oben 14×21), Streben 15×17 , doppelte Hängesäule 18×33 , Rähme 15×24 und Pfosten 17×17 cm.

75.
Liegender
Dachstuhl.

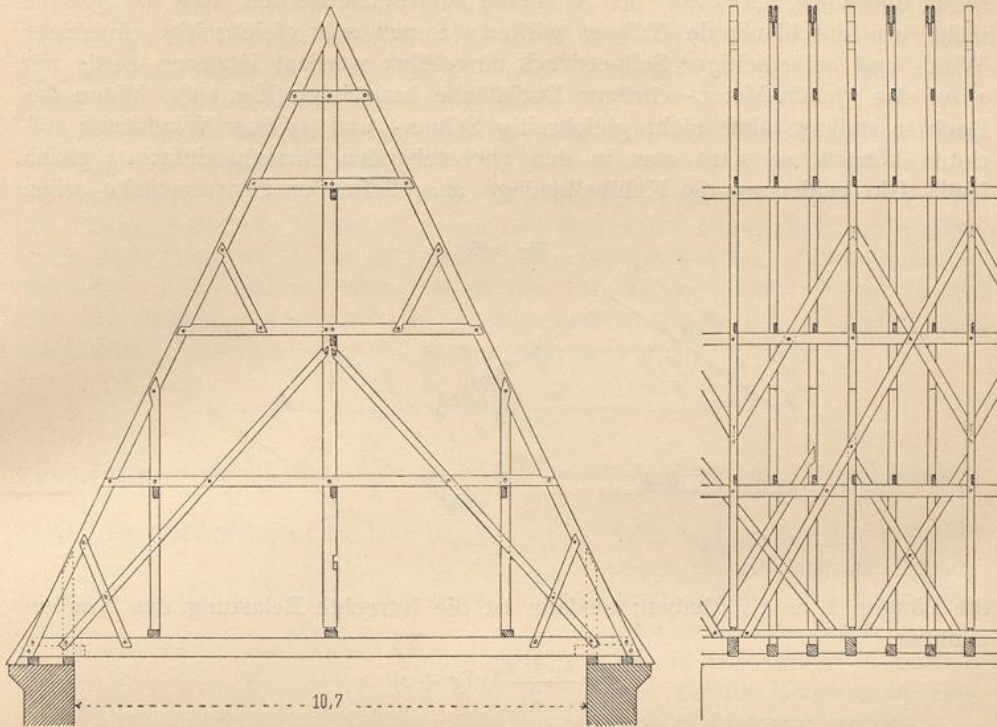
Wenn der Dachbodenraum von eingebauten Konstruktionsteilen möglichst frei bleiben soll, so stützt man die Rähme durch eine Art Sprengwerk, welches

Fig. 243.



¹⁴¹⁾ Nach ebendas.

Fig. 244.

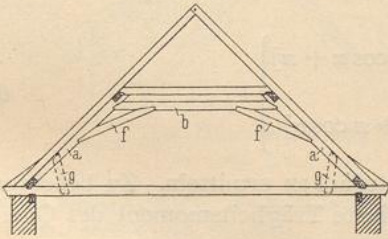


Von der St.-Bartholomäus-Kirche zu Frankfurt a. M.¹⁴¹.

$\frac{1}{150}$ w. Gr.

im einfachsten Falle aus zwei schräg gelegten Pfosten *a* (Fig. 245) und einem wagrechten Spann- oder Brustriegel *b* besteht. Man sieht, daß hier einfach die Stuhlwände der Fig. 238 in die Schräge der Dachneigung gelegt sind; der nicht unbedeutende wagrechte Schub, welcher von den Schrägpfosten *a* (gewöhnlich liegende Stuhlsäulen genannt) auf den Balken ausgeübt wird, muß sicher in denselben geleitet werden; zu diesem Zwecke empfiehlt es sich, eine Fußschwelle anzuordnen. Das auf diese Weise in den Bindergebänden entstehende Fachwerk ist bei stets gleich bleibender Belastung beider Lastpunkte genügend; bei einseitiger Belastung durch Winddruck oder

Fig. 245.

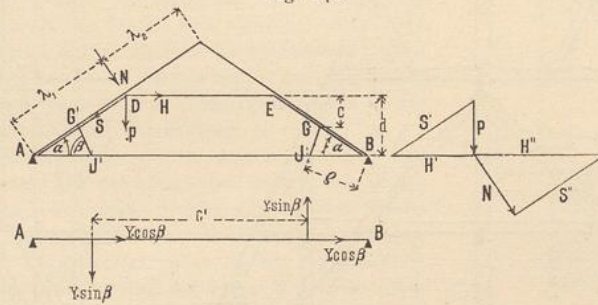


Kehlbalkendach mit liegendem Dachstuhl.

Schnee würde es einstürzen müssen, wenn die Stäbe gelenkig miteinander verbunden wären. Da dies nicht der Fall ist, so treten nur starke Formänderungen ein, weil dem aus Balken, Stuhlsäulen und Spannriegel gebildeten Viereck der Dreieckverband fehlt. Als Notbehelf ordnet man Kopfbänder *f* an, welche hier meistens ziemlich flach sind und dann wenig nützen. Deshalb wird empfohlen, Fußbänder *g*, ähnlich denjenigen in Fig. 244, anzubringen, welche wegen ihrer Lage den freien Dachraum sehr wenig verbauen.

Die in der Stuhlsäule und im Spannriegel auftretenden Beanspruchungen sollen überschläglich unter der Annahme aufgesucht werden, daß die Sparren nicht wie durchlaufende Träger wirken; ferner soll gleichzeitig einseitiger Wind- und beiderseitiger Schneedruck eingeführt werden; letzterer werde mit s auf das Quadr.-Meter schräger Dachfläche bezeichnet (Fig. 246). Wenn das Dach so steil ist, daß nicht gleichzeitig Schnee- und größter Winddruck auftreten können, so setze man in den nachstehenden Formeln einfach s gleich Null. Die beiden an die Kehlbalkenlage anschließenden Sparrenstücke sollen

Fig. 246.



die Längen λ_1 und λ_2 haben; alsdann ist die lotrechte Belastung des Knotenpunktes

$$P = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} e (g + s)$$

und die normale Belastung durch Winddruck

$$N = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} e n.$$

Die Zerlegung ergibt

$$H = - \left(\frac{P}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{N}{\sin \alpha} \right) = - \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2 \sin \alpha} e [(g + s) \cos \alpha + n],$$

$$S = - \left(\frac{P}{\sin \alpha} + \frac{N}{\operatorname{tg} \alpha} \right) = - \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2 \sin \alpha} e [(g + s) + n \cos \alpha];$$

$$\left. \begin{aligned} H &= - \frac{(\lambda_1 + \lambda_2) e}{2 \sin \alpha} [(g + s) \cos \alpha + n] \\ S &= - \frac{(\lambda_1 + \lambda_2) e}{2 \sin \alpha} [g + s + n \cos \alpha] \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 6.$$

Danach kann man die nötigen Querschnittsflächen ermitteln. Zu beachten ist, daß wegen der Zerknickungsgefahr das kleinste Trägheitsmoment des Querschnittes, bezw. den Wert haben muß:

$$\begin{aligned} \text{für den Spannriegel } \mathcal{I}_{\min} &= 83 H r^2, \\ \text{für die Stuhlsäule } \mathcal{I}_{\min} &= 83 S \lambda^2. \end{aligned}$$

In diesen beiden Gleichungen sind H und S in Tonnen, r (die Länge des Spannriegels) und λ in Met. einzuführen.

Ist die Querschnittsbreite b und die Querschnittshöhe h , so ist $\mathcal{I}_{\min} = \frac{h b^3}{12}$.

Beispiel. Es sei $g = 75 \text{ kg}$, $s = 75 \text{ kg}$, $n = 85 \text{ kg}$, $e = 3 \text{ m}$, $\cos \alpha = 0,832$, $\sin \alpha = 0,555$, $\lambda_1 + \lambda_2 = 7 \text{ m}$ und $r = 6 \text{ m}$. Alsdann wird

$$H = -\frac{(\lambda_1 + \lambda_2)^3}{2 \cdot 0,555} (75 + 75) 0,832 + 85] = -567 (\lambda_1 + \lambda_2) = -7 \cdot 568 = -3969 \text{ kg} = \infty - 4 \text{ t.}$$

Da $\frac{h b^3}{12} = 83 \cdot 4 \cdot 36 = \infty 12000$ sein muß, so wird für $h = 20 \text{ cm}$; $b^3 = 7200$ und $b = 19,4 \text{ cm}$.

Ein quadratischer Querschnitt von $20 \times 20 \text{ cm}$ ist sonach ausreichend. Die Annahme gleichzeitigen größten Wind- und Schneedruckes ist überaus ungünstig.

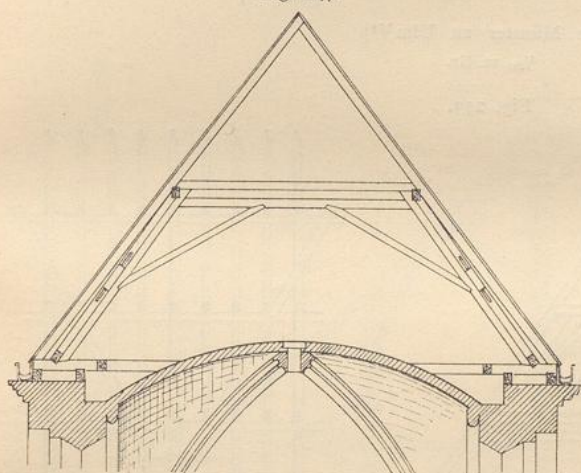
Nunmehr ist Sorge zu tragen, daß derjenige Teil von H , welcher durch den einseitigen Winddruck N erzeugt ist, d. h. H_w , unschädlich in die festen Auflagerpunkte A und B befördert wird. H erstrebt Drehung des Stabes EB um den Punkt B und des Stabes DA um den Punkt A . Diese Drehungen sollen durch Anordnung der Stäbe $G \mathcal{F}$ und $G_1 \mathcal{F}_1$ verhütet werden. Nimmt man an, daß jeder dieser beiden Stäbe die Hälfte von H_w aufnimmt, vernachlässigt man den Biegungswiderstand der durchgehenden Hölzer bei D und E und nennt man Y die Spannung des Stabes $G \mathcal{F}$, bzw. $G' \mathcal{F}'$, so muß

$$Y = \frac{H_w}{2} \cdot \frac{d}{\rho}$$

sein. Zu beachten ist, daß $\frac{H_w}{2}$ auch den Stabteil EG bei G abzurechnen

strebt; das Größtmoment ist hier $M_{max} = \frac{H_w c}{2}$. Während Y Zug ist, findet in $G_1 \mathcal{F}_1$ ein gleich großer Druck statt. Ferner wird darauf hingewiesen, daß durch die beiden in $G \mathcal{F}$ und $G_1 \mathcal{F}_1$ wirkenden Kräfte Momente im Balken AB erzeugt werden.

Fig. 247.



Vom Dom zu Limburg¹⁴²⁾.
1/150 w. Gr.

Während Y Zug ist, findet in $G_1 \mathcal{F}_1$ ein gleich großer Druck statt. Ferner wird darauf hingewiesen, daß durch die beiden in $G \mathcal{F}$ und $G_1 \mathcal{F}_1$ wirkenden Kräfte Momente im Balken AB erzeugt werden.

Die Anordnung der Fußbänder ist viel wirksamer, als jene der Kopfbänder.

Auch die Kehlbalkendächer mit liegenden Dachstühlen kommen in der Gegenwart nur noch ausnahmsweise zur Ausführung; es empfiehlt sich deshalb, die Beispiele für solche Dächer aus guten, alten Bauten zu entnehmen.

Fig. 247¹⁴²⁾ zeigt den Dachstuhl vom Mittelschiff des Domes zu Limburg. Die Gesamtweite beträgt $11,20 \text{ m}$

und die Firsthöhe $7,00 \text{ m}$. Unter die liegenden Stuhlsäulen, welche sich auf die Fußschwelle setzen, legen sich noch weitere Stuhlsäulen, welche die Spannriegel und die Kopfbänder aufnehmen und mit ersteren ein Sprengwerk bilden.

In Fig. 248¹⁴³⁾ ist der Dachstuhl des Münsters zu Ulm dargestellt. Die liegenden Stuhlsäulen, welche im Verein mit dem Spannriegel die Rahmenhölzer für die Kehlbalken tragen, umfassen dieselben; die Erhaltung der Form des Sprengwerkes wird durch Kopfbänder erstrebt. Die Sprengwerke sind in jedem vierten Gebinde; die Schrägstäbe im oberen Teile des Daches liegen in jedem Gebinde. Das Dach ist dadurch sehr steif. Jedes Gebinde hat einen — allerdings sehr weit frei liegenden — Balken zur Verbindung der Auflager; auch die Kehlbalken liegen weit frei.

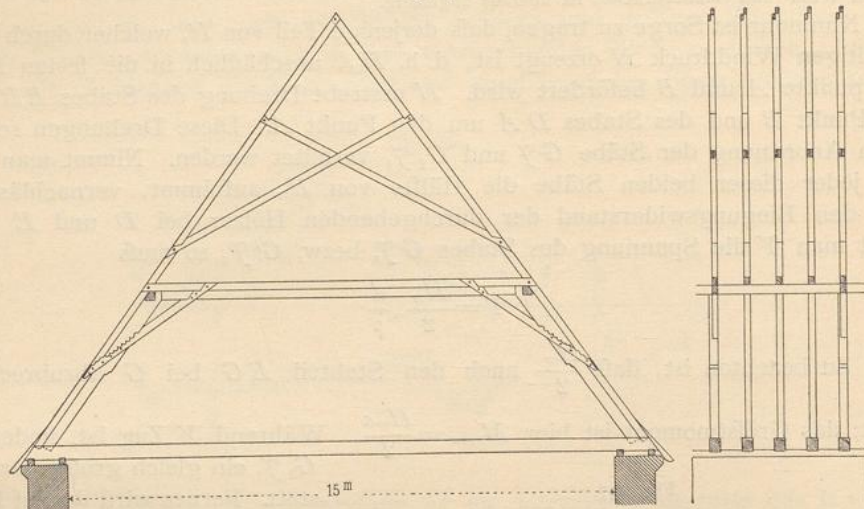
¹⁴²⁾ Nach: Zeitschr. f. Bauw. 1874, Bl. 12.

¹⁴³⁾ Nach: GEIER, a. a. O.

Handbuch der Architektur. III. 2, d. (2. Aufl.)

Beim Dachstuhl der Marien-Kirche zu Hanau (Fig. 249¹⁴⁴) liegen drei Kehlgebälke übereinander; jedes derselben erhält in der Mitte eine Unterstützung durch ein Rahmenholz. Ein kräftiger Hängebock trägt die drei übereinander liegenden Rahmenhölzer und eine Schwelle in der Mitte des Daches. Die Enden der Kehlbalken sind in den beiden unteren Kehlgebälken durch Rahmenhölzer

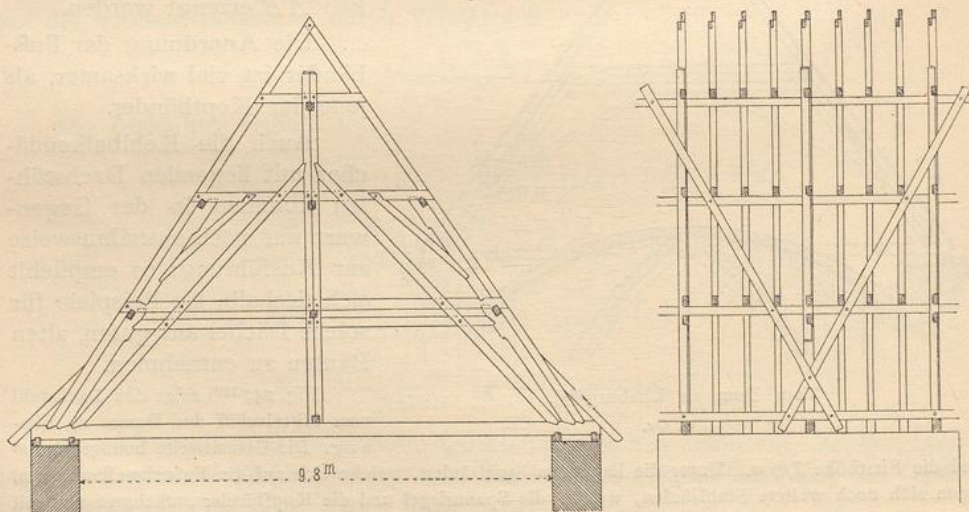
Fig. 248.



Vom Münster zu Ulm¹⁴³).

$\frac{1}{200}$ w. Gr.

Fig. 249.



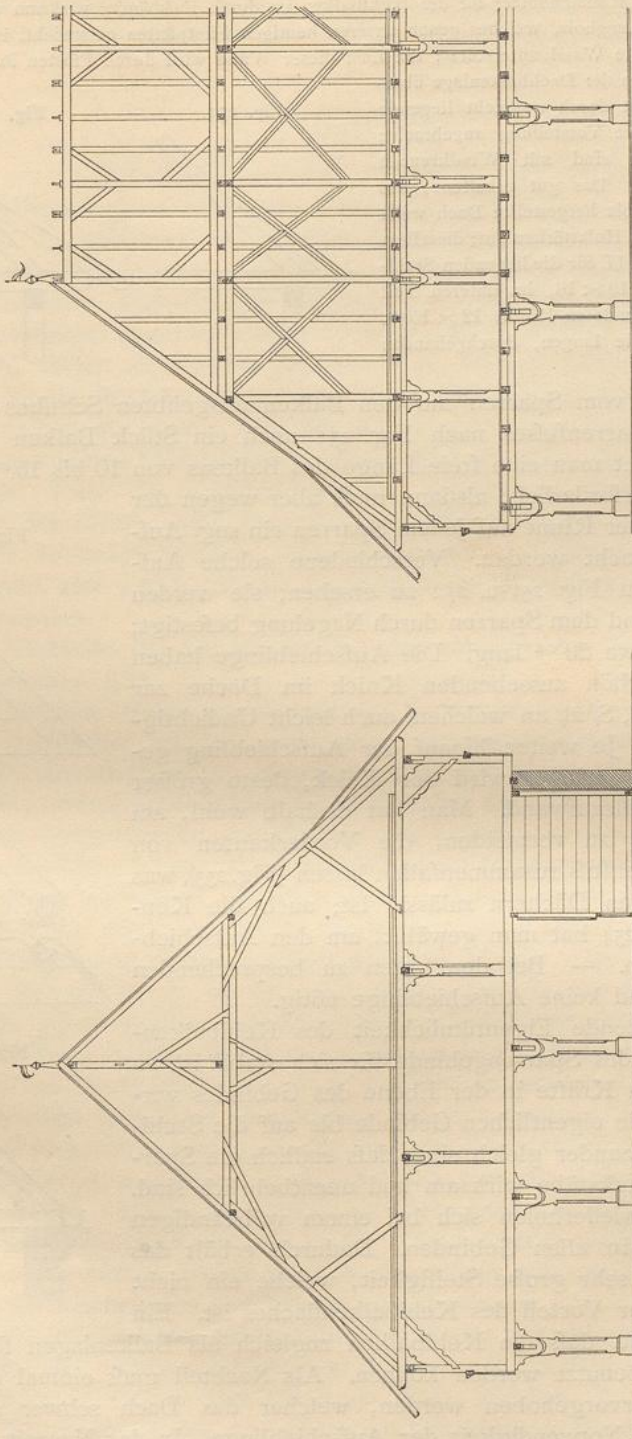
Von der Marien-Kirche zu Hanau¹⁴⁴).

$\frac{1}{150}$ w. Gr.

unterstützt, welche von Sprengwerken getragen werden. Durchgehende Verbindungsbalken beider Auflager sind hier nur in den Bindergebänden als Bundträme angeordnet. Die Konstruktion ist klar; die Gefahr liegt allerdings nahe, daß die Enden der Kehlbalken, wegen der mehrfachen übereinander liegenden Sprengwerke, sich stärker setzen als die Mitte, welche durch lange, durchlaufende Hölzer gestützt ist.

¹⁴⁴) Nach: GEIER, a. a. O.

Fig. 250.



Vom Kornhaus zu Langnau (Kanton Bern 146).

$\frac{1}{1000}$ W. Gr.

Eine kühne, im Jahre 1519 erbaute Dachkonstruktion zeigt Fig. 250¹⁴⁵⁾. Das übliche Sprengwerk zum Tragen der Rahmenhölzer für die Kehlbalcken ist durch Fußbänder wirksam versteift; das im First angeordnete Langholz, welches genau unseren heutigen Firstpfetten entspricht, ist durch eine lotrechte, wohl versteifte Wand unterstützt; die Last dieser Wand wird durch Pfosten in den Bändergebänden auf die Balken der Dachbalkenlage übertragen. In letzterer ist durch wagrecht liegende Schrägstäbe eine weitere Versteifung angebracht; auch die Dachflächen sind mit Windkreuzen (Sturmlatten) versehen. Das gut erhaltene, aus Tannen- und Lärchenholz hergestellte Dach weist verhältnismäßig geringe Holzstärken auf; dieselben sind für die Balken 23×17 , für die liegenden Stuhlsäulen im oberen Teil 19×16 , im unteren Teil 15×16 und für alle anderen Hölzer 12×15 cm. Bemerkenswert sind die langen, durchgehenden Hölzer.

Fig. 251.

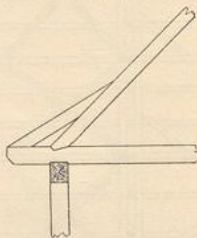
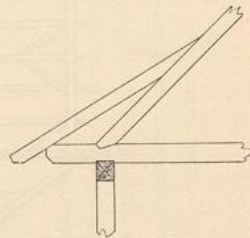


Fig. 252.



76.
Aufschieblinge.

Wegen des vom Sparren auf den Balken ausgeübten Schubes muß vor dem Ende des Sparrenfußes nach Fig. 251 noch ein Stück Balken vorstehen. Gewöhnlich rechnet man eine freie Länge des Balkens von 10 bis 15 cm vor dem Sparrenende als erforderlich; alsdann muß aber wegen der Eindeckung und der Rinne auf jedem Sparren ein sog. Aufschieblinge angebracht werden. Verschiedene solche Aufschieblinge sind in Fig. 251 u. 252 zu ersehen; sie werden auf dem Balken und dem Sparren durch Nagelung befestigt; die Nägel sind etwa 20 cm lang. Die Aufschieblinge haben immer einen unschön aussehenden Knick im Dache zur Folge (siehe Art. 2, S. 2), an welchem auch leicht Undichtigkeiten auftreten. Je weiter hinauf der Aufschiebling geführt wird, desto geringer wird der Knick, desto größer aber auch der Holzaufwand. Man hat deshalb wohl, um den Aufschiebling zu vermeiden, die Vorderkanten von Balken und Sparrenfuß zusammenfallen lassen (Fig. 253), was aber nur bei steilen Dächern zulässig ist; auch die Konstruktion in Fig. 254 hat man gewählt, um den Aufschiebling zu vermeiden. — Bei den unten zu besprechenden Pfettendächern sind keine Aufschieblinge nötig.

Fig. 253.

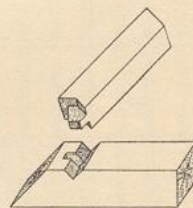
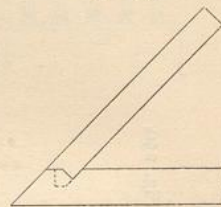
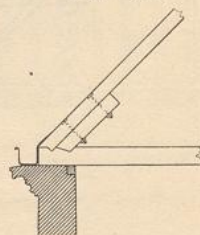


Fig. 254.



77.
Beurteilung
der Kehl-
balkendächer.

Die bezeichnende Eigentümlichkeit des Kehlbalckendaches ist, daß jedes Sparrengebilde für sich stabil ist, so lange die äußeren Kräfte in der Ebene des Gebindes wirken, daß ferner die eigentlichen Gebinde bis auf die Stuhlwände sämtlich einander gleich sind, daß endlich die Sparren mit als Fachwerkstäbe wirksam und unentbehrlich sind. Die Kehlbalcken wiederholen sich bei einem vollständigen Kehlbalckendache in allen Gebinden. Dadurch erhält das ganze Dach eine sehr große Steifigkeit, welche ein nicht zu unterschätzender Vorteil des Kehlbalckendaches ist. Ein weiterer Vorteil ist, daß die Kehlbalcken zugleich als Balkenlagen für Wohnräume im Dach benutzt werden können. Als Nachteil muß einmal der große Holzverbrauch hervorgehoben werden, welcher das Dach schwer und teuer macht, sodann die Notwendigkeit der Aufschieblinge. In der Neuzeit wird des-

¹⁴⁵⁾ Nach: GLADBACH, E. Charakteristische Holzbauten der Schweiz etc. Berlin 1889-93. Bl. 17.

halb, wie bereits bemerkt, das Kehl balkendach nur noch wenig angewendet, obgleich sich dasselbe in vielen Beispielen jahrhundertlang gut gehalten hat.

Ein schönes Beispiel aus neuester Zeit ist im Hotel *Wentz* in Nürnberg¹⁴⁶⁾ zu finden.

c) Pfettendächer.

1) Konstruktion und statische Grundlagen.

Jedes Sparrenpaar wird beim Pfettendach auf Balken gelagert, welche — gewöhnlich — senkrecht zu den Ebenen der Sparrenpaare durchlaufen; diese Balken nennt man Pfetten oder Fetten. Die Pfetten werden von den in gewissen Abständen angeordneten Dachbindern getragen. Die beiden zu einem Gebinde gehörigen Sparren bilden ein unten offenes Dreieck, sind also für sich allein nicht stabil; sie werden erst durch die Pfetten stabil. Letztere sind die Auflager für die Sparren; sie nehmen deren Kräfte auf und führen sie nach den Bindern, welche sie weiter nach den auf Seiten- und Zwischenmauern der Gebäude angeordneten Stützpunkten leiten. Hier sind also die Sparren nicht unentbehrliche Teile der Tragkonstruktion, obgleich diejenigen Sparrenpaare, welche in der Ebene eines Binders liegen, oftmals und zweckmäßig mit dem Tragbinder verknüpft werden. Man unterscheidet demnach bei den Pfettendächern ganz klar und bestimmt: die Dachbinder (Hauptträger), die Pfetten und die Sparrenpaare.

78.
Konstruktion.

Die Abstände der Binder voneinander betragen bei den Holzdächern 4^m, 5^m, bis höchstens 6,5^m.

Die eisernen Dächer der Neuzeit sind wohl ausnahmslos Pfettendächer; aber auch die Holzdächer werden gegenwärtig fast ausschließlich als Pfettendächer gebaut. Bei den Holzdächern verwendet man auch hier sowohl den stehenden, wie den liegenden Dachstuhl; der erstere hat lotrechte oder nahezu lotrechte Pfosten zur Unterstüzung der Pfetten; der letztere hat geneigte Pfosten. Als dritte Konstruktion kommt das Pfettendach mit freitragendem Dachstuhl hinzu.

Bei der Konstruktion des Pfettendaches handelt es sich nach vorstehendem hauptsächlich um die Konstruktion der Binder. Diese müssen so hergestellt sein, daß sie die von den Pfetten aufgenommenen Kräfte klar und bestimmt, auf möglichst kurzem Wege, in die Stützpunkte, d. h. in die Seiten- und Mittelmauern des Gebäudes leiten. Je klarer und einfacher dies geschieht, desto besser ist die Konstruktion, desto geringer im allgemeinen auch der Holzaufwand. Beim Entwerfen des Dachbinders hat man zunächst zu ermitteln, wie viele Pfetten etwa nötig sind: über jeder Seitenmauer muß, als Auflager für den Sparrenfuß, eine sog. Fußpfette angebracht werden; im First meistens eine weitere, die sog. Firstpfette, und wenn die Sparren sich von der Fuß- bis zur Firstpfette nicht frei tragen können, so kommen zwischen beiden jederseits noch eine oder mehrere sog. Zwischenpfetten hinzu. Diese Pfetten sind durch die Binder sicher zu unterstützen, wobei man die durch den Bau gegebenen Stützpunkte, bzw. die Zwischenpunkte zweckentsprechend benutzt.

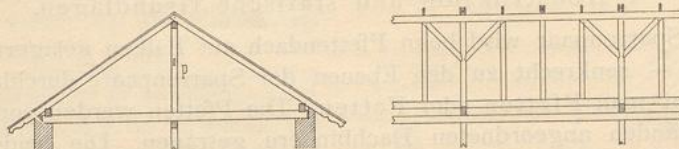
Wenn sich die festen Stützpunkte der Binder lotrecht unter den Pfetten befinden oder nur wenig seitwärts von dieser Lage, so wird die Last der Pfette einfach durch Pfosten *p* (Fig. 255) nach unten geführt. Falls diese günstigste Lösung nicht möglich ist, so hat man bei Holzbauten für die Überleitung der

¹⁴⁶⁾ Veröffentlicht in: Zeitschr. f. Bauw. 1891, Bl. 65.

Lasten auf die Stützpunkte hauptsächlich drei Mittel, gewissermaßen Grundkonstruktionen, nämlich:

- 1) den einfachen Hängebock,
- 2) den doppelten Hängebock und
- 3) den verstärkten (armierten) Balken.

Fig. 255.



Pfettendach.

Im nachfolgenden wird gezeigt werden, wie man durch Benutzung derselben die Dachbinder herstellt.

79.
Drempelbinder.

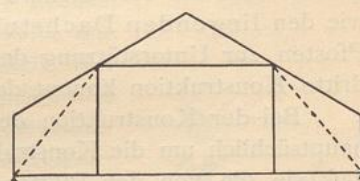
Sehr häufig läuft der Dachbinder in den Endauflagern nicht in Spitzen aus, sondern hat sog. Drempel- oder Kniestockwände. Hierdurch ändert sich an den Grundsätzen der Konstruktion nichts; nur muß beachtet werden, daß die Fußpfette auf eine besondere hölzerne Drempelwand gelegt werden muß, und daß die wagrechten Seitenkräfte der Sparrenspannungen nicht in die Fußpfette und die Drempelwand geleitet werden dürfen. Man führe dieselben durch besondere (in der schematischen Fig. 256 punktierte) Streben in die Deckenbalken, in denen sie sich unschädlich aufheben, d. h. man verwandle die beiden verschieblichen Seitenvierecke im Fachwerk durch Einziehen der Schrägstäbe in unverschiebliche Figuren.

Die mit Drempelwänden versehenen Dächer können demnach hier sofort mit behandelt werden.

80.
Statische
Grundlagen.

Um eine sichere Grundlage einmal für das Entwerfen der Binder, sodann für die Beurteilung üblicher, bzw. ausgeführter Konstruktionen zu erlangen, ist eine Untersuchung über die statischen Bedingungen zu führen, denen die Binder genügen müssen.

Fig. 256.



Die Binder der Pfettendächer sind ebene Fachwerke, mögen die Dächer aus Holz oder aus Eisen hergestellt sein; sie müssen deshalb in beiden Fällen stabil sein, d. h. sie müssen die Belastung ertragen können, ohne andere, als elastische Formänderungen zu erleiden; ihre geometrische Form muß bei jeder zu erwartenden Belastung erhalten bleiben. Zu diesem Zwecke muß aber zwischen der Zahl der Knotenpunkte und der Stäbe ein ganz bestimmtes Verhältnis bestehen, welches von der Art der Unterstüzung der Dachbinder abhängt. Außerdem müssen auch die Anordnungen der Stäbe gewissen Gesetzen genügen. Nur wenn diese Bedingungen erfüllt sind, ist das Fachwerk geometrisch und statisch bestimmt. Die Betrachtung der seit lange üblichen Dachbinder ergibt, daß bei diesen vielfach für die geometrische Bestimmtheit Stäbe fehlen; wenn sich trotzdem größere Übelstände bei der Benutzung solcher Konstruktionen nicht herausgestellt haben, so hat dies seinen Grund darin, daß die Annahmen hier nicht genau erfüllt sind, welche der Fachwerktheorie zu Grunde liegen. Bei dieser Theorie werden die Auflager der Binder teils als feste, teils als bewegliche angenommen; bewegliche Auflagerungen sind aber

bislang bei Holzdächern nicht üblich, wenn sie auch ohne Schwierigkeiten durchführbar wären; ferner wird vorausgesetzt, daß die einzelnen Fachwerkstäbe in den Knotenpunkten gelenkig miteinander verbunden seien. Diese Bildungsart der Knotenpunkte ist bei Holzkonstruktionen nicht gut durchführbar. Dennoch sollte man geometrisch bestimmte Fachwerke auch hier bilden. Die Verhältnisse bezüglich der Knotenpunkte liegen bei den vernieteten Brückenträgern ganz ähnlich wie hier; auch dort ist die bei der Berechnung angenommene Gelenkigkeit nicht vorhanden; aber kein Konstrukteur würde deshalb wagen, einen für den geometrischen Zusammenhang als erforderlich erkannten Stab fortzulassen.

Im Mittelalter legte man auch noch großen Wert auf die Zusammensetzung des ganzen Daches aus lauter Dreiecken, durch welche geometrische Bestimmtheit gewährleistet wurde; später aber trat diese Rücksicht mehr in den Hintergrund. — Es fehlte der klare Einblick in die Theorie der Fachwerke, welche erst in neuerer und neuester Zeit hinreichend gefördert ist, daß man mit Sicherheit beurteilen kann, ob eine Fachwerkkonstruktion in allen möglichen Belastungsfällen ausreicht oder nicht. Weiter unten sollen auf Grund des heutigen Standes der Fachwerktheorie einige Vorschläge für die Konstruktion der Dachbinder gemacht werden und deshalb kurz die Ergebnisse der erwähnten Theorie, soweit sie hier in Frage kommen, angeführt werden.

Die Theorie der ebenen Fachwerke führt zu nachstehenden Forderungen, bzw. Ergebnissen:

1) Das Fachwerk muß im Stande sein, die auf dasselbe wirkenden Belastungen nach den Auflagerpunkten zu übertragen, ohne seine geometrische Form zu verändern, d. h. ohne andere, als elastische Formänderungen zu erleiden.

2) Ein Fachwerk wird statisch bestimmt genannt, wenn alle Stabspannungen und alle Auflagerdrücke sich nach den Gleichgewichtsgesetzen starrer Körper bestimmen, also auch aus diesen Gleichgewichtsbedingungen berechnet werden können.

3) Jedes feste Auflager bedingt zwei Unbekannte; jedes in einer Linie bewegliche Auflager (Linienauflager genannt) bedingt eine Unbekannte. Als Unbekannte am festen Auflager führt man zweckmäßig die lotrechte und die wagrechte Seitenkraft des Auflagerdruckes ein. Hat also ein Binder ein festes und ein bewegliches Auflager, so beträgt die Zahl der Auflagerunbekannten $2 + 1 = 3$. Allgemein soll die Anzahl der Auflagerunbekannten mit n bezeichnet werden.

4) Wenn die Zahl der Auflagerunbekannten $n = 3$ ist, so kann man dieselben aus den allgemeinen Gleichgewichtsbedingungen für das Fachwerk — als Ganzes — ermitteln.

5) Wird die Zahl der Knotenpunkte mit k und die Zahl der Stäbe mit s bezeichnet, so muß

$$s = 2k - n$$

sein, wenn das Fachwerk statisch bestimmt sein soll. Im häufigsten Falle eines festen und eines beweglichen Auflagers ist $n = 3$; also muß dann $s = 2k - 3$ sein. Wenn die Stabzahl s kleiner als $2k - n$ (bzw. $2k - 3$) ist, so ist das Fachwerk labil; alsdann ist nur bei ganz bestimmten Größen und Richtungen der wirkenden Kräfte Gleichgewicht möglich. Sobald die belastenden Kräfte diese Bedingungen nicht erfüllen, würde Einsturz eintreten, wenn die oben angeführten Voraussetzungen genau erfüllt wären; jedenfalls treten dann größere Formänderungen ein.

81.
Theorie
ebener
Fachwerke.

Ein Beispiel hierfür ist der zweisäulige Hängebock (Fig. 257), der in vielen Dachbindern verwendet wird. Hier ist $k=6$; mithin müßte die Zahl der Stäbe $s=2k-3=9$ sein; sie beträgt nur 8; somit ist ein Stab zu wenig vorhanden. Gleichgewicht ist nur möglich, wenn beide Lastpunkte C und D genau gleich und symmetrisch zur Mitte belastet sind. Für jede andere Belastung ist das Fachwerk labil. Wirkt beispielsweise in Punkt C der Winddruck N , so zerlegt sich derselbe in die Spannungen d und e ; die Spannung e müßte sich im Punkte D nach h und f zerlegen; h kann aber am unteren Ende des Stabes nicht in die Stäbe b und c befördert werden, muß also gleich Null sein; die Spannung f allein kann aber die Spannung e nicht aufnehmen, weil beide nicht in eine Linie fallen. In Wirklichkeit ist allerdings AB ein durchgehender Balken, kann also die Spannung h als Last aufnehmen und wird dabei auf Biegung beansprucht; hierdurch erklärt sich, daß diese Konstruktion trotzdem bestehen kann. Biegungsbeanspruchungen sollen aber beim Fachwerk in den einzelnen Stäben nicht auftreten. Man kann die Anordnung leicht bestimmt machen und den Balken AB von der Biegungsbeanspruchung befreien, wenn man eine Diagonale im rechteckigen Felde anbringt, oder auch durch Anordnung zweier Streben (eines Bockes) in diesem Felde, wie in Fig. 258 angegeben ist. Dann erhält man einen Knotenpunkt mehr, aber auch drei Stäbe mehr als früher (der frühere Stab e zerfällt nun in zwei Stäbe), und die obige Bedingung ist erfüllt. Denn es ist nunmehr tatsächlich $k=7$ und $s=11$, d. h. $s=2k-3$. Die Spannung des Stabes e zer-

Fig. 257.

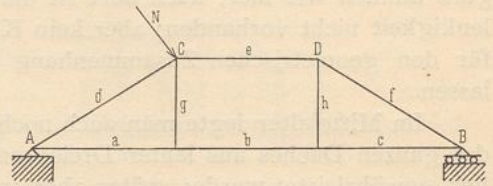
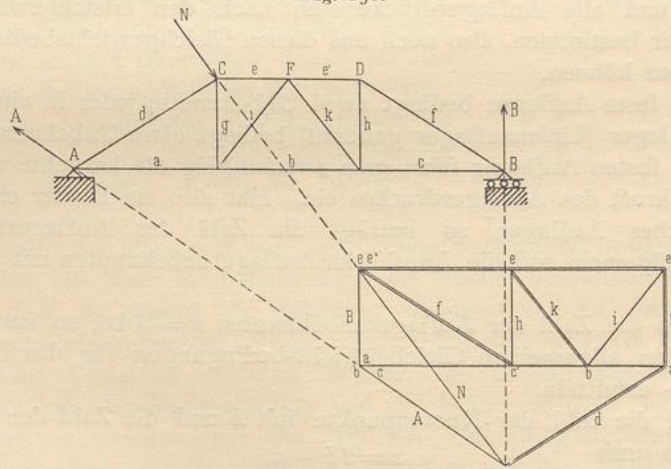


Fig. 258.



legt sich im Punkte F in die beiden Stabspannungen i und k . Der beigegefügte Kräfteplan giebt über alle Spannungen Aufschluss.

6) Die Erfüllung der Bedingung $s=2k-n$ genügt allein noch nicht für die statische Bestimmtheit des Fachwerkes; es muß auch jeder Teil des Fachwerkes statisch bestimmt sein. Hierbei gilt folgendes von *Foeppl*¹⁴⁷⁾ nach-

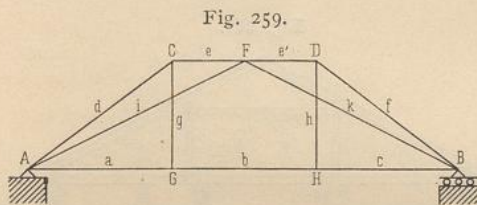
¹⁴⁷⁾ Siehe: FOEPL, A. Das Fachwerk im Raume. Leipzig 1892. S. 30.

gewiesene Gesetz: Wenn ein Fachwerk die notwendige Zahl von Stäben ($s = 2k - n$) hat und geometrisch bestimmt ist, so ist es auch statisch bestimmt. Geometrisch bestimmt ist aber ein Fachwerk, wenn sich aus den Stützpunktlagen und den gegebenen Längen der Stäbe die Lage aller Knotenpunkte eindeutig und bestimmt ergibt.

7) Die einfachste, durch die Stablängen geometrisch bestimmte ebene Figur ist das Dreieck. Fügt man an dieses stets einen weiteren Knotenpunkt und zwei weitere Stäbe, so bleibt das Fachwerk geometrisch bestimmt. Vorausgesetzt ist, daß die Zahl der Auflagerunbekannten $n = 3$ sei.

8) Kann man das ganze Fachwerk in zwei Teile zerlegen, deren jeder nach Zahl der Stäbe und Knotenpunkte der Bedingung $s = 2k - 3$ genügt, so ist auch das ganze Fachwerk geometrisch bestimmt, sowohl wenn beide Teilfachwerke in einem Knotenpunkte zusammenhängen und außerdem einen Verbindungsstab haben, als auch wenn beide Teilfachwerke keinen gemeinsamen Knotenpunkt, aber drei Verbindungsstäbe haben; die Richtungen letzterer dürfen aber nicht durch einen Punkt gehen, auch nicht parallel sein.

Man könnte z. B. das oben angeführte zweisäulige Hängewerk auch dadurch stabil machen, daß man die Streben AF und BF (Fig. 259) hinzufügt.



Alsdann ist $k = 7$ und $s = 11$, d. h. $s = 2k - 3$. — An das Dreieck ACF ist zunächst der Knotenpunkt G durch Stäbe a und g geschlossen; dieses Fachwerk ist eine geometrisch bestimmte Figur. Ebenso ist es mit $BFDHB$. Beide sind dann in F vereinigt, und es ist Stab b zugefügt. Das ganze Fach-

werk ist, wenn A ein fester und B ein beweglicher Auflagerpunkt ist, geometrisch genau bestimmt, also auch statisch bestimmt. Der in Fig. 259 schematisch dargestellte Hängebock ist empfehlenswert; er läßt genügend freien Raum im mittleren Felde; auch die praktische Ausführung ist einfach, wenn man etwa die beiden Hängesäulen g und h als doppelte Hölzer konstruiert, welche die Streben und den Spannriegel CD zwischen sich nehmen.

Auf Grund der vorstehend angegebenen Gesetze sollen nunmehr zunächst die in der Praxis üblichen Hauptbinderarten für verschiedene Weiten vorgeführt und besprochen werden; dann soll gezeigt werden, wie man die Dachbinder als statisch bestimmte Fachwerke in den verschiedenen Fällen konstruieren kann. Dabei soll auf den Unterschied, ob der Dachstuhl ein stehender oder liegender ist, nur nebenbei hingewiesen werden, weil derselbe hier geringe Bedeutung hat. Es soll von den kleinen Dachbindern ausgegangen und darauf zu den größeren mit 5, 7 und mehr Pfetten übergegangen werden.

2) Übliche Pfettendachbinder.

α) Dachbinder mit Firstpfette und zwei Fußspfetten. Fig. 255 (S. 102) zeigt die einfachste Lösung für den Fall, daß eine Mittelwand vorhanden ist, auf welche die Last der Firstpfette mittels der Pfosten oder Stuhlsäulen p übertragen werden kann. Die beiden Sparren des Bindergebundes sind hier notwendige Teile des Fachwerkes, da sie die obere Gurtung des Binders bilden. — Wenn keine Mittelwand vorhanden ist oder dieselbe aus be-

82.
Binder
für drei
Pfetten.

Fig. 260.

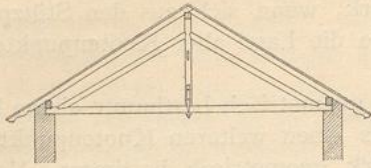
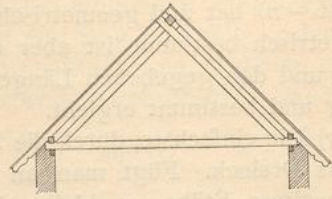


Fig. 261.



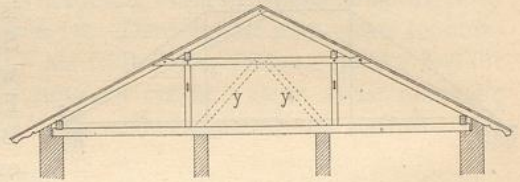
stimmten Gründen nicht benutzt werden soll, so wird die Last der Firstpfette durch einen einfachen Hängebock nach den auf den Seitenmauern befindlichen Auflagern geführt (Fig. 260). Dieser Binder ist stabil. Weniger gut, jedoch unbedenklich ist die Konstruktion mit Bockstreben, aber ohne Hängesäule (Fig. 261); sie ist allerdings stabil; aber die Querschnittsform der Firstpfette ist nicht günstig.

Die in Fig. 260 u. 261 dargestellten Binder können bis zu Weiten von etwa 8 bis 9^m ausgeführt werden.

83.
Binder
für vier
Pfetten.

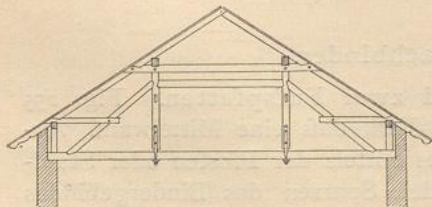
β) Dachbinder mit zwei Zwischenpfetten und zwei Fußpfetten. In Fig. 262 ist die Anordnung angegeben, welche üblich ist, falls zwei Zwischenmauern vorhanden sind, auf welche die Pfettenlasten übertragen werden können; diese Übertragung erfolgt hier wieder einfach durch Pfosten (Ständer) unter den Pfetten. Die Pfosten können unbedenklich etwas seitwärts von den mittleren Auflagern auf die Balken (Bundträme) gestellt werden, wie dies in Fig. 262 geschehen ist. Auch hier bilden die Sparren des Bindergebüdes (die Bundsparren)

Fig. 262.



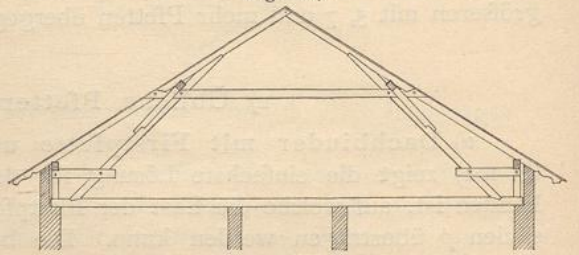
notwendige Teile des Binders, da sie die obere Gurtung des Fachwerkes ersetzen müssen. Für die lotrechten Belastungen kann man allerdings von der Auffassung der Konstruktion als Fachwerk absehen und annehmen, daß die Pfettenlasten durch die Pfosten auf den als durchgehenden Träger auf 4 Stützen wirkenden Balken kommen. Die schiefen Kräfte (Winddrücke) können aber durch die Konstruktion nicht ohne Formänderungen nach den Auflagern geführt werden, weil im Rechteck zwischen beiden Pfosten keine Diagonale ist. Es empfiehlt sich deshalb, wenn möglich, die in der Abbildung punktierten Streben y, y einzufügen. Sollte dies nicht zulässig sein, so unterlasse man nicht, Kopfbänder (Bügen) anzuordnen, um die rechten Winkel zu erhalten.

Fig. 263.



Pfettendach mit zweisäuligem Hängebock
und Drempel.

Fig. 264.



Pfettendach mit Drempel und liegendem Stuhl.

Falls keine mittleren Stützpunkte vorhanden sind oder wenn dieselben nicht benutzt werden können, so verwendet man zum Tragen der Pfetten einen doppelten (zweisäuligen) Hängebock. Fig. 263 zeigt diese Konstruktion mit Drempeiwänden und Fig. 264 mit Drempeiwänden, aber ohne Hängesäulen. Diese Konstruktion kann man als Sprengwerk ansehen und das Ganze als liegenden Dachstuhl bezeichnen. Die beiden Binder in Fig. 263 u. 264 sind, streng genommen, nicht stabil; jedem derselben fehlt ein Stab: die Diagonale des verschieblichen Viereckes, statt deren auch zwei nach Art der Stäbe y in Fig. 262 angeordnet werden können.

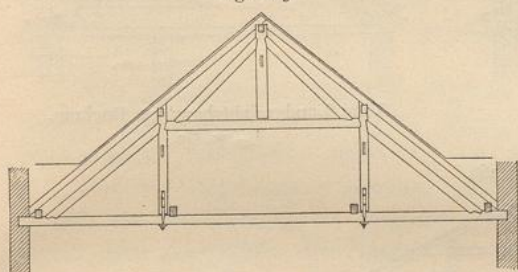
Bei Verwendung des doppelten Hängewerkes, bezw. des Sprengwerkes werden unter oder über den Zwischenpfetten stets Balken oder Doppelzangen angebracht, welche manchmal, wie in Fig. 264, zugleich als Spannriegel dienen; besser ist es, nach Fig. 263 aufser dem Spannriegel noch Doppelzangen anzuordnen.

Diese Dachbinder können bis zu Weiten von etwa 12^m verwendet werden.

γ) Dachbinder für Firstpfette und zwei Zwischenpfetten und solche für Firstpfette und vier Zwischenpfetten. Wenn das Sparrenstück

84.
Größere
Zahl von
Pfetten.

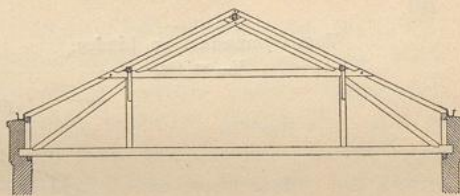
Fig. 265.



Vom Gymnasium zu Saarbrücken.

$\frac{1}{2000}$ w. Gr.

Fig. 266.



von der Zwischenpfette bis zum First länger als etwa 3,00 bis 3,50^m wird, muß man aufser den beiden Zwischenpfetten noch eine Firstpfette anordnen. Die Last der letzteren überträgt man durch einen einfachen Hängebock auf die beiden Lastpunkte des zweisäuligen Hängebockes und von dort durch diesen nach den Seitenmauern des Gebäudes, falls nicht etwa Zwischenwände vorhanden sind, auf welche die Lasten ohne weiteres gebracht werden können. Ein Beispiel zeigt Fig. 265. An den zweisäuligen Hängebock kann dann auch die Decke des darunter befindlichen Raumes angehängt werden.

Mit diesem Binder verwandt ist der in Fig. 266 dargestellte, der nach gleichen Grundsätzen entworfen ist, bei dem aber die Firstpfette durch Bockstreben getragen wird.

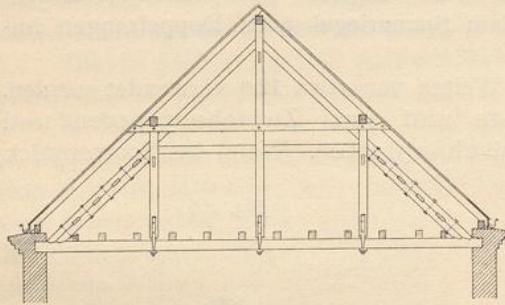
Man wirft diesen Konstruktionen mit Recht vor, daß die große Zahl der Versatzungen und die geringe Länge der Hölzer das starke Setzen zur Folge haben. Auch fehlt hier für die statische und geometrische Bestimmtheit ein Stab; die Figuren sind wegen der Vierecke, welche keine Diagonalen haben, verschieblich.

Den ersterwähnten Übelstand kann man dadurch beseitigen, daß man den einfachen Hängebock, welcher die Firstpfette trägt, bis zu den beiden Auflagern des Binders hinabführt und mit den Streben des zweisäuligen Hänge-

bockes durch Verzahnung oder Verdübelung verbindet (Fig. 267). Diese Anordnung ist den vorigen weitaus vorzuziehen. Immerhin fehlt auch hier ein Stab für die statische Bestimmtheit.

Die Hängesäulen sind bei der Anordnung in Fig. 267 doppelt; sie nehmen die Streben zwischen sich; dadurch kommen die unter den Zwischenpfetten angeordneten Doppelzangen weit auseinander, so daß unter Umständen zwischen den Sparren und Streben einerseits und den Zangen andererseits Futterstücke eingelegt werden müssen. Besser würde es sein, wenn man hier die Zangen über die Mittelpfetten legte; in dieser Lage sind sie bezüglich seitlicher Sicherung der Pfetten ebenso wirksam, wie bei der in Fig. 267 veranschaulichten

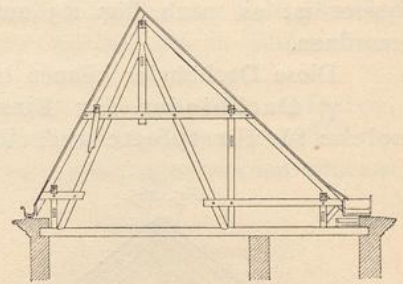
Fig. 267.



Vom Gymnasium zu Linden.

 $\frac{1}{200}$ w. Gr.

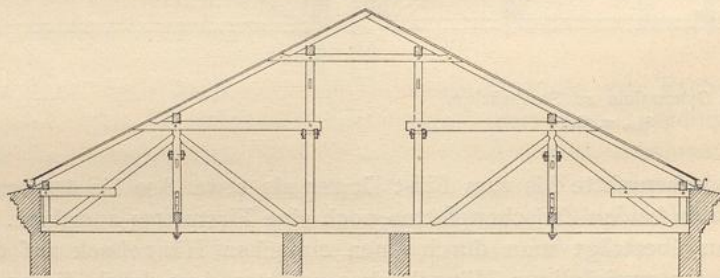
Fig. 268.



Vom Landgerichtshaus zu Bochum.

 $\frac{1}{200}$ w. Gr.

Fig. 269.



Vom Landgerichtshaus zu Flensburg.

 $\frac{1}{200}$ w. Gr.

Lage, verlangen aber keine Verschwächung der Hängesäulen und sind leichter anzubringen. Auch könnte man statt der Doppelzangen einfache Balken anbringen und mit den entsprechend gelegten Sparren der Bindergebände überblatten; die Sparren würden dann nicht genau über dem Bindergebände liegen, was unbedenklich erscheint.

Diese Dachstühle können bis zu Weiten von 14 bis 15^m verwendet werden.

Eine etwas andere Anordnung mit verschiedenen geneigten Dachflächen und geschickter Benutzung einer Zwischenmauer ist in Fig. 268 vorgeführt.

Fig. 269 zeigt vier Zwischenpfetten, aber keine eigentliche Firstpfette; auch hier sind die Zwischenmauern mit zum Tragen benutzt; die beiden dem First zunächst liegenden Zwischenpfetten übertragen ihre Last durch lotrechte Pfosten, die anderen durch einsäulige Hängeböcke.

d) Einzelheiten der Konstruktion für Kehlbalcken- und Pfettendächer.

Für die einzelnen Dachteile können bei den gewöhnlich vorkommenden Dächern nachstehende Holzstärken als übliche angewendet werden. Alle Maße sind Centimeter; das größere der beiden Maße bedeutet die Höhe des Querschnittes.

85.
Übliche
Holz- und
Eisenstärken.

Sparren 10×13 bis 12×16 ; freie Länge 3,50 bis 4,00, höchstens 5,00^m.

Kehlbalken 10×13 bis 12×16 .

Pfetten und Rahmhölzer 15×18 bis 18×22 .

Stiele oder Pfosten 10×10 bis 18×18 .

Streben 17×20 bis 20×20 und mehr.

Spannriegel 17×20 bis 20×20 .

Dachbalken 18×22 bis 22×25 .

Hängesäulen 20×20 bis 2 mal 15×20 .

Zangen 17×20 bis 2 mal 13×20 .

Kopfbänder oder Bügen 10×12 bis 15×15 .

Die Schraubenbolzen erhalten 25 bis 30^{mm} Durchmesser. Muttern und Köpfe sind vierkantig oder sechskantig; ersteres ist das gewöhnliche. Sowohl die Muttern als auch die Köpfe erhalten zweckmäßig nicht zu kleine Unterlagsplatten, quadratisch mit 8 bis 10^{cm} Seitenlänge im Geviert. Die Sparrennägel sind 120 bis 300^{mm} lang und 10 bis 12^{mm} stark.

Wo Holzteile mit ihren Hirnflächen zusammentreffen (Fig. 270 d, 282 u. 283), werden zweckmäßig Blechstücke (Zink) zwischengelegt, damit sich die Holzfasern nicht ineinander drücken; die Stoßstellen werden vorher abgehobelt.

86.
Holz-
verbindungen.

Die Verzapfungen werden, wenn möglich, verbohrt (vergl. aber Art. 72, S. 90); die Verbohrung ist möglichst nahe am Fuß des Zapfens anzubringen, damit dem Ausreißen des Nagels eine große Holzfläche widersteht; bei kurzen Zapfen ist Verbohrung nicht möglich. Zapfenlöcher auf der oberen Seite wagrechter, im Freien liegender Hölzer sollen an tiefster Stelle durchbohrt werden, damit das etwa eingedrungene Wasser abfließen kann; sonst bilden sie Wassersäcke. Die am First zur Verbindung der Sparren angewendeten Scherzapfen werden stets verbohrt.

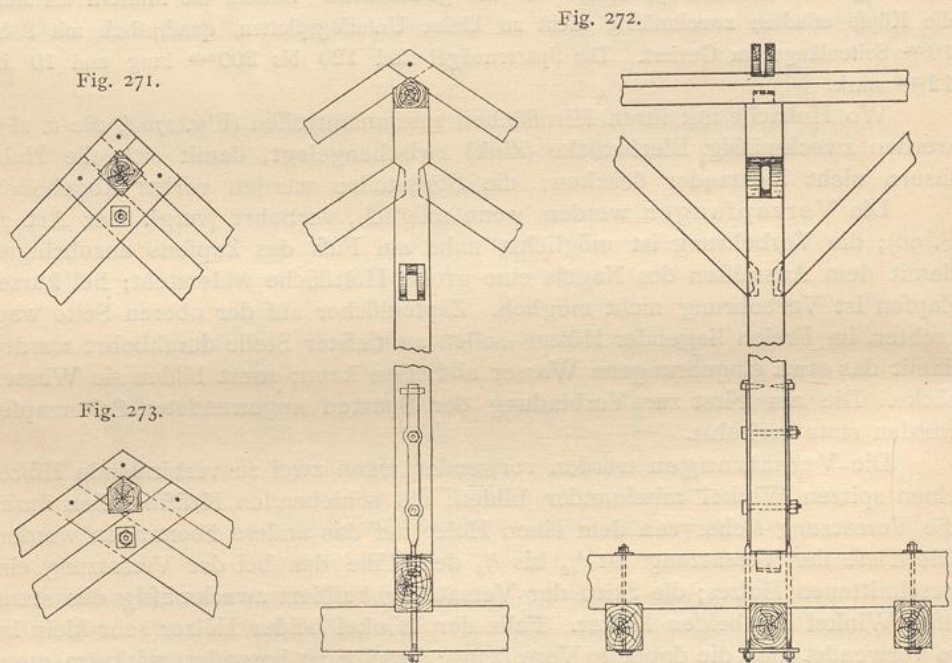
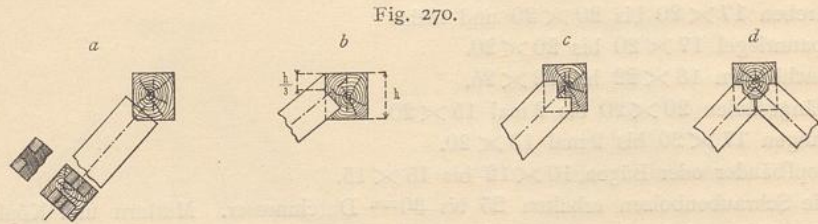
Die Versatzungen werden verwendet, wenn zwei zu verbindende Hölzer einen spitzen Winkel miteinander bilden; die schiebenden Kräfte sollen durch die Versatzung sicher von dem einen Holze auf das andere übertragen werden. Die Tiefe der Versatzung ist $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{8}$ der Höhe des bei der Versatzung eingeschnittenen Holzes; die Stirn der Versatzung halbiert zweckmäßig den stumpfen Winkel der beiden Hölzer. Falls der Winkel beider Hölzer sehr klein ist, so verwendet man die doppelte Versatzung; dieselbe ist besonders wirksam, wenn man die wagrechte Fugenkante der hinteren Versatzung tiefer legt als die vordere (Fig. 235 a u. 235 c); alsdann ist der Abscherungswiderstand größer als bei gleicher Tiefe beider Versatzungen. — Das Ausspringen der Strebe wird durch Schraubenbolzen verhütet; die Stellung derselben ist entweder senkrecht zur Strebenachse (Fig. 235 b) oder senkrecht zur Balkenachse (Fig. 235 c). Unter Umständen setzt sich die Strebe in einen Schuh aus hartem (Eichen-) Holze, der mit dem Balken durch Verdübelung oder Versatzung, sowie durch Bolzen verbunden wird (Fig. 235 c).

Bei der Verklauung werden geneigt liegende Hölzer mit wagrechten verbunden, deren Achse nicht in derselben lotrechten Ebene liegen wie diejenigen

der ersteren. Dabei setzt sich das geneigte Holz in der Regel mit seiner Hirnfläche gegen zwei Langseiten des wagrechten Holzes. Damit das erstere Holz nicht aufspalte, bricht man seine Ecken und läßt auch wohl im mittleren Querschnittsteil einen Steg stehen, welcher in einen Ausschnitt des Langholzes hineinpafst (Fig. 270a). Verschiedene Verklauungen zeigen Fig. 270a bis 270d).

87.
Holzverbände
an den
Knotenpunkten.

An den Knotenpunkten der Binder von Kehlbalken- und Pfettendächern ist manches Eigenartige hervorzuheben. Verbindungen am First. Meistens wird eine Firstpfette angeordnet; man erhält dadurch Gewähr für Erhaltung der geraden Firstlinie; auch wird das An-



bringen des Blitzableiters erleichtert. Die Sparren werden auf die Firstpfette aufgesattelt und genagelt. Ein Scherzapfen ist besser als die bei schwachen Sparren angewendete Überblattung (Fig. 248). Fig. 271 bis 273 zeigen verschiedene Anordnungen im First, Einzelheiten von Fig. 260, 261 u. 266. Wenn möglich unterstütze man die Firstpfette durch Kopfbänder, welche sich gegen die Stiele, Hängesäulen u. s. w. setzen (Fig. 272).

Zwischenknotenpunkte und Fufsknotenpunkte. Kehlbalken werden mit den Sparren verzapft (Fig. 274 rechts) oder besser überblattet (Fig. 274 links u. 275). Ebenso verbindet man beim Pfettendach die Zangen mit den Sparren

Fig. 274.

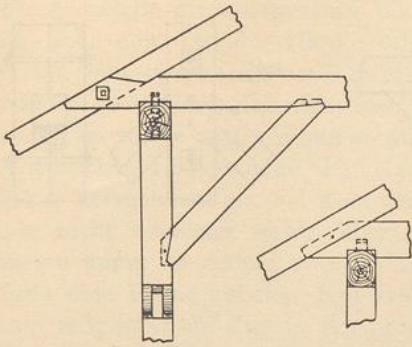


Fig. 275.

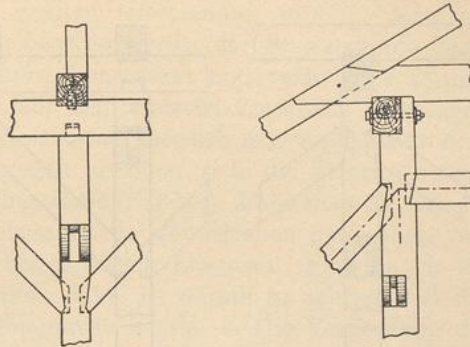


Fig. 277.

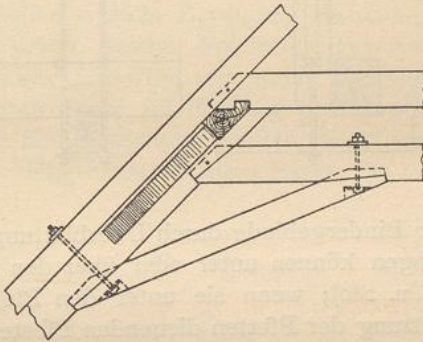
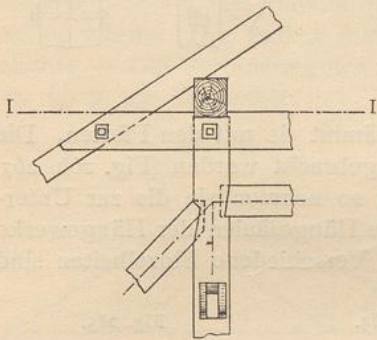


Fig. 276.



Schnitt nach I-I

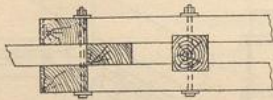


Fig. 278.

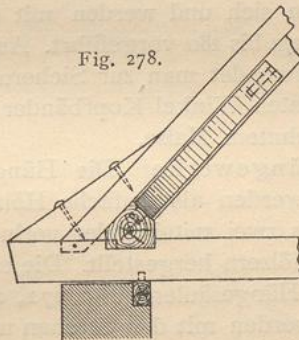


Fig. 279.

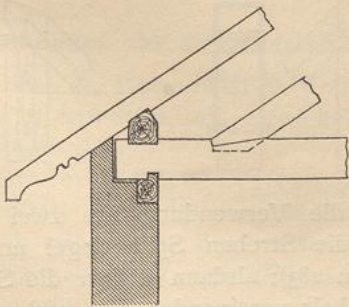


Fig. 280.

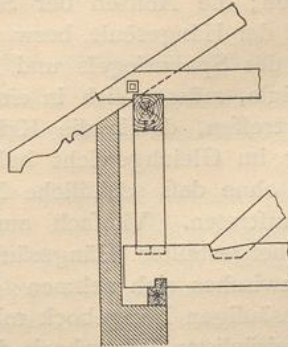


Fig. 281.

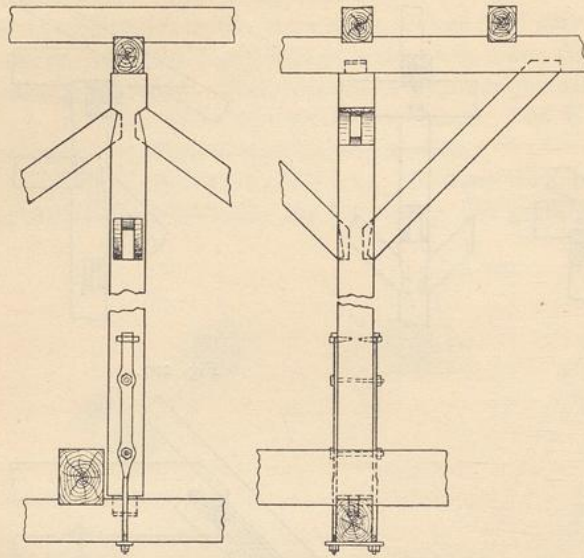


Fig. 282.

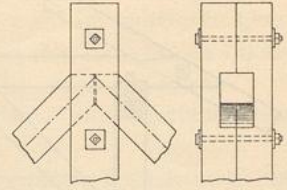
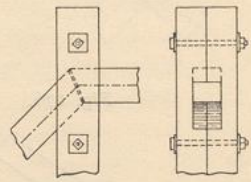


Fig. 283.



der Bindergebände durch Überblattung und verkämmt sie mit den Pfetten. Die Zangen können unter oder über den Pfetten angebracht werden (Fig. 266, 267, 268 u. 280); wenn sie unter den Pfetten liegen, so nehmen sie die zur Unterstützung der Pfetten dienenden Pfosten, bzw. die Hängesäulen der Hängewerke zwischen sich und werden mit diesen verbolzt. Verschiedene Einzelheiten sind in Fig. 274 bis 280 vorgeführt. Auch hier verwendet man zur Sicherung der rechten Winkel Kopfbänder in ausgedehntem Maße.

Hängewerke. Die Hängesäulen werden als einfache Hölzer oder aus zwei miteinander verbundenen Hölzern hergestellt. Die einfachen Hängesäulen (Fig. 272, 275 u. 276) werden mit den Streben und den Spannriegeln durch Versatzung verbunden; die Achsen der Streben und der Hängesäule, bzw. der Strebe, des Spannriegels und der Hängesäule, müssen sich in einem Punkte treffen, damit die Kräfte einander im Gleichgewicht halten können, ohne daß schädliche Momente auftreten.

Vielfach empfiehlt sich die Verwendung aus zwei Halbhölzern hergestellter Hängesäulen, welche die Streben Spannriegel und den Balken zwischen sich nehmen (Fig. 267, 282 u. 283); alsdann stoßen die Streben beim einsäuligen Hängebock mit ihrem Hirnholz voreinander (Fig. 282), ebenso beim zweisäuligen Hängebock die Strebe und der Spannriegel (Fig. 283). Man

Fig. 284.

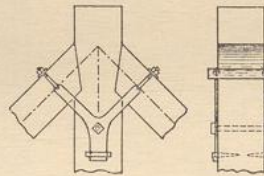


Fig. 285.

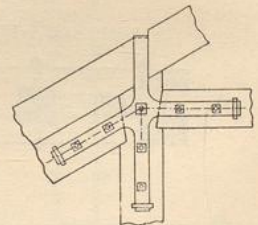


Fig. 286.

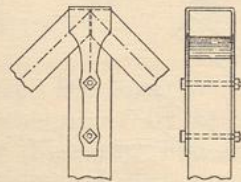
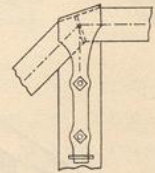


Fig. 287.



lege in diesem Falle zwischen die beiden Hirnhölzer Zinkbleche; die beiden Hölzer, welche die Hängesäule bilden, werden miteinander verbolzt. Man hat wohl auch den Teil der Hängesäule, welcher unterhalb der Strebenköpfe liegt, einfach, den oberen Teil aus zwei Hölzern konstruiert und beide Teile so miteinander verbunden, daß der eine Teil auf den anderen Zugkräfte übertragen kann (Fig. 292 u. 297). Wenn es ohne Holzverlust möglich ist, empfiehlt es sich, bei einfachen Hängesäulen den Kopf, gegen welchen sich die Streben setzen, stärker herzustellen als den Rest der Hängesäule (Fig. 292). Falls man die Hängesäule nicht oder nur wenig über die Ansatzstelle der Streben nach oben verlängern kann, so ordnet man Verstärkungen durch Eisen an. Fig. 284 bis 287 zeigen eine Reihe üblicher Konstruktionen; dabei ist darauf zu achten, daß das Eisen möglichst auf Zug in Anspruch genommen werde. — Die Verbindung der Hängesäule mit dem Balken des Hängewerkes ist in Fig. 272 u. 281 vorgeführt, und zwar für einteilige Hängesäule; dieselbe wird mit dem Balken verzapft und durch eiserne Bügel verbunden; die Zapfen sollen seitliche Bewegung verhindern, müssen aber in lotrechtem Sinne Spielraum lassen. Solcher Spielraum muß stets zwischen der Hängesäule und dem Tragbalken vorhanden sein, damit die Säule keinen Druck auf den Balken ausübt, wodurch dieser auf Biegung beansprucht werden würde. Der Balken muß durch die Säule getragen werden, nicht umgekehrt. — Die Verbindung der zweiteiligen Hängesäule mit dem Balken ist aus Fig. 292 u. 297 zu ersehen.

Fig. 288.

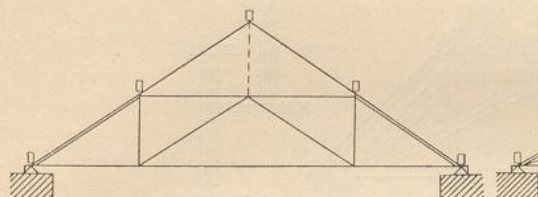


Fig. 289.

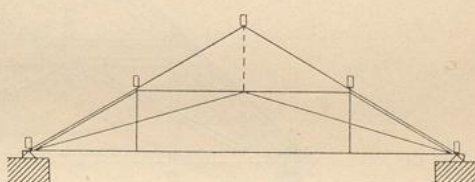


Fig. 290.

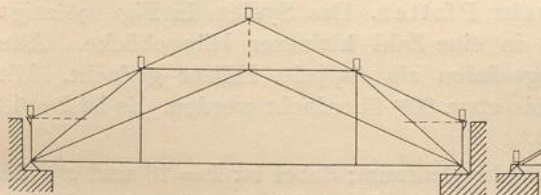
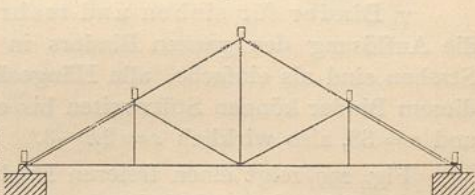


Fig. 291.



e) Konstruktion der Pfettendachbinder als statisch bestimmte Fachwerke.

Es sollen der Reihe nach für drei, fünf, sieben und mehr Lastpunkte (Pfetten) nach den in Art. 81 (S. 103) entwickelten Grundsätzen statisch bestimmte Binder angegeben werden.

α) Binder für drei Pfetten (eine Firstpfette und zwei Zwischenpfetten). Die Firstpfette wird durch einen großen, bis nach den Auflagern geführten Hängebock unterstützt, die beiden Zwischenpfetten werden durch einen zweisäuligen Hängebock getragen (Fig. 288). Das rechteckige Feld erhält zwei Streben, welche einander in der Mitte des für den zweisäuligen Hängebock angeordneten Spannriegels treffen. Will man den Dachbodenraum freier haben, so kann man

88.
Binder
für drei
Pfetten.

nach Fig. 289 diese Streben nach den Auflagern führen. Die punktierten Stäbe sind nicht erforderlich, werden aber meist ausgeführt; sie machen den Binder statisch unbestimmt, aber nicht labil. Die vorgeschlagenen Binder können auch verwendet werden, wenn das Dach einen Kniestock aufweist; dann empfiehlt sich das Anbringen der üblichen Zangen (in Fig. 290 punktiert).

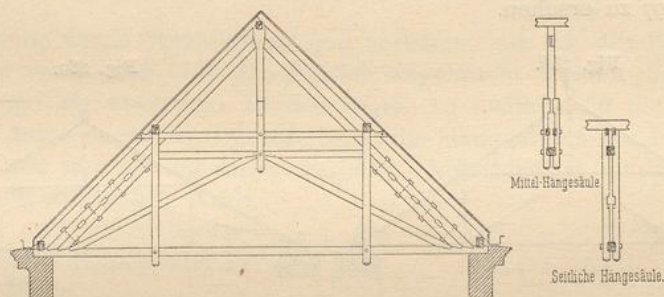
Wenn ein freier Dachbodenraum nicht verlangt wird, so kann man auch nach Fig. 291 drei einsäulige Hängewerke verwenden: jederseits eines zum Tragen der Zwischenpfette und ein großes zum Tragen der Firstpfette und zur Aufnahme der nach der Bindermitte übertragenen Kräfte der seitlichen Hängewerke Fig. 292 veranschaulicht einen nach dem Schema in Fig. 289 konstruierten Binder.

89.
Binder
für fünf
Pfetten.

β) Binder für fünf Pfetten (eine Firstpfette und jederseits zwei Zwischenpfetten). Fig. 293 bis 296 zeigen eine Anzahl verschiedener Lösungen mit mehr oder weniger freien Dachbodenräumen. Dieselben sind ohne besondere Erläuterungen verständlich; alle sind stabil, ohne die punktierten Stäbe statisch bestimmt, mit diesen statisch unbestimmt.

In Fig. 297 ist ein nach dem Schema in Fig. 294 konstruierter Binder dargestellt; die Hängesäulen sind teils einfach, teils doppelt; der Dachbodenraum ist im mittleren Teile frei.

Fig. 292.



90.
Binder
für sieben
und mehr
Pfetten.

γ) Binder für sieben und mehr Pfetten. Das System in Fig. 298 zeigt die Auflösung des ganzen Binders in eine Zahl kleinerer Hängeböcke. Alle Streben sind als einfache, alle Hängesäulen als doppelte Hölzer gedacht. Mit diesem Binder können Stützweiten bis etwa 30^m überdacht werden. Es ist $k=18$ und $s=33$, also wirklich $s=2k-3$.

Fig. 299 zeigt einen freieren Dachbodenraum; dabei ist $k=16$ und $s=29$, also ebenfalls ein statisch bestimmtes System. Diese Binder können auch vorteilhaft aus Holz und Eisen hergestellt werden; man kommt so beispielsweise zum sog. *Polonceau-* oder *Wiegmann-Dachstuhl* (Fig. 300).

Es ist leicht möglich, in vorstehend angegebener Weise auch für eine größere Zahl von Knotenpunkten die Systeme so zu entwerfen, daß das System statisch und geometrisch bestimmt ist.

91.
Binder
mit mehr
als zwei
Auflagern.

δ) Binder mit mehr als zwei Auflagern. Falls die Binder mehr als zwei Auflager erhalten, so ist die Konstruktion eines statisch bestimmten Fachwerkes sehr schwierig, weil die unteren Gurtungsbalken (Bundträme) durchlaufen und so der Binder ein kontinuierlicher Träger wird. Immerhin muß man vor allem eine stabile Figur erstreben und die Lasten der Pfetten durch einfache Konstruktionen auf die Stützpunkte bringen.

Ein Beispiel für einen Binder mit 4 Stützpunkten und 3 Lastpunkten zeigt Fig. 301. Für jede der 3 Pfetten ist ein Bock angeordnet, welcher die Lasten sicher in die Stützpunkte überträgt; die Kräfte können beliebig gerichtet sein; eine Unklarheit ist nicht vorhanden. Stäbe zwischen Mittel- und Seiten-

Fig. 293.

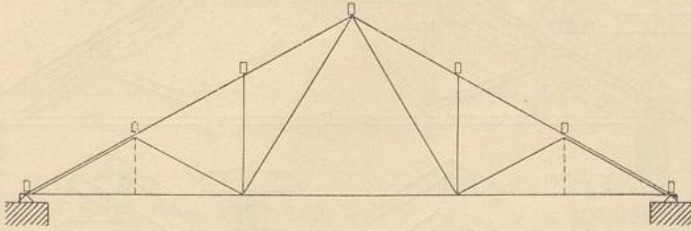


Fig. 294.

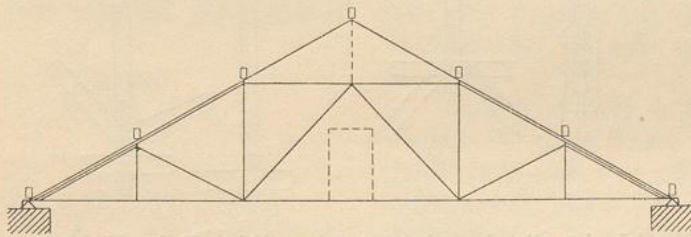


Fig. 295.

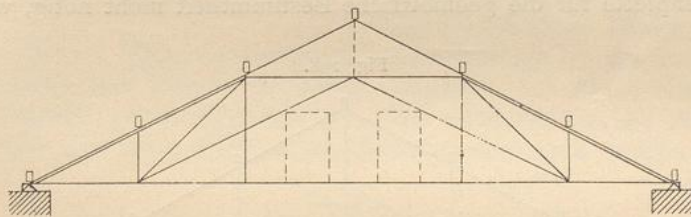
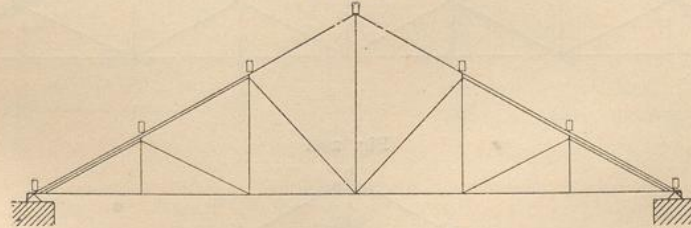
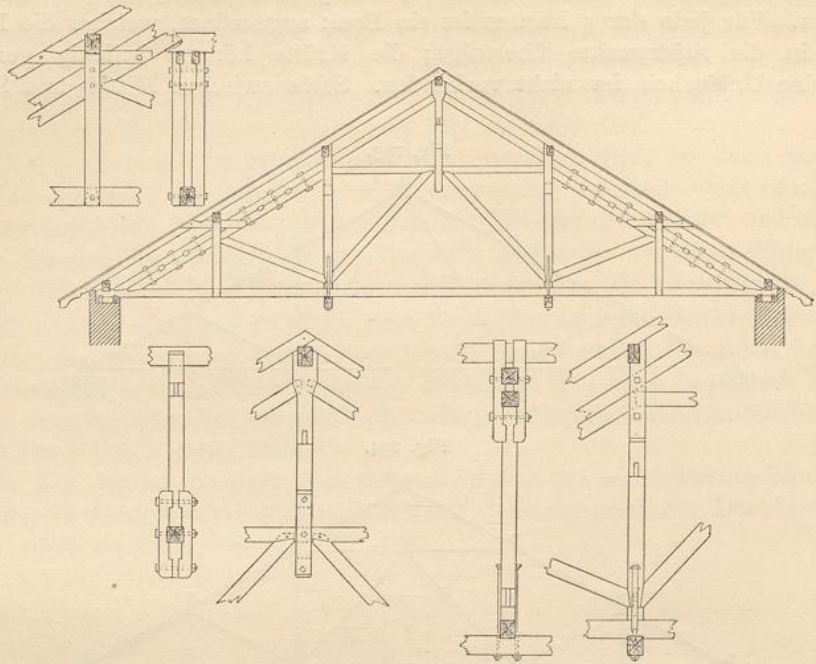


Fig. 296.



pfetten sind also eigentlich nicht nötig; gewöhnlich wird man sie anordnen, sowie auch die punktierten Zangen; dadurch wird die statische Bestimmtheit aufgehoben. Die Zahl der Auflagerunbekannten ist hier, weil ein Auflager als fest, drei als beweglich angenommen werden, $n = 5$, und für statische Bestimmtheit muß $s = 2k - 5$ sein; thatsächlich ist (ohne die punktierten Stäbe) $k = 9$ und $s = 13$.

Fig. 297.



Ganz ähnlich ist die Anordnung mit 5 Pfetten in Fig. 302. Dasselbst ist $k=11$ und $s=17$. Auch hier sind Verbindungsstäbe zwischen Mittel- und oberer Seitenpfette für die geometrische Bestimmtheit nicht nötig, werden aber

Fig. 298.

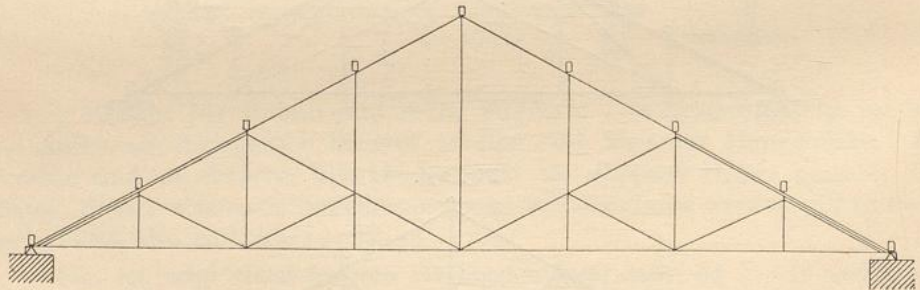


Fig. 299.

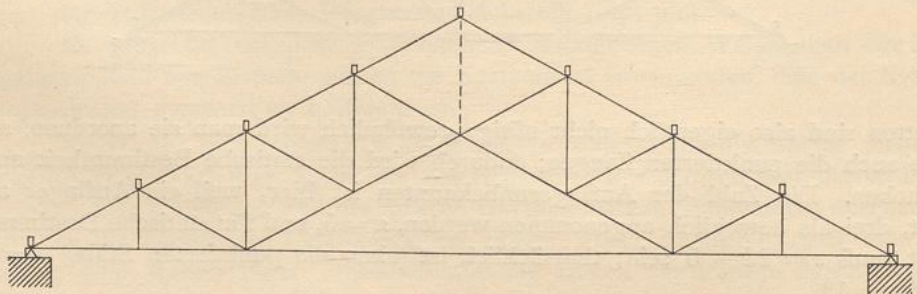
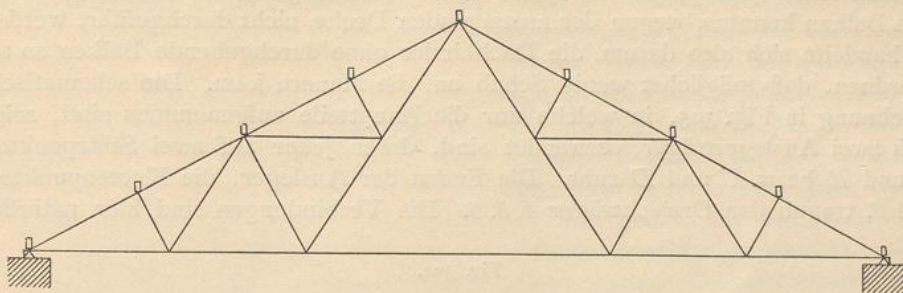


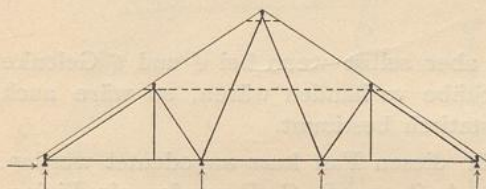
Fig. 300.



zweckmässig angeordnet. Wenn nur eine Mittelmauer als Stütze der Binder verfügbar ist, so kann man nach dem Schema in Fig. 303 verfahren. Hier ist $n=4$, $k=13$ und $s=22$, d. h. $s=2k-4$.

Das in Fig. 269 (S. 108) dargestellte Dach zeigt einen ausgeführten Dachbinder mit zwei mittleren Stützpunkten. Fasst man dasselbe als ein doppeltes Pultdach auf, so sieht man, dass es stabil ist.

Fig. 301.



Endlich ist noch in Fig. 304 das System für einen Binder mit 4 Stützpunkten ($n=5$) und 7 Mittelpfetten angegeben; ohne die punktierten Stäbe ist $k=15$ und $s=25$. Es stets nach demselben Grundsatz verfahren: der ganze Träger ist in eine Anzahl einzelner Träger zerlegt.

Eine in hohem Masse beachtenswerte Konstruktion ist das in Fig. 306¹⁴⁸⁾ dargestellte Dach vom Theater in Mainz. Dasselbe, von *Moller* entworfen, ist ein halbes Zeltdach, gehört demnach eigentlich nicht hierher; die Binder dieses Daches würden aber auch als Satteldachbinder geometrisch bestimmt sein und

Fig. 302.

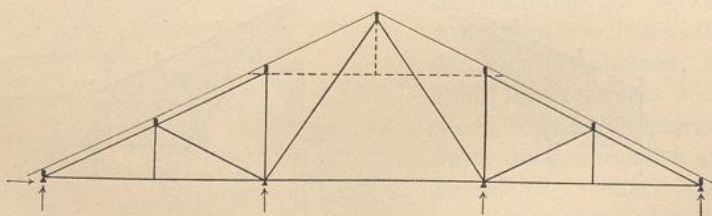
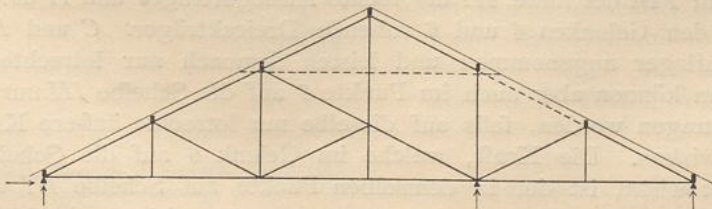


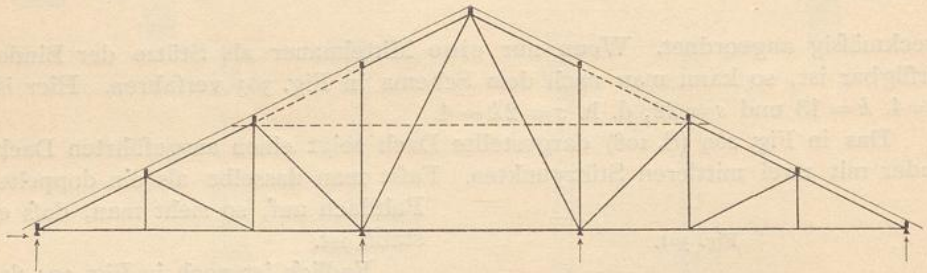
Fig. 303.



¹⁴⁸⁾ Nach: MOLLER, G. Beiträge zu der Lehre von den Constructionen. Darmstadt 1837.

können unter Umständen für Satteldächer nutzbringende Verwendung finden. Die Balken konnten, wegen der ansteigenden Decke, nicht durchgeführt werden; es handelte sich also darum, die Dachbinder ohne durchgehende Balken so anzuordnen, daß möglichst wenig Schub auf die Mauern kam. Die schematische Zeichnung in Fig. 305, in welche nur die Hauptteile aufgenommen sind, zeigt, daß zwei Auslegerträger verwendet sind, deren jeder auf zwei Stützpunkten, *A* und *B*, bzw. *C* und *D* ruht. Die Enden der Ausleger, die Knotenpunkte 4 und 6, tragen den Dreiecksträger 4. 5. 6. Die Verbindungen sind hier natürlich

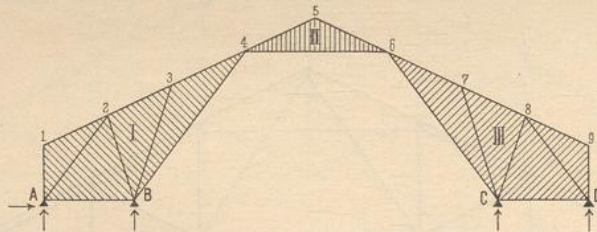
Fig. 304.



dem Baustoff entsprechend angeordnet; aber selbst wenn bei 4 und 6 Gelenke und nur die in Fig. 305 gezeichneten Stäbe vorhanden wären, so wäre auch beim Satteldach der Binder stabil und statisch bestimmt.

Die statische Untersuchung soll für diesen Fall kurz angedeutet werden. Das Auflager *A* wird als festes und die Auflager *B*, *C*, *D* werden als Linienauflager angenommen. Dann ist $n = 2 + 1 + 1 + 1 = 5$, $k = 13$ und $s = 21$, also wirklich $s = 2k - n$. — Die Berechnung dieses Daches, als Satteldach, ist folgendermaßen vorzunehmen.

Fig. 305.



Der ganze Binder wird als aus 3 Scheiben, *I*, *II*, *III* (Fig. 305), bestehend angenommen; *I* ist der linke, *III* der rechte Auslegerträger und *II* der zwischen beiden auf den Gelenken 4 und 6 ruhende Dreiecksträger. *C* und *D* werden als Linienauflager angenommen und leisten demnach nur lotrechte Stützendrücke; dann können aber auch im Punkte 6 auf die Scheibe *III* nur lotrechte Kräfte übertragen werden, falls auf dieselbe nur lotrechte äußere Kräfte (Belastungen) wirken. Die Kraft, welche im Gelenk 6 auf die Scheibe *II* als Stützendruck wirkt, ist der in demselben Punkte auf Scheibe *III* wirkenden Kraft gleich, aber dem Sinne nach entgegengesetzt gerichtet. Auch diese Auflagerkraft kann demnach nur lotrecht wirken, wenn auf Scheibe *III* lotrechte Be-

lastungen übertragen werden. Damit kann aber auch der Stützendruck, welcher im Gelenkpunkt *A* auf Scheibe *II*, bezw. Scheibe *I* wirkt, gefunden werden,

worauf das Verzeichnen des Kräfteplanes, bezw. die Berechnung der Spannungen in den Stäben leicht ist. Die Auflagerdrücke bei *A* und *D* können negativ werden, weshalb diese Auflager zu verankern sind.

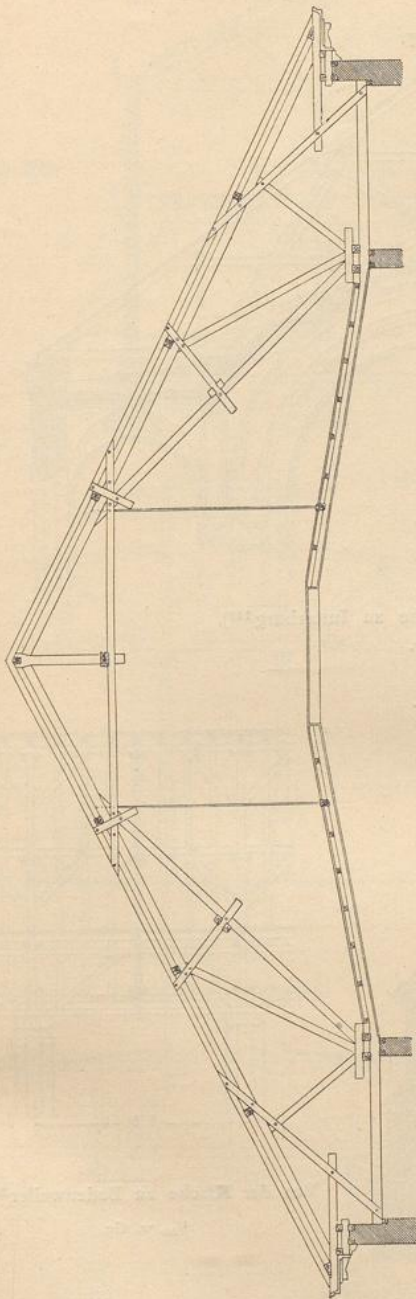
Ein gutes, für alle möglichen Belastungszustände stabiles, allerdings statisch überbestimmtes Dach zeigt Fig. 307¹⁴⁹⁾; die mittleren Unterstüzungen sind geschickt benutzt.

Als fernere gute Dachkonstruktion ist Fig. 308¹⁵⁰⁾ vorgeführt.

Ohne weitere Erläuterungen sind auch die in Fig. 309 bis 311^{151 u. 152)} dargestellten Dächer mit Mittelstützen verständlich.

Gut konstruierte Pfettendächer sind zweckmäßige Konstruktionen; die Belastungen werden durch die Pfetten in bestimmte Ebenen, die Binderebenen, gesammelt und in diesen durch die Binder nach den Auflagerpunkten derselben und damit nach den Stützpunkten des Daches geleitet. Diese Anordnung ist, wenn es sich nur um die Tragfähigkeit handelt, sparsamer, als wenn man jedes Sparrengebände mit den zur Überführung der Kräfte nach den Auflagern erforderlichen Stäben, den sog. Kehlbalcken, versieht; man kann letztere nicht so schwach machen, wie dies theoretisch zulässig wäre; daraus ergeben sich zahlreiche Zuschläge. Anders liegt die Sache, wenn man die Kehlbalcken etwa für Deckenkonstruktionen von Räumen im Dache ohnedies braucht; dann kann ein Kehlbalckendach zweckmäßiger sein. Vor allem müssen aber beim Pfettendach die Binder

Fig. 306.

Vom Theater zu Mainz¹⁴⁸⁾.^{1/1000} w. Gr.92.
Beurteilung
der Pfetten-
dächer.

¹⁴⁹⁾ Nach: Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 450.

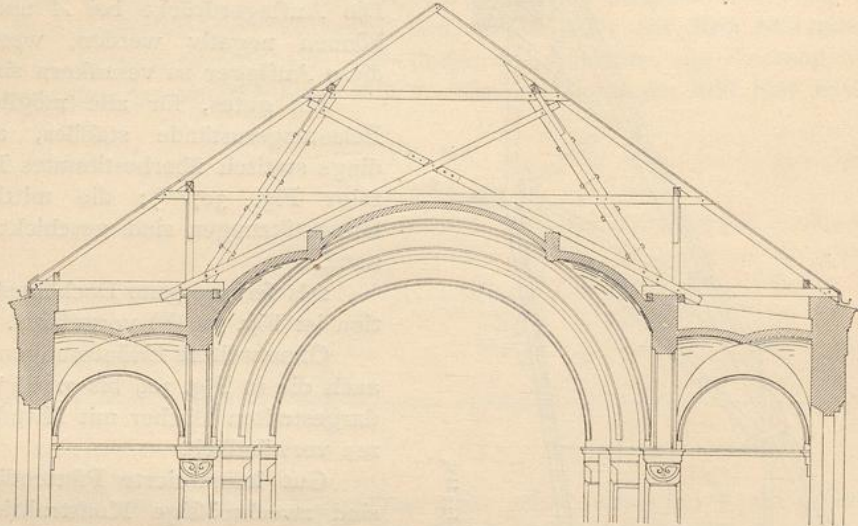
¹⁵⁰⁾ Nach freundlicher Mitteilung des Herrn Oberbaudirektors Prof. Dr. Durm in Karlsruhe.

¹⁵¹⁾ Nach: *Nouv. annales de la constr.* 1893, Pl. 13.

¹⁵²⁾ Nach: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1889, Bl. 13-14.

vollständig standfest sein, also unverschiebbare Fachwerke bilden; nur dann ist das Dach selbst standfest; dafs diese Forderung leider noch bei vielen Dachkonstruktionen nicht erfüllt ist, wurde oben gezeigt. Das Pfettendach hat

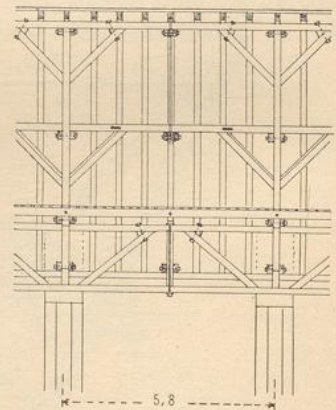
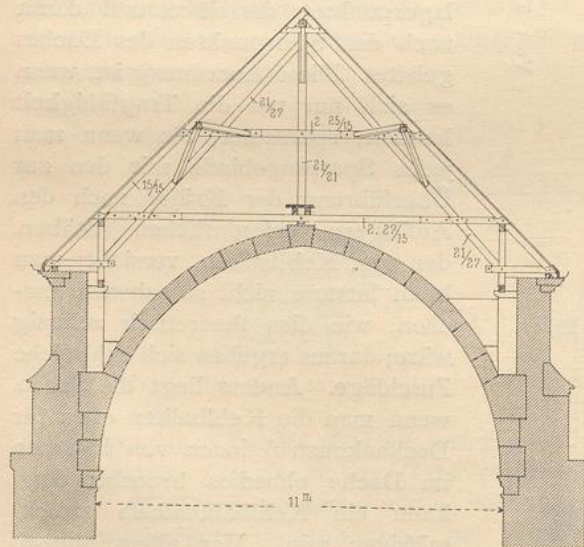
Fig. 307.



Von der reformierten Kirche zu Insterburg¹⁴⁹⁾.

$\frac{1}{200}$ w. Gr.

Fig. 308.

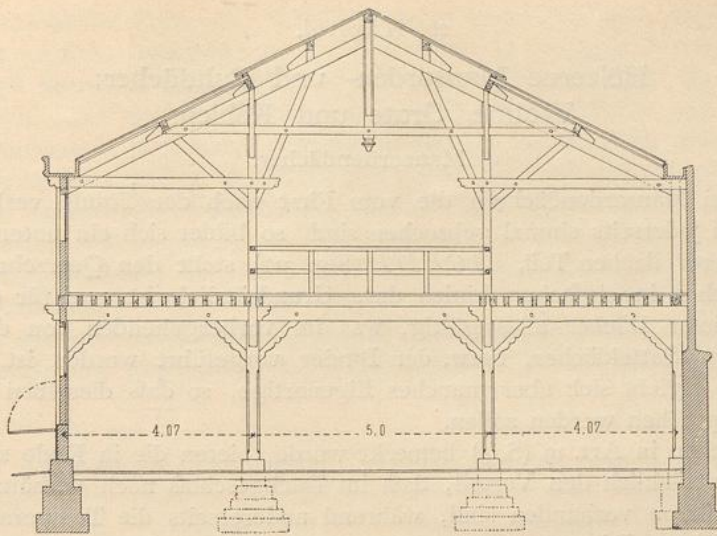


Von der Kirche zu Badenweiler¹⁵⁰⁾.

$\frac{1}{200}$ w. Gr.

demnach den Vorzug gröfserer Klarheit, geringeren Holzverbrauches und nebenbei den weiteren Vorteil, dafs keine Aufschieblinge nötig sind (vergl. Fig. 307 bis 311).

Fig. 309.



Von einem
Warenhaus
zu Paris¹⁵⁰),
 $\frac{1}{150}$ w. Gr.

Fig. 310.

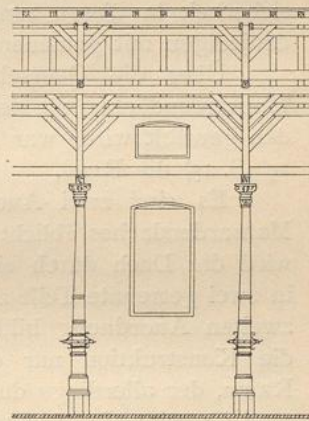
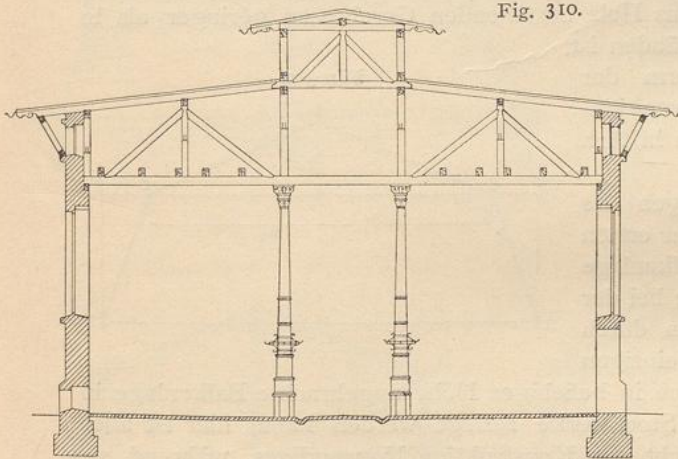
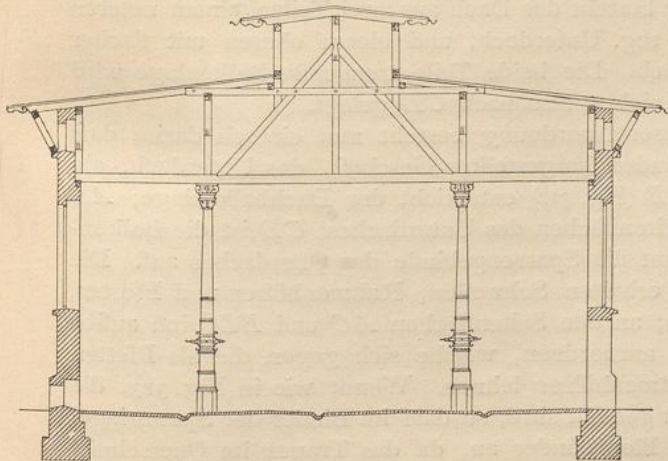


Fig. 311.



Von den Schlachthallen
auf dem Schlachthof
zu Osnabrück¹⁵¹).

$\frac{1}{300}$ w. Gr.