dreieckige Erhöhungen und Vertiefungen erfordert. Wo Balkenlagen in drei über einander befindlichen Ebenen vorkommen, wie dies bei den Balkenlagen von Holz- und Fachwerkbauten vorkommt, wiederholen fich die zuvor genannten Verbindungen, wobei an den Ecken vorzugsweife der weifsfchwanzförmige, zwifchen denfelben der fchwalbenfchwanzförmige Kamm Anwendung findet. Da verkämmte Verbandftücke in der Regel durch Belaftung genügend auf einander gepreſst werden, fo ift eine weitere Befeftigung derfelben durch Dollen wenig im Gebrauch.

β) Das Nuthen auf den Grat (XVIIIa) dient zur Verbindung meift rechtwinkelig fich kreuzender Bretter, wobei gewöhnlich eine Bretterlage durch einzelne ftärkere Bretter (Leiften) zu einer Tafel vereinigt wird. Damit ein Abheben der Bretterlage nicht ftattfinden kann, erhalten diefelben eine fchwalbenfchwanzförmig erweiterte Nuth, in welche eine entfprechend geformte Feder oder Leifte eingreift, die rechtwinkelig zu den Langfeiten der Bretter eingefchoben wird. 146. Nuthen auf den Grat.

2. Kapitel.

Freiftützen und Pfähle.

Die im Hochbauwefen erforderlichen Freiftützen kommen meift im befchlagenen Zuftande, als Pfoften, zur Verwendung und haben hauptfächlich ruhende Laften zu tragen, während die zum Grundbau dienenden durchgehenden oder zufammengefetzten Pfähle meift unbefchlagen bleiben, zwar in gleicher Weife belaftet werden, aber aufserdem den Stöfsen beim Einrammen zu widerftehen haben. Während die Pfoften meift ganz frei ftehen und je nach dem Verhältnifs ihrer kleinften Querfchnittsdimenfion zu ihrer Länge $\frac{h}{l}$ einem Druck oder einer feitlichen Ausbiegung ausgefetzt find, ftecken die Roftpfähle theilweife und die Grundpfähle ganz im Baugrund.

a) Freiftützen.

Bezeichnet man mit E den Elafticitäts-Modul, mit K die zuläffige Beanfpruchung auf einfachen Druck, mit C einen von der Endbefeftigung der Stütze abhängigen Coefficienten, fo ift, wenn c einen von der Querfchnittsform abhängigen Zahlen-Coefficienten und $\frac{1}{s}$ den Sicherheits-Coefficienten bezeichnet, welcher durchfchnittlich zu $\frac{1}{10}$ angenommen werden kann, die Freiftütze auf Druck oder feitliche Ausbiegung zu berechnen, je nachdem [69]) 147. Form und Stärke.

$$\frac{h}{l} \gtrless \sqrt{\frac{K}{E}} \sqrt{\frac{s}{Cc}} \quad \ldots \ldots \quad 16.$$

Bezeichnet P die Belaftung der Stütze, fo erhält man im erfteren Falle den Querfchnitt diefer Stütze [70])

$$F = \frac{P}{K}, \quad \ldots \ldots \quad 17.$$

im letzteren Falle das Trägheitsmoment ihres Querfchnittes [71])

$$\mathcal{J} = \frac{s\, l^2}{C\, E} P \quad \ldots \ldots \quad 18.$$

69) Nach Gleichung 131. (S. 303) ebendaf.

70) Nach Gleichung 2. (S. 246), bezw. 135 (S. 305) ebendaf.

71) Nach Gleichung 133. u. 134. (S. 304) ebendaf.

Da die Querſchnitte beſchlagener Stützen Rechtecke ſind, deren gröſste Seite mit b und deren kleinſte Seite mit h bezeichnet werden mag, ſo läſst ſich im erſteren Falle aus der Relation

$$b\,h = \frac{P}{K}, \quad \ldots \ldots \ldots \quad 19.$$

im letzteren Falle, worin $c = \frac{1}{12}$ beträgt, aus

$$b\,h^3 = 12\,\frac{s\,l^2}{C\,E}\,P \quad \ldots \ldots \ldots \quad 20.$$

eine dieſer Dimenſionen ermitteln, wenn die andere angenommen iſt. Da $h < b$ iſt, alſo höchſtens $h = b$ werden kann, ſo zeigt die letzte Gleichung, daſs P ſeinen relativ gröſsten Werth erreicht, wenn die Stütze einen quadratiſchen, d. h. einen Querſchnitt erhält, für welchen die Gefahr einer ſeitlichen Ausbiegung nach zwei zu einander normalen Richtungen gleich gering iſt und deſſen Seite

$$b = \sqrt[4]{\frac{12\,s\,l^2}{C\,E}\,P} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 20a.$$

beträgt.

Der zuläſſige Druck auf die Flächeneinheit des Querſchnittes einer auf ſeitliche Ausbiegung beanſpruchten, rechteckig beſchlagenen Stütze iſt [71])

$$k = \frac{1}{12} \cdot \frac{C\,E}{s} \left(\frac{h}{l}\right)^2 \quad \ldots \ldots \ldots \quad 21.$$

und nimmt, wenn aus Gleichung 16. der Grenzwerth

$$l = h\,\sqrt{\frac{E}{K}}\,\sqrt{\frac{C}{12\,s}} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 22.$$

eingeführt wird, ſeinen gröſsten Werth

$$k = K, \quad \ldots \ldots \ldots \quad 23.$$

ferner für alle unter übrigens gleichen Umſtänden zunehmenden Längen der Stützen abnehmende Werthe an, welche (für Kilogramm und Quadr.-Centimeter) aus der Gleichung

$$K = 1000\,C\left(\frac{h}{l}\right)^2 \quad \ldots \ldots \ldots \quad 24.$$

berechnet werden können. Hieraus ergeben ſich für folgende vier Befeſtigungsarten der Stütze die nachſtehenden zuläſſigen Werthe von k [72]):

	Fall 1: Ein Ende eingeſpannt, das andere frei drehbar	Fall 2: Beide Enden frei drehbar	Fall 3: Beide Enden eingeſpannt	Fall 4: Ein Ende eingeſpannt, das andere drehbar, aber vertical geführt
$C =$	$\frac{\pi^2}{4}$	π^2	$4\,\pi^2$	$2\,\pi^2$
$k =$	$2467\left(\frac{h}{l}\right)^2$	$9868\left(\frac{h}{l}\right)^2$	$39\,472\left(\frac{h}{l}\right)^2$	$19\,736\left(\frac{h}{l}\right)^2$

Dies liefert für vorſtehende vier Fälle und folgende Werthe von $\frac{h}{l}$ beſchlagener Stützen die nachſtehenden Werthe von k:

[72]) Siehe auch die Tabelle in Art. 341 (S. 305) ebendaſ.

$\frac{h}{l}$	0,117	0,110	0,101	0,090	0,080	0,070	0,060	0,050	0,040	0,030	0,020	0,010
k_1	75	55	38	25	20	16	12	9	6	4	2	1
k_2	300	220	152	100	80	64	48	36	24	16	8	4
k_3	1200	880	608	400	320	256	192	144	96	64	32	16
k_4	600	440	304	200	160	128	96	72	48	32	16	8
	Kilogramm pro 1 qcm.											

Beifpiel. Hat ein Ständer von 4 m Höhe mit quadratifchem Querfchnitt, deffen unteres Ende feft eingefpannt, deffen oberes Ende drehbar ift, eine Laft von 1000 kg zu tragen, fo läfft fich deffen Stärke, welche Sicherheit gegen feitliche Ausbiegung gewährt, auf folgende Art berechnen. Wird der Elafticitäts-Modul des Holzes $E = 120\,000$ kg, der Sicherheits-Coefficient für Holz $s = \frac{1}{10}$ angenommen, fo wird nach Gleichung 20 a. die Seite des quadratifchen Querfchnittes

$$b = \sqrt[4]{\frac{12 \cdot 4 \cdot \overline{400}^2 \cdot 10}{\overline{3{,}14}^2 \cdot 120\,000} 1000} = 21{,}24 \text{ cm}.$$

Frei ftehende, fchwer belaftete Freiftützen von mäfsiger Höhe werden aus einem einzigen Stamme hergeftellt. Wo bei bedeutenden Ständerhöhen eine Zufammenfetzung ihrer Theile ftattfinden mufs, wendet man den Nuthzapfen (fiehe Art. 129, S. 98) an, welchen man durch je zwei Holznägel, beffer Schraubenbolzen oder, je nach der Stärke des Ständers, durch zwei oder vier Schienen in Verbindung mit Bolzen (fiehe Fig. 277, S. 98) verftärkt. 148. Anwendung.

b) Pfähle.

Die zur Gründung von Hochbauten erforderlichen Pfähle werden in unbefchlagenem Zuftande und entweder als völlig im Baugrund fteckende Grundpfähle oder als theilweife in den Baugrund eingerammte, theilweife über denfelben hervorragende Roft- oder Langpfähle angewendet. Beide haben einen Widerftand zu entwickeln, welcher ihrer gröfsten Belaftung mindeftens gleich ift. Diefer Widerftand fetzt fich aus dem lothrechten Gegendruck des Baugrundes auf den Pfahlquerfchnitt und aus dem wagrechten Seitendruck deffelben auf die Pfahlwandung, bezw. dem hierdurch erzeugten Reibungswiderftand zufammen. Bezeichnet man jenen lothrechten und wagrechten Druck auf die Flächeneinheit bezw. mit w_1 und w_2, mit μ den Reibungs-Coefficienten zwifchen Pfahlholz und Baugrund, fo ergiebt fich für einen der gröfsten Belaftung Q durch ein Hochbauwerk ausgefetzten Pfahlroft mit n Pfählen von der Länge l und dem Durchmeffer d die Gleichung 149. Pfähle.

$$w_1 \, n \, \pi \frac{d^2}{4} + w_2 \, n \, \pi \, d \, l \, \mu = Q \, , \quad \ldots \ldots \quad 25.$$

woraus fich bei einer gegebenen Anzahl n von Grundpfählen deren Durchmeffer

$$d = -\frac{2 \, \mu \, l \, w_2}{w_1} + 2 \sqrt{\left(\frac{l \, \mu \, w_2}{w_1}\right)^2 + \frac{Q}{n \, \pi \, w_1}} \quad \ldots \ldots \quad 26.$$

oder, wie gewöhnlich, bei Verwendung von Pfählen mit bekanntem Durchmeffer, deren Zahl finden läfft. Die Stärke von Roftpfählen, welche unten feft im Boden ftecken, während fie mehr oder minder bedeutend über denfelben hervorragen, find nach Art der Freiftützen zu berechnen, deren unteres Ende eingefpannt und deren oberes Ende drehbar ift und wobei in Gleichung 18. $\mathfrak{J} = \frac{\pi}{64} d^4$ zu fetzen ift. Hieraus