



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Universitätsbibliothek Paderborn

Lehrbuch des Hochbaues

Grundbau, Steinkonstruktionen, Holzkonstruktionen, Eisenkonstruktionen ,
Eisenbetonkonstruktionen

Esselborn, Karl

Leipzig, 1908

2. Die Berechnung einfacher Balkenbinder

[urn:nbn:de:hbz:466:1-50294](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-50294)

polygonaler Obergurtung für Tonnend cher; die letztere Anordnung wird auch als Sieldach bezeichnet und trägt in der Mitte eine sog. Laterne zur Lüftung und Beleuchtung. Dachbinder mit  berkragenden Enden, wie diese bei Bahnsteighallen und Güterschuppen oft Verwendung finden, sind durch die Abb. 11 bis 13 gegeben. Als Beispiel für ein Konsoldach möge Abb. 14 dienen.

Die folgenden Abbildungen 15 bis 20 stellen Binder von Bogend chern dar. Während die Anordnungen nach Abb. 15 bis 17 die horizontalen Komponenten ihrer Kämpferdrücke auf die Lager und das darunterliegende Mauerwerk übertragen, werden diese Horizontalschübe bei den Anordnungen 18 bis 20 durch Zugstangen aufgenommen, so daß auf das Mauerwerk bei lotrechter Belastung nur lotrechte Kräfte übertragen werden. Von diesen Bogend chern sind die Systeme nach den Abb. 15, 16 u. 18 als Dreigelenkbogen statisch bestimmt, während die Binder nach Abb. 17, 19 u. 20 einfach statisch unbestimmte Konstruktionen darstellen. Der Binder nach Abb. 19 ist als vollwandiger Bogenbinder mit aufgehobenem Horizontalschube gedacht.

Auf die größeren ebenen Dachkonstruktionen, die über mehrere Stützpunkte hinweglaufen und aus mehreren Fachwerkteilen zusammengesetzt sind, wie Schedd cher, S ged cher usw., sowie auf die räumlichen Dachkonstruktionen sei an dieser Stelle nicht näher eingegangen; der Hinweis auf FÖRSTERS »Eisenkonstruktionen« und das »Handbuch der Architektur« möge hier genügen.

2. Die Berechnung einfacher Balkenbinder. Hinsichtlich der Berechnung der Dachbinder seien hier die allgemeinen Gesichtspunkte angeführt und auf den Balkenbinder nach Abb. 444 angewendet. Vor der Ermittlung der inneren Spannungen ist wie immer zunächst die Bestimmung der vorliegenden, äußeren Belastungen und der zugehörigen Auflagerdrücke nötig. Als äußere Belastungen sind nach § 27 die Eigengewichte, Schnee- und Windlasten vorhanden. Die Größe der einzelnen Lasten, die in den Auflagerpunkten der Pfetten übertragen werden, sind zunächst zu berechnen. Ist z. B. für das Dach, dessen Binder durch Abb. 444 dargestellt ist, das Eigengewicht der Deckung für das qm Dachfläche 90 kg und wird das Bindergewicht zu 30 kg für das qm Dachgrundfl che angenommen, so ergeben sich bei einem Binderabstand von 4,0 m folgende Eigengewichtslasten für die Auflagerpunkte der Pfetten, wobei das Bindergewicht der Einfachheit halber auch auf die Pfettenpunkte verteilt angenommen ist:

$$G_1 = G_{13} = 4,0 \left(\frac{3,2}{2} \cdot 90 + \frac{2,5}{2} \cdot 30 \right) = \text{rd. } 720 \text{ kg} \quad (3,2 = \text{Abstand der Pfetten in Dachneigung; } 2,5 = \text{Horizontalprojektion des Pfettenabstandes}).$$

$$G_2 = G_3 = G_4 \dots = G_{12} = 4,0 (3,2 \cdot 90 + 2,5 \cdot 30) = \text{rd. } 1440 \text{ kg.}$$

Wegen der Symmetrie des Binders und der Belastung sind die Auflagerdrücke *A* und *B* für Eigengewicht je gleich der Hälfte der Lasten, also

$$A = B = \frac{G_1 + G_2 + G_3 + \dots}{2} = \frac{12 \cdot 1440}{2} = 8640 \text{ kg.}$$

Die Stabspannungen für Eigengewicht sind mit Hilfe eines CREMONASchen Kräfteplanes in Abb. 446 ermittelt. Wegen der Symmetrie war eine Zeichnung des Kräfteplanes nur bis zur Hälfte nötig.

Für Schnee ergeben sich folgende Knotenpunktslasten, wenn die Schneelast für das qm Dachgrundfl che = 75 kg beträgt:

$$S_1 = 4,0 \cdot \frac{2,5}{2} \cdot 75 = 375 \text{ kg} \text{ und } S_2 = S_3 \dots = 4,0 \cdot 2,5 \cdot 75 = 750 \text{ kg.}$$

Für die Ermittlung der Windkräfte sei ein Winddruck von 125 kg/qm zugrunde gelegt und eine Windrichtung von 10  zur Horizontalen angenommen. Ist der Neigungs-

winkel des Daches = α , so ist die Windkomponente senkrecht zur Dachfläche $w' = 125 \cdot \sin(\alpha + 10^\circ)$, und die einzelnen Knotenlasten berechnen sich zu:

$$W_1 = W_7 = 4 \cdot \frac{3,2}{2} \cdot 125 \cdot \sin(\alpha + 10^\circ), \text{ (Abb. 447.)}$$

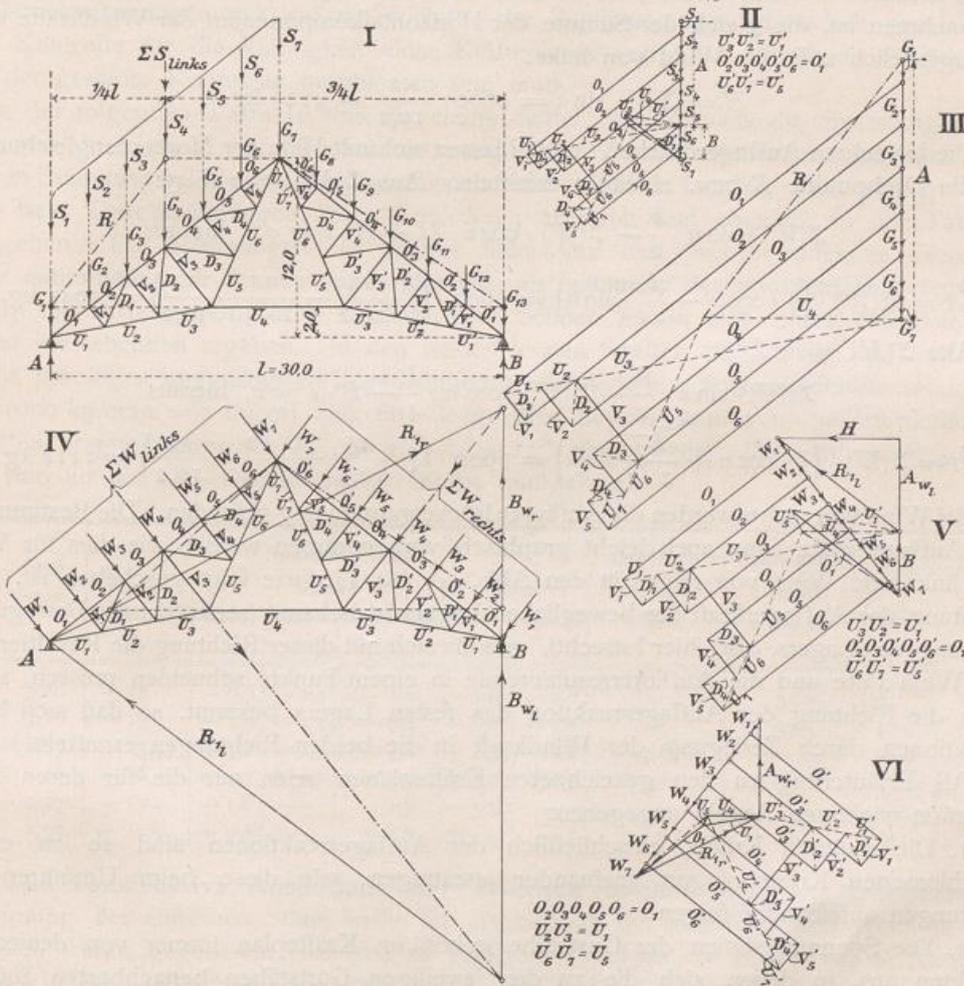
$$W_2 = W_3 \dots W_6 = 4 \cdot 3,2 \cdot 125 \cdot \sin(\alpha + 10^\circ):$$

$\sin \alpha = \frac{12}{19,2} = 0,625$ (12 m = Höhe des Binders, 19,2 m = Länge der Obergurtung von Auflager bis First). $\alpha = 38^\circ 40'$, $\alpha + 10^\circ = 48^\circ 40'$, $\sin(\alpha + 10^\circ) = 0,66$ und $125 \cdot \sin(\alpha + 10^\circ) = \text{rd. } 85 \text{ kg/qm}$:

$$W_1 = W_7 = 2 \cdot 3,2 \cdot 85 = \text{rd. } 550 \text{ kg und}$$

$$W_2 = W_3 \dots W_6 = 4 \cdot 3,2 \cdot 85 = 1088 = \text{rd. } 1100 \text{ kg.}$$

Abb. 444 bis 449. Graphische Untersuchung eines Dachbinders.
Längenmaßstab 1:500; Kräftemaßstab 1 cm = 2,5 t.



Die gleichen Windkräfte treten wegen der Symmetrie auch bei Wind von rechts auf.

Für die Untersuchung des Binders auf Schneebelastung ist zu unterscheiden, ob der Schnee nur auf einer Seite oder auf beiden Seiten des Daches liegt. Beide Fälle können selbstredend in der Natur vorkommen (durch Wegschmelzen oder Wegwehen des Schnees auf der einen Seite), und da es möglich ist, daß die Spannungen in manchen Stäben besonderer Binderformen für einseitige Schneelast größer sein können

als für beiderseitige, so müssen diese beiden Belastungsfälle berücksichtigt werden. Ist der zu untersuchende Dachbinder symmetrisch, so ist die Spannungsermittlung nur für einseitige Schneelast erforderlich, da sich die Spannungen für beiderseitige Schneebelastung hierbei direkt durch Addition der Spannungen in den symmetrischen Stäben ergeben; selbstredend muß diese Addition unter Berücksichtigung des Vorzeichens geschehen. Für das vorliegende Beispiel ist für Schnee links die graphische Spannungsermittlung nach CREMONA (Abb. 445) durchgeführt, nachdem zuvor die Auflagerdrücke für diese Schneebelastung ermittelt wurden zu:

$$A_s = \Sigma S_{\text{links}} \cdot \frac{3}{4} = 4500 \cdot \frac{3}{4} = 3375 \text{ kg} \quad \text{und} \quad B_s = 4500 \cdot \frac{1}{4} = 1125 \text{ kg}.$$

Bei der Untersuchung auf Winddruck ist die Möglichkeit zu berücksichtigen, daß der Wind entweder von der einen oder von der andern Seite wehen kann. Für beide Fälle sind die Stabspannungen zu bestimmen. Zunächst müssen wieder die Auflagerkräfte ermittelt werden, wobei jetzt an dem festen Auflager auch eine Horizontalkraft H aufzunehmen ist, die gleich der Summe der Horizontalkomponenten der Windkräfte wird. So ergibt sich z. B. für Wind von links:

$$H = \Sigma W \cdot \sin \alpha = 6600 \cdot \frac{1,2}{19,2} = 4125 \text{ kg}.$$

Die lotrechten Auflagerdrücke A und B lassen sich mit Hilfe der Momentengleichungen für die Drehpunkte B bzw. A direkt ermitteln. Aus $\Sigma(M)_B = 0$ folgt:

$$\Sigma(W) \cdot \sin \alpha \cdot \frac{h}{2} - \Sigma(W) \cdot \cos \alpha \cdot \frac{3}{4}l + A \cdot l = 0; \quad \text{hieraus}$$

$$A = \Sigma(W) \cdot \left(\frac{3}{4} \cdot \cos \alpha - \frac{h}{2l} \cdot \sin \alpha \right) = 6600 \cdot \left(\frac{3}{4} \cdot \frac{15}{19,2} - \frac{12}{2 \cdot 30} \cdot \frac{12}{19,2} \right) = 3043 \text{ kg}.$$

Aus $\Sigma(M)_A = 0$ folgt:

$$\Sigma(W) \cdot \sin \alpha \cdot \frac{h}{2} + \Sigma(W) \cdot \cos \alpha \cdot \frac{l}{4} - B \cdot l = 0, \quad \text{hieraus}$$

$$B = \Sigma(W) \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \cos \alpha + \frac{h}{2l} \cdot \sin \alpha \right) = 6600 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \frac{15}{19,2} + \frac{12}{2 \cdot 30} \cdot \frac{12}{19,2} \right) = 2112 \text{ kg}.$$

Bei Wind von rechts werden die Auflagerdrücke ganz analog gefunden. Die Bestimmung der Auflagerkräfte kann auch leicht graphisch vorgenommen werden wie dies für Wind von links und Wind von rechts in den Abb. 447 bis 449 wie folgt geschehen ist. Die Richtung der Auflagerkraft des beweglichen Lagers ist bekannt (senkrecht zur Bewegungsrichtung des Lagers, also hier lotrecht), und da sich mit dieser Richtung die Resultierende der Windkräfte und die Auflagerresultierende in einem Punkte schneiden müssen, so ist auch die Richtung der Auflagerreaktion des festen Lagers bekannt, so daß sich beide Reaktionen durch Zerlegung der Windkraft in die beiden Richtungen ermitteln lassen.

Als Erläuterung zu den gezeichneten Kr aftepl anen seien nur die für deren Konstruktion wichtigen Regeln angegeben:

1. Die äußeren Kräfte, einschließlich der Auflagerreaktionen sind so zu einem geschlossenen Kräftepolygon aneinander anzutragen, wie diese beim Umfahren der Gurtungen aufeinander folgen.

2. Die Spannungslinien der Gurtstäbe gehen im Kräfteplan immer von denjenigen Punkten aus, in denen sich die zu den jeweiligen Gurtstäben benachbarten äußeren Kräfte schneiden, wobei »benachbart« im Sinne des Umfahrens der Gurtungen aufzufassen ist. So sind z. B. zu Stab O_2 die Kräfte G_2 und G_3 für Stab U_4 die Auflagerkräfte A und B in diesem Sinne benachbart.

3. Die Spannungslinien von Zwischenst aben (Diagonalen oder Pfosten) gehen immer von denjenigen Punkten aus, in denen sich die Spannungslinien derjenigen Stäbe schneiden, die mit den betreffenden Zwischenst aben jeweils ein Dreieck (Fach) bilden.

Bei der Konstruktion eines Kräfteplanes muß man immer mit einem einfachen Knotenpunkt beginnen, d. h. mit einem solchen Knotenpunkt, an dem nur 2 Stäbe angreifen; beim Weitergehen an andere Knotenpunkte dürfen nicht mehr als 2 Stäbe unbekannt vorhanden sein, da ein jeder Knotenpunkt nur 2 Gleichungen ergibt. Sind mehr als 2 Unbekannte vorhanden, so müssen diese Mehrstäbe zunächst anderweitig ermittelt werden; z. B. nach RITTER oder CULMANN, um mit der Aufzeichnung des Kräfteplanes weiter fortfahren zu können. In dem vorgeführten Beispiel ist dies für den Stab U_4 nach CULMANN geschehen.

Für die Art der Spannungen, Zug oder Druck, sind die Wirkungen der einzelnen Stabkräfte auf die Knotenpunkte bezeichnend; wirkt die Kraft auf die Knotenpunkte zu, so ist die Stabkraft Druck (—), wirkt sie vom Knotenpunkt weg, so ist sie Zug (+). Mit Hilfe der geschlossenen Kräftepolygone für die einzelnen Knotenpunkte lassen sich die Vorzeichen der Spannungen leicht bestimmen. In dem gezeichneten Beispiel sind die Druckspannungen mit vollen Strichen, die Zugspannungen gestrichelt gezeichnet. Eine Kontrolle für die Richtigkeit eines Kräfteplanes ergibt sich durch die Bedingung, daß der gesamte Kräfteplan geschlossen sein muß.

In der folgenden Tabelle sind für einige Stäbe des Beispiels die Spannungen für Eigengewicht, Schnee und Wind zusammengestellt. Durch algebraische Addition derjenigen Spannungen, die gleichzeitig nebeneinander auftreten können, wurden die größten Zug- bzw. Druckspannungen, S_{\max} bzw. S_{\min} , ermittelt und ebenfalls in der Tabelle angegeben. Die Spannungen für Schnee links sind aus dem betreffenden Cremona direkt entnommen, für Schnee rechts ebenfalls als Spannung der symmetrisch gelegenen Stäbe; die Spannungen durch beiderseitigen Schnee haben sich durch Addition der beiden vorstehenden ergeben. In den beiden letzten Spalten der Tabelle sind noch die für die jeweiligen ungünstigsten Zugspannungen erforderlichen Nutzquerschnitte (F_{netto} für $k = 1000 \text{ kg/qcm} = 1 \text{ t/qcm}$) und für die größten Druckspannungen die erforderlichen kleinsten Trägheitsmomente ($J_{\min} = 2,5 \cdot S_{\min} \cdot s_m^2$) eingetragen. Diese Werte F_{netto} und J_{\min} sind für die Dimensionierung der Stäbe maßgebend.

Stab	Stab- länge s m	Eigen- gewicht t	Spannungen für					Ungünstigste Spannungen		Erforderlich	
			Schnee			Wind		Zug (S_{\max}) t	Druck (S_{\min}) t	F_{netto} qcm	J_{\min} cm ⁴
			links t	rechts t	beiderseits t	links t	rechts t				
O_1	3,20	— 17	— 6,6	— 2,4	— 9,0	— 7,0	— 2,8	—	33,0	33	845
O_3	3,20	— 14	— 5,0	— 2,4	— 7,4	— 6,0	— 2,8	—	27,4	27	702
U_1	1,85	+ 13,45	+ 5,2	+ 1,9	+ 7,1	+ 9,35	— 1,9	29,9	— ¹⁴⁾	29,9	—
U_4	4,40	+ 6,5	+ 1,7	+ 1,7	+ 3,4	+ 3,25	— 1,7	13,15	— ¹⁴⁾	13,15	—
V_3	2,50	— 3,4	— 1,8	—	— 1,8	— 3,3	—	—	8,5	8,5	133
D_2	2,35	+ 1,5	+ 0,8	—	+ 0,8	+ 1,5	—	3,8	—	3,8	—

3. Die konstruktive Ausbildung der eisernen Dachbinder. Die Querschnittsbestimmung der einzelnen Stäbe sowie die Ausbildung der einzelnen Knotenpunkte hat nach den früher gegebenen Gesetzen zu erfolgen. Werden die Binder nur in Knotenpunkten belastet, so haben die Stäbe reine Zug- oder Druckkräfte aufzunehmen und sind dementsprechend zu konstruieren, die Zugstäbe müssen den erforderlichen Nutzquerschnitt unter Berücksichtigung der Nietschwächung und gedrückte Stäbe außerdem noch die erforderliche 5-fache Knicksicherheit ($J_{\min} = 2,5 P_t \cdot s_m^2$) erhalten (§ 10, 1).

¹⁴⁾ Da die positive Eigengewichtsspannung größer ist als die negative Spannung für Wind rechts, so tritt eine Druckspannung nicht auf.