



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

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

**Marx, Erwin**

**Stuttgart, 1901**

2. Abschnitt: Konstruktionselemente in Holz.

---

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

III. Teil, 1. Abteilung:  
KONSTRUKTIONSELEMENTE.

2. Abschnitt.

Konstruktionselemente in Holz.

Von Dr. F. HEINZERLING.

1. Kapitel.

Holzverbände.

111.  
Zweck.

Der Holzverband bezweckt diejenige Verbindung von Balken, Bohlen und Brettern, welche die Herstellung der verschiedenen Holzkonstruktionen eines Bauwerkes aus dem Gebiete des Hochbaues erfordert. Das von Nadelhölzern oder Laubhölzern gewonnene Bauholz wird im Hochbau als Rundholz, Kantholz und Schnittholz verarbeitet. Das stärkste Rundholz hat 35 bis 45<sup>cm</sup> Zopfstärke bei 10 bis 16<sup>m</sup> Länge. Das meist durch Zerfägen, selten durch Beschlagen gewonnene Kantholz kommt, je nachdem der Stamm nur ein Kantholz liefert oder in 2, 4 oder 6 Kanthölzer zerlegt wird, als Ganzholz, Halbholz, Kreuzholz und Sechstelholz vor und erhält Querschnittsabmessungen von 10 bis höchstens 40<sup>cm</sup> und Längen von 10 bis höchstens 15<sup>m</sup>. Das Schnittholz kommt teils als Bohlen in Stärken von 5 bis 10<sup>cm</sup>, mit Breiten von 25 bis 40<sup>cm</sup> und mit Längen von 3,00 bis 5,00, höchstens 7,50<sup>m</sup>, teils als Bretter in Stärken von 1,5 bis 4,5<sup>cm</sup>, mit Breiten von 15 bis 25<sup>cm</sup> und mit Längen von 3,00 bis 4,50, höchstens 6,00<sup>m</sup>, teils als Schrothölzer und als Latten zur Anwendung.

Wo diese Abmessungen zu Hochbaukonstruktionen von größerer Ausdehnung nicht ausreichen, bezweckt der Holzverband zur Herstellung der erforderlichen Längen-, Breiten- und Stärkenmaße zunächst:

a) die Verlängerung der Verbandstücke in wagrechter, lotrechter oder geneigter Richtung,

b) die Verbreiterung der Verbandstücke nach einer dieser Richtungen, oder

c) die Verstärkung der Verbandstücke durch Verbindung derselben in der Richtung ihrer Dicke.

Wo ferner die Hochbaukonstruktionen das Zusammensetzen von Verbandstücken unter rechtem, spitzem oder stumpfem Winkel, also eine Winkelverbindung erfordern, bezweckt der Holzverband entweder:

d) den Winkelverband in einer Ebene, oder

e) den Winkelverband in zwei oder in mehreren parallelen Ebenen.

Nach jedem vorliegenden besonderen Bedürfnisse bezweckt der Holzverband eine Verbindung nach einer Richtung, nach zwei oder nach drei zu einander

senkrechten Richtungen, wovon jede der ersten beiden Verbindungen eine verhältnismäßig feste und nur die letztere eine vollkommen feste Verbindung ist.

Jede Vereinigung zweier hölzerner Verbandstücke wird durch die dem jeweiligen Zwecke entsprechende Form ihrer Berührungsflächen oder Fugen, und zwar — je nachdem nur eine Verbindung oder eine Befestigung derselben nötig ist — ohne oder mit Anwendung besonderer hölzerner oder eiserner Befestigungsmittel bewirkt. Sowohl die Form der Fuge, als auch die Form und Lage des Befestigungsmittels hängen von der Festigkeit und der eigentümlichen Faserstruktur des Holzes ab. Während Zug- und Druckfestigkeit des Holzes nicht wesentlich verschieden sind, da letztere zwischen etwa  $\frac{3}{4}$  bis  $\frac{7}{8}$  der ersteren schwankt, so ist die Schubfestigkeit desselben sehr verschieden, je nachdem die Schubkraft parallel oder senkrecht zur Richtung der Fasern wirkt, da die erstere nur zu etwa  $\frac{2}{7}$  der letzteren angenommen werden kann. Alle Holzverbände sind daher so anzuordnen, daß, wo möglich, nur die Druck- oder Zugfestigkeit des Holzes und seine Schubfestigkeit senkrecht zu seiner Faserrichtung zur Wirkung kommen und daß, wo seine Schubfestigkeit parallel zu seiner Faserrichtung in Anspruch genommen werden muß, Form und Maß der Fuge der verhältnismäßig geringeren Leistungsfähigkeit des Holzes vollkommen entsprechen.

Zur Erhöhung ihrer Dauer sind die Holzverbände möglichst so anzuordnen, daß das Eindringen von Feuchtigkeit in die Fuge, also das Entstehen von Fäulnis in derselben, thunlichst verhütet wird, oder man hat, wo das Eindringen von Nässe nicht zu verhindern ist, dieselben wenigstens so anzuordnen, daß die Nässe leicht abziehen kann und die Luft Zutritt hat, um das Austrocknen zu befördern.

Die Form der Fuge muß stets das An- oder Ineinanderfügen der Verbandstücke gestatten; sie stellt also, da die letzteren auf dem umgekehrten Wege auseinander genommen werden können, an und für sich eine Verbindung, nicht aber eine Befestigung her. Sie reicht für sich nur in den Fällen aus, wo das Verschieben nach einer oder nach zwei zu einander senkrechten Richtungen zu vermeiden ist, und gestattet in diesen Fällen, eine Verbindung herzustellen, welche die Befestigung der Verbandstücke ersetzt. Zur Verbindung von Balken und Pfählen, als Verbandstücken mit kurzen Fugen, dienen: der Stofs, das Blatt, die Verfassung, der Zapfen, die Klaue und der Kamm; zur Verbindung von Balken, Pfählen, Bohlen und Brettern, als Verbandstücken mit langen Fugen, dienen: das Säumen der Fugen, der Falz, die Verschränkung, die Verzahnung, die Spundung, die Verzapfung, die Verzinkung, Nut und Feder und das Anschäften, welche mit den erstgenannten Verbindungen verwandt, und zwar teils Verlängerungen, teils Wiederholungen derselben sind. Eine Uebersicht über diese Grundformen der Fuge, worin die verwandten Formen gegenüber gestellt sind, gibt die umstehende Tafel.

112.  
Verbindungs-  
weise.

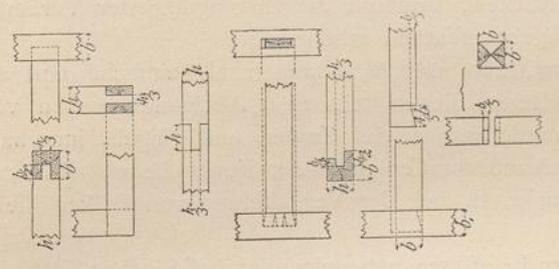
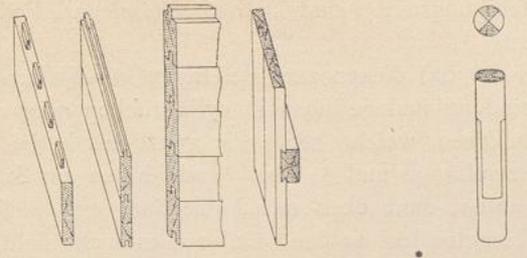
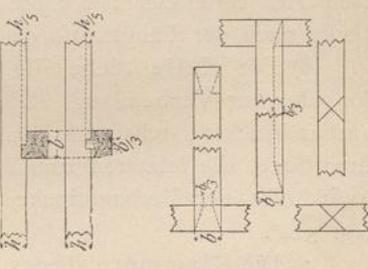
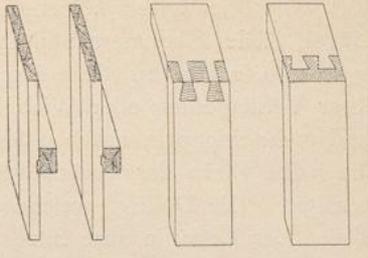
113.  
Grundformen  
der Fuge.

#### a) Befestigungsmittel.

Da die Form der Fuge für sich allein nicht ausreicht, um eine Befestigung der Verbandstücke herzustellen, so wendet man hierzu besondere Verbandstücke an, welche nach Maßgabe der an sie gestellten Anforderungen entweder aus hartem Holz oder aus Eisen, und zwar, je nach der Art ihrer Beanspruchung, aus Schmiedeeisen, aus Gusseisen oder aus beiden zugleich bestehen.

# Grundformen der Fuge.

Kurze Fugen (Balken).		Lange Fugen (Bretter und Bohlen).	
Stofs (Stosen).	Gerader Stofs I	Stumpfe Fuge (Säumen) Ia	
	Schräger Stofs II		
Stofs auf Gehrung III	Fuge auf Gehrung IIIa		
Blatt (Verlaten).	Gerades Blatt IV	Falz (Verfalsung) IVa	
	Schräges Blatt V		
	Gerades Hakenblatt VI	Verzahnung IXa	
	Schräges Hakenblatt VII		Keilspundung Xa
Verlatzung (Verlatzen).	Gerade Verlatzung VIII		
	Schräge Verlatzung IX		
	Gebrochene Verlatzung X		
	Einfache Verlatzung XI		
	Doppelte Verlatzung XII		
	Klaue (Anklauen).		
	Klaue mit Zapfen im Nest XIV		

Zapfen (Verzapfen).	<p>Blattzapfen</p> <p>Schlitz- oder Scherzapfen</p> <p>Nutzzapfen</p> <p>Keilzapfen</p> <p>Brutzapfen</p> <p>Weisfchwanzzapfen (mit Keil)</p> <p>Kreuzzapfen</p>		<p>XV</p> <p>XVI</p> <p>XVII</p> <p>XVIII</p> <p>XIX</p> <p>XX</p> <p>XXI</p>	<p>Verzapfung</p> <p>Nut und Feder</p> <p>Quadratspandung</p> <p>Nuten auf den Grat</p> <p>Anschäffen</p>	
Kamm (Verkammen).	<p>Einfacher Kamm</p> <p>Doppelter Kamm</p> <p>Schwalbenfchwanzkamm</p> <p>Weisfchwanzkamm</p> <p>Kreuzkamm</p>		<p>XXII</p> <p>XXIII</p> <p>XXIV</p> <p>XXV</p> <p>XXVI</p>	<p>Nut und Feder</p> <p>Desgl.</p> <p>Verzinkung</p> <p>Verdeckte Verzinkung</p>	

## 1) Befestigungsmittel aus Holz.

114.  
Dollen.

Die wichtigsten hölzernen Befestigungsmittel sind Dollen, Dübel und Federn, Nägel, Keile, Klammern und Lafchen.

α) Die Dollen (siehe Fig. 274 u. 304) dienen zum Befestigen von Balken bei ihrer Verlängerung oder Winkelverbindung und bestehen in cylindrischen oder vier- und mehrseitig prismatischen Holzstückchen, welche bezw. die ganze bis halbe und die halbe Dicke der Verbandstücke zur Länge und  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{5}$  derselben zur Stärke erhalten. Die Dollen, welche erst unten, dann oben mit Anwendung von heißem Teer oder Leim in ihre Sitze fest eingetrieben werden, sind aufsen nicht sichtbar.

115.  
Dübel.

β) Die Dübel (siehe Fig. 322 bis 324<sup>72)</sup> sollen das Verschieben aufeinander gelegter Verbandstücke nach einer Richtung verhindern und bestehen in prismatischen Holzstücken mit meist quadratischem oder rechteckigem, bisweilen doppelt schwalbenschwanzförmigem Querschnitt. Sie erhalten die halbe bis ganze Breite ihrer Verbandstücke zur Länge, je nachdem sie verdeckt oder äußerlich sichtbar sein sollen, ihre halbe bis viertel Höhe zur Breite und  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{6}$  dieser Höhe zur Dicke. Um die äußerlich sichtbaren Dübel beim Schwinden der Verbandstücke nachtreiben zu können, erhalten sie vorteilhaft die Form schlanker Keile.

116.  
Nägel.

γ) Die Nägel (siehe Fig. 278, 289, 291, 297, 299 u. 300) dienen zum Befestigen von übereinander verlegten Verbandstücken und bestehen in vier- bis achtseitigen prismatischen Holzstückchen, welche bei einer Stärke von 1 bis 3 cm die Höhe beider Verbandstücke zur Länge erhalten und in vorher gebohrte Nagellöcher eingetrieben werden. Durch konische Erweiterung der Nagellöcher nach aufsen und durch Eintreiben kleiner Keile in die Hirnenden der Nägel lassen sich ihre Enden nach Art versenkter Nietköpfe verdicken, wodurch die Befestigung der Verbandstücke nach der Längsachse der Nägel wesentlich erhöht wird.

117.  
Keile.

δ) Die Keile (siehe Fig. 279, 280 u. 296) kommen als einfache und als doppelte zur Verwendung. Die ersteren dienen teils zum Aneinanderpressen von Verbandstücken, teils zum Auseinandertreiben von Zapfen und Nägeln innerhalb ihrer Sitze, die letzteren zum Auseinanderpressen paralleler Fugen behufs dichterem Anschlusses der Verbandstücke, wie z. B. bei der Verdübelung von Balken (siehe Fig. 324).

118.  
Klammern.

ε) Die Klammern dienen zum Befestigen nebeneinander befindlicher Verbandstücke und besitzen die Form eines doppelten Schwalbenschwanzes, welcher verdeckt oder äußerlich sichtbar eingelegt wird, die Hälfte seiner Länge zur Breite und  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  seiner Breite zur Dicke erhält.

## 2) Befestigungsmittel aus Eisen.

Die wichtigsten eisernen Befestigungsmittel sind Schrauben, Nägel, Klammern, Schienen, Ringe, Anker und Hängeeisen.

119.  
Schrauben.

ζ) Die Schrauben dienen zum dichten Aneinanderpressen der Verbandstücke. Bei Balken und starken Bohlen wendet man Kopfschrauben (Schraubenbolzen), bei schwachen Bohlen und Brettern fog. Holzschrauben an.

α) Die Schraubenbolzen (siehe Fig. 285, 287 u. 320 bis 330) erhalten Längen und Dicken, welche bezw. der Stärke der Verbandstücke und dem erforderlichen Grade der Zusammenpressung entsprechen müssen und in den einzelnen Fällen verschieden sind. Ueber die zu wählenden Abmessungen der Bolzen, Köpfe, Muttern

<sup>72)</sup> Siehe die Fußnote 66 auf Seite 88.

und Unterlagsplättchen ist im folgenden Abschnitt (Kap. 1, unter b) das Erforderliche zu finden.

b) Die Holzschrauben erhalten, je nachdem sie versenkt werden sollen oder nicht, bezw. einen umgekehrt konischen oder fast halbkugelförmigen Kopf, welcher jederzeit mit einem Einschnitte zum Einfsetzen des Schraubenziehers versehen ist, und eine schlank konische Spindel mit Schraubengängen, welche im Querschnitt ein rechtwinkeliges, meist gleichschenkeliges Dreieck zeigen.

η) Die Nägel (siehe Fig. 271, 277, 310 u. 317) dienen ebenfalls zum Aneinanderpressen der Verbandstücke, erhalten je nach ihrem besonderen Zwecke schlanke, keilförmig zulaufende Schäfte mit dreieckigem, rechteckigem oder quadratischem Querschnitt oder cylindrische Schäfte und höhere pyramidenförmige, halbkugelförmige, flache oder konische Köpfe von quadratischer, ovaler oder runder Grundform. Hiernach unterscheidet man die Nägel im engeren Sinne, die Spieker, die Querköpfe, und die gewöhnlich aus ungeglühtem Eisendraht maschinell hergestellten Drahtstifte. Die größeren Nägel (Leifnägeln), welche zur Befestigung der größeren Verbandstücke dienen und auf besondere Bestellung bis zu 50 cm Länge und darüber geschmiedet werden, sind in Längen von 15 bis 30 cm im Handel, während die kleineren Nägel, Spieker und Querköpfe, je nachdem sie zum Befestigen von Bohlen oder Brettern dienen, Längen von 5 bis 15 cm und die Drahtstifte Längen von 1 bis 20 cm bei 0,25 bis 6,00 mm Schaftdurchmesser erhalten.

120.  
Nägel.

θ) Die Klammern (siehe Fig. 270 u. 276) dienen teils zum Zusammenhalten zweier gestossener Balkenstücke und bilden dann förmig gebogene, sog. Hakenklammern mit 20 bis 40 cm langem Zwischenstück und kürzeren, entweder spitzen Enden (Fig. 270), welche mit dem Hammer eingetrieben, oder stumpfen Enden, welche paarweise sich gegenüber eingelassen und durch Schrauben angezogen werden, teils zum Festhalten anderer Befestigungsstücke mit 5 bis 10 cm langem Zwischenstück und mindestens ebenso langen spitzen Enden (Fig. 276).

121.  
Klammern.

ι) Die Schienen (siehe Fig. 272, 277 u. 281) dienen ebenfalls zum Zusammenhalten gestossener Balken und bestehen aus Flacheisen, welche paarweise einander gegenüber auf die Balken gelegt oder in dieselben eingelassen und entweder festgenagelt oder durch Schraubenbolzen angezogen werden.

122.  
Schienen.

Die Stärke jener Hakenklammern und dieser Schienen, sowie die erforderliche Zahl und Stärke der Schraubenbolzen und Nägel hängen von dem Zuge ab, welchen ein Balken auf den anderen übertragen soll und welchem die ersteren mit ihrer Zugfestigkeit, die letzteren mit ihrer Schubfestigkeit zu widerstehen haben.

κ) Die Ringe (siehe Fig. 274 u. 282) sind kreisförmig gebogene Flacheisen, welche entweder die Verschiebung gestossener, lotrechter Pfähle verhindern sollen und dann in dieselben eingelassen werden und aus einem Stück bestehen, oder die durch Ueberblattung oder Verzapfung verbundenen Pfähle zusammenhalten sollen und dann aus je zwei durch ein Gelenk verbundenen Hälften bestehen, welche in die Stämme eingelassen und durch ineinander greifende Oesen und Stifte zusammengehalten werden.

123.  
Ringe.

λ) Die Anker, welche zur Verbindung der Balken mit dem Mauerwerk dienen, die sog. Gebälk- oder Balkenanker, bestehen aus Flacheisen, welche an dem im Mauerwerk steckenden oder auferhalb der Mauer befindlichen Ende mit der zur Aufnahme eines eisernen Splintes erforderlichen Oese versehen, am anderen, dem Balken anliegenden Ende etwas übergebogen und durch Nägel nebst Klammer mit

124.  
Anker.

dem Balken fest verbunden sind. (Ueber Einzelheiten in der Gestaltung solcher Anker siehe den nächsten Abschnitt, Kap. 5.)

125.  
Hängeeisen.

μ.) Die Hängeeisen (siehe Fig. 360, 367, 369 u. 372), welche zur Verbindung lotrechter und wagrechter Balken dienen, werden an die ersteren (Hängefäulen) ebenso wie die Schienen, und zwar mittels der erforderlichen Zahl von Schraubenbolzen, angeschlossen, während sie unten entweder unmittelbar verbunden sind, also aus einem Stücke bestehen, oder in Schraubenspindeln endigen, durch welche je ein die wagrechten Balken unterstützendes eisernes Querplättchen gesteckt und mittels je zweier starker Muttern angezogen wird. Nur wenn die Hängefäulen durch eine meist runde Hängefange (siehe Fig. 363) ersetzt werden, läßt man dieselbe durch die Unterzüge reichen, verfißt sie unten mit einer Spindel und unterstützt die letzteren durch einen kurzen schmiedeeisernen Sattel, welchen man mittels einer Mutter anzieht.

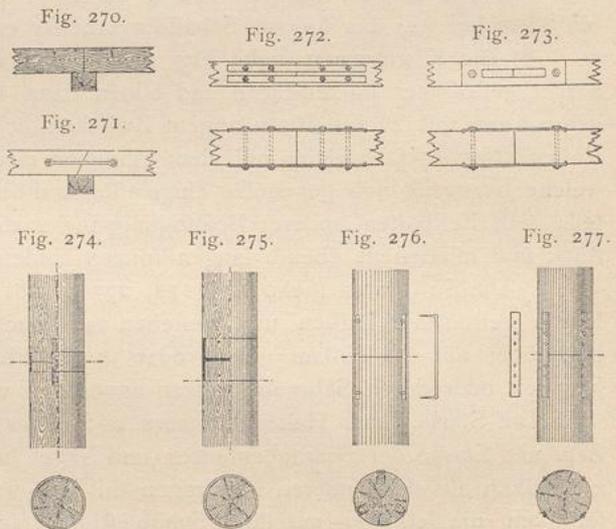
## b) Holzverbände.

### 1) Verlängerung der Verbandstücke (Balken).

126.  
Gerader  
und schräger  
Stofs.

α) Der gerade Stofs (I<sup>73</sup>) dient zur wagrechten und lotrechten Verlängerung; er fordert im ersteren Falle eine Unterstüttung an der gestofsenen Stelle und widersteht nur einem Druck nach der Längsachse der gestofsenen Balken oder Pfähle. Das

seitliche Verschieben und das Auseinanderziehen derselben werden durch Anwendung von eisernen Klammern (Fig. 270), Schienen und von Platten mittels Schraubenbolzen (Fig. 272 u. 273) verhindert. Bei der lotrechten Verlängerung oder beim Aufpfropfen von Pfosten und Pfählen wird der gerade Stofs in Verbindung mit eingelassenem schmiedeeisernem Ringe und hölzernen oder eisernen Dollen (Fig. 274), mit gusseisernem Zwischenstück (Fig. 275), mit mehreren schmiedeeisernen Klammern (Fig. 276) oder mit mehreren schmiedeeisernen



Schienen, welche über den Stofs genagelt und, zur Vermeidung von Verbiegungen durch Druck und Stofs, mit nach der Längsachse ovalen Nagellöchern versehen werden (Fig. 277), angewendet. Diese Verbindungen eignen sich besonders zum Aufpfropfen von Rammpfählen für Pfahlrostgründungen, weil sie die Pfähle beim Einrammen am meisten gegen das Spalten oder Splittern schützen.

β) Der schräge Stofs (II) dient zur wagrechten Verlängerung, erhält eine Neigung von 2:1, leistet übrigens nicht mehr, als der gerade Stofs, und wird meist durch die bei diesem angeführten eisernen Befestigungsmittel gegen seitliches Verschieben und Auseinanderziehen nach der Längsachse der Balken gesichert (Fig. 271).

<sup>73</sup>) Die eingeklammerten römischen Zahlen verweisen auf die ihnen entsprechenden Nummern der Tabelle »Grundformen der Fuge« auf S. 96 u. 97.

γ) Das gerade Blatt (IV) dient zur Verlängerung wagrechter Verbandstücke, welche sich bei einer Stärke von derselben Balkenhöhe wechselseitig um das Doppelte der Balkenhöhe übergreifen und durch hölzerne, etwas versetzte Nägel befestigt werden. Hierbei hebt sich das gerade Blatt mit schrägen Hirnschnitten (Fig. 278) weniger leicht aus, als dasjenige mit geraden Schnitten. Beide bedürfen einer Unterfützung unter der Verbandstelle und werden nur zur Verbindung höherer Balken verwendet.

Fig. 278.



δ) Das schräge Blatt (V) wird, wie das gerade, nur bei niedrigeren Balken angewendet, erhält jedoch das Dreifache der Balkenhöhe zum Uebergreif, während die lotrechten Einschnitte nur  $\frac{1}{6}$  derselben betragen. Auch hier erfolgt eine Befestigung durch versetzte Holznägel.

ε) Das gerade Hakenblatt (VI) mit geraden oder schrägen Hirnschnitten bezweckt die Verlängerung wagrechter Verbandstücke, welche zugleich dem Auseinanderziehen widerstehen sollen und, wenn noch das seitliche Verschieben derselben verhindert werden soll, durch hölzerne Nägel befestigt werden. Auch das gerade Hakenblatt mit schrägen Hirnschnitten, welches statt der Holznägel einen Doppelkeil (Fig. 279)

Fig. 279.

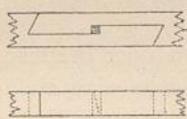
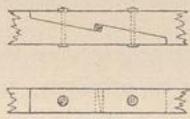


Fig. 280.



erhält, verhindert gleichzeitig Aushebung und seitliche Verschiebung.

ζ) Das schräge Hakenblatt (VII) wird zu demselben Zwecke, wie das gerade, und zwar ohne und mit Doppelkeil, angewendet. Besonders im ersteren Falle befestigt man die Verbandstücke mit je zwei Holznägeln oder besser mit je zwei Schraubenbolzen (Fig. 280).

Die beiden zuletzt genannten Verbindungen lassen sich vom Zimmermann leicht mittels Winkeleisen, Säge und Beil herstellen, während Längenverbindungen, wie das sog. verdeckte Hakenblatt und der verborgene Hakenkamm mit schrägen Schnitten, die Anwendung des Stemmeisens erfordern und gleichwohl nicht mehr oder nicht weniger als jene leisten.

Fig. 281.

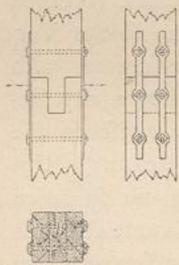
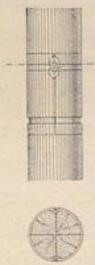


Fig. 282.



η) Der Nutzapfen (XVII) dient zur lotrechten, fultener zur wagrechten Verlängerung beschlagener Pfosten oder Balken, welche durch hölzerne Nägel, besser durch schmiedeeiserne Schienen in Verbindung mit Schraubenbolzen aneinander befestigt werden (Fig. 281).

θ) Der Kreuzzapfen (XXI) wird ausschließlich zur lotrechten Verlängerung von Pfählen, und zwar in Verbindung mit den unter den Befestigungsmitteln erwähnten zweiteiligen Ringen (Fig. 282) verwendet und eignet sich besser zum Aufpfropfen von Pfählen mit ruhender Belaftung, als von Rammpfählen, da er das Spalten und Splittern derselben befördert.

## 2) Verbreiterung der Verbandstücke (Bretter und Bohlen).

α) Die gerade oder stumpfe Fuge (Ia), die mit dem Handfughobel durch das »Fugen« oder »Säumen« hergestellt wird und dem geraden Stofs entspricht, gestattet zwar das dichte Aneinanderlegen der Bohlen und Bretter auf geeigneter Unterlage, erfordert aber zu ihrer Befestigung innerhalb der Fuge, abgesehen von der bei Brettern üblichen Verleimung oder schrägen Nagelung, die Anwendung hölzerner Dollen oder Dübel.

127.  
Gerades  
und schräges  
Blatt.

128.  
Gerades  
und schräges  
Hakenblatt.

129.  
Nut- und  
Kreuzzapfen.

130.  
Gerade  
und schräge  
Fuge.

β) Die schräge oder spitze Fuge (IIa) entspricht dem schrägen Stofs, wird mittels des Hobels durch das »Messern« hergestellt, jedoch nicht spitzer als unter einem Winkel von 45 Grad, und gestattet zwar eine lotrechte Nagelung, aber nicht die Verbindung mit Dollen oder Dübeln.

<sup>131.</sup>  
Falz.

γ) Der Falz (IV a) entspricht dem geraden Blatt, bildet also eine gebrochene Fuge, deren Breite und Tiefe gewöhnlich der halben Bohlenstärke gleich kommen. Das Falzen (die Ueberfalzung, die halbe Spundung) bezweckt das Schliessen der Fuge durch Uebergreifen der Verbandstücke und wird bei wagrechter und geneigter Lage, sowie bei lotrechter Stellung von Brettern angewendet.

<sup>132.</sup>  
Spundung.

δ) Die Spundung entspricht der Verzäpfung und bezweckt das Ineinandergreifen der Verbandstücke mittels einer Vertiefung (Nut) und einer Erhöhung (Spund), welche genau ineinander greifen müssen. Je nachdem dieser Spund drei- oder rechteckig ist, unterscheidet man die Keilspundung (Xa) und die Quadratspundung (XVIIa), wovon die erstere in verschiedenen Formen vorkommt, die letztere zur Verbindung von Brettern und Bohlen (Spundwände) Anwendung findet (siehe Fig. 313 bis 316 u. Fig. 318).

<sup>133.</sup>  
Nut und  
Feder.

ε) Nut und Feder (XVb) dienen zur Verbindung von Bohlen oder Brettern, welche an den Seiten sämtlich durchgehende Nuten erhalten, in welche eine ebenfalls durchgehende, aus härterem Holze oder aus starkem Zinkblech bestehende Feder eingeschaltet wird.

### 3) Verstärkung der Verbandstücke (Balken).

<sup>134.</sup>  
Verschieden-  
heit.

Die Verstärkung von Balken gestaltet sich verschieden, je nachdem sie in wagrechter und geneigter Lage oder in lotrechter Stellung belastet werden sollen.

Werden zwei Balken der Länge nach wagrecht übereinander gelegt und symmetrisch so belastet, daß sie sich durchbiegen, so verschieben sich ihre Berührungsflächen in der Balkenmitte nicht und von da nach beiden Seiten um so mehr, je näher sie den Balkenenden rücken, wo diese Verschiebung ihr Höchstmaß erreicht. Werden nun jene Balken an ihren Berührungsflächen so verbunden, daß eine solche Verschiebung nicht eintreten kann, so wird zugleich ihre Durchbiegung erschwert, also ihre Tragfähigkeit vermehrt. Dieser Zweck wird teils durch die Form der Berührungsfläche (Verzahnung), teils durch Dübel erreicht, welche man zwischen die beiden Balken schiebt und in dieselben etwas eingreifen läßt (Verdübelung). Um den dichten Anschluß der Balken aneinander zu bewirken, werden sie in allen diesen Fällen durch Schraubenbolzen gegeneinander geprefst, welche zugleich ihrer Verschiebung entgegenwirken, überhaupt die anfangs getrennten Balken so verbinden sollen, daß sie als ein einziger Balken wirken.

<sup>135.</sup>  
Verzahnung.

α) Die Verzahnung (IX a). Die Zähne erhalten eine Länge von 0,8 bis 1,0 und eine Höhe von 0,1 der ganzen Balkenstärke (siehe Fig. 320 u. 321) und werden zum Zwecke des genauen Ineinandergreifens sorgfältig abgehobelt. Wo infolge ungenauer Arbeit zwischen den einzelnen Zähnen Lücken bleiben, pflegt man dieselben durch seitliches Eintreiben schlanker Keile von hartem Holze auszufüllen, ein Mittel, welches man gleichzeitig zu dem Zwecke anwendet, um das Ineinanderpressen der Zähne an ihren Hirnflächen zu verhindern. Da bei und nach dem Eintreiben der Keile Langholz auf Hirnholz drückt und die Keile ihrer Breite nach allmählich schwinden und dann wegen des Widerstandes der Schraubenbolzen kaum mit dem gewünschten Erfolge nachgetrieben werden können, so empfiehlt es sich, statt der hölzernen Keile

hinreichend breite Plättchen aus Zink-, Kupfer- oder Eisenblech zwischen die Hirnholzflächen der Zähne zu legen, diese letzteren aber mit möglichster Genauigkeit zu bearbeiten. Da indes das allseitige dichte Ineinandergreifen der Zähne schwer zu erreichen ist und die Verzahnung überdies eine Schwächung der Balken um 0,2 ihres Gesamtquerschnittes mit sich bringt, so ersetzt man die Verzahnung häufig durch

β) die Verdübelung (siehe Fig. 322 bis 324). Die Dübel, welche die Stelle der Zähne vertreten und samt ihren Sitzen sich leichter, wie die letzteren, genau bearbeiten lassen, sind prismatische, besser schwach keilförmige Stücke aus hartem Holze, welche man in das Innere der Balken, also verdeckt, einlegt oder besser, um sie längs der vollen Breite der Balken wirken zu lassen, über die Seitenflächen der Balken etwas hervorragen läßt. Man verlegt sie teils parallel, teils geneigt zu den Berührungsflächen der Balken, indes, um das Ineinanderpfeifen an den lotrechten Berührungsflächen der Dübel und Balken möglichst zu verhindern, so, daß ihr Hirnholz auf dasjenige der Balken trifft. Die Dicke der Dübel wechselt in der Praxis zwischen  $\frac{1}{10}$  und  $\frac{1}{6}$  der gesamten Balkenhöhe. Länge und Verteilung der Dübel wechseln mit der Zahl und Abmessung der verdübelten Balken, sowie mit der Beschaffenheit der angewendeten Holzarten und ergeben sich aus der folgenden Berechnung.

136.  
Verdübelung.

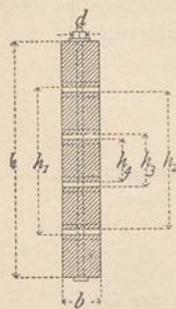
Die Dübel haben unter Einwirkung der wagrechten Schubkraft sowohl dem Zerdrücken, als dem Abscheren zu widerstehen; auch darf das Abscheren des zwischen zwei Dübeln befindlichen Balkenstückes nicht eintreten. Bezeichnen  $Q$  die in einem beliebigen Querschnitte wirkende Querkraft,  $\mathcal{J}$  das Trägheitsmoment des ganzen Querschnittes und  $S_{z_1}^{a_1}$  das statische Moment des zwischen der äußersten und der im Abstände  $z_1$  von der neutralen Achse gelegenen Faserschicht befindlichen Flächenteiles, so ist die wagrechte, auf die Längeneinheit wirkende Schubkraft <sup>74)</sup>

$$H = \frac{Q}{\mathcal{J}} S_{z_1}^{a_1}, \dots \dots \dots 1.$$

welche demnach sowohl von der äußersten nach der neutralen Faserschicht hin, als auch von der Trägermitte nach den Trägerenden hin zunimmt, daher in der neutralen Faserschicht und in den beiden über den Stützen befindlichen lotrechten Ebenen je ein relatives und da, wo jene neutrale Schicht und diese lotrechten Ebenen zusammentreffen, ihr absolutes Höchstmaß erreicht.

Für Träger aus mehreren verdübelten Balken von der Breite  $b$  und Gesamthöhe  $h$ , welche durch Schraubenbolzen vom Durchmesser  $d$  zusammengehalten sind, ergeben sich mit Bezug auf die Bezeichnungen in Fig. 283 das Trägheitsmoment <sup>75)</sup>

Fig. 283.



$$\mathcal{J} = \frac{b-d}{12} [h^3 - h_1^3 + h_2^3 - h_3^3 + h_4^3 - \dots], \dots \dots 2.$$

und das auf die neutrale Faserschicht bezogene statische Moment

$$S_{\frac{h}{2}} = \frac{b-d}{8} [h^2 - h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + h_4^2 - \dots]; \dots \dots 3.$$

mithin, wenn die beiden Werte eingeführt werden, die in der neutralen Faserschicht wirkende Schubkraft

$$H = \frac{3}{2} Q \left[ \frac{h^2 - h_1^2 + h_2^2 - h_3^2 + h_4^2 - \dots}{h^3 - h_1^3 + h_2^3 - h_3^3 + h_4^3 - \dots} \right], \dots \dots 4.$$

oder, wenn von der Verschwächung durch die zwischen den einzelnen Balken befindlichen Zwischenräume abgesehen werden kann, annäherungsweise

$$H = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q}{h} \dots \dots \dots 5.$$

Diese Gleichung gilt für Träger mit zwei verdübelten Balken, bei welchen die Dübel längs der neutralen Faserschicht angeordnet sind. Bei Trägern mit drei verdübelten Balken wird für jede der beiden um  $\frac{h}{6}$  von der neutralen Faserschicht abtfehenden Dübelschichten der Schubkraft

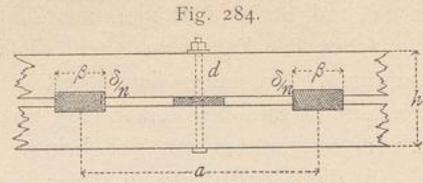
<sup>74)</sup> Nach Gleichung 74, S. 286 (2. Aufl.: Gleichung 56, S. 76; 3. Aufl.: Gleichung 89, S. 102) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses Handbuchs.  
<sup>75)</sup> Nach Gleichung 43, S. 266 (2. Aufl.: Gleichung 19, S. 33; 3. Aufl.: Gleichung 19, S. 35) ebendaf.

$$H = \frac{4}{3} \cdot \frac{Q}{h} \dots \dots \dots 6.$$

Wird allgemein die wagrechte Schubkraft

$$H = a \cdot \frac{Q}{h} \dots \dots \dots 7.$$

gesetzt, so ist für den Fall des Gleichgewichtes, wenn  $m$  Schrauben mit der Reibung  $R$  auf den Abstand  $a$  je zweier



Dübel kommen,  $b$  die Breite der Balkens und  $\frac{\delta}{n}$  den Eingriff eines Dübels in einen Balken bezeichnen, wenn das Zerdrücken des Balkens, bzw. Dübels nicht stattfinden soll, unter Hinweis auf Fig. 284

$$Ha - Rm = p \frac{b \delta}{n}, \dots \dots \dots 8.$$

worin  $p$  die kleinste zulässige Pressung für die Flächeneinheit bedeutet. Wird hierin der allgemeine Wert von  $H$  aus Gleichung 7 eingeführt und angenommen, daß der Querschnitt  $\frac{\pi d^2}{4}$  jedes Schraubenbolzens die volle Zugfestigkeit  $s$  der Flächeneinheit auszuhalten hat, so ist, wenn  $\mu$  den Reibungskoeffizienten von Holz auf Holz bezeichnet, die größte zulässige Entfernung der Dübel

$$a = \frac{h}{a Q} \left( p \frac{b \delta}{n} + \mu m s \frac{\pi d^2}{4} \right), \dots \dots \dots 9.$$

worin  $\mu = 0,5$ ,  $m = \frac{1}{2}$  und  $d = \frac{b}{10}$  angenommen werden kann.

Wenn das Abfcheren des Dübels nicht stattfinden soll, so ist, wenn die durch den Bolzen erzeugte Reibung durch hölzerne Einlagen aufgehoben wird, wenn ferner  $v$  die Schubfestigkeit des Dübelholzes und  $\beta$  die Breite des Dübels bedeuten, für den Fall des Gleichgewichtes

$$Ha - Rm = v b \beta \dots \dots \dots 10.$$

Soll gleiche Sicherheit gegen Zerdrücken und Abfcheren der Dübel bestehen, so erhält man durch Verbindung der Gleichungen 8 und 10 allgemein die Breite des Dübels

$$\beta = \frac{p}{v} \cdot \frac{\delta}{n}, \dots \dots \dots 11.$$

und, wenn  $\frac{p}{v} = \frac{480}{80}$  gesetzt wird, für diesen besonderen Fall

$$\beta = 6 \frac{\delta}{n},$$

also gleich dem 6fachen ihres Eingriffes in einen Balken.

Damit das Abfcheren des zwischen zwei Dübeln befindlichen Balkenstückes nicht stattfindet, ist, wenn mit  $v$  seine Schubfestigkeit und mit  $\beta$  die Länge jedes Dübels bezeichnet wird,

$$Ha - Rm = v b (a - \beta); \dots \dots \dots 12.$$

daher darf nach Einführen der Werte  $H$  und  $R$ , wenn das Abfcheren der Dübel nicht eintreten soll, die Entfernung derselben höchstens

$$a = \frac{h}{a Q - v b h} \left( \frac{m \pi \mu s}{4} d^2 - v b \beta \right) \dots \dots \dots 13.$$

betragen.

Soll endlich gleiche Sicherheit gegen Zerdrücken und Abfcheren der Balken vorhanden sein, so erhält man durch Verbindung der Gleichungen 8 und 12 allgemein die Entfernung der Dübel

$$a = \beta + \frac{p}{v} \cdot \frac{\delta}{n}; \dots \dots \dots 14.$$

mithin, wenn wieder  $\frac{p}{v} = \frac{480}{60}$  gesetzt wird, für diesen besonderen Fall die Entfernung der Dübel

$$a = \beta + 8 \frac{\delta}{n}, \dots \dots \dots 15.$$

also gleich ihrer Breite, vermehrt um das 8fache ihres Eingriffes in einen Balken.

137. Verchränkung:

γ) Die Verchränkung (VIa) dient besonders zur Verstärkung lotrechter Verbandstücke, wie Eckpfoften und Hängesäulen, und erfordert das genaue Ineinandergreifen der Balken, wobei die rechteckigen Eingriffe die ein- bis zweifache

Länge und eine Dicke von je  $\frac{1}{10}$  der ganzen Balkenstärke erhalten, während die zum festen Aneinanderchließen der Verbandstücke notwendigen Schraubenbolzen je nach der Beanspruchung der Balken durch die Mitte jedes oder jedes dritten Eingriffes gezogen werden.

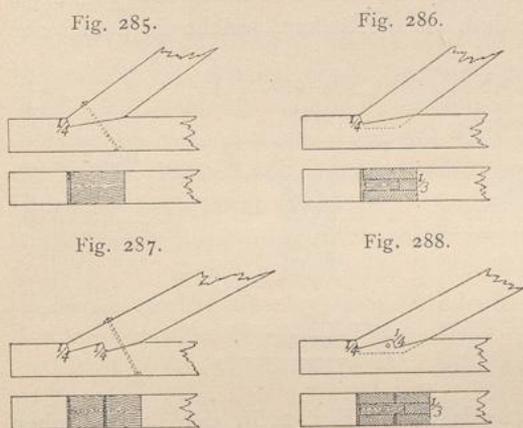
4) Winkelverband von Balken, Brettern und Bohlen in einer Ebene.

α) Der Stofs auf Gehrung (III) dient zur Verbindung von je zwei Brettern meist unter einem rechten Winkel, indem man ihre Enden unter einem Winkel von 45 Grad abschneidet und stumpf zusammenstößt. Als Befestigungsmittel dienen Leim oder Nägel, Dübel und Klammern. Zur Winkelverbindung von Brettern nach ihrer Länge dient die schräge Fuge.

138.  
Gehrung.

β) Die Verfassung dient zum Zusammenfügen von Verbandstücken teils unter einem rechten, teils unter einem spitzen Winkel  $\alpha$ . Im ersteren Falle unterscheidet

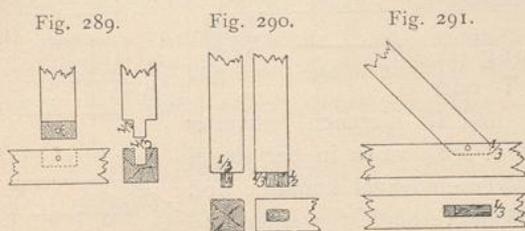
139.  
Verfassung.



man die gerade (VIII), schräge (IX) und gebrochene (X) Verfassung ohne oder mit Zapfen, welche zu ihrer Befestigung eiserner Klammern oder Bänder bedürfen, im letzteren Falle die einfache (XI) und doppelte (XII) Verfassung, je nachdem sie bei minder oder mehr spitzen Winkeln angewendet wird. In beiden Fällen erhält die Verbindung entweder durch einen Zapfen mit Holznagel zur Vermeidung des Abhebens (Zapfenverfassung) oder durch einen schrägen Schraubenbolzen (Bolzenverfassung) ihre eigentliche Befestigung (Fig. 285 bis 288). Die Bolzenköpfe, welche man unten anbringt, erhalten hierbei entweder eine dem Winkel  $\alpha$  entsprechende Neigung gegen die Bolzenachse, oder sie werden besser in den unteren Balken so eingelassen, daß sie parallel zu den oben angebrachten Muttern stehen.

γ) Der Zapfen oder die Verzapfung (XV bis XX) wird zu Winkelverbindungen sowohl in wagrechten, als auch in geneigten Ebenen angewendet und ist gerade oder schräge, wenn der von den Verbandstücken gebildete Winkel ein rechter oder spitzer ist.

140.  
Verzapfung.



Der gerade Zapfen, sowie das zugehörige Zapfenloch erhalten eine Länge von der Hälfte der Breite und eine Dicke von  $\frac{1}{3}$  der Höhe des Balkens, in welchen er eingreifen soll. Bei Befestigung dieser Verbindung durch Holznägel gibt man dem Zapfen eine etwas größere Länge (Fig. 289). Bei T-förmigen Balkenverbindungen erhält der gerade Zapfen die volle Breite des eingreifenden Balkens, während er bei L-förmigen Verbindungen, wie sie bei Eckpfeifen vorkommen, »geächfelt« wird, d. h. nur  $\frac{2}{3}$  seiner vollen Breite erhält (Fig. 290).

Beim schrägen Zapfen samt dem zugehörigen Zapfenloch nimmt man den spitzen Winkel  $\alpha$ , daß beide eine paralleltrapezförmige Gestalt erhalten (Fig. 291), gibt ihnen übrigens ähnliche Abmessungen, wie dem geraden Zapfen, je nachdem genagelt wird oder nicht. Hierher gehört auch der zum nachträglichen Einfügen von Winkelverbänden dienende Jagdzapfen (Fig. 338). Stark belasteten Balken, an welchen der gewöhnliche gerade Zapfen leicht abbrechen würde, gibt man einen Brustzapfen (Fig. 292 u. 293). Wenn die Verbandstücke sehr stark sind, so erhalten sie Doppelzapfen mit einer Dicke von je  $\frac{1}{3}$  der Pfofen- oder Balkenlänge (Fig. 294).

Die einfachen und doppelten Blattzapfen oder Blockzapfen (Fig. 295 a u. b) erhalten solche Pfofen, die breiter sind, als die Balken, welche sie aufnehmen sollen. Mufs außer seitlicher

Verschiebung das Auseinanderziehen der Verbandstücke verhindert werden, so verwendet man, je nachdem der Zapfen durch das zweite Verbandstück hindurchgehen darf oder nicht, die Schwalbenschwanzzapfen oder Weifschwanzzapfen mit Keil (XX). Dieselbe Aufgabe hat auch der bei

Gründungen angewandte Keil- oder Grundzapfen (Fig. 296), der das Abheben der Rostschwellen von den Grundpfählen verhindern soll und in einem gewöhnlichen geraden Zapfen besteht, welcher nach Einführung in das nach oben schwalbenschwanzförmig erweiterte Zapfenloch durch Eintreiben eines einfachen oder doppelten Keiles nach oben schwalbenschwanzförmig so verbreitert wird, daß er das Zapfenloch vollkommen ausfüllt. Der zu Eckverbindungen dienende Schlitz- oder Scherzapfen (Fig. 297) erhält  $\frac{1}{3}$  der Stärke beider Verbandstücke zur Dicke und wird gewöhnlich durch je zwei nach der Diagonale angeordnete hölzerne Nägel befestigt.

δ) Das Blatt oder die Verblattung (IV bis VII) dient zur Verbindung winkel-, T- oder kreuzförmig zusammentreffender Balken und ist hiernach entweder einfach (Fig. 299 a u. b) oder doppelt (Fig. 298), wozu in der Regel noch eine Befestigung durch je einen hölzernen Nagel kommt. Soll zugleich das Auseinanderziehen der Balken verhindert werden, so verwendet man das Hakenblatt (Fig. 299 b u. c), das Weifschwanzblatt (Fig. 300 a u. c) oder das Schwalbenschwanzblatt (Fig. 300 a u. b), welche beiden letzteren entweder durchreichen oder nicht, d. h. mit »Brüstung« (Fig. 301 a, b, c) versehen werden. Um dieselben am Eingriff nicht zu sehr zu schwächen, erhalten sie nicht selten eine »Verfatzung« (Fig. 301 u. 302).

Fig. 292.

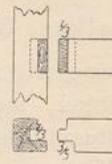


Fig. 293.

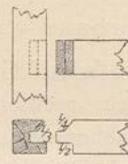


Fig. 294.

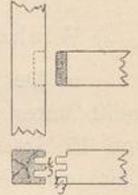


Fig. 295.

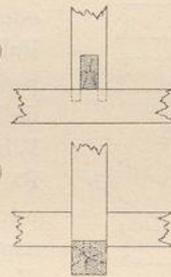


Fig. 296.

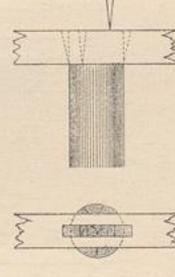


Fig. 297.

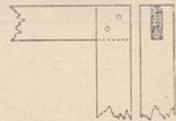


Fig. 298.

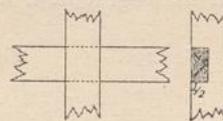
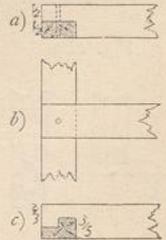
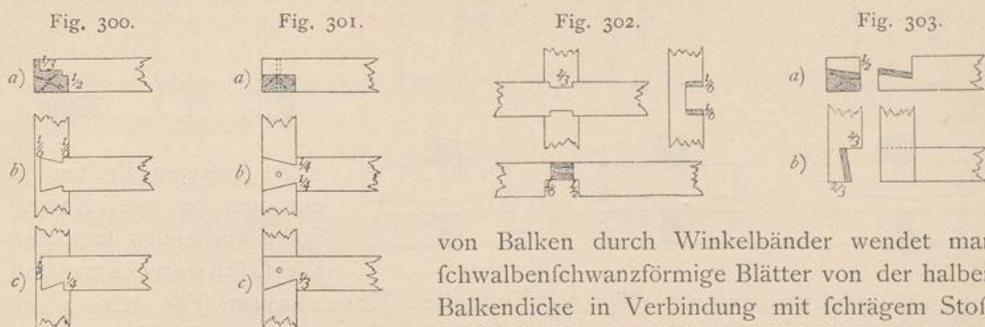


Fig. 299.



141.  
Verblattung.

Um Eckverblattungen weniger leicht verschieblich zu machen, verwendet man nicht selten das Blatt mit schrägem Schnitt (Fig. 303 *a* u. *b*). Beim Aussteifen



von Balken durch Winkelbänder wendet man schwalbenschwanzförmige Blätter von der halben Balkendicke in Verbindung mit schrägem Stofs an, wobei man die ersteren noch durch hölzerne Nägel befestigt (Fig. 339).

e) Die Verzinkung (XXIV *a* u. XXIV *b*) dient meist zur rechtwinkligen Eckverbindung von Bohlen, bezw. Brettern und wird hergestellt, indem die Bretter an ihren Hirnenden mit Zähnen so versehen werden, daß sie zum Eingriff gebracht werden können und dann, meist mit Hilfe von Leim, eine feste Verbindung gebildet wird. Die Zähne sind meist parallelepipedisch, in welchem Falle sie die Verschiebung nach zwei zu einander senkrechten Richtungen gestatten, oder besser schwalbenschwanzförmig, weil dann die Verschiebung nur nach einer Seite hin möglich ist. Reichen die Zähne beider Verbandstücke durch, so ist es eine offene (einfache), reichen sie nicht ganz durch, so daß das Hirnholz der Zähne außen nicht sichtbar wird, eine verdeckte Verzinkung.

142.  
Verzinkung.

ζ) Die Klaue (Geißfuß) oder die Aufklauung (XIII u. XIV) dient zur Verbindung je zweier in einer geneigten Ebene befindlicher, meist unter rechten Winkeln zusammentreffender Verbandstücke, von welchen das geneigte einen der Form des anderen entsprechenden Einschnitt erhält. Ist nun dieser Einschnitt rechtwinklig, so entsteht die einfache Klaue; ist derselbe hakenförmig und mit einem Zapfen verbunden, so entsteht die sog. Klaue mit Zapfen im Nest, welche bereits im Mittelalter bekannt war und in Süddeutschland und Oesterreich noch allgemein Verwendung, besonders beim Aufklauen der Sparren auf die Fußspalten, findet.

143.  
Aufklauung.

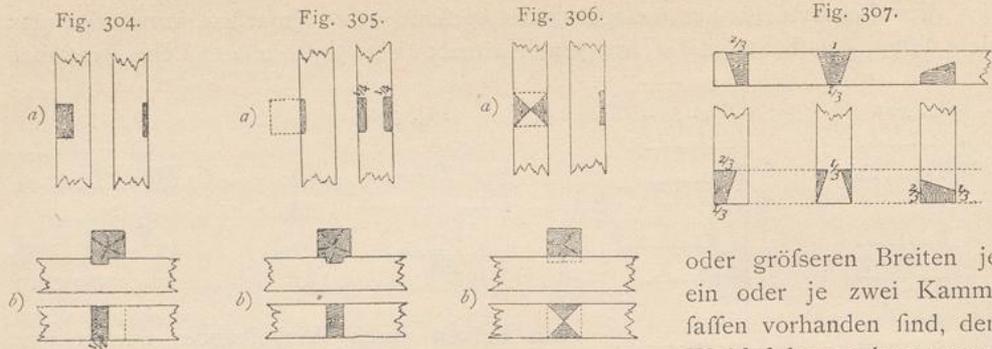
η) Das Schiften oder Anschmiegen dient zur Verbindung je zweier in einer meist geneigten Ebene befindlicher, unter mehr oder minder spitzen Winkeln zusammentreffenden Verbandstücke und besteht in der genauen Ermittlung und Herstellung der Anschlußfläche des Seitenbalkens an den Hauptbalken, z. B. eines »Schiffsparrens« an den Gratparren des Walmdaches. Die Befestigung der Verbandstücke wird durch eiserne Nägel bewirkt.

144.  
Schiften.

#### 5) Winkelverband in zwei oder mehr parallelen Ebenen.

α) Der Kamm oder die Verkämmung (XXII bis XXVI) dient zur Verbindung kreuzförmig übereinander liegender Balken, von welchen der obere eine etwa 2 cm starke Erhöhung (den Kamm), der untere eine derselben genau entsprechende Vertiefung (die Kammfasse) erhält. Je nachdem die Grundform beider rechteckig, weisenschwanzförmig, schwalbenschwanzförmig oder kreuzförmig ist, unterscheidet man den einfachen oder doppelten Kamm (Fig. 304 *a* u. *b*, 305 *a* u. *b*), wenn bei geringeren

145.  
Verkämmung



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 Pfoften, 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 Pfoften 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 Roßpfähle 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- gezspannt	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 Freitützen 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

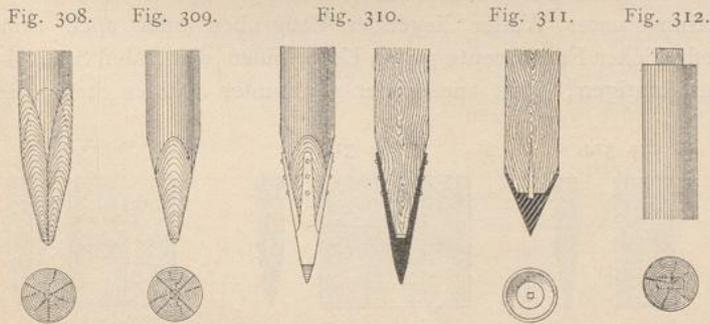
ergibt sich mit Bezug auf den hervorstehenden Teil des mit der Belastung  $\frac{Q}{n} = P$  beschwerten Roßpfahles der erforderliche Durchmesser

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

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

150.  
Form.



es, die Pfähle unten 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.

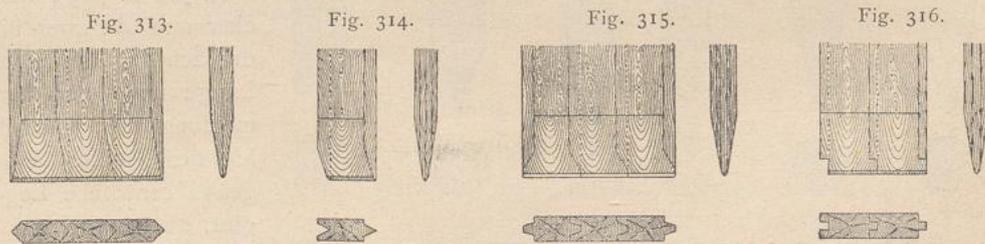
Oben erhalten die Pfähle, wenn sie Schwellen aufzunehmen haben, entweder einfache Zapfen (Fig. 312) oder, wenn das Abheben der Schwellen durch hydrostatischen Druck zu befürchten steht, sog. Grundzapfen (siehe Fig. 296, S. 106), d. h. Zapfen, welche in die nach oben schwalbenschwanzförmig erweiterten 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 Roßpfähle 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.

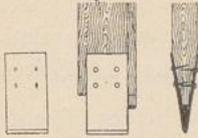
Die zur Umschließung unter Wasser liegender Baugruben oder auch zum Schutze unter Wasser befindlicher Fundamente gegen Unterspülen dienenden Spundwände werden teils aus kantigen, dicht aneinander gerammten Pfählen, teils aus



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

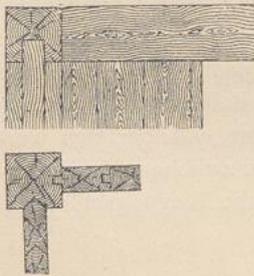
Fig. 317.



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).

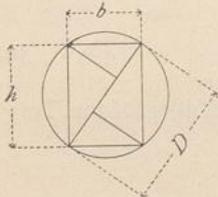
155.  
Sicherung  
der  
Schneiden.

### 3. Kapitel.

#### Balkenverfärkungen.

Die zu Hochbauzwecken in vorzugsweise wagrechter Lage zur Verwendung kommenden Balken sind geschnitten 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.

Stammes schneiden, und verbindet diese Schnittpunkte mit den Endpunkten des Durchmessers, so folgen aus der Aehnlichkeit der entstehenden Dreiecke die Verhältnisse

$$\frac{b}{D} = \frac{D}{b} \quad \text{und} \quad \frac{h}{\frac{2}{3}D} = \frac{D}{h}, \quad \dots \quad 30.$$

welche die obigen Werte für  $b$  und  $h$  ergeben.

In der Praxis pflegt man den Querschnitten von Balken, welche die relativ größte Tragfähigkeit entwickeln sollen, mit hinreichender Annäherung das Seitenverhältnis  $\frac{b}{h} = \frac{5}{7}$  zu geben. Bleibt das Widerstandsmoment<sup>80)</sup> eines solchen Balkens, welches feiner Breite und dem Quadrate feiner Höhe proportional ist, hinter feinem Biegungs-<sup>81)</sup> oder Angriffsmoment zurück, so ist eine hinreichende Verstärkung desselben erforderlich; letztere ist hiernach vorteilhaft in der Vermehrung feiner Höhe zu suchen.

Werden zu diesem Zwecke zwei Balken durch Verzahnung oder Verdübelung verbunden, so erfordern dieselben unter übrigens gleichen Umständen eine größere Höhe  $H$ , als ein massiver Balken von gleicher Widerstandsfähigkeit, welche sich wie folgt bestimmen läßt. Bezeichnet  $\alpha H$  denjenigen Teil der Balkenhöhe, welcher bei den zusammengesetzten Balken nicht zur Wirkung kommt und bei den verzahnten Balken der Zahnhöhe, bei den verdübelten Balken dem zwischen den Einzelbalken verbliebenen Zwischenraume entspricht, so ist, wenn die Biegemomente beider Balken gleich sein sollen,

$$\frac{bh^2}{6} = \frac{b(H-\alpha H)^2}{12} \cdot \frac{2}{H} = \frac{b}{6} (1-\alpha)^2 H^2, \quad \dots \quad 31.$$

woraus das Höhenverhältnis des zusammengesetzten und massiven Balkens zu

$$\frac{H}{h} = \sqrt{\frac{1}{(1-\alpha)^2}} \quad \dots \quad 32.$$

gefunden wird. Nimmt man wie gewöhnlich  $\alpha = \frac{1}{10}$  an, so ergibt sich

$$\frac{H}{h} = \sqrt{\left(\frac{10}{9}\right)^2} = \frac{1,17}{1}, \quad \dots \quad 33.$$

woraus folgt, daß unter übrigens gleichen Umständen der zusammengesetzte Balken durchschnittlich die 1,17fache Höhe des massiven Balkens erfordert. Bezeichnen  $M$  das größte Angriffsmoment und  $k$  die zulässige Beanspruchung des verwendeten Holzes, so ist  $k \frac{bh^2}{6} = M$ , also  $h = \sqrt{\frac{6M}{kb}}$ , daher, wenn dieser Wert in Gleichung 32 eingeführt wird, die Höhe des zusammengesetzten Balkens

$$H = \sqrt{\frac{6}{(1-\alpha)^2} \cdot \frac{M}{kb}} \quad \dots \quad 34.$$

Wird hierin  $b = \frac{5}{7}H$  gesetzt, so erhält man die der verhältnismäßig größten Tragfähigkeit des Balkens entsprechende Höhe

$$H = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 7}{5(1-\alpha)^2} \cdot \frac{M}{k}} = \frac{2,025}{1-\alpha} \sqrt[3]{\frac{M}{k}} \quad \dots \quad 35.$$

<sup>80)</sup> Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuchs«, Art. 299, S. 263 (2. Aufl.: Art. 89, S. 66; 3. Aufl.: Art. 97, S. 77).

<sup>81)</sup> Siehe ebendaf., Art. 295, S. 257 (2. Aufl.: Art. 85, S. 59; 3. Aufl.: Art. 94, S. 70).

## a) Verzahnte und verdübelte Balken.

Den verzahnten Balken (Fig. 320 u. 321) setzt man bei geringeren Spannweiten aus zwei, bei grösseren Spannweiten aus einer ungeraden Anzahl von Balkenstücken so zusammen, daß ihre Stoßfugen abwechseln, wobei man den oberen auf

157.  
Verzahnte  
Balken.

Fig. 320.

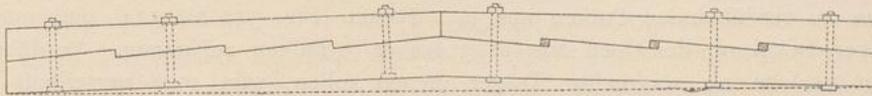
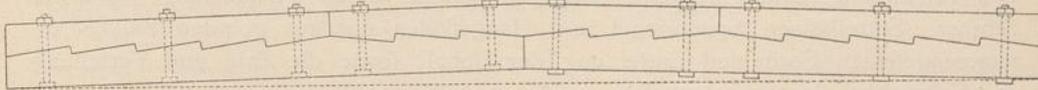


Fig. 321.



Druck beanspruchten Balken in seiner Mitte (Fig. 320) stößt, damit der untere auf Zug beanspruchte Balken an dieser Stelle zusammenhängt. Um das Ineinanderpressen der Hirnenden zu vermeiden, schaltet man zwischen die Stöße des oberen Balkens entsprechende Zink-, Kupfer- oder Eisenplatten ein, während man über die Stöße des unteren Balkens (Fig. 321) eiserne Schienen legt, um den verlorenen Zusammenhang der Balkenstücke wieder herzustellen. Um Durchbiegungen zu vermeiden, gibt man den verzahnten Balken vorteilhaft eine Sprengung, deren Pfeil  $\frac{1}{50}$  bis  $\frac{1}{100}$  ihrer Länge beträgt. Sind Balken nicht zu erhalten, welche von Natur eine solche Biegung besitzen, so gibt man sie ihnen künstlich, indem man sie in der Mitte durch einen Klotz unterstützt und ihre Enden entsprechend belastet oder durch zwei Winden niederdrückt. In dieser Lage muß der ganze Balken verbleiben, bis die Bolzenlöcher gebohrt und die Bolzen selbst fest angezogen sind. Bisweilen stößt man den unteren Teil eines fünfteiligen verdübelten Balkens in der Mitte (Fig. 321), um die Sprengung desselben zu erleichtern. Die Anordnung der Zähne und Verteilung der Schraubenbolzen ergeben sich aus Art. 135 (S. 102), wozu noch zu be-

Fig. 322.

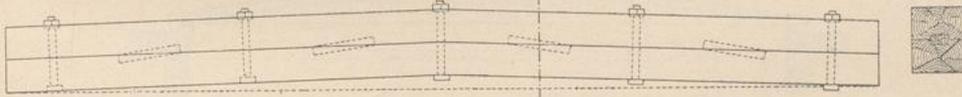


Fig. 323.

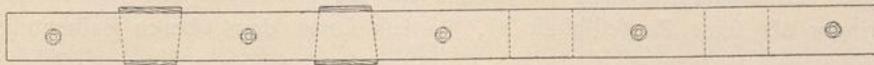
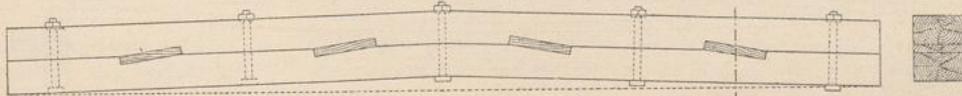
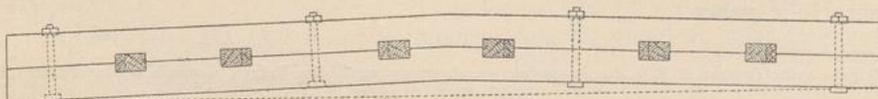


Fig. 324.



merken ist, daß durch Herstellung der Zähne eine Verchwächung der Balken eintritt und daß man, der Schwierigkeit der Herstellung eines tüchtigen verzahnten Balkens wegen, denselben zur Zeit fast stets durch den verdübelten Balken ersetzt, welcher bei ungleich leichter Herstellung mindestens daselbe leistet.

158.  
Verdübelte  
Balken.

In den meisten Fällen, wo Balken von den Längen der zu überspannenden Weiten vorhanden sind und nur ihre Stärke nicht ausreicht, setzt man den wagrechten zu verdübelnden Balken aus je 2 Balken (Fig. 322 bis 324) und nur bei größerer Belastung desselben aus je 3 bis je 5 Balken zusammen. Verdübelten Balken, welche als wagrechte Träger dienen sollen, gibt man vorteilhaft eine Sprengung von  $\frac{1}{50}$  bis  $\frac{1}{100}$  ihrer Länge (Fig. 324), welche man ähnlich wie bei den verzahnten Balken herstellt. Dagegen werden durch Verdübelung verstärkte Streben, Sattelhölzer, Spannriegel und Hängesäulen nur aus geraden Balken zusammengesetzt. Form und Entfernung der Dübel, sowie die Zahl und Verteilung der Schraubenbolzen ergeben sich aus Art. 136 (S. 103<sup>82</sup>).

b) Geschlitzte und gespreizte Balken.

159.  
Geschlitzte  
Balken.

Wird ein Balken von der Breite  $b$  und der Höhe  $h$  in halber Höhe nach seiner Längsachse aufgeschlitzt und dann nach seiner Mitte hin allmählich so auseinander gespreizt, daß er dort die gefamte Höhe  $\alpha h$  erhält, so wächst sein ursprüngliches Biegemoment  $\frac{bh^2}{6}$  auf

$$\frac{b}{6} \cdot \frac{\alpha^2 - (\alpha - 1)^3}{\alpha} h^2, \dots \dots \dots 36.$$

sonach, da in der Praxis gewöhnlich  $\alpha = 2,5$  angenommen wird, auf  $4,9 \frac{bh^2}{6}$  oder fast auf das Fünffache. Diese Erhöhung der Tragfähigkeit veranlaßte Laves, Balken in der Mitte aufhängen und durch eingeschaltete Klötze auseinander spreizen, ihre Enden aber, zur Vermeidung eines völligen Aufschlitzens, durch Schraubenbolzen (Fig. 325 u. 326 rechts) oder besser durch umgelegte eiserne Bänder (Fig. 325

Fig. 325.

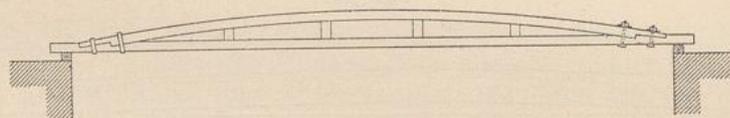
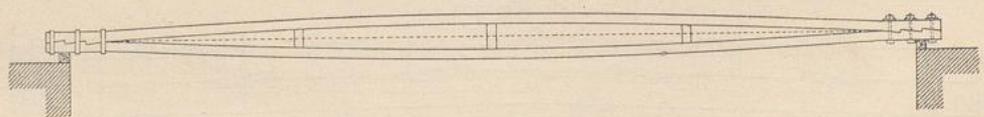


Fig. 326.

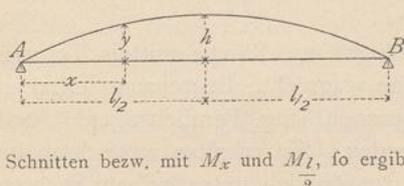


u. 326 links) fest zusammenhalten zu lassen. Da die Druckfestigkeit des Holzes etwas geringer als seine Zugfestigkeit ist, so ließ Laves dem oberen Balkenteile etwa  $\frac{4}{3}$  von der Stärke des unteren, also dem ersteren  $\frac{4}{7} h$  und dem letzteren  $\frac{3}{7} h$  zur Höhe geben.

<sup>82</sup>) Siehe auch: THULLIE, M. R. v. Zur Anwendung verzahnter und verdübelter Träger. Centralb. d. Bauverw., 1895, S. 296.

Wo die Stärke eines Balkens nicht ausreicht, um die zuvor angegebenen nötigen Widerstandsmomente zu erzielen, kann man durch Zusammensetzen je zweier Balken, welche man an den Enden fest verbindet und von welchen man entweder nur den unteren oder nur den oberen (Fig. 325) oder auch beide (Fig. 326) biegt, und durch hölzerne Spreizen oder hölzerne Zangen auseinander hält, sich helfen.

Fig. 327.



Bezeichnet man die Ordinaten der Schwerlinien beider Balken (Fig. 327) für die beliebige Abscisse  $x$  und die halbe Stützweite  $\frac{l}{2}$  bzw. mit  $y$  und  $h$  und die Angriffsmomente der wagrechten Kräfte in den dafelbst geführten lotrechten Schnitten bzw. mit  $M_x$  und  $M_l$ , so ergibt sich die Form der gepreizten Balken aus der Gleichung

$$y = \frac{M_x}{M_l} h, \dots \dots \dots 37.$$

welche z. B. für gleichförmig auf die Projektion verteilte Belastung  $g$ , wofür bekanntlich  $M_x = \frac{g}{2} x(l-x)$  und  $M_l = g \frac{l^2}{8}$  ift, in die Gleichung

$$y = \frac{4h}{l^2} x(l-x), \dots \dots \dots 38.$$

also in die Gleichung der quadratischen Parabel übergeht. Der Querschnitt  $F_z$  des gezogenen und  $F_d$  des gedrückten Balkens hat gleichzeitig den darin auftretenden wagrechten und lotrechten Kräften

$$H_x = \frac{M_x}{y} \quad \text{und} \quad V_x = \frac{dM_x}{dx} \dots \dots \dots 39.$$

zu widerstehen, woraus sich bzw. die Querschnittsflächen des gezogenen und gedrückten Balkens für die zulässigen Zug- und Druckspannungen  $z$  und  $d$ , fowie für die zulässigen Schubspannungen  $v$  zu

$$F_z = \frac{M_x}{yz} \quad \text{und} \quad F_z' = \frac{1}{v} \frac{dM_x}{dx}, \dots \dots \dots 40.$$

$$F_d = \frac{M_x}{yd} \quad \text{und} \quad F_d' = \frac{1}{v} \frac{dM_x}{dx} \dots \dots \dots 41.$$

ergeben.

Für den quadratisch-parabolischen Balken mit gleichförmig auf die Projektion verteilter Belastung erhält man bzw.

$$F_z = \frac{1}{z} \frac{gl^2}{8h} \quad \text{und} \quad F_z' = \frac{1}{v} g \left( \frac{l}{2} - x \right), \dots \dots \dots 42.$$

ferner

$$F_d = \frac{1}{d} \frac{gl^2}{8h} \quad \text{und} \quad F_d' = \frac{1}{v} g \left( \frac{l}{2} - x \right), \dots \dots \dots 43.$$

woraus folgt, dafs in diesem Falle die Querschnitte  $F_z$  und  $F_d$  konstant sind und wegen

$$\frac{F_z}{F_d} = \frac{d}{z} \dots \dots \dots 44.$$

sich umgekehrt verhalten wie ihre Beanspruchungen, ferner dafs die Querschnitte  $F_z'$  und  $F_d'$  einander gleich, aber veränderlich sind und von der Mitte des Balkens, wo sie Null werden, nach seinen Enden hin zunehmen, wo sie den grössten Wert

$$F_z' = F_d' = \frac{1}{v} \cdot \frac{gl}{2} \dots \dots \dots 45.$$

erreichen. Für die Querschnitte des quadratisch-parabolischen Balkens sind also in seiner Mitte nur die Momente, in allen übrigen, vorzugsweise über den Auflagern befindlichen Querschnitten die Momente und lotrechten Schubkräfte in der Art maßgebend, dafs der grössere der beiden sich ergebenden Querschnitte zu wählen ift.

Die Balkenenden sind so zu verbinden, dafs die gleichen, aber entgegengesetzt und scherend wirkenden wagrechten Kräfte  $\frac{gl^2}{8h}$  aufgehoben werden, was man durch

Verfatzung, Verzahnung oder Verdübelung in Verbindung mit Schrauben und Bändern erreichen kann. Die gespreizten Träger erfordern je zwei durchgehende Balken, weshalb sie auf Spannweiten von 10 bis 12<sup>m</sup> beschränkt sind, und gefalteten wegen ihrer Form bei Decken nur dann Anwendung, wenn eine wagrechte Ausgleichung von Fußboden und Decke besonders hergestellt wird.

c) Gitterträger.

161.  
Ermittlung  
der  
Spannungen.

Wo bedeutendere Lasten zu übertragen und gröfsere Räume mittels Trägern zu überspannen sind, welche oben und unten eine wagrechte Begrenzung erhalten sollen, sind Fachwerkträger mit parallelen Gurtungen (fog. Parallelträger<sup>83</sup>) und rechteckigem Stabsystem mit Vorteil zu verwenden. Sie erhalten zwei doppelte hölzerne Gurtungen, zwischen welche hölzerne, gewöhnlich unter halbem rechten Winkel geneigte gekreuzte Diagonalen und hölzerne oder eiserne Vertikalen (Träger mit kombiniertem Gitterwerk<sup>78</sup>) nach dem System *Howe* eingeschaltet sind (Fig. 329 bis 331). Hierbei werden am vorteilhaftesten alle die eine seitliche Uebertragung der Lasten auf beide Stützpunkte bewirkenden Hauptdiagonalen, sowie die zur Aussteifung der Felder eingeschalteten Gegendiagonalen für Druck, jene Vertikalen für Zug konstruiert.

Nimmt man an, ein solcher Gitterträger (Fig. 328), von der Höhe  $h$  und mit  $n$  gleichen Feldern von der Weite  $\lambda$ , sei in jedem unteren Knotenpunkte mit dem Eigengewicht  $p$  und der Verkehrslast  $q$  beschwert (z. B. wenn Deckenbalken auf seine untere Gurtung gelegt oder an dieselbe angehängt werden), so beträgt die grösste Druckspannung des beliebigen  $m$ -ten oberen Gurtungsstückes<sup>84</sup>)

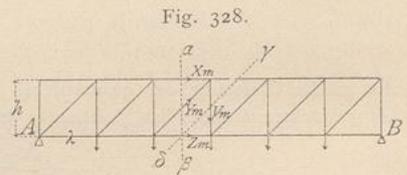


Fig. 328.

$$X_m \min = -\frac{(p+q)\lambda}{2h} (m-1)(n+1-m) = -C(m-1)(n+1-m) \quad 46.$$

und die grösste Zugspannung des  $m$ -ten unteren Gurtungsstückes<sup>84</sup>)

$$Z_m \min = \frac{(p+q)\lambda}{2h} m(n-m) = Cm(n-m), \quad \dots \quad 47.$$

worin  $C$  dieselbe Konstante darstellt, welche daher bezw. mit zwei verschiedenen veränderlichen, in den schräg gegenüber liegenden Gurtungsstücken benachbarter Felder gleichen Produkten zu multiplizieren ist.

Die Grenzspannungen der Diagonalen 1 bis  $n$  mit der durchweg gleichen Länge  $t = \sqrt{\lambda^2 + h^2}$  sind für Druck und Zug<sup>85</sup>) bezw.

$$Y_m \min = -\frac{t}{2h} \left[ p(n+1-2m) + \frac{q}{n}(n-m)(n+1-m) \right] \quad \dots \quad 48.$$

und

$$Y_m \max = \frac{t}{2h} \left[ -p(n+1-2m) + \frac{q}{n}m(m-1) \right], \quad \dots \quad 49.$$

worin  $\frac{tp}{2h}$  und  $\frac{tq}{2nh}$  wiederum Konstante vorstellen.

Die Grenzspannungen in den Vertikalen 0 bis  $n-1$  sind für Zug und Druck<sup>85</sup>) bezw.

<sup>83</sup>) Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte, Art. 374, S. 338 (2. Aufl.: Art. 166, S. 148; 3. Aufl.: Art. 167, S. 168) dieses Handbuchs.

<sup>84</sup>) Siehe ebendaf., Art. 386, S. 351 (2. Aufl.: Art. 180, S. 163; 3. Aufl.: Art. 182, S. 183).

<sup>85</sup>) Siehe ebendaf., Art. 387, S. 351 (2. Aufl.: Art. 181, S. 164; 3. Aufl.: Art. 183, S. 184).

$$V_m \max = \frac{p}{2} (n+1-2m) + \frac{q}{2n} (n-m)(n+1-m) \quad \dots \quad 50.$$

und

$$V_m \min = \frac{p}{n} (n+1-2m) - \frac{q}{2n} m(m-1) \quad \dots \quad 51.$$

Sind die Spannungen dieses Trägers mit durchweg rechts steigenden Diagonalen, welche auf seiner linken Seite Druck-, auf seiner rechten Seite Zugspannungen annehmen, berechnet, so lassen sich hieraus die Spannungen des Trägers mit nur gedrückten, zu seiner Mittellinie symmetrischen Diagonalen (Hauptdiagonalen) ableiten, während man alle Diagonalen, welche Zugspannung annehmen würden, weglässt und durch solche mit entgegengesetzter Neigung ersetzt.

Wird derselbe Gitterträger in allen oberen Knotenpunkten belastet (z. B. wenn Deckenbalken auf seine obere Gurtung gelegt werden), so bleiben die Spannungen der Gurtungen und Diagonalen dieselben und die Grenzspannungen nur der Vertikalen von 0 bis  $n-1$  gehen in die folgenden<sup>85)</sup> über:

$$V_m \max = \frac{p}{2} (n-1-2m) + \frac{q}{2n} (n-m)(n-1-m) \quad \dots \quad 52.$$

und

$$V_m \min = \frac{p}{2} (n-1-2m) - \frac{q}{2n} m(m+1) \quad \dots \quad 53.$$

In den meisten im Hochbauwesen vorkommenden Fällen erhalten die hölzernen Gitterträger durchweg gleiche Stärken ihrer Gurtungen und Stäbe, wodurch zwar ihr Materialbedarf vermehrt, aber ihre Konstruktion wesentlich vereinfacht wird. In diesem Falle hat man nur die größten Spannungen der Gurtungen und der Stäbe, welche bezw. in der Mitte und an den Enden dieser Träger eintreten, zu ermitteln und hiernach ihre Querschnitte festzustellen.

Für  $m = \frac{n}{2}$  erhält man daher die absolut größte Druckspannung der oberen Gurtung

$$X_m \min = -\frac{(p+q)\lambda}{2h} \left( \frac{n^2}{4} - 1 \right), \quad \dots \quad 54.$$

worin 1 gegen  $\frac{n^2}{4}$  vernachlässigt werden kann, und die absolut größte Zugspannung der unteren Gurtung

$$Z_m \max = \frac{(p+q)\lambda}{2h} \cdot \frac{n^2}{4} \quad \dots \quad 55.$$

Für  $m = 0$  erhält man die absolut größte Druckspannung der Diagonalen

$$Y_m \min = -\frac{t}{2h} (p+q)(n+1) \quad \dots \quad 56.$$

und die absolut größte Zugspannung der Vertikalen

$$V_m \max = \frac{1}{2} (p+q)(n+1), \quad \dots \quad 57.$$

wenn der Träger unten, und

$$V_m \max = \frac{1}{2} (p+q)(n-1), \quad \dots \quad 58.$$

wenn derselbe oben belastet ist.

Bezeichnet man mit  $F_x$  und  $F_z$ ,  $F_d$  und  $F_v$  bezw. die Querschnitte der Gurtungen und Stäbe, mit  $z$  und  $d$  bezw. die größte zulässige Zug- und Druck-

162.  
Querschnitts-  
ermittlung.

spannung, so ist, wenn die Trägerlänge  $n\lambda = l$  gefetzt wird, der erforderliche konstante nutzbare Querschnitt der oberen Gurtung

$$F_x = \frac{n(p+q)l}{8dh}, \dots\dots\dots 59.$$

der unteren Gurtung

$$F_z = \frac{n(p+q)l}{8zh}, \dots\dots\dots 60.$$

der Diagonalen

$$F_d = \frac{(n+1)(p+q)t}{2dh} \dots\dots\dots 61.$$

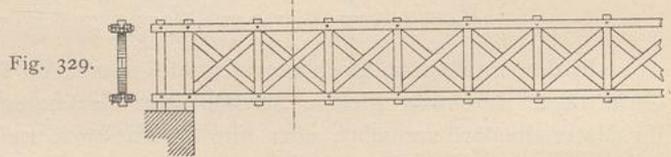
und der entweder hölzernen oder eisernen Vertikalen bezw.

$$F_v = \frac{(n+1)(p+q)}{2z} \text{ oder } F_v = \frac{(n-1)(p+q)}{2z}, \dots\dots\dots 62.$$

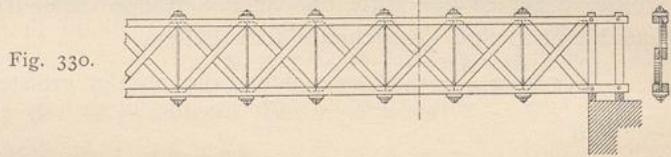
wobei die kleinste zulässige Beanspruchung auf Zug für Holz und Schmiedeeisen zu bezw. 100 und 1000 kg für 1cm angenommen werden kann.

163.  
Konstruktion.

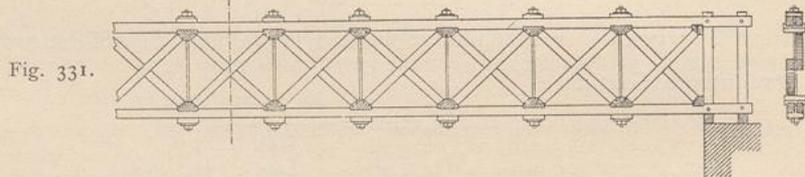
Bei Anwendung hölzerner Vertikalen werden dieselben auf beiden Seiten mit den beiden Gurtungen verblattet und oben und unten mit ihnen verbolzt, während die gekreuzten Diagonalen, die in ihren Kreuzungspunkten verblattet und genagelt werden, durch Zapfen ohne oder mit Verfatzung mit ihnen verbunden sind (Fig. 329).



Bei Anwendung eiserner, mit Kopf und Mutter versehener Vertikalen werden dieselben durch kurze hölzerne, von aussen quer über und unter die Gurtungen gelegte Sattelstücke gefsteckt, die Diagonalen mittels Zapfen zwischen die



Gurtungen eingefaltet und diese fämtlichen Teile durch Anziehen der erwähnten Muttern fest zusammengeprefst (Fig. 330).



Bei Gitterträgern für grössere Spannweiten mit bedeutenderen Belastungen schaltet man zwischen die Enden entgegengesetzt geneigter Diagonalen besondere Spannklötze ein, gegen welche sich die letzteren stemmen und welche von den Hängeeisen durchfetzt werden (Fig. 331).

d) Armierte Balken.

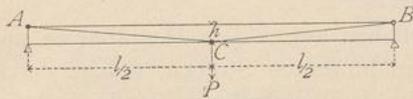
Die Tragfähigkeit von Balken, welche für sich zu schwach sind, um eine gegebene Last zu tragen, kann durch Verbindung derselben mit Hängewerken (Fig. 333 u. 335) oder Sprengwerken (Fig. 336) erhöht werden, wobei diese Hilfskonstruktionen für kleinere und grössere Spannweiten bezw. einfach und doppelt angewendet werden.

1) Hängewerkbalken.

Ist ein Balken von der Länge  $l$ , Breite  $b$  und Höhe  $h$  (Fig. 332) verfügbar, so ist derselbe bei seiner größten zulässigen Beanspruchung  $d$  im Stande, von der größten, in seiner Mitte wirkenden Last  $P$  den Anteil

164.  
Einfache  
Hängewerk-  
balken.

Fig. 332.



$$\alpha P = \frac{2}{3} \frac{d b h^2}{l} \dots 63.$$

zu tragen, woraus  $\alpha$  zu bestimmen ist. Um den Rest  $P(1 - \alpha)$  der Last übertragen zu können, müssen die Zugstangen auf jeder Seite bei einer größten zulässigen Beanspruchung  $z$  den nutzbaren Querschnitt

$$F = \frac{P(1 - \alpha)}{2z} \cdot \frac{\sqrt{4h^2 + l^2}}{2h} \dots 64.$$

erhalten, wovon bei je zwei Zugstangen auf jede die Hälfte kommt. Werden dieselben, wie gewöhnlich, aus Rundeisen hergestellt und an den äußeren Enden mit Gewinden von  $0,2$  Tiefe des äußeren Durchmessers versehen, so beträgt ihr äußerer Durchmesser

$$D = \frac{2}{1 - 0,4} \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 1,88 \sqrt{F} \dots 65.$$

Die Gewinde werden gewöhnlich durch eiserne, zur Zugstangenachse senkrechte Querplatten gesteckt, mit Unterlagsplatten versehen und dann mittels starker Muttern angezogen, während die unteren Enden der Zugstangen Oesen erhalten, durch welche

Fig. 333.

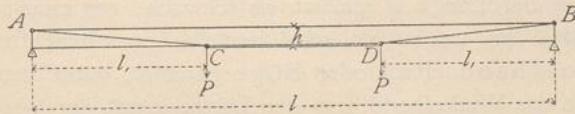


ein eiserner, den hölzernen Balken unterstützender Querbolzen gesteckt und durch Splinte oder Schrauben festgehalten wird (Fig. 333).

Ist ein Balken von den zuvor angegebenen Abmessungen verfügbar und in den Entfernungen  $l_1$  von seinen beiden Enden mit den gleichen Einzellasten  $P$  beschwert (Fig. 334), so kann er von jeder derselben den Anteil

165.  
Doppelte  
Hängewerk-  
balken.

Fig. 334.



$$\alpha P = \frac{1}{6} \frac{d b h^2}{l_1} \dots 66.$$

tragen, woraus  $\alpha$  zu bestimmen ist. Um den Rest  $P(1 - \alpha)$  dieser

Last übertragen zu können, müssen die geeigneten und wagrechten Teile der Zugstangen bzw. einen nutzbaren Gesamtquerschnitt

Fig. 335.



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

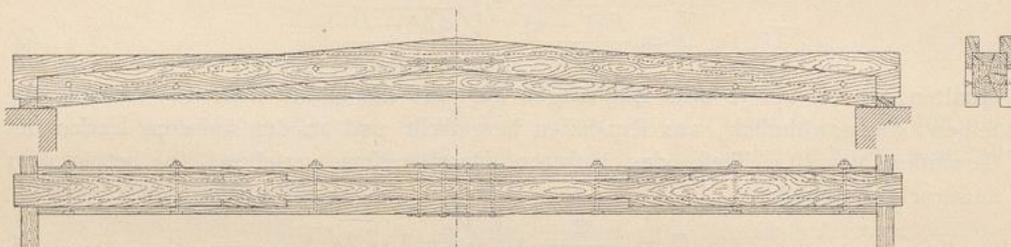
erhalten, woraus ihr äußerer Durchmesser wie vorher zu bestimmen ist. Die Konstruktion ist derjenigen der einfachen Hängewerkbalken gleich (Fig. 335).

## 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.

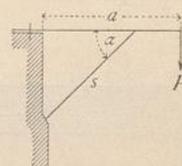
Ist ein wagrechter, am einen Ende festgehaltener, am anderen Ende frei schwebender Balken (Fig. 337) von der Länge  $a$  für sich zu schwach, um eine an seinem freien Ende wirkende Last  $P$  zu tragen, so wird derselbe am einfachsten durch ein Winkelband, auch Kopfband, Bug oder Büge genannt, unterstützt.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

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

und der längs des wagrechten Balkens wirkende Zug

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

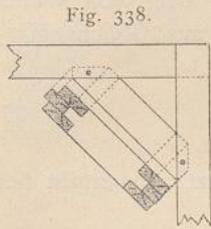
Fig. 337.



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  $\beta$  die grössere, mit  $\delta$  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

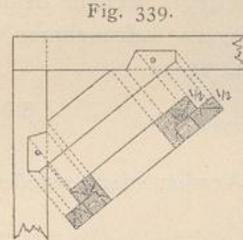


$$W = \frac{C \pi^2 E}{12} \cdot \frac{\beta \delta^3}{s^2} \quad \dots \quad 71.$$

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  $\beta$  oder  $\delta$  ermittelt werden kann.



Wird das Winkelband an den Enden durch Anblattung festgehalten (Fig. 339), so ist in Gleichung 72:  $4\pi^2$  statt  $\pi^2$  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  $\delta^4$  statt  $\beta \delta^3$  zu setzen ist, also nur  $\delta$  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.

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.

169.  
Konstruktion.

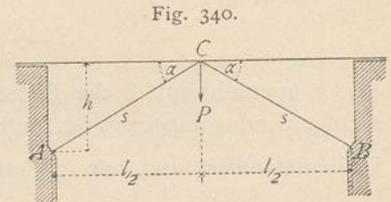
170.  
Einfaches  
Sprengwerk.

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

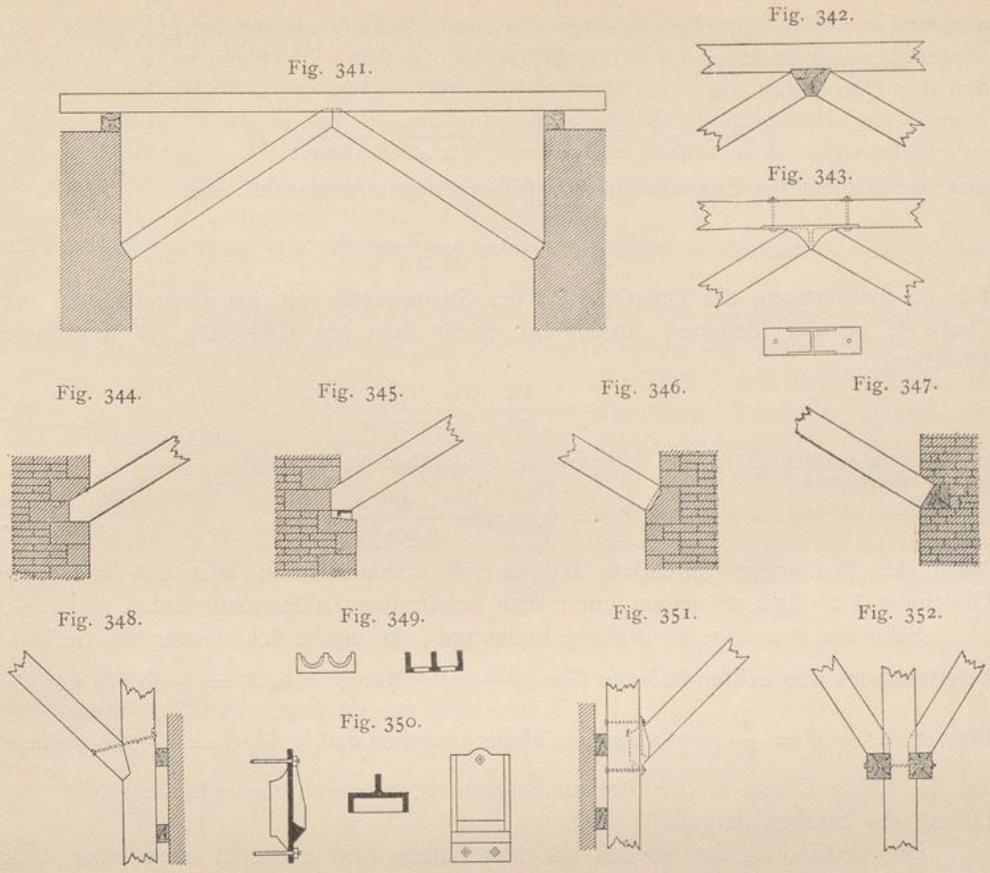
$$\beta \delta^3 = 0,000063 \frac{l^3}{h \cos^3 \alpha} P \quad \dots \quad 78.$$

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.

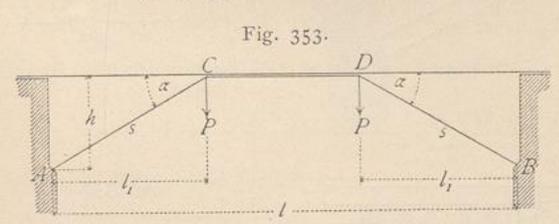
Bezeichnen  $p$  und  $q$  bezw. die Eigengewichts- und die größte Nutzbelastung der Längeneinheit des durchgehenden wagrechten Balkens, so ist seine Gesamtbelastung  $G = (p + q) l$ , wovon je  $\frac{3}{16} G = \frac{3}{16} (p + q) l$  auf die Mauer Schwellen übertragen werden, während der Rest die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



Stemmen sich die Streben gegen h6lzerne Pfoften, so werden sie mit den letzteren entweder durch Verfatzen 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

der L6nge  $s = \sqrt{l_1^2 + h^2} = \frac{l_1}{\cos \alpha}$  den L6ngsdruck

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

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

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

271.  
Zweifaches  
Sprengwerk.

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  $\beta_1$  und der Dicke  $\delta_1$  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  $\pi^2$  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

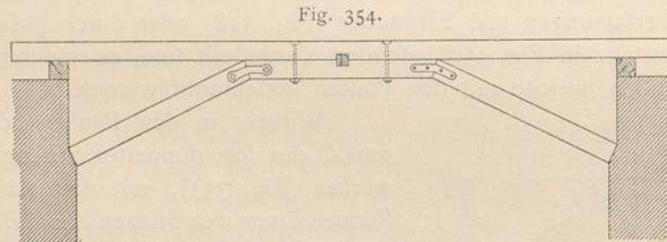


Fig. 354.

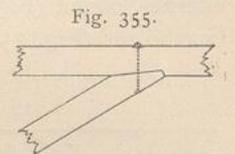


Fig. 355.

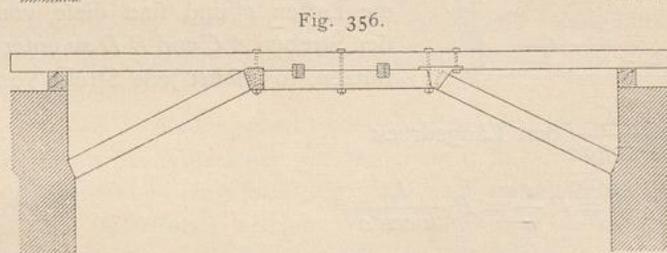


Fig. 356.

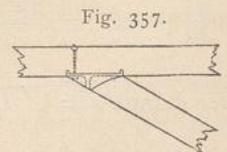


Fig. 357.

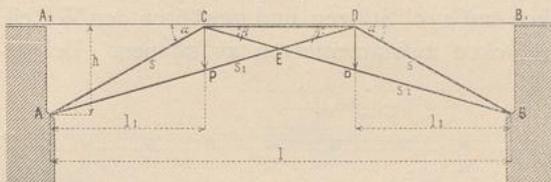
(Fig. 357), oder mittelbar bewirkt, indem man zwischen die Streben einen Spannriegel (Fig. 354 u. 356) einschaltet. Die Streben werden mit diesem Spannriegel entweder durch stumpfen Stoß nebst schmiedeeisernen Winkelbändern (Fig. 354) oder

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

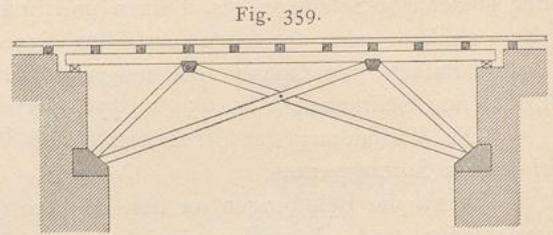
$$R = \sqrt{V^2 + H^2} \quad \dots \quad 91.$$

und sein Neigungsverhältnis

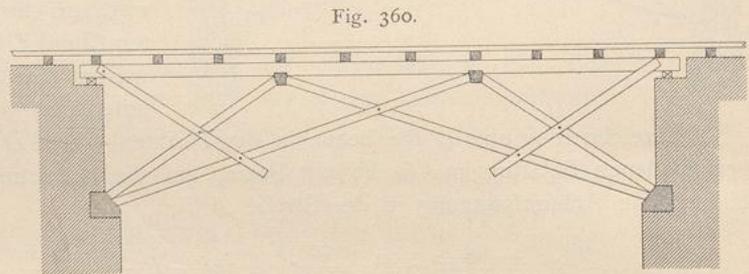
$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{V}{H} = \frac{\sin (\alpha + \beta)}{2 \cos \alpha \cdot \cos \beta} = \frac{h}{l_1} \cdot \frac{P(l - l_1) + Q l_1}{(P + Q) l} \quad \dots \quad 92.$$

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.



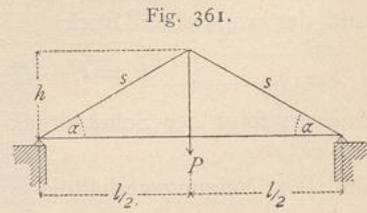
Die Verbindungen der Streben mit den Unterzügen bei  $C$  und  $D$  sind diejenigen der einfachen Sprengwerke, die Unterstützungen der Streben bei  $A$  und  $B$  durch Mauerbalken denjenigen der einfachen und doppelten Sprengwerke ähnlich anzuordnen.

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.

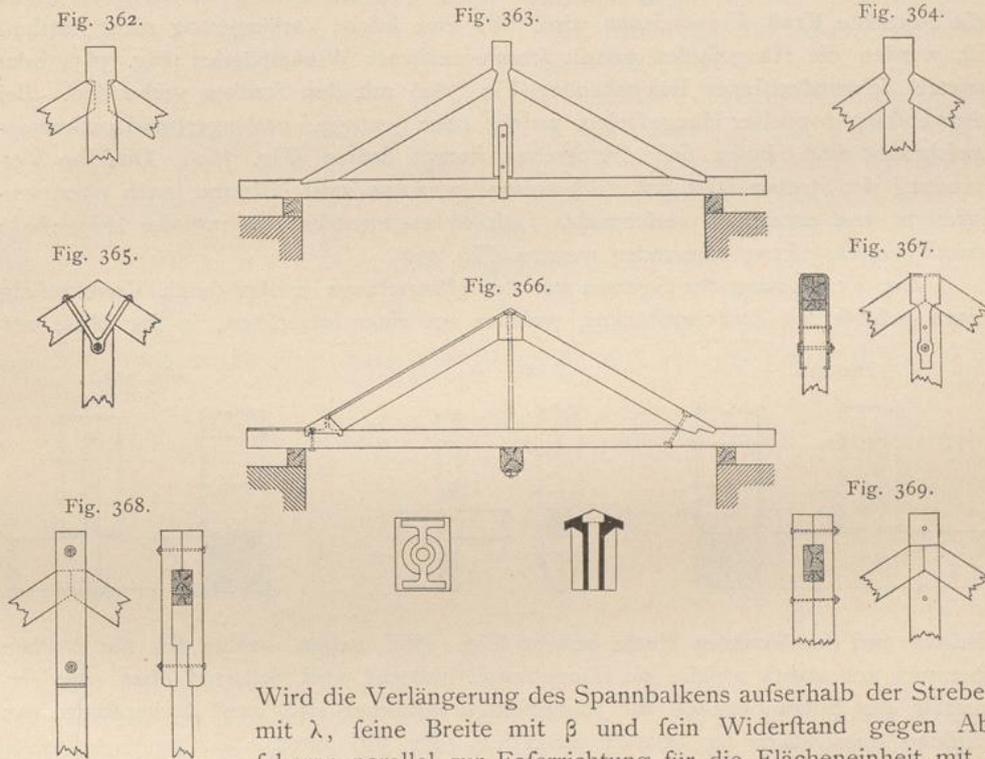
Der Grundgedanke des einfachen Hängewerkes oder des sog. einfachen Hängebockes wird durch Fig. 361 veranschaulicht.



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 Achszugspannung erfährt, welche dem durch Gleichung 76 dargestellten Seitendruck  $H$  numerisch gleich ist. Der Balken muß diese Zugspannung aufheben; das Hängewerk 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  $\lambda$ , seine Breite mit  $\beta$  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  $8 \text{ kg}$  gesetzt werden kann.

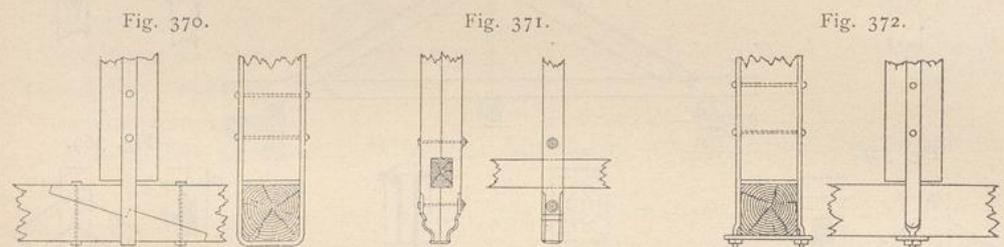
Das einfache Hängewerk enthält entweder Hängefäulen mit schmiedeeisernen Bändern, welche den Spannbalken tragen (Fig. 363), oder Hängestangen, welche den Spannbalken oder diesen nebst einem Unterzug durchsetzen (Fig. 366), und dann meist gußeiserne Verbindungsteile am Kopf und Fuß der Streben.

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 Verfränkung 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

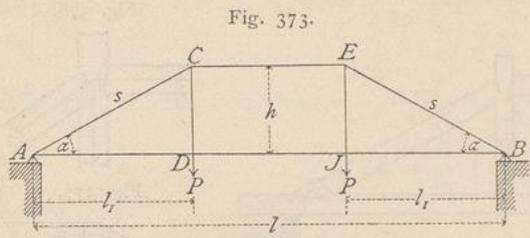


Fig. 373.

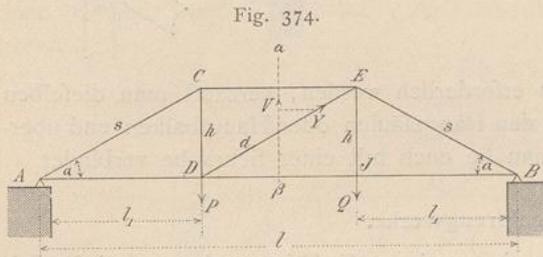


Fig. 374.

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.

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.

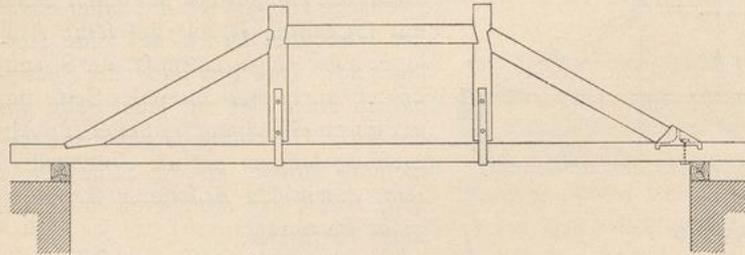


Fig. 376.

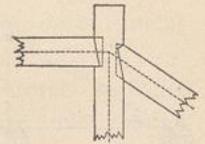
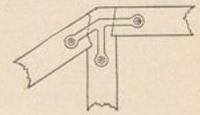


Fig. 377.



(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.

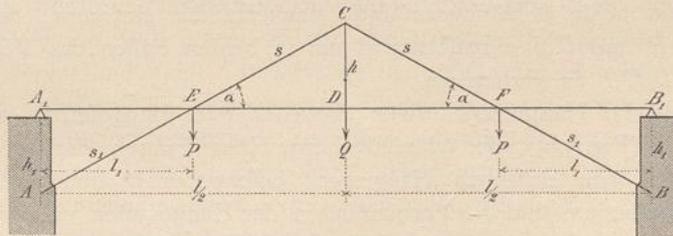
Wird beim einfachen Hängesprengwerk jeder der Punkte  $E$  und  $F$  mit der Last  $P$  und der Punkt  $C$  mit der Last  $Q$  beschwert, so erfährt die Hängefäule die Spannung  $V = Q$ , . . . . . 97. während die Strebenteile  $CE$  und  $CF$  die Spannungen

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

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

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

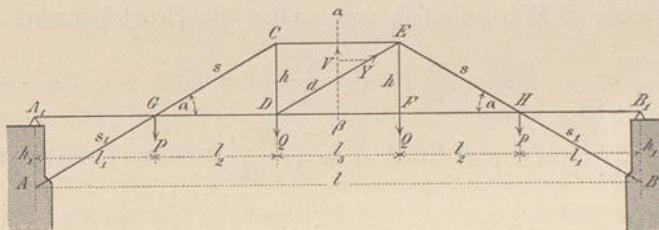
erzeugen, woraus sich, wegen  $\frac{\frac{l}{2} - l_1}{h} = \frac{l_1}{h_1}$ , eine Gesamtspannung zu

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

ergibt.

Werden die Hauptbalkenteile  $A_1E$ ,  $ED$ ,  $DF$  und  $FB_1$  gleich lang angenommen, so find, wenn  $G = (p + q) l$  die Gesamtbelastung 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  $D$ ,  $F$  bzw. 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.

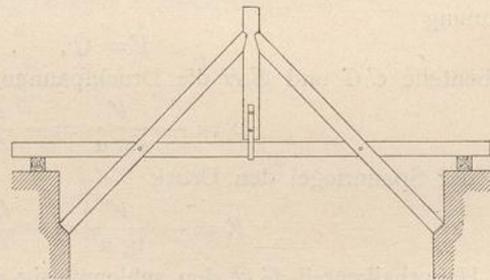
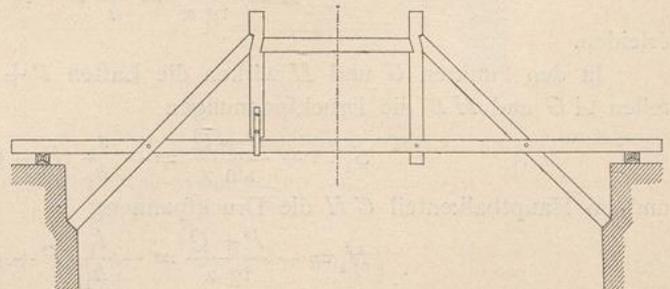


Fig. 381.



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.

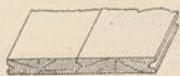


Fig. 384.

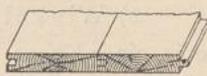
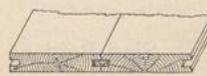


Fig. 385.



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.

178.  
Spundung.

Bei Brettern oder schwachen Bohlen wird die Keilspundung (Fig. 383), bei stärkeren Bohlen die Quadratspundung (Fig. 384) mit Vorteil angewendet, wobei die Tiefe der Nut der Breite der Feder entspricht. Nur bei Spundwänden, welche zugleich so zu dichten sind, daß sie kein Wasser durchlassen, macht man die Nut etwas tiefer und gießt den nach dem Zusammenfügen verbleibenden Zwischenraum mit dünnflüssigem Zement aus.

179.  
Nut und  
Feder.

Bei der Verbindung mittels Nut und Feder sowohl von Brettern mit gleicher Dicke (z. B. von Fußboden- und Friesbrettern), als auch mit ungleicher Dicke (z. B.

Fig. 386.

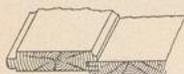


Fig. 387.



Fig. 388.

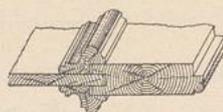
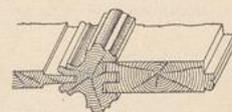


Fig. 389.

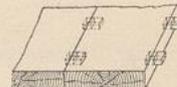


von Rahmfücken mit Füllungen) wird entweder die Feder an die eine Seite der Bohlen angearbeitet oder von härterem Holz angefertigt und in die zu beiden Seiten der Bohlen angearbeiteten Nuten eingelegt (Fig. 385). Statt der hölzernen schiebt man in besonderen Fällen Federn von starkem Zinkblech ein. Wo schmale und stets trockene Bretter oder Bohlen auf diese Weise zu verbinden sind, läßt man die Feder die Nut vollkommen ausfüllen; wo aber das Quellen des Holzes zu befürchten ist, macht man die Nut so tief, daß die Feder den nötigen Spielraum hat. In demselben Falle macht man auch die Nut so weit, daß die Feder in derselben nicht feststeckt, sondern daß sie beim Schwinden des Holzes der Bewegung desselben folgen kann. Dies gilt besonders für die Verbindung von starken Rahmhölzern mit schwachen Füllungen, damit die letzteren beim Schwinden nicht reißen. Solche Rahmfücken und Füllungen werden teils ohne, teils mit Zwischenstück verbunden (Fig. 386 bis 389), welches entweder aufgelegt oder besser mittels Nut und Feder eingeschaltet und mehr oder minder reich profiliert wird. Werden Füllungen mittels Nut und Feder so in das Rahmfücken eingesetzt, daß sie vorspringen oder nicht, so erhält man bezw. die überschobenen (Fig. 386) und eingeschobenen (Fig. 387) Füllungen.

Fig. 390.



Fig. 391.



180.  
Verzapfung.

Die Verzapfung von Brettern und Bohlen wird selten durch angearbeitete, sondern meist durch cylindrische oder prismatische Zapfen aus härterem Holze bewirkt, welche vielfach durch Maschinen hergestellt und besonders eingesetzt werden (Fig. 390 u. 391).

## 2) Winkelverbände.

181.  
Verfahren  
des  
Verbandes.

Sind Bohlen, welche in einer Ebene liegen, unter einem Winkel zu verbinden, so werden sie mittels Gehrung ohne oder mit eingelegter Feder, mit Verblattung ohne oder mit Gehrung (Fig. 392 u. 393) und mit Verzapfung ohne oder mit Gehrung (Fig. 394 u. 395) zusammengesetzt.

Fig. 392.

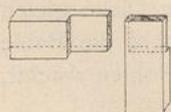


Fig. 393.

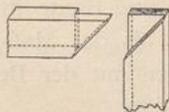


Fig. 394.

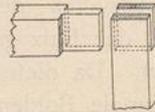
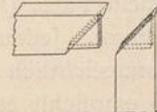


Fig. 395.



Die Gehrungsfuge muß den Winkel, unter welchem die Verbandstücke zusammenstoßen, halbieren und erfordert eine besondere Befestigung, welche durch eine drei- oder viereckige eingelegte Feder aus härterem Holze mittels hölzerner oder eiserner Nägel bewirkt wird.

182.  
Gehrung.

Fig. 396.

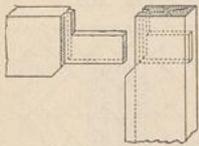
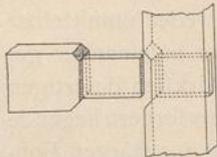


Fig. 397.



Die Verblattung dient zum Winkelverbande schwächerer Bohlen. Die beiden Blattstücke werden in ihrer halben Stärke so ausgeschnitten, daß äußerlich entweder eine Gehrungsfuge entsteht oder nicht. In beiden Fällen sind die Verbandstücke durch mindestens zwei Nägel zu befestigen.

183.  
Verblattung.

Die Verzapfung wird zur Verbindung stärkerer Bohlen unter einem Winkel angewendet und erfordert einen Eck- oder einen Mittelzapfen, je nachdem die Bohlen an beiden Enden zu verbinden sind oder nicht (Fig. 396 u. 397). Soll der Eckverband äußerlich Gehrungsfugen zeigen, so ist der Zapfen dreieckig herzustellen (Fig. 395).

#### b) Verbände in zwei parallelen Ebenen.

Wo eine einzige Bohlenlage die hinreichende Stärke nicht besitzt, wendet man zwei oder mehrere Lagen an, welche entweder mit parallelen, aber versetzten Längsfugen oder, wo zugleich die Drehung derselben vermieden werden soll, mit sich

184.  
Verzapfung.

Fig. 398.

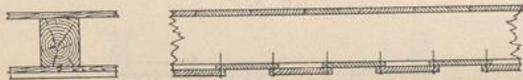


Fig. 399.

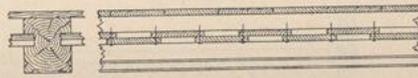
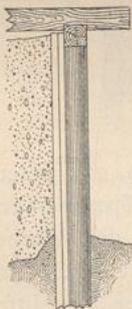


Fig. 400.



kreuzenden Längsfugen entweder unmittelbar aufeinander oder, behufs Herstellung eines Hohlraumes, in einem gewissen Abstände mittels einzelner, zwischen sie eingeschalteter Bohlenstücke verbunden werden.

Bei starken Verbänden werden die Balken mit ihren Längsfugen dicht aneinander und letztere so gelegt, daß sie in jeder Bohlenlage gegeneinander um etwa eine halbe Bohlenbreite, also so versetzt sind, daß immer »voll auf Fuge« kommt.

185.  
Parallele  
Längsfugen.

Hierher gehören auch die beiden Bretterlagen von Parkettböden, wobei die untere Lage, der Blindboden, aus gewöhnlichen, unbehobelten und ungefümten Brettern besteht, welche auf die Balken oder auf besondere Lagerhölzer senkrecht zu denselben gelagert werden, und die obere Lage meist aus quadratischen Täfelchen besteht, welche mittels Nut und eingelegter Feder aus hartem Holze aneinander gefügt und auf die untere Bohlenlage mit in die Nuten schräg eingefetzten Nägeln oder besser mit Schrauben befestigt werden.

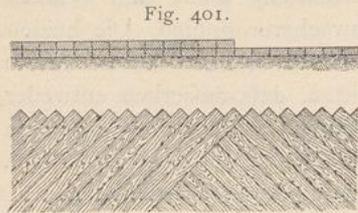


Wo es sich um einen dichten Abschluß mittels nur gefäumter Bretter handelt, läßt man Zwischenräume zwischen den einzelnen Brettern beider Lagen, welche schmäler als die Brettbreiten sind, so daß die Bretter sich gegenseitig überdecken und aufeinander genagelt werden können. Diese Verbindungsweise von Brettern und Bohlen besitzen die sog. Stülpdecken (Fig. 398 u. 399), welche man in Räumen anwendet, wo geputzte Decken wegen der darin entwickelten Feuchtigkeit und schädlichen Ausdünstung (z. B. in Stallungen) Dauer nicht

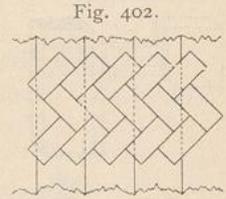
186.  
Gekreuzte  
Längsfugen.

versprechen, und die fog. Stülpwände (Fig. 400), welche man bei Herstellung von Fangdämmen, der Holzersparris halber, anstatt dichter, doppelter Bohlenlagen ausführt.

Wo die beiden Lagen von Balken oder Brettern ein möglichst unverschiebliches Ganze bilden sollen, werden dieselben unter verschiedenen Winkeln, welche meist



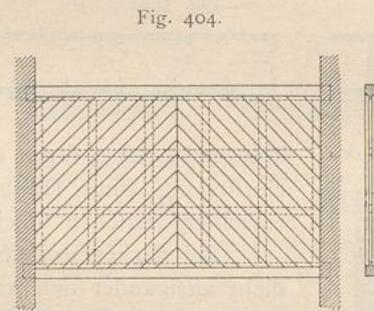
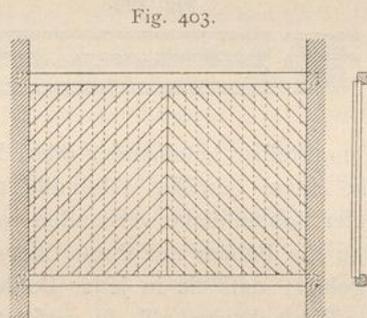
zwischen 45 und 90 Grad sich bewegen, entweder unmittelbar oder mittelbar aufeinander genagelt. Die stärksten derartigen Verbindungen erfordern liegende Roste, welche aus starken Bohlen herzustellen sind und sich weder verschieben, noch durch-



biegen dürfen. Um einen Verschnitt an den Enden zu vermeiden, kreuzt man dieselben unter einem Winkel von 90 Grad (Fig. 401) und nagelt sie an mehreren geeigneten Stellen.

Hierher gehören ferner diejenigen Parkettböden, bei welchen der Blindboden aus senkrecht zu den Balken oder Lagerhölzern auf dieselben genagelten Brettern besteht, während die Täfelchen des oberen Belages so verlegt werden, daß ihre Fugen diejenigen der Bretter unter einem gleichen oder unter verschiedenen Winkeln kreuzen (Fig. 402).

Zweier Lagen gekreuzter Bohlen bedient man sich ferner zur Herstellung leichter Wände, wobei man die eine Lage aus lotrechten, die andere Lage aus meist unbehobelten, gegen die Mitte der Wand geneigten Brettern herstellt, welche



man an die ersteren nagelt (Fig. 403). Die geneigten Bretter bilden mit jenen lotrechten zusammen eine Art Hängewerk, wodurch sich diese fog. gesprengten Bretterwände frei tragen. Um solche Wände zu schlechteren Leitern der Wärme und des Schalles zu machen, schaltet man zwischen die beiden Bretterlagen ein aus Bohlen hergestelltes Riegelgerüst ein (Fig. 404), an welches die gegen die Mitte der Wand geneigten Bretter genagelt werden.

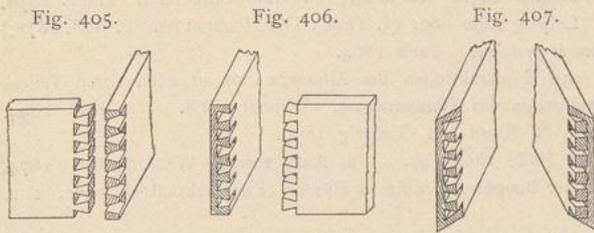
Hierher sind auch die auf den Sparren von Pult- oder Satteldächern angewendeten Verfchalungen zu rechnen, deren Schalbretter die Sparren unter Winkeln von etwa 45 Grad kreuzen und auf dieselben genagelt werden. Der hierdurch gebildete Dreieckverband verhindert die Verschiebung der Binder und dient als wirksamer Ersatz für einen besonderen Windverband.

#### c) Verbände in zwei zu einander geneigten Ebenen.

187.  
Verzinkung.

Der einfachste Verband zweier unter einem Winkel sich treffender Bohlen bildet die gerade oder schräge Fuge, welche beide indes eine Befestigung durch

Leim, durch Nagelung oder durch beides erfordern. Einen besseren Verband liefert die Verzinkung, bei welcher die einzelnen Zinken entweder durch die ganze Dicke der Bretter hindurchreichen (Fig. 405) oder, um das Hirnholz der Zinken an einer



Seite zu verdecken, eine Länge von nur  $\frac{2}{3}$  oder  $\frac{3}{4}$  der Brettstärke erhalten (Fig. 406), wodurch die verdeckte Verzinkung entsteht. Um die Verzinkung an beiden Seiten zu verdecken, wie dies bei allen feineren Arbeiten erforderlich ist, wendet man die Verzinkung

auf Gehrung (Fig. 404) an, obwohl die Bearbeitung derselben schwieriger ist und mehr Zeit erfordert. Um die Verzinkung zur Befestigung der unter einem Winkel zu verbindenden Bohlen noch wirkfamer zu machen, werden letztere überdies verleimt.

Einen wirkfameren Winkelverband von Bohlen erreicht man indes durch zwei oder mehrere eiserne Winkelbänder, deren beide Schenkel man auf die zu verbindenden Bretter auflegt oder in dieselben einläßt und dann durch Nägel oder besser durch Schrauben mit ihnen verbindet. Der festeste Winkelverband von Bohlen wird durch je ein aufgelegtes oder eingelassenes Winkeleisen von der Länge der zu verbindenden Bretter hergestellt, welches man in derselben Weise befestigt.

188.  
Verband  
mittels Eifen.

#### Litteratur.

Bücher über »Konstruktionselemente in Holz«, fowie über »Zimmerwerkskunde« und »Bauschreinerei«.

- JOUSSE, M. *Le théâtre de l'art de la charpenterie, enrichi de diverses figures avec l'interprétation d'icelles. La Fleche 1664.*
- SCHÜBLER, J. J. Nützliche Anweisung zur unentbehrlichen Zimmermanns-Kunst. Nebst italiänischen, französischen und teutschen Heng- und Sprengwerken. Nürnberg 1731.
- SCHÜBLER, J. J. *Sciographica artis lignariae, od. nützliche Eröffnung zu der sichern fundamentalen Holz-Verbindung bey dem Gebrauch der unentbehrlichen Zimmermanns-Kunst.* Nürnberg 1736.
- REUSS. Anweisung zur Zimmermannskunst. Leipzig 1764. — 3. Aufl. 1789.
- KRAFFT, J. CH. *Plans, coupes et élévations de diverses productions de l'art de la charpente.* Paris 1805.
- HOFFMANN, J. G. Hauszimmerkunst. Königsberg 1819.
- TREGOLD, T. *Elementary principles of carpentry.* London 1820. — 7. Aufl. von E. W. TARN. 1886.
- MITTERER, H. Die deutsche Zimmerwerks-Kunst etc. München 1825. — 5. Aufl. 1840.
- NOSBAN, L. Vollkommenes Handbuch für Möbel- und Gebäudeschreiner etc. Ulm 1829.
- MATTHAEY, C. Theoretisch-praktisches Handbuch für Zimmerleute etc. Weimar 1829—40. — 5. Aufl. von W. HERTEL. 1862.
- ROMBERG, A. Die Zimmerwerks-Kunst. München 1831—33. — 3. Aufl. 1850.
- HÖRNIG, G. S. Grundsätze und Erfahrungen in Betreff der verschiedenen Zimmerarbeiten bei dem Land- und Wasserbau. Dresden und Leipzig 1834. — 4. Aufl. von R. HEYN. Leipzig 1875.
- EMY, A. R. *Traité de l'art de la charpenterie.* Paris 1837—41. — Neue Aufl. 1878. — Deutsch von L. HOFFMANN. Leipzig 1847—49. — Neue Ausgabe 1860.
- HAMPPEL, J. C. G. Lehrbuch der höheren Zimmerkunst. Leipzig 1839.
- COULON, A. G. *Menuiserie descriptive etc.* Paris 1844. — Neue Aufl. 1869.
- ADHÉMAR, A. J. *Traité de charpente.* Paris 1849. — 4. Aufl. 1872.
- De la charpente.* Brüssel 1852.

- GRELLMANN, C. T. Lehrbuch der praktischen Zimmerkunst. Leipzig 1858.
- MÜLLER, H. Die Hauszimmerkunst. Leipzig 1858.
- FINK, F. Die Schule des Bautischlers. Leipzig 1858. — 3. Aufl.: Der Bautischler oder Baufchreiner und der Fein-Zimmermann. 1877.
- GEIER, F. Statistische Uebersicht der Holzverbindungen von Mittel- und Süddeutschland. Mainz 1859.
- HARRES, B. Die Schule des Zimmermanns. Leipzig 1860—62. (I. Theil: Die Hochbauten. 6. Aufl. 1878.)
- CABANÉ, B. *Charpente générale théorique et pratique*. Paris 1864.
- BEHSE, W. H. Die praktischen Arbeiten und Konstruktionen des Zimmermanns in allen ihren Theilen. 6. Aufl. von MATTHAEY's Baukonstruktionen des Zimmermanns. Weimar 1868. — 9. Aufl. 1894. 10. Aufl.: Der Zimmermann etc. Von H. ROBRADÉ. Leipzig 1899.
- PROMNITZ, J. Der praktische Zimmermann. Halle 1868—69. — 2. Aufl. von G. WANDERLEY. 1874.
- MÖLLINGER, C. Baukonstruktions-Vorlagen der Baugewerkschule zu Höxter. Zimmerkonstruktionen. 1. u. 2. Heft. Halle 1869.
- FRANKE, G. Der praktische Bautischler. Halle 1870.
- DELATAILLE, E. *Art du trait pratique de charpente. Continuation des ouvrages commencés par F. IARROUIL*. Tours 1870—80. — 2. Aufl. 1888.
- WOLFRAM, L. F. Darstellung der Zimmer-Bauwerke von den einfachsten Holzverbindungen bis zu großen zusammengesetzten Dächern, Treppen, Brücken, Maschinen etc. Stuttgart 1872.
- BROUSSE, P. *Enseignement sur l'art de la charpenterie*. Bordeaux 1873.
- LEHFELD, P. Die Holzbaukunst. Berlin 1880.
- BOMSTORFER, K. A. Die Bautischlerei. Leipzig 1880.
- Deutsche bautechnische Taschenbibliothek.  
Heft 69, 70 u. 73: Der Zimmermeister und Bau-Unternehmer. Von G. ADLER. Leipzig 1881.  
Heft 55 u. 56: Die Bautischlerei. Von C. A. ROMSTORFER. 1880—81.
- PROMNITZ, J. Der Holzbau. Leipzig 1881.
- DELABAR, G. Die wichtigsten Holzkonstruktionen mit den Zimmerer-, Schreiner- und Glaferarbeiten. Freiburg i. B. 1883.
- SCHRÖDER, CH. Die Schule des Tischlers etc. Weimar 1885.
- KRETSCHMER, K. Die Holzverbindungen. Wien 1885.
- PRIES, H. Die einfachen Zimmerkonstruktionen. Kiel 1888.
- KRAUTH, TH. & F. S. MEYER. Das Schreinerbuch etc. Leipzig 1890. — 4. Aufl. 1899.
- KRAUTH, TH. Die Bau- und Kunstzimmerei mit besonderer Berücksichtigung der äußeren Form. Leipzig 1893.
- BISCHOFF, E., KRAUTH, TH. & F. S. MEYER. Der Zimmermann. Eine Sammlung praktischer Vorbilder für allerlei Zimmerwerke und deren Einzelheiten. Ravensburg 1894.
- DIESENER, H. Praktische Unterrichtsbücher für Bautechniker. Bd. 5: Die Baukonstruktionen des Zimmermanns etc. Halle 1892.
- KRAUTH, TH. & F. S. MEYER. Das Zimmermannsbuch etc. Leipzig 1893. — 3. Aufl. 1899.
- Ferner:
- Journal de menuiserie*. Erscheint seit 1863.
- Deutsche Tischler-Zeitung. Herausg. v. F. A. GÜNTHER. Berlin. Erscheint seit 1874.
- Neue Tischler-Zeitung. Herausg. v. W. GRAMM. Red. v. L. JACOBS. Hamburg. Erscheint seit 1879.
- Zeitschrift der Zimmerkunst. Red. v. W. SCHÖNSTEIN. Leipzig. Erscheint seit 1883.
- Illustrierte Schreiner-Zeitung. Herausg. von F. LUTHMER. Stuttgart. Erscheint seit 1883.