



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente**

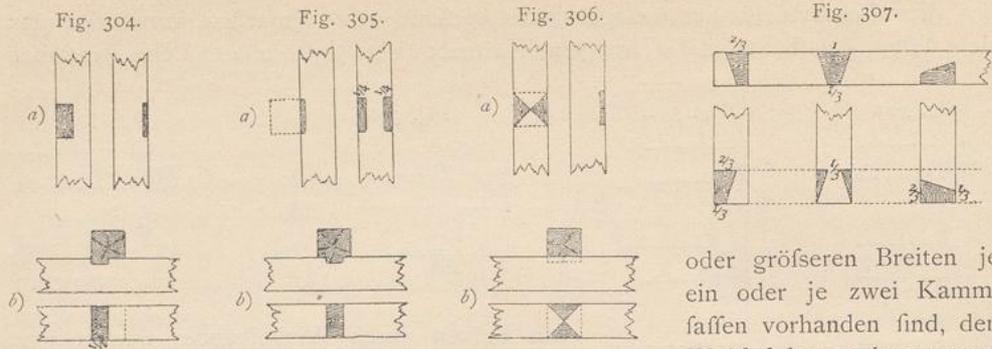
**Marx, Erwin**

**Stuttgart, 1901**

2. Kap. Freistützen und Pfähle

---

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



Schwalbenschwanzkamm (Fig. 307) und den Kreuzkamm (Fig. 304 a u. b), welcher je zwei dreieckige Erhöhungen und Vertiefungen erfordert. Wo Balkenlagen in drei übereinander befindlichen Ebenen vorkommen, wie dies bei den Balkenlagen von Holz- und Fachwerkbauten der Fall ist, wiederholen sich die zuvor genannten Verbindungen, wobei an den Ecken vorzugsweise der weifschwanzförmige, zwischen denselben der schwalbenschwanzförmige Kamm Anwendung findet. Da verkämte Verbandstücke in der Regel durch Belastung genügend aufeinander gepreßt werden, so ist die weitere Befestigung derselben durch Dollen wenig im Gebrauch.

146.  
Nuten  
auf den  
Grat.

β) Das Nuten auf den Grat (XVIIIa) dient zur Verbindung meist rechtwinkelig sich kreuzender Bretter, wobei gewöhnlich eine Bretterlage durch einzelne stärkere Bretter (Leisten) zu einer Tafel vereinigt wird. Damit das Abheben der Bretterlage nicht stattfinden kann, erhalten dieselben eine schwalbenschwanzförmig erweiterte Nut, in welche eine entsprechend geformte Feder oder Leiste eingreift, die rechtwinkelig zu den Langseiten der Bretter eingeschoben wird.

## 2. Kapitel.

### Freistützen und Pfähle.

Die im Hochbauwesen erforderlichen Freistützen kommen meist im beschlagenen Zustande, als Pfofen, zur Verwendung und haben hauptsächlich ruhende Lasten zu tragen, während die zum Grundbau dienenden durchgehenden oder zusammengesetzten Pfähle meist unbeschlagen bleiben, zwar in gleicher Weise belastet werden, aber außerdem den Stößen beim Einrammen zu widerstehen haben. Während die Pfofen meist ganz frei stehen und je nach dem Verhältnis ihrer kleinsten Querschnittsabmessung zu ihrer Länge  $\frac{h}{l}$  einem Druck oder einer seitlichen Ausbiegung ausgesetzt sind, stecken die Roftpfähle teilweise und die Grundpfähle ganz im Baugrund.

#### a) Freistützen.

147.  
Form und  
Stärke.

Bezeichnet man mit  $E$  den Elastizitätsmodul, mit  $K$  die zulässige Beanspruchung auf einfachen Druck, mit  $C$  einen von der Endbefestigung der Stütze abhängigen Koeffizienten, so ist, wenn  $c$  einen von der Querschnittsform abhängigen Zahlenkoeffizienten und  $\frac{1}{s}$  den Sicherheitskoeffizienten bezeichnen, welcher durchschnittlich

zu  $\frac{1}{10}$  angenommen werden kann, die Freistütze auf Druck oder seitliche Ausbiegung zu berechnen, je nachdem <sup>76)</sup>

$$\frac{h}{l} \geq \sqrt{\frac{K}{E}} \sqrt{\frac{s}{C c}} \quad \dots \quad 16.$$

Bezeichnet  $P$  die Belastung der Stütze, so erhält man im ersteren Falle den Querschnitt dieser Stütze <sup>77)</sup>

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

im letzteren Falle das Trägheitsmoment ihres Querschnittes <sup>78)</sup>

$$\mathcal{I} = \frac{s l^2}{C E} P \quad \dots \quad 18.$$

Da die Querschnitte beschlagener Stützen Rechtecke sind, deren größte Seite mit  $b$  und deren kleinste Seite mit  $h$  bezeichnet werden mögen, so läßt sich im ersteren Falle aus der Beziehung

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

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

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

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

$$b = \sqrt[4]{\frac{12 s l^2}{C E} P} \quad \dots \quad 21.$$

beträgt.

Der zulässige Druck auf die Flächeneinheit des Querschnittes einer auf seitliche Ausbiegung beanspruchten, rechteckig beschlagenen Stütze ist <sup>78)</sup>

$$k = \frac{1}{12} \cdot \frac{C E}{s} \left(\frac{h}{l}\right)^2 \quad \dots \quad 22.$$

und nimmt, wenn aus Gleichung 16 der Grenzwert

$$l = h \sqrt{\frac{E}{K}} \sqrt{\frac{C}{12 s}} \quad \dots \quad 23.$$

eingeführt wird, seinen größten Wert

$$k = K, \quad \dots \quad 24.$$

ferner für alle unter übrigens gleichen Umständen zunehmenden Längen der Stützen abnehmende Werte an, welche für  $\frac{E}{12 \cdot 5} = \frac{120000}{12 \cdot 10}$  (für Kilogr. und Quadr.-Centimeter) aus der Gleichung

$$K = 1000 C \left(\frac{h}{l}\right)^2 \quad \dots \quad 25.$$

<sup>76)</sup> Nach Gleichung 131, S. 303 (2. Aufl.: Gleichung 119, S. 105; 3. Aufl.: Gleichung 144, S. 130) ebendaf.

<sup>77)</sup> Nach Gleichung 2, S. 246, bzw. 135, S. 305 (2. Aufl.: Gleichung 32, S. 51, bzw. 126, S. 107; 3. Aufl.: Gleichung 37, S. 60, bzw. 143, S. 130) ebendaf.

<sup>78)</sup> Nach Gleichung 133 u. 134, S. 304 (2. Aufl.: Gleichung 124 u. 125, S. 107; 3. Aufl.: Gleichung 145, S. 131) ebenda.

berechnet werden können. Hiernach ergeben sich für folgende vier Befestigungsarten der Stütze die nachstehenden zulässigen Werte von  $k$ <sup>79)</sup>:

	Fall 1: Ein Ende eingezspannt, das andere frei drehbar	Fall 2: Beide Enden frei drehbar	Fall 3: Beide Enden ein- gezpannt	Fall 4: Ein Ende eingezspannt, das andere drehbar, aber lotrecht geführt
$C =$	$\frac{\pi^2}{4}$	$\pi^2$	$4\pi^2$	$2\pi^2$
$k =$	$2467 \left(\frac{h}{l}\right)^2$	$9868 \left(\frac{h}{l}\right)^2$	$39472 \left(\frac{h}{l}\right)^2$	$19736 \left(\frac{h}{l}\right)^2$

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

$\frac{h}{l}$	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 für 1 qcm.

Beispiel. Hat ein Ständer von 4<sup>m</sup> Höhe mit quadratischem Querschnitt, dessen unteres Ende fest eingezpannt, dessen oberes Ende frei drehbar ist, eine Last von 1000 kg zu tragen, so läßt sich seine Stärke, welche Sicherheit gegen seitliches Ausbiegen gewährt, auf folgende Art berechnen. Wird der Elastizitätsmodul des Holzes  $E = 120\,000$  kg, der Sicherheitskoeffizient für Holz  $s = \frac{1}{10}$  angenommen, so wird nach Gleichung 21 die Seite des quadratischen Querschnittes

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

148.  
Anwendung.

Freistehende, schwer beladene Freistützen von märsiger Höhe werden aus einem einzigen Stamme hergestellt. Wo bei bedeutenden Ständerhöhen das Zusammenfügen ihrer Teile stattfinden muß, wendet man den Nutzapfen (siehe Art. 129, S. 101) an, welchen man durch je zwei Holznägel, besser Schraubenbolzen oder, je nach der Stärke des Ständers, durch zwei oder vier Schienen, in Verbindung mit Bolzen (siehe Fig. 281, S. 101) verstärkt.

#### b) Pfähle.

149.  
Pfähle.

Die zur Gründung von Hochbauten erforderlichen Pfähle werden in unbechlagenem Zustande und entweder als völlig im Baugrund steckende Grundpfähle oder als zum Teil in den Baugrund eingerammte, teilweise über denselben hervorragende Rost- oder Langpfähle angewendet. Beide haben einen Widerstand zu entwickeln, welcher ihrer größten Belastung mindestens gleich sein muß. Dieser Widerstand setzt sich aus dem lotrechten Gegendruck des Baugrundes auf den Pfahlquerschnitt und aus dem wagrechten Seitendruck desselben auf die Pfahlwandung, bezw. dem hierdurch erzeugten Reibungswiderstand zusammen. Bezeichnet man jenen

<sup>79)</sup> Siehe auch die Tabelle in Art. 341, S. 305 (2. Aufl.: Art. 126, S. 108; 3. Aufl.: Art. 141, S. 132) ebendaf.

lotrechten und wagrechten Druck auf die Flächeneinheit bzw. mit  $w_1$  und  $w_2$ , mit  $\mu$  den Reibungskoeffizienten zwischen Pfahlholz und Baugrund, so ergibt sich für einen der größten Belastung  $Q$  durch ein Hochbauwerk ausgesetzten Pfahlrost mit  $n$  Pfählen von der Länge  $l$  und dem Durchmesser  $d$  die Gleichung

$$w_1 n \pi \frac{d^2}{4} + w_2 n \pi d l \mu = Q, \dots \dots \dots 26.$$

woraus sich für eine gegebene Anzahl  $n$  von Grundpfählen deren Durchmesser

$$d = - \frac{2 \mu l w_2}{w_1} + 2 \sqrt{\left(\frac{l \mu w_2}{w_1}\right)^2 + \frac{Q}{n \pi w_1}} \dots \dots \dots 27.$$

oder, wie gewöhnlich, bei Verwendung von Pfählen mit bekanntem Durchmesser die Zahl derselben finden läßt. Die Stärke von Roßpfählen, welche unten fest im Boden stecken, während sie mehr oder minder bedeutend über denselben hervorragen, ist nach Art der Freifützen zu berechnen, deren unteres Ende eingespannt und deren oberes Ende drehbar ist und wobei in Gleichung 18 für  $\mathcal{F} = \frac{\pi}{64} d^4$  zu setzen ist. Hieraus

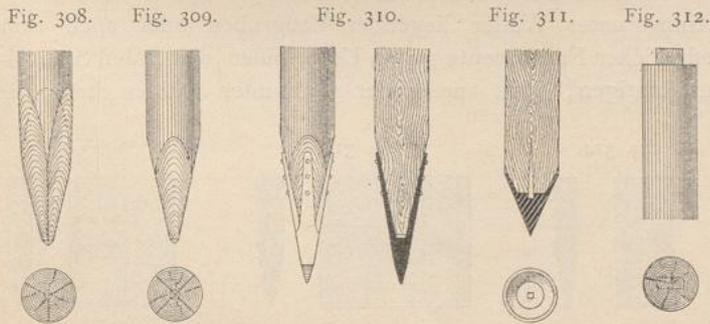
ergibt sich mit Bezug auf den hervorstehenden Teil des mit der Belastung  $\frac{Q}{n} = P$  beschwerten Roßpfahles der erforderliche Durchmesser

$$d = \sqrt[4]{\frac{64 s l^2}{\pi C E} P}, \dots \dots \dots 28.$$

worin der Sicherheitskoeffizient  $\frac{1}{s} = \frac{1}{10}$ , der Elastizitätskoeffizient des Pfahlholzes  $E = 120\,000 \text{ kg}$  und  $C = \frac{\pi^2}{4}$  gesetzt werden kann.

Roßpfähle werden aus Baumstämmen hergestellt, welche man von der Rinde, aber nicht vom Splinte befreit. Kantige Roßpfähle wendet man nur da an, wo sie über den Baugrund hervorragen und sichtbar bleiben sollen oder wo aus einem sehr starken Stamme mehrere Pfähle geschnitten werden. Bei nachgiebigem Baugrund, z. B. Lehm-, Thon- oder Sandboden, und nicht zu großen Gründungstiefen genügt es, die Pfähle unten

150.  
Form.



mit einer drei- oder vierseitigen, etwas abgestumpften Spitze (Fig. 308 u. 309), welcher man die zwei- bis dreifache Pfahldicke zur Länge und, zur Vermeidung von Schiefstellungen des Pfahles, eine genau centrische Lage gibt, zu versehen.

Bei unnachgiebigem Baugrund, z. B. bei Kies- oder steinigem Boden, und bei größeren Gründungstiefen werden die Pfahlspitzen mit schmiedeeisernen oder gußeisernen Pfahlschuhen (Fig. 310 u. 311) versehen.

Die schmiedeeisernen Pfahlschuhe, welche wegen ihrer größeren Elastizität beim Einrammen nicht so leicht brechen und deshalb den gußeisernen Pfahlschuhen vorgezogen werden, bestehen aus einer massiven, pyramidenförmigen Spitze, an welche

151.  
Pfahlschuhe.

drei oder vier mit einigen zur Befestigung dienenden Nagellöchern versehene Lappen ange schmiedet sind. Damit sich diese Pfahlschuhe beim Einrammen nicht auf die Seite schieben, müssen die Grundfläche der pyramidenförmigen Eifenspitze, sowie die untere Fläche der abgestumpften Pfahlspitze genau senkrecht zur Pfahlachse gearbeitet sein und dicht aneinander anschließen. Da die Berührungsfläche beider nicht zu klein sein darf, so erhalten schmiedeeiserne Pfahlschuhe ein Gewicht von etwa 5 bis 6 kg.

Die gusseisernen Pfahlschuhe erfordern ein, unter übrigens gleichen Umständen, etwa doppelt so großes Gewicht als die schmiedeeisernen und bestehen aus einem Kegel mit vertiefter Grundfläche, in welche ein schweißeiserner, mit Widerhaken versehener Dorn eingegossen ist. Das untere Ende des Pfahles erhält die Form eines abgestumpften Kegels, welcher in die Vertiefung des Schuhes passen und sich genau an dieselbe anschließen muß.

152.  
Verbindung  
der  
Pfahlköpfe.

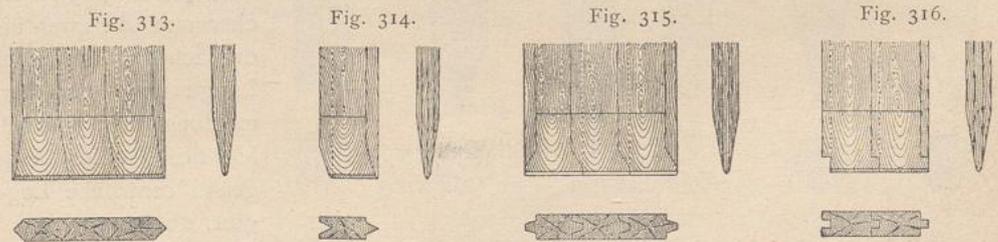
Oben erhalten die Pfähle, wenn sie Schwellen aufzunehmen haben, entweder einfache Zapfen (Fig. 312) oder, wenn das Abheben der Schwellen durch hydrostatischen Druck zu befürchten steht, sog. Grundzapfen (siehe Fig. 296, S. 106), d. h. Zapfen, welche in die nach oben schwalbenschwanzförmig erweiterten Zapfenlöcher der Schwellen eingelassen und dann durch Keile oben so weit auseinandergetrieben werden, bis sie an die schrägen Seitenwände der Zapfenlöcher dicht anschließen.

153.  
Verlängerung  
der Pfähle.

Wo die Länge der Rostpfähle nicht ausreicht, um den festen Baugrund zu erreichen, werden dieselben durch aufgesetzte Pfähle verlängert (siehe Fig. 274 bis 277). Dieses Aufpfropfen von Pfählen, welche den Stößen der Ramme zu widerstehen haben, muß man so einfach wie möglich machen, um das Spalten und Splintern der Pfähle an ihrer Verbindungsstelle zu vermeiden. Aus diesem Grunde ist erfahrungsgemäß der in Fig. 282 (S. 101) dargestellte Kreuzzapfen mit zwei eisernen Schließern nicht so gut, als der stumpfe Stoß in Verbindung mit schmiedeeisernen Klammern (siehe Fig. 276, S. 100), mit übergengenagelten schmiedeeisernen Schienen (siehe Fig. 277, S. 100), mit schmiedeeisernen Ringen und hölzernen Dübeln (siehe Fig. 274, S. 100) oder auch mit gusseisernen Zwischenstücken (siehe Fig. 275, S. 100).

154.  
Form und  
Verbindung.

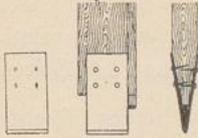
Die zur Umschließung unter Wasser liegender Baugruben oder auch zum Schutze unter Wasser befindlicher Fundamente gegen Unterspülen dienenden Spundwände werden teils aus kantigen, dicht aneinander gerammten Pfählen, teils aus



starken gespundeten Bohlen, den sog. Spundbohlen hergestellt, welche man zwischen kantige, an und zwischen den Ecken eingerammte Leitpfähle eintreibt. Man verwendet zu denselben meist grünes Holz, da dieses weniger leicht aufquillt und sich wirft, als trockenes. Um den möglichst dichten Anschluß der Spundbohlen zu erzielen, werden die Fugen derselben mit Spundungen (siehe Art. 132,

S. 102) verfehen, unter welchen die Keilspundung mit ein-, drei- und viermal gebrochener Fuge (Fig. 313 bis 315) und die quadratische Spundung (Fig. 316) die zweckmäsigsten sind. Zum Zweck des Einrammens erhalten dieselben unten eine

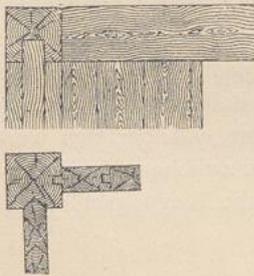
Fig. 317.



gebroschene Schneide und eine einseitige Zufchärfung (Fig. 313 bis 316), welche beim Eintreiben keilartig wirkt und die einzutreibende Spundbohle feitlich an die zuvor eingetriebene preßt.

Obwohl man das Einrammen der Spundbohlen gewöhnlich an den beiden feitlichen Spundpfählen beginnt und von da nach der Mitte dieses Zwischenraumes hin fortschreitet, so stellen sich die Spundbohlen beim Einrammen doch allmählich etwas schief, weshalb die in der Mitte verbleibende, von oben nach unten sich verengende Oeffnung durch eine eigens einzupassende, etwas keilförmig gestaltete, beiderseits mit Federn verfehene Spundbohle derart geschlossen werden muß, daß beim Einrammen derselben die benachbarten Spundbohlen sich mehr lotrecht stellen müssen und hierbei möglichst dicht aneinander gepreßt werden.

Fig. 318.



Bei unnachgiebigem Boden erhalten auch die Spundbohlen eiserne, unten aus einem dreiseitigen Prisma, oben aus zwei angefmiedeten rechteckigen Lappen bestehende Schuhe (Fig. 317). Diese Lappen erhalten die Breite der Spundbohle abzüglich der beiderseitigen Nuten und Federn und eine genügende Zahl ovaler Nagellöcher, an deren unterer Seite die zur Befestigung der Schuhe an den Bohlen erforderlichen Nägel eingeschlagen werden, damit sie beim Zusammenpressen der Bohlen durch das Rammen sich nicht verbiegen oder abbrechen. Oben werden die Spundbohlen beim Einrammen durch zwei feitlich angelegte Zangen in

einer lotrechten Ebene erhalten, während sie nach dem Einrammen in eine ihrer vollen Stärke entsprechende Nut der Holme eingelassen werden (Fig. 318).

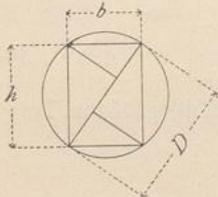
155.  
Sicherung  
der  
Schneiden.

### 3. Kapitel.

#### Balkenverfärkungen.

Die zu Hochbauzwecken in vorzugsweise wagrechter Lage zur Verwendung kommenden Balken sind gefchnitten oder beschlagen und haben rechteckige Querschnitte, deren Breite und Höhe in einem zweckmäsigsten Verhältnis stehen muß und sich wie folgt ermitteln läßt.

Fig. 319.



Bezeichnen  $l$  die freitragende Länge (Stützweite),  $b$  und  $h$  bezw. die Breite und Höhe eines beschlagenen Balkens (Fig. 319),  $D$  den kleinsten Durchmesser des schwächsten Baumstammes, woraus sich derselbe herstellen läßt, so ist sein Biegemoment

$$\frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} b (D^2 - b^2) = \frac{1}{6} (b D^2 - b^3) \dots \dots \dots 29.$$

Daselbe wird ein Maximum, wenn der erste Differentialquotient desselben nach  $b$

$$\frac{d(b h^2)}{d b} = D^2 - 3 b^2 = 0$$

gesetzt wird, woraus sich  $b = \frac{D}{\sqrt{3}}$  und  $h = D \sqrt{\frac{2}{3}}$  ergeben. Teilt man sonach den Durchmesser  $D$  (Fig. 319) in drei gleiche Teile, errichtet in den Teilpunkten die Senkrechten, welche den Umfang des

156.  
Berechnung  
der  
Verfärkung.