

# Lehrheft des freitragenden Holzbaues

von

**C. Kersten**

vorm. Oberingenieur

Studienrat an der Höheren Technischen Lehranstalt für Hoch- und Tiefbau der Stadt Berlin

Fünfte, erweiterte Auflage

Mit 59 Textabbildungen.

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

# Lehrheft des freitragenden Holzbaues

von

**C. Kersten**

vorm. Oberingenieur

Studienrat an der Höheren Technischen Lehranstalt für Hoch- und Tiefbau der Stadt Berlin

Fünfte, erweiterte Auflage

Mit 59 Textabbildungen

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1936

---

## Vorwort zur fünften Auflage.

Das vorliegende Lehrheft ist ein kurzgefaßter Auszug aus meinem im August 1926 erschienenen Werke „Freitragende Holzbauten“; (zweite, völlig umgearbeitete und stark erweiterte Auflage. Mit 742 Textabbildungen. VIII, 340 Seiten). Schon im Betriebe unserer Höheren Technischen Lehranstalten und Hochschulen muß dem freitragenden Holzbau die ihm zukommende Bedeutung beigemessen werden. Der ehemalige Studierende der HTL wird in der Praxis vielleicht eher dazu kommen, einen Holzbinder zu entwerfen als einen Stahlbinder. Er muß instande sein, im letzten Semester den im „Stahlbau“ bearbeiteten Binder, sofern die Formgebung geeignet ist, auch in Holz auszuführen, und zwar auf Grund einer baupolizeireifen statischen Berechnung. Das vorliegende Heft soll nun die nötigen Grundlagen für den ersten Entwurf verschaffen. Vorerst ist an unseren Bauschulen wenig Zeit für das neue Lehrfach vorhanden, weshalb dem Verfasser die Herausgabe eines billigen Lehrheftes zwecks Vermeidung zeitraubender Diktate und Tafelskizzen angebracht erschien. Aus gleichem Grunde könnte das Heft auch für die erste Entwurfsarbeit des Hochschülers, der nur in seltenen Fällen über eine ausreichende Zimmererpraxis verfügt, zweckdienliche Verwendung finden.

Die Neuauflage ist gegenüber der 4. Auflage durch Anfügen weiterer Abbildungen mit erläuterndem Text ergänzt worden. Als eine ebenso wertvolle wie wichtige Ergänzung des vorliegenden Lehrheftes sind die „Bestimmungen für die Ausführung von Bauwerken aus Holz im Hochbau“ vom 10. Juli 1933 anzusehen. Die in diesen Bestimmungen enthaltenen Tafeln 4 (zulässige Spannungen), 4a (zulässige Druckspannungen bei schrägem Kraftangriff) und 5 (Knickzahlen  $\omega$ ) sind dem Lehrheft beigefügt, desgleichen eine Bemessungstabelle für Rechteckbalken.

Berlin-Steglitz, September 1935.

**C. Kersten.**

---

Preis: RM 1.—. Bei Bezug von wenigstens 25 Exemplaren RM —.95 für ein Heft; bei Bezug von wenigstens 50 Exemplaren RM —.90 für ein Heft.

## I. Allgemeines.

Die Zweckmäßigkeit und Brauchbarkeit eines nach neuzeitlichen Gesichtspunkten ausgeführten Dach- oder Hallenbinders in Holz hängt in der Hauptsache von der Erfüllung folgender Forderungen ab:

1. Bei größtmöglicher Herabminderung des Holzbedarfes und der Arbeitskosten soll Schnittholz nur in solchen Abmessungen Verwendung finden, wie es von benachbart gelegenen Sägewerken auch wirklich geliefert und bearbeitet werden kann;

2. die Verbindung der einzelnen Stäbe soll möglichst gewissenhaft und einfach vorgenommen werden, um Schwierigkeiten des Abbundes zu vermindern; Zimmermanns- und Ingenieurarbeit sollen sich ergänzen; die Güte der einzelnen Bauverfahren soll nötigenfalls durch behördliche Prüfungen bewiesen werden;

3. vor der Verwendung sind die Hölzer auf ihre Brauchbarkeit für gedachten Zweck hin sachgemäß zu prüfen (keine Astansätze in Knickmitte und an den Dübelstellen); für den Zusammenbau selbst sind geübte Facharbeiter zu verwenden;

4. wenn angängig, sollen große Binder in Teilgliedern zerlegt werden können, um einzelne Stücke des Binders für das Fortbewegen zu gewinnen und allzu sperrige Stücke zu vermeiden;

5. beim Aufbau an Ort und Stelle ist im Hinblick auf unvorhergesehene Windstöße mit der nötigen Vorsicht vorzugehen (vgl. S. 7);

6. die Bolzenverbindungen sind, sofern es sich um Dauerbauten handelt, späterhin nachzuprüfen und, wenn erforderlich, nachzuziehen.

### Vorteile des freitragenden Holzbaues; Feuerschutz.

Geringes Eigengewicht (gut bei schlechten Bodenverhältnissen); geringe Kosten für Bearbeitung, Aufbau, An- und Abfuhr und Unterhaltung; schneller Auf- und Abbau (Ausstellungshallen, mehrfache Verwendung); geringer Kraftbedarf für Bearbeitung und Zusammenbau; Dauerhaftigkeit (Salz-, Lokomotivhallen); leichte und schnelle Ausführung von An- und Umbauten; einfache architektonische Behandlung. Aber Schutz gegen Witterungseinflüsse nötig.

Bei Wahl besonderer Feuerschutzmittel für Hallenbauten ist zu berücksichtigen, daß das Holz wohl schwer entflammbar, aber nie unverbrennbar gemacht werden kann. Empfehlenswerte Anstriche sind: Kalkputz, Salze (zumeist Verbindungen des Ammoniaks). Verkleidungen der Holzteile müssen so ausgeführt werden, daß innerhalb der Ummantelung das Holz nicht zu faulen beginnt, sondern für eine Nachprüfung immer zugänglich bleibt. Vielfach sind Lokschruppen ohne besondere Schutzmittel gegen Feuer und gegen Rauch ausgeführt; man Sorge aber für gute Rauchabführung und gute Entlüftung. In Ausstellungshallen mit leicht entflammbarer Innenausstattung ist Rauchverbot Selbstverständlichkeit (Abb. 35!).

Feuerschutzmittel: Cellon der Cellon-Werke, Berlin-Charlottenburg, Tegeler Weg;  
Beeco der Farbwerke Beeco & Co., Krefeld;  
Doloment der Deutschen Steinholzwerke, Berlin NW, Heidestraße 15;  
Intravan, Looron der I. G. Farbenindustrie A.-G., Frankfurt a. M.;  
Paratect-Brandschutz der Chemischen Ges. m. b. H., Borsdorf bei Leipzig.

## II. Verbindungsmittel für die Knotenpunkte.

Zur Wertbeurteilung einer Dübelverbindung kommen in der Hauptsache die folgenden Gesichtspunkte in Frage:

1. Grad der Verschiebung (wichtiger als Höhe der Bruchlast);
2. Höhe des Eisenbedarfes einschließlich Verbindungsbolzen, Laschen usw.;
3. Grad der Querschnittsschwächung;
4. Höhe des Arbeitsaufwandes (nicht allzu wesentlich, da für Löhne im allgemeinen nur etwa 20—30 vH der Gesamtbausumme zu rechnen sind);
5. Schnelligkeit des Zusammenbaues.

Eine einheitliche Behandlung der verschiedenen zur Verwendung kommenden Dübelarten ist schlechterdings unmöglich. Es kommt bei ihnen weniger auf Vergrößerung der Höchstlast als auf möglichste Verminderung der Größe der Verschiebung an. Verschiebungspläne nach Maßgabe der Abb. 1 stellen das beste Mittel zur Beurteilung der Güte einer Dübelverbindung dar. Eine Vereinheitlichung solcher Prüfungsausführungen ist durchaus anzustreben, damit vergleichsweise Gegenüberstellungen ermöglicht werden. Nach den Bestimmungen 1933, § 8, 1 soll die zulässige Last (Gebrauchslast) aus der mittleren Versuchsbruchlast (vgl. Abb. 1) mit dreifacher Sicherheit errechnet werden und die gegenseitige Verschiebung unter der zulässigen Last höchstens 1,5 mm betragen.

In jedem Fall soll eine Entlastung, wenn nicht ein völliger Ersatz der auf Biegung beanspruchten Schraubenbolzen erfolgen. Diese dienen vor allem als Heftbolzen zur

Querverbindung und müssen gelegentlich nachgezogen werden. Die Dübel sollen es ermöglichen, größere Kraftwirkungen auf einen möglichst kleinen Raum unterzubringen. Man verwende nicht zuviel verschiedene Dübelgrößen, um Verwechslungen auf der Baustelle zu vermeiden. Die Dübel müssen genauestens eingepaßt werden, da sonst die erhoffte Wirkung in Frage gestellt wird. Aus wirtschaftlichen Gründen ist möglichste Eisensparnis anzustreben. Erwünscht ist es vielfach, kein allzu langes Vorholz zu verwenden.

Man kann die Verbindungsmittel folgendermaßen einteilen:

a) Stabdübel: Nägel (Abb. 9), Schraubenbolzen (Abb. 11), Stabdübel in Stahl (Abb. 14) und Holz (Abb. 52);

b) rechteckige Flachdübel: Hartholzdübel (Abb. 16), Flacheisendübel (Abb. 5);

c) vollwandige Rund- und Kegeldübel: Stahlgelenk der Siemens-Bauunion (Krallenplatte, Abb. 13), Bauweisen Kübler (Abb. 2) u. a.;

d) symmetrisch gestaltete Ringdübel: Keilringdübel Appel (Abb. 4a), Tellerdübel Christoph & Unmack (Abb. 1) u. a.;

e) Ringdübel mit Anpassung an die zulässigen Beanspruchungen längs und quer zur Faser: Stufendübel der Christoph & Unmack A.-G., Ringflügeldübel der Dehall, Rippendübel, Bauweise Appel (Abb. 4b) u. a.;

f) Einpreß-Zahndübel, ohne vorausgehende Fräsarbeit: Alligator-Ringdübel (Abb. 6), Bulldog-Verbinder (Abb. 7);

g) Verleimen (Kaltleim, Kasein-Bindemittel nach amtlichen Bestimmungen § 8, Abs. 5); Verleimen mit Nägeln oder Schrauben. Ein Verleimen allein erscheint immer gewagt, namentlich bei dynamischen und Witterungseinwirkungen.

Die unter c), d), e) genannten Dübel benötigen zum satten Einpassen bzw. Einpressen ein vorhergehendes Fräsen (S. 20) der erforderlichen Löcher und Nuten.

### III. Allgemeine Gesichtspunkte für zweckmäßige Ausbildungen der Binder und Stabanschlüsse.

Die Formgebung der Binder ist eine sehr verschiedene und hängt ganz von den jeweilig zu beachtenden baulichen und betriebstechnischen Erfordernissen ab. In Betracht kommen hier etwa die folgenden Hauptgesichtspunkte:

1. Zweckbestimmung. Für industrielle Bauten ist der Art des Betriebes Rechnung zu tragen. Müssen Laufkatzen an den Trägeruntergurt angebracht werden, so erfordert das eine kräftigere Ausbildung des Binders und einen stärkeren Längsverband. Niedrige Binderhöhen bieten den Vorteil eines geringeren Heizraumes und einer Ersparnis an Giebelmauerwerk. Flachdächer sind für Ausbesserungsarbeiten begehbar und bieten eine geringe Windangriffsfläche<sup>1)</sup>. Oft ist engste Anpassung an den geforderten Nutzraum nötig. Hohe Dächer in Rahmenform (Abb. 40b) ermöglichen eine gute Lüftung, bieten aber einen großen umbauten Raum, der die Gesamtkosten erhöht.

Holzbinder kommen in erster Linie für Sägehallen zur Unterbringung von Gattern, für Holz- und Salzlagerschuppen, für alle Bauten der chemischen Industrie und für Ausstellungshallen in Frage, die nicht für längere Dauer bestimmt sind.

2. Spannweiten und Stützenteilung. Bestimmend ist der in Frage stehende Grundriß. Vielfach sind aus betriebstechnischen Gründen Zwischenstützen unerwünscht. Große Binderentfernungen benötigen unter Umständen Doppelbinder (Abb. 41) und fachwerkgegliederte Pfetten (Abb. 30c). Für Flugzeughallen sind besonders große Torweiten nötig. Von Fall zu Fall wäre nachzuweisen, ob leichte Binder mit mehreren Mittelstützen wirtschaftlich vorteilhafter sind als schwere Binder mit einer geringeren Stützenszahl (Abb. 36a).

3. Bodenverhältnisse. Handelt es sich um schlechte Bodenverhältnisse, so kommen in erster Linie leichte Bauwerke in Frage. Rahmenbinder und sonstige statisch unbestimmte Formen sind hier weniger am Platze.

4. Architektonische Formgebung. Fachwerke wirken im allgemeinen unruhig, wenn sie nicht, wie das mehrfach geschehen ist, verschalt werden. Doch wird ein verschalteter Fachwerkbinder dem Vollwandbinder gegenüber wirtschaftlich unter Umständen im Nachteil sein<sup>2)</sup>. Bogendächer müssen gegebenenfalls Aufsattelungen gemäß Abb. 33a erhalten. Vielfach sind angehängte Putzdecken erwünscht (Abb. 33c).

5. Oberlichtanordnungen. Bei weitgespannten Hallen mit Mittelstützen sind Oberlichte nötig, die entweder raupenförmig auf die Dachhaut gesetzt (Abb. 33b, 36r) oder mansardartig der Binderform angepaßt wird (Abb. 33f, 36v).

6. Benutzungsdauer. Hallen für vorübergehende Zwecke (Ausstellungen, Sänger- und Schützenfeste usw.) können mit geringerem Holzaufwand erstellt werden als andere, die für einen Dauerzweck bestimmt

<sup>1)</sup> Nach den amtlichen Bestimmungen genügt es, bei Dachneigungen  $\cong 25^\circ$  nur die lotrechte Seitenkraft des Winddruckes (als Zuschlag zu den Eigengewichts- und Schneelasten) in Rechnung zu stellen.

<sup>2)</sup> Verschaltungen solcher Art haben den Nachteil, daß man die Knotenpunkte und das Holz selbst späterhin nicht überprüfen kann.

sind; die zulässigen Spannungsgrenzwerte können höher eingesetzt werden. Bei Dauerbauten empfehlen sich vielfach Eisenbetonunterbauten und -stützen (Abb. 20b und 36b). Bei Bogenformen ohne Zugband kommen Eisenbetonrahmen für die Seitenschiffe in Frage (Abb. 33i).

7. Kosten. Je geringer der umbaute Raum ist, desto geringer sind im allgemeinen die Erstellungskosten und die Kosten für die Warmhaltung des Innenraumes. In dieser Beziehung sind wohl Flachdächer etwa nach Abb. 32e, 36s am vorteilhaftesten. Ein einfaches Bogendach nach Abb. 33e, f, bei welchem sich die Dachhaut der Krümmung des Obergurtes anpaßt, ist billiger als ein Bogendach mit besonderer Aufsattelung (Abb. 33a). Hohe Spitzdächer nach Abb. 46b bedingen für den Quadratmeter Grundrißfläche natürlich einen bedeutenderen Holzbedarf als Dächer anderer Art.

Die Netzwerklinien (Systemlinien) sollen sich in einem Punkte schneiden. Nur bei sehr gering beanspruchten Stäben kann zwecks Ermöglichung eines besseren Anschlusses eine Ausnahme gemacht werden (Abb. 21x). Eine wirkliche Gelenkverbindung, wie solche dem Cremonaschen Rechnungsverfahren zugrunde gelegt wird, ist aber beim Holzbau in der Regel ebensowenig vorhanden wie beim Stahlbau; eine Ausnahme macht das Stahlgelenk der Siemens-Bauunion (Abb. 13).

Für gewöhnlich ist der Binder dann am wirtschaftlichsten geformt, wenn er kurze Druckstäbe, die ja auf Knicken zu untersuchen sind, bietet. Allzu schräge Anschlüsse und allzu spitze Auflager sind konstruktiv recht unbequem. Nach Abb. 25a ist am Auflager eine zu geringe Bauhöhe gewählt worden; vorteilhaft ist das Einziehen einer Gegendiagonale (b), noch besser eine Vollwandausbildung des ganzen Endfeldes (c), sofern nicht das beste Gegenmittel, eine Vergrößerung der Trägerhöhe (d) Anwendung finden kann.

Die Netzteilung sei so, daß das Holz statisch genügend ausgenutzt wird. Nach Abb. 25h sind gegenüber g 5 Füllstäbe erspart. Der in Abb. 25e punktiert angegebene Obergurtstab ist in statischer Beziehung ein Nullstab und könnte nebst der Endvertikalen (nach f) fortgelassen werden (Nachteile: umständlicherer Gurtknickpunkt (Abb. 23A, C) und Gefährdung der Standicherheit des oberen Abschlußmauerwerks).

Binderentfernung 4 bis 6 m. Bei größeren Binderweiten werden zwar Binder erspart; doch sind die Binder dann stärker auszubilden und ebenso die Pfetten (vgl. Abb. 30).

Für Anschlüsse und Stoßverbindungen finden bei zimmermannsmäßiger Ausführung Rechteck-Hartholzdübel nach Abb. 16 zweckmäßige Verwendung. Sie werden zwischen die Hirnholzflächen der Holzeinschnitte gelegt, während die Hölzer selbst durch Schraubenbolzen miteinander verbunden werden. Das Einkerbieren erfolgt durch Einsägen oder Einstemmen. Eine derartige Zusammenstellung von Dübeln und Schraubenbolzen gewährleistet nur geringe Verschiebungen. Voraussetzung ist, daß die Dübel eine genügende Eigenfestigkeit besitzen. Man verwendet zumeist Buchenholz, aber auch Lärche und Eiche oder ausländisches Hartholz. Die Dübel gehen über die volle Breite der zu verbindenden Hölzer. Sie sind nach außen sichtbar und können somit in ganz trockenem Holze nicht ersticken. Auf ein genaues Einpassen ist größter Wert zu legen. Die Faserrichtung wähle man gleich der zu verbindenden Hölzer. Es drückt dann Hirnholz auf Hirnholz, so daß mit einer zulässigen Spannung  $= 80 \text{ kg/cm}^2$  (Druck in Faserrichtung) gerechnet werden kann. Man wähle zweckmäßig  $l \cong 2,4 s$ . Die genaue Berechnung erfolgt gemäß § 8, Ziff. 2 der Holzbestimmungen. Ebenso wichtig wie die Berücksichtigung der Abschergefahr ist die Berücksichtigung des Verkantens (Kippens) der Dübel bei größerer Kraftwirkung (Abb. 3c). Es wird ein Druck der Dübel senkrecht zur Faser der Langhölzer ausgelöst, deren ungünstige Wirkung lediglich durch die Schraubenbolzen aufgehoben werden kann. Es ist deshalb nötig, die Bolzen in möglichste Nähe der Dübel zu setzen, unter Umständen durch den Dübel hindurchzustecken. Sie werden also in der Längsrichtung auf Zug beansprucht und müssen gelegentlich nachgezogen werden.

Vielfach empfiehlt sich beim Anschluß von Druckstäben die Verwendung von Hartholz-Keilstücken gemäß Abb. 21n, 22e, 23C, D, 24b, c, g. Die Versatztiefe beschränkt man auf das unbedingt notwendige Maß, um die Stabquerschnitte nicht zu sehr zu schwächen. Beim Entwurf kann zunächst der Querschnittsabzug im Prozentsatz der Querschnittsfläche in Rechnung gestellt werden; erst bei der endgültigen Berechnung, die nach erfolgter konstruktiver Durcharbeit vorzunehmen ist, muß die genaue Berücksichtigung der Querschnittsverluste durch Bohren, durch Versatz, Verkämmen und dergleichen stattfinden.

Diejenigen Bauteile, bei denen die Hölzer durch Schraubenbolzen miteinander verbunden werden, müssen auf Ausnutzung des Reibungsdruckes verzichten, weil es nicht möglich ist, die rohen und oft auch nicht genau rund hergestellten Schraubenbolzen sorgfältig genug ins Holz einzupassen; sie werden immer lose im Loch sitzen (Abb. 10b). Die Anordnung von Schrauben-

bolzen erscheint deshalb nur dann berechtigt, wenn Zugkräfte in Längsachse des Bolzens aufzunehmen sind oder wenn sie lediglich zwecks Sicherung der Wirksamkeit des Verbandes (Zusammenhalt der Einzelhölzer) eingezogen werden. Sollen trotzdem die Schraubenbolzen Kräfte übertragen, so sind starke Bolzen in geringer Zahl mehr zu empfehlen als schwache Bolzen in größerer Zahl. Für Heftschrauben wähle man mindestens 13 mm Durchmesser<sup>1)</sup>. Je größer und stärker die Unterlegscheiben, desto geringer die Verschiebungen. Man mache sie etwa  $\frac{1}{3}$  d stark und gebe ihnen eine Seitenlänge von  $3\frac{1}{2}$  — 4 d. Bei größeren Bohlenbreiten ordne man die Schraubenbolzen versetzt an (Abb. 17, 21k). Nähere Angaben über Ausführung und Berechnung der Bolzenverbindungen s. § 8, Ziff. 3 der Holzbestimmungen.

Bei Druckstäben größerer Knicklänge kann das nötige Trägheitsmoment durch Verwendung zweier Bohlen nach Abb. 23v erreicht werden (Bohlen aber genügend stark machen, sonst zu leicht Schwindrisse). Ein Querschnittsabzug kommt bei Druckstäben nur dann in Frage, wenn die verschwächte Stelle nicht satt mit anderem Holz ausgefüllt ist oder wenn dieses Holz keine genügende Festigkeit hat. Bei Gurtstäben, die über mehrere Felder fortlaufen, könnte als Knicklänge etwa  $\frac{9}{10}$  der theoretischen Stablänge gewählt werden.

Um den Sparren gleiche Feldlängen zu bieten, ist eine Gleichteilung des Obergurtes anzustreben (Abb. 25g). Werden aber Sparren und Schalung unmittelbar auf die in Längsrichtung der Halle verlaufenden Pfetten gelegt, so kann unter Umständen eine ungleiche Teilung nach Maßgabe der Abb. 25i wirtschaftlich zweckmäßiger sein. Die Streben zeigen hier annähernd gleiche Neigung, und die Obergurtstäbe werden nicht nur auf Druck, sondern auch auf Biegung beansprucht. Zweckmäßig sind dann hochkant gestellte Querschnitte, z. B. 14 · 20 cm. Die Gefahr eines Ausknickens nach der Seite hin wird durch die Sparren so gut wie beseitigt.

Zuggurte verlangen — namentlich bei dynamischen Einwirkungen — an den Anschlußpunkten eine besonders sorgfältige Verbindung, deren Brauchbarkeit statisch nachzuweisen ist.

Gurtstöße sind (entgegen Abb. 20i) immer so auszuführen, daß keine Biegemomente auftreten, daß also Stabschwerlinie und Schwerlinie der Verbindungslaschen zusammenfallen. Man beschränke die Zahl der Gurtstöße auf ein Mindestmaß. Bei den Druckstößen des Obergurtes erstrebe man eine unmittelbare Übertragung der Kraft von Hirnholz- auf Hirnholzfläche (Abb. 23A); Blechzwischenlagen bieten keinen sonderlichen Nutzen, wohl aber besondere Laschen oder Hartholzstücke (Abb. 23C), die die gestoßenen Hölzer in ihrer gegenseitigen Lage sichern. Die auf Zug beanspruchten Untergurte können gemäß Abb. 12 verschiedenartig gestoßen werden. In jedem Falle haben die zur Verwendung gelangenden Boizen nur den Zweck, die Stoßverbindung zusammenzuhalten, sollten aber nicht zur Aufnahme der Zugkräfte mit in Rechnung gesetzt werden. Ein geradlinig durchlaufender Gurt vereinfacht natürlich die Stoßverbindung.

Man vermeide in jedem Falle eine zu große Beanspruchung des Gurtholzes senkrecht zur Faserrichtung, ganz gleich, ob es sich um einen Druckstab (Abb. 23a) oder einen Zugstab nach Maßgabe der Abb. 21z handelt. Nötigenfalls verwalde man zwischengelegte Hartholzstücke (Abb. 23o) oder entsprechend angeordnete Dübel und berücksichtige auf solche Art die Tatsache, daß die Festigkeit des Holzes senkrecht zur Faser nur etwa  $\frac{1}{4}$  der Längsfestigkeit beträgt.

Man beachte die Wirkung des Schwindens der Hölzer und mache den Zusammenhalt des Fachwerkes vom Holzschwind möglichst unabhängig. Empfehlenswert ist in dieser Beziehung die Verwendung von Schraubenbolzen (Rundeisen, Abb. 21c) für die Zugstäbe, weil diese bei auftretenden Sackungen des Binders nachgezogen werden können. Man kann dann allerdings keine Kopfbänder nach Maßgabe der Abb. 30a anordnen.

Je flacher das Dach, um so empfehlenswerter die Verwendung von Bohlenquerschnitten für die Pfetten (Abb. 26c); auf seitlichen Winddruck kann hier rechnerisch verzichtet werden. Bei größeren Binderentfernungen kann nach Maßgabe der Abb. 29 die ungünstige Vergrößerung des Biegemomentes dadurch ausgeglichen werden, daß man Kopfbänder oder Gelenke anordnet oder die Pfette durchlaufen läßt. Anderenfalls werden Dübel-, Hetzer- oder Fachwerkbalken nach Abb. 30 nötig.

Die Aussteifungen einer Halle sind in Quer- und Längsrichtung derselben nötig und sind den im Stahlbau üblichen Aussteifungen durchaus wesensähnlich. Das gilt insbesondere

<sup>1)</sup> Bei 13-mm-Schrauben wurde bei kräftigem Anziehen eine Zugkraft von etwa 1300 kg ausgeübt. Rechnet man mit 30 kg/cm<sup>2</sup> zulässiger Pressung des feuchten Holzes senkrecht zur Faser (hoch gegriffen), so errechnet sich die notwendige Größe der Unterlegscheiben zu 1300 : 30 = rd. 43 cm<sup>2</sup>.

von den Querverbänden, die in den Obergurtebenen liegen. Oft wird hier aber des Guten zuviel getan und die aussteifende Wirkung einer gespundeten Schalung zu wenig berücksichtigt. Für den Winddruck auf die Giebelwand kommen Träger nach Maßgabe der Abb. 31a in Frage, die den Winddruck auf die Längswände der Halle übertragen. Vielfach begnügt man sich für den Längsverband damit, gemäß Darstellung b die Pfetten mit Kopfbändern zu versehen (vgl. auch Abb. 30) oder nach 31c ein bis drei durchlaufende Aussteifträger vorzusehen. Für die Aussteifung in Querrichtung der Halle dienen zug- und druckfest angeschlossene Aussteifungsstreben (d, e) oder Rahmenpfosten (f). Anderenfalls kommen durchgehendes Mauerwerk mit Stützfeilern oder Eisenbetonständern, die im Fundament fest eingespannt sind, zur Ausführung. Nach g wird der Wind auf die Längswand der Halle durch Zwischen- und Giebelwände aufgenommen. Nach h ist ein aussteifender Verband in den Obergurtebenen vorgesehen, um alle Windkräfte auf die Umfassungsmauern zu übertragen. Bei Wölbdächern können nach Darstellung i seitliche Werkstattanbauten den Horizontalschub und außerdem noch den Winddruck auf die Längswand aufnehmen; vgl. auch die Abb. 33i und 36p. Für den Winddruck auf die Giebelwand der Halle kommen Aussteifungen k in Richtung der Längsachse in Frage; vielfach angewendet werden die in Darstellung l gezeigten sog. Portalrahmen.

Die Abb. 32—36 zeigen verschiedenartige Formgebungen der Binder für ein- und mehrschiffige Hallen, in Fachwerk- und Vollwandausbildung.

Dachbinder mit gebogenem Obergurt sind durch Abb. 37 veranschaulicht. Die Grundform ist gewöhnlich der parabolische, einfach statisch unbestimmte Zweigelenkbogen, dessen Horizontalschub zumeist durch ein wagerecht durchlaufendes oder gesprengt angeordnetes Zugband aufgenommen wird. Die Bögen können vollwandig und fachwerkgegliedert sein. Ebenso können nach Abb. 38d die durchlaufenden Gurte in gewissen Abständen durch Zwischenklötze verbunden werden. Das Biegen der Hölzer ist im allgemeinen teuer, ebenso der Abund solcher Bogenformen. Außerdem ist man, wenn die Bogenform nach außen hin nicht in die Erscheinung treten soll, dazu genötigt, die Dachfläche mit viel Holzbedarf aufzusatteln (Abb. 33a und 36y). Die Bogenformen nach Delorme und Emy (Abb. 39) gelangten schon vor 100 Jahren zur Ausführung.

Oft erscheint es aus betriebstechnischen Gründen wünschenswert, im Dachgeschoß soviel freien Raum als nur irgendmöglich nutzbar zu machen (Abb. 45). Ausführungsmöglichkeiten verschiedener Art für stielfreie Dachgeschoßbinder zeigt Abb. 46; der wagerechte Binderbalken der Decke dient in jedem Falle als Zugband und ist entsprechend auszubilden.

#### IV. Balkenträger.

Die Ausbildung der Balkentragwerke richtet sich ganz nach der Stützweite, der Balkenteilung und der Größe und Art der Belastung. Verschiedene Ausführungsmöglichkeiten sind in Abb. 48 zusammengestellt. Bei einfachen Verhältnissen werden gewöhnliche Vollbalken (a), Balken mit Kopfbändern (b) oder einfach bzw. doppelt gesprengte Balken (c) den Zweck erfüllen. Dann folgen mit Vergrößerung der Stützweite und Belastung der verdübelte Balken d (vgl. auch Abb. 3), der I-Balken e und der Fachwerkträger f.

Der Vorteil vollwandiger Binderausführungen ist wohl in erster Linie in der körperlich geschlossenen Wirkung zu suchen, die in schönheitlicher Beziehung der oft recht unruhigen Wirkung von fachwerkgegliederten Trägern gegenübersteht. Nachteilig erscheint der Umstand, daß Fehler schwerer festzustellen sind, daß eine Zerstörung plötzlich und unvermittelt eintreten und das Ausbessern bedeutende Schwierigkeiten verursachen kann. Die Herstellung solcher Vollwandbinder kann auf verschiedene Weise erfolgen:

- a) durch Zusammenfügen der Einzelhölzer mit Dübeln,
- b) durch Zusammenfügen der Einzelhölzer durch Nagelung, Verbolzung oder Stahlstifte,
- c) durch Zusammenfügen der Einzelhölzer mit Leim,
- d) durch Zusammenfügen der Einzelhölzer mit Leim und mechanischen Verbindungsmitteln.

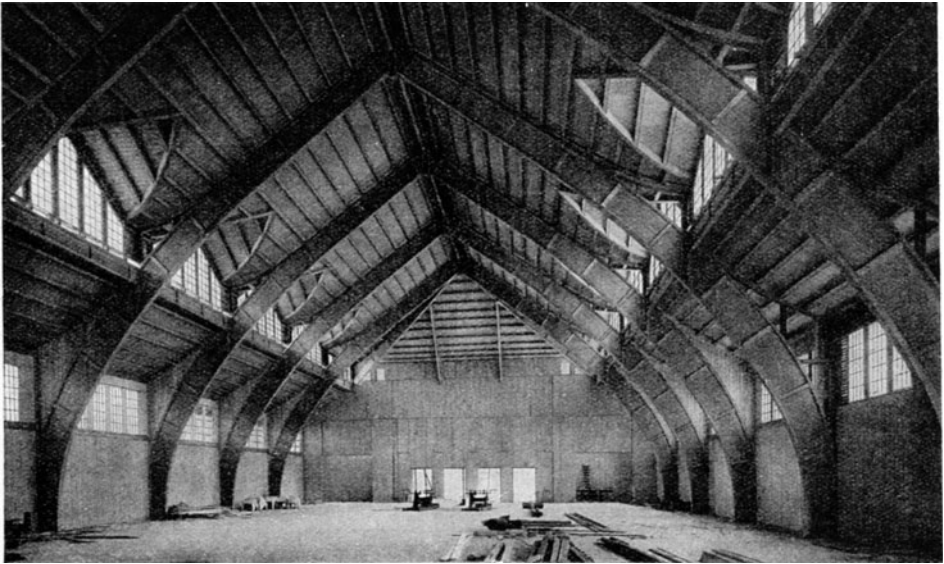
Es ist eine bekannte Tatsache, daß bei den aus einem Baumstamm geschnittenen gewöhnlichen Holzbalken die Ausnutzung des Holzes eine sehr ungünstige ist. Gerade die bei der Durchbiegung am stärksten auf Druck und Zug beanspruchten Außenfasern sind die weichsten, da sie am Splint oder an der Grenze des Splintes liegen, während die mittleren kernigen Fasern sich um die Nullschicht gruppieren und sehr geringe Beanspruchung erleiden. Es lag deshalb der

Gedanke nahe, den vierkantigen Holzbalken nach Maßgabe der Abb. 49 in Längsrichtung zu durchschneiden und so wieder zusammenzufügen, daß die widerstandsfähigen Teile des Balkens an die äußeren Flächen des Trägers zu liegen kommen. Auf diese Weise kann man einen Balken erzielen, der bei gleichem Aufwand an Baustoff bedeutend tragfähiger als der ursprüngliche ist. Es ist dies der Grundgedanke der alten Hetzerschen Ausführungen.

Das Verleimen der Hölzer ist wohl das einfachste und, sofern die Leimung wirklich sachgemäß ausgeführt und durch Nägel oder Bolzen in ihrer Wirkung unterstützt wird, ein recht gutes Verbindungsmittel (Leimlösung aber nicht zu dünn, genügendes Pressen der Fugen während des Abbindens, keine Zugbeanspruchung der Leimfuge, keine unmittelbare Einwirkung schädlicher Dämpfe, Schutz gegen ungünstige Witterungseinflüsse).

## V. Die Richtarbeit.

Bei dem Zusammenbau der Einzelteile dürfen die Stäbe keine Beanspruchungen erhalten, denen sie nicht gewachsen sind. Alle Verbindungen sind mit größter Sorgfalt nachzuprüfen und die in Aussicht genommenen Überhöhungen schon auf der Zulage aufzureißen. Die La-



Vollwandige Dreigelenkbögen nach Hetzerscher Bauweise (s. Abb. 40, 50); 1913 in Leipzig errichtet. Spannweite 25 m bei 6,25 m Binderabstand und 15 m Scheitelhöhe. Zeitdauer der Aufstellung einschließlich aller Vorbereitungen 1 Woche<sup>1)</sup>.

gerung des auskragenden Pultdaches nach Abb. 53a darf nicht in der Art erfolgen, wie es die Darstellung b zeigt, weil dann die Zugstäbe des Kragarm-Obergurtes Druck erhalten. Noch gefährlicher ist eine Lagerung nach c; ein seitliches Ausknicken des Binders an den Stoßstellen der Gurte ist hier sehr leicht zu befürchten. Diese Gefahr des seitlichen Ausknickens besteht nach b auch dann, wenn beim Aufrichten der Binder durch Hebebäume unsachgemäß vorgegangen wird. Eine Möglichkeit, solchen Gefahren durch zeitweilige Aussteifungen zu begegnen, ist in der genannten Abbildung angedeutet. Weitere Fehler in der Richtarbeit sind durch die Darstellung e und f veranschaulicht; ein falsches Anpacken der Träger hätte zur Folge, daß die oberen Zugstäbe über dem Mittelpfeiler beträchtlichen Druck erhalten und leicht zum Ausknicken kommen. Beim Aufstellen der Binder muß unerwarteten Windstößen Rechnung getragen werden; man ordne genügend viel Fangseile an, die hinreichend gut im Erdboden zu verankern sind (eingerammte Pflöcke allein genügen nur selten), und Sorge für sofortige Anbringung der Windverbände.

<sup>1)</sup> Aus Kersten, Freitragende Holzbauten. Ein Lehrbuch für Schule und Praxis. 2. Aufl. Berlin: Julius Springer 1926.



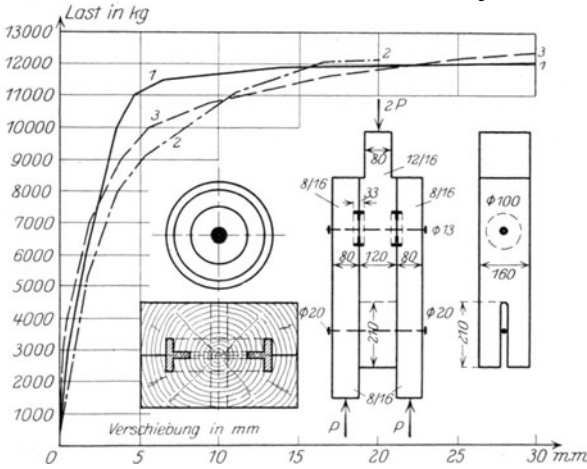


Abb. 1. Tellerdübel der Christoph & Unmack A.-G. Verschiebungsplan für 3 Parallelversuche.

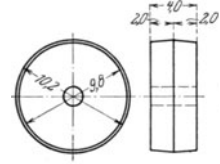


Abb. 2. Dübel aus Hartholz; Bauweise Kübler, A.-G., Stuttgart. Durch Anziehen der Bolzen werden die Dübel satt eingepreßt.

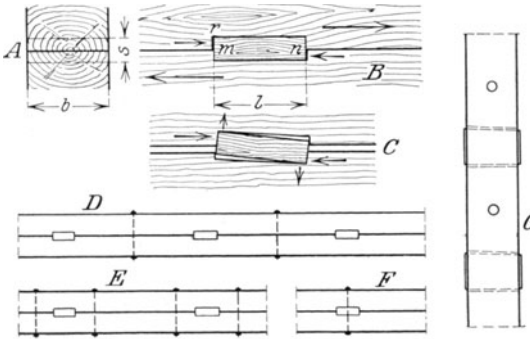


Abb. 3. Hartholzdübel. Die Bolzen sind in möglichster Nähe der Dübel zu setzen (E), um ein Verkanten (Kippen nach C) zu vermeiden. Nach G keilförmige Dübel zum Nachtreiben beim Schwinden des Holzes. Nach F Ring- oder Hartholzdübel gemäß Abb. 2, 4.

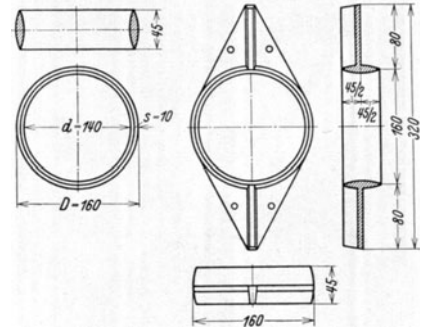


Abb. 4. Ringkeil- und Rippendübel. Bauweise Appel (Berlin SO 36).

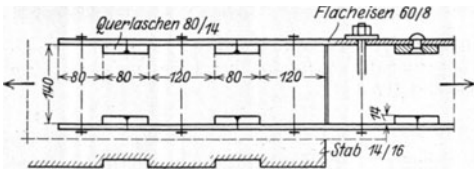


Abb. 5. Zugverbindung durch Flacheisen mit quer genieteten Flachlaschen; vgl. Abb. 22r, 23m, n, q und 24k, wegen der Unterlegscheiben auch 16.

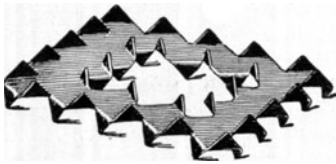


Abb. 7. Bulldogplatte. Sie wird zwischen die Holzteile gelegt; die Zähne dringen beim Zusammenpressen der Hölzer durch Anziehen der Bolzen in das Holz. Für das Zusammenpressen sind besondere Vorkehrungen nötig.

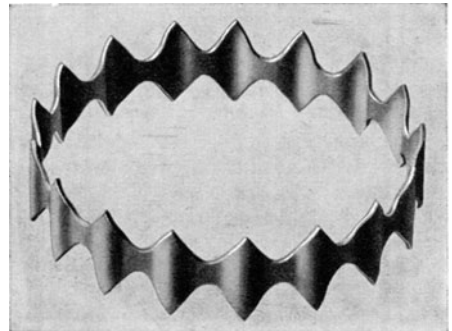


Abb. 6. Alligator-Zahnringdübel. Vorherige Fräsung wie bei Abb. 7 nicht nötig. Balkenflächen liegen satt aufeinander. Sonst wie bei Abb. 7.

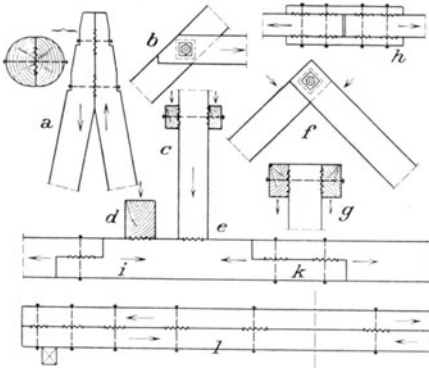


Abb. 8.

Abb. 8. Verwendungsmöglichkeiten der Einpreßdübel nach Abb. 6 und 7.

Verbindungsmitel dieser Art machen unabhängig von der Inanspruchnahme bestimmter Bau-Sonderfirmen. Die Dübel (Alligator, Bulldog) sind jederzeit käuflich zu beschaffen und kommen vor allem auch für Rüstbauten größeren Umfangs in Frage.

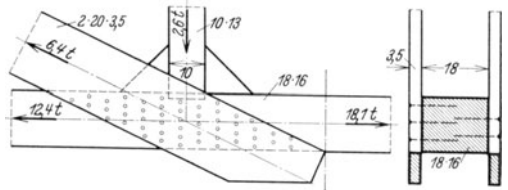


Abb. 9. Stabanschluß durch Nägel.

50 Nägel, je 4,6 mm dick und 14 cm lang, Tragkraft je 65 kg im Seitenholz.

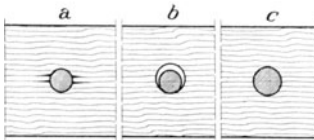


Abb. 10.

Nagel a spaltet das Holz; immerhin haben Untersuchungen und praktische Bauausführungen (nach Stoy) die Brauchbarkeit von Nagelverbindungen auch im freitragenden Holzbau erwiesen.

Schraube b sitzt lose im Loch (hier übertrieben dargestellt); vgl. Abb. 11.

Stahlstift c füllt das Loch satt aus; vgl. Abb. 14.

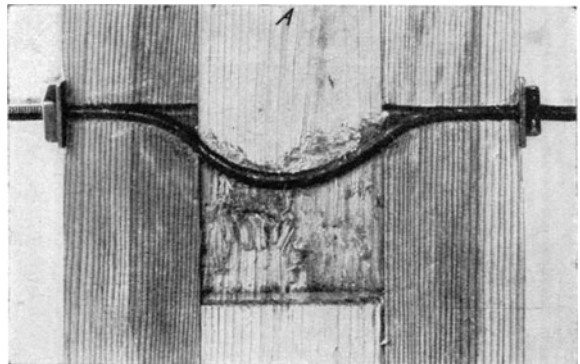


Abb. 11. Formänderung eines dünnen Schraubenbolzens. Zerquetschen des Holzes, Eindringen der Unterlegscheiben, Dehnung des Bolzens, Aufreißen des Mittelholzes, Reißen des Bolzens (Zug, nicht Abscheren).

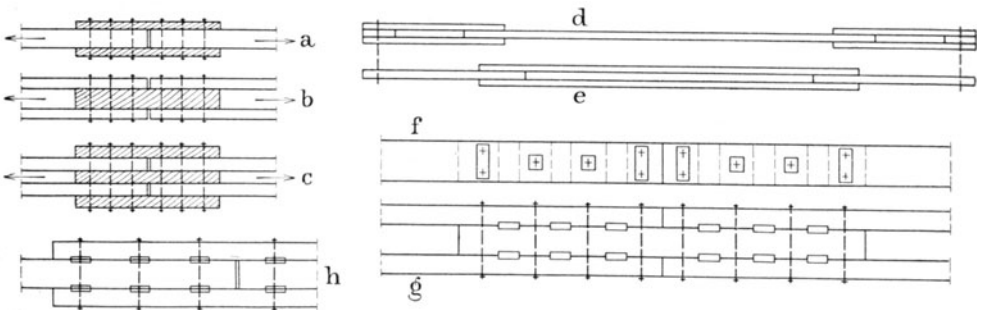


Abb. 12. Zuggurtstöße. Verschiedene Anordnung der Stoßverbindungen nach d und e, je nach Ausbildung der Binderauflager. Bei a, b, c sind die Ringdübel (h) nicht mit angegeben. In g Hartholzdübel gemäß Abb. 3; in Abb. 5 waren es Flacheisendübel.

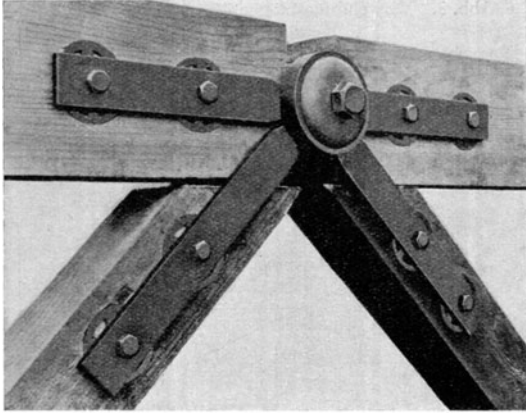


Abb. 13. Knotenpunkt nach Bauweise der Siemens-Bauunion<sup>1)</sup>. Axiale Übertragung der Druck- und Zugkräfte; also keinerlei Druck rechtwinklig und schräg zur Faser. Kraftübertragung durch Flacheisen mit hakenförmigen Anstauungen, die mit den unterschrittenen Anliegeflächen die Zugkräfte und mit den Stirnen der Köpfe die Druckbeanspruchungen in das Gehäuse des Gelenkes abgeben. Als Holzdübel dienen Krallenscheiben besonderer Formgebung.

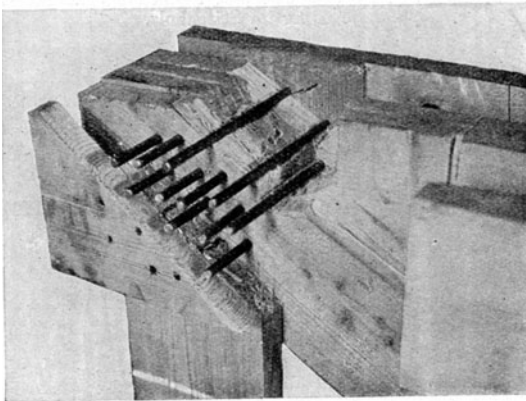


Abb. 14. Stahl-Stabdübel nach Bauweise Meltzer (auch Birkmann). Verbindung nach erfolgter Bruchprobe freigelegt.

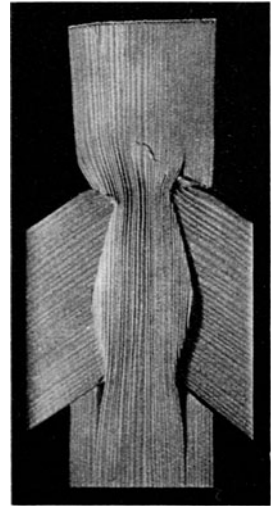


Abb. 15. Zustand der Hängesäule eines Hängewerkes nach starker Zusammenpressung durch die Streben, bei Druckübertragung mittels Eisenplatte auf den Kopf der Säule<sup>2)</sup>.

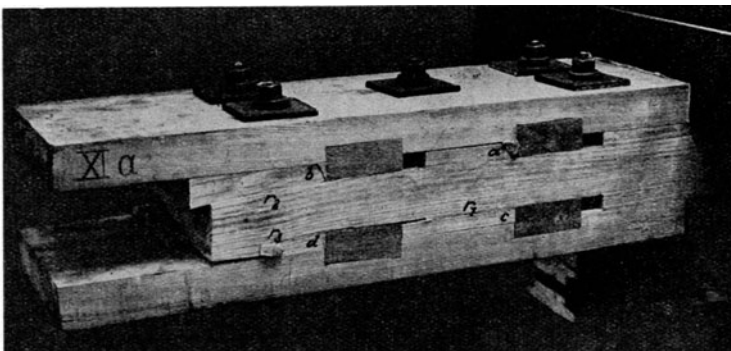


Abb. 16. Dübel aus Eichenholz. Die Zerstörung bei Zug des Mittelholzes nach rechts wird durch Überschreiten der Druckfestigkeit bei  $a$  eingeleitet. Dann folgen Risse  $r_1$   $r_2$   $r_3$  (Abscheren). Man erkennt die Schrägstellung der Dübel (s. Abb. 3 C). Material-Prüfungsamt Stuttgart.

<sup>1)</sup> Vgl. u. a. Kersten: Hölzerne Hilfsbrücke. Bauing. 1931 S. 834.

<sup>2)</sup> Vgl. Baumann-Lang: Das Holz als Baustoff.



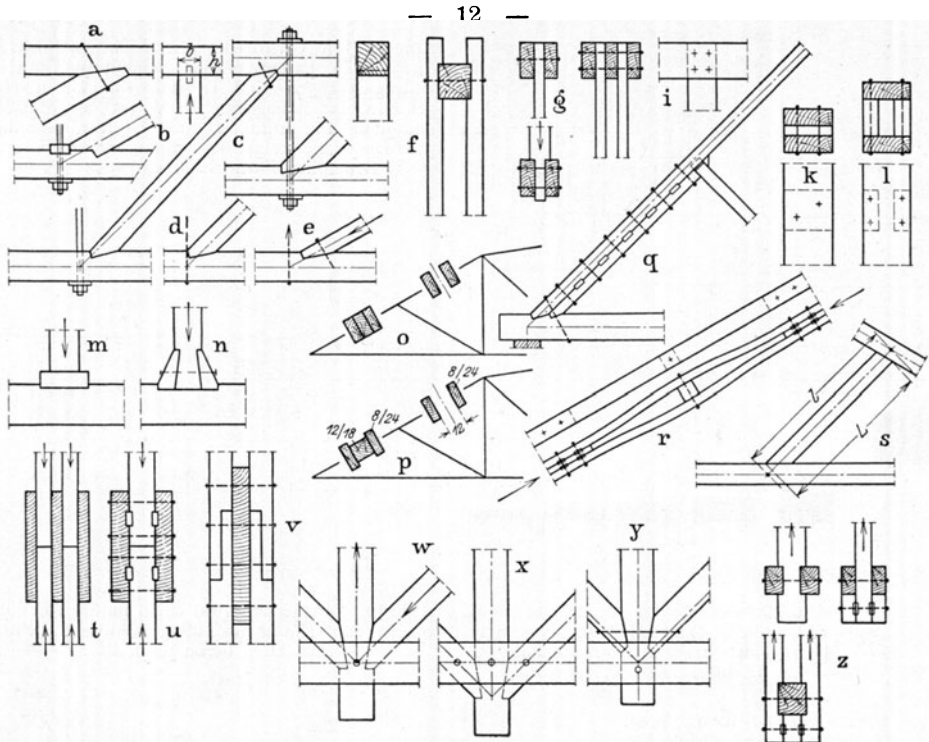


Abb. 21. Anschluß von Druckstäben durch Versatz (a bis e) und Hartholzwischenstücke (b, m, n). Mehrteiliger Obergurt (g, i). Laschenverbindung k, l bei kleinem und großem Abstand (l aber wenig zu empfehlen). Verstärkung durchlaufender Druckgurte (o, p, q). Auseinanderspreizen zwecks Vergrößerung des Trägheitsmomentes (r); wegen Ausknickgefahr der gebogenen Einzelhölzer aber nur dann statthaft, wenn genügend viel Verbindungslaschen. Druckstöße t, u, v. Nach w zu starke Schwächung der Zugvertikale; nach x, y und c keine genaue Beachtung der Netzlinien (bei geringen Stabkräften wohl statthaft). Nach z wird die Zugkraft in Druck senkrecht zur Faser des Untergurtes umgewandelt (der Druck darf das zulässige Maß nicht überschreiten, sonst Ring- oder andere Dübel).

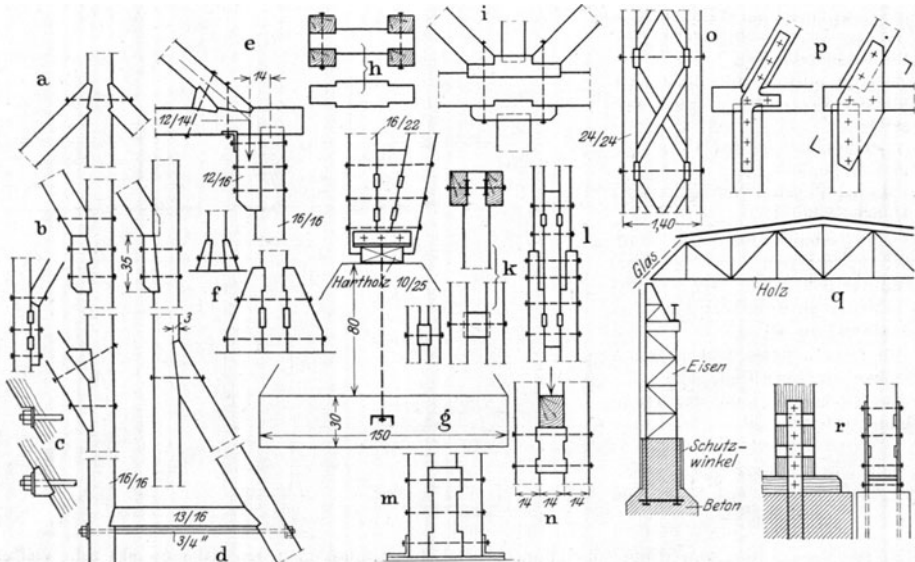


Abb. 22. Stützensausbildungen und -verankerungen. Nach e ungünstiges Drehmoment (Auflagerdruck möglichst achsrecht in die Stütze überführen). In f Verbreiterungen des Fußes. Nach r zweckmäßige Verankerung durch Flacheisendübel gemäß Abb. 5.

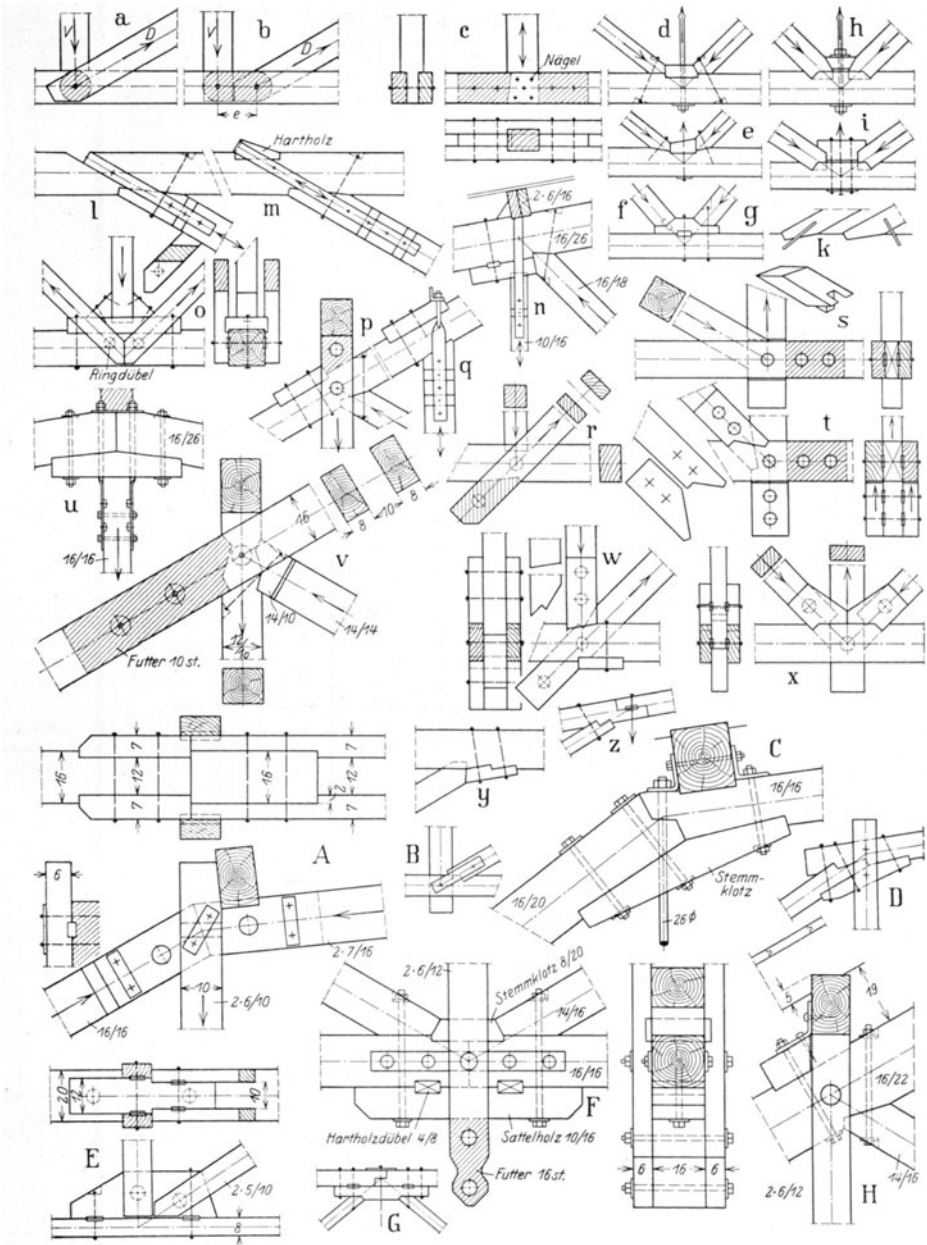


Abb. 23. Fachwerkknotenpunkte mit verschiedenartigen Dübelverbindungen. Die Netzlinien sollen sich in einem Punkte schneiden (a): Ausführung b also unzulässig. Nach c Schwalbenschwanz zwischen Füllstücken, aber nicht zu empfehlen. Verschiedenartiger Anschluß zweier Druckschrägen mit Hartholzkeilstücken (d bis i) oder Stoßklammern (k). Anschluß von Zugstäben l, m, p, q, r, w, B. Firstpunkt in u. Obergurt-Knickpunkte in A, C, D. Obergurtstöße in z, G. Untergurtstöße in F; die Zugverbindung der Untergurtstöße erfolgt durch besonders gestaltete Stahldübel, die mit den seitlich angefügten Flacheisen verbunden sind. Besser ist eine Verbindung nach Abb. 5. Flachgelegter Untergurt nach E wenig zu empfehlen. Bei h, i, y Klemmwirkung der Hartholzstücke (Stemmklotze). — Die jeweilige Brauchbarkeit der hier gezeigten Ausführungsmöglichkeiten hängt naturgemäß ganz von den Stabkräften ab. Ein 26-m-Binder verlangt wesentlich stärkere Knotenpunktausbildungen als ein 14-m-Binder. Es kommt auch sehr darauf an, ob der Binder rein zimmermannsmäßig (d, q, C) oder mit Ring- oder sonstigen Dübeln ausgeführt werden soll. Verschiedene Darstellungen (c, k, l, u, E, F) sind nur sehr bedingt zu empfehlen.

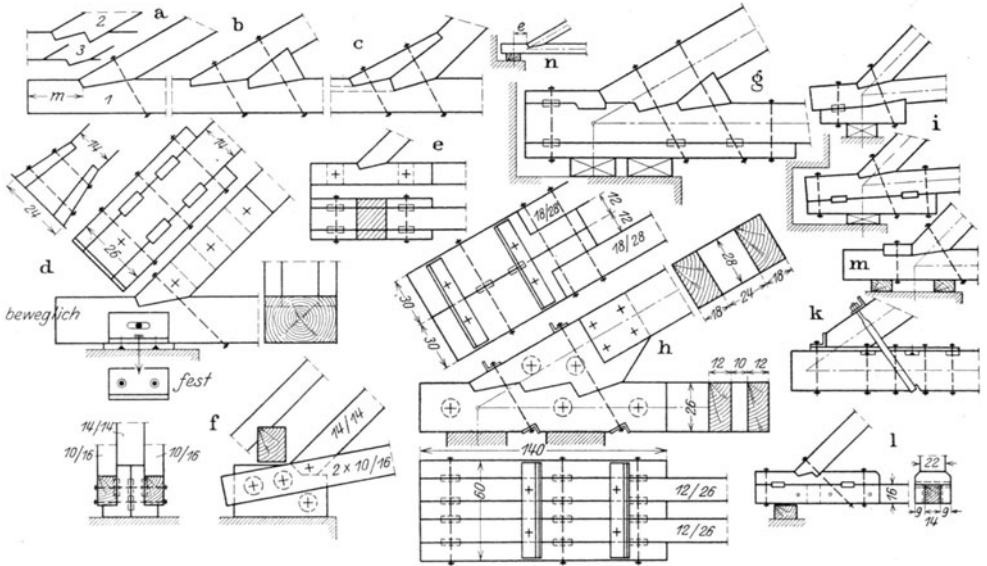


Abb. 24. Binderauflager. Verwendung von Hartholz für den Versatz (b c, g, h, m); Verbreiterung der Versatzfläche (d, h, auch e); Vergrößerung der Vorholzlänge bei c und m (zumeist unzweckmäßig); Verkürzung der Vorholzlänge bei a<sub>3</sub>, b, k, l; Ausführungen dieser Art sind nur bei sehr großen Stabkräften zu empfehlen. Ausführung k wenig zu empfehlen. Durchgängig schräg angeordnete Schraubenbolzen. Mitte des Auflagers wird durch Schnittpunkt der Systemlinien gekennzeichnet; nur bei Verwendung eines Sattelholzes (i) kann nötigenfalls Ausführung nach n erfolgen.

Auch hier gilt das gleiche, was im letzten Absatz der vorhergehenden Seite gesagt ist. Ausführungen nach d, g und h kommen nur für sehr weit gespannte Binder in Frage, sind also für einfache Binderformen nicht anzuraten. Statt eines dreifachen Versatzes sind zumeist Ausführungen nach Abb. 19 empfehlenswerter.

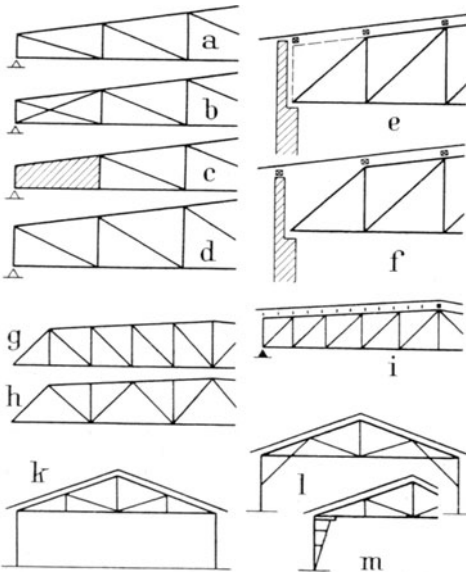


Abb. 25. Verschiedene Fachwerkausbildungen; vgl. hierzu S. 4, 5.

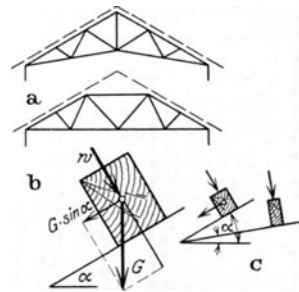


Abb. 26. Binderform a erspart einen Knotenanschluß. Bei steileren Dachneigungen kann der Wert  $G \cdot \sin \alpha$  infolge Aussteifwirkung der Dachhaut zumeist vermindert werden (aber gute Firstverbindung der Sparren nötig). Vgl. S. 5.

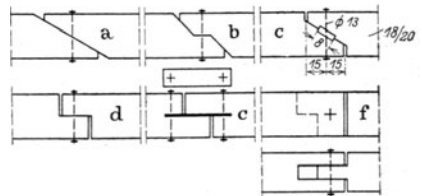


Abb. 27. Gelenkausbildungen für Pfetten. Ausführung a wenig zu empfehlen. Bei c auch Schräganordnung des Bolzens.

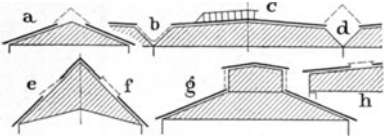


Abb. 28. Oberlichtanordnungen. Nach b ungünstiger Schneefang; besser ist Ausführung nach d.

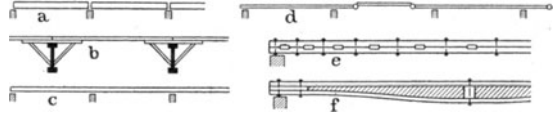


Abb. 29. Verschiedene Pfettenausbildung.

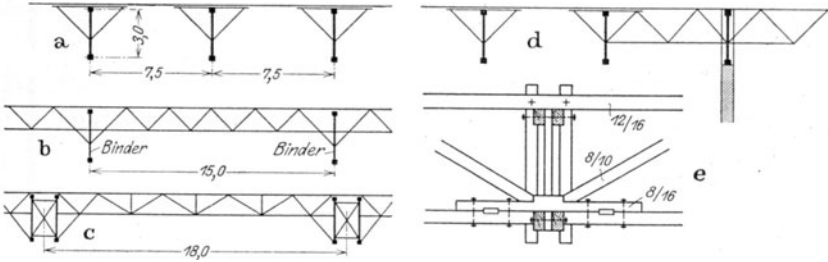


Abb. 30. Gitterpfetten für größere Binderentfernung. Bei sehr großen Entfernungen sind nach c Doppelbinder nötig. Nach d Gitterwerk für Dachauskragung über Giebelwand hinaus. In e Anschluß des Gitterträgers an den Binder.

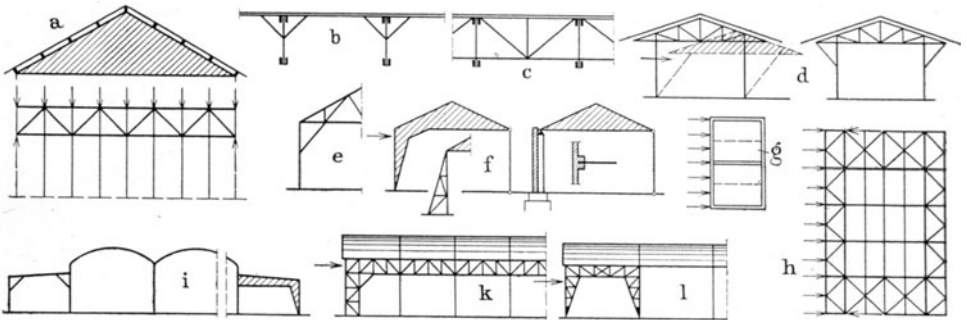


Abb. 31. Windversteifungen für freistehende Hallen; vgl. S. 5.

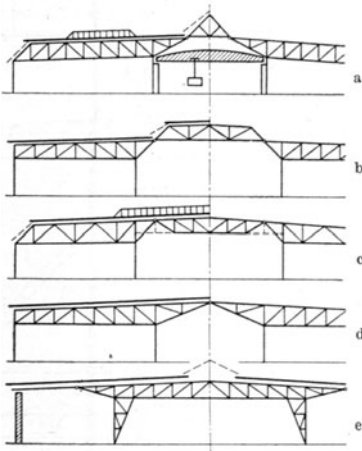


Abb. 32. Gelenk- und Kragbinder für dreischiffige Hallen. Nach a, b, c Gelenke im Mittelschiff, nach e solche im Seitenschiff. Nach d Aneinanderreihen zweier Kragträger.

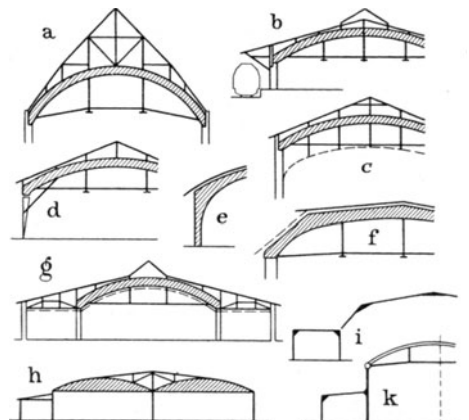


Abb. 33. Verschiedene Ausbildungen von Bogenbindern. Nach a teure Aufsättlung. Binder mit Kragarm (b), mit angehängter Putzdecke (c), mit einem der Dachhaut angepaßten Obergurt (f). Zangenanschlüsse nach d führen zum Steifrahmen nach e. Nach i, k dreischiffige Hallen mit windstefem Rahmen für die Seitenschiffe.



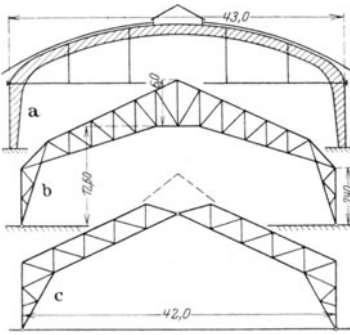


Abb. 34. Nach a Vollwand-Zweigelenkrahmen mit hochliegendem Zugband, nach b Zweigelenk-Fachwerkrahmen und nach c Dreigelenk-Fachwerkrahmen.

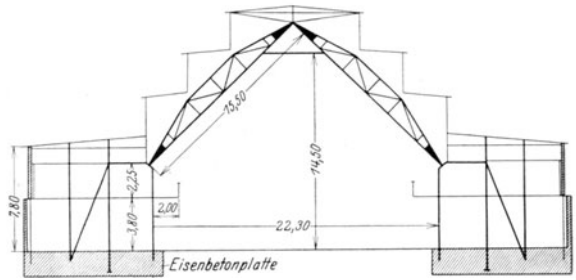


Abb. 35. Messehalle Berlin. Fachwerkgegliederte Dreigelenkbinder, nachträglich verschalt<sup>1)</sup>.

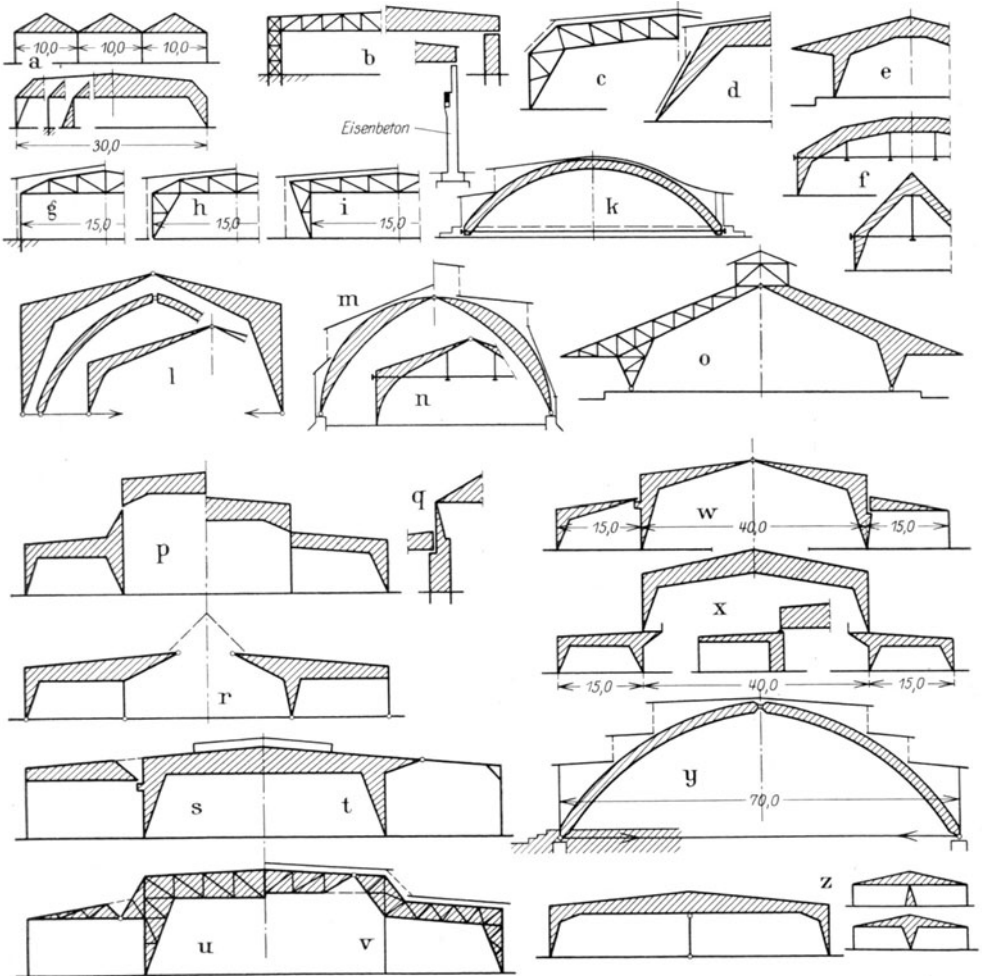


Abb. 36. Schematische Darstellungen von Rahmen- und Bogenbindern, für Fachwerk- oder Vollwandausführung. Nach a Fortnahme der Innenstützen; Rahmenform nach i, wenn schräger Binderpfosten für den Innenraum unerwünscht ist.

<sup>1)</sup> Vgl. Kersten: Neuere Ausführungen freitragender Holzbauten. Bauing. 1926 S. 50.

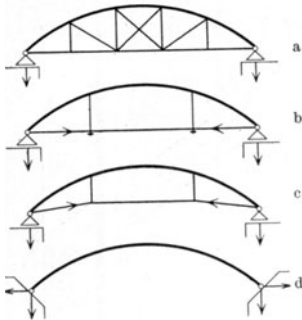


Abb. 37. a = Parabelfachwerk, b = Zweigelenbogen mit waagrechttem, bei c mit gesprengtem Zugband, d = Zweigelenbogen ohne Zugband, einen Horizontal-schub auslösend.

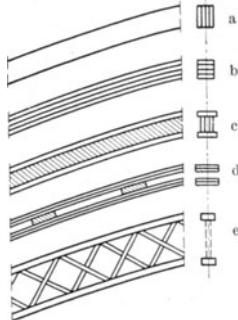


Abb. 38. Bogenquerschnitte verschiedener Art. Bezüglich a, b vgl. Abb. 39 und bezüglich c vgl. Abb. 50—52.

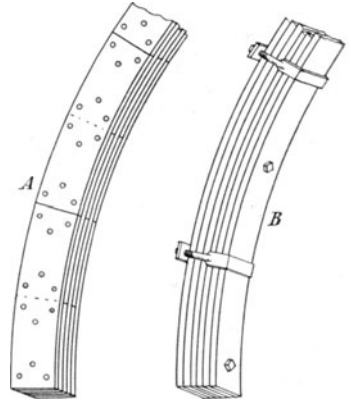


Abb. 39. Bogen A nach Delorme; ebene, hochkant gestellte und aufeinander genagelte Lamellen. Bogen B nach Emy; flachgelegte gebogene und verbolzte Bretter (vgl. Abb. 43).

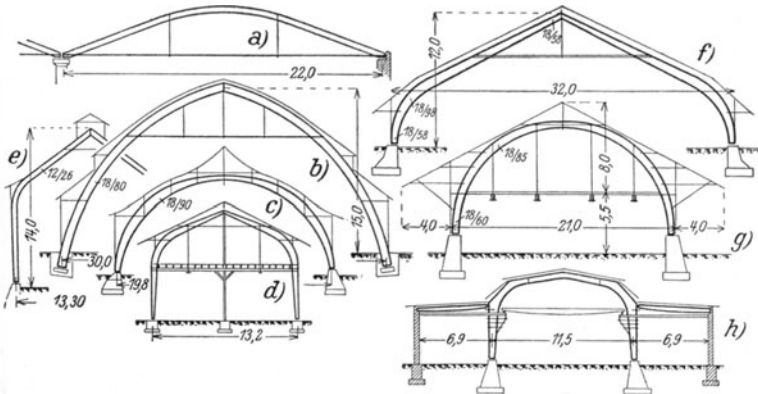


Abb. 40. Vollwandige Hallenbinder nach Bauweise Hetzer. a) Zweigelen-Flachbogen mit Zugband. b) Sängerhalle in Küfnacht bei Zürich. c) Reithalle in St. Moritz; Dachsparren wenig gebogen, darauf eine mit Dachleinwand überspannte Holzschalung. d) Holzlagerschuppen mit Ziegeleindeckung und Zwischen-decke für 1200 kg/m<sup>2</sup> Nutzlast. e) Hochstieller Dreigelenkbogen. f) Flachere Dreigelenkbogen. g) Rahmen mit angehängter Nutzdecke. h) Maschinenhalle; Stützen mit 12 t Kranbahndruck.

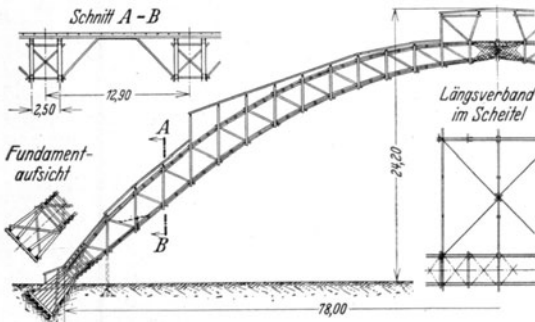


Abb. 41. Dreigelenk-Bogenbinder von 78 m Stützweite; Festhalle Dresden, 1925<sup>1)</sup>.

Holzbedarf etwa 0,17 m<sup>3</sup> Kantholz für den m<sup>2</sup> bebaute Grundfläche, Kosten rd. 10,60 RM für den gleichen m<sup>2</sup>.

<sup>1)</sup> Vgl. Kersten: Die Festhalle Dresden, 1925. Bauing. 1925 S. 767.

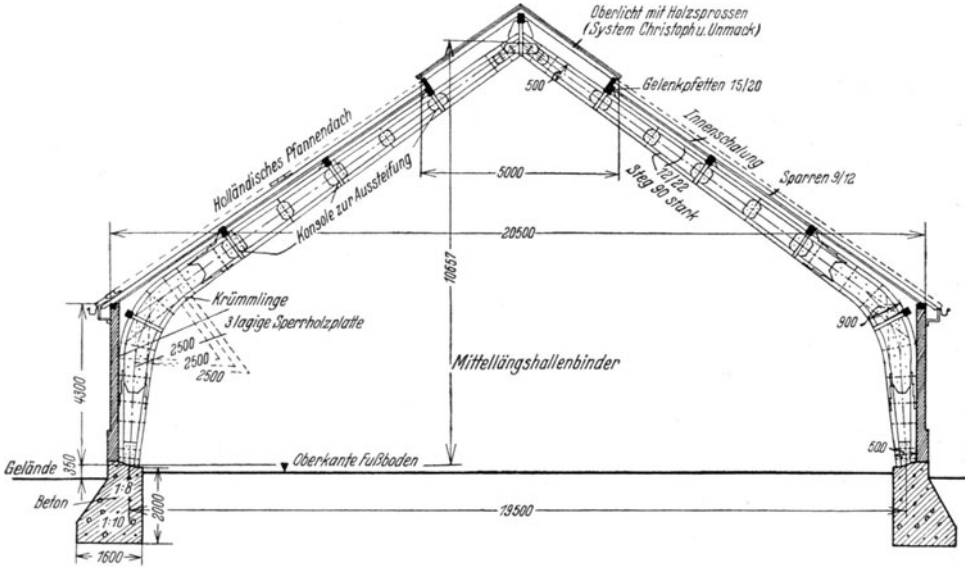


Abb. 42. Vollwand-Dreigelenkbogen für eine Halle in Lankwitz b. Berlin, 1925. Binderprofil I-förmig verleimt. Für einen Binder 5,2 m<sup>3</sup> Fichtenholz und 220 kg Eisenverbrauch. Vgl. Bauing. 1926 S. 531.

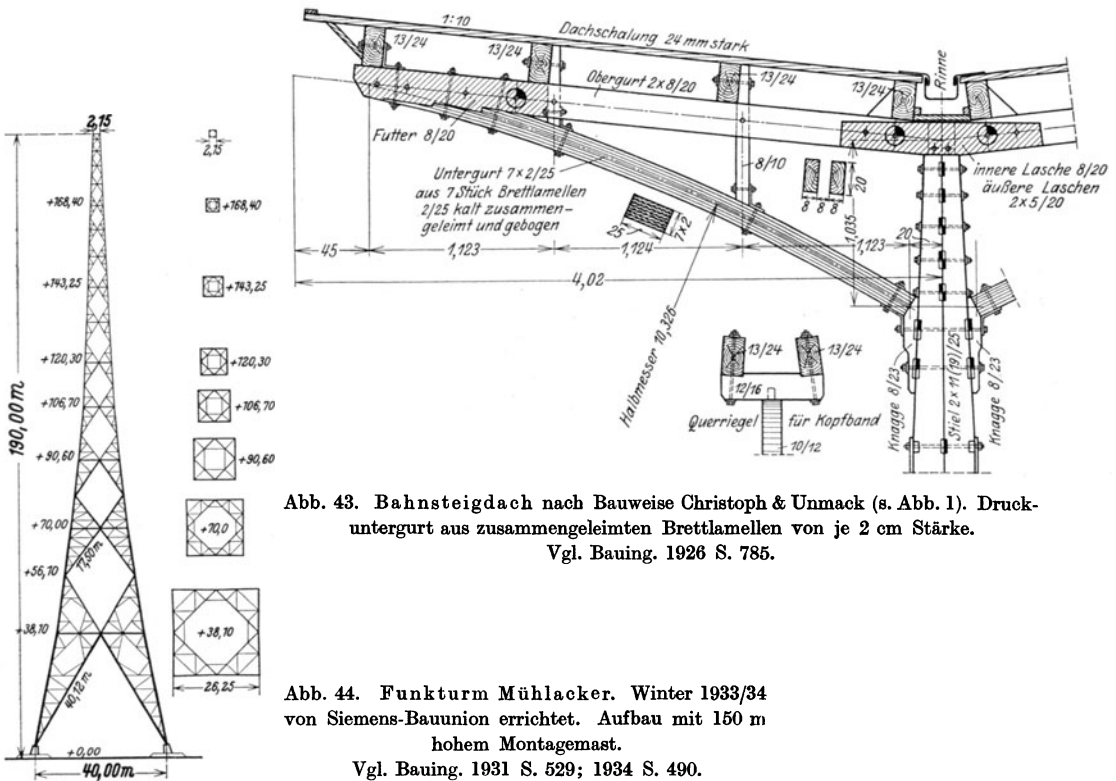


Abb. 43. Bahnsteigdach nach Bauweise Christoph & Unmack (s. Abb. 1). Druckuntergurt aus zusammengeleimten Brettflamellen von je 2 cm Stärke. Vgl. Bauing. 1926 S. 785.

Abb. 44. Funkturm Mühlacker. Winter 1933/34 von Siemens-Bauunion errichtet. Aufbau mit 150 m hohem Montagemast. Vgl. Bauing. 1931 S. 529; 1934 S. 490.

Abb. 45. Stallgebäude mit Lagerboden. Bei Verwendung von verdübelten Balken ist der Holzbedarf zu  $2,2 \text{ m}^3$  (gegenüber  $2,7 \text{ m}^3$  bei dem Zimmermannsbau der Abb. a) errechnet worden. Vorteilhaft ist aber vor allem, daß nach Abb. b keine Stiele, Zangen und Streben den Bodenraum beengen.

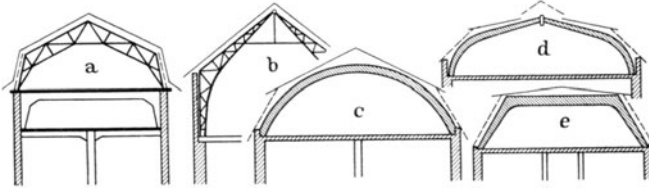
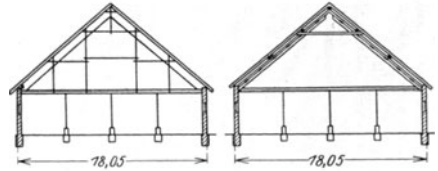


Abb. 46. Binderformen für Dachgeschoßbauten; Zwei- und Dreigelenkbogen.

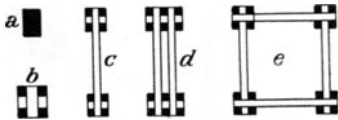


Abb. 47. Zerteilung eines Vollquerschnittes in Einzelquerschnitte.

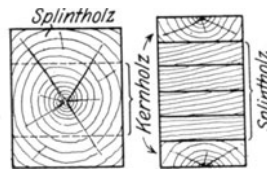


Abb. 49. Balken nach Bauweise Hetzer.

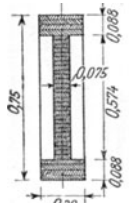


Abb. 50.

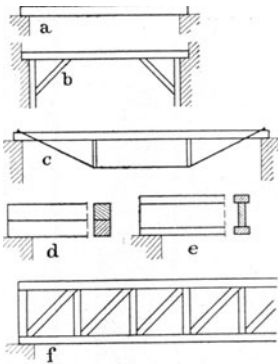


Abb. 48. Balkentragwerke für kleine und große Stützweiten. Nach d verdübelter Balken, vgl. S. 6.

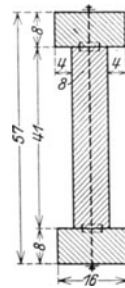


Abb. 51. Vollwandträger, bei dem Gurtung und Steg durch Ringdübel verbunden sind. Schraubenbolzen lotrecht, bei flach gelegten Gurthölzern.

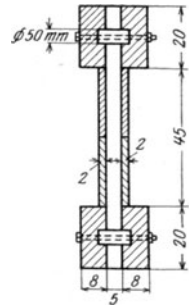


Abb. 52. Verwendung von Hartholz-Runddübeln. Schraubenbolzen wagrecht, bei hochkant gelegten Gurthölzern.

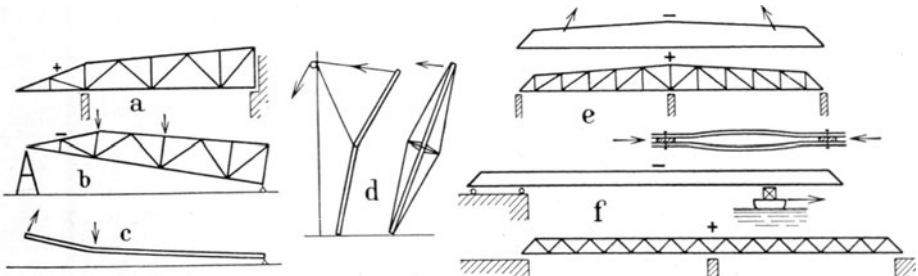


Abb. 53. Fehler bei der Richtarbeit; + und - geben Zug und Druck an; vgl. S. 7.



Abb. 54. Spitzbogendach nach der Zollbauweise. Drei Bauteile gleichbleibender Art: Lamelle, Schloßschraube, Unterlagsplatte.



Abb. 55. Elektrischer Handkettenstemmaapparat, zum Zapfenlochstemmen eingerichtet. Fräskette mit unten runder Führung.

Gebr. Schmaltz, Offenbach a. M.

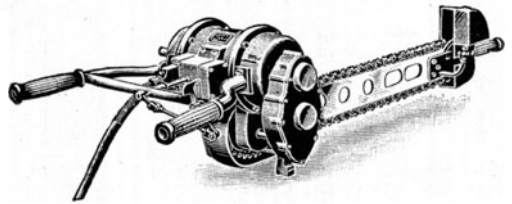


Abb. 56. Abläng-Kettensäge für Gleich- und Drehstrom. 20fache Schnittleistung gegenüber Handarbeit; nur Grobschnitte. (A. Stihl, Stuttgart 5.)

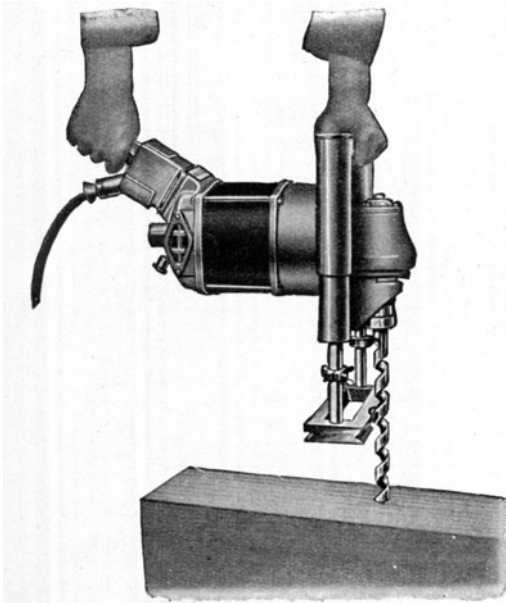


Abb. 57. Handmaschine wie Abb. 55, zum Bohren eingerichtet. Die gleiche Maschine kann auch als Abläng-Kettensäge (ähnlich Abbildung 56) verwendet werden.

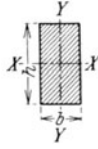


Abb. 58. Handmaschine wie Abb. 55; Fräskette mit unten horizontaler Führung (dreieckige Führungsleiste).

Tabelle der Rechteckbalken.

$W_y = J_y : b/2$  [z. B.  $1/18 : W_y = 6144 : 8 = 768 \text{ cm}^3$ ].

b	F	J <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	b	F	J <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>
cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>
$h = 6$					16	352	14197	7509	1291
6	36	108	108	36	18	396	15972	10692	1452
8	64	256	144	64	20	440	17747	14667	1613
8	64	341	341	85	22	484	19521	19521	1775
$h = 8$					$h = 24$				
6	48	256	144	64	6	144	6912	432	576
8	64	341	341	85	8	192	9216	1024	768
6	60	500	180	100	10	240	11520	2000	960
8	80	667	427	133	12	288	13824	3456	1152
10	100	833	833	167	14	336	16128	5488	1344
16	256	2048	2048	320	16	384	18432	8192	1536
18	324	2700	2700	360	18	432	20736	11664	1728
20	400	2800	2800	400	20	480	23040	16000	1920
6	72	864	216	144	22	528	25344	21296	2122
8	96	1152	512	192	24	576	27648	27648	2304
10	120	1440	1000	240	$h = 26$				
12	144	1728	1728	288	6	156	8788	468	676
$h = 12$					8	208	11717	1109	901
6	84	1372	252	196	10	260	14647	2167	1127
8	112	1820	597	261	12	312	17576	3744	1352
10	140	2287	1167	327	14	364	20505	5945	1577
12	168	2744	2016	392	16	416	23435	8875	1803
14	196	3201	3201	457	18	468	26364	12636	2028
$h = 14$					20	520	29293	17333	2253
6	96	2044	288	256	22	572	32223	23071	2479
8	128	2731	683	341	24	624	35152	29952	2764
10	160	3413	1353	427	26	676	38081	38081	2929
12	192	4096	2304	512	$h = 28$				
14	224	4779	3659	597	6	168	10976	504	784
16	256	5461	5461	683	8	224	14635	1195	1045
$h = 16$					10	280	18293	2333	1307
6	108	2916	324	324	12	336	21952	4032	1568
8	144	3888	768	432	14	392	25611	6408	1829
10	180	4860	1500	540	16	448	29269	9557	2091
12	216	5832	2592	648	18	504	32928	13608	2352
14	252	6804	4116	756	20	560	36587	18607	2613
16	288	7776	6144	864	22	616	40245	24845	2873
18	324	8748	8748	972	24	672	43904	32256	3136
$h = 18$					26	728	47563	41011	3397
6	120	4000	360	400	28	784	51221	51221	3659
8	160	5333	853	533	$h = 30$				
10	200	6667	1667	667	6	180	13500	540	900
12	240	8000	2880	800	8	240	18000	1280	1200
14	280	9333	4573	933	10	300	22500	2500	1500
16	320	10667	6827	1067	12	360	27000	4320	1800
18	360	12000	9720	1200	14	420	31500	6860	2100
20	400	13333	13333	1333	16	480	36000	10240	2400
$h = 20$					18	540	40500	14580	2700
6	132	5324	396	484	20	600	45000	20000	3000
8	176	7099	939	645	22	660	49500	26620	3300
10	220	8873	1833	807	24	720	54000	34560	3600
12	264	10648	3168	968	26	780	58500	43940	3900
14	308	12422	5031	1129	28	840	63000	54880	4200
30	900	67500	67500	4500					



Kleinste Seite b  
Trägheitsab-  
messer i<sub>min</sub>

6	1,73
7	2,02
8	2,31
9	2,60
10	2,89
12	3,46
14	4,04
16	4,62
18	5,20
20	5,77
22	6,35
24	6,93
26	7,51
28	8,08
30	8,66

Beispiel:  
 $i_{\min}$  für  $1/18$ :  
 $J_y = J_{\min}$   
 $= 4116 \text{ cm}^4$   
 $F = 252 \text{ cm}^2$   
 $i = \sqrt{\frac{4116}{252}} = 4,04$

Tafel 1 der Holzbestimmungen von 1933.  
Zulässige Spannungen  $\sigma$  in  $\text{kg/cm}^2$ .

Art der Beanspruchung	Holzart		Bemerkungen
	Nadelholz	Eiche und Buche	
a) Druck in der Faserrichtung	80	100	
b) Biegung . . . .	100 <sup>1)</sup>	110	
c) Zug in der Faserrichtung	90	105	
d) 1. Druck rechtwinklig zur Faserrichtung . . . . . 2. Druck rechtwinklig zur Faserrichtung bei Bauteilen, bei denen geringfügige Eindrückungen unbedenklich sind, oder als Lochleibungsdruck von Verbindungsmit-teln, die nur einen Bruchteil des Holzquerschnittes nach Höhe und Breite beanspruchen . . . . .	20	40	Der Überstand der Schwellen über die Druckfläche in der Faserrichtung muß beiderseits mindestens gleich dem $1/3$ -fachen der Schwellenhöhe sein. Andernfalls sind die unter d) 1 und d) 2 angegebenen Spannungen um $1/3$ zu ermäßigen
e) Abscheren in der Faserrichtung . . . . .	12	20	

<sup>1)</sup> Für übliches Bauholz im Wohnungsbau nur 90.

Tafel 3 (im Auszug). Knickzahlen  $\omega$ .

Schlankheitsgrad	Knickzahl	$\frac{A \omega}{\lambda}$
$\lambda = \frac{s_K}{i}$	$\omega = \frac{\sigma_{zul}}{\sigma_{d zul}}$	$\frac{A \omega}{\lambda}$
0	1,00	0,009
10	1,09	0,011
20	1,20	0,013
30	1,33	0,014
40	1,47	0,018
50	1,65	0,022
60	1,87	0,027
70	2,14	0,035
80	2,49	0,046
90	2,95	0,065
100	3,60	0,083
110	4,43	0,093
120	5,36	0,103
130	6,39	0,114
140	7,53	0,125
150	8,78	0,136
160	10,14	0,148
170	11,62	0,160
180	13,22	0,173
190	14,95	0,185
200	16,80	

Tafel 2. Zulässige Druckspannungen in  $\text{kg/cm}^2$  bei schrägem Kraftangriff.

Winkel zwischen Faser- und Kraftrichtung in Grad	Unter den Voraussetzungen der Tafel 1, d) 1		Unter den Voraussetzungen der Tafel 1, d) 2	
	Nadelholz	Eiche und Buche	Nadelholz	Eiche und Buche
0	80	100	80	100
10	73	93	74	94
20	67	87	69	89
30	60	80	63	83
40	53	73	58	78
50	47	67	52	72
60	40	60	47	67
70	33	53	41	61
80	27	47	36	56
90	20	40	30	50

Soeben neu erschienen:

**C. Kersten**

# Rechenbeispiele aus der Statik und Festigkeitslehre

Mit 43 Textabbildungen. 20 Seiten. 1936.

RM 1.60

Bei Bezug von 25 Exemplaren an je RM 1.55

Bei Bezug von 50 Exemplaren an je RM 1.50

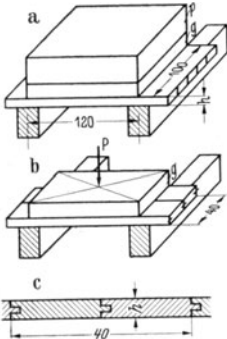


Abb. 1

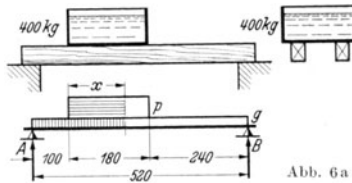


Abb. 6a

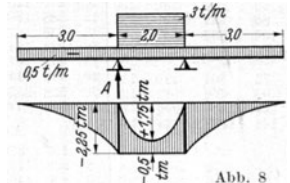


Abb. 8

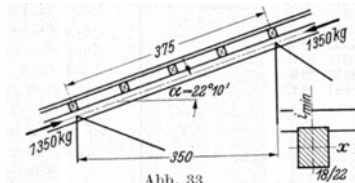


Abb. 33

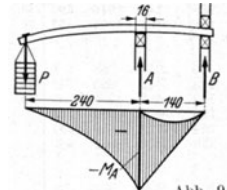


Abb. 9

Einige Abbildungen aus den „Rechenbeispielen“

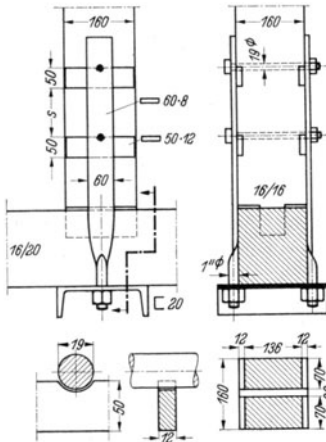


Abb. 41

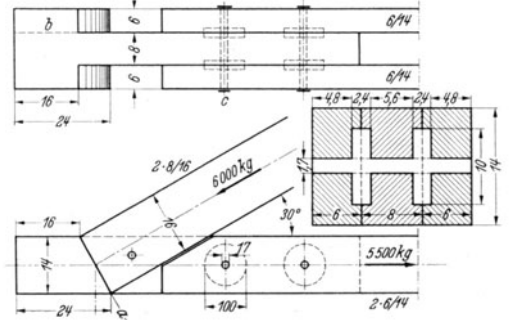


Abb. 40

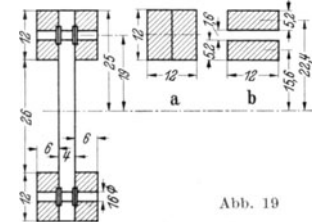


Abb. 19

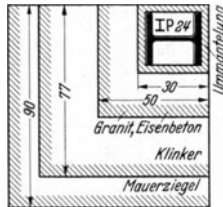


Abb. 29

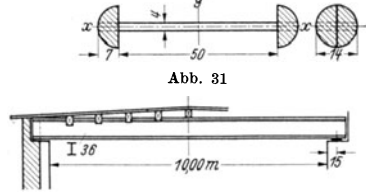


Abb. 31

Das Heft soll dem Selbstunterricht, sowie den Unterrichtszwecken unserer bautechnischen Lehranstalten dienen. Die Beispiele, an sich einfacher Art, sind in ihrer Lösung ausführlich und systematisch entwickelt und im übrigen so gewählt, daß möglichst alle bekannten Lehrsätze der Statik und Festigkeitslehre Berücksichtigung finden. Dem Holzbau ist in besonderem Maße Rechnung getragen.