

Struktur erhält. Dieser fugenlose Estrich wird an Ort und Stelle auf feste Unterlagen aufgetragen. Er soll fußwarm und schalldämpfend sein, die glatten Oberflächen gestatten eine leichte Reinigung und verursachen wenig Staubentwicklung. Die Farbe ist grau, kann aber durch Beimengung verschiedener Farbstoffe beliebig gefärbt werden.

## C. Das schwebende Mauerwerk.

(Tafel 13, 14 und 15.)

### 1. Gewölbe.

Unter einem Gewölbe versteht man im allgemeinen eine aus keilförmigen Steinen (Wölbsteinen) zusammengesetzte, frei schwebende Decke über einem von Mauern umschlossenen Raume.

Das Bestreben der Wölbsteine, dem Gesetze der Schwere zu folgen, wird durch die keilförmig anschließenden Nachbarsteine gehindert, und zwar so, daß durch die Schwerkraft aller Wölbsteine eingegen die Enden des Gewölbes zunehmender Druck auf die Nachbarsteine ausgeübt wird, wodurch bei unverrückbaren Auflagern (Widerlagern) das Gewölbe schwebend erhalten bleibt.

Je größer die Spannweite desselben ist, desto größer wird dieser Druck im allgemeinen sein, und je flacher das Gewölbe ist, desto mehr nähert sich die Richtung dieses Druckes der Horizontalen. Das Gewölbe hat somit das Bestreben, die Widerlager seitlich zu verschieben (Gewölbschub).

Jene Mauern, welche die Gewölbe tragen, sind die *Widerlagsmauern*, ihre freie Höhe ist die *Widerlagshöhe*. Die übrigen, bloß die Stirnseiten der Gewölbe abschließenden Mauern werden *Stirn- oder Schildmauern* genannt; wenn statt diesen Mauerbögen vorhanden sind, werden sie *Schild- oder Stirnbögen* genannt.

Außerdem sind bei Gewölben noch folgende Bezeichnungen üblich (Fig. 1, T. 13), und zwar:

Der *Anlauf oder Kämpfer*  $k$  ist der Beginn des Gewölbes, also der Anschluß des letzteren an das Widerlager; die Linie  $kk_1$  heißt *Anlauf- oder Kämpferlinie*.

Die *Spannweite*  $S$  ist die horizontale Entfernung der beiden Widerlager voneinander.

Der *Unterbogen*  $ksk$  ist die innere (konkave) Wölblinie,

Der *Oberbogen*  $ls'l$  ist die äußere (konvexe) Wölblinie.

*Gewölbleibung* nennt man die innere sichtbare Gewölbsfläche.

*Gewölbrücken* nennt man die äußere Gewölbsfläche.

*Gewölbstirne* nennt man die Ansichtsflächen des Gewölbes an den Enden desselben.

*Gewölbachse* ist die Linie, welche alle Mittelpunkte der Unterbögen verbindet.

*Gewölbscheitel*  $s$  ist der höchste Punkt der Unterbögen.

*Gewölbschluß*  $s'$  ist der höchste Punkt des Oberbögen; die durch  $s$  bzw.  $s'$  parallel zur Gewölbsachse gezogene Linie heißt die *Scheitel- bzw. Schlußlinie*.

Die *Pfeil- oder Stichhöhe*  $ms$  ist die vertikale Entfernung der Anläufe vom Scheitel.

Die *Gewölbdicke* ist die radiale Entfernung des Oberbögen vom Unterbogen, und zwar ist  $D$  die Dicke am Anlaufe und  $d$  die Dicke am Schlusse; gewöhnlich ist  $D$  größer als  $d$ .

Der *Gewölbfuß* (Fuß) ist der untere Teil des Gewölbes, welcher häufig als gerades Mauerwerk mit Überkragung ausgeführt wird (z. B. Fig. 30, T. 13).



Schneidet man ein volles Tonnengewölbe durch zwei lotrechte Ebenen in der Richtung der Diagonalen des überwölbten Raumes, also nach  $a b$  und  $c d$  (Fig. 7, T. 13), so wird das Tonnengewölbe in 4 Teile geteilt, von denen die zwei an den Stirnseiten liegenden Teile  $K K a p p e n$  und die zwei anderen an den Widerlagsseiten liegenden Teile  $W W a n g e n$  heißen. Aus solchen Wangen und Kappen können die verschiedenartigsten, im folgenden aufgeführten Gewölbe zusammengesetzt werden.

b) Das  $K r e u z g e w ö l b e$  (Fig. 8, T. 13); dasselbe entsteht, wenn vier Kappen so zusammenstoßen, daß sich die Scheitellinien in einem Punkte schneiden. Die sich an den Zusammenstößen bildenden Kanten heißen  $G r a t e$ . Dieses Gewölbe hat keine Kämpferlinien, sondern nur 4 Kämpferpunkte  $a, b, c, d$ , auf denen es ruht. Es wird daher auch zur Überwölbung von Räumen angewendet, die keine durchlaufenden Widerlagsmauern haben oder wenn diese zu schwach sind. Am häufigsten wird dieses Gewölbe über größeren Räumen in Kirchen, Vestibülen u. dgl. ausgeführt; die Kämpferpunkte müssen dann durch entsprechend starke Pfeiler unterstützt werden, die durch Gurten miteinander verbunden werden.

Das Kreuzgewölbe kann auch aus drei oder aus mehr als vier Kappen von beliebiger Spannweite über Räumen von verschiedenen (regelmäßigen und unregelmäßigen) Grundrißformen ausgeführt werden.

Bei der Kreuzung von 2 Tonnengewölben unter einem beliebigen Winkel sowie beim Zusammentreffen von 3 Tonnengewölben (Fig. 9, 10 und 11, T. 13) entstehen, wenn die Scheitellinien sich in einem Punkte schneiden, ebenfalls Kreuzgewölbe.

c) Das  $S t e r n g e w ö l b e$  (Fig. 12, T. 13) entsteht, wenn in dem Skelett des Kreuzgewölbes, d. h. zwischen die  $G r a t e$  oder Rippen desselben, noch weitere Kappen eingeteilt werden. Durch eine reichere und verschiedenartige Kombination der Sterngewölbe entstehen die sogenannten  $N e t z g e w ö l b e$ , welche im gotischen Kirchenbau umfangreiche Anwendung finden.

d) Das  $K l o s t e r g e w ö l b e$  (Fig. 13, T. 13) entsteht, wenn Wangen mit den Graten so zusammenstoßen, daß die Scheitelpunkte und Widerlagslinien in gleiche Höhe zu liegen kommen. Dieses Gewölbe hat in seiner Umgrenzung eine durchlaufende Kämpferlinie, kann daher nur über Räumen hergestellt werden, bei welchen alle Umfassungsmauern als Widerlager, d. h. entsprechend kräftig ausgebildet sind. Das Klostersgewölbe kann aus drei oder mehreren Wangen bestehen, an deren Zusammenstößen sich einwärts springende Kantenwinkel, Kehlen oder Ixen genannt, bilden. Diese Gewölbe lassen sich über regelmäßigen und unregelmäßigen Grundrissen ausführen; der Scheitelpunkt liegt dabei immer über dem Schwerpunkt der Grundrißfigur.

e) Das  $K u p p e l g e w ö l b e$  ist jenes Gewölbe, dessen Leibungsfläche eine Rotationsfläche ist, also z. B. eine Halbkugel, ein Kugelabschnitt oder ein Halbellipsoid. Je nach der Form der Kuppel unterscheidet man wieder das Halbkugelgewölbe, das flache und das überhöhte Kuppelgewölbe.

Die Hälfte eines Kuppelgewölbes nennt man  $C h o r g e w ö l b e$ . Kleinere Chorgewölbe, welche über Nischen u. dgl. ausgeführt werden, heißen  $N i s c h e n g e w ö l b e$ .

f) Wird ein volles Halbkugel- oder ein volles elliptisches Kuppelgewölbe durch vertikale Ebenen so geschnitten, daß eine quadratische, rechteckige oder polygonale, in der Kämpferlinie des Kuppelgewölbes eingeschriebene Grundrißform entsteht, so erhält man das  $b ö h m i s c h e P l a t z e l$  oder  $K u p p e l p l a t z e l$  oder  $b ö h m i s c h e G e w ö l b e$ , auch  $b ö h m i s c h e K a p p e$  genannt (Fig. 14, T. 13). Nachdem die Anlaufkurve in der Figur, z. B. durch vier sich berührende vertikale Ebenen abgeschnitten ist, bleiben für das Gewölbe nur 4 Kämpferpunkte  $a, b, c, d$  zur Unterstützung desselben übrig. (So wie beim Kreuzgewölbe.)

In diesen müssen dann entsprechend kräftige Pfeiler angeordnet werden, welche ebenso wie beim Kreuzgewölbe durch Gurten miteinander verbunden werden.

Die Stirnflächen erscheinen hier als Halbkreise oder Ellipsen, je nach der Form des Kuppelgewölbes, aus dem das Platzel herausgeschnitten ist. Die Tangenten an den Anlaufpunkten sind lotrecht.

g) Wird ein flaches Kuppelgewölbe durch ebensolche vertikale Ebenen geschnitten, so entsteht das *preußische Platzelgewölbe* (Fig. 15 a und b, T. 13), welches ebenfalls nur Kämpferpunkte zur Unterstützung hat, bei dem aber die abgeschnittenen Stirnflächen nur als Segmentbögen erscheinen, daher auch die Tangenten in den Anlaufpunkten nicht lotrecht sein können.

h) Denkt man sich bei einem böhmischen Platzelgewölbe in der Scheitelhöhe der Stirnflächen einen horizontalen Schnitt geführt und auf diesen eine volle Kuppel oder einen Zylinder und auf diesen eine Kuppel oder Flachkuppel aufgesetzt, so erhält man die *Hängekuppel* bzw. die *Kuppel mit aufgesetzter Laterne* (Fig. 16, T. 13).

i) Schließt man ein über einer rechteckigen Grundfläche ausgeführtes Tonnengewölbe auf beiden Stirnseiten durch 2 Walme (Wangen) ab, so entsteht das *Muldengewölbe* (Fig. 17, T. 13). Dasselbe hat wie das Klostergewölbe in seiner Umgrenzung eine durchlaufende Kämpferlinie und erfordert daher die Anwendung von Widerlagsmauern an der ganzen Umfassung; mit Rücksicht auf den großen Seitenschub kommen hier nie flache Bögen, sondern nur Halbkreise oder Kolbbögen vor. Muldengewölbe können über rechteckigen und trapezförmigen Grundflächen hergestellt werden.

k) Wird das Kloster- oder Muldengewölbe unterhalb seines Scheitels durch eine wagrechte Ebene geschnitten und dieser Abschnitt durch ein horizontales, also scheinrechtes Gewölbe ersetzt, so entsteht das *Spiegelgewölbe* (Fig. 18, T. 13), ein sehr schönes Gewölbe, das aber nicht belastet werden darf.

l) *Schilder* und *Ohren* (Fig. 19 und 20, T. 13) sind kleinere Gewölbeabzweigungen, welche einen Gewölbschenkel des Hauptgewölbes bis zur Leibung durchschneiden. Die Abzweigungen können sowohl horizontal unter einem beliebigen Winkel als auch steigend oder fallend gemacht werden.

Schilder werden zumeist bei Kellerfenstern, Nischen u. dgl. angebracht. Ohren oder Stichkappen werden diese Abzweigungen speziell dann genannt, wenn sie nur Anlaufpunkte haben (Fig. 20, T. 13).

m) *Konische Gewölbe* (Fig. 21, T. 13). Das sind zumeist kurze Gewölbe mit kegelförmiger Leibung, also Gewölbe über einem viereckigen Raume mit verschieden großer Spannweite. Am häufigsten benützt man sie bei spalettierten Toren, Türen und Fenstern und da zumeist mit geneigten Achsen.

### *Die Ausführung der Gewölbe.*

#### a) *Herstellung der Eingerüstung.*

Die meisten Gewölbearten bedürfen während ihrer Ausführung einer künstlichen Unterlage an der Leibungsfläche. Diese Unterlage wird gewöhnlich aus Brettern oder Pfosten gebildet, welche auf den sogenannten Lehrbögen ruhen, die ihrerseits wieder von einer aus entsprechend starken Balken hergestellten Gerüstung getragen werden.

Diese Unterstützung, welche dem Gewölbe die Form gibt und dasselbe bis nach der Vollendung zu tragen hat, heißt *Lehrgerüst* und wird gewöhnlich von den zur Herstellung der Gerüste bestimmten Arbeitern, den Gerüstern, und nur bei größeren Gewölben, bei denen Holzverbindungen notwendig sind, von Zimmerleuten ausgeführt. Die Art und Weise der Konstruktion derselben ist je nach der Gewölbsform, Spannweite und Belastung verschieden.

Die *Lehrbögen* werden auf einem hierzu hergerichteten horizontalen Bretterboden — Reißboden genannt — hergestellt, indem man den Bogen in Naturgröße aufzeichnet und darnach aus Brettern oder Pfosten ausschneidet. Die hierzu erforderlichen Daten (Spannweite, Pfeilhöhe und Radius) werden den Plänen entnommen, welche dementsprechend kotiert sein müssen.

Volle Bögen und Segmentbögen werden z. B. nach Fig. 22, T. 13, mittels einer Latte, auf welcher die Länge der betreffenden Radien und das Zentrum markiert sind, mit einem starken Bleistifte auf dem Reißboden direkt vorgezeichnet.

Die Lehrbögen für die Grate, welche Ellipsen sind, werden aus den normalen Bögen abgeleitet und auch in Naturgröße konstruiert.

Lehrbögen für schwere Gewölbe sind, mit Rücksicht auf die voraussichtliche Setzung der Gewölbe, am Scheitel entsprechend höher zu machen. Jeder Lehrbogen muß um die Dicke der Einschalungsbretter kleiner ausgeschnitten werden als der aus den Plänen entnommene normale Bogen.

Die Anfertigung der Lehrbögen ist je nach der Form und Größe derselben verschieden. Für flache Segmentbögen wird ein der Stichhöhe entsprechend breites, bis 4 *cm* dickes Brett nach dem gewünschten Bogen derart zugeschnitten, daß es an den Enden noch 3 bis 5 *cm* hoch bleibt (Fig. 22, T. 13). Für größere Gewölbe legt man einige Bretter oder Pfosten dicht nebeneinander (Fig. 23 und 24, T. 13), schneidet sie nach dem gegebenen Bogen zu und verbindet sie mit schmalen Brett- oder Lattenstücken derart, daß zwischen ihnen keine Fugen bleiben, denn sonst könnten bei größerer Belastung leicht nachteilige Setzungen eintreten. Für stärkere Lehrbögen kann man auch zwei sich kreuzende Brettlagen übereinander anordnen.

Für sehr große Bögen ist es ökonomischer, Bohlenbögen (Fig. 25, T. 13) anzuwenden. Hierzu werden, nachdem der Bogen am Reißboden vorgerissen ist, kürzere, zirka 4 *cm* dicke Brettstücke an den Stirnseiten radial zusammengepaßt und längs der Bogenlinie so gelegt, daß sie diese an der Leibung tangieren. Auf diese zusammengepaßten Brettstücke wird eine zweite, ganz gleich konstruierte Lage, jedoch voll auf Fug gelegt. Beide Lagen werden dann mit langen schmiedeeisernen Nägeln zusammengenagelt und die Nagelspitzen umgebogen. Die über den Bogen hinausragenden Teile der Brettstücke werden sodann abgeschnitten. Die unteren Enden der Bohlenbögen werden mit einer entsprechend aufgenagelten Latte verbunden, damit die richtige Spannweite unverändert erhalten bleibt.

Je nach der Größe der Spannweite und Belastung durch die Gewölbekonstruktion wird man die Lehrbögen entweder bloß an zwei oder auch an mehreren Punkten untersützen. Mitunter wird sogar eine Unterstützung mittels Sprengwerken notwendig sein. Die Lehrbögen müssen auf starke Keile gestellt werden, wodurch ein Heben und Senken der ganzen Einschalung ermöglicht wird.

Je nach der Schwere des Wölbungsmaterials wird sich jedes Gewölbe samt den Lehrgerüsten mehr oder weniger senken. Auf diese voraussichtliche Senkung muß Bedacht genommen werden dadurch, daß man sowohl die Lehrbögen, wie bereits erwähnt, um die voraussichtliche Setzung höher erzeugt als auch die ganze Eingerüstung von Haus aus etwas höher stellt.

Die Unterstützung der Lehrbögen erfolgt nach Fig. 23 bis 25, T. 13, durch längs den Widerlagern unter der Kämpferlinie angeordnete Kanthölzer (Pfetten), die so tief angebracht werden, daß zwischen der oberen Fläche derselben und den richtig gestellten Lehrbögen noch ein Zwischenraum von etwa 4 *cm* für die erforderlichen Keile bleibt. Diese Pfetten werden durch zirka 2 bis 4 *m* voneinander entfernte Ständer unterstützt, welche bis zum Boden herabreichen und dort auf einem Brettstück oder auf einem durchlaufenden Schweller stehen, damit sie nicht in den Boden einsinken.

Bei Gewölben mit größeren Spannweiten (über 3 *m*) und schweren Wölbsteinen werden die Lehrbögen überdies auch in der Mitte auf die gleiche Art unterstützt (Fig. 23, T. 13).

Die Lehrbögen werden senkrecht zur Gewölbeachse angeordnet, zirka 1 m voneinander entfernt auf die Pfetten gestellt und ober denselben mit je zwei starken, am besten harten Holzkeilen unterlegt. Sie werden anfänglich durch Latten gegeneinander und gegen die Pfetten verspreizt. Sobald die Lehrbögen richtig gesetzt sind, wird die Einschalung derselben von beiden Widerlagern aus begonnen und gleichmäßig bis zum Scheitel fortgeführt. Zwischen den Schalbrettern läßt man zirka 1 m breite Fugen, damit dieselben bei Befeuchtung genügend Raum zur Ausdehnung haben.

Bei Bohlenbögen (Fig. 25, T. 13) ist ebenfalls eine Unterstützung in der Mitte notwendig; bei sehr großen Spannweiten sind sogar oft mehrfache und komplizierte Unterstützungen erforderlich, die aber nicht bis zum Boden herabzureichen brauchen, sondern auf unter den Pfetten angebrachten Kappen ruhen und senkrecht zur Leibung, also radial gestellt werden (Fig. 25, T. 13).

Nach vollständiger Einschalung der Lehrbögen werden alle Keile gehörig angezogen, bis der Gewölbscheitel und die Leibung durchaus in die richtige Höhe gebracht sind.

Die vorbeschriebenen Eingerüstungen werden zumeist nur für Tonnengewölbe benützt. Bei Kreuz- und Kloostergewölben stellt man durchlaufende Lehrbögen nur in den Graten auf, während die übrigen an diese angeschifft und mit Pfetten und Säulen unterstützt werden.

Die im Grundrisse kreisrunden Kuppelgewölbe erfordern kein derartiges Lehrgerüste, da kein Seitenschub aufzuheben ist, man bedient sich hier nur eines um die vertikale Achse drehbaren Bohlenbogens, der bloß die Form des Gewölbes anzugeben braucht. Bei anderen Grundrißformen und bei größeren Kuppeln wird ein leichtes Lehrgerüste verwendet, welches aber bloß die Gewölbeform angibt.

Bei kleinen Halbkugelgewölben wird, wie Fig. 26, T. 13, zeigt, im Zentrum der Gewölbemittelpunkt mit einem Nagel fixiert und daran eine Latte befestigt, welche dem Halbmesser der Kugel entspricht; diese Latte bezeichnet sowohl die Gewölbeleibung (mit ihrem freien Ende) als auch die Richtung der Lager- und Stoßfugen, welche bei diesem Gewölbe stets in der Richtung des Radius liegen müssen. Zum Festhalten des ersten Steines eines jeden Ringes wird am Gewölberücken eine Schnur befestigt, welche über die Lagerfläche gegen den inneren Raum herabgezogen und mit einem Stein beschwert wird.

Die böhmischen und preußischen Platzelgewölbe werden zumeist ohne Lehrgerüste hergestellt, indem man die Anlauflinien an den Wänden durch Latten oder Lehrbögen vorzeichnet und die Gewölbe dortselbst in vertiefte Schmatzen eingreifen läßt oder an Gewölbfüßeln ansetzt. Zur Bestimmung der Leibungsfläche bedient man sich hierbei einfacher Lehren oder man spannt in der diagonalen Richtung des Raumes Lehrbögen.

Die flachen Tonnengewölbe mit geringeren Spannweiten werden im Hochbau größtenteils mit ringförmigen Ziegelscharen so gewölbt, daß eine durchlaufende Eingerüstung nicht notwendig ist. Man bedient sich dabei der sogenannten Rutschbögen (Fig. 27, T. 13), das sind flache Lehrbögen, welche entweder in am Widerlager ausgesparten horizontalen Mauerschlitzen *a* (Fig. 27, T. 13) oder an daselbst befestigten Latten *b* aufliegen und nach Schluß eines jeden einzelnen Ringes um die Ziegeldicke vorgeschoben werden.

Alle Lehrgerüste für die im Hochbau vorkommenden Gewölbe werden ohne Holzverbindungen gemacht, die Hölzer stoßen einfach stumpf zusammen und werden mit Gerüstklammern entsprechend verbunden. Lehrgerüste für große Gewölbe, wie bei Brücken, Kirchen u. dgl., erfordern eine solide Ausführung mit Holzverbindungen, wobei auch Schraubenbolzen zur Verstärkung angewendet werden. Derartige Gerüste werden nach Detailzeichnungen nach den Regeln für Zimmermannsarbeiten ausgeführt.

## b) Herstellung des Gewölbmauerwerkes.

Die Gewölbe können ebenso wie das gerade Mauerwerk aus Ziegeln, Bruchsteinen, Quader- oder Werksteinen und aus Stampfbeton hergestellt werden. Die Wahl des Materials hängt vielfach davon ab, ob das Gewölbe bloß die Decke bildet oder auch die Belastung eines Bodens zu tragen hat.

Deckengewölbe allein (z. B. beim Kirchenbau) kann man aus leichtem Material (porösen Ziegeln oder Hohlziegeln) herstellen. Sind Gewölbe auch bestimmt, Fußböden zu tragen, die wenig belastet werden, so macht man sie aus Ziegeln, eventuell aus Hohlziegeln. Bei stark belasteten Gewölben wird man aber stets hartgebrannte Ziegel, lagerhafte Steine oder Beton anwenden.

Für den Verband des Gewölbmauerwerkes gelten im allgemeinen dieselben Regeln wie für das gerade Mauerwerk. Von besonderer Wichtigkeit ist die Richtung der Lagerfugen, welche senkrecht zur Gewölbleibung stehen sollen. Am geeignetsten sind also keilförmige Steine, in Ermangelung derselben können jedoch gewöhnliche, gut gebrannte Ziegel, dann lagerhafte, leichte, jedoch feste Bruchsteine verwendet werden. Quader- oder Werksteine werden nur bei sehr wichtigen Gewölben (bei Brücken usw.) verwendet.

Für die Ausfüllung der Stoß- und Lagerfugen mit Weißkalk-, Romanzement- oder Portlandzementmörtel gelten im allgemeinen dieselben Bestimmungen wie beim geraden Mauerwerk. Auf die Güte des Mörtels muß beim Gewölbmauerwerk, namentlich bei Verwendung von weniger lagerhaftem Bruchstein, ein besonderer Wert gelegt werden.

Gewölbe können aber, wie erwähnt, auch aus Stampfbeton hergestellt werden, besonders wenn die Betonmaterialien billiger zu beschaffen sind und auch die sonstigen Verhältnisse dafür sprechen. Betongewölbe mit Eiseneinlagen gestatten die Ausführung sehr flacher und tragfähiger Gewölbe.

Für besonders flache Gewölbedecken werden auch eigens geformte Ziegel (Falzziegel) verwendet. (Siehe Deckenkonstruktion.)

1. Die Widerlagsmauern. Die Widerlager bilden einen wichtigen Teil jeder Gewölbekonstruktion, da sie nicht nur die Last des Gewölbes und die demselben durch die Benützung aufgebürdete Last (Nutzlast) zu tragen, sondern auch den Seitenschub (Gewölbeschub) auszuhalten haben, welcher um so größer ist, je flacher der Gewölbebogen wird. Um diesem Seitenschube entsprechend entgegenwirken zu können, müssen die Widerlagsmauern genügend stark und die Anläufe (Kämpfer) besonders solid gemauert werden.

Bei Bestimmung der Widerlagsstärke ist die Höhe der Mauern, deren Belastung und eine eventuell mögliche Erschütterung des Gewölbes in Betracht zu ziehen.

Dient eine Mauer als gemeinsames Widerlager für zwei nebeneinander ansetzende Gewölbe, so wirkt dem Seitenschube des einen Gewölbes der des anderen entgegen, so daß derselbe bei gleicher Spannweite sowie gleicher Bogen- und Anlaufhöhe gänzlich aufgehoben wird und nur mehr eine vertikale Belastung der Mauer eintritt. So eine Mauer, welche dann ein „gemeinsames Widerlager“ genannt wird, kann mit Rücksicht auf die nur vertikale Belastung schwächer als die Endwiderlager gehalten werden.

Durch außen angeordnete sogenannte Strebepfeiler, welche in Entfernungen von 3 bis 6 m, z. B. häufig bei Kirchen, angeordnet werden, wird die Widerlagsmauer verstärkt, so daß man sie bedeutend geringer dimensionieren kann.

Graphisch kann man die Widerlagsstärken nach Durant wie folgt bestimmen (Fig. 29 a, T. 13): Den Unterbogen teilt man in drei gleiche Teile, zieht vom Anlauf zum ersten Teilstrich die Sehne, verlängert sie unter dem Anlauf noch um die eigene Länge und bringt die Wagrechte durch den Anlauf mit der Lotrechten am Ende der verlängerten Sehne zum Schnitt; das vom Anlauf bis zur Lotrechten reichende Stück der Wagrechten gibt dann die Widerlagsstärke an. Führt man

einige derartige Konstruktionen für die gleiche Spannweite aus, so wird man graphisch zu dem Resultat kommen, daß, je flacher der Bogen, je geringer also die Stichhöhe, desto größer die Widerlagsstärke sein muß (Fig. 29 *b* und *c*, T. 13).

Bei Bestimmung der Widerlagsstärken ist auch die Belastung der Widerlager durch die nach oben fortgeführten Mauern in Betracht zu ziehen. Durch eine hinreichende Belastung der Endwiderlager kann die Stärke derselben bedeutend vermindert werden.

Für die im Hochbau gebräuchlichen Widerlagsstärken enthält die folgende Tabelle für verschiedene Gewölbekonstruktionen die erforderlichen Daten in Teilen der Spannweite ausgedrückt, und zwar für belastete und unbelastete Endwiderlager.

Die aus dieser Tabelle gewonnenen Dimensionen der Widerlager werden mit Rücksicht auf die Ziegeldimensionen auf ein Vielfaches von 15 abgerundet; bei den Gewölbestärken auf ein Vielfaches von 7·5, nachdem für Gewölbe auch  $\frac{3}{4}$ -Ziegel fabriziert werden.

Zur Verstärkung der Gewölbewiderlager tragen auch die Gewölbefüßel bei, weil sie als Fortsetzung der Widerlagsmauern durch Überkragung des geraden Mauerwerks in den einzuwölbenden Raum hineinragen und so die unteren Teile der Gewölbe bilden, wodurch also nicht nur die Widerlagsmauer verbreitert, sondern auch die Gewölbespannweite verkürzt erscheint. Es ist jedoch nicht gebräuchlich, diesen Umstand bei Bestimmung der Widerlagsstärken in Berücksichtigung zu ziehen.

Tabelle über Widerlagsstärken.

| Bei folgenden Gewölbearten,<br>und zwar bei:   | Gewölbestärke<br>im Scheitel | Widerlagsstärke bei                    |  | Anmerkung  |
|--|------------------------------|--|--|--|
|  |                              | unbelasteten                           | belasteten   |  |
|  |                              | 2·50 bis 3·00 m hohen<br>Widerlagern*) |  |  |
|  |                              | (oberstes<br>Geschoß)                  | (unterstes<br>Geschoß)                             |  |
| in Teilen der Spannweite   |                              |  |  |  |
| Vollen Tonnengewölben . . . . .  | $\frac{1}{40}$               | $\frac{1}{4}$                          | $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{6}$                      | *) Bei mehr als 3·00 m hohen Widerlagern sind die angegebenen Mauerstärken noch um $\frac{1}{10}$ — $\frac{1}{8}$ der Widerlagshöhe zu vergrößern, so daß z. B. ein volles, unbelastetes Tonnengewölbe mit 6·00 m hohen Widerlagern und 3·60 m Spannweite eine Widerlagsstärke von $\frac{3·60}{4} + \frac{6·00}{10} = 1·50$ m erhalten müßte. |
| Flachen Tonnengewölben mit mindestens $\frac{1}{4}$ der Spannweite zur Pfeilhöhe . . . . . | $\frac{1}{30}$               | $\frac{3}{10}$                         | $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$                      |  |
| Flachen Tonnengewölben mit mindestens $\frac{1}{8}$ der Spannweite zur Pfeilhöhe . . . . . | $\frac{1}{20}$               | $\frac{1}{3}$                          | $\frac{3}{10}$ — $\frac{1}{4}$                     |  |
| Scheitrechten Tonnengewölben . . . . .   | $\frac{1}{15}$               | $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$          | $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$                      |  |
| Klostergewölben . . . . .  | $\frac{1}{40}$               | $\frac{1}{6}$                          | $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{7}$                      |  |
| Böhmischen und Preußischen Platzelgewölben . . . . .                                       | $\frac{1}{30}$               | $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{4}$          | $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$                      |  |
| Kuppelgewölben . . . . .   | $\frac{1}{50}$               | $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{9}$          | $\frac{1}{9}$ — $\frac{1}{12}$                     |  |
| Kreuzgewölben . . . . .  | $\frac{1}{40}$               | $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{6}$          | $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{7}$<br>der Raumdiagonale |  |

Die Gewölbeanläufe und die Gewölbefüßel sind besonders solid herzustellen; bei Verwendung von Bruchstein müssen die Anlaufsteine ein volles Profil erhalten, bei dem keine spitzen Winkel vorkommen dürfen. Auch bei Ziegelmauerwerk sind spitze Winkel tunlichst zu vermeiden.

Die Fig. 30, 31 und 32, T. 13, geben Beispiele für die Anordnung, Fig. 33 für die Detailausführung verschiedener Anläufe und Gewölbefüßel. Aus Fig. 30 geht hervor, daß bei gemeinschaftlichen Widerlagern und vollen Bögen Gewölbefüßel in dem Falle notwendig sind, wenn die Mauer nach oben fortgesetzt wird, um für diese Fortsetzung die nötige Basis zu schaffen. Bei größeren Gewölbedicken können die Füßel auch in 2 Stufen ausgeführt werden (Fig. 33 *a*, *b* und *c*), um sie nicht zu weit überkragen zu lassen.

Zum Mauern der Gewölbefüßel bedient man sich entsprechender Schablonen aus Brettern (Fig. 30 *a*, T. 13), welche entweder an die Mauer befestigt oder auf eine daselbst angebrachte Latte gestellt, bzw. längs derselben bewegt werden.

Die Anwendung der Gewölbefüßel ist bei Hochbauten von besonderem Vorteil, weil man alle Mauern bis auf ihre volle Höhe aufmauern kann und die Gewölbe erst nachträglich, nachdem die Mauern die unvermeidlichen Setzungen durchgemacht haben, unter dem Schutze des Daches herzustellen in der Lage ist.

2. Das G e w ö l b e m a u e r w e r k (T. 14). Die Gewölbe übertragen ihre eigene und die ihnen eventuell aufgebürdete Last in der Weise auf die Widerlager, daß das Gewölbematerial nicht auf Biegung, sondern auf Druck in Anspruch genommen wird. Der Druck pflanzt sich von den oberen auf die unteren Wölbsteine bis auf das gerade Mauerwerk fort, wie dies in Fig. 1, T. 14, skizziert ist. Indem man die Lagerfugen der Gewölbesteine senkrecht auf die Richtung dieses Gewölbedruckes stellt, ergeben sich keilförmige Gewölbesteine. Nachdem der Gewölbedruck gegen die Widerlager immer mehr zunimmt, so wird auch die Gewölbestärke im allgemeinen gegen die Anläufe zunehmen müssen.

Man kann die Stärke der Gewölbe graphisch nach Fig. 2, T. 14, bestimmen, und zwar: Der untere Bogen wird in eine Anzahl beliebig gleicher Teile geteilt, durch die Teilungspunkte werden die Radien und Vertikalen nach aufwärts gezogen, die Gewölbestärke am Scheitel *s* (siehe Tabelle über Gewölbestärken) auf diese Vertikale nach aufwärts aufgetragen und durch die erhaltenen Punkte *s* Horizontale bis zu den verlängerten Radien gezogen; die so erhaltenen Schnittpunkte geben den Lauf des Oberbogens. Bei vollen Bögen läßt sich die gegen den Anlauf zunehmende Dicke des Gewölbes nach Fig. 3, T. 14, dadurch konstruieren, daß man je nach der Güte des Materials und dem Gewölbedruck den Mittelpunkt *m* für den Oberbogen  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{4}$  *r* herabsetzt, am Scheitel die Gewölbedicke nach der Tabelle aufträgt und mit dem entsprechend größeren Radius den Oberbogen zieht.

Quader-, Bruchstein- oder Betongewölbe können ohneweiters nach dem so ermittelten Querschnitte hergestellt werden, während bei Ziegelgewölben ein lästiges und verschwenderisches Zuhauen der Ziegel am Gewölberücken eintreten müßte. Dies zu vermeiden, wird man die Verstärkung gegen die Anläufe nur in Absätzen von  $\frac{1}{2}$  oder  $\frac{1}{4}$  Ziegellängen vornehmen, und zwar wird die erste Stufe dort beginnen, wo eine durch den Scheitel gezogene Horizontale *s* bis *s*<sup>1</sup> (Fig. 30, T. 13) den Oberbogen schneidet. Ist nach der graphischen Ermittlung noch eine zweite Verstärkungsstufe notwendig, so wird diese in die Mitte zwischen der ersten Stufe und dem Anlaufe angeordnet.

Aus nebenstehender Tabelle sind die Gewölbestärken für verschiedene Gewölbe-konstruktionen, in Ziegellängen ausgedrückt, zu entnehmen.

Gewölbe aus Bruchsteinen müssen wegen der geringen Lagerhaftigkeit der Steine am Schlusse mindestens 30 *cm* dick sein, sonst können die Stärken jenen der Ziegelgewölbe angepaßt werden.

Bei Betongewölben kann man die Tragfähigkeit durch Einlegen von Eisenrippen (System M o n i e r) bedeutend erhöhen.

Der V e r b a n d für die Ziegelgewölbe kann wie beim geraden Mauerwerk nach verschiedenen Verbandarten durchgeführt werden.

Bruchstein- und Quadermauerwerk werden nach denselben Grundsätzen (voll auf Fug), letzteres jedoch mit etwas engeren Fugen ausgeführt.

Tabelle über Gewölbestärken.

| Gewölbeart   |                                      |           | Spannweite<br>in <i>m</i> | Stärke im Gewölb-            |                |                   |                              |               |                   | Anmerkung   |  |  |
|--|--------------------------------------|-----------|---------------------------|------------------------------|----------------|-------------------|------------------------------|---------------|-------------------|---|--|--|
|  |                                      |           |                           | Schlusse bei                 |                |                   | Anläufe bei                  |               |                   |   |  |  |
|  |                                      |           |                           | überhöhten<br>oder<br>Spitz- | vollen         | Segment-          | überhöhten<br>oder<br>Spitz- | vollen        | Segment-          |   |  |  |
|  |                                      |           |                           | Bögen                        |                |                   |                              |               |                   |   |  |  |
|  |                                      |           |                           |                              |                | in Ziegellängen   |                              |               |                   |   |  |  |
| Tonnen-<br>gewölbe   | im oberen                            | Geschoß   | bis 4                     | .                            | $\frac{1}{2}$  | $\frac{1}{2}$     | .                            | $\frac{3}{4}$ | $\frac{3}{4}$ —1  | Bis auf die<br>Beton-<br>tonnen-<br>gewölbe sind<br>hier nur<br>Ziegel-<br>gewölbe<br>gemeint |  |  |
|  | im unteren<br>(Keller-)              |           | bis 4                     | .                            | $\frac{3}{4}$  | $\frac{3}{4}$     | .                            | 1             | 1— $1\frac{1}{2}$ |   |  |  |
|  | aus Beton                            |           | bis 3                     | .                            | .              | 7 <i>cm</i>       | .                            | .             | 10 <i>cm</i>      |   |  |  |
|  |                                      |           | bis 4                     | .                            | .              | 9 <i>cm</i>       | .                            | .             | 12 <i>cm</i>      |   |  |  |
|  |                                      |           | bis 5                     | .                            | .              | 12 <i>cm</i>      | .                            | .             | 15 <i>cm</i>      |   |  |  |
| Gurten oder Ramenatbögen   |                                      |           | 2                         | $\frac{1}{2}$                | 1              | $1\frac{1}{2}$    | wie im<br>Gewölbschlusse     |               |                   |   |  |  |
|  |                                      |           | 2—3·5                     | 1                            | $1\frac{1}{2}$ | $1\frac{1}{2}$ —2 |                              |               |                   |   |  |  |
|  |                                      |           | 3·5—5·5                   | $1\frac{1}{2}$               | 2              | 2— $2\frac{1}{2}$ |                              |               |                   |   |  |  |
|  |                                      |           | 5·5—8·5                   | $1\frac{1}{2}$ —2            | $2\frac{1}{2}$ | $2\frac{1}{2}$ —3 |                              |               |                   |   |  |  |
| Kreuz-<br>gewölbe  | in den Kappen                        |           | bis 6                     | $\frac{1}{2}$                |                |                   | wie im<br>Gewölbschlusse     |               |                   |   |  |  |
|  | in den Graten                        |           |                           | 1                            |                |                   |                              |               |                   |   |  |  |
| Platzel-<br>gewölbe  | mit $\frac{1}{10}$<br>Pfeil-<br>höhe | leichtere | bis 5                     | $\frac{1}{2}$                |                |                   | wie im<br>Gewölbschlusse     |               |                   |   |  |  |
|  |                                      | schwerere |                           | $\frac{3}{4}$ —1             |                |                   |                              |               |                   |   |  |  |
| Klostergewölbe   |                                      |           | bis 4                     | $\frac{1}{2}$                |                |                   | wie im<br>Gewölbschlusse     |               |                   |   |  |  |
|  |                                      |           | bis 5·50                  | 1                            |                |                   |                              |               |                   |   |  |  |
| Kuppelgewölbe mit<br>Pendentifs über einem qua-<br>dratischen Grundrisse |                                      |           | bis 4                     | $\frac{1}{2}$                |                |                   | wie im<br>Gewölbschlusse     |               |                   |   |  |  |
|  |                                      |           | bis 7·5                   | 1                            |                |                   |                              |               |                   | 1— $1\frac{1}{2}$   |  |  |
|  |                                      |           | bis 12·5                  | $1\frac{1}{2}$               |                |                   |                              |               |                   | 2   |  |  |

Speziell gelten hier nachfolgende Verbandregeln:

Die Lagerfugen müssen stets radial sein, d. h. ihre Verlängerung muß durch das Zentrum des Bodens (Gewölbeachse) gehen.

Die Stoßfugen zweier aufeinanderliegender Scharen dürfen weder im Innern noch in der Leibung des Gewölbes zusammentreffen und sollen stets senkrecht auf die Gewölbeleibung gerichtet sein.

3. *M e t h o d e n d e r E i n w ö l b u n g*. Die Einwölbung kann nach dreierlei Methoden erfolgen, und zwar  $\alpha$ ) nach der Kufeneinwölbung (Fig. 7 *d*, T. 14),  $\beta$ ) nach der Schwalbenschwanzeinwölbung (Fig. 7 *e*, T. 14) oder  $\gamma$ ) nach der Rutschbogeneinwölbung (Fig. 7 *f*, T. 14).

$\alpha$ ) Die *K u f e n e i n w ö l b u n g* ist mit jedem Material ausführbar, erfordert aber eine volle Einschalung und keilförmige Steine. Die notwendige Keilform der Gewölbesteine (Fig. 4 *b*, T. 14) kann bei Quader- und Bruchsteingewölben ohneweiters hergestellt werden, indem man für das Profil der Steine eine aus Brettern geschnittene Schablone benützt, welche einen radialen Gewölbeausschnitt darstellt. Bei Verwendung gewöhnlicher Ziegel würden sich die Lagerfugen gegen den Gewölberücken zu erweitern (Fig. 4 *a*, T. 14), welcher Umstand bei flachen Gewölben unbedeutend und ohne Nachteil ist; bei stark gekrümmten Gewölbebögen jedoch, wo das Klaffen der Fugen zu groß wäre, müßten keilförmige Ziegel entweder bestellt oder durch Zuhauen gewonnen werden. Nachdem aber das Zuhauen jeder einzelnen Ziegelschar zu umständlich wäre, so beschränkt man sich auch darauf, nur jede 3. oder 4. Schar als Keilschar (Fig. 5, T. 14) anzuordnen.

Starke Ziegelgewölbe können auch in einzelnen, konzentrisch übereinanderliegenden Bögen (Schalen) ausgeführt werden (Fig. 6 *a*, T. 14). Hierbei liegen gewissermaßen 2 Gewölbe übereinander, welche sich gegenseitig verstärken. Durch Anwendung von gutem Portlandzementmörtel kann die zu befürchtende Trennung beider Gewölbeschalen hintangehalten werden. Manchmal werden nur die unteren Gewölbeteile schalenförmig, die oberen Teile aber in Verband ausgeführt wie in Fig. 6 *b*, T. 14 (Wiener Stadtbahn).

Zur Einhaltung der radialen Richtung der Lagerfugen bedient man sich der vorerwähnten Bretterschablone, die einen radialen Gewölbeausschnitt bildet und zur Kontrolle mit dem Unterbogen auf die Gewölbeleibung gestellt wird.

Bei Ausführung der Kufeneinwölbung (Fig. 7 *b* und *d*, T. 14) werden die einzelnen Scharen von beiden Anläufen aus, der ganzen Länge nach gleichzeitig begonnen und stets gleichmäßig bis zum Schlusse fortgeführt, wobei alle Lagerfugen an der Leibung parallel zur Achse des Gewölbes erscheinen und vor Beginn der Wölbarbeit auf der Schalung so vorzuzeichnen sind, daß der Schluß in den Gewölbescheitel zu liegen kommt. Bei größeren Gewölben wird vor Beginn der Mauerung am Gewölbeschlusse die Einschalung entsprechend belastet, und zwar am einfachsten durch gleichmäßiges Deponieren des zur Ausführung zu verwendenden Steinmaterials.

Nach erfolgter Mauerung der beiden Gewölbeschenkel werden die keilförmigen Schlußsteine entsprechend eingepaßt und durch Schläge eingetrieben, wozu man sich eines Holzklotzes oder eines eisernen Schlägels bedient; in letzterem Falle muß man auf die Steine ein Brettstück legen, um dieselben nicht zu zertrümmern. Sobald die Schlußsteine bis an die Schalung vorgetrieben sind, werden die Fugen derselben mit dünnflüssigem Zementmörtel ausgegossen. Sodann werden die unter die Lehrgerüste gelegten Keile etwas gelüftet, damit sich das Gewölbe setzen kann. Schließlich wird der Gewölberücken abgekehrt, mit dünnflüssigem Zementmörtel übergossen und letzterer mit Besen in die Fugen hineingekehrt.

Den Gewölbeschluß kann man auch in der Weise ausführen, daß die Lagerfugen absichtlich etwas gegen die Anläufe geneigt hergestellt werden, um so eine größere keilförmige Öffnung zu schaffen, welche durch Eintreiben mehrerer Ziegel

geschlossen wird; Fig. 14, T. 14, zeigt diesen sogenannten „ungarischen Schluß“, welcher bei Mauerbögen häufige Anwendung findet.

Die Kufeneinwölbung besitzt gegenüber den anderen Einwölbungsarten den Nachteil, daß sie stets einer vollen Eingerüstung bedarf, daß die parallel zur Achse laufenden Lagerfugen eine mangelhafte Längenspannung ergeben und auch größere Setzungen zur Folge haben. Für schwer belastete Gewölbe und Mauerbögen ist sie einzig anwendbar.

β) Die Schwalbenschwanz einwölbung (Fig. 7 e, T. 14) kann bloß mit Ziegeln ausgeführt werden; die Lager- und Stoßfugen sind diagonal gegen den Umfang des einzuwölbenden Raumes gerichtet.

Mit dieser Einwölbung wird in den 4 Ecken des einzuwölbenden Raumes gleichzeitig begonnen, indem man  $\frac{1}{2}$  Ziegel hohe und  $\frac{1}{4}$  Ziegel dicke, etwas gegen die Ecken geneigte Bögen ausführt, die sich anfänglich einerseits gegen die Widerlager, andererseits gegen die Stirnmauern und später gegeneinander stützen. Bei gleichmäßigem Fortschreiten gegen die Mitte des einzuwölbenden Raumes werden die Bögen immer kürzer, so daß sich am Schlusse eine quadratische Öffnung ergibt, welche dann durch Eintreiben von keilförmigen Teilsteinen geschlossen wird.

Für diese Einwölbung wird bloß ein Gerippe aus einigen Lehrbögen aufgestellt, welches die Form des Gewölbes angibt. Der Maurer setzt die Ziegel etwas höher an, damit sie nicht auf den Lehrbögen aufruhend, das Gewölbe sich gleichmäßig setzen kann und die Leibung nicht bucklig wird; die Einwölbung macht man gegen den Schluß allmählich höher, um die dort eintretenden, größeren Setzungen unschädlich zu machen.

Man nennt diese Einwölbung ohne Lehrgerüste „das Wölben aus freier Hand“. Es hat gegenüber der Kufeneinwölbung noch den Vorteil, daß eine bessere Verspannung durch die gekreuzten Lager- und Stoßfugen erreicht wird und sich infolgedessen auch eine geringere Setzung ergibt. Selbstredend kann sie aber nicht für schwer belastete Gewölbe Anwendung finden.

Der Druck dieser Einwölbung verteilt sich auf alle Umfassungsmauern, weshalb die Widerlagsmauern etwas schwächer gehalten werden können als bei der Kufeneinwölbung.

γ) Die Rutschbogeneinwölbung (Fig. 7 f, T. 14) ist ebenfalls nur mit Ziegeln ausführbar. Auf einen unterstützenden Lehrbogen werden einzelne, gegen die Stirnwände geneigte Bögen hergestellt, die sich gegen beide Widerlager stützen (siehe auch Fig. 27, T. 13).

Diese Wölbung wird auf beiden Stirnseiten des Gewölbes gleichzeitig begonnen, indem man auf den aufgestellten Rutschbogen einen gegen die Stirnwand etwas geneigten,  $\frac{1}{2}$  Ziegel breiten Bogen mit hochkantig gestellten Ziegeln ausführt, wobei die Stoßfugen entweder nach Fig. 9 b, T. 14, radikal zugehauen oder nach Fig. 9 a, T. 14, die gegen den Gewölberücken zu klaffenden Fugen mit Steinchen ausgezwickt werden.

Nachdem der erste Gewölbebogen geschlossen ist, wird der Rutschbogen durch Ausschlagen der unterstützenden Keile entfernt und zur Ausführung des nächsten Bogens auf Ziegeldicke vorgeschoben. Auf diese Art werden die einzelnen Bögen von beiden Stirnseiten gleichmäßig gegen die Mitte des Raumes fortgesetzt, bis dort eine linsenförmige Öffnung bleibt, welche nach Art der Kufeneinwölbung geschlossen wird (Fig. 7 f, T. 14).

Diese Wölbungsart eignet sich nur für kleinere, bis 4 m lange Spannweiten. Breitere Räume müssen durch Gurten oder Eisenträger in kleinere Felder geteilt werden. Diese Einwölbung geht rasch vor sich und gestattet die Ausführung sehr flacher Gewölbe, wird daher im Hochbau sehr häufig angewendet.

### c) Die Ausführung der verschiedenen Gewölbe.

Die jeweilige Anwendung der vorbeschriebenen 3 Einwölbungsarten richtet sich nach dem Gewölbematerial, nach der Gewölbeform und nach der Belastung des Gewölbes.

Bei Verwendung von Bruchsteinen und Quadern, dann bei stark belasteten Gewölben und Mauerbögen wird man immer die Kufeneinwölbung anwenden, während bei Verwendung von Ziegeln und bei minder belasteten Gewölben entweder die schwalbenschwanzförmige Einwölbung oder die Einwölbung auf Rutschbögen vorteilhafter sein wird.

Die verschiedenen Gewölbearten können wie folgt ausgeführt werden:

**Tonnengewölbe.** Diese werden entweder mit Kufeneinwölbung oder bei flachen Bögen auf Rutschbögen, seltener mit Schwalbenschwanzeinwölbung ausgeführt.

Die **Mauerbögen**, welche nichts anderes sind als kurze Tonnengewölbe, sind nur mit Kufeneinwölbung auszuführen.

Bei **geraden Tonnengewölben** erfolgt die Einwölbung nach den vorangeführten allgemeinen Regeln.

Bei **schiefen Tonnengewölben** (Fig. 10, T. 14) müssen die Lagerfugen senkrecht gegen die Stirnflächen und die Stoßfugen senkrecht auf die Lagerfugen gerichtet sein; im übrigen stehen die Fugen normal zur Leibung. Die ersten Wölbsteine bei den Anläufen müssen nach Fig. 10 a, T. 14, entsprechend zugehauen oder die Anläufe nach Fig. 10 b, T. 14, I, II, III usw., stufenförmig und parallel zur Fugenrichtung hergerichtet werden.

Bei **steigenden Tonnengewölben** (Fig. 11, T. 14) werden die Kämpfersteine I derart zugearbeitet, daß ihre untere Lagerfläche horizontal, die obere aber der Steigerung des Gewölbes entsprechend schief und außerdem radial zur Achse steht. Die Stoßfugenrichtung ist auch hier normal zur Achse. Da die Steine das Bestreben haben, auf der schiefen Ebene herabzugleiten, muß das Gewölbe-mauerwerk an der unteren Stirnfläche einen genügenden Widerstand vorfinden; dieser wird durch Anordnung einer starken Gurte daselbst, bei anschließenden Gängen außerdem noch durch die Gegenwirkung eines Ganggewölbes hervorgerufen. Steigende Gewölbe sollen daher niemals „offen“ ausgeführt werden. Ist man aber durch Umstände gezwungen, so kann die Tonne am besten nach Fig. 12, T. 14, aus kurzen, stufenförmig angeordneten, horizontalen Gewölbestücken hergestellt werden. Diese kurzen Tonnengewölbe stoßen mit ihren Stirnflächen stumpf und ohne Verband aneinander, bilden sonach eine stufenartig gebrochene Gewölbeleibung.

Bei **Ringgewölben** (Fig. 13, T. 14) stehen alle Stoßfugen radial zum Kreisring. Die Eingerüstung wird hier etwas schwieriger. Da die Anläufe Bogenlinien sind, können nur kurze Pfetten angewendet werden. Die Lehrbögen werden in kurzen Distanzen radial zum Kreisring gestellt und mit kurzen, nur über zwei Bögen reichenden Brettern verschalt.

Bei **scheitrecten Gewölben** (Fig. 16, T. 14), welche zumeist nur als Mauerbögen verwendet werden, legt man der Fugenrichtung einen 60gradigen Bogen zugrunde. Die Leibung bekommt aber auch hier einen kleinen Stich, je nach der Spannweite etwa 3 bis 6 cm. Solche Gewölbe sollen nur ausnahmsweise und nur für kleine Spannweiten angewendet werden, weil sie wenig tragfähig sind. Ist man zur Ausführung scheinrechter Gewölbe über breiteren Öffnungen gezwungen, so dürfen sie nicht belastet werden. Aus diesem Grunde kann man z. B. oberhalb separate Entlastungsbögen herstellen (Fig. 16, T. 14) und an diese die scheinrechten Bögen mit einer Eisenkonstruktion aufhängen oder den mittleren Teil nach Fig. 17, T. 14, aus Stein so gestalten, daß er gleichsam den beiden Gewölbeschenkeln als gemeinschaftliches Widerlager dient und dann entweder mit einer Eisenkonstruktion an die Entlastungsbögen gehängt wird oder auf einer Steinsäule ruhen kann.

**S p i t z b o g e n g e w ö l b e** erfordern immer einen eigenartigen Schluß, siehe Fig. 15, T. 14. Bis auf eine entsprechende Höhe sind die Fugen radial zu führen, vom Schnittpunkte ( $x$ ) der letzten radialen Lagerfuge an werden die Fugen für den Schluß radial zum Punkte  $x$  geführt oder man macht den ganzen Schluß aus Steinen.

Die **G e w ö l b e b ö g e n a u s B r u c h s t e i n** (Fig. 18 bis 21, T. 14) sind nach den gleichen Regeln wie Ziegelgewölbe mit Kufenvölbung herzustellen. Die Anlauf- und Schlußsteine müssen besonders sorgfältig zugearbeitet und hierzu die größten und festesten Steine verwendet werden. Die Stirnflächen der Gewölbe dürfen keine Verwicklung der Fugen aufweisen.

Bei geradem, schichtenförmigem Bruchsteinmauerwerk sollen die Wölbsteine am Rücken mit den horizontalen Lager- und vertikalen Stoßfugen des anschließenden geraden Mauerwerkes zusammenfallen (siehe Fig. 18 bis 21 rechte Hälfte); bei anderem Anschlußmauerwerk kann der Rücken, wie die linke Hälfte der Figur zeigt, bogenförmig abschließen.

Das **T o n n e n g e w ö l b e** kann auch als Erdbogen zur Übertragung der Mauerlast auf festgelagerte Fundamente (Fig. 22 *a*, T. 14) oder als umgekehrter Bogen zur gleichmäßigen Verteilung der Mauerlast auf die Fundamentsohle (Fig. 22 *b*, T. 14) verwendet werden. Für die Ausführung solcher Bögen wird im ersteren Falle die Gewölbeleibung durch den Erdkörper und im letzteren Falle der Gewölberücken durch die unterhalb segmentförmig hergestellte Fundamentsmauer unterstützt. Nach Umständen können auch, wie Fig. 22 zeigt, beide Bögen gleichzeitig angeordnet werden. Die sonstige Ausführung dieser Bögen ist ähnlich der vorbeschriebenen Kufeneinwölbung.

**V e r s t ä r k e n d e r T o n n e n g e w ö l b e.** Im Hochbau werden die Tonnengewölbe gewöhnlich aus Ziegeln in Stärken von  $\frac{1}{2}$  oder  $\frac{3}{4}$  Stein und zunehmend um  $\frac{1}{2}$  Stein bis 2 Steinlängen ausgeführt.

Bei größerer Spannweite und sehr langen Tonnengewölben können schwächer gehaltene Gewölbe durch Gurten verstärkt werden (Fig. 23, T. 14), welche in Entfernungen von 2 bis 4 *m* angeordnet und entweder über den Gewölberücken oder in der Leibung um  $\frac{1}{2}$  Stein vorspringen. Im letzteren Falle müssen diese Gurten sich gegen entsprechende Wandpfeiler stützen, wie in Fig. 23 *a, b, c*, T. 14. Die Breite der Gurten ist gewöhnlich gleich ihrer Stärke.

Werden die Verstärkungsgurten aus der inneren Leibung hervortretend ausgeführt und zwischen denselben auch noch vorspringende Längsrippen parallel zur Gewölbeachse angeordnet, so entsteht das **k a s s e t t i e r t e T o n n e n g e w ö l b e**. Je nach dem Profil der Rippen können die Kassetten verschiedenartig ausgestattet werden. Bei der Ausführung werden auf die volle Verschalung entsprechend der beabsichtigten Teilung des Gewölbes Holzkörper befestigt, welche die genaue Form der Kassetten haben.

Gewölbe mit gemeinsamen Widerlagern sollen wegen Aufhebung des gegenseitigen Seitendruckes gleichzeitig ausgeführt werden. Ist dies aber nicht tunlich, so muß das zuerst ausgeführte Gewölbe so lange eingeschalt bleiben, bis die Nachbargewölbe ausgeführt sind. Man trachte, bei nebeneinanderliegenden Gewölben sowohl die Anläufe als Schlußlinien in gleiche Höhe zu bringen; ist dies nicht möglich, so sollen die Anläufe höchstens 0.60 *cm* in ihrer Höhenlage differieren (Fig. 30 und 31, T. 13).

**K r e u z g e w ö l b e** (Fig. 1, T. 15). Kreuzgewölbe können entweder mit der Kufen- oder Schwalbenschwanzeinwölbung ausgeführt werden. In beiden Fällen sind Gratlehrbögen zu konstruieren, welche gedrückte Bögen bilden, deren Spannweite gleich der Diagonale des Raumes *a b*, Fig. 1, T. 15 ist und deren Stichhöhe wegen voraussichtlicher Setzung um  $\frac{1}{30}$  bis  $\frac{1}{40}$  der Diagonallänge höher gemacht wird als die Stichhöhe des normalen Bogens.

Für die Schwalbenschwanzeinwölbung braucht man nur die Gratlehrbögen aufzustellen und die 4 Stirnwände vorzureißen oder diese mit Schmatzen zu versehen. Für die Kufeneinwölbung muß aber eine volle Einschalung hergestellt und müssen die normalen Bögen und Bogenteile in entsprechenden Entfernungen an die Gratlehrbögen angeschifft und alle Bögen durch Ständer ordentlich unterstützt werden.

Für die Kufeneinwölbung sind Bruchsteine oder Ziegel anwendbar, während die Schwalbenschwanzeinwölbung nur mit Ziegeln ausgeführt werden kann. Es können aber auch die Grate aus Quadern ganz unabhängig für sich eingewölbt und die Felder (Kappen) zwischen diesem tragenden Gerippe mit Ziegeln, am besten mit Schwalbenschwanzeinwölbung eingedeckt werden.

Bei der kufenartigen Wölbung (Fig. 7, T. 15) müssen bei Ziegelgewölben die Steine an den Graten, bei der schwalbenschwanzförmigen (Fig. 8, T. 15) an den Stirnseiten zugehauen werden.

Nachdem sich an den Graten der größte Druck äußert, ist für Ziegelgewölbe die schwalbenschwanzförmige Wölbung, bei welcher die Steine am Grate ganz bleiben, zweckmäßiger.

Für alle Fälle werden mit Rücksicht auf die Druckverhältnisse die Gewölbe in den Graten verstärkt, und zwar bei Ziegeln um  $\frac{1}{2}$  Stein. Der Verband ist hierbei verschieden, wird aber am häufigsten nach Fig. 8 oder 9, T. 15, ausgeführt.

Werden die Grate ganz unabhängig von den Kappen hergestellt und die Kappen als deckender Teil in das tragende Gerippe eingeschaltet, so sind die Grate aus Quadern (Fig. 10, T. 15) herzustellen und so zu profilieren, daß einerseits gute, möglichst radiale Anschlüsse für die Kappen geschaffen werden, andererseits der in den inneren Raum vorspringende Teil eine gefällige Gliederung zeigt. Am Schlusse stützen sich die Rippen an einen starken, entsprechend profilierten Schlußstein und am Anlaufe gegen starke Gewölbefüßel aus Quadern.

Wird das Kreuzgewölbe über großen Räumen, Kirchen, Vestibülen u. dgl. ausgeführt, so werden diese Räume oft durch Gurten  $G_1$  bis  $G_4$  unterteilt, welche auf entsprechend starken Pfeilern,  $P_1$  bis  $P_4$ , Fig. 1, T. 15, ruhen.

Nachdem das Kreuzgewölbe nur Anlaufpunkte hat, so ist zur Schaffung einer genügenden Basis für den Ansatz der Gewölbe die Herstellung der Gewölbefüßel unerläßlich, die entweder nach Fig. 7, 9, 11 oder bei Pfeilern und Gurten nach Fig. 12, T. 15, ausgeführt werden können. Sind die Rippen aber aus Quadern, so sind auch die Gewölbefüßel aus dem gleichen Material herzustellen.

Bei der Schwalbenschwanzeinwölbung wird der Gewölbeschluß ohne Rücksicht auf Kappen und Grate nach Fig. 13, T. 15, in quadratischer Form eingesetzt und durch Eintreiben der keilförmigen Steine das Gewölbe verspannt.

**S t e r n g e w ö l b e** (Fig. 12, T. 13). Diese sind in ihrer Ausführung den Kreuzgewölben im allgemeinen gleich zu halten. Die Rippen werden zumeist aus leichten Quadern hergestellt und die Kappen aus freier Hand schwalbenschwanzförmig eingewölbt.

**K l o s t e r g e w ö l b e** (Fig. 3, T. 15). Klostergewölbe werden entweder aus Ziegeln oder aus Bruchsteinen ausgeführt und zumeist kufenartig gewölbt. Für flache Gewölbe ist aber auch hier, bei Verwendung von Ziegeln, die Schwalbenschwanzwölbung anzuwenden, doch erfordert dies ein Verhauen der Ziegel an den Widerlagern.

Klostergewölbe haben nur über viereckigen oder überhaupt regelmäßig geformten Räumen ein gutes Aussehen. Sie benötigen auf allen Seiten Widerlagsmauern. Bei niederen Räumen, bei denen die Tür- und Fensteröffnungen in die Gewölbe hineinreichen, ergeben die dann auszuführenden Schildkappen komplizierte Verschneidungen mit dem Klostergewölbe; dies ist ein Nachteil, der gegen die Anwendung dieser Gewölbe spricht.

Die Kehlen bedürfen bei Kufeneinwölbung keiner Verstärkung, sie bilden sich von selbst, wenn man an den Ecken herauswölbt und darauf achtet, daß die Ziegel gehörig ineinandergreifen, so daß dortselbst keine durchlaufende Fuge entsteht. Bei Schwalbenschwanzeinwölbung werden die Kehlen gewöhnlich durch über den Rücken vorspringende Grate verstärkt.

Die Kuppelgewölbe und Kugelgewölbe. Diese werden mit Kufeneinwölbung hergestellt. Die Fugen sind alle radial. Die Eingerüstung entfällt hier ganz. Die Leibung und die Fugenrichtung wird bei Halbkugelgewölben durch eine im Gewölbezentrum angebrachte Latte (Fig. 26, T. 13) angegeben; bei flachen oder überhöhten Kugelgewölben geschieht dies durch einen um die lotrechte Achse drehbaren Lehrbogen.

Da der Schluß des Gewölbes fast horizontal liegt, empfiehlt es sich, den oberen Teil mit einem Ring (Nabel) abzuschließen, welcher aus Werksteinen oder Ziegeln hergestellt werden kann. Manchmal bleibt das Gewölbe oben ganz offen oder es wird eine „Laterne“ darauf gesetzt (Fig. 6, T. 15). In diesem Falle schließt ein offener, kranzförmiger Ring aus Ziegeln oder Steinen das Gewölbe ab und bildet gleichzeitig den Schluß desselben.

Bei großen Gewölben muß man mehrere Lehrbögen aufstellen, eine volle Einschalung ist aber nicht notwendig.

Kuppelgewölbe mit Pendentifs (Fig. 16, T. 13). Ist ein quadratischer oder vielseitiger Raum mit einer Kuppel einzudecken, so bedarf man zum Übergang in die Rundung der Kuppel der sogenannten Pendentifs oder Gewölbezwickel, welche meist aus horizontal gelagerten Steinen durch Überkragung gebildet werden. Die Kuppel wird nach Art eines Kuppelgewölbes ausgeführt.

Ob die Pendentifs unten in einer Spitze endigen oder eine breitere Grundlage erhalten, hängt allein von der architektonischen Ausbildung des Raumes ab.

Als Material kann Ziegel oder Bruchstein oder beides zugleich verwendet werden, und zwar Stein unten und Ziegel oben. Zur Herstellung der Pendentifs werden diagonale Lehrbögen verwendet.

Häufig wird zwischen der Kuppel und den Pendentifs ein vertikaler, zylindrischer oder auch vielseitiger Mauerkörper, der sogenannte Tambour eingeschoben, der gewöhnlich mit Fenstern zur Erleuchtung der Kuppel durchbrochen ist.

Böhmische Platzelgewölbe (Fig. 2, T. 15). Diese können über verschiedenen Grundrißformen ausgeführt werden. Die Einwölbung wird nicht wie bei der Kuppel kufenartig, sondern schwalbenschwanzartig in der Weise hergestellt, daß die Ziegelschichten segmentförmig aus den Ecken nach dem Gewölbescheitel ansteigen und dort entsprechend verspannt werden. Auch hier entfällt die Eingerüstung und es wird die Form des Gewölbes an den Stirnmauern nach den Lehrbögen vorgezeichnet. Nach diesen Linien werden die Anläufe herausgehauen oder gleich mit Anlaufflächen herausgemauert. Die Leibung wird mit leichten Lehrbögen angegeben, indem man einen durchlaufenden Diagonallehrbogen aufstellt, an diesen den zweiten zweiteilig anschließt und bei größeren Räumen dazwischen noch andere Lehrbögen einschaltet, um genügend Anhaltspunkte beim Einwölben zu haben. Es ist ganz gleichgültig, wo diese Lehrbögen angeordnet werden, sie dürfen nur den Maurer bei der Arbeit nicht hindern.

Jede Schichte muß an ihren Enden scharf an die Widerlager passen. Für die Anläufe werden wie beim Kreuzgewölbe in den Ecken Gewölbefüßel gemauert; für wichtige Gewölbe können diese aus Quadern hergestellt werden.

Die böhmischen Platzel eignen sich auch zur Einwölbung von größeren Hallen, Gängen usw., in welchem Falle eine Unterteilung des Raumes mit Gurten wie bei den Kreuzgewölben erfolgen muß (Fig. 2, T. 15).

Der innere Scheitel der Gurten muß wenigstens 8 bis 10 *cm.* unter der Kämpferlinie der Kappen liegen. Bei mehreren nebeneinanderliegenden Platzeln sollen sämtliche Scheitelpunkte der Anlaufbögen in einer horizontalen Ebene liegen,

desgleichen auch die Scheitelpunkte aller Kuppeln, aus denen die Platzeln geschnitten sind.

**P r e u ß i s c h e P l a t z e l g e w ö l b e** (Fig. 4, T. 15). Diese können in der gleichen Weise wie die böhmischen Platzel auch über verschiedenen Grundrißformen angewendet und schwalbenschwanzartig oder auch auf Rutschbögen gewölbt werden; in letzterem Falle erscheinen die Lagerfugen im Grundrisse etwas mehr segmentförmig. Man kann sich dieses Gewölbe als Tonne mit gekrümmter Achse vorstellen. Die Rutschbögen laufen dann nicht längs Latten, sondern über Bögen (siehe Fig. 28, T. 13).

Zur Ausführung dieser sehr flachen Gewölbe ( $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{12}$  Spannweite als Stich) ist die Grundrißform und gewöhnlich auch die Pfeilhöhe gegeben. Für die Konstruktion der Lehrbögen müssen aus der gegebenen Spannweite und Stichhöhe die notwendigen Radien gesucht werden.

Bei mehreren, nebeneinanderliegenden Platzeln sollen wie bei den böhmischen Platzeln alle Scheitelpunkte in einer horizontalen Ebene liegen.

**M u l d e n g e w ö l b e**. Dieses selten vorkommende Gewölbe wird so wie das Klostergewölbe auf einer vollständigen Eingerüstung hergestellt.

**S p i e g e l g e w ö l b e** (Fig. 5, T. 15). Diese zerfallen in den unteren Teil, welcher seiner Entstehung gemäß als Anfang eines Klostergewölbes kufenartig, und in den oberen Teil — Spiegel genannt —, welcher ein scheinrechtes Gewölbe bildet, das am besten schwalbenschwanzförmig aus den Ecken gewölbt wird.

Die Einwölbung geschieht auf einer vollständigen Eingerüstung. Die Solidität dieses Gewölbes hängt hauptsächlich von der sorgfältigen Arbeit und auch von der Bindekraft des Mörtels ab, daher man nur Zementmörtel anwenden soll. Die Breite des Spiegels soll nicht über 3·50 m betragen; bei größeren Breiten wird der Spiegel als stukkaturte Holzdecke oder in Eisenkonstruktion ausgeführt. Der Spiegel erhält  $\frac{1}{36}$  der Diagonalen als Pfeilhöhe.

**S c h i l d e r-, O h r e n- o d e r S t i c h k a p p e n** (Fig. 16, T. 15). Diese werden zumeist als gerade oder konische Tonnengewölbe kufenartig oder auch schwalbenschwanzförmig hergestellt. Sie durchschneiden die Leibung eines Gewölbeschenkels entweder in senkrechter oder in schiefer Richtung und können mit Bezug auf das Hauptgewölbe gleich hohe, tiefer oder höher liegende Kämpferlinien haben und entweder horizontal fallend oder auch steigend hergestellt werden.

Sie kommen am häufigsten bei Kellergewölben über den Kellerfenstern vor, und zwar stehen sie da gewöhnlich senkrecht auf der Gewölbeachse. Sonst werden sie bei verschiedenen Abzweigungen (Gängen, Türen, Nischen u. dgl.) notwendig.

Ihre Ausführung und der Verband ist wie bei Tonnengewölben, nur ist beim Einschneiden in die Leibungsfläche der Hauptgewölbe darauf zu achten, daß ein gehöriger Fugenwechsel stattfindet und beim Verband mit den Hauptgewölben die spitzen Winkel möglichst vermieden werden.

Bei Bruchsteinmauerwerk wird der Verband nach Fig. 16 *a* und *b*, T. 15, so hergestellt, daß in der Gewölbeleibung der Bogen des Schildes wie im geraden Mauerwerk mit regelrechtem Verbande erscheine. Bei Ziegelgewölben mit kufenartiger Einwölbung ist der Verband ähnlich dem mit Bruchstein. Bei der schwalbenschwanzförmigen Einwölbung werden die Schilder entweder nach Fig. 14 *a*, T. 15, im Verbande mit dem Gewölbe hergestellt oder es werden an den Graten (Fig. 14 *b*, T. 15) Verstärkungskränze angebracht, ähnlich wie beim Kreuzgewölbe. Bei Tonnengewölben auf Rutschbögen wird am besten jener Teil der Tonne, wo der Schild einschneidet, und der Schild selbst kufenartig einzuwölben sein (Fig. 15, T. 15).

**K o n i s c h e o d e r K e g e l g e w ö l b e** (Fig. 17, T. 15). Diese können aus Bruchsteinen oder Ziegeln nach allen Wölbungsarten hergestellt werden. Bei der kufenartigen Einwölbung sollen die Stoßfugen normal zur Kegelmantelfläche gerichtet und die Lagerfugen zur Kegelachse geneigt liegen. Durch die in der Längsrichtung keilförmig gestalteten Steine ist diese Einwölbung sehr unbequem und

wird daher bei minder wichtigen Einwölbungen so ausgeführt, daß man bei den Anläufen die Steine schief zuhaut und so in die Form der geraden Tonne mit steigenden Anläufen übergeht.

**Öffnungen in Gewölben.** Für Treppen, Aufzüge u. dgl. werden die notwendigen Öffnungen in Gewölben mit kranzartig abschließenden, 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Stein starken Stützbögen geschlossen. Die Öffnung kann am Schlusse, am Anlaufe oder in einer Ecke liegen und dann dementsprechend entweder kreis- oder halbkreis- oder auch linsenförmig abgeschlossen werden. Fig. 18, 19 und 20, T. 15, zeigen einige Beispiele.

#### d) Gewölbe aus Beton.

Bei komplizierten Gewölbeverschnidungen sowie bei Mangel an geeignetem Ziegel- oder Steinmaterial wird es häufig ökonomischer sein, die Gewölbe aus Stampfbeton herzustellen. Hierzu ist eine vollständige und feste Einschalung nötig.

Der Beton soll, wenigstens für größere Gewölbe, aus Portlandzement hergestellt werden, für kleinere Spannweiten und minder wichtige Gewölbe kann man auch Romanzement verwenden.

Niemals soll man ein und dasselbe Gewölbe zum Teile aus Portlandzement- und zum Teile aus Romanzementbeton herstellen, weil zwischen diesen beiden Betongattungen Trennungen entstehen könnten.

Mit der Betonschüttung wird an beiden Anläufen gleichzeitig begonnen, und zwar wird der Beton in 10 bis 20 *cm* hohen Schichten aufgetragen und so gestampft, daß die Schichten möglichst radial zur Gewölbeachse liegen, damit eine eventuelle Trennung der einzelnen Schichten nicht schädlich wirken kann.

Der Rücken des Gewölbes oder die gleichzeitig mit dem Gewölbe betonierte Nachmauerung wird nach der erforderlichen Höhe abgeglichen, festgestampft und mit der Latte abgezogen. Bei Gewölben, welche dem Durchdringen des Regenwassers widerstehen sollen, muß gleich nach dem Abziehen des Betons eine 2 bis 4 *cm* dicke Verputzschicht aus Portlandzement aufgetragen und mit Eisen geglättet oder ein anderer wasserdichter Belag hergestellt werden.

Das Lüften der Keile und Ausrüstung dieser Gewölbe kann natürlich erst nach vollständiger Erhärtung des Betons geschehen (siehe Betonmauerwerk).

#### e) Gewölbenachmauerung.

Zur Verstärkung der Gewölbe einerseits und zum Ausgleichen der Unebenheiten über den Gewölben andererseits wird in den vertieften Stellen, also bei den Anläufen des Gewölberückens ein *gerades* Mauerwerk, die sogenannte *Nachmauerung*, hergestellt. Die Höhe derselben richtet sich nach dem Zwecke, welchen das Gewölbe zu erfüllen hat. Daß die Nachmauerung zur Verstärkung des Gewölbes im allgemeinen viel beiträgt, erklärt sich aus folgendem:

Wird ein Gewölbe — z. B. Fig. 21, T. 15 — am Scheitel bei *a* vertikal entsprechend stark belastet, so wird es sich an dieser Stelle senken, hierdurch werden die Fugen bei *a* bestrebt sein, sich innen zu öffnen und außen zusammenzuschließen; vom Scheitel *a* gegen die Anläufe wird dieses Bestreben allmählich bis zu den Fugen *b* und *b*<sub>1</sub> abnehmen, die sich in dieser Beziehung neutral verhalten werden. Von *b* und *b*<sub>1</sub> gegen die Anläufe zu werden die Fugen das Bestreben zeigen, sich außen zu öffnen und innen zusammenzuschließen; dieses Bestreben wird sich etwa bei *c* und *c*<sub>1</sub> am stärksten äußern, gegen *d* und *d*<sub>1</sub> jedoch allmählich abnehmen, sich sodann bei *d* und *d*<sub>1</sub> selbst wieder ändern, so daß hier wieder ein Öffnen der Fugen nach innen stattfinden wird. Bei den Fugen *a*, *c* und *c*<sub>1</sub> wird also das Gewölbe unter starker Belastung zu brechen geneigt sein. Dieses Brechen der Gewölbe ist bedingt durch das Ausweichen der einzelnen Gewölbeteile in der Richtung der Pfeile bei *a*, *c* und *c*<sub>1</sub> und es ist klar, daß eine Nachmauerung *N* vermöge ihres Gewichtes diesem Ausweichen entgegenwirkt, demnach zur Verstärkung der Gewölbe beiträgt.

Bei Gewölben mit gewöhnlicher Belastung, wie selbe bei Hochbauten usw. vorkommt, macht man die Nachmauerung etwas über die gefährlichen Fugen  $c$ ,  $c_1$  hinaus, am besten bis in die Scheitelhöhe (Fig. 21, T. 15, rechte Seite). Bei stärker belasteten Gewölben, wie bei Brücken usw., wird die Nachmauerung oft bis zum Schlusse und darüber hinausreichen müssen. (Volle Nachmauerung.) Bei Gewölben, welche gleichzeitig dem Durchdringen des Regenwassers widerstehen müssen, wird diese Nachmauerung gleichsam als Dach nach einer oder mehreren Seiten abg sattelt (Fig. 21, T. 15, linke Seite).

## 2. Gesimse.

(Tafel 16.)

Gesimse sind Konstruktionsteile, welche mehr oder weniger über das äußere Mauerhaupt frei hervorragen. Ausladung und Gesamtlast solcher Konstruktionsteile müssen zur Verhütung des Herabfallens derselben in einem gewissen Verhältnisse zu den Mauerdimensionen stehen. Die Last, welche das Umkippen und Herabfallen des Gesimses verhindern soll, muß stets entsprechend groß sein, um die nötige Sicherheit zu gewähren. Kann diesem Grundsatz nicht entsprochen werden, wie z. B. bei Krönungsgesimsen, so muß durch eine kräftige Verankerung nach abwärts auch die Last des unterhalb liegenden Mauerwerkes zum Tragen herangezogen werden.

Die Gesimse dienen vorzugsweise zur Zierde der Fassadeflächen, aber auch zum Schutze der Fassade vor der direkten Einwirkung der Niederschlagswässer, indem sie das Regenwasser von denselben abhalten. Zu diesem Zwecke erhalten sie oben eine Abdachungsfläche und meistens auch eine wasserdichte Abdeckung mit Zinkblech u. dgl.

Die Gesimse können aus natürlichen oder künstlichen Werksteinen, aus Ziegeln ohne äußerem Verputz (Rohbau) sowie aus Ziegeln oder Bruchsteinen mit äußerem Verputz hergestellt werden. Unter Umständen macht man Gesimse auch aus Holz oder Metall.

### a) Arten der Gesimse.

Je nach der Lage der Gesimse an der Fassade und je nach der Bestimmung unterscheidet man: 1. Sockel- oder Fußgesimse; 2. Gurt-, Band oder Kordongesimse, auch Fatschen genannt; 3. Haupt-, Kranz- oder Krönungsgesimse; 4. Sohlbankgesimse, Brüstungsgesimse; 5. Verdachungen, und zwar gerade, Giebel- und Bogenverdachungen usw.; 6. Fenster- und Türrahmengesimse.

### b) Gliederung und Ausladung.

Die Gliederung der einzelnen Gesimse soll den Grundsätzen der architektonischen Formenlehre entsprechen. Was die Ausladung der Gesimse über das Mauerhaupt anbelangt, soll selbe sowohl zur Gebäudehöhe als auch zu der ganzen Anlage des Gebäudes in einem harmonischen Verhältnisse stehen. Im allgemeinen kann man die Ausladung für Gurtgesimse mit  $\frac{1}{13}$  bis  $\frac{1}{15}$  der Etagenhöhe, für Hauptgesimse mit  $\frac{1}{15}$  bis  $\frac{1}{20}$  der Gebäudehöhe und die Höhe der Gesimse mit  $\frac{3}{4}$  bis  $\frac{5}{4}$  der Ausladung annehmen.

### c) Gesimse aus Werksteinen.

Gesimse aus Werksteinen werden nach den in Naturgröße anzufertigenden Profilzeichnungen (Schablonen) vom Steinmetz erzeugt, jene aus künstlichen Werksteinen (Zement) in Formen gegossen. Zur leichteren Einfügung in den Ziegelverband soll ihre Höhe stets ein Vielfaches der Ziegeldicke und ihre Breite ein Vielfaches der Ziegelbreite betragen, ihre Ausladung soll so groß sein, daß ihr Schwerpunkt noch in die Mauer fällt. Die Werksteine werden gleichzeitig mit dem Aufmauern der geraden Mauern versetzt. (Näheres bei Steinmetzarbeiten.)

*d) Gesimse aus Ziegeln ohne Verputz (Rohbau).*

Bei Ziegelrohbau läßt man die einzelnen Ziegelscharen treppenartig über das Mauerwerk vorspringen, jedoch so, daß der größere Teil der Ziegel in die Mauer fällt (Fig. 8 bis 12, T. 16). Durch verschiedene Lagen und Färbungen der Ziegel kann man den Gesimsen mannigfaltige Muster geben. Auch kann man zu diesem Zwecke verschieden geformte Ziegel oder Hohlsteine mit Gliederungen verwenden. An den Abdachungsflächen solcher Rohbaugesimse sind die Ziegel gewöhnlich glasiert.

Da die normalen Ziegel verhältnismäßig kurz sind, können den Gesimsen nur kleine Ausladungen gegeben werden.

Das Auslegen dieser Gesimse geschieht gleichzeitig mit dem Aufführen der geraden Mauern, und zwar so, daß man die betreffenden Ziegelscharen um das erforderliche Maß über das Mauerwerk hervorragen läßt, dabei aber immer auf einen gehörigen Verband und auf ein genügendes Eingreifen der ausladenden Steine sieht. Es sollen also möglichst viele Binder in den vorspringenden Gesimsflächen angeordnet und die notwendigen Teilsteine nur im Innern der Mauern gelegt werden. Die Mörtelbänder an den Mauerhäuptern werden mit Romanzement- oder — besonders bei Abdachungsflächen — mit Portlandzementmörtel verbrämt.

Die Ziegel für Rohbaugesimse sollen möglichst hart und scharfkantig sein. Es finden hierfür auch Profilsteine und größere, hohle Terrakottastücke Verwendung. Letztere sollen ihrer Höhenabmessung nach die doppelte Ziegeldicke nicht überschreiten, eine Wandstärke von 2.5 bis 3 cm besitzen und die Wände mittels Rippen versteift haben.

*e) Gesimse aus Ziegeln mit Verputz (gezogene Gesimse).*

Bei diesen Gesimsen werden die Ziegel an den Häuptern nach der angegebenen Profilierung annähernd zugehauen (gespranzt), damit dort der Verputz eine gleichmäßigere Dicke erhält. Die einzelnen Scharen werden so weit über das Mauerhaupt vorspringen gelassen, als es die Bildung des betreffenden Gesimses verlangt. Der Vorgang bei dieser Arbeit teilt sich in das *Auslegen* und in das *Ziehen* der Gesimse.

*Auslegen.* Vorerst wird aus harten Brettern eine Schablone (Fig. 1, T. 16) nach den Hauptumrissen des Profils ausgeschnitten, an den Gliederungen mit einer rein ausgeführten Profilierung aus starken Eisenblech beschlagen und am oberen und unteren Ende mit einer Führungslatte *a* und *b* versehen. Diese Schablonen (Wagen oder Schlitten, auch Gesimshobel genannt) werden auf eine an der Mauerflucht mit Mauerhaken parallel zum Gesimse befestigte und rein gehobelte Latte *c* (Lattengang genannt) gestellt, mit dem Senkel in die richtige Lage gebracht und darnach die zugehauenen Richtungssteine der einzelnen Ziegelscharen an den Gesimsenden so gesetzt — ausgelegt —, daß zwischen denselben und dem Wagen noch zirka 2 cm Zwischenraum für den Verputz bleibt. Mit der Schnur werden dann auf Lattenlänge Richtungssteine und zwischen diesen mit Hilfe der Mauerlatte die übrigen Steine ausgelegt. Auf diese Weise werden alle übrigen Scharen bis zur Bekrönung des Gesimses hergestellt.

Die kleinen, wenig ausladenden Gesimse, z. B. Sockel-, Sohlbank- und Gurtgesimse usw., werden gleichzeitig mit der Aufmauerung des Gebäudes ausgelegt. Die Hauptgesimse mit ihren größeren Ausladungen werden aber erst nach Aufstellung des Dachstuhles ausgelegt, weil sie das Aufziehen der langen Dachhölzer sehr behindern und selbst leicht beschädigt werden könnten.

Das *Ziehen* der Gesimse geschieht gleichzeitig mit dem Verputzen der Mauerflächen, und zwar wird mit dem Hauptgesimse oben begonnen und die Arbeit nach unten fortgesetzt. Zum Ziehen wird am oberen Teile des Gesimses eine zweite, rein gehobelte Führungslatte (*d*, Fig. 1, T. 16) befestigt, auf welcher die obere Führung *a* des Wagens läuft.

Vor dem Ziehen muß probiert werden, ob die Vormauerung zirka 1.5 bis 2 *cm* von der Schablone absteht, andernfalls muß das stellenweise vorstehende Mauerwerk mit dem Hammer abgeschlagen werden. Das Gesimsmauerwerk wird dann gut abgekehrt, mit der Mörtelpfanne angenäßt und sodann zuerst mit grobem, dünnflüssigem Mörtel beworfen. Hierauf wird der Wagen an einem Ende angesetzt, an die Führungslatten gedrückt und durchgezogen, so daß dadurch der überflüssige Mörtel abgestreift wird. Nachdem der erste, grobe Anwurf genügend angezogen hat, wird mit etwas dickerem Mörtel ein zweiter Anwurf gemacht und auf dieselbe Weise abgezogen. Wenn auch dieser genügend fest ist, wird die Fläche so oft mit feinem Mörtel beworfen und auf die beschriebene Art durchgezogen, bis alle Glieder rein und die Kanten scharf gezogen erscheinen. Statt reinem Weißkalkmörtel wird es sich, namentlich bei feuchter oder kalter Witterung, empfehlen, rasch bindenden Mörtel und an den Niederschlägen oder sonstiger Feuchtigkeit stark ausgesetzten Teilen verlängerten Portlandzementmörtel zu verwenden. An der oberen Seite der Gesimse wird sodann eine Abdachung mit Teilsteinen gemauert, eben verputzt und nach dem Trocknen des Mörtels zumeist mit Zinkblech eingedeckt.

Alle Bildhauerarbeiten als: Zahnschnitte, Konsolen, Rosetten u. dgl. werden erst nach dem Ziehen in hierfür ausgesparte Öffnungen eingefügt (versetzt), dabei sollen größere Teile mit eisernen Haken mit dem Mauerwerk fest und unverrückbar verbunden werden. Die Tragsteine der Hauptgesimse, welche die Hängplatte unterstützen, müssen aber schon beim Auslegen der Gesimse in das Mauerwerk versetzt werden. In diesem Falle wird jeder ober und unter den Tragsteinen befindliche Teil des Gesimses für sich separat gezogen.

Nach dem Ziehen der Gesimse werden die Enden derselben sowie alle ein- und ausspringenden Ecken und Gehrungen mit kleinen, oft verschieden geformten Reibbrettern mit feinem, rasch bindenden Mörtel verputzt.

Für größere Gesimsausladungen, bei denen gewöhnliche Ziegel zur Bildung der Hängplatte zu kurz und zu schwach sind, verwendet man *Gesimsziegel* (Fig. 1, T. 16), welche bis zur Größe von  $60 \times 20 \times 12$  *cm* angefertigt werden, oder rauh bearbeitete Steinplatten. Bei noch größerer Ausladung wird die Hängplatte gewöhnlich mit rein abgestockten Steinplatten ausgelegt und die Sima entweder mit Ziegeln gemauert oder aus starken, profiliertem Zinkblech hergestellt (Fig. 2 und 3, T. 16).

Bei ausspringenden Ecken muß man selbst bei geringeren Ausladungen Gesimsziegel oder Steinplatten anwenden und letztere durch die ganze Mauerdicke reichen lassen; nur bei kleineren Ausladungen können die ausspringenden Ecken auch mit gewöhnlichen Ziegeln ausgelegt werden, müssen aber dann unter der Hängplatte durch entsprechend eingemauerte Eisenschienen unterstützt werden.

Die Aufmauerung über dem rückwärtigen Teile der Hauptgesimse wird gewöhnlich bis zur Mauerbank oder Fußfette der Dachkonstruktion fortgesetzt (Fig. 1, 2, 3 und 8, T. 16), einerseits als Unterstützung des Dachgehölzes und anderseits zur Belastung der vorspringenden Hängplatte, um ein Umkippen derselben zu verhindern. Auf eine Belastung des Gesimsmauerwerks durch die Dachkonstruktion darf nicht gerechnet werden, weil im Falle eines Brandes nach Abbrennen des Dachstuhles diese Belastung nicht mehr wirken, daher das Gesimse abstürzen würde.

Um beim Auslegen Gesimsziegel zu ersparen, werden dieselben manchmal mit Zwischenräumen von zirka 27 *cm* verlegt, nach Fig. 4, T. 16, schräg zugehauen und in diese Zwischenräume gewöhnliche, passend zugehauene Ziegel eingehängt; man nennt diesen Vorgang „Schwalbeln“ (schwalbenschwanzförmiges Zuhauen). Diese Konstruktion ist jedoch weniger zu empfehlen, weil den Gesimsziegeln eine große Last aufgebürdet wird, wodurch ein Abbrechen einzelner Ziegel leicht eintreten kann.

Bei sehr großen Ausladungen läßt man oft stärkere Hängplatten aus sehr festem Stein weiter über das Mauerhaupt vorspringen und verankert sie an der Rückseite mit Eisenschließen nach abwärts in die Mauer (Fig. 3, T. 16). Den vorderen Teil des krönenden Gesimses — die Sima — kann man in diesem Falle aus Zinkblech machen, welches in Entfernungen von 1 m mit eisernen Haken an der Hängeplatte befestigt wird. In diese Sima wird gleich die Dachrinne eingelegt. Bei besonders großen Ausladungen kann man sehr leichte Gesimse aus Zinkblech auf einem tragenden Eisengerippe herstellen (siehe Spenglerarbeiten).

#### f) Beispiele von Gesimsen.

Die Fig. 6, T. 16, zeigt die linke Hälfte eines Fensters mit Umrahmung, durchlaufender, gerader Sohlbank und anschließender Quadrierung, welche Art häufig im Erdgeschoße angeordnet wird; den unteren Teil schließt ein gemauerter Sockel und den oberen Teil ein Kordongesimse ab. Die rechte Hälfte dieses Fensters (Fig. 7, T. 16) zeigt ein nach dem Stützensystem konstruiertes Beispiel. Die Fensterbrüstung schließt unten an ein Kordongesimse und ist im oberen Teile mit einer durchlaufenden Sohlbank gekrönt. Die Fenstergewände sind mit gemauerten Lisenen ausgebildet, die nur einige Zentimeter über das Mauerhaupt vorspringen. Die Krönung ist aus Architrav, Fries und Kranzgesimse zusammengesetzt, welches letzteres „die Verdachung“ der Fensteröffnung bildet. Die Mauerflächen sind mit Nutungen versehen.

Alle diese Gesimse werden auf die früher beschriebene Art ausgelegt und gezogen. Bevor man aber zum Ziehen schreitet, müssen die geraden Mauerflächen bereits mit dem groben Verputze versehen sein, damit die gezogenen Gesimsflächen durch das Anwerfen von Mörtel nicht verunreinigt werden.

Nur wenig über das Mauerhaupt vorspringende Gesimse, wie Fensterumrahmungen u. dgl., werden meistens gar nicht ausgelegt, sondern nur durch stärker aufzutragenden Verputz gebildet, siehe Schnitt *ef* der Fig. 6, T. 16, manchmal werden nur einige Binder über das Mauerhaupt hervorragen gelassen, welche dann zahnartig in den Verputz eingreifen.

Die für Quadrierungen notwendigen Vertiefungen im Mauerhaupte können nach Fig. 6, T. 16, Schnitt *gh* entweder nach Art I, durch entsprechendes Zuhauen oder nach Art II, durch Zurücksetzen der Ziegel gleichzeitig mit dem Aufführen der Mauern gebildet werden. Die Vertiefungen für Nuten werden gewöhnlich nur im groben Verputze eingeschnitten; für tiefere Nuten müssen aber auch die Ziegel entsprechend ausgestemmt werden (Schnitt *ik*, I und II).

Das Einlegen von entsprechenden Holzstäben an die Stelle der Nut noch vor dem groben Anwurfe ist nur bei breiteren Nuten vorteilhaft.

### D. Verputz und Fugarbeiten.

Verputz ist im allgemeinen eine Verkleidung der sichtbaren Mauer- und Deckenflächen mit Mörtel und hat einerseits den Zweck, diesen Flächen ein besseres Aussehen zu geben, andererseits dieselben vor Nässe, schädlichen Witterungseinflüssen u. dgl. zu schützen sowie Umfangswände dicht und warmhaltend zu machen. Letzteres kommt besonders bei Steinmauern in Betracht.

Der äußere Verputz der Mauern hat den Hauptzweck, dieselben vor schädlichen Witterungseinflüssen zu schützen. Quadermauerwerk, das aus wetterbeständigem Materiale besteht, wird in der Regel außen nicht verputzt. Bruchsteinmauerwerk kann einen Außenverputz erhalten, doch haftet derselbe bei diesem im allgemeinen schlecht. Die Steine sollen daher möglichst rauh belassen werden und die Fugen 2 bis 3 cm tief offen bleiben, damit der Verputz dementsprechend eingreifen kann. Ziegelmauerwerk ist für das Verputzen am besten geeignet, weil viele Fugen vorhanden sind, in die der Verputz eindringt. Am sichersten haftet der Verputz an gut