

ISBN-13: 978-3-642-98505-8 e-ISBN-13: 978-3-642-99319-0
DOI: 10.1007/978-3-642-99319-0

Lehrheft des freitragenden Holzbaues

von

C. Kersten

vorm. Oberingenieur

Studienrat an der Bauschule der Reichshauptstadt Berlin

Sechste, erweiterte und verbesserte Auflage

Mit 72 Abbildungen

Berlin · Verlag von Julius Springer · 1939

Vorwort zur sechsten Auflage.

Das vorliegende Lehrheft ist ein kurzgefaßter Auszug aus dem im August 1926¹⁾ erschienenen Werke des Verfassers „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 imstande 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, soll dasjenige Wissen vermitteln helfen, was nötig ist, um die im Augenblick so notwendig gewordene Holzeinsparung zu ermöglichen und soll darüber hinaus einen allgemeinen Überblick über das hier in Frage kommende Lehrgebiet geben. Vorerst ist an unseren Bauschulen wenig Zeit für das Lehrfach des freitragenden Holzbaues 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 ersten Entwurfsarbeiten des Hochschülers, der nur in seltenen Fällen über eine ausreichende Zimmererpraxis verfügt, zweckdienliche Verwendung finden.

Die Neuauflage ist gegenüber der 5. Auflage durch Anfügen weiterer Abbildungen mit erläuterndem Text ergänzt. Trotzdem ist der Preis des in erster Linie für den Unterrichtsbetrieb an unseren Höheren Technischen Lehranstalten bestimmten Lehrheftes nur unwesentlich erhöht worden. Als eine wichtige Ergänzung des vorliegenden Lehrheftes sind die „Bestimmungen für die Ausführung von Bauwerken aus Holz im Hochbau“ vom 21. Mai 1938 (DIN 1052) anzusehen. Abschließend ist eine Bemessungstafel für Rechteckbalken gegeben.

Berlin-Steglitz, Mai 1939.

C. Kersten.

¹⁾ Die erste Auflage erschien im Jahre 1921.

I. Allgemeines.

Die Zweckmäßigkeit und Brauchbarkeit eines nach neuzeitlichen Gesichtspunkten ausgeführten Holzbauwerkes 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; zu starke und zu lange Balken müssen auf jeden Fall vermieden werden;

Sehr gute Hölzer nur für hochwertige Bauteile; dann auch höhere zulässige Beanspruchungen. Statt Nadelschnittholz auch Eiche, nicht Buche (leichter faulend). Stammholz bis aufs äußerste ausnutzen, Abfälle auf Mindestmaß bringen. Im gewöhnlichen Hochbau genügt fehl- oder baumkantiges Bauholz¹⁾; scharfkantiges nur bei statischem Bedingtein. Höchste Güteforderung nur für Nähe der Größtbeanspruchungen; dort auch keine Verletzungen des Holzes statthaft.

Ausschreibung und Vergabe des Bauholzes auf Grund einer Holzliste. In allen Fragen sind von ganz besonderer Bedeutung die Gütebedingungen für Bauholz nach DIN 4074²⁾.

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; diejenige Lösung ist die beste, die — statisch einwandfrei errechnet — die größte Holz- und Stahlersparnis bietet; Annageln von Knaggen, Brettstückchen (keine Holzschwächung);

3. vor der Verwendung sind die Hölzer auf ihre Brauchbarkeit für gedachten Zweck hin sachgemäß zu prüfen (keine Astansätze an den Dübelstellen);

Sachgemäße Auslese des Holzes von großer Wichtigkeit. Ästigkeit (Abb. 1a, b) vermindert in wesentlichem Maße die Festigkeit der Zugstäbe, so auch die Festigkeit im Balkenzuggurt. Nach Abb. 1c, d ist bei Faserverlauf 10° zur Stabachse zulässig P von 1760 auf 1140 kg vermindert. Regel: In den hochbeanspruchten mittleren Drittelstrecken von Knickstablängen und von Zuggurten beiderseits freigelagerter Balken keine (bzw. ganz unerhebliche) Astansätze und Faserneigung höchstens 1:12 bis 1:15.

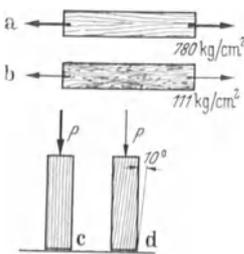


Abb. 1.

Gaber empfiehlt Herabsetzung der zulässigen Zugspannung auf
 80% bei Faserneigung 1:10
 50% „ „ „ 1:6

und der zulässigen Druckspannung auf 80% bei Faserneigung 1:5. Ähnliche Spannungsabminderungen je nach Grad der Ästigkeit ratsam.

Holz nicht mehr als 20% Feuchtigkeit; anzuraten ist entsprechende Prüfung mit Siemens-Holzfeuchtigkeitsmesser (je feuchter das Holz, desto besser leitet es den elektrischen Strom); vgl. auch Bauing. 1939, S. 354, ebenso E. Nusser, Die Bestimmung der Holzfeuchtigkeit durch Messung des elektrischen Widerstandes, VDI-Verlag. Zur künstlichen Holztrocknung ist — heute mehr denn je — Schaffung von Kammertrocknungsanlagen nötig³⁾.

Feuchtigkeitseinfluß auf Druckfestigkeit wesentlich, auf Zugfestigkeit ziemlich belanglos.

Bei Tragbalken und -bohlen Kernseite nach oben. Splintholz schwindet mehr als Kernholz; stärkstes Schwinden in Richtung der Jahresringe (vgl. Bautechn. 1939, Heft 24).

4. es ist nicht nach alten Faustregeln zu arbeiten, die bisweilen (Deckenbalken, Sparren) an 100% mehr Holz fordern, als statisch notwendig ist. Nur statisch einwandfreie Berechnungen können zu berechtigten Holzeinsparungen führen⁴⁾. In einem Merkblatt von Generalinspektor Dr.-Ing. Todt vom 4. 4. 1939 wird verlangt, daß jede Holzbalkendecke und jedes Glied der Dachkonstruktion berechnet werden soll;

5. man verwende bequem zu bedienende Handmaschinen, die auch in Schräglage sicher und wirtschaftlich arbeiten;

6. wenn zugänglich, sollen große Binder zerlegt werden können, um Teilstücke für das Fortbewegen zu gewinnen und allzu sperrige Stücke zu vermeiden; zweckmäßig in dieser Beziehung sind u. a. Dreigelenkbinder, etwa nach Abb. 56, S. 21;

7. beim Aufbau an Ort und Stelle ist im Hinblick auf unvorhergesehene Windstöße mit der nötigen Vorsicht vorzugehen (vgl. S. 10); für Zusammenbau nur geübte Facharbeiter;

¹⁾ Beim Sägen der Stämme, also beim Beseitigen der Baumkante, wird oft das beste Holz entfernt (Splintholz). Zulässige Grenzen der Baumkante richten sich nach Zusammenbau (Dübel, Versatz, Lagerung). Vgl. Bautechn. 1939, S. 164. Waldkantiges Holz hilft starkes Rundholz einsparen.

²⁾ Viele der genormten Querschnitte sind für neuzeitliche Bemessungsverfahren durchaus unzweckmäßig. Mehrverbrauch gegenüber freier Querschnittswahl; es fehlen Hölzer 1:2 bis 1:3. Vgl. Aufsatz Dr. Seitz in Bautechn. 1939, S. 397.

³⁾ Vgl. u. a. Hille, „Anlagen für künstliche Holztrocknung“, Der deutsche Zimmermeister, Jahrg. 1939.

⁴⁾ Vgl. Kersten, „Der Holzbau im Vierjahresplan und die neuen Holzbaubestimmungen“, Deutsche Bauztg. 1938, Heft 34, sowie Kersten, „Statik und Festigkeitslehre“, Deutscher Baukalender 1939. Diesen Arbeiten sind Abb. 4, 5, 29, 32 entnommen.

8. man Sorge für Ordnung auf der Baustelle, vor allem für richtiges Holzstapeln nach Länge und Dicke;

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

10. baulicher Schutz gegen Fäulnis, somit Erhöhung der Lebensdauer. Chemischer Holzschutz: geruchlose, tief eindringende, die Brennbarkeit herabsetzende Schutzmittel gegen Hausschwamm, Trockenfäule, Hausbock; bei trockenem Holz ölhaltige Mittel, bei frischem Holz Mittel aus wasserlöslichen Salzen (Fluorverbindungen). — Chemischer Holzschutz ist Ergänzung des technischen Holzschutzes: frisches Dachstuhlholz unbedenklich, wenn genügende Austrocknung möglich; keine spätere Baunässe (Dach dicht halten); luftig eingebautes oder nachträglich abgelüftetes Holz braucht keine besonders starken Schutzmittel¹⁾;

11. man beachte in allen Fragen: DIN 1052, Berechnung und Ausführung; DIN 1074, Grundlagen für Holzbrücken; DIN 4070, 4071, Holzabmessungen, größte Stammholzausnutzung; DIN 4074, Gütebedingungen, Schnitt-, Güteklassen. Hochwertigkeit aber nicht im ganzen Stück erforderlich, sondern nur in den hochbeanspruchten Teilstrecken.

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.

II. Verbindungsmittel.

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

1. Grad der Verschiebung (zunächst wichtiger als Höhe der Bruchlast);
2. Höhe des Stahlbedarfes einschließlich Verbindungsbolzen, Laschen usw.;
3. Grad der Querschnittsschwächung;
4. Höhe des Arbeitsaufwandes (nicht allzu wesentlich, da für Löhne im allgemeinen nur etwa 20—30% der Gesamtbausumme zu rechnen sind und Holz- und Stahlersparnis den Ausschlag geben);
5. Schnelligkeit des Zusammenbaues.

Eine einheitliche Behandlung der verschiedenen zur Verwendung kommenden Dübelarten ist schwierig. Es kommt bei ihnen weniger auf Vergrößerung der Höchstlast als auf möglichste Verminderung der Größe der Verschiebung an. Verschiebungspläne nach Maßgabe der Abb. 11 stellen das beste Mittel zur Beurteilung der Güte einer Dübelverbindung dar. Eine Vereinheitlichung solcher Prüfungsausführungen ist anzustreben, damit vergleichsweise Gegenüberstellungen ermöglicht werden. Nach den Bestimmungen 1938, § 8, 1 soll die zulässige Last (Gebrauchslast) aus der mittleren Versuchsbruchlast (vgl. Abb. 11) mit dreifacher Sicherheit errechnet werden und die gegenseitige Verschiebung unter der zulässigen Last höchstens 1,5 mm betragen.

In jedem Fall soll eine wesentliche Entlastung, sehr viel besser ein völliger Ersatz der auf Biegung beanspruchten Schraubenbolzen erfolgen. Diese dienen dann nur 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 Stahlersparnis anzustreben. Erwünscht ist es vielfach, kein allzu langes Vorholz zu verwenden.

Man kann die Verbindungsmittel folgendermaßen einteilen:

a) Stabdübel: Nägel (Abb. 19 und S. 6), Schraubenbolzen (Abb. 22 und S. 5), Stabdübel in Stahl (Abb. 24) und Holz (Abb. 5); vgl. auch Abb. 7: Vorbohrung 10 mm durch-

¹⁾ Vgl. „Merkblatt über baulichen Holzschutz gegen Fäulnis“ vom 15. III. 1939, dazu Erläuterungen des Fachausschusses für Holzfragen (VDI-Verlag, Berlin NW 7).

gehend, dient als Führung zur 30-mm-Bohrung für den Holzstabdübel, der also verdeckt in den Gurthölzern liegt; Buchen-, Eichen-, auch Bongossiholz; vgl. Bauing. 1939, S. 335.

b) rechteckige Flachdübel: Hartholzdübel (Abb. 26), Flacheisendübel (Abb. 20);

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

d) Ringdübel: Keilringdübel Appel (Abb. 12a), Tellerdübel Christoph & Unmack (Abb. 11), Ringdübel Tuchscherer (Abb. 4) und Schüller¹⁾;

e) Ringdübel mit Anpassung an die zulässigen Beanspruchungen längs und quer zur Faser: Bauweise Appel (Abb. 12b), Stufendübel der Christoph & Unmack A.-G., Ringflügeldübel der Dehall, Rippendübel u. a.;

f) Einpreßdübel, ohne vorausgehende Fräsarbeit, benötigen aber bei mehrteiligen Stäben zum Einpressen oft erhebliche Kräfte (Stahlzwingen, hydraulische Pressen): Alligator-Ringdübel (Abb. 16), Bulldog-Verbinder (Abb. 17), Krallenband (Abb. 21), Geka-Holzverbinder, vgl. Bauing. 1939, S. 332;

g) Verleimen (Kunstharzleime, amtl. Best. § 8, Abs. 5): Verleimen mit Nägeln oder Schrauben. Ein Verleimen allein erscheint immer gewagt, namentlich bei dynamischen und Witterungseinwirkungen. Siehe S. 9.

Die unter c), d), e) genannten Dübel benötigen zum satten Einpassen bzw. Einpressen ein vorhergehendes Fräsen (S. 24) der erforderlichen Löcher und Nuten, und die unter f) genannten Einpreßdübel besondere Zwingen oder Pressen.

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 Windangriffsfläche²⁾. Oft ist engste Anpassung an den geforderten Nutzraum nötig. Hohe Dächer in Rahmenform (Abb. 53b) ermöglichen eine gute Lüftung, bieten aber einen großen umbauten Raum, der die Gesamtkosten zumeist erhöht.

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

2. Spannweiten und Stützeinteilung. Bestimmend ist der in Frage stehende Grundriß. Vielfach sind aus betriebstechnischen Gründen Zwischenstützen unerwünscht. Große Binderentfernungen benötigen unter Umständen Doppelbinder (Abb. 43) und fachwerkgegliederte Pfetten (Abb. 43c). 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 Stützzahl (Abb. 49a). Nur im ersteren Falle kann von Holzeinsparung gesprochen werden.

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 sein³⁾. Bogendächer müssen gegebenenfalls Aufsattelungen gemäß Abb. 46a erhalten. Vielfach sind angehängte Putzdecken erwünscht (Abb. 46c).

5. Oberlichtanordnungen. Bei weitgespannten Hallen mit Mittelstützen sind Oberlichte nötig, die entweder raupenförmig auf die Dachhaut gesetzt (Abb. 46b, 49r) oder mansardartig der Binderform angepaßt werden (Abb. 46f, 49v).

6. Nutzungsdauer. Hallen für vorübergehende Zwecke (Ausstellungen, Sänger- und Schützenfeste usw.) können mit geringerem Holzaufwand erstellt werden als andere, die für einen Dauerzweck bestimmt sind; die zulässigen Spannungsgrenzwerte können höher eingesetzt werden. Bei Dauerbauten empfehlen sich vielfach Eisenbetonunterbauten und -stützen (Abb. 32b und 49b). Bei Bogenformen ohne Zugband kommen Eisenbetonrahmen für die Seitenschiffe in Frage (Abb. 46i).

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. 45e, 49s am vorteilhaftesten. Ein einfaches Bogendach nach Abb. 46e, f, bei welchem sich die Dachhaut der Krümmung des Obergurtes anpaßt, ist billiger als ein Bogendach mit besonderer Auf-

¹⁾ Beim Schüller-Ringdübel (Abb. 14) sind die Lappen an einer Seite zu verschweißen, da sich sonst die Ringe bei höheren Lasten schiefe stellen; vgl. Bauing. 1937, S. 255.

²⁾ Berechnung auf Winddruck gemäß DIN 1055, Blatt 4, vom Juni 1938.

³⁾ Verschaltungen solcher Art haben den Nachteil, daß man die Knotenpunkte und das Holz selbst späterhin nicht überprüfen kann.

sattelung (Abb. 46a). Hohe Spitzdächer nach Abb. 60b bedingen für den Quadratmeter Grundrißfläche natürlich einen bedeutenderen Holzbedarf als Dächer anderer Art.

Die Netzlinien (Systemlinien) sollen sich in einem Punkte schneiden. Nur bei sehr gering beanspruchten Stäben kann zwecks Ermöglichung eines besseren Anschlusses eine Ausnahme gemacht werden (Abb. 33x). Eine wirkliche Gelenkverbindung, wie solche dem Cremonaschen Rechnungsverfahren zugrunde gelegt wird, ist aber zumeist nicht vorhanden (vgl. jedoch Abb. 35a), im Stahlbau noch weniger.

Für gewöhnlich ist der Binder dann am wirtschaftlichsten geformt, wenn er kurze Druckstäbe, die ja auf Knicken zu untersuchen sind, bietet (also nicht zu große Feldweiten). Allzu schräge Anschlüsse und allzu spitze Auflager sind konstruktiv unbequem. Nach Abb. 38a 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. 38h sind gegenüber g 5 Füllstäbe erspart. Der in Abb. 38e punktiert angegebene Obergurtstab ist in statischer Beziehung ein Nullstab und könnte nebst der Endvertikalen (nach f) fortgelassen werden (Nachteile: umständlicherer Gurtknickpunkt und Gefährdung der Standsicherheit des oberen Abschlußmauerwerks).

Binderentfernung einfacher Fachwerkbalken 4 bis 6 m. Bei größeren Binderweiten werden zwar Binder erspart, doch sind diese dann stärker auszubilden und ebenso die Pfetten (unter Umständen werden doppelte Kopfbänder oder Gitterpfetten nötig, vgl. Abb. 43).

Für Anschlüsse und Stoßverbindungen finden bei zimmermannsmäßiger Ausführung Rechteck-Hartholzdübel nach Abb. 26 zweckmäßige Verwendung. Sie werden zwischen die Hirnholzflächen der Holzeinschnitte gelegt, während die Hölzer selbst durch Schraubenbolzen miteinander verbunden werden. Das Einkerbigen erfolgt durch Einsägen oder Einstemmen. Die Brauchbarkeit einer derartigen Zusammenstellung von Dübeln und Schraubenbolzen ist aber nur dann gewährleistet, wenn die Dübel wirklich satt eingepaßt sind und wenn die Dübel eine genügende Eigenfestigkeit besitzen. Man verwendet zumeist Buchenholz, aber auch Lärche und Eiche. 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. Die Faserrichtung wähle man gleich der zu verbindenden Hölzer. Es drückt dann Hirnholz auf Hirnholz, so daß mit einer zulässigen Spannung = 80 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. Wichtig ist die Berücksichtigung des Verkantens (Kippens) der Dübel bei größerer Kraftwirkung (Abb. 15c). 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 möglichster Nähe der Dübel zu setzen. 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. 33n, 34e, 37b, c, g. Die Versattiefe 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 lediglich durch Schraubenbolzen miteinander verbunden werden, müssen auf Ausnutzung des Reibungsdruckes verzichten, weil es nicht mög-

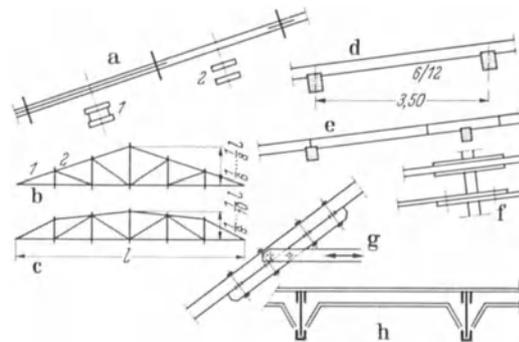


Abb. 2: Nach a, b Obergurtbemessung nach kleinerer Stabkraft 2, Stab 1 verstärkt. Binder c (der Parabelform angenähert) wirtschaftlicher als Binder b mit größeren Gurtkräften; Sparren d genügt bei 75 cm Sparrenabstand, bei 100 cm Abstand Sparren 8/12; e, f: Sparrenverstärkung auf der Pfette (sparsamere Querschnittsbemessung, auch gute Längsaussteifung); g: Kehlbalken mit druck- und zugfest dübelangeschlossenem Zangenpaar; h: Vollwandpfette, gleichzeitig den druckbeanspruchten Rahmenuntergurt seitlich absteifend.

lich ist, die rohen und oft auch nicht genau rund hergestellten Schraubenbolzen sorgfältig genug ins Holz einzupassen; sie werden immer lose im Loch sitzen (große Weichheit der Verbindung, also starke Verschiebungen). Die Anordnung von Schraubenbolzen 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; die zulässige Belastung ist von der Schlankheit abhängig. Am vorteilhaftesten sind Heftschrauben mit Dübelverbindungen. Für solche Heftschrauben wähle man mindestens 13 mm Durchmesser¹⁾. Je größer und stärker die Unterlegscheiben, desto geringer die Verschiebungen. Man mache sie etwa $\frac{1}{3}$ d dick und gebe ihnen eine Seitenlänge von $3\frac{1}{2}$ —4 d, sofern nicht größere Maße nach Berechnung nötig werden. Bei größeren Bohlenbreiten ordne man die Schraubenbolzen versetzt an (Abb. 29, 33k). Nähere Angaben über Ausführung und Berechnung der Bolzenverbindungen s. § 8, Ziff. 3, auch § 13 der Holzbestimmungen²⁾.

Nägels drängen die Holzfasern nur zur Seite. Stahlverbrauch bei genagelten Bindern etwa $\frac{1}{4}$ so groß wie bei anderen Bindern; am wirtschaftlichsten genagelte Binder mit Zugstreben. Genügende Abstände in gleicher Holzfaserstrecke, um Aufspalten des Holzes zu vermeiden. Angaben in DIN 1052; wegen geringer Biegefestigkeit der Drahtstifte die gegebenen Nagelkräfte nicht erhöhen (es fehlen Erfahrungen über Dauerfestigkeit der Nagelverbindungen). Bei I- oder Kastenträgern (Abb. 5, 6, 64) zusätzlich auch Bolzen, deren Anziehen eine Reibungskraft zwischen den Gurthölzern erzielt.

Bei Druckstäben größerer Knicklänge kann das nötige Trägheitsmoment durch Verwendung zweier Bohlen nach Abb. 35v erreicht werden (Bohlen aber genügend stark machen, sonst zu leicht Schwindrille). 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. Bei Ausbildung gegliederter Stäbe ist besondere Vorsicht nötig; vgl. DIN 1052, § 7 unter 3 b β ³⁾.

Um den Sparren gleiche Feldlängen zu bieten, ist eine Gleichteilung des Obergurtes anzustreben (Abb. 38g). 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. 38i wirtschaftlich zweckmäßiger sein. Die Strecken 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. 10 : 20 cm. Die Gefahr eines Ausknickens nach der Seite hin wird durch die angehefteten Sparren beseitigt.

Bei Versatzung (Abb. 27) genügende Vorholzlänge; Scherspannung statt 12 (DIN 1052) besser nur 8 kg/cm².

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

Gurtstöße sind (entgegen Abb. 32i) 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; Blechzwischenlagen bieten keinen sonderlichen Nutzen, wohl aber besondere Laschen oder Hartholzstücke, die die gestoßenen Hölzer in ihrer gegenseitigen Lage sichern. Die auf Zug beanspruchten Untergurte können gemäß Abb. 23 verschiedenartig gestoßen werden. In jedem Falle haben die zur Verwendung gelangenden Bolzen nur den Zweck, die Stoßverbindung zusammenzuhalten, sollten aber nicht zur Aufnahme der Zugkräfte mit in Rechnung gestellt werden. Ein geradlinig durchlaufender Gurt vereinfacht natürlich die Stoßverbindung.

Stoßdeckung mit gleicher Querschnittsfläche erscheint unzureichend; man kann nicht immer annehmen, daß gleich von Anfang an eine gleichmäßige Übertragung der Kraft stattfindet. Man rechne für beide Laschen

¹⁾ Bei 13-mm-Schrauben wurde bei kräftigem Anziehen eine Zugkraft von etwa 1300 kg ausgeübt. Rechnet man mit 30 kg/cm² zulässiger Pressung des feuchten Holzes senkrecht zur Faser (hoch gegriffen), so errechnet sich die notwendige Größe der Unterlegscheiben zu $1300:30 = \text{rd. } 43 \text{ cm}^2$.

²⁾ Vgl. Troche, Bemessungstafel für Schraubenbolzen und Seitenholzstärken, Bauing. 1939, S. 353.

³⁾ Nach Seitz (Bautechn. 1939, S. 399) erscheinen die Vorschriften über gegliederte Knickstäbe in der Fassung von 1938 zu scharf.

nicht mit P, sondern mit 1,3 bis 1,5 P (vgl. Abb. 3a). Bei großen Kraftübertragungen und dynamischen Einwirkungen sind im Vorkopf besondere Heftschrauben nach Abb. 3b, unter Umständen auch Laschenquerschrauben nach Abb. 3c anzuraten. Längere Verbindungsstrecken lassen nach Abb. 3d ein Einsparen an Heftschrauben zu, sofern mit einem satten Einpassen der Dübel (Rund-, Ring-, Preßdübel) und kleinstzulässiger Dübelentfernung gerechnet werden kann.

Man vermeide in jedem Falle eine zu große Beanspruchung des Gurtholzes senkrecht zur Faserrichtung, ganz gleich, ob es sich um einen Druckstab (Abb. 35a) oder einen Zugstab nach Maßgabe der Abb. 33z handelt. Nötigenfalls verwende man zwischengelegte Hartholzstücke (Abb. 35o) 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.

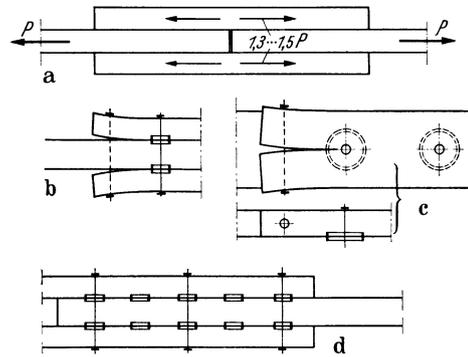


Abb. 3.

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 (Rundstahl, Abb. 33c) für die Zugstäbe, weil diese bei auftretenden Sackungen des Binders nachgezogen werden können. Man kann dann allerdings keine Kopfbänder nach Maßgabe der Abb. 43a anordnen.

Je flacher das Dach, um so empfehlenswerter die Verwendung von Bohlenquerschnitten für die Pfetten (Abb. 39c); auf seitlichen Winddruck kann hier rechnerisch verzichtet werden. Bei größeren Binderentfernungen kann nach Maßgabe der Abb. 42 die ungünstige Vergrößerung des Biegemomentes dadurch ausgeglichen werden, daß man Kopfbänder oder Gelenke anordnet. Anderenfalls werden Dübel-, I- oder Fachwerkbalken nach Abb. 43 nötig.

Bei steileren Dachneigungen ist zu Pfetten und Sparren zu raten (Obergurt auf Knicken zu berechnen), bei geringeren Dachneigungen zu sog. Sparrenpfetten (Abb. 38i, Obergurt auf Knicken und Biegung zu berechnen); Abstand 1 m bei 24 mm starkem Rauhspund.

Die Aussteifungen einer Halle sind in Quer- und Längsrichtung derselben nötig und sind den im Stahlbau üblichen Aussteifungen durchaus wesensähnlich. Das gilt insbesondere 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. 44a in Frage, die den Winddruck auf die Längswände der Halle übertragen. Vielfach begnügt man sich für den Längsverband damit, gemäß Abb. 44b die Pfetten mit Kopfbändern zu versehen (vgl. auch Abb. 43) oder nach 44c ein bis drei durchlaufende Aussteifträger anzuordnen. Für die Aussteifung in Querrichtung der Halle dienen zug- und druckfest angeschlossene Aussteifungsstreben (d, e) oder Rahmenpfosten (f). Anderenfalls kommt durchgehendes Mauerwerk mit Stützpfeilern 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. 46i und 49p. Für den Winddruck auf die Giebelwand der Halle kommen Aussteifungen k in Richtung der Längsachse in Frage; vielfach angewendet werden die in Abb. 44l gezeigten sog. Portalrahmen.

Die Abb. 45—49 zeigen verschiedenartige Formgebungen der Binder für ein- und mehrschiffige Hallen, in Fachwerk- und Vollwandausbildung.

Dachbinder mit gebogenem Obergurt sind durch Abb. 50 veranschaulicht. Die Grundform ist gewöhnlich der parabolische, einfach statisch unbestimmte Zweigelenkbogen, dessen Horizontalschub zumeist durch ein waagrecht durchlaufendes oder gesprengt angeordnetes Zugband aufgenommen wird. Die Bögen können vollwandig (I-Querschnitt) und fachwerkgegliedert sein. Ebenso können nach Abb. 51d die durchlaufenden Gurte in gewissen Abständen durch Zwischenklötze verbunden werden. Das Biegen der Hölzer ist im allgemeinen teuer, ebenso der Abbund 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. 46a und 49y). Die Bogenformen nach Delorme und Emy (Abb. 52) gelangten schon vor 100 Jahren zur Ausführung.

Oft erscheint es aus betriebstechnischen Gründen wünschenswert, im Dachgeschoß soviel freien Raum als nur irgendetmöglich nutzbar zu machen (Abb. 59). Ausführungsmöglichkeiten verschiedener Art für stielfreie Dachgeschoßbinder zeigt Abb. 60; der waagerechte Binderbalken der Decke dient in jedem Falle als Zugband und ist entsprechend auszubilden.

Auch die rein zimmermannsmäßigen Dachbinder sind statisch zu berechnen (auch für einseitigen Wind, Druck und Sog); hier sind gegenüber dem Althergebrachten noch mancherlei Holzeinsparungen möglich. In dieser Hinsicht tunlichst keine Mansarden, Walme, Dachaufbauten und unnötigen Dachverbände, wenn z. B. Anbauten vorhanden. Steilheit höchstens 50° . Wird Dachgeschoß nicht aufgebaut, ist sparsam bemessener stehender Stuhl anzuraten. Pappdächer auf Holzschalung mit mehr als 25° Neigung tunlichst vermeiden. Statt Pappdächer auf Holzschalung auch Pappe mit Drahtgewebeeinlage ohne Schalung¹⁾. Statt Biberschwänzen nur Falzpfannen (weniger Lattenholz, geringeres Gewicht). Sparren, tunlichst 1:2 bis 1:3, möglichst gleiche Spannweiten, können mit Ausnahme des Bindersparrens auf den Pfetten gestoßen werden. Sparrenabstände so (etwa 15 cm), daß Dachlatten $24 \cdot 48$ mm noch möglich; $30 \cdot 50$ mm bei 30 cm Abstand.

Oft genügen besäumte Schalbretter; Spundung dann nötig, wenn bei flacher Neigung Begehen möglich. Brettstärke um so größer, je flacher das Dach.

IV. Balkenformen für Decken, Fachwerkstäbe und Vollwandbinder.

Die Ausbildung der Balkentragwerke richtet sich ganz nach der Stützweite, der Balkenteilung und der Größe und Art der Belastung. Verschiedene Ausführungsmöglichkeiten sind in Abb. 63 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. 15), der I-Balken e und der Fachwerkträger f. Der Vorteil vollwandiger Binderausführungen ist in erster Linie in der Holzeinsparung, dann aber auch in der körperlich geschlossenen Wirkung zu suchen, die in schönheitlicher Beziehung der oft recht unruhigen Wirkung von fachwerkgegliederten Trägern gegenübersteht.

1. Einfache Balken (Deckenbalken). Maßgebend geringste Spannweite, auch wenn von Raum zu Raum Wechsel in Balkenrichtung und Balkenhöhe (gleichbleibende Oberkante).

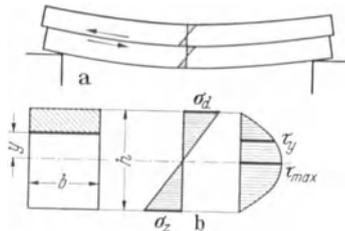


Abb. 4. Druck-, Zug-, Schubspannungen.

Keine Auswechslungen. Statisch berechnete Hochkantform (z. B. $\frac{8}{20}$, $\frac{10}{22}$). Mittenentfernung nicht über 80 cm, sonst zu hohe Balken und zu dicke Fußbodendielen. Möglichst Decken ohne Ausfülle²⁾, aber mit Dämmplatten (Trockenbau). Bis etwa 20 cm Balkenhöhe genügt 15 cm Auflagerlänge. Wenn keine Ablüftmöglichkeit, dann nur ganz trockenes Holz; imprägnierte Sperrplattenunterlagen zum Schutz gegen Mauerfeuchtigkeit. Kein Abbruchholz für einen Neubau (Hausbockgefahr). Holzhochwertigkeit nur etwa im mittleren Drittel des Balkens erforderlich; vgl. auch S. 2, Absatz 3.

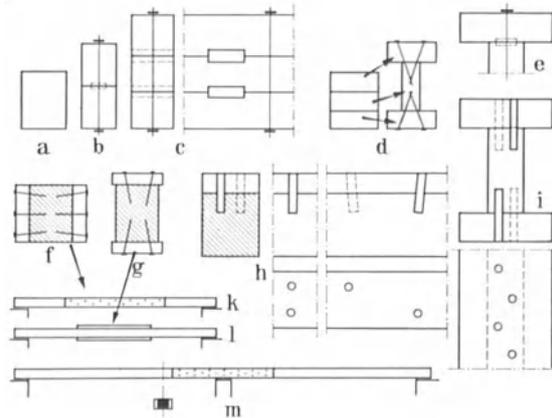


Abb. 5. a: einfacher Balken, zwecks Holzeinsparen möglichst Seitenverhältnis 1:2 bis 1:3; b, c: verdübelter Balken mit zwei und drei Lagen, nach b mit Ring-, nach c mit Rechteckdübel (s. auch Abb. 15); d: I-Form durch Dreiteilung des Balkens, bei gleichem Holzaufwand wesentlich größere Tragfähigkeit und geringere Durchbiegung, Verbindung durch Leimen und Nageln; e, i: I-Form, Verbindung durch Ringdübel und Bolzen (großer Stahlverbrauch), nach i durch eingeleimte Hartholzdübel (Lochabzug im Untergurt); f, k, m: Balkenverstärkung durch seitlich angenagelte Brettstücke in Länge der Größtmomentenstrecken; Vorteil gleichbleibender Balkenhöhe; g, l: Balkenverstärkung durch oben und unten angenagelte (und geleimte) Bohlensstücke; größer werdende Balkenhöhe, dafür wesentlich stärkere Erhöhung der Tragfähigkeit und Verminderung der Durchbiegung; h: Verstärkung im Obergurt (siehe i), eingeleimte Hartholz-Stabdübel, versetzt angeordnet, hier auch schräg gestellt (Klemmwirkung).

¹⁾ A. W. Andernach, Beuel-Rh. Sparren in 1,40 m Entfernung, dazwischen hochkantgestelltes Brett. Brauchbar für offene Hallen, für beheizte Räume nur bei Mitverwendung von Dämmplatten.

²⁾ Je leichter die Decken werden, um so größer ist allerdings die Gefahr, daß sie in schall- und wärmetechnischer Beziehung nicht mehr befriedigen. In allem Gesagten ist die Holzeinsparung in den Vordergrund gerückt. Vgl. auch Rundschau Deutscher Technik 1939, Nr. 16.

Bei schwer belasteten Balken mit Kopfbändern (z. B. in Lagerhäusern) müssen die bei feldweise veränderten Belastungen in den Stützen auftretenden Biegemomente berücksichtigt werden.

2. **Zusammengesetzte Balkenformen** (Abb. 5 und 64). Forderung: Einwandfreie Verbindung der Einzelteile, statischer Festigkeitsnachweis. Nach Abb. 4a besteht Gefahr einer Längsteilung. Abb. 4b zeigt Verteilung der Biegedruck- und -zugspannungen (σ_d , σ_z) im Querschnitt des Balkens sowie in Gegenüberstellung Verteilung der auf Verschieben hinzielenden Schubspannungen τ . Bei dem I-Querschnitt kommt τ_y in y Abstand von der Nulllinie für die Leim- und Nagelfuge in Frage.

a) Verstärkte Vollbalken. Gurthölzer nach Abb. 5g für x -Achse sehr viel wirkungsvoller als Seitenhölzer nach f.

b) Verdübelte Balken nach Abb. 5b, c erfordern mehr Holz als I- und Kastenquerschnitte. Berechnung nach § 7, Ziff. 6 der DIN 1052. Lochbohren und Dübeleinsetzen bei überhöhtem Zustand des Trägers. Reibung zwischen den Hölzern beim Anziehen der Schrauben gleich Null zu setzen. — Vgl. auch Bautechn. 1939, S. 440.

c) I-Form. Zusammenbau schwächerer und kürzerer Hölzer zur Erzielung großer Widerstandsmomente bei starkem Holzeinsparen. Forderungen: Trockenes Holz, saubere Leimfugen, gleichmäßiger Preßdruck während des Trocknens, bei Formen nach Abb. 5d, e, i nicht zu dünne Steghölzer, hochwertiges Holz für die stark beanspruchten Gurtplatten. Nach Abb. 64b Steg aus kreuzweis angeordneten Brettlagen, bei Steghöhen bis etwa 46 cm auch durchlaufende Bretter, Sperrholzplatten oder Faserhartplatten (4—6 mm), die dann beim Widerstandsmoment mit in Rechnung gestellt werden; zwischen den Gurthölzern gelegentliche Aussteifungen.

d) Kastenform (vgl. auch Abb. 64) vermindert der I-Form gegenüber bei gleicher Tragfähigkeit die Bauhöhe. Forderungen wie unter c) angegeben, desgleichen Stegausführung; im Hohlraum gelegentliche Aussteifungen (Abb. 6).

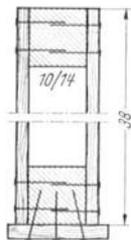


Abb. 6.
Kastenform
ohne bzw. mit
Gurtbohle.

Nach Abb. 24 gehen Stabdübel (Stahl) in voller Gurtstärke durch, während nach Abb. 7 Stabdübel (Hartholz) nur teilweise in die Gurthölzer eingreifen, nur außen also nicht sichtbar sind. Verschluss durch Holzdübel (a); gelegentlich dünne Heftbolzen (b). Vgl. Zentralbl. d. Bauverw. 1938, Heft 48. Man kann Hartholz-Runddübel auch für Dübelbalken verwenden, und zwar als Biegedübel (ähnlich Abb. 5h, i) oder gemäß Abb. 5c als Scherdübel. Vgl. Bautechn. 1939, S. 440.

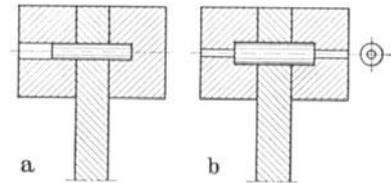


Abb. 7. Hartholzdübel.

Zimmermeister Otto Hetzer ist der eigentliche Erfinder der I-Balken; erste Ausführungen etwa 1906. Hetzer verband gemäß Abb. 8 übereinandergelegte Bretter oder Bohlen durch wasserfeste Klebmasse unter hohem Druck, nahm nach Möglichkeit für die Druckzone Holz von großer Druckfestigkeit (Buche) und für die Zugzone Holz von großer Zugfestigkeit (Fichte).

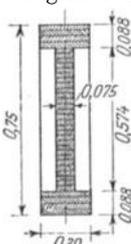


Abb. 8.

Vollwandrahmen nach Abb. 9b bieten wohl mancherlei Vorteile, verlangen zumeist aber mehr Holz und Stahl als frei auf Mauerwerk gelagerte Fachwerkbinder a.

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 (gleichmäßig getrocknete Hölzer, fachmännische Arbeit bei zuverlässiger Werkstatteinrichtung, Leimlösung nicht zu dünn, genügendes gleichmäßiges Pressen der Fugen während des Abbindens, späterhin keine Zugbeanspruchung der Leimfuge und möglichst geringes Durchbiegungsmaß des Trägers, keine unmittelbare Einwirkung schädlicher Dämpfe, Schutz gegen ungünstige Witterungseinflüsse).

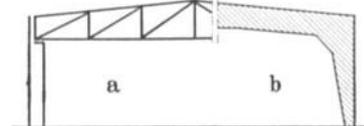


Abb. 9. Fachwerk-, Vollwandbinder.

Bewährt haben sich u. a. der Kauritleim W der I.G. Farbenindustrie; der „Klemmleim“ (ebenfalls aus einem auf Kunstharz- oder Kunstharzgrundlage erzeugten, kalt härtbaren Leim bestehend) mit einem zu ihm artgemäß passenden Magerungsmittel, z. B. Bakelitpulver, das die Abbindung elastischer macht; der Drahtleim (Tegowiro), bei dem auf ein dünnes Drahtgitter eine trockene Kunstharzmasse aufgetragen und dieses Gitter an ein Stromnetz angeschlossen wird (die für das Schmelzen und die Erhärtung des Kunstharzes erforderliche Wärme wird also in der Leimschicht erzeugt).

V. Die Richtearbeit.

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

Lagerung des auskragenden Pultdaches nach Abb. 65a 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.



Abb. 10. Vollwandige Dreigelenkbögen mit I-Querschnitt (s. Abb. 8, 53, 56); 1913 in Leipzig errichtet, Spannweite 25 m bei 6,25 m Binderabstand und 15 m Scheitelhöhe. Zeitdauer der Aufstellung einschließlich aller Vorbereitungen 1 Woche¹⁾.

VI. Lehrgerüste (Vorhalteholz).

Ungehobeltes, besser einseitig gehobeltes Holz; Schalfächen vor dem Betonieren einölen; genormte Schaltafeln von 1,0 · 2,0 oder 0,5 · 2,0 oder 0,25 · 2,0 m für oftmalige Verwendung, Bretter gespundet; von Fall zu Fall Schalersatz durch wasserfest abgebundene Hartplatten; Zersägen der Schalbretter einschränken; Unterstützung der Schalbretter möglichst durch hochkant gestellte Bretter, Bohlen oder Halbhölzer. Bretter tunlichst ungespundet. Deutsches Normbrett 2,5 · 10 cm (nach C. Kupfer, Der Deutsche Baumeister, Augustheft 1939).

Gerüste nur mit Rundholz; Rundsprießen von genügender Steifheit (Durchmesser $\geq 2,7 \times$ Knicklänge in Meter für Schlankheit $\lambda \leq 150$); ausreichende Quer- und Längsversteifung; von Fall zu Fall Gleit-, Kletterschalung, verschiebbare Rüstungen, schalungslose Decken. Für Säulen möglichst eiserne Säulenzwingen verwenden.

Ausschalen mit Vorsicht, geeignetes Werkzeug; ausgeschaltes Holz sofort entnageln, reinigen, nach Länge und Stärke stapeln, vor Beschädigungen schützen, nicht zu Laufstegen oder als Heizmittel benutzen.

Allgemeinforderungen: Feste Fundamente, Verbindungen in einfachster Form, wenig Stoßfugen, Druck \perp Faser sowie Biegebeanspruchungen tunlichst vermeiden, statischer Festigkeitsnachweis auch für Wind, verminderte zul. Spannungen (Feuchtigkeit, frisch gefälltes oder gebrauchtes Holz).

Vgl. u. a. Kersten, Schalrüstungen (9. Abschnitt von Ebinghaus-Fritsche „Das Zimmerhandwerk“, 1939).

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

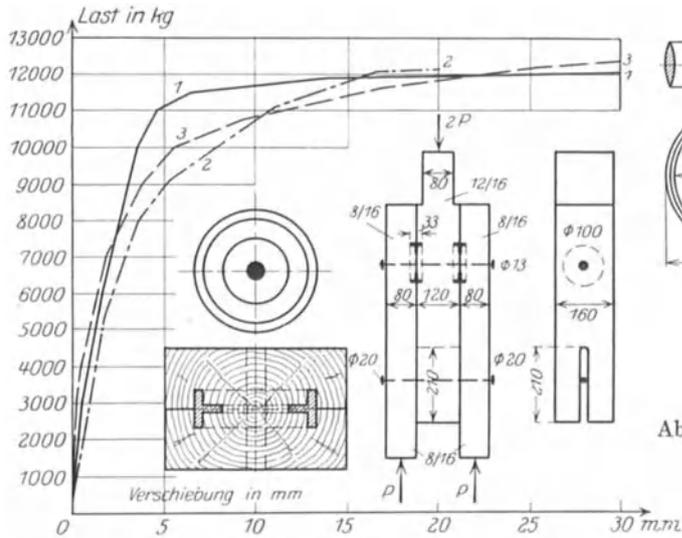


Abb. 11. Tellerdübel der Christoph & Unmack A.-G. Verschiebungsplan für 3 Parallelversuche.

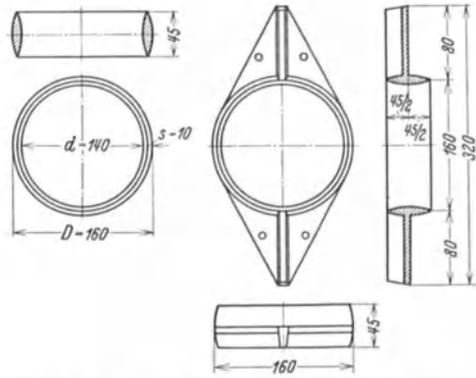


Abb. 12. Ringkeil- und Rippendübel. Bauweise Appel (Berlin SO 36).

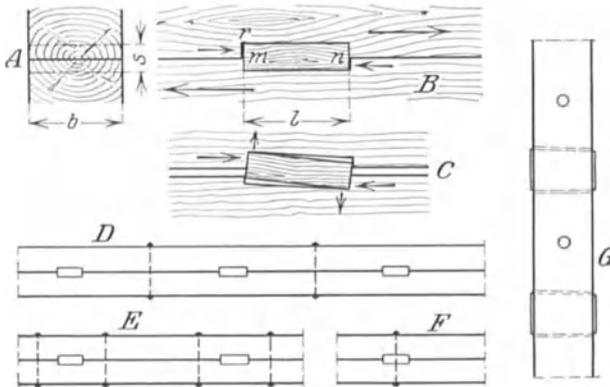


Abb. 15. Hartholzdübel. Die Bolzen sind in möglichster Nähe der Dübel zu setzen (E), um ein Verkanten (Kippen nach C) zu vermeiden. Nach G keilförmige Dübel zum Nachtreiben beim Schwinden des Holzes. Nach F Ring- oder Hartholzdübel gemäß Abb. 12, 13.

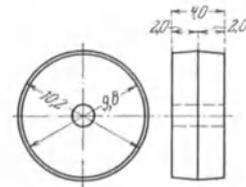


Abb. 13. Voldübel aus Hartholz; Bauweise Kübler, A.-G., Stuttgart. Durch Anziehen der Bolzen werden die Dübel (wie nach Abb. 12) satt eingepreßt.

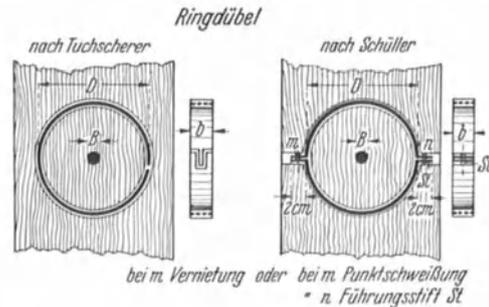


Abb. 14. Geschlitzte Ringdübel; vgl. Bauing. 1937, S. 258.

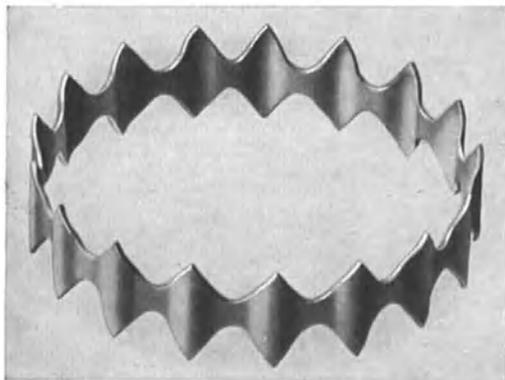


Abb. 16. Alligator-Zahnringdübel. Vorherige Fräsung nicht nötig. Die Zähne dringen beim Zusammenpressen der Hölzer durch Anziehen der Bolzen in das Holz. Für das Zusammenpressen sind besondere Vorkehrungen nötig; Balkenflächen liegen satt aufeinander.



Abb. 17. Bulldogplatte. Sie wird zwischen die Holzteile gelegt. Balkenflächen in Abstand Plattendicke; sonst wie bei Abb. 16.

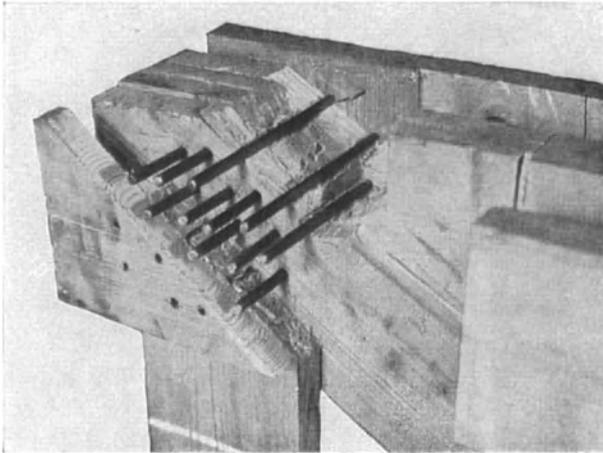


Abb. 24. Stahl-Stabdübel nach Bauweise Meltzer (auch Birkmann). Verbindung nach erfolgter Bruchprobe freigelegt.



Abb. 25. Zustand der Hängesäule eines Hängewerkes nach starker Zusammenpressung durch die Streben.

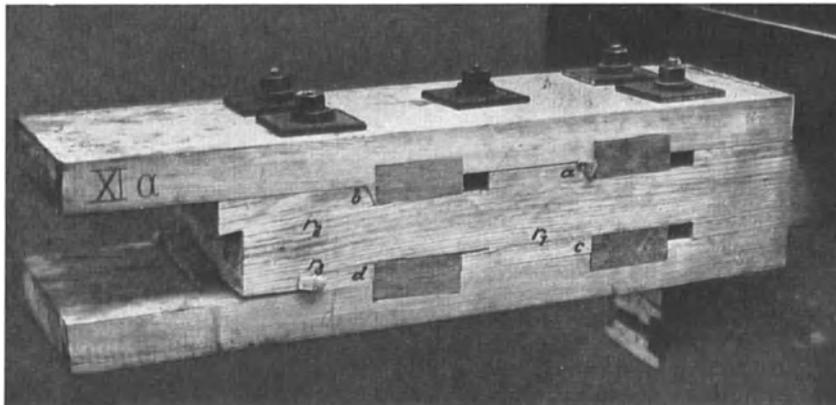


Abb. 26. Dübel aus Eichenholz. Die Zerstörung bei Zug des Mittelholzes nach rechts wird durch Überschreiten der Druckfestigkeit bei a eingeleitet. Dann folgen Risse $r_1 r_2 r_3$ (Abscheren). Man erkennt die Schrägstellung der Dübel (s. Abb. 15 C). Material-Prüfungsamt Stuttgart.

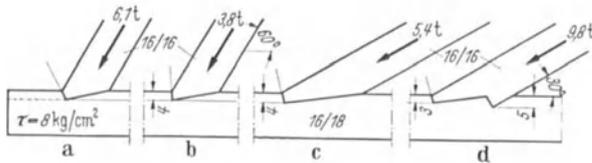


Abb. 27. Verschiedene Versatzausbildungen. Nach Maßgabe der Tafel 2 von DIN 1052 (Abhängigkeit vom Winkel zwischen Faser- und Krafrichtung) ergibt die Winkelhalbierende sowie der Doppelve rsatz die größten zulässigen Strebendrucke. Beachtenswert der Unterschied von a und b . Größter zulässiger Strebendruck allerdings nach Abb. 30.

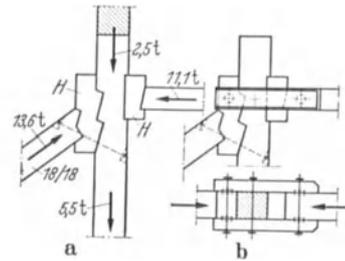


Abb. 28. Hängewerk mit stark belastetem Untergurt. Hartholzstücke H sollen die Druckspannung $\sigma \perp$ Hängesäule vermindern. Seitenlaschen nach b , mit Fräsdübeln abgeschlossen, entlasten die Druckflächen.

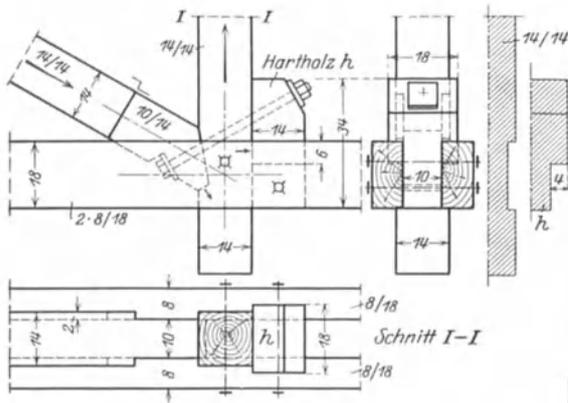


Abb. 29. Knotenpunkt eines Fachwerkbinders ohne patentrechtlich geschützte Dübel¹⁾. Untergurtzangen sind in den Zugpfosten eingelassen. Druckdiagonale mit Versatz und Bolzenanschluß. Für Aufnahme des Horizontalschubes der Diagonale zeigt das Hartholzstück *h* eine Druckfläche von $2(6,0 \cdot 4,0) = 48 \text{ cm}^2$.

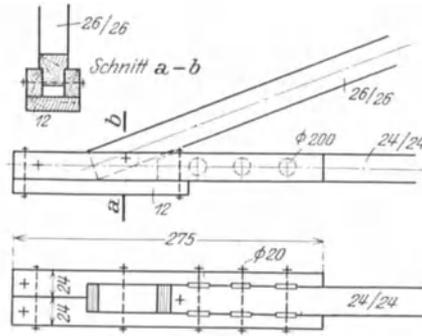


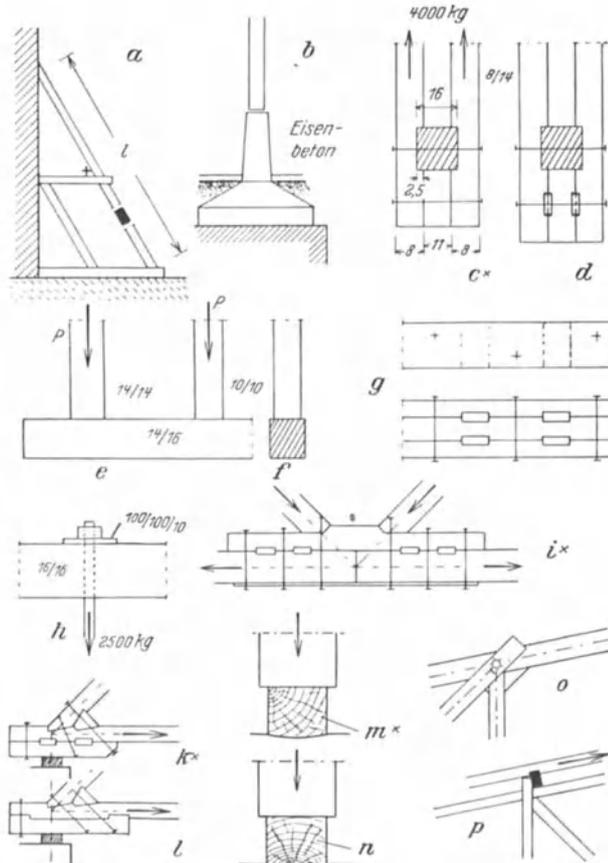
Abb. 30. Auflagerschuh für einen Binder von 30 m Spannweite.



Abb. 31. Festigkeiten des Holzes (nach rechts hin abnehmend) bei Druckwirkung längs und quer zur Faserrichtung, bei verschiedener Lage der Jahresringe.

Abb. 32. Verschiedene Konstruktionshinweise.

- a Für die ganze Knicklänge gilt das max *J* des Querschnitts;
- b Vermeidung einer Beschädigung des Stützenfußes;
- c Zu großer Druck auf Unterzug (\perp Faser), vgl. Seite 7;
- d Durch Dübel ist c berichtigt;
- e u. f Schwellen- und Stempeldruck, \perp Faser zu σ nur 20 oder 30 kg/cm² für Nadelholz; vgl. S. 7;
- g Zugstoß mittels Holzdübel (Abbildung 12g); Bolzenlöcher versetzt;
- h Notwendigkeit großer Unterlagsplatten (s. Seite 6);
- i Falscher Zugstoß (nur einseitiger Dübelanschluß); Bolzen auch zu nahe dem Versatz;
- k Zugquerschnitt nicht zu stark schwächen; nach l bessere Lösung;
- m Gelenkstück kann bald zerstört werden (vgl. Abb. 31);
- n Verbesserung zu m;
- o Ring- und andere Dübel vereinfachen die Entwurfsarbeit;
- p Aussteifende Wirkung der Dachhaut; vgl. Abb. 39c.



Die mit einem Kreuz gekennzeichneten Ausführungen (c, i, k, m) sind fehlerhaft.

¹⁾ Bei Verwendung von Ring- oder ähnlichen Dübeln gestaltet man den Knotenpunkt sehr viel einfacher, vgl. z. B. Abb. 32o. Günstiger in wirtschaftlicher Beziehung ist es zumeist, die Gurte einfacherer Dachbinder in nur einem Querschnitt auszuführen (geringerer Lohnaufwand).

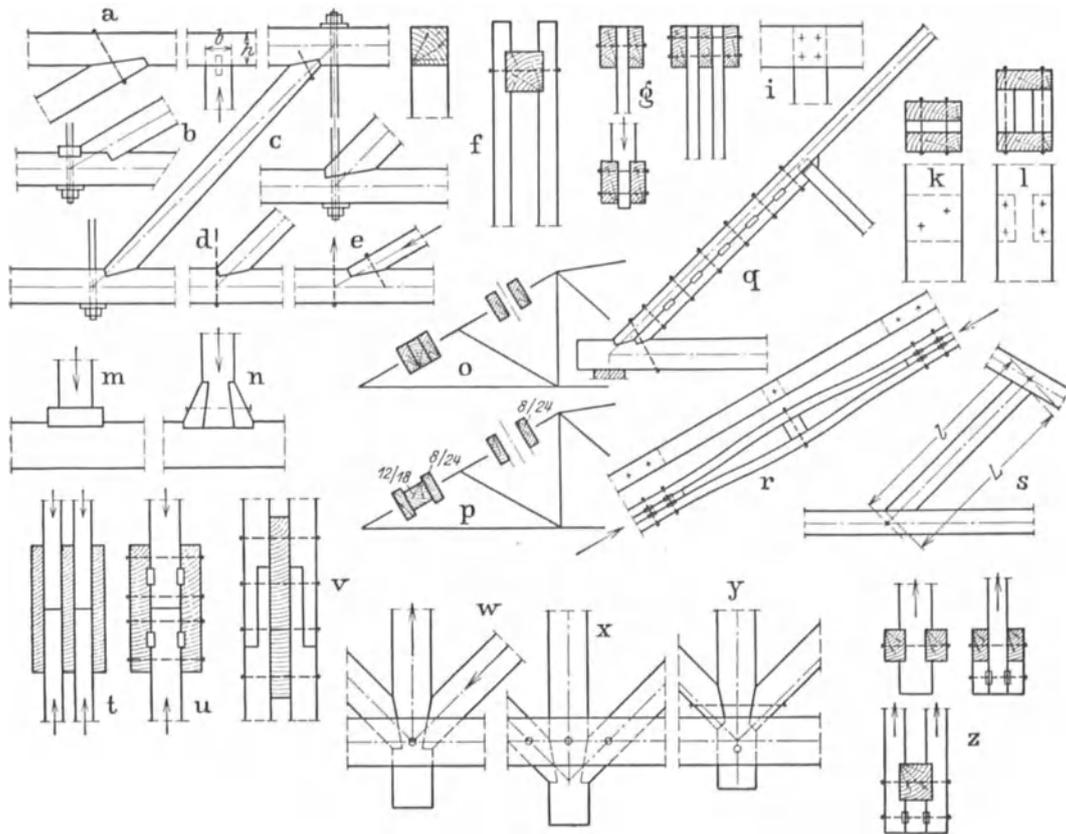


Abb. 33. Anschluß von Druckstäben durch Versatz (a bis e) und Hartholzwischenstücke (b, m, n). Mehrteiliger Obergurt (g, i). Laschenverbindung k, l bei kleinem und großem Abstand (l aber wenig zu empfehlen). Verstärkung durchlaufender Druckgurte (o, p, q). Auseinanderspreizen zwecks Vergrößerung des Trägheitsmomentes (r), wegen Ausknickgefahr der gebogenen Einzelhölzer aber nur dann statthaft, wenn genügend viel Verbindungslaschen (Zelthallen). 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).

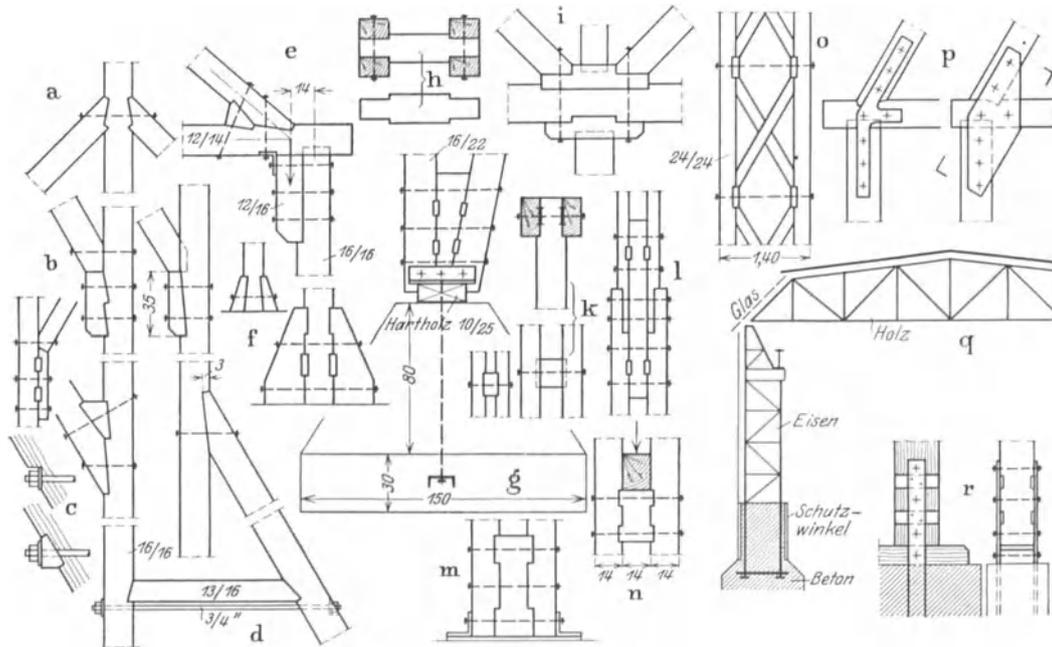


Abb. 34. Stützensbildungen und -ankerungen. Nach e ungünstiges Drehmoment (Auflagerdruck möglichst achsrecht in die Stütze überführen). In f Verbreiterungen des Fußes. Nach r zweckmäßige Verankerung durch Flacheisendübel gemäß Abb. 20.

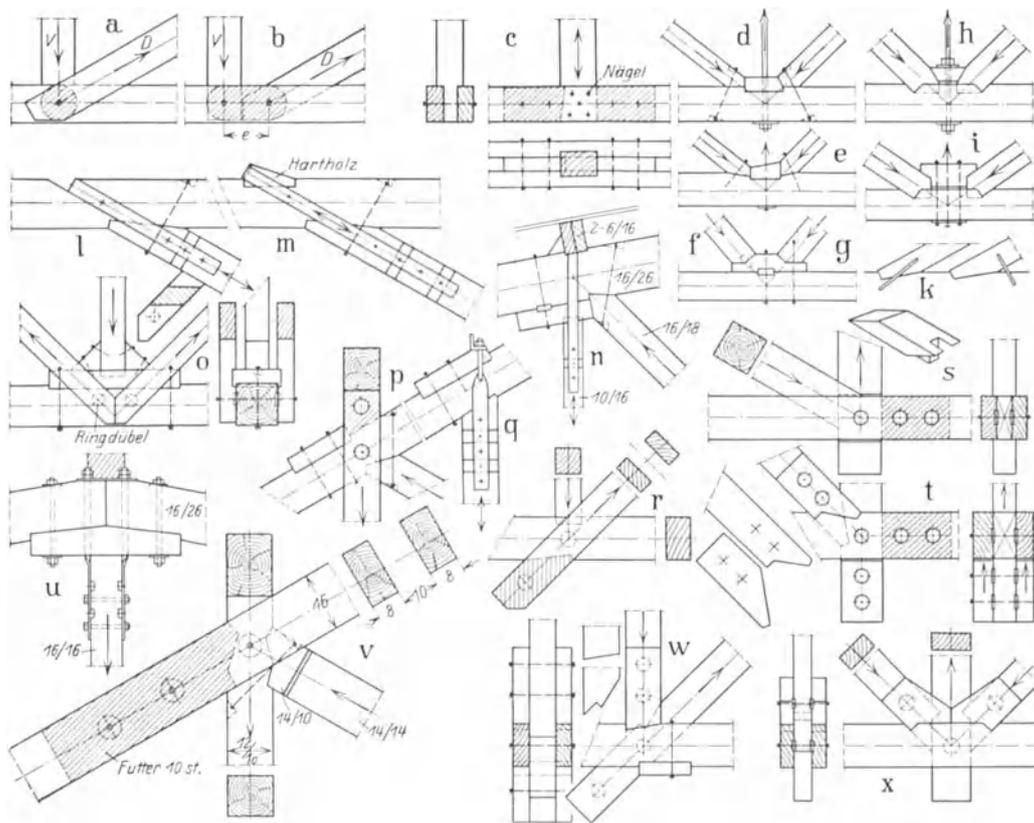


Abb. 35. Fachwerkknotenpunkte. Die Netzlinien sollen sich in einem Punkte schneiden (a): Ausführung, b bei nur ganz geringen Stabkräften (vgl. Abb. 33 x) zulässig. Nach c Schwalbenschwanz zwischen Füllstücken, Nagelung gemäß amtlicher Vorschrift. Verschiedenartiger Anschluß zweier Druckschrägen mit Hartholzkeilstücken (d bis i) oder Stoßklammern k (für Gerüst- und zwischenzeitliche Bauten). Anschluß von Zugstäben l, m, n, p, q, r, w (l, m, n, q weniger ratsam, zumal großer Stahlbedarf, nach l auch starke Gurtschwächung). Firstpunkt in u (nicht zu empfehlen, besser wären Zangen für den lotrechten Stab). Die jeweilige Brauchbarkeit der hier gezeigten Ausführungsmöglichkeiten hängt naturgemäß ganz von den Stabkräften ab. Ein 26-m-Binder verlangt wesentlich stärkere Knotenpunktsausbildungen als ein 14-m-Binder. Es kommt auch sehr darauf an, ob der Binder rein zimmermannsmäßig (d, q) oder mit Ring- oder sonstigen Dübeln ausgeführt werden soll.

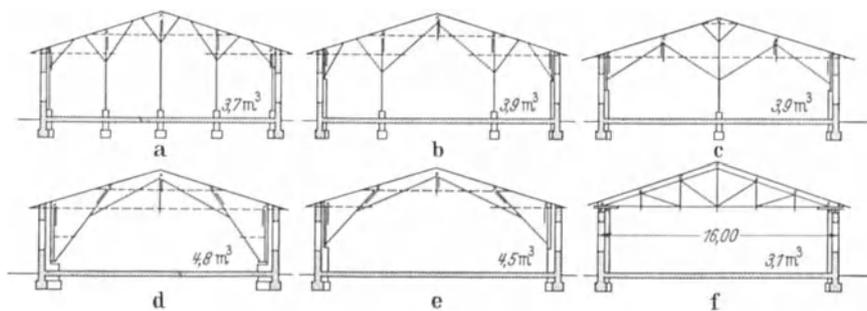


Abb. 36. Werkstattbinder in rein zimmermannsmäßiger und freitragender Ausführung. Der jeweilige Holzverbrauch ist angegeben. Vorteile des in f gezeigten freitragenden Binders: Holzeinsparung, Fortfall der Innenstützen, volle Raumausnutzung, klare statische Verhältnisse.

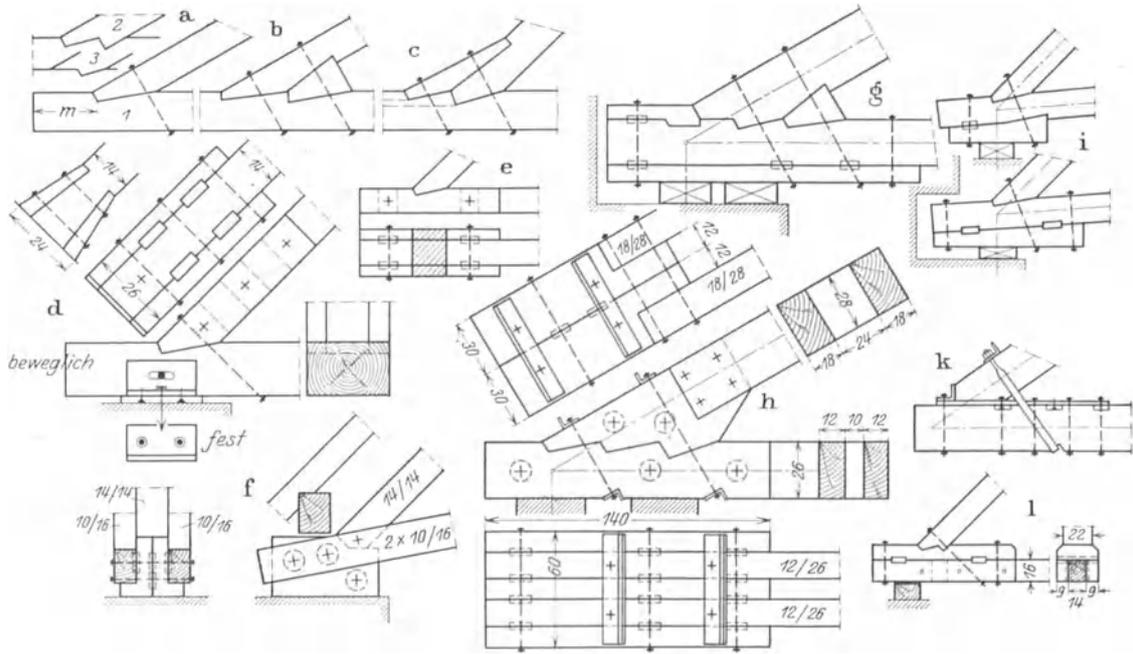


Abb. 37. Binderauflager. Verwendung von Hartholz für den Versatz (b, c, g, h); Verbreiterung der Versatzfläche (d, h, auch e); Vergrößerung der Vorholzlänge bei c (zumeist unzweckmäßig); Verkürzung der Vorholzlänge bei a₃, b, k, l; Ausführung k nur für den Notfall zu empfehlen. Durchgängig schräg angeordnete Schraubenbolzen. Mitte des Auflagers wird durch Schnittpunkt der Netzlinsen gekennzeichnet.

Auch hier gilt das gleiche, was zu Abb. 35 der vorhergehenden Seite gesagt ist. So kommen Ausführungen nach g und h nur für sehr weit gespannte Binder in Frage, nicht aber für einfache Binderformen. Statt eines dreifachen Versatzes sind zumeist Ausführungen nach Abb. 30 empfehlenswerter.

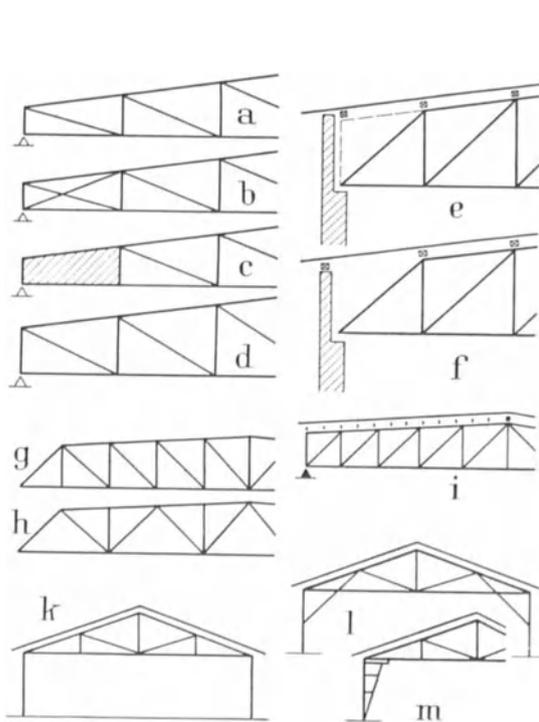


Abb. 38. Verschiedene Fachwerkausbildungen; vgl. hierzu S. 4, 7.

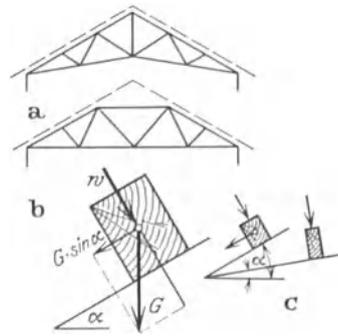


Abb. 39. Binderform a erspart einen Knotenanschluß. Bei steileren Dachneigungen kann der Wert $G \cdot \sin \alpha$ infolge Aussteifwirkung der Dachhaut zumeist vermindert werden (aber gute Firstverbindung der Sparren nötig). Vgl. S. 7.

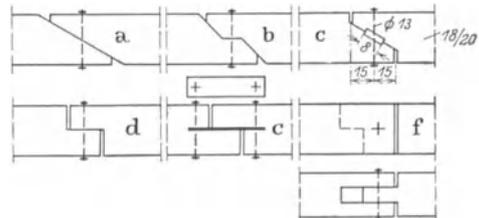


Abb. 40. Gelenkausbildungen für Pfetten. Ausführung a wenig zu empfehlen. Bei c Preß-, auch Hartholzdübel.

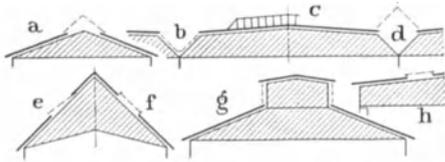


Abb. 41. Oberlichtanordnungen. Nach b ungünstiger Schneefang; besser ist d.

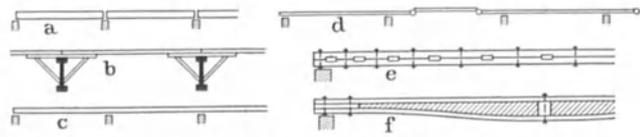


Abb. 42. Verschiedene Pfettenausbildung.

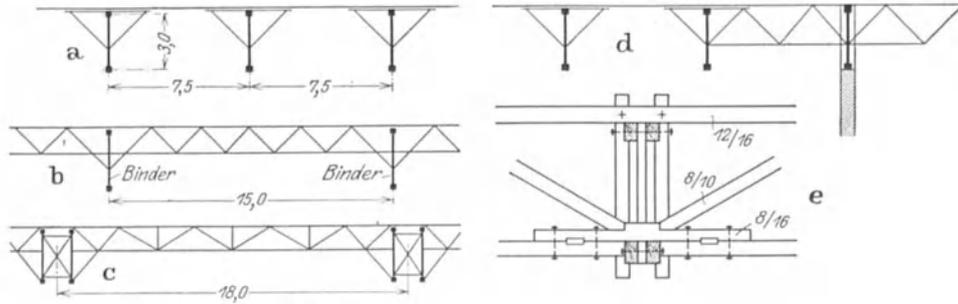


Abb. 43. Gitterpfetten für größere Binderentfernung. Bei sehr großen Entfernungen sind nach c Doppelbinder nötig. Nach d Gitterwerk für Dachauskragung über Giebelwand hinaus. In e Anschluß des Gitterträgers an den Binder.

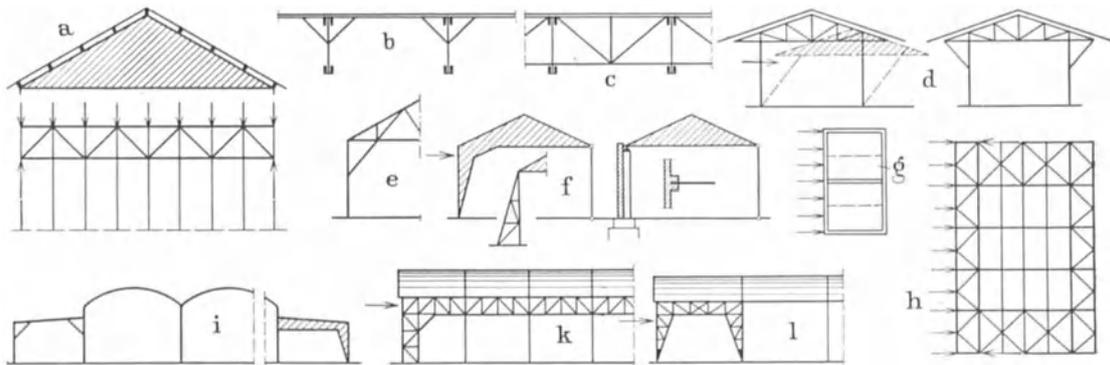


Abb. 44. Windversteifungen für freistehende Hallen; vgl. S. 7.

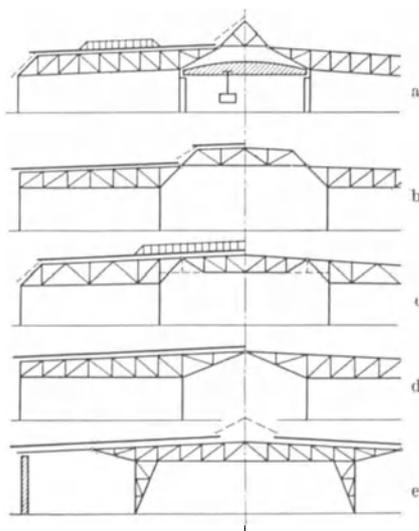


Abb. 45. Gelenk- und Kragbinder für dreischiffige Hallen. Nach a, b, c Gelenke im Mittelschiff, nach e solche im Seitenschiff. Nach d zwei einseitige Kragträger.

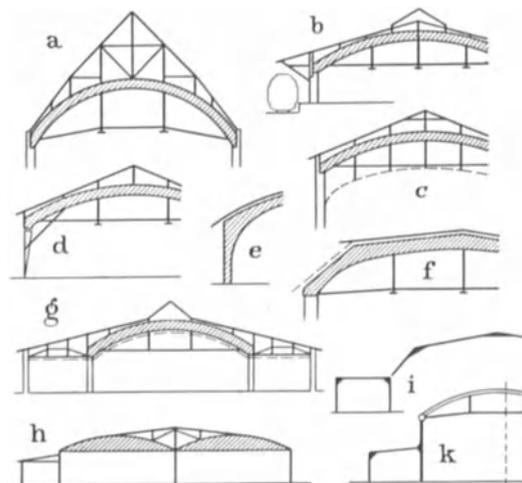


Abb. 46. Bogenbinder. Nach a teure Aufsattung. Binder mit Kragarm (b), mit angehängter Putzdecke (c), mit einem der Dachhaut angepaßten Obergurt (f). Zangenanschlüsse nach d führen zum Steifrahmen e. Nach i, k dreischiffige Hallen mit windstefem Rahmen für die Seitenschiffe.

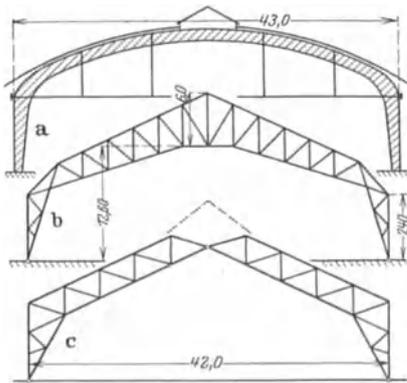


Abb. 47. Nach a Vollwand-Zweigelenkrahmen mit hochliegendem Zugband, nach b Zweigelenk-Fachwerkrahmen und nach c Dreigelenk-Fachwerkrahmen.

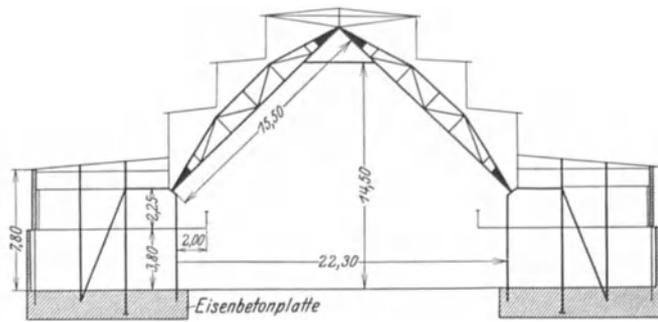


Abb. 48. Ehemalige Messehalle Berlin. Fachwerkgegliederte Dreigelenkbinder, nachträglich verschalt¹⁾.

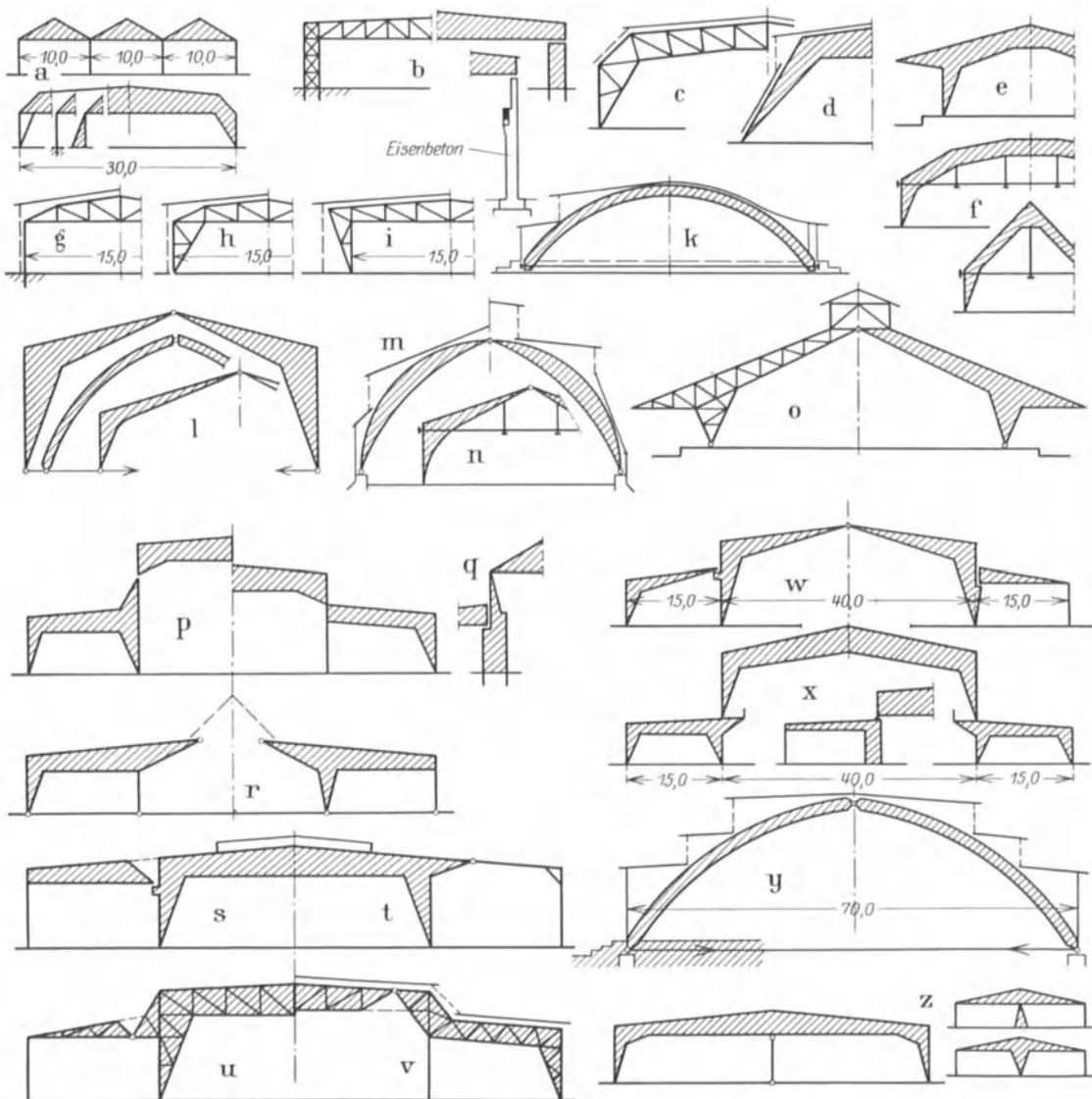


Abb. 49. Schematische Darstellungen von Rahmen- und Bogenbindern, für Fachwerk- oder Vollwandausführung. Nach a Fortnahme der Innenstützen; Rahmenform nach i, wenn schräger Binderpfosten für den Innenraum unerwünscht ist.

¹⁾ Vgl. Kersten: Neuere Ausführungen freitragender Holzbauten. Bauing. 1926, S. 50.

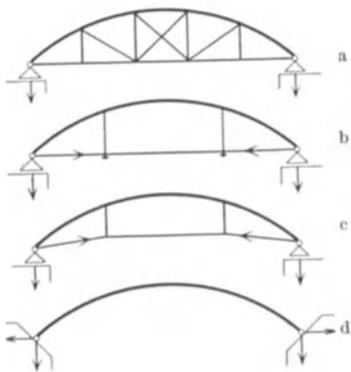


Abb. 50. a = Parabelfachwerk, b = Zweigelenbogen mit waagrecht, bei c mit gesprenktem Zugband, d = Zweigelenbogen ohne Zugband, Horizontalschub auf die Widerlager auslösend.

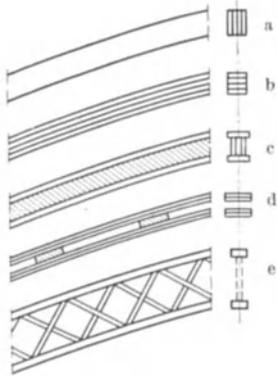


Abb. 51. Bogenquerschnitte verschiedener Art. Bezüglich a, b vgl. Abb. 52 und bezüglich c vgl. Abb. 8.

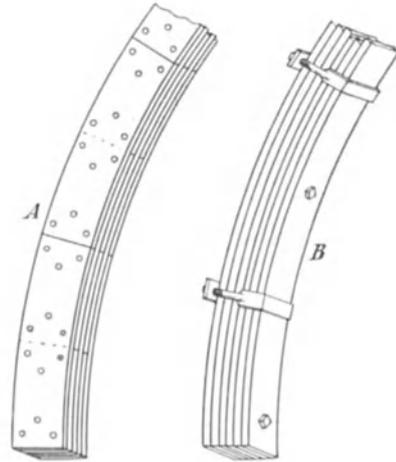


Abb. 52. Bogen A nach Delorme; ebene, hochkant gestellte und aufeinanderge-nagelte Lamellen. Bogen B nach Emy; flachgelegte gebogene und verbolzte Bretter (vgl. Abb. 57).

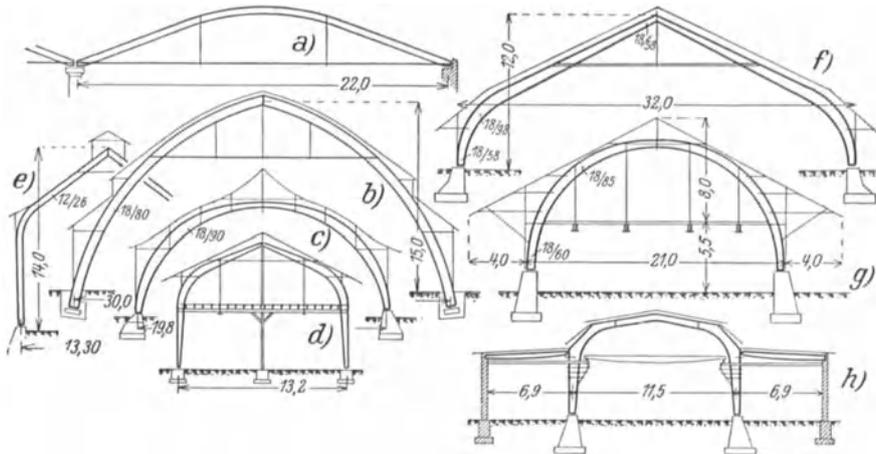


Abb. 53. Vollwandige Hallenbinder nach Bauweise Hetzer. a) Zweigelenk-Flachbogen mit Zugband. b) Dreigelenkbogen. c) Reithalle; Dachsparren wellig gebogen, darauf eine mit Dachleinwand überspannte Holzschalung. d) Lagerschuppen mit Ziegeleindeckung und Zwischendecke für 1200 kg/m² Nutzlast. e) Hochstieliger, f) flacher Dreigelenkbogen. g) Rahmen mit Nutzdecke. h) Maschinenhalle.

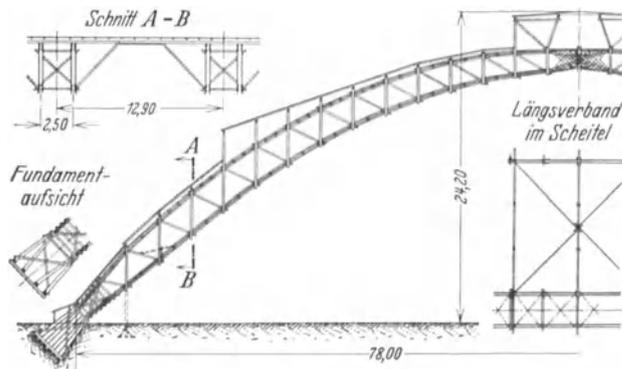


Abb. 54. Dreigelenk-Bogenbinder von 78 m Stützweite; Festhalle Dresden, 1925¹⁾. Holzbedarf 0,17 m³ Kantholz je m² bebaute Grundfläche, Kosten rd. 10,60 RM für den gleichen m².

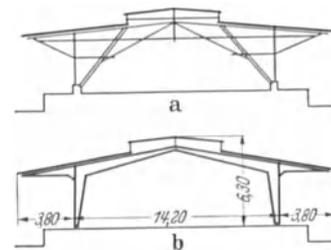


Abb. 55. Güterhallenbinder zimmermannsmäßiger Art (a). Gegenvorschlag b als Vollwand-Dreigelenkbinder: Holzsparnis (4,8 m³ gegenüber 9,0 m³ je Binderfeld), bessere Raumausnutzung.

¹⁾ Vgl. Kersten: Die Festhalle Dresden, 1925. Bauing. 1925, S. 767.

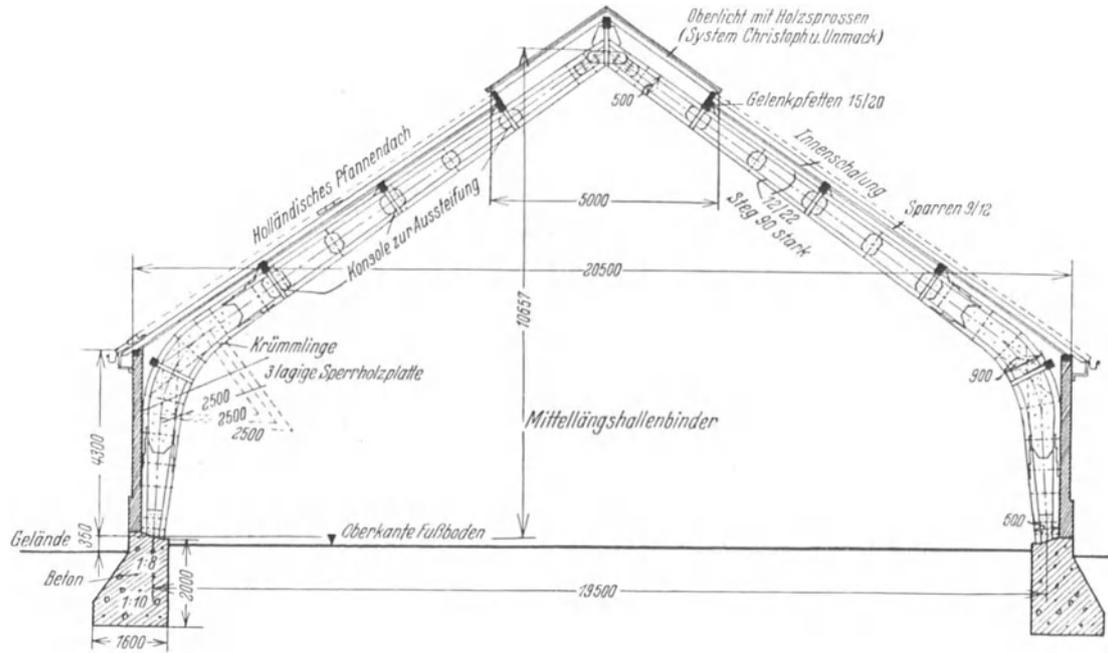


Abb. 56. Vollwand-Dreigelenkbogen für eine Halle in Lankwitz b. Berlin, 1925. Binderprofil I-förmig verleimt. Für einen Binder 5,2 m³ Fichtenholz und 220 kg Stahlverbrauch. Vgl. Bauing. 1926 S. 531.

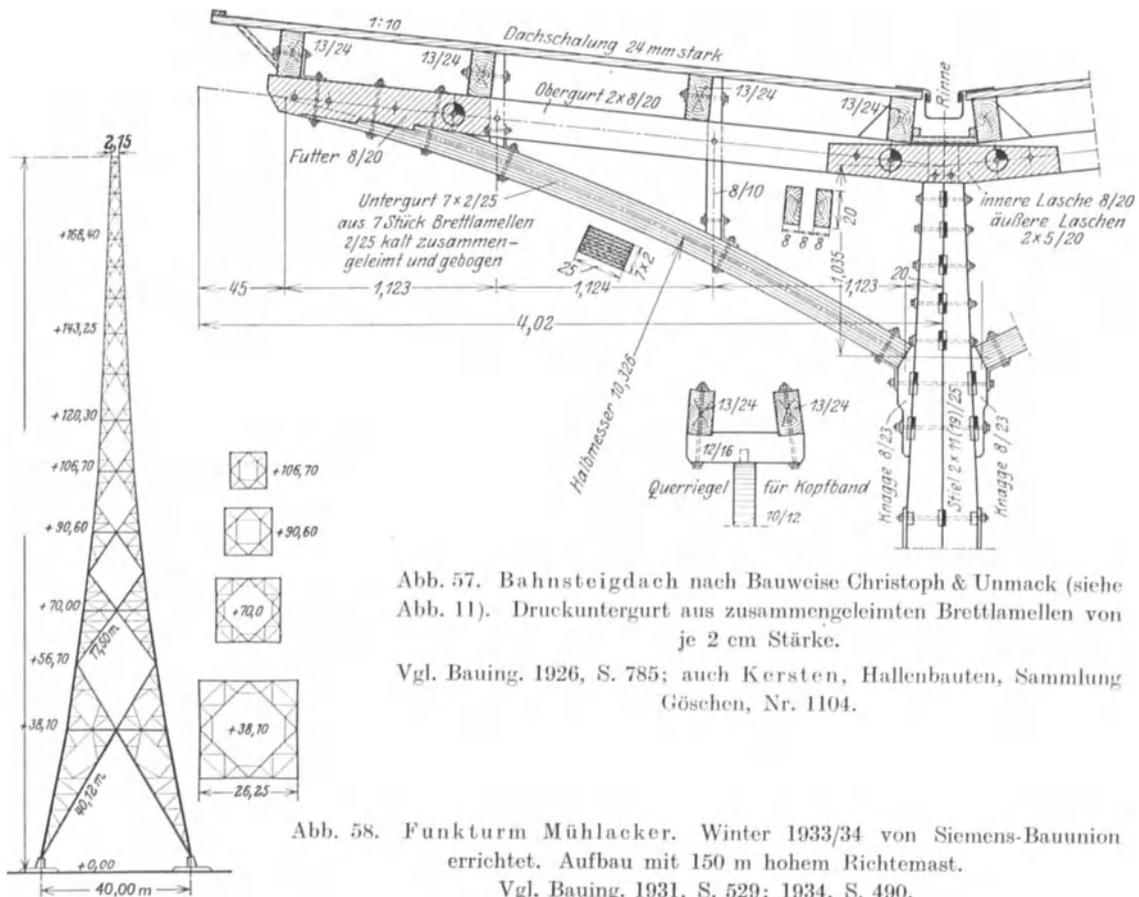


Abb. 57. Bahnsteigdach nach Bauweise Christoph & Unmack (siehe Abb. 11). Druckuntergurt aus zusammengeleimten Brett lamellen von je 2 cm Stärke.

Vgl. Bauing. 1926, S. 785; auch Kersten, Hallenbauten, Sammlung Göschen, Nr. 1104.

Abb. 58. Funkturm Mühlacker. Winter 1933/34 von Siemens-Bauunion errichtet. Aufbau mit 150 m hohem Richtmast. Vgl. Bauing. 1931, S. 529; 1934, S. 490.

Abb. 59. 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.

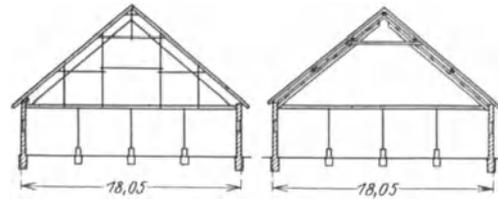


Abb. 60. Binderformen für Dachgeschoßbauten; Zwei- und Dreigelenkbogen. Bedeutende Holzinsparung beim K.G.-Dach (Kastengitterträger), Bauweise Maerz (Vollwandträger mit Holzfasertafelsteg) u. a.

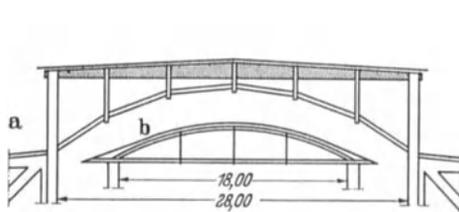
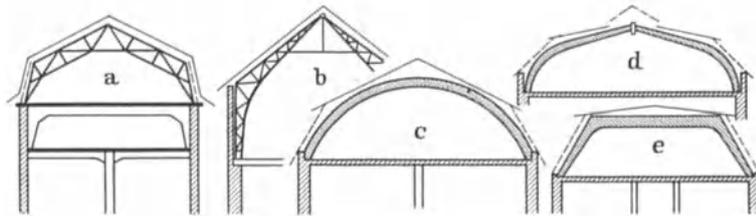


Abb. 61. Vollwandige Bogenbinder. a: Ein durch Vollwandbalken (nach Abb. 64 b) versteifter Stabbogen ohne Zugband. b: Bogenbinder mit angehängtem Zugband.

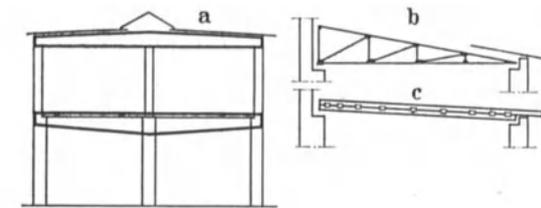


Abb. 62. Nach a I-Balken für Nutzdecke und Dach. Nach b verdübelter Balken statt Fachwerkgliederung.

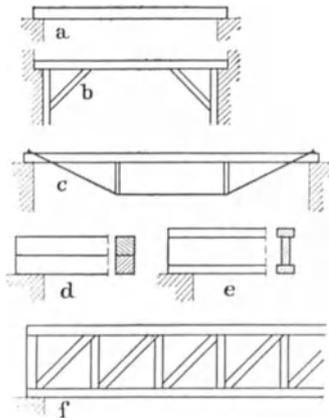


Abb. 63. Balkentragwerke für kleine und große Stützweiten. Nach d verdübelter Balken, vgl. S. 9.

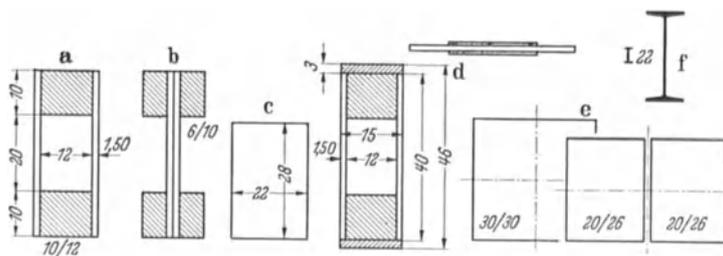


Abb. 64. Balken mit Kasten- und I-Querschnitt. Formen a, b, c mit gleichem $W_x = 2800 \text{ cm}^3$ (nach a, b Holzersparnis bei kleinem Kantholz und geringer Durchbiegung). Form d mit genagelten und aufgeleimten Gurtplatten; Ersatz durch Vollbalken e oder I 22 (f).

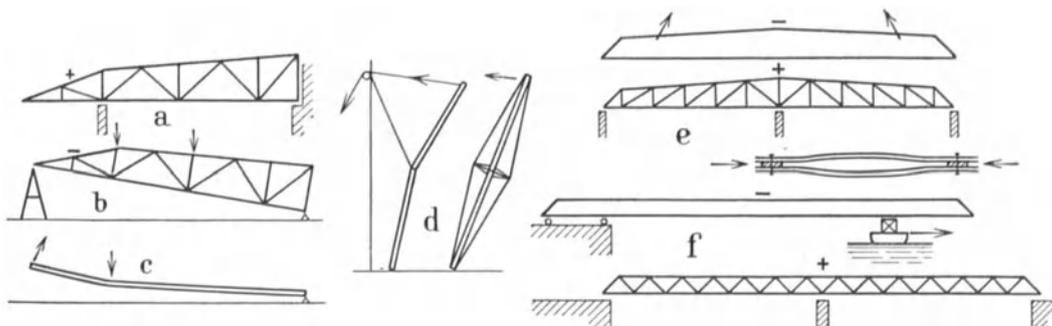


Abb. 65. Fehler bei der Richtearbeit; + und - geben Zug und Druck an; vgl. S. 9.

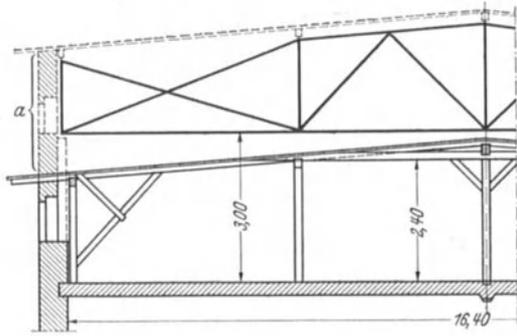


Abb. 66. Ein bisher nur für Abstellzwecke benutzbarer Dachraum ist durch Höherführen des Mauerwerkes (um das Maß a) und durch den Einbau freitragender Binder zu einem vollwertigen, stützenfreien Werkstättenraum ausgestaltet, und zwar bei Wiederverwendung der vorhandenen Dachdecke einschl. Sparren und Pfetten.

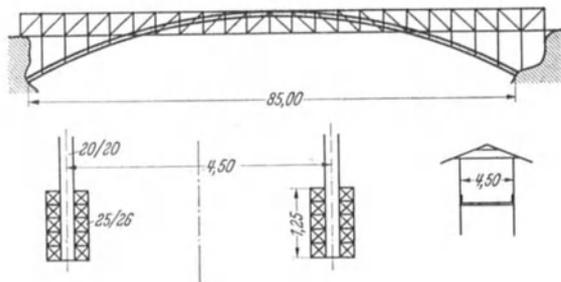


Abb. 67. Holzbrücke von 85 m freier Spannweite in Jugoslawien. Zwei zusammengesetzte Zweigelenkbogen mit aufgesteltem fachwerkgegliedertem Versteifungsträger, der eigentlichen Fahrbahnbrücke¹⁾.

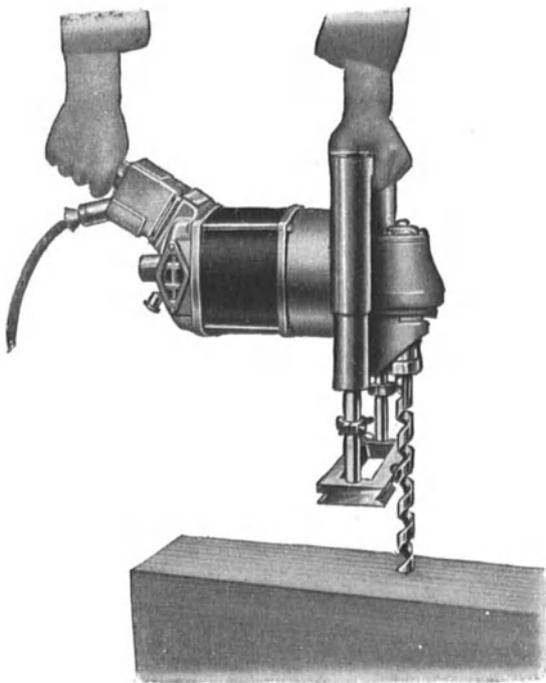


Abb. 68. Handmaschine wie Abb. 71, zum Bohren eingerichtet. Die gleiche Maschine kann auch als Abläng-Kettensäge (ähnlich Abbildung 72) verwendet werden.

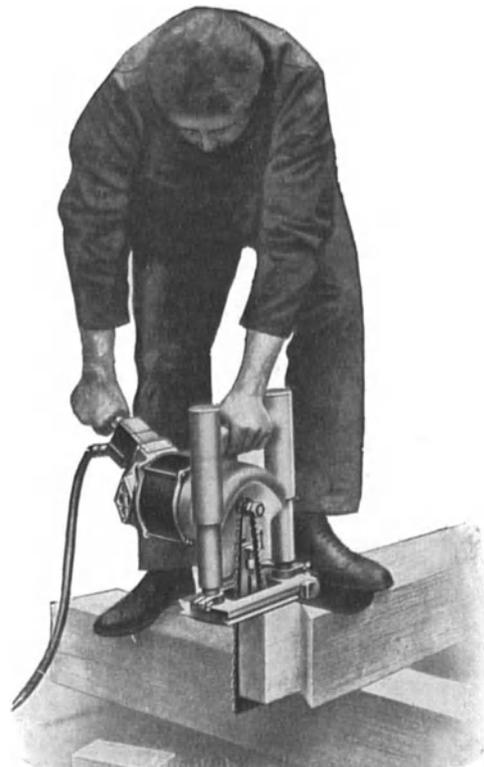


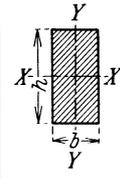
Abb. 69. Handmaschine wie Abb. 68, 71; Fräskette mit unten horizontaler Führung (dreieckige Führungsleiste).

¹⁾ Vgl. Kersten, „Eine weitgespannte Holzbrücke“, Deutsche Bauztg. 1939, Heft 19, ebenso „Der Bauingenieur“, 1939 Heft 25/26.

Tabelle der Rechteckbalken¹⁾.

$W_y = J_y : b/2$ [z. B. ¹⁶/₁₈ : $W_y = 6144 : 8 = 768 \text{ cm}^3$].

b	F	J _x	J _y	W _x	b	F	J _x	J _y	W _x
cm	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm ³
$h = 6$					16	352	14197	7509	1291
6	36	108	108	36	18	396	15972	10692	1452
					20	440	17747	14667	1613
					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
$h = 10$					10	240	11520	2000	960
6	60	500	180	100	12	288	13824	3456	1152
8	80	667	427	133	14	336	16128	5488	1344
10	100	833	833	167	16	384	18432	8192	1536
$h = 12$					18	432	20736	11664	1728
6	72	864	216	144	20	480	23040	16000	1920
8	96	1152	512	192	22	528	25344	21296	2122
10	120	1440	1000	240	24	576	27648	27648	2304
12	144	1728	1728	288	$h = 26$				
$h = 14$					6	156	8788	468	676
6	84	1372	252	196	8	208	11717	1109	901
8	112	1829	597	261	10	260	14647	2167	1127
10	140	2287	1167	327	12	312	17576	3744	1352
12	168	2744	2016	392	14	364	20505	5945	1577
14	196	3201	3201	457	16	416	23435	8875	1803
$h = 16$					18	468	26364	12636	2028
6	96	2044	288	256	20	520	29293	17333	2253
8	128	2731	683	341	22	572	32223	23071	2479
10	160	3413	1333	427	26	676	38081	38081	2929
12	192	4086	2304	512	$h = 28$				
14	224	4779	3659	597	6	168	10976	504	784
16	256	5461	5461	683	8	224	14635	1195	1045
$h = 18$					10	280	18293	2333	1307
6	108	2916	324	324	12	336	21952	4032	1568
8	144	3888	768	432	14	392	25611	6403	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	18667	2613
16	288	7776	6144	864	22	616	40245	24845	2875
18	324	8748	8748	972	24	672	43904	32256	3136
$h = 20$					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
$h = 22$					18	540	40500	14580	2700
6	132	5324	396	484	20	600	45000	20000	3000
8	176	7099	939	645	22	660	49500	26820	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	30	900	67500	67500	4500



Kleinste Seite b	Trägheitshabmessert i _{min}
cm	cm
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 ¹⁴/₁₈ :
 $J_y = J_{\min}$
 $= 4116 \text{ cm}^4$
 $F = 252 \text{ cm}^2$
 $i = \sqrt{\frac{4116}{252}} = 4,04$

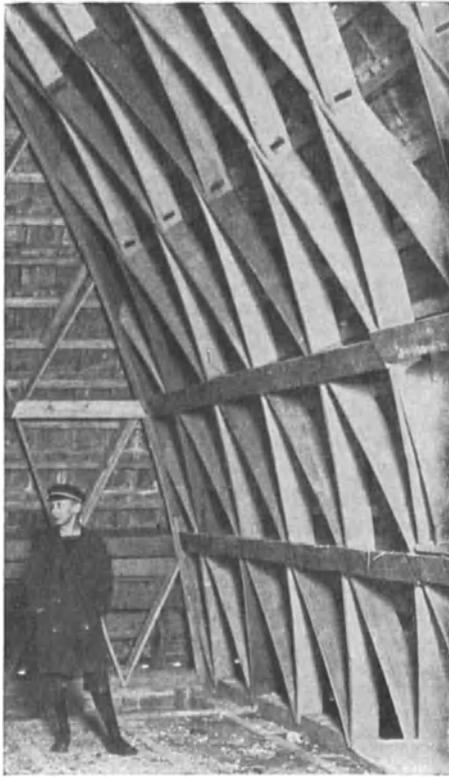


Abb. 70. Spitzbogendach nach der Zollbauweise. Drei Bauteile gleichbleibender Art: Lamelle, Schloßschraube, Unterlagsplatte. Vgl. hierzu auch Bauing. 1939, S. 352.



Abb. 71. Elektrischer Handkettenstempapparat, zum Zapfenlochstemmen eingerichtet, Bauart Schmaltz. Fräskette mit unten runder Führung; vgl. Abb. 68, 69.

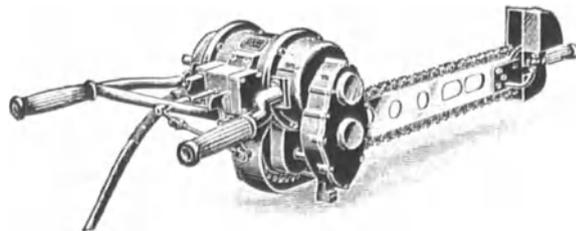


Abb. 72. Abläng-Kettensäge für Gleich- und Drehstrom, Bauweise Stahl. 20fache Schnittleistung gegenüber Handarbeit; aber nur Grobschnitte.

¹⁾ Die Tabelle ist dem Kapitel „Statik und Festigkeitslehre“ des Verfassers im Deutschen Baukalender entnommen.