

werden, wenn eine genaue Einhaltung gewisser Querschnitte nicht unbedingt nötig ist.

Das **A b b i n d e n** erfolgt zumeist am Zimmerplatze. Die zusammengehörigen Teile müssen dabei durch Einhacken oder Einbrennen von je gleichen Ziffern erkenntlich gemacht werden, damit sie beim späteren **A u f s t e l l e n** oder **A u f s c h l a g e n** des abgebundenen Zimmerwerkes, das erst auf der Baustelle erfolgt, leicht gefunden werden und eine Verwechslung ausgeschlossen bleibt.

B. Holzverbindungen.

Jede künstliche Zurichtung der Hölzer zum Zwecke ihrer Verbindung untereinander heißt eine Holzverbindung. Die Art und Weise, wie die einzelnen Holzverbindungen auszuführen sind, richtet sich selbstverständlich nach der Lage der Hölzer in den Konstruktionsteilen und der hierdurch bedingten Inanspruchnahme, d. h. ob dieselben gedrückt, gezogen oder gebogen werden. Darnach kann man vier Hauptgattungen von Verbindungen unterscheiden, und zwar: 1. **V e r l ä n g e r n** der Hölzer; 2. **V e r b r e i t e r n** der Hölzer; 3. **V e r s t ä r k e n** der Hölzer, um ihr Tragvermögen zu erhöhen; 4. **V e r k n ü p f e n** der Hölzer, wenn diese in verschiedener Richtung zusammentreffen oder sich kreuzen.

Alle Holzverbindungen sollen in ihrer Ausführung möglichst einfach sein und müssen, um die geforderte Festigkeit zu besitzen, genau ineinander passen. Dies bedingt vor allem, daß das Holz gut ausgetrocknet sei. Die Verbindungen können außerdem noch durch Anwendung von eisernen Klammern, Bändern, Schienen, Platten, Schuhen, Nägeln, Schraubenbolzen und anderen Eisenbestandteilen verstärkt werden.

Man trachtet immer, die Dimensionen der Hölzer so zu wählen, daß sie an zwei gegenüberliegenden Seiten bündig, d. h. in einer Ebene liegen. Wo dies aus konstruktiven Gründen nicht angeht, wird eine Seite bündig gelegt und in dieser Bundseite auch die Bezeichnung der Hölzer bezüglich ihrer Zusammengehörigkeit vorgenommen.

Vor der Ausführung muß jede Holzverbindung mit dem rechten Winkel an dem Umfange der Hölzer genau vorgezeichnet werden, wozu die Stirnflächen der zu verbindenden Enden — ausgenommen schiefwinkelige Verbindungen — senkrecht zur Längsachse abgesägt werden.

1. Verlängern der Hölzer.

(Tafel 2.)

Dieses kann erfolgen: durch das Stoßen, Anblatten und Aufpfropfen.

a) **D u r c h d a s S t o ß e n** werden zumeist horizontal oder wenig geneigt liegende Balken verlängert, welche ihrer ganzen Länge nach oder wenigstens an der Verbindungsstelle unterstützt sind. Fig. 3, T. 2, zeigt den **g e r a d e n S t o ß**, bei welchem die zu verlängernden Hölzer einfach mit den Hirnflächen aneinanderstoßen und oft, namentlich wenn sie einem Zuge ausgesetzt sind, mit eisernen Schienen oder Laschen nach Fig. 4 und 5 oder auch nur mit Klammern verstärkt werden. Wo es die Verhältnisse gestatten, kann der gerade Stoß auch mit Holz-**z a n g e n** (Fig. 13) verstärkt werden.

Fig. 6 zeigt den **s c h i e f e n S t o ß**, welcher ebenfalls, wie der gerade Stoß, mit Eisen verstärkt werden kann.

Werden die Hölzer auf Zug in Anspruch genommen, so kann man in Ermanglung von eisernen Schienen oder Laschen auch den geraden Stoß mit eingesetztem Hakenstück (Fig. 7) anwenden. Diese komplizierte Verbindung muß mindestens fünf Balkenhöhen lang gemacht werden, um möglichst große Ab-

scherungsflächen zu erzielen. Die in der Figur angedeuteten Keile aus hartem Holze dienen zum Spannen der Verbindung.

b) Das Anblatten. Dieses ist eine solidere Verbindung von zu verlängernden Balken gleichen Geviertes als das Stoßen. Hierbei hat man zu unterscheiden:

Das gerade Blatt (Fig. 8), welches für ruhige Belastung, z. B. für Mauerbänke bei Dachstühlen, Schwellen u. dgl., geeignet ist. Um ein Verschieben der Hölzer zu verhindern, werden dieselben „verbohrt“, d. h. die Verbindung wird mit zwei, zirka $2\frac{1}{2}$ cm starken, hölzernen Nägeln verstärkt, welche am besten in der Diagonale (in $\frac{1}{3}$ Längenteilung derselben) angeordnet werden.

Das schiefe Blatt (Fig. 9) unterscheidet sich vom geraden nur durch den schrägen Schnitt. Der tragende Querschnitt der Balken ist hier in der Mitte der Verbindung gleich der halben Querschnittsfläche und nimmt gegen die Mitte der Balken zu, so daß an den Enden der Verbindung die Tragfähigkeit größer ist als beim geraden Blatt.

Das gerade Hakenblatt (Fig. 10) sichert die Holzverbindung gegen Längenverschiebung, die Balken erleiden aber eine bedeutende Schwächung; diese Verbindung wird auch verbohrt, und zwar in der Längensachsenrichtung.

Beim schiefen Hakenblatt (Fig. 11) soll ebenfalls durch die ineinandergreifenden Haken ein Auseinanderziehen der Balken in der Längensrichtung verhindert werden, nachdem aber die Abscherungsflächen xy und $x'y'$ sehr klein sind, so wird diese Verbindung nur eine geringere Beanspruchung auf Zug gestatten als die vorige; dafür ist hier der tragende Querschnitt der Balken an den Enden der Verbindung größer.

Beim schiefen Hakenblatt mit Keil (Fig. 12) soll außerdem durch die Keile die Verbindung entsprechend gespannt werden, was aber mit Rücksicht auf die ebenfalls geringen Abscherungsflächen xy mit Vorsicht geschehen muß. Für starken Zug ist eine Verbolzung der Verbindung unerläßlich.

c) Das Aufpfropfen wird bei vertikalen oder sehr wenig geneigten Hölzern (Piloten, Ständern usw.) angewendet. Die Art und Weise, wie die Hölzer verlängert werden, richtet sich darnach, ob dieselben eingerammt, d. h. in den Boden eingetrieben werden sollen oder nicht. Pfähle, welche eingerammt werden, verbindet man mit einem geraden Stoß und einem in der Mitte eingebohrten, eisernen Dorn von etwa 300 mm Länge und 30 mm Dicke (Fig. 14); die Stoßfuge deckt ein aufgezogener Eisenring; derselbe verhindert das Aufbürsten der Stoßflächen beim Einrammen. Zur Sicherung gegen Zug können über den Stoß eiserne Klammern eingeschlagen werden.

Fig. 15 zeigt eine in Deutschland gebräuchliche Art, wobei der Stoß mit vier Klammern verbunden ist, welche wieder mit zwei aufgezogenen Reifen festgehalten werden.

Fig. 16 stellt eine in England gebräuchliche Art dar, bei welcher um die beiden Köpfe des Stoßes ein eiserner Zylinder greift, welcher in der Mitte einen Boden hat, der zwischen die Stoßflächen zu liegen kommt.

Die in Fig. 17 dargestellte, in Frankreich gebräuchliche Art mit viertelkreisförmiger Überblattung ist nicht zu empfehlen, weil der durch die Verbindung geschwächte Pfahl beim Einrammen leicht zerbrechen kann. Für hohe Pfähle, welche mehr dem seitlichen Ausweichen widerstehen sollen und nicht mit bedeutender Kraft eingerammt werden müssen, wäre sie noch anwendbar.

Pfähle, welche nicht eingerammt werden, können mit der geraden Überblattung verbunden und mit Bolzen verschraubt, eventuell noch mit eisernen Reifen verstärkt werden (Fig. 18).

Die schlitzartige Aufpfropfung (Anblattung), Fig. 19, kann bei Kanthölzern Anwendung finden; das Holz wird dabei aber sehr geschwächt, daher das gerade Blatt den Vorzug verdient.

2. Verbreitern der Hölzer.

(Tafel 2.)

Die Verbindung der Balken, Bohlen, Pfosten und Bretter an den Stoßflächen ihrer Langseiten, eventuell zu ganzen Wänden, kann durch das Fugen (bzw. Messern und Kalfatern), Spunden, Falzen und Federn geschehen.

a) Beim *F u g e n* (Fig. 20) werden die Stoßfugen der Pfosten oder Bretter senkrecht zur Holzoberfläche eben und glatt gehobelt, die Bretter stumpf aneinandergestoßen, fest aneinandergedrückt und zumeist an Unterlagshölzer u. dgl. festgenagelt. Bei Blockwänden oder Dippeldecken (Fig. 28) werden die aneinandergestoßenden Balken bzw. Dippelbäume, an den Stoßflächen durch zirka 15 cm lange, 2·5 cm dicke, zumeist harte Holzdübel verbunden, welche auf 1·50 bis 2·50 m Entfernung angeordnet und senkrecht zu den Stoßflächen eingebohrt werden. Bei Dippeldecken ist dies von großer Wichtigkeit, weil dadurch die einzelnen Träme zu einem Ganzen verbunden erscheinen und eine ungleichmäßige Belastung sich auf einen größeren Teil der Decke verteilt.

Können die Dübel nicht senkrecht zu den Stoßflächen angeordnet werden, wie z. B. beim Auswechseln einzelner schadhafter Träme, so sind sogenannte Kreuzdübel (Fig. 28, rechte Seite) von oben einzubohren, welche ähnlich wirken.

Beim *M e s s e r n* (Fig. 21) stehen die Stoßflächen nicht senkrecht, sondern schief zu den Holzflächen.

K a l f a t e r n (Fig. 22) nennt man das wasserdichte Verschließen der Fugen, z. B. beim Schiffbau.

Die Säume der Stoßfugen werden an der Wasserseite schräge abgehobelt. In diese klaffenden Fugen werden mit dem Kalfatereisen entweder trockenes Baummoos oder zu einem leichten Stricke gedrehtes Werg oder sonst stark quellende Körper voll eingetrieben und darüber eine dünne Leiste von zähem Eichen- oder Birkenholz mit eisernen Klammern (Fröschen) befestigt. Statt Moos oder Werg kann man die Fugen auch mit weichem Holze (Weide, Linde oder Pappel) verschließen, welches in die Fuge, passend zugearbeitet, hineingedrückt und auch mit Fröschen befestigt wird; durch das Aufquellen des weichen Holzes im Wasser werden die Fugen dicht abgeschlossen. Bei beiden Arten werden die Fugen zur vollkommenen Dichtung mit einem siedenden Gemenge von gleichen Teilen Pech, Teer und Unschlitt oder mit einem Gemenge von 2 bis 3 Teilen Steinkohlenteer und 1 Teil Baumharz bestrichen, darüber wird noch ein mit dieser Mischung getränkter Jute- oder Leinwandstreifen geklebt.

b) *S p u n d e n* nennt man jene Verbindung, bei der die Hölzer an den Stoßflächen auf die ganze Länge mit einem Teile ihres Querschnittes ineinandergreifen. Der eingreifende Teil heißt *F e d e r* und der ausgearbeitete heißt *N u t* oder *S p u n d*.

Die *Q u a d r a t s p u n d u n g* (Fig. 25) ist nur bei stärkeren Hölzern gebräuchlich, während für schwächere Hölzer die *K e i l s p u n d u n g* (Fig. 23) oder die *s t u m p f e K e i l s p u n d u n g* (Fig. 24) vorteilhafter ist, wobei die Federn gleichseitige, bei Fig. 24 abgestumpfte Dreiecke bilden.

c) Das *F a l z e n* (Fig. 26) wird nur bei schwachen Hölzern (Brettern), wo eine Spundung nicht mehr ausführbar ist, und meist nur bei vertikaler Lage derselben gebraucht.

d) Das *F e d e r n* (Fig. 27) unterscheidet sich von der Quadratspundung nur dadurch, daß an beiden Stoßflächen die Nut ausgearbeitet und in diese eine gut passende, zumeist harte Holzleiste (Feder) eingetrieben wird.

3. Verstärken der Hölzer.

Legt man zwei vierkantige Balken von gleichem Querschnitte ohne jede Verbindung übereinander, so wird dieser doppelte Balken auch das doppelte Tragvermögen des einfachen Balkens besitzen. Verbindet man jedoch die übereinander-

gelegten Balken derartig fest miteinander zu einem Ganzen, daß kein Verschieben der Balken eintreten kann, so wird dadurch das Tragvermögen bedeutend vergrößert, weswegen man einen derart zusammengesetzten Balken einen *verstärkten Balken* nennt.

Nach den Lehren der Baumechanik wächst nämlich das Tragvermögen eines Balkens von bestimmter Breite im quadratischen Verhältnisse der Balkenhöhe. Darnach wird also z. B. die Tragfähigkeit eines aus drei Einzelbalken zusammengesetzten, verstärkten Balkens, dessen Höhe somit $3h$ ist, sich zur Tragfähigkeit eines einzelnen Balkens wie $(3h)^2 : h^2 = 9h^2 : h^2$ verhalten, also neunmal so groß als die Tragfähigkeit des Einzelbalkens sein, während drei lose übereinandergelegte Balken nur eine dreimal so große Tragfähigkeit als der einzelne Balken besitzen. In Wirklichkeit wird infolge Schwächung des Holzes bei Ausarbeitung der Verbindungen die Tragfähigkeit eines verstärkten Balkens um zirka $\frac{1}{9}$ geringer sein als die berechnete Tragfähigkeit.

Man hat also durch das Verbinden der Balken ein Mittel, auch für größere Spannweiten bzw. Belastungen Holzbalken als Träger verwenden zu können.

Diese Verstärkung der Balken kann erfolgen: *a)* durch die Verzahnung, *b)* durch die Verdübelung, *c)* durch Einlegen von Klötzeln und *d)* durch Armierung mit Zuhilfenahme von Eisen.

a) Verzahnte Balken oder gesprengte Rosse.

(Fig. 29, T. 2.)

Die übereinanderliegenden Hölzer greifen sägezahnartig ineinander und sind überdies durch Schraubenbolzen verbunden. Zwischen das Hirnholz der Zähne (Z) legt man manchmal Eisenplatten oder man treibt eichene Keile ein, um das gegenseitige Einpressen der Hirnholzflächen zu vermindern. Die Gesamthöhe eines verzahnten Balkens soll $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{12}$ der freien Länge nicht überschreiten. Die Länge der Zähne beträgt gewöhnlich das Doppelte und die Höhe derselben $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{8}$ der Trägerhöhe.

Verzahnte Balken werden zumeist auf folgende Art hergestellt: Die übereinanderliegenden Balken werden zuerst auf $\frac{1}{60}$ bis $\frac{1}{200}$ ihrer Länge durchgebogen (gesprengt), indem selbe entweder in der Mitte unterstützt und an beiden Enden mit Winden oder Ketten hinabgedrückt werden oder indem man sie an beiden Enden auflegt und in der Mitte entsprechend belastet. Nun werden von der Mitte der Balken gegen beide Enden vertikale Teilstriche in gleichen, der doppelten Trägerhöhe entsprechenden Entfernungen vorgerissen, sodann werden die Zähne mit einer der Höhe und Länge derselben entsprechenden linealartigen Schablone *S* vorgezeichnet, indem man diese mit einer Diagonalen an zwei Schnittpunkte der vertikalen Teilungslinien mit den Tramauflegerflächen anlegt und den Umfang der Schablone an den Trämen genau vorreißt. Die vorgerissenen Dreiecke werden sodann genau ausgearbeitet, die Balken in gebogener (gesprengter) Lage mit den Zähnen aufeinandergelegt und auf die 1- bis 2fache Zahnlänge mit Schraubenbolzen entsprechend verbunden.

Der obere Balken kann, da er nur auf Druck beansprucht wird, auch aus zwei Teilen bestehen, in welchem Falle nur der untere Balken gesprengt und der obere in der Mitte gestoßen wird, wie es die Fig. 29 zeigt.

Ein Nachteil der verzahnten Balken ist der, daß man durch das zeitraubende Ausschneiden der Zähne auch noch an Höhe, daher auch an Tragfähigkeit verliert.

Wenn das Holz vollkommen gut ausgetrocknet ist, die Zähne sehr genau ineinander passend ausgearbeitet, eventuell mit Eisenplättchen an den Hirnholzflächen belegt sind, ferner die Schraubenbolzen genau in die Bohrlöcher passen und gut angezogen sind, so kann die Tragfähigkeit eines solchen verstärkten Balkens nur $\frac{1}{9}$ geringer als die eines vollen Balkens von gleichen Dimensionen, wie beide

Balken zusammen, angenommen werden. Da aber dieser Voraussetzung in den seltensten Fällen entsprochen wird und auch das Schwinden des Holzes nachträgliche Lockerung verursacht, so ist diese umständliche und wenig entsprechende Verstärkung der Hölzer durch neuere, einfache, bessere Konstruktionen nach und nach verdrängt worden.

b) Verdübelung.

Durch die Verdübelung wird einerseits die volle Balkenhöhe ausgenützt und andererseits die Unverschieblichkeit der miteinander verschraubten Balken auf sehr einfache Weise durch Eintreiben von verschiedenen geformten, harten Holzkeilen (Dübeln) in entsprechende Ausnehmungen der Träme erzielt.

Nachdem die Verschiebung zweier aufeinanderliegender, belasteter Balken derart erfolgt, daß die Verschiebung gegen die Enden immer mehr zunimmt, in der Mitte aber gleich Null ist, so sollte man dementsprechend die Dübeln gegen die Enden zu, immer näher aneinanderrücken; in der Praxis aber genügt die Anordnung der Dübeln an den äußeren Balkenvierteln, während in der Mitte die Balken bloß verschraubt werden. Dadurch wird auch der Balken in der Mitte, also in dem am meisten beanspruchten Teile, in seiner vollen Stärke erhalten.

Es können 2 bis 5 Balken durch Verdübelung miteinander verbunden werden, und es empfiehlt sich auch hier, den einzelnen Balken eine Sprengung wie bei der Verzahnung zu geben.

Die Fig. 30, T. 2, zeigt die Verdübelung mit prismatischen Dübeln (Zahndübeln), wobei die $\frac{1}{5}$ Balkenhöhe dicken und eine Balkenhöhe langen Zähne in den äußeren Balkenvierteln in Abständen gleich den beiden Balkenhöhen so eingesetzt werden, daß sich Hirnholz gegen Hirnholz stemmt, nach welcher Richtung die Holzfasern die größte Druckfestigkeit besitzen.

In Fig. 31, T. 2, ist die Verdübelung mit Doppelkeilen (Keildübeln) dargestellt, bei welcher wieder in den äußeren Balkenvierteln in Abständen gleich den beiden Balkenhöhen in rechteckige, $\frac{1}{5}h$ hohe Ausnehmungen harte Doppelkeile eingetrieben werden, nachdem früher die beiden Balken locker verschraubt wurden. Nach dem Eintreiben der Keile werden erst die Schraubenmuttern ganz angezogen.

Gegenwärtig ist die in Fig. 32, T. 2, dargestellte Verdübelung gebräuchlich, bei welcher die Balken mit Zwischenräumen von $\frac{1}{10}h$ übereinandergelegt und durch Schraubenbolzen verbunden werden.

Um dieselben fest anziehen zu können, werden bei den Schraubenbolzen zwischen die Balken Brettstücke eingelegt. Vor dem Eintreiben der Keile sollen sämtliche Verbindungsbolzen nur lose, nach dem Eintreiben der Doppelkeile aber möglichst stark angezogen werden. Für die harten Doppelkeile sind die Löcher $\frac{4}{5}h$ bis h breit und $\frac{3}{10}h$ hoch zu machen.

Diese Konstruktion bezweckt die Gewinnung größerer Balkenhöhen, also auch einer größeren Tragfähigkeit des verstärkten Balkens, und die Möglichkeit eines raschen Austrocknens an den verdübelten Stellen, was bei Trägern, welche im Freien eingebaut werden, für die Dauer des Holzes von großer Wichtigkeit ist.

Ausgeführte Zerbrechungsversuche von verstärkten Trägern haben ergeben, daß die Vermehrung der Reibung zwischen den übereinandergelegten Balken durch festeres Anziehen der Schraubenbolzen zur Verstärkung des Balkens nur wenig beiträgt, daher ist es besser, die Balken nach Fig. 32, T. 2, mit Zwischenräumen aufeinanderzulegen.

c) Klötzeholzträger.

Durch Aufeinanderlegen mehrerer Balken mit größeren Zwischenräumen, in welche von Strecke zu Strecke kurze Balkenstücke — Klötzeln genannt —, teilweise in die Balken versetzt, eingelegt und mit den Balken verschraubt werden,

entstehen die sogenannten Klötzeholzträger (Fig. 33, T. 2). Die Klötzel sind aus dem gleichen Material zu erzeugen wie die Balken und müssen genau in die Balkenausschnitte passen, sind daher etwas größer zu schneiden und genau abzuhobeln. Die einzuhaltenden Dimensionen sind aus der Figur ersichtlich.

Die Vorzüge der Klötzeholzträger gegenüber den verdübelten Balken bestehen darin, daß die Gesamthöhe der Träger größer ist, wodurch ein größeres Tragvermögen bei einfacherer Konstruktion erreicht wird, und daß die durch die Schraubenbolzen unmittelbar festgehaltenen Klötzel sich nicht so leicht lockern können wie die Dübel, welche bloß zwischen den Bolzen angeordnet sind.

d) Armierte Träger.

Durch die Anordnung von eisernen Zugstangen, etwa nach Fig. 34, T. 2, können Balken ein- oder auch mehrmals unterstützt werden, wodurch auch deren Tragvermögen bedeutend erhöht wird. Zum Anspannen der ganzen Konstruktion müssen die Zugstangen an den Enden mit starken Schraubengewinden versehen sein.

4. Verknüpfen der Hölzer.

(Tafel 3.)

Sind zwei oder mehrere Hölzer in sich kreuzender Lage zu verbinden, so nennt man die hierzu erforderliche Holzverbindung Verknüpfung.

Diese kann erfolgen, und zwar durch: a) Überblattung und Überschneidung, b) Verzapfung, c) Versatzung, d) Verkämmung, e) Aufklauung und f) Anschiftung.

a) Die Überblattung.

Bei dieser Verbindung werden gleichstarke Balken je zur Hälfte des Balkenquerschnittes ausgeschnitten und mit den Einschnitten so übereinandergelegt, daß sie bündig, d. h. mit ihren oberen und unteren Flächen in eine Ebene zu liegen kommen. Ungleich starke Hölzer werden so überblattet, daß sie nur mit einer Balkenseite bündig liegen, dabei ist zu beachten, daß das tragende (untere) Holz niemals zu stark ausgeschnitten (geschwächt) werde. Fig. 1 zeigt die volle Überblattung, wenn beide Hölzer über die Verbindungsstelle hinausreichen; Fig. 2 eine solche, wenn das eine Holz bloß anstößt, also in der Verbindung endet, und Fig. 3 eine Ecküberblattung, bei welcher beide Hölzer in der Verbindung enden. Die zwei letzteren Verbindungen müssen zur Verhinderung einer Seitenverschiebung verbohrt werden. Dürfen die zu verbindenden Hölzer nicht um den halben Querschnitt geschwächt werden, handelt es sich also bloß darum, dieselben gegen eine seitliche Verschiebung zu sichern, so werden in jedem Holze nur zirka 4 cm des Querschnittes herausgearbeitet; es entsteht so die teilweise Überblattung (Fig. 4), bei welcher die Hölzer selbstredend nicht bündig liegen können.

Darf ein Holz in seinem Querschnitt gar nicht geschwächt werden, so wendet man die Überschneidung (Fig. 5) an; bei dieser ist nur ein Balken ausgeschnitten und muß einer Verschiebung in der Richtung des ganzen Holzes auf andere Weise vorgebeugt werden, z. B. durch Anordnung eines Schraubenbolzens.

Die hakenförmige Ecküberblattung (Fig. 6) soll gegen ein seitliches Ausweichen der Hölzer sichern; die Abscherungsfläche des eingearbeiteten Hakens ist aber viel zu klein, um einen größeren Zug auszuhalten.

Die Überblattung nach Fig. 7 mit ganzem und nach Fig. 10 und 11 mit halbem Schwabenschwanz sichert gegen das Herausziehen der Hölzer, wird aber meist dennoch verbohrt.

Die schräge Ecküberblattung nach Fig. 8 verhindert das Herausziehen der Hölzer nur nach einer Seite, muß daher verbohrt werden.

Bei dem in Fig. 9 dargestellten *Tirolerschnitt* ist das Herausziehen der Hölzer nach keiner Seite möglich, daher eine Verbohrung überflüssig.

b) Die Verzapfung.

Die Verzapfung wird meistens angewendet, wenn von den zu verknüpfenden Hölzern mindestens eines am Kreuzungspunkte endet. Das anstoßende Holz wird mit einem entsprechend zugearbeiteten Zapfen in ein korrespondierendes Zapfenloch des anderen Holzes gesteckt. Diese Verbindung ist mit Rücksicht auf den meistens kleinen Zapfenquerschnitt in dieser Richtung weniger fest und hat auch den Nachteil, daß sich bei im Freien verwendeten Hölzern in den unteren Zapfenlöchern Wasser ansammeln kann, welches zur raschen Fäulnis des Holzes Anlaß bietet. Gegen seitliche Verschiebung kann die Verzapfung durch Verbohrung, Verschraubung, am besten aber durch eiserne Bänder gesichert werden.

Fig. 12 zeigt den einfachen, geraden Zapfen; er ist $\frac{1}{3}b$ breit und $\frac{1}{3}h$ hoch.

Fig. 13 stellt den zurückgesetzten oder geächselten Zapfen dar, welcher bei Ecken gebraucht wird; derselbe ist so dimensioniert wie der gerade Zapfen; der fehlende Teil des Zapfens bildet in seiner Grundfläche ein Quadrat.

Der Scherzapfen nach Fig. 14 wird häufig zur Verbindung der Dachsparren am First gebraucht. Der Ausschnitt beträgt $\frac{1}{3}$ der Holzbreite und heißt Gurgel, das hineinpassende Stück ist der Zapfen.

Der Kreuzzapfen (Fig. 15) leistet mehr Widerstand gegen Verschiebung und wird $\frac{1}{4}h$ hoch gemacht. Derselbe hat bei Anwendung im Freien den Vorteil, daß er keine Wassersäcke bildet; er wird daher häufig zur Verbindung von Ständern mit Schwellen angewendet.

Der schräge Zapfen (Fig. 16) wird bei Hölzern (Streben u. dgl.), die unter schiefen Winkeln zusammentreffen, gebraucht. Um das etwa eingedrungene Regenwasser aus dem Zapfenloche ableiten zu können, macht man das Zapfenloch nach einer Seite tiefer und bohrt ein Loch nach außen durch.

Fig. 17 zeigt den doppelten, geraden Zapfen, welcher nur bei sehr starken Hölzern verwendet wird.

Der Blattzapfen (Fig. 18) und der Seitenzapfen (Fig. 19) lassen eine gute Verbindung von Ständern mit Schwellen und Kappen zu. Sie werden im Hochbau selten, im Wasserbau öfter angewendet.

Der Jagdzapfen (Fig. 20). Dieser ist sonst gleich dem schrägen Zapfen und wird bei fertig aufgestellten Konstruktionen angewendet, wenn diese durch schräge angeordnete Hölzer (Büge) zu verspreizen sind. Der schräge Zapfen des unteren Endes, des Buges, wird in das entsprechende Zapfenloch gesteckt; der an dem oberen Ende zugearbeitete Zapfen muß nach der Sehne ab eines Kreisbogens zugeschnitten sein, dessen Mittelpunkt in c , dem Endpunkte des anderen Zapfens, liegt und dessen Radius gleich der Länge des Buges ist, damit letzterer durch entsprechende Schläge in das korrespondierende Zapfenloch getrieben (gejagt) werden kann. Eine gute Verbohrung ist für diese Verbindung unerläßlich.

Bei Wasserbauten, wenn es sich darum handelt, Kappen gegen den Auftrieb des Wassers zu sichern, wendet man den sogenannten Grundzapfen (Fig. 21) an; diese Verbindung besteht darin, daß man das Zapfenloch durch die Kappenhöhe reichen läßt, dasselbe nach oben erweitert und den Zapfen durch Eintreiben von Keilen spaltet, so daß derselbe das Zapfenloch ganz ausfüllt.

c) Die Versatzung.

Stößt ein Balken mit dem Hirnholze unter schiefem Winkel an die Langseite eines anderen, so können diese Hölzer statt mit dem schrägen Zapfen, dessen geringer Querschnitt leicht abgeschert werden könnte, durch eine Versatzung ver-

bunden werden, welche außerdem in ihrer Fortsetzung mit dem schrägen Zapfen oder auch mit Bolzen, eisernen Bändern u. dgl. verstärkt werden kann.

Die einfache Versatzung (Fig. 22) wird $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{6} h$ tief gemacht und in der Winkelhalbierung abgeschlossen. Bei spitzen Winkeln muß diese Verbindung unbedingt mittels Klammern oder Schraubenbolzen verstärkt werden, um ein Herausspringen zu verhindern. Die Schraubenbolzen können senkrecht zur schiefen oder horizontalen Balkenrichtung angeordnet werden. Letztere Anordnung ist besser, da die Bolzen hierbei nicht zu sehr in Anspruch genommen und die Hölzer auch in die Verbindung hineingezogen werden.

Bei der einfachen Versatzung mit Zapfen (Fig. 23) ist die Tiefe der Einlassung $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{4}$ der Höhe des versetzten Balkens; der Zapfen wird so dimensioniert, wie dies früher angegeben wurde.

Bei starken Hölzern und kleinerem Neigungswinkel ist als solidere Verbindung die doppelte Versatzung mit oder ohne Zapfen zu empfehlen (Fig. 24). Bei der doppelten Versatzung muß der innere Absatz tiefer liegen. Man macht gewöhnlich $\frac{1}{6} h$ die äußere und $\frac{1}{4} h$ die innere Versatzung, während der eventuelle Zapfen $\frac{1}{3} h$ tief ist und auf $\frac{1}{4} b$ Stärke gearbeitet wird. Das Verstärken der Verbindung mit Schraubenbolzen ist immer notwendig.

Die zurückgesetzte Versatzung mit oder ohne Zapfen nach Fig. 25 wird angewendet, wenn der tragende Balken keinen oder zuwenig Vorkopf besitzt. In der Praxis wird meist nur die rückwärtige Versatzung ausgeführt, die vordere aber weggelassen.

Die Überblattung mit Versatzung nach Fig. 27 ist eine einfache Verbindung, welche hauptsächlich bei einer Kreuzung unter spitzem Winkel gemacht wird. Die Versatzung kann hierbei doppelt oder einfach sein.

d) Die Verkämmung.

Diese Verbindung ist nicht bündig und hat lediglich den Zweck, die Verschiebung von sich kreuzenden Balken zu verhindern. Man macht daher in beiden Balken auf 3 bis 5 cm Tiefe verschiedenartige, ineinander passende Ausschnitte (Kämme). Bei dieser Anordnung können die Balken sich wieder vollkommen kreuzen oder es können ein oder auch beide Balken an der Kreuzungsstelle enden. Die am häufigsten vorkommenden Verkämmungen sind: der gewöhnliche Kamm (Fig. 28), der Kreuzkamm (Fig. 29) und der halbe oder ganze schwalbenschwanzförmige Kamm (Fig. 30), letzterer besonders dann anzuwenden, wenn das aufzukämmende Holz bei der Kreuzung endet. Außer diesen kann man den Kämmen noch verschiedene andere Formen geben.

e) Das Aufklauen.

Dieses ist eine Verbindung der Hölzer, welche eintritt, wenn ein Balken den zweiten an der Kante kreuzt (Fig. 31) oder wenn ein Balken mit seinem Hirnholz auf die Kante eines zweiten Balkens stößt (Fig. 32). Um das Aufspalten der Klaue in Fig. 32 zu verhüten, schaltet man ein gerades Mittelstück, den sogenannten Steg, ein.

f) Das Anschiften.

Diese Verbindung besteht bloß in einem Anschmiegen des Hirnholzes eines Balkens an das Langholz eines anderen Balkens derselben Art (Fig. 33). Die ebene Fläche, an der die Verbindung stattfindet, heißt Schmiegefläche. Eine entsprechende Verstärkung mittels langer Nägel (Schiftnägel), Klammern usw. ist stets notwendig.

Schließlich sei noch die zumeist bei Tramwechseln gebräuchliche, sogenannte Überblattung mit Brüstung erwähnt. Diese Verbindung kann nach

Fig. 34 mit „Rast“, mit „Zapfen“ oder einfach durch schiefen Schnitt erfolgen, muß aber stets mit Klammern, Schienen u. dgl. hinreichend verstärkt werden.

C. Häng- und Sprengwerke.

(Tafel 4.)

Die Häng- und Sprengwerke dienen zur Unterstützung frei aufliegender, langer Balken und zur Übertragung der Belastung auf die Endwiderlager.

Erfolgt diese Unterstützung durch eine oberhalb des Tragbalkens angebrachte geeignete Holzkonstruktion, so daß der Balken an einem oder mehreren Punkten an diese Konstruktion gleichsam aufgehängt erscheint, so entsteht ein H ä n g w e r k. Wird aber der Tragbalken an einem oder mehreren Punkten durch eine unterhalb angebrachte Holzkonstruktion unterstützt, so ist dies ein S p r e n g w e r k.

Erfolgt die Unterstützung des Tragbalkens in beiden Fällen an einem Punkte, so entsteht ein e i n f a c h e s, an zwei Punkten ein d o p p e l t e s und an mehreren Punkten ein z u s a m m e n g e s e t z t e s H ä n g- bzw. S p r e n g w e r k (T. 4, Fig. 1, 4 bis 7 und Fig. 27 bis 29).

Vereinigte Häng- und Sprengwerke nennt man jene Konstruktionen, bei welchen beide kombiniert erscheinen (T. 4, Fig. 2 und 3).

1. Hängwerke.

Das e i n f a c h e H ä n g w e r k (Fig. 1, T. 4) besteht aus den Haupt- oder Bundbalken (Tram) *B*, der Hängsäule *H* und den Streben *S*.

Bei dieser Konstruktion kann sich der Hauptbalken in der Mitte nicht durchbiegen, weil er an die Hängsäule aufgehängt ist und diese wieder durch die beiden Streben an der Abwärtsbewegung gehindert wird. Letzteren gibt man eine Neigung von 30 bis 45° gegen den Bundtram.

Das d o p p e l t e H ä n g w e r k (Fig. 4, T. 4) hat außer dem Hauptbalken *B* und den beiden Streben *S* zwei Hängsäulen *H* und einen Spannriegel *R*. *Brüstriegel*

Das m e h r f a c h e (zusammengesetzte) H ä n g w e r k kann verschieden konstruiert werden. In Fig. 5 besteht es aus zwei einfachen Hängböcken (1, 2, 3, 6 und 3, 4, 5, 7), deren innere Streben sich gegen die Mitte des Bundbalkens stützen und aus einem darüber befindlichen großen, einfachen Bock (*A, B, C, 3*), dessen Hängsäule den Druck von den kleinen (inneren) Streben aufnimmt.

In Fig. 6 ist über einem doppelten Hängwerke (1, 2, 3, 4, 5 und 6) ein einfaches Hängwerk (*A, B, C, D*) angeordnet, dessen Hängsäule aber nur bis zum Spannriegel reicht. Eine solche Konstruktion kann bei einem Dachstuhl vorkommen, woselbst der Spannriegel gleich die Last einer oberen Etage tragen muß.

In Fig. 7 reicht die Hängsäule des großen, einfachen Hängwerkes bis zum Hauptbalken herab, wodurch derselbe in drei Punkten aufgehängt erscheint.

Hängwerke finden im Hochbau häufige Anwendung; man kann Räume von 7 bis 10 *m* mit dem einfachen und bis zu 15 *m* mit dem doppelten Hängwerk überdecken.

D e t a i l v e r b i n d u n g e n b e i m H ä n g w e r k. Die Mittellinien dreier zusammenstoßender Balken sollen tunlichst in einem Punkte zusammentreffen, damit keine Verdrehung derselben stattfinden kann (Fig. 13 *a*, T. 4). Man bezeichnet eine solche Konstruktion als „harmonische Konstruktion“.

a) Die Verbindung der Streben mit dem Hauptbalken kann durch die einfache oder doppelte Versatzung (mit oder ohne Zapfen) erfolgen (Fig. 8, 9, T. 4). Bei starken Hängwerkskonstruktionen wird oft ein Schuh aus hartem Holze am Ende des Bundtrams aufgelegt, mit diesem verdübelt und verbolzt (Fig. 10, T. 4). Dieser Schuh, in welchen die Streben versetzt werden, verhindert