

linge. In der Neuzeit wird deshalb, wie bereits bemerkt, das Kehl balkendach nur noch wenig angewendet, obgleich sich dasselbe in vielen Beispielen Jahrhunderte lang gut gehalten hat.

Ein schönes Beispiel aus neuerer Zeit ist im Hôtel *Wentz* in Nürnberg¹⁴⁵⁾ zu finden.

c) Pfettendächer.

1) Construction 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 Theile der Trag-Construction, 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.
Construction.

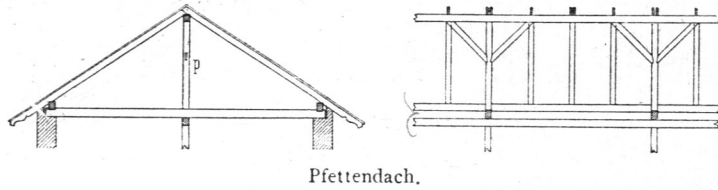
Die eisernen Dächer der Neuzeit sind wohl ausnahmslos Pfettendächer; aber auch die Holzdächer werden gegenwärtig fast ausschließlich als Pfettendächer gebaut. Bei den Holzdächern verwendet man auch hier sowohl den stehenden, wie den liegenden Dachstuhl; der erstere hat lothrechte oder nahezu lothrechte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

Bei der Construction des Pfettendaches handelt es sich nach Vorstehendem hauptsächlich um die Construction 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 Construction, desto geringer im Allgemeinen auch der Holzaufwand. Beim Entwerfen des Dachbinders hat man zunächst zu ermitteln, wie viele Pfetten etwa nöthig 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 beide 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, bezw. die Zwischenpunkte zweckentsprechend benutzt.

Wenn sich die festen Stützpunkte der Binder lothrecht unter den Pfetten befinden oder nur wenig seitwärts von dieser Lage, so wird die Last der Pfette einfach durch Pfoften p (Fig. 252) nach unten geführt. Falls diese günstigste Lösung nicht möglich ist, so hat man bei Holzbauten für die Ueberleitung der Lasten auf

¹⁴⁵⁾ Veröffentlicht in: Zeitschr. f. Bauw. 1891, Bl. 65.

Fig. 252.



Pfettendach.

die Stützpunkte hauptsächlich drei Mittel, gewissermaßen Grundconstruktionen, nämlich:

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

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 Grundfätzen der Construction nichts; nur muß beachtet werden, daß die Fußspitze auf eine besondere hölzerne Drempelwand gelegt werden muß, und daß die wagrechten Seitenkräfte der Sparrenspannungen nicht in die Fußspitze und die Drempelwand geleitet werden dürfen. Man führe dieselben durch besondere (in der schematischen Fig. 253 punktirt) 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.

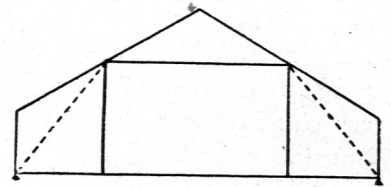
Die mit Drempelwänden versehenen Dächer können demnach hier sofort mit behandelt werden.

80.
Statische Grundlagen.

Um eine sichere Grundlage einmal für die Anordnung der Binder, sodann für die Beurtheilung üblicher, bezw. ausgeführter Construktionen zu erlangen, ist eine Untersuchung über die statischen Bedingungen zu führen, denen die Binder genügen müssen.

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 Verhältniß bestehen, welches mit von der Art der Unterstützung 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 Uebelstände bei der Benutzung solcher Construktionen nicht herausgestellt haben, so hat dies seinen Grund darin, daß die Annahmen hier nicht genau erfüllt sind, welche der Fachwerk-Theorie zu Grunde liegen. Bei dieser Theorie werden die Auflager der Binder theils als feste, theils als bewegliche angenommen; bewegliche Auflagerungen sind aber bislang bei Holzdächern nicht üblich, wenn sie auch ohne Schwierigkeiten durch-

Fig. 253.



föhrbar wären; ferner wird vorausgefetzt, dafs die einzelnen Fachwerkftäbe in den Knotenpunkten gelenkig mit einander verbunden feien. Diefte Bildungsart der Knotenpunkte ift bei Holz-Confttructionen nicht gut durchföhrbar. Dennoch follte man geometrifch beftimmte Fachwerke auch hier bilden. Die Verhältniffe bezüglich der Knotenpunkte liegen bei den vernieteten Bröckenträgern ganz ähulich, wie hier; auch dort ift die bei der Berechnung angenommene Gelenkigkeit nicht vorhanden; aber kein Conftrecteur würde defhalb wagen, einen für den geometrifchen Zufammenhang als erforderlich erkannten Stab fortzulaffen.

Im Mittelalter legte man auch noch grofsen Werth auf die Zufammenfetzung des ganzen Daches aus lauter Dreiecken, durch welche geometrifche Beftimmtheit gewährleiftet wurde; fpäter aber trat diefe Rückficht mehr in den Hintergrund. — Es fehlte der klare Einblick in die Theorie der Fachwerke, welche erft in neuerer und neuerer Zeit hinreichend gefördert ift, dafs man mit Sicherheit beurtheilen kann, ob eine Fachwerk-Confttruction in allen möglichen Belaftungsfällen ausreicht oder nicht. Weiter unten follten auf Grund des heutigen Standes der Fachwerk-Theorie einige Vorfchläge für die Confttruction der Dachbinder gemacht werden und defhalb kurz die Ergebniffe der erwähnten Theorie, fo weit fie hier in Frage kommen, angeführt werden.

Die Theorie der ebenen Fachwerke föhrt zu nachftehenden Forderungen, bezw. Ergebniffen:

1) Das Fachwerk mufs im Stande fein, die auf daffelbe wirkenden Belaftungen nach den Auflagerpunkten zu übertragen, ohne feine geometrifche Form zu verändern, d. h. ohne andere, als elaftifche Formänderungen zu erleiden.

2) Ein Fachwerk wird ftatifch beftimmt genannt, wenn alle Stabfpannungen und alle Auflagerdröcke fich nach den Gleichgewichtsgefetzen ftarrer Körper beftimmen, alfo auch aus diefen Gleichgewichtsbedingungen berechnet werden können.

3) Jedes fefte Auflager bedingt zwei Unbekannte; jedes in einer Linie bewegliche Auflager (Linienauflager genannt) bedingt eine Unbekannte. Als Unbekannte am feften Auflager föhrt man zweckmäfsig die lothrechte und die wagrechte Seitenkraft des Auflagerdruckes ein. Hat alfo ein Binder ein feftes und ein bewegliches Auflager, fo beträgt die Zahl der Auflager-Unbekannten $2 + 1 = 3$. Allgemein foll die Anzahl der Auflager-Unbekannten mit n bezeichnet werden.

4) Wenn die Zahl der Auflager-Unbekannten $n = 3$ ift, fo kann man diefelben 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, fo mufs

$$s = 2k - n$$

fein, wenn das Fachwerk ftatifch beftimmt fein foll. Im häufigften Falle eines feften und eines beweglichen Auflagers ift $n = 3$; alfo mufs dann $s = 2k - 3$ fein. Wenn die Stabzahl s kleiner als $2k - n$ (bezw. $2k - 3$) ift, fo ift das Fachwerk labil; alsdann ift nur bei ganz beftimmten Gröfsen und Richtungen der wirkenden Kräfte Gleichgewicht möglich. Sobald die belaftenden Kräfte diefe Bedingungen nicht erfüllen, würde Einsturz eintreten, wenn die oben angeführten Vorausfetzungen genau erfüllt wären; jedenfalls treten dann gröfsere Formänderungen ein.

Ein Beifpiel hierfür ift der zweifäulige Hängebock (Fig. 254), der in vielen Dachbindern verwendet wird. Es ift $k = 6$; mithin müfste die Zahl der Stäbe

$s = 2k - 3 = 9$ sein; sie beträgt nur 8, es ist somit 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 in Punkt D nach h und f zerlegen; h kann aber 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 Construction 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 in diesem Felde, wie in Fig. 255 angegeben ist. Dann erhält man einen Knotenpunkt

Fig. 254.

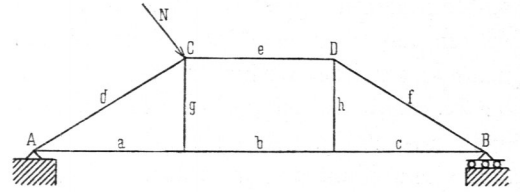
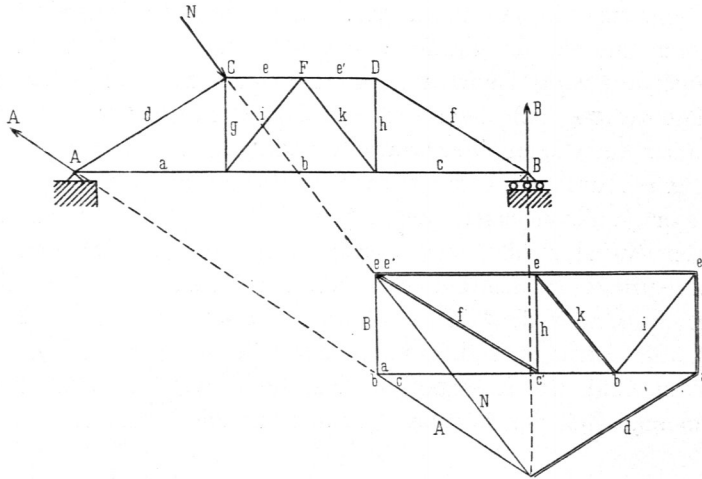


Fig. 255.



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 zerlegt sich im Punkte F in die beiden Stabspannungen i und k . Der beigefügte 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 Theil des Fachwerkes statisch bestimmt sein. Hierbei gilt folgendes von *Foeppl*¹⁴⁶⁾ nachgewiesene Gesetz: Wenn ein Fachwerk die nothwendige Zahl von Stäben ($s = 2k - n$) hat und geometrisch bestimmt ist, so ist es auch statisch bestimmt. Geometrisch bestimmt ist

¹⁴⁶⁾ Siehe: FOEPL, A. Das Fachwerk im Raume. Leipzig 1892. S. 30.

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 Auflager-Unbekannten $n = 3$ sei.

8) Kann man das ganze Fachwerk in zwei Theile 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 Fachwerke in einem Knotenpunkte zusammenhängen und außerdem einen Verbindungsstab haben, als auch wenn beide Fachwerke 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 zweifälige Hängewerk auch dadurch stabil machen, dass man die Streben AF und BF (Fig. 256) hinzufügt. Dann 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. Eben so ist es mit $BFDHB$. Beide sind dann in F vereinigt, und es ist Stab b zugefügt. Das ganze Fachwerk ist, wenn A ein fester,

und B ein beweglicher Auflagerpunkt ist, geometrisch genau bestimmt, also auch statisch bestimmt. Der in Fig. 256 schematisch dargestellte Hängebock dürfte empfehlenswerth sein; er lässt genügend freien Raum im mittleren Felde; auch die praktische Ausführung ist einfach, wenn man etwa die beiden Hängefäulen g und h als doppelte Hölzer construirt, 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 construiren 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) Uebliche Pfetten-Dachbinder.

α) Dachbinder mit Firstpfette und zwei Fußspfetten. Fig. 252 (S. 100) zeigt die einfachste Lösung für den Fall, dass eine Mittelwand vorhanden ist, auf welche die Last der Firstpfette mittels der Pfosten oder Stuhlfäulen p übertragen werden kann. Die beiden Sparren des Bindergebüdes sind hier nothwendige Theile des Fachwerkes, da sie die obere Gurtung des Binders bilden. — Wenn keine Mittelwand vorhanden ist oder dieselbe aus bestimmten Gründen nicht benutzt werden soll, so wird die Last der Firstpfette durch einen einfachen Hängebock nach den auf den Seitenmauern befindlichen Auflagern geführt (Fig. 257). Dieser Binder ist

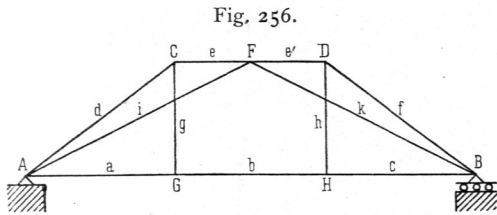


Fig. 256.