



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

4. Kap. Balkenverbände

[urn:nbn:de:hbz:466:1-78727](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-78727)

$$F = \frac{P(1-\alpha)}{z} \frac{\sqrt{h^2+l_1^2}}{h} \quad \text{und} \quad F_1 = \frac{P(1-\alpha)}{z} \cdot \frac{l_1}{h} \quad \dots \quad 67.$$

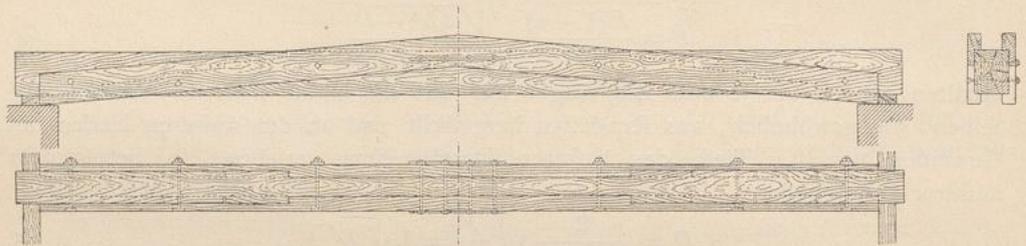
erhalten, woraus ihr äußerer Durchmesser wie vorher zu bestimmen ist. Die Konstruktion ist derjenigen der einfachen Hängewerkbalken gleich (Fig. 335).

2) Sprengwerkbalken.

166.
Einfache
Sprengwerk-
balken.

Einfache Sprengwerkbalken (Fig. 336) bestehen außer dem Hauptbalken aus je zwei zu beiden Seiten angebrachten, geneigten hölzernen Streben, welche durch Schraubenbolzen mit jenem verbunden werden. Um das Ineinanderpressen der Streben an den sich berührenden Hirnenden zu vermeiden, legt man hinreichend große

Fig. 336.



Zink-, Kupfer- oder Eisenplättchen ein. Die statische Berechnung ist derjenigen der einfachen Hängewerkbalken gleich; nur ist in die Gleichung 63 für F der Wert d statt z einzuführen und auf Holz zu beziehen.

167.
Doppelte
Sprengwerk-
balken.

Doppelte Sprengwerkbalken unterscheiden sich von den einfachen nur durch wagrechte zwischen die Streben eingeschaltete Spannriegel, werden jedoch ebenso konstruiert und mit denselben Abänderungen wie die doppelten Hängewerkbalken berechnet.

4. Kapitel.

Balkenverbände.

a) Winkelbänder.

168.
Berechnung.

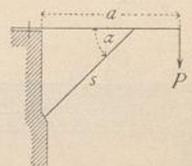
Ist ein wagrechter, am einen Ende festgehaltener, am anderen Ende frei schwebender Balken (Fig. 337) von der Länge a für sich zu schwach, um eine an seinem freien Ende wirkende Last P zu tragen, so wird derselbe am einfachsten durch ein Winkelband, auch Kopfband, Bug oder Büge genannt, unterstützt. Bezeichnet α den Winkel, welchen das Winkelband von der Länge s mit der Wagrechten einschließt, so ist, wenn von der Biegungsfestigkeit des wagrechten Balkens abgesehen wird, der längs des Winkelbandes wirkende Druck

$$S = P \frac{a}{s \cos \alpha \sin \alpha} = P \frac{2a}{s \sin 2\alpha} \quad \dots \quad 68.$$

und der längs des wagrechten Balkens wirkende Zug

$$H = S \cos \alpha = P \frac{a}{s \sin \alpha} \quad \dots \quad 69.$$

Fig. 337.

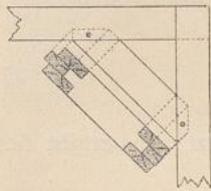


Der Druck S wird unter übrigens gleichen Umständen am kleinsten, wenn $\sin 2\alpha = 1$, also wenn das Winkelband unter einem Winkel $\alpha = 45$ Grad angebracht wird. Wirkt die Last P unmittelbar am Kopfe des Winkelbandes, so wird $a = s \cos \alpha$ und, wenn dieser Wert in Gleichung 68 u. 69 eingeführt wird, der Längsdruck und der wagrechte Zug bezw.

$$S = \frac{P}{\sin \alpha} \quad \text{und} \quad H = \frac{P}{\operatorname{tg} \alpha} \quad \dots \quad 70.$$

Wenn nunmehr mit β die grössere, mit δ die kleinere Querschnittsabmessung eines an den Enden eingezapften, etwas drehbaren Winkelbandes (Fig. 338), mit E die Elastizitätsziffer und mit C ein Sicherheitskoeffizient, der bei Holz etwa zu $\frac{1}{10}$ anzunehmen ist, bezeichnet wird, so ist der Widerstand eines auf seitliches Ausbiegen (Knicken) beanspruchten Winkelbandes

Fig. 338.



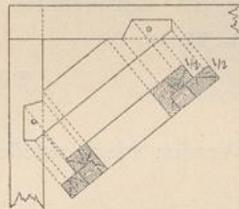
$$W = \frac{C \pi^2 E}{12} \cdot \frac{\beta \delta^3}{s^2} \quad \dots \quad 71.$$

Durch Gleichsetzen der Werte 68 und 71 erhält man die Gleichung

$$\beta \delta^3 = \frac{24 s a}{C \pi^2 E \sin 2\alpha} P, \quad \dots \quad 72.$$

woraus eine der erforderlichen Abmessungen β oder δ ermittelt werden kann.

Fig. 339.



Wird das Winkelband an den Enden durch Anblattung festgehalten (Fig. 339), so ist in Gleichung 72: $4\pi^2$ statt π^2 zu setzen, mithin eine jener beiden Abmessungen aus der Gleichung

$$\beta \delta^3 = \frac{6 s a}{C \pi^2 E \sin 2\alpha} P \quad \dots \quad 73.$$

zu ermitteln. Werden hierin $C = \frac{1}{10}$, $\pi = 3,14$ und $E = 120\,000$ gesetzt, so ergibt sich

$$\beta \delta^3 = 0,00005 \frac{s a}{\sin 2\alpha} P \quad \dots \quad 74.$$

Gleich große Gefahr gegen seitliches Ausbiegen in der Richtung beider Querschnittsabmessungen des Winkelbandes entsteht, wenn $\beta = \delta$, in welchem Falle in den beiden letzten Gleichungen δ^4 statt $\beta \delta^3$ zu setzen ist, also nur δ zu bestimmen bleibt.

Das eingezapfte Winkelband (Fig. 338) wird oben mit einem Schrägzapfen, der zuerst eingefetzt wird, unten mit einem sog. Jagdzapfen versehen, welcher unten nach einem Kreisbogen abgerundet ist und mit dem Hammer eingetrieben oder »eingejagt« wird. Zuletzt erfolgt die Befestigung mit je zwei Holznägeln.

169.
Konstruktion.

Das angeblattete Winkelband (Fig. 339) erhält zwei schräge Blätter, welche eine halbe Stärke zur Dicke haben, im übrigen nur schräge Stöße. Die Schrägblätter verhindern hierbei eine Vergrößerung, die Stöße eine Verkleinerung der beiden Winkel, welche der wagrechte Balken und der lotrechte Pfosten mit dem Winkelband einschließen.

b) Sprengwerke.

Ist ein an beiden Enden frei aufliegender Balken zu schwach, um die ihm zufallende Last zu tragen, und wird er deshalb an einer, an zwei oder an mehreren Stellen durch Streben unterstützt, so entsteht das einfache (Fig. 341), das zweifache (Fig. 354 u. 356) und das mehrfache Sprengwerk.

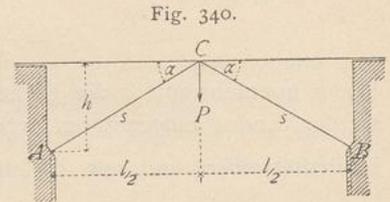
170.
Einfaches
Sprengwerk.

Wirkt in der Mitte des wagrechten Balkens von der Länge l die Last P , so hat jede Strebe von der Länge s hiervon die Hälfte zu übertragen, und es ergibt sich mit Bezug auf die Bezeichnungen in Fig. 340 der längs der Strebe wirkende Druck

$$S = \frac{P}{2} \cdot \frac{s}{2} = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{2h \cos \alpha}, \quad \dots \quad 75.$$

welcher sich in den am Fusse der Strebe wirkenden lotrechten Druck $\frac{P}{2}$ und den wagrechten Druck

$$H = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{2h} \quad \dots \quad 76.$$



zerlegt, welche beiden letzteren Drücke von lotrechten Pfosten oder von Widerlagern aufzunehmen sind. Die Stärke der Streben ergibt sich aus Gleichung 75 u. 71 zu

$$\beta \delta^3 = \frac{6}{C \pi^2 E} \cdot \frac{s^3}{h} P = \frac{3}{4 C \pi^2 E} \cdot \frac{l^3}{h \cos^3 \alpha} P \quad \dots \quad 77.$$

Werden hierin wieder $C = \frac{1}{10}$, $\pi = 3,14$ und $E = 120\,000$ gesetzt, so ergibt sich

$$\beta \delta^3 = 0,0000063 \frac{l^3}{h \cos^3 \alpha} P \quad \dots \quad 78.$$

Dieser Querschnitt wird, wie beim Winkelverband, zum Minimum, wenn derselbe unter übrigens gleichen Umständen quadratisch angenommen und wenn jede Strebe unter einem Winkel $\alpha = 45$ Grad geneigt wird.

Bezeichnen p und q bezw. die Eigengewichts- und die größte Nutzbelastung der Längeneinheit des durchgehenden wagrechten Balkens, so ist seine Gesamtbelastung $G = (p + q) l$, wovon je $\frac{3}{16} G = \frac{3}{16} (p + q) l$ auf die Mauer Schwelle übertragen werden, während der Rest die größte Belastung $P = \frac{10}{16} G = \frac{10}{16} (p + q) l$ der Streben darstellt.

Die Verbindung der Streben mit dem Balken geschieht entweder durch stumpfen Stofs und schräge Verzapfung mit dem Balken (Fig. 341) oder mittels eines Unterzuges, in welchen die Streben ebenfalls mittels kurzer Zapfen eingreifen (Fig. 342), oder mittels eines gusseisernen Schuhs (Fig. 343), welcher durch Bolzen mit dem Balken verbunden und mit Stehplatte nebst Wangenstücken versehen ist, um die Köpfe der Streben gegen das Ineinanderpressen und gegen ein seitliches Ausweichen zu schützen.

Die Verbindung der Streben mit den Widerlagern geschieht in verschiedener Weise. Bestehen die Widerlager aus Mauerwerk, so wird die Strebe entweder unmittelbar in das Mauerwerk eingesetzt (Fig. 344) oder mittels eines gusseisernen Schuhs (Fig. 345 u. 349) unterstützt, welcher Wasserabfluß und Luftzutritt gestattet, also die Trockenheit und Dauer der Strebe befördert. Besteht das Mauerwerk aus Quadern oder wird es mit Quadern verblendet, so läßt man den Fuß der Strebe in einen besonderen, nicht zu kleinen Quader ein (Fig. 346); besteht dagegen das Mauerwerk aus kleinen Bruchsteinen oder Ziegeln, so legt man eine besondere hölzerne Schwelle ein, welche den Druck der Strebe auf eine größere Mauerfläche verteilt (Fig. 347).

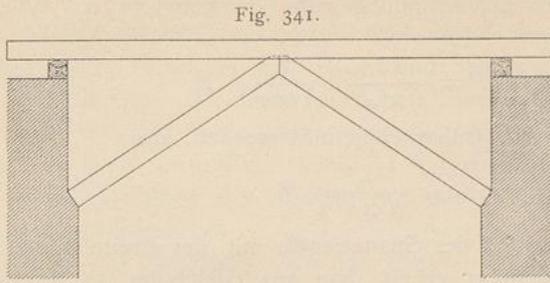


Fig. 341.

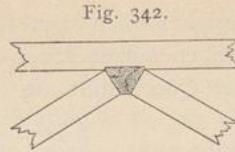


Fig. 342.

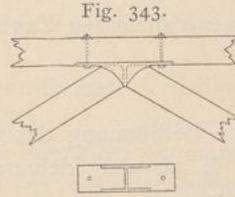


Fig. 343.

Fig. 344.

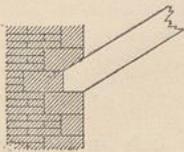


Fig. 345.

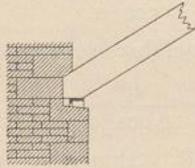


Fig. 346.

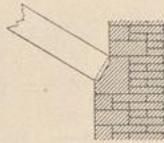


Fig. 347.

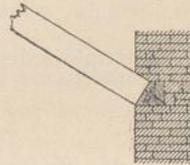


Fig. 348.

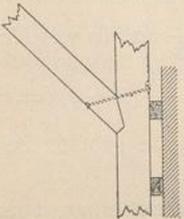


Fig. 349.

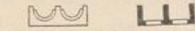


Fig. 351.

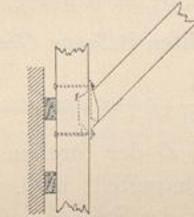


Fig. 352.

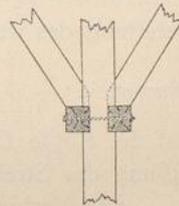
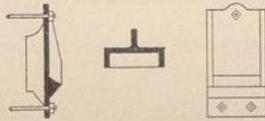


Fig. 348.

Fig. 350.



Stemmen sich die Streben gegen h6lzerne Pfoften, so werden sie mit den letzteren entweder durch Verfatzungen und Schrauben (Fig. 348) oder durch guf-eiserne Schuhe (Fig. 351), welche in Fig. 350 besonders dargestellt sind, oder durch Gurth6lzer (Fig. 352) verbunden, welche mit den Pfoften verschraubt werden.

Wirken in den Punkten *C* und *D* des fog. doppelten Sprengwerkes (Fig. 353), mit den Abfanden l_1 von den Stutzen *A* und *B*, die Lasten *P* und sind diese von den Streben *AC* und *BD* zu unterstutzen, so erfahrt jede Strebe von

271.
Zweifaches
Sprengwerk.

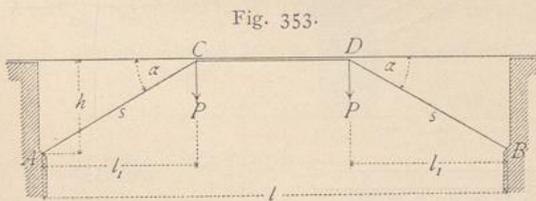


Fig. 353.

der Lange $s = \sqrt{l_1^2 + h^2} = \frac{l_1}{\cos \alpha}$ den Langsdruck

$$S = P \frac{s}{h} = P \frac{l_1}{h \cos \alpha} \dots \dots \dots 79.$$

Dieser scheidet am Kopfe und Fusse jeder Strebe als wagrechte Seitenkraft den Druck

$$H = P \frac{l_1}{h} \dots \dots \dots 80.$$

aus, welcher oben vom Balken oder von einem besonderen Spannriegel, unten vom Widerlager aufzunehmen ist. Durch Verbindung von Gleichung 71 u. 79 ergibt sich der Querschnitt aus

$$\beta \delta^3 = \frac{12}{C \pi^2 E} \cdot \frac{s^3}{h} P = \frac{12}{C \pi^2 E} \cdot \frac{l_1^3}{h \cos^3 \alpha} P \quad \dots \quad 81.$$

und, wenn dieselben Zahlenwerte wie früher eingeführt werden, aus

$$\beta \delta^3 = 0,0000126 \frac{l_1^3}{h \cos^3 \alpha} P \quad \dots \quad 82.$$

Für die Bestimmung des Querschnittes des Spannriegels mit der Breite β_1 und der Dicke δ_1 als der kleineren Abmessung erhält man aus Gleichung 71 u. 80 die Gleichung

$$\beta_1 \delta_1^3 = \frac{12}{C \pi^2 E} \cdot \frac{l_1^3}{h \cos^2 \alpha} P \quad \dots \quad 83.$$

und, wenn wieder dieselben Zahlenwerte eingeführt werden,

$$\beta_1 \delta_1^3 = 0,0000126 \frac{l_1^3}{h \cos^2 \alpha} P \quad \dots \quad 84.$$

Wird der Spannriegel mit dem Balken fest verbunden, so läßt sich in obiger Gleichung $4\pi^2$ statt π^2 setzen, und man erhält den Zahlenkoeffizienten 0,0000031.

Behalten p und q die frühere Bedeutung, so ergibt sich wieder die Gesamtbelastung des wagrechten Balkens $G = (p + q) l$. Nimmt man $l_1 = \frac{l}{3}$ an, so werden hiervon je $\frac{4}{30} G = \frac{4}{30} (p + q) l$ auf die Mauer Schwellen und je $\frac{11}{30} G = \frac{11}{30} (p + q) l = P$ auf die Köpfe C und D der Streben übertragen, wodurch zugleich die größte Belastung der Streben dargestellt wird.

Die Verbindung der Streben mit dem Balken wird entweder unmittelbar, teils mittels Verfatzung und Schrauben (Fig. 355), teils mittels gusseiserner Schuhe

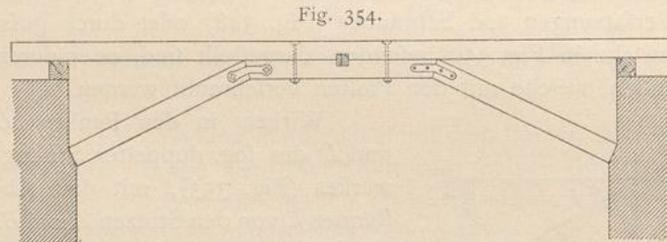


Fig. 354.

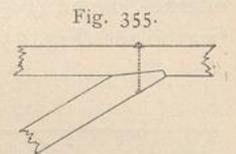


Fig. 355.

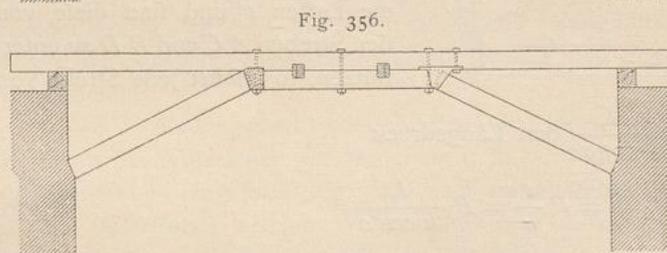


Fig. 356.

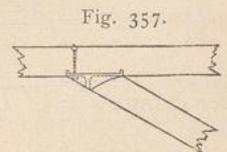


Fig. 357.

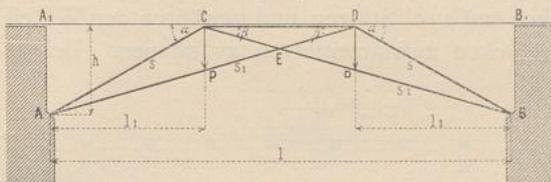
(Fig. 357), oder mittelbar bewirkt, indem man zwischen die Streben einen Spannriegel (Fig. 354 u. 356) einschaltet. Die Streben werden mit diesem Spannriegel entweder durch stumpfen Stoß nebst schmiedeeisernen Winkelbändern (Fig. 354) oder

mittels eines Unterzuges (Fig. 356 links) oder mittels eines gusseisernen Schuhs (Fig. 356 rechts) verbunden. In den Unterzug, welcher an den Balken geschraubt wird, werden Streben und Spannriegel mittels kurzer Zapfen eingefetzt, während der gusseiserne Schuh an den Balken und Spannriegel geschraubt wird, im übrigen aber ähnlich wie der beim einfachen Sprengwerk beschriebene angeordnet ist. Damit Balken und Spannriegel möglichst zusammenwirken, werden beide mittels Dübel und Schrauben (Fig. 354 u. 356) verbunden.

Die Verbindung der Streben mit den Widerlagern entspricht derjenigen des einfachen Sprengwerkes.

Wenn die Belastungen an den Punkten *C* und *D* des doppelten Sprengwerkes verschieden sind, so wirken dieselben auf eine Verschiebung des Parallelogramms *ACDB*. In diesem Falle ist das vom Verfasser konstruierte

Fig. 358.



»versteifte doppelte Sprengwerk« (Fig. 359 u. 360) vorzuziehen, bei welchem die Balken an den Punkten *C* und *D* durch je zwei Streben, wovon die längeren sich kreuzen, unterstützt werden.

Bezeichnen *P* und *Q* die bezw. in den Punkten *C* und *D* (Fig. 358) wirkenden verschiedenen Belastungen, so ist mit Bezug auf die Bezeichnungen in dieser Abbildung die Achsenspannung in der Strebe *AC*

$$S = -P \frac{\cos \beta}{\sin (\alpha + \beta)} = -P \frac{(l - l_1) s}{h l}, \quad \dots \quad 85.$$

in der Strebe *CB*

$$S_2 = -P \frac{\cos \alpha}{\sin (\alpha + \beta)} = -P \frac{l_1 s_1}{h l}, \quad \dots \quad 86.$$

in der Strebe *BD*

$$S = -Q \frac{\cos \beta}{\sin (\alpha + \beta)} = -Q \frac{(l - l_1) s}{h l} \quad \dots \quad 87.$$

und in der Strebe *AD*

$$S_1 = -Q \frac{\cos \alpha}{\sin (\alpha + \beta)} = -Q \frac{l_1 s_1}{h l} \quad \dots \quad 88.$$

Im Stützpunkt *A* ist der lotrechte Druck

$$V = \frac{P \sin \alpha \cdot \cos \beta + Q \cos \alpha \cdot \sin \beta}{\sin (\alpha + \beta)} = \frac{P(l - l_1) + Q l_1}{l} \quad \dots \quad 89.$$

und der wagrechte Druck

$$H = P + Q \frac{\cos \alpha \cdot \cos \beta}{\sin (\alpha + \beta)} = (P + Q) \frac{l_1 (l - l_1)}{h l} \quad \dots \quad 90.$$

Hieraus folgt der Schrägdruck

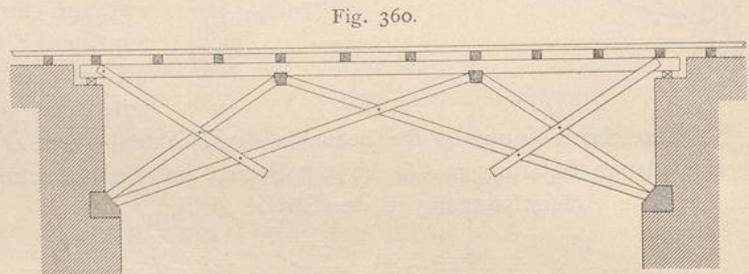
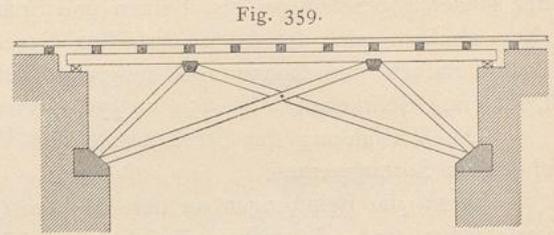
$$R = \sqrt{V^2 + H^2} \quad \dots \quad 91.$$

und sein Neigungsverhältnis

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{V}{H} = \frac{\sin (\alpha + \beta)}{2 \cos \alpha \cdot \cos \beta} = \frac{h}{l_1} \cdot \frac{P(l - l_1) + Q l_1}{(P + Q) l} \quad \dots \quad 92.$$

In konstruktiver Beziehung ist zu bemerken, dass die längeren Streben an ihrem Kreuzungspunkte derart halb zu überblatten und zu verbolzen sind, dass die Achsen-

spannung sich in jeder derselben ungehindert fortpflanzen kann, ohne in der anderen Biegungsspannungen zu erzeugen. Da eine seitliche Ausbiegung dieser Streben bei solcher Verbindungsweise nicht eintreten kann, so ist der bei der Verblattung übrigbleibende Teil des Querschnittes einer Strebe nur so stark zu nehmen, dass er den größten Achsendruck mit Sicherheit aufnehmen kann. Die Balken $A_1 B_1$ sind in den Punkten C und D zu stoßen und durch lotrechte Schlitzzapfen mit wagrechten Bolzen zu verbinden, um welchen letzteren ihre Enden eine kleine Drehung in der lotrechten Ebene ausführen können. Die drei Teile $A_1 C$, CD und $D B_1$ dieser Balken wirken daher je als Balken auf zwei Stützen und gewähren den Vorteil, die Hauptbalken aus kürzeren Balkenstücken zusammensetzen zu können. Bei geringeren Spannweiten genügt die Anordnung in Fig. 359; bei größeren Spannweiten empfiehlt sich die Anordnung von Hängezangen zur Versteifung der Streben in Fig. 360. Beide Anordnungen eignen sich besonders auch zur künstlerischen Ausbildung weitgespannter Decken mit sichtbarer Holzkonstruktion.



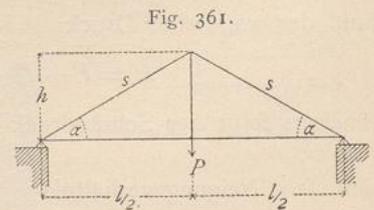
Die Verbindungen der Streben mit den Unterzügen bei C und D sind diejenigen der einfachen Sprengwerke, die Unterstützungen der Streben bei A und B durch Mauerbalken denjenigen der einfachen und doppelten Sprengwerke ähnlich anzuordnen.

c) Hängewerke.

172.
Einfaches
Hängewerk.

Ist ein an beiden Enden frei aufliegender Balken zu schwach, um die ihm zufallende Last zu tragen, und wird er deshalb an einer, an zwei oder mehreren Stellen durch Hängefäulen und Streben unterstützt, so entsteht das einfache (Fig. 363 u. 366), das zweifache (Fig. 375) und das mehrfache Hängewerk. Das Hängewerk ist somit als ein Sprengwerk mit einer, zwei oder mehreren Hängefäulen anzusehen.

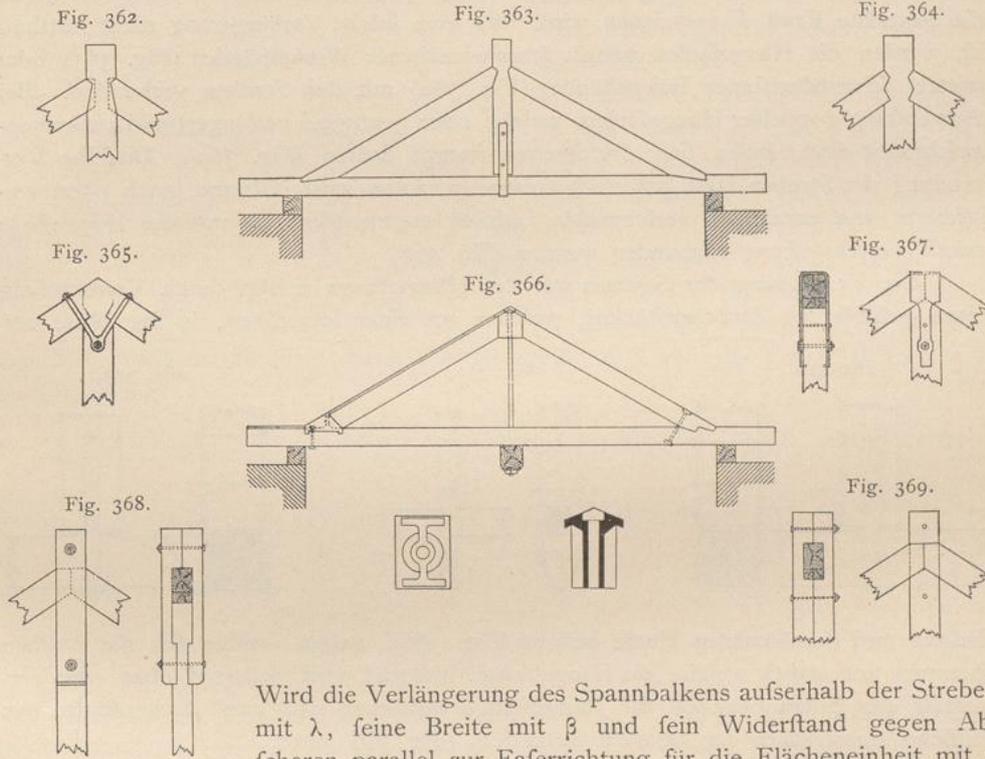
Der Grundgedanke des einfachen Hängewerkes oder des sog. einfachen Hängebockes wird durch Fig. 361 veranschaulicht.



Wirkt in der Mitte des wagrechten Balkens die Last P , so ist dieselbe durch die Hängefäule auf die beiden Streben zu übertragen, mithin ihre parallel zur Achse wirkende Zugspannung

$$V = P, \dots \dots \dots 93.$$

welche in ähnlicher Weise, wie beim einfachen Sprengwerk, berechnet werden kann. Am oberen Ende der Hängefäule zerlegt sich diese Spannung in der Richtung der beiden Streben und erzeugt in ihnen denselben, durch Gleichung 75 dargestellten Längsdruck, wie beim einfachen Sprengwerk, während der Balken eine Achsenzugs-
spannung erfährt, welche dem durch Gleichung 76 dargestellten Seitendruck H numerisch gleich ist. Der Balken muß diese Zugspannung aufheben; das Hänge-
werk erzeugt also einen Seitendruck, wie das Sprengwerk, nicht, sondern übt, wie
der Balken, einen nur lotrechten Druck auf seine Unterlagen aus. Dagegen muß
der Balken so lang sein, daß das Abscheren durch die Streben vermieden wird.



Wird die Verlängerung des Spannbalkens auferhalb der Streben mit λ , seine Breite mit β und sein Widerstand gegen Abscheren parallel zur Faserrichtung für die Flächeneinheit mit v bezeichnet, so ergibt sich die für eine Verfassung erforderliche Verlängerung

$$\lambda = \frac{H}{v \beta}, \dots \dots \dots 94.$$

worin für das Quadr.-Centimeter Nadel- und Eichenholz bzw. $v = 6 \text{ kg}$ und 8 kg gesetzt werden kann.

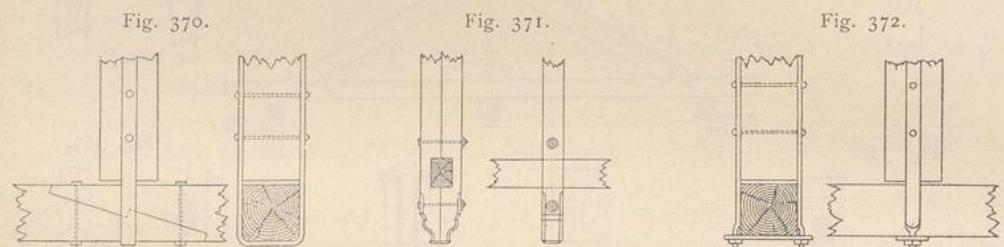
Das einfache Hängewerk enthält entweder Hängefäulen mit schmiedeeisernen Bändern, welche den Spannbalken tragen (Fig. 363), oder Hängestangen, welche den Spannbalken oder diesen nebst einem Unterzug durchsetzen (Fig. 366), und dann meist gußeiserne Verbindungsteile am Kopf und Fuß der Streben.

Die Verbindung der Streben mit dem Balken wird teils durch einfache (Fig. 363) oder doppelte Verfassung (ohne oder mit Zapfen) und Schrauben (Fig. 366 rechts), teils durch eiserne, mit dem Spannbalken verschraubte Schuhe (Fig. 366 links) bewirkt. Diese Schuhe werden mit zwei oder mehreren, in den Spannbalken

eingreifenden Krampen versehen, um auf dem Spannbalken nicht durch den Seiten-
druck der Streben verschoben zu werden. Sobald der Winkel, unter welchem die
Streben zum Spannbalken geneigt sind, 30 Grad überschreitet, sind die Schrauben,
welche in Verbindung mit der einfachen oder doppelten Verfassung angewendet
werden und das Auspringen der Streben aus ihren Sitzen verhindern sollen, nicht
mehr unbedingt erforderlich.

Die Verbindung der Streben mit der Hängefäule wird teils durch einfache
(Fig. 363), teils durch doppelte Verfassung (Fig. 364) ohne oder mit Zapfen
(Fig. 362) bewirkt, in welchen Fällen die Hängefäule oben so weit über die Ver-
bindungsstelle hinaus verlängert werden muß, daß das Abscheren derselben durch
die lotrechte Kraft V vermieden wird. Wo eine solche Verlängerung nicht statthaft
ist, werden die Hängefäulen mittels schmiedeeiserner Winkelbänder (Fig. 365) oder
mittels schmiedeeiserner Hängebänder (Fig. 364) mit den Streben verbunden. Bei
Anwendung doppelter Hängefäulen, welche oben genügend verlängert und zusammen-
geschraubt sind, lassen sich die Streben stumpf stoßen (Fig. 369). Dieselbe Ver-
bindung der Streben läßt sich auch anwenden, wenn zwei hölzerne, nach oben ver-
längerte und unter sich verschraubte Laschen angewendet und mit der Hängefäule
durch Verchränkung verbunden werden (Fig. 368).

Die Verbindung der Streben mit der Hängestange erfolgt durch Vermittelung
eines gußeisernen Zwischenstückes, welches aus einer lotrechten, in der Mitte ver-



dicke und durchlochtes Platte besteht (Fig. 366), gegen welche sich die Streben
stemmen und durch welche die Hängestange gesteckt wird, während oben eine Ver-
tiefung den Schraubenkopf der Hängestange aufnimmt und zwei Backenstücke das
seitliche Ausweichen der Streben verhindern (Fig. 366 unten).

Die Verbindung der Hängefäule mit dem Balken wird meist entweder durch
schmiedeeiserne Bänder (Fig. 370), welche den Balken umschließen und an die
Hängefäule angebolzt sind, oder durch Hängeeisen (Fig. 371) bewirkt, welche unten
mit Schrauben versehen sind und eine Querplatte aufnehmen, worauf der Spann-
balken ruht. Muß der Spannbalken gestoßen werden, so kann dies durch ein
schräges Hakenblatt (Fig. 373) geschehen. Werden doppelte Hängefäulen an-
gewendet, welche durch Schrauben verbunden werden (Fig. 371), so schneidet man
erstere aus und läßt sie den Balken umfassen.

Das zweifache Hängewerk oder der sog. doppelte Hängebock ist in Fig. 373
in einfachen Linien dargestellt. Wirken in den Punkten D und F mit den Ab-
ständen l_1 von den Stützen A und B die Lasten P, P , welche in ähnlicher Weise,
wie beim doppelten Sprengwerk zu berechnen sind, so sind dieselben durch die
beiden Hängefäulen, welche die Zugspannung P erfahren, auf die Streben und auf
den zwischen ihnen eingeschalteten Spannriegel zu übertragen; dieselben erfahren

dadurch bzw. die durch Gleichung 79 u. 80 gegebene Druckspannung, während gleichzeitig der Balken durch die von den Streben erzeugten wagrechten Kräfte in

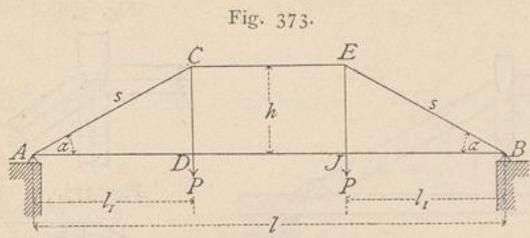


Fig. 373.

Gleichung 80 gezogen wird und dieselben zu vernichten hat. Auch das zweifache Hängewerk übt daher einen nur lotrechten Druck auf seine Auflager aus. Dagegen muß der Spannbalken auch hier auf jeder Seite um die durch Gleichung 94 gegebene Abmessung länger, als die Stützweite l sein, damit das Abscheren desselben nicht stattfindet.

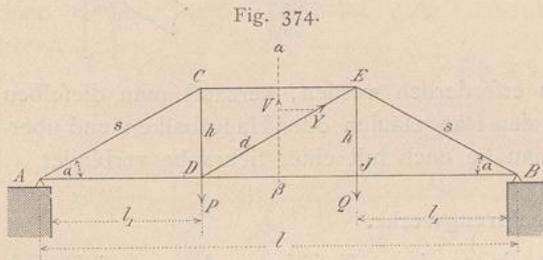


Fig. 374.

Solange das doppelte Hängewerk in den Punkten D und F (Fig. 374) gleich belastet wird, ist eine Versteifung des rechteckigen Feldes $CDE F$ statisch nicht erforderlich. Haben aber die Punkte D und F bzw. die Last P und Q zu tragen (Fig. 374), wovon Q die grössere ist, so bedarf

jenes Feld einer Aussteifung durch die Diagonale DE mit der Länge d und der Druckspannung

$$Y = \frac{d}{h} V = -\frac{d l_1}{h l} (Q - P), \quad \dots \dots \dots 95.$$

welche für $Q = \frac{11}{60} (p + q) l$ und $P = \frac{11}{60} p l$ ihren Höchstwert erreicht.

Für $l_1 = \frac{l}{3}$ wird

$$Y = -\frac{d}{3h} (Q - P) \quad \dots \dots \dots 96.$$

Wecheln die Belastungen P und Q der Punkte D und F , so erfordert dieser Belastungszustand eine Diagonale CF mit derselben größten Beanspruchung auf Druck. Können beide Belastungszustände nacheinander eintreten, dann sind zwei Diagonalen DE und CF einzuschalten, um in beiden Fällen das Verschieben des Rechteckes $CDE F$ zu verhindern.

Das zweifache Hängewerk erhält entweder zwei Hängefäulen mit schmiedeeisernen Bändern (Fig. 375) oder schmiedeeiserne Hängestangen, die den Spannbalken tragen und den beim einfachen Hängewerk beschriebenen ähnliche Anordnungen erfordern. Insbesondere sind die Verbindungen der Hängefäulen und der Streben mit dem Spannbalken den bzw. in Fig. 370 bis 372, in Fig. 363 und in Fig. 366 links und rechts dargestellten entsprechend. Dagegen erfordert die Verbindung der Hängefäule mit den Streben und dem Spannriegel eine etwas abweichende Anordnung. Entweder läßt man Streben und Spannriegel mittels Zapfen und Versatzung in die Hängefäule eingreifen, in welchem Falle die Hängefäule nach oben so weit zu verlängern ist, daß das Abscheren durch die Kraft P nicht erfolgen kann (Fig. 376), oder man setzt, wo eine solche Verlängerung der Hängefäule nicht statthaft ist, Strebe und

Spannriegel mit Versatzung in dieselbe ein und verbindet sie durch je zwei dreiarmige Bänder, welche man mittels je dreier durchgehender Schrauben befestigt

Fig. 375.

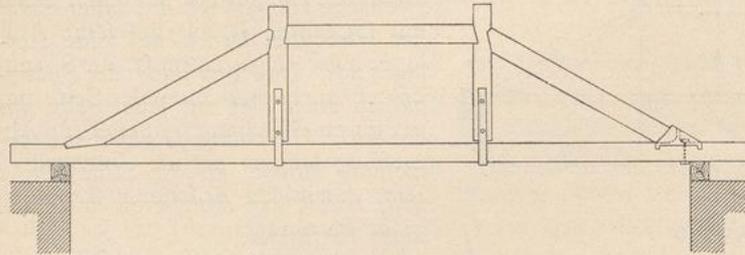


Fig. 376.

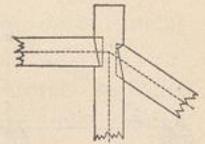
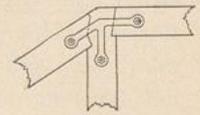


Fig. 377.



(Fig. 377). Wo gekreuzte Diagonale erforderlich werden, verzapft man dieselben oben mit den Hängefäulen, unten mit den Hängefäulen oder Hauptbalken und überblattet sie am Kreuzungspunkte, wo man sie noch mit einer Schraube verbindet.

d) Hängesprengwerke.

174.
Grundgedanke
und
Konstruktion.

Erfordert ein Balken Unterstützung in 3 oder 4 Zwischenpunkten, so läßt sich hierzu eine Verbindung von Sprengwerk und Hängewerk, und zwar bezw. das einfache und das doppelte Hängesprengwerk (Fig. 378 u. 379) anwenden.

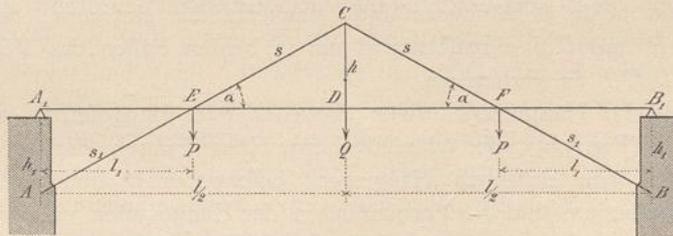
Wird beim einfachen Hängesprengwerk jeder der Punkte E und F mit der Last P und der Punkt C mit der Last Q beschwert, so erfährt die Hängefäule die Spannung $V = Q$, 97. während die Strebenteile CE und CF die Spannungen

$$S = -\frac{V}{2 \sin \alpha} = -\frac{s}{2h} V \dots\dots\dots 98.$$

annehmen. Der Teil EF des Hauptbalkens erleidet den Zug

$$H = \frac{V}{2 \operatorname{tg} \alpha} = \frac{\frac{l}{2} - l_1}{2h} V \dots\dots\dots 99.$$

Fig. 378.



In den Punkten E und F wirken die Gesamtgewichte $P + \frac{Q}{2}$, welche in den Strebeteilen EA und FB die Druckspannungen

$$S_1 = -\frac{P + \frac{Q}{2}}{\sin \alpha} = -\frac{s_1}{h_1} \left(P + \frac{Q}{2} \right) \dots\dots\dots 100.$$

und im Teile EF des wagrechten Balkens die Druckspannung

$$H_1 = -\frac{P + \frac{Q}{2}}{\operatorname{tg} \alpha} = -\frac{l_1}{h_1} \left(P + \frac{Q}{2} \right) \dots \dots \dots 101.$$

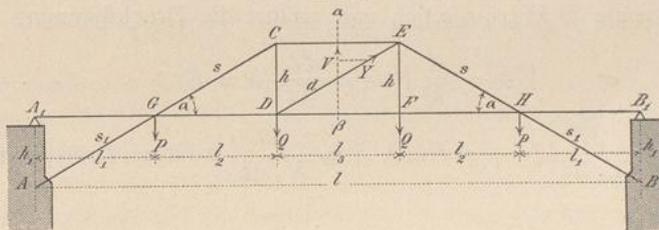
erzeugen, woraus sich, wegen $\frac{\frac{l}{2} - l_1}{h} = \frac{l_1}{h_1}$, seine Gefamtspannung zu

$$H + H_1 = \frac{l_1}{h_1} \left(\frac{V}{2} - P - \frac{Q}{2} \right) \dots \dots \dots 102.$$

ergibt.

Werden die Hauptbalkenteile A_1E , ED , DF und FB_1 gleich lang angenommen, so find, wenn $G = (p + q) l$ die Gefamtbelastung des Hauptbalkens bezeichnet,

Fig. 379.



$P = \frac{32}{28} \cdot \frac{G}{4} = \frac{32}{4 \cdot 28} (p + q) l$ und $Q = \frac{26}{28} \cdot \frac{G}{4} = \frac{26}{4 \cdot 28} (p + q) l$, während die Auflager die Drücke $A_1 = B_1 = \frac{11}{28} \cdot \frac{G}{4} = \frac{11}{4 \cdot 28} (p + q) l$ aufzunehmen haben.

Wird beim doppelten Hängesprengwerk jeder der Punkte G, H und D, F bezw. mit dem Gewichte P und Q belastet (Fig. 379), so erfahren die Hängefäulen die Spannung

$$V = Q, \dots \dots \dots 103.$$

die Strebenteile CG und EH die Druckspannungen

$$S = -\frac{V}{\sin \alpha} = -\frac{s}{h} V, \dots \dots \dots 104.$$

während der Spannriegel den Druck

$$R = -\frac{V}{\operatorname{tg} \alpha} = -\frac{l_2}{h} V \dots \dots \dots 105.$$

und der Hauptbalkenteil GH den zahlenmäsig gleichen Zug

$$H = \frac{V}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{l_2}{h} V \dots \dots \dots 106.$$

erleiden.

In den Punkten G und H wirken die Lasten $P + Q$, welche in den Strebeteilen AG und HB die Druckspannungen

$$S_1 = -\frac{P + Q}{\sin \alpha} = -\frac{s_1}{h_1} (P + Q) \dots \dots \dots 107.$$

und im Hauptbalkenteil GH die Druckspannung

$$H_1 = -\frac{P + Q}{\operatorname{tg} \alpha} = -\frac{l_1}{h_1} (P + Q) \dots \dots \dots 108.$$

erzeugen, woraus sich, wegen $\frac{l_2}{h} = \frac{l_1}{h_1}$, die Gesamtspannung des letzteren zu

$$H + H_1 = \frac{l_1}{h} (V - P - Q) \dots \dots \dots 109.$$

ergibt.

Werden die Hauptbalkenteile $A_1 G$, GD , DF , FH und HB_1 gleich lang angenommen, so find, wenn $G = (p + q) l$ die Gesamtbelastung des Hauptbalkens bezeichnet, $P = \frac{43}{38} \cdot \frac{G}{5} = \frac{43}{5 \cdot 38} (p + q) l$ und $Q = \frac{37}{38} \cdot \frac{G}{5} = \frac{37}{5 \cdot 38} (p + q) l$,

während die Auflager die Drücke $A_1 = B_1 = \frac{15}{38} \cdot \frac{G}{5} = \frac{15}{5 \cdot 38} (p + q) l$ aufzunehmen haben.

Wenn das doppelte Hängesprengwerk in den Punkten D und F ungleich, und zwar bezw. durch R und S , wovon die letztere die größere ist, belastet wird, so ist die Diagonale DE erforderlich und erfährt die Druckspannung

$$Y = -\frac{d}{h} V = -\frac{d l_2}{h l} (S - R), \dots \dots \dots 110.$$

welche für $S = \frac{37}{5 \cdot 38} (p + q) l$ und $R = \frac{37}{5 \cdot 38} p l$ ihren Größtwert erreicht. Für

$l_2 = \frac{l}{5}$ wird

$$V = -\frac{d}{5h} (S - R) \dots \dots \dots 111.$$

Die Verbindungen der Hängefäulen mit den Balken, der Hängefäulen mit den Streben und Spannriegeln, sowie der Streben mit ihren Stützpunkten stimmen mit den entsprechenden Verbindungen der Sprengwerke und der Hängewerke überein; dagegen erfordern die Streben und Balken an denjenigen Stellen, wo sie sich kreuzen, eine besondere Verbindung. Wo die Stärken der Balken und Streben dies gestatten, werden dieselben so überblattet, daß von den Streben als den Hauptträgern höchstens $\frac{1}{3}$ ihrer Dicke ausgechnitten wird (Fig. 380 u. 381 links). Sollen die Streben überhaupt nicht verschwächt werden, so wendet man zwei Balken von geringerer Breite an, welche in

Fig. 380.

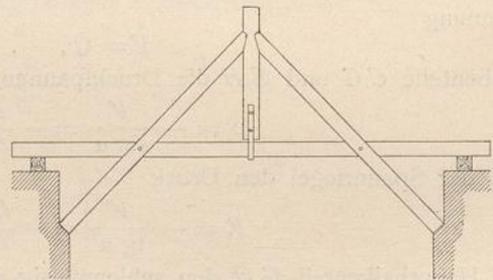
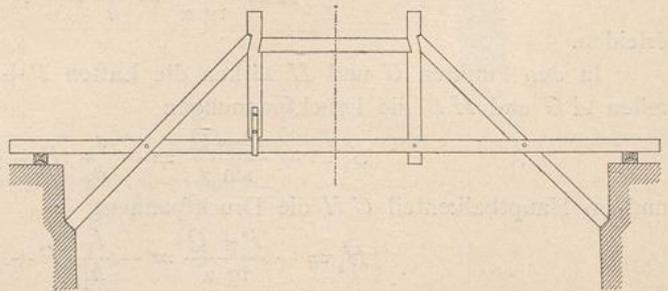


Fig. 381.



die Streben an ihren Kreuzungsstellen etwas eingelassen werden, während man die Hängefäulen zwischen den doppelten Balken nach unten verlängert und dort die Balken ebenfalls etwas einläßt (Fig. 381 rechts). Bei Anwendung sowohl einfacher, als auch doppelter Balken werden dieselben an ihren Kreuzungsstellen überdies durch Schraubenbolzen mit den Streben verbunden; ebenso werden die verlängerten Hängefäulen mit den doppelten Balken an ihren Kreuzungsstellen verschraubt. Wo zur Versteifung des rechteckigen Mittelfeldes gekreuzte Diagonale erforderlich sind, werden dieselben in der beim doppelten Hängewerk angegebenen Weise eingefetzt und befestigt.

5. Kapitel.

Bohlen- und Bretterverbände.

Die Verbände von Bohlen und Brettern bezwecken meist die Herstellung entweder von wagrechten Bauteilen, wie Böden und Decken, oder von lotrechten Bauteilen, wie Wänden und Wandbekleidungen, Türen und Thoren, oder von Bauteilen, welche aus Bohlen von verschiedener Neigung zusammengesetzt sind. Dieselben sind wesentlich verschieden, je nachdem sie in einer Ebene, in zwei zu einander parallelen Ebenen oder in mehreren, unter einem Winkel zu einander geneigten Ebenen zusammenzufetzen sind.

a) Verbände in einer Ebene.

1) Verbreiterungen.

Die Bohlen- und Bretterverbände in einer wagrechten Ebene werden je nach dem niedrigeren oder höheren Grade des Zusammenhanges mittels der geraden und schrägen Fuge, mittels Falz, mittels Nut und Feder oder mittels Verzapfung, Nut und eingelegter Feder, diejenigen in einer lotrechten Ebene je nach dem besonderen Zwecke mittels gerader und schräger Fugen ohne und mit Deckleisten, Falz oder Keil- und Quadratspundung, Nut und Feder bewirkt.

Das Herstellen der geraden und schrägen Fuge wird bezw. Säumen und Meßern genannt. Die Fuge wird in beiden Fällen mit einem Handhobel glatt gehobelt und

175.
Verfahren
der
Verbreiterung.

176.
Säumen und
Meßern.

Fig. 382.



Fig. 383.

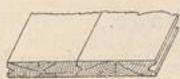
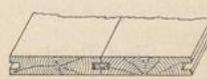


Fig. 384.



Fig. 385.



die Befestigung der Bretter mit Hilfe von Leim oder mittels eines gut bindenden Kittes bewirkt.

Beim Falzen wird die Fuge der Bretter oder Bohlen mittels Falzhobel mit einem Falze (Fig. 382) versehen, dessen Tiefe und Breite ihrer halben Dicke gleich kommt. Jedenfalls muß der Falz größer sein als das Maß, um welches die Bohle voraussichtlich schwindet. Da dieses Schwinden mit der Breite der Bohlen wächst, so empfiehlt es sich, schmale Bohlen anzuwenden.

177.
Falzen.