



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Universitätsbibliothek Paderborn

Lehrbuch des Hochbaues

Grundbau, Steinkonstruktionen, Holzkonstruktionen, Eisenkonstruktionen ,
Eisenbetonkonstruktionen

Esselborn, Karl

Leipzig, 1908

E. Die Gewölbearten.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-50294](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-50294)

handelt es sich um ein einspringendes Widerlager, bei Abb. 295 sind Hohlräume ausgespart, um ein leichtes Gewölbe vermittle »Zahnung« eingreifen lassen zu können.

§ 57. Einige Bemerkungen zur Ausführung von Gewölben. Im allgemeinen werden im Hochbau die Gewölbe erst nach Herstellung des Gebäudedaches ausgeführt, um ein Auswaschen des Mörtels aus den Fugen bei etwaigem Regen zu vermeiden und um die Gewölbe unter Umständen auch gegen Frost zu schützen. Die nachträgliche Herstellung von Keller- und Stockwerk-Gewölben bietet auch den Vorteil, daß mittlerweile die Widerlagsmauern sich gesetzt haben und ihr Mörtel im Abbindeprozeß vorgeschritten ist; ferner werden dieselben durch weitere Mauern, durch Gebälke und durch das Dach »Belastung« erfahren und so an Widerlagstärke gewonnen haben.

Die Herstellung der vorspringenden Widerlagsflächen (Abb. 296) hat gleichzeitig mit der Aufführung der Widerlagsmauern selbst zu erfolgen; man bedient sich hierbei besonderer Brettschablonen, Abb. 297, im Anschluß an die Wölbelinie der betreffenden Lehrbogen. Die Oberfläche solcher Widerlager erhält für 1 Stein starke Backsteingewölbe eine Länge von 25 cm, für Bruchsteingewölbe eine Länge von etwa 40 cm.

Bei jedem Gewölbe empfiehlt es sich, dessen Oberfläche mit dünnem Mörtel auszugießen, womöglich unter Zusatz von Zement. Wird ein Gewölbe nicht unter Dach, sondern im Freien ausgeführt, so sollte nicht unterlassen werden, dasselbe mit reinem Zementmörtel herzustellen und mit solchem auszugießen. In diesem Fall ist auch für Abfluß des Regenwassers auf der Wölbung selbst zu sorgen; des weiteren wird dann das Lehrgerüst — sofern ein solches benutzt wurde — besonders lange Zeit unter dem Gewölbe zu belassen sein.

Erhalten Gewölbe, die mit Graten versehen sind, Verputz, so wird dieser häufig aus künstlerischen Gründen an den Graten besonders scharf »ausgezogen« (Abb. 298).

Abb. 296 u. 297. Herstellung vorspringender Widerlager.

Abb. 296. Widerlager.

Abb. 297. Schablone.

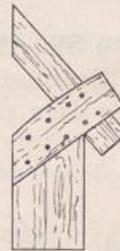
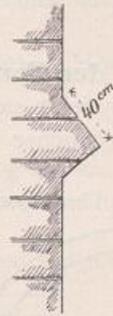


Abb. 298. Scharf ausgezogener Verputz an den Graten.



E. Die Gewölbearten.

1. Tonnengewölbe.

§ 58. Tonnengewölbeformen. Alle Tonnengewölbeformen entsprechen Zylindermänteln (s. Abb. 136, S. 101); ihr Querschnitt kann Kurven nach Abb. 122 bis 135 zeigen.

In der Praxis kommt, im Hinblick auf die technische Ausführung, in erster Linie der Halbkreis- und der Korbbogen-Querschnitt in Betracht, dann die Ellipse und der Spitzbogen. Zu diesen Formen tritt des öfteren die besprochene Stelzung. Die meist angewendete Form des Tonnengewölbes beruht auf dem Halbkreisbogen, der entweder vollständig (Vollbogen) oder als Segment (Stichbogen) zugrunde gelegt wird. Befindet sich die eine Kämpferlinie in höherer Lage als die andere, so ist das Gewölbe einhüftig.

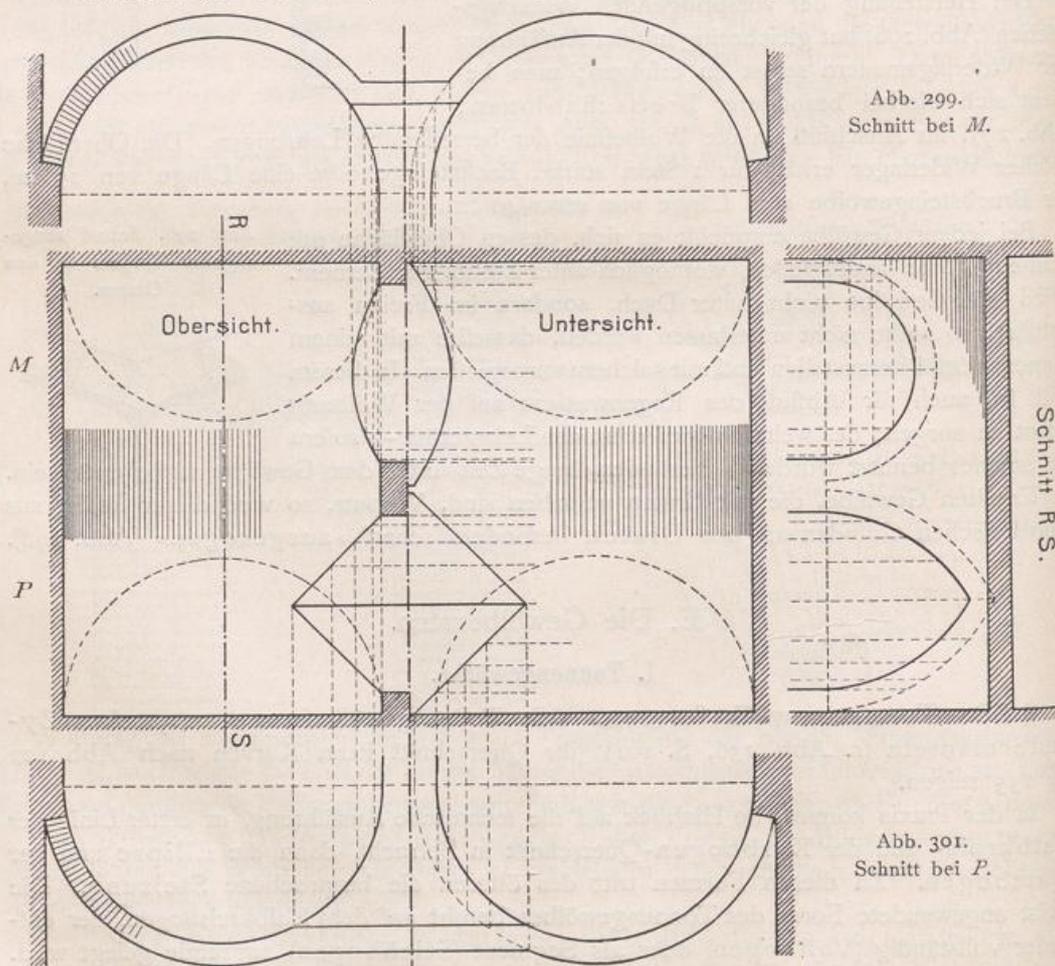
Bezüglich der Form der Gewölbeachse unterscheidet man gerade (s. Abb. 142, S. 103) und gebogene, und im Hinblick auf die Lage der Gewölbeachse: wagerechte und steigende Tonnengewölbe, sowie gerade-steigende und gebogen-steigende.

Erfolgt die Biegung der Achse entsprechend der Kreisform, so erhalten wir wagerechtringförmige, sowie schraubenförmig-ansteigende Ringtonnen »Schnecken-
gewölbe« (z. B. Tonnengewölbe als Decke in Treppenhäusern mit Wendeltreppe oder
Wendelrampe).

Ferner ist für die Konstruktion der Tonnengewölbe die Richtung ihrer Stirnflächen
zur Gewölbeachse von Belang. Im einfachsten Fall ist dieselbe »normal«, d. h. die
Stirnflächen bilden mit der Gewölbeachse nach jeder Richtung rechte Winkel. Eine
oder beide Stirnflächen können sich aber auch in irgend einer schrägen Lage zur Ge-
wölbeachse befinden.

§ 59. Anlage der Tonnengewölbe in Gebäuden. Die Annahme der Tonne
als Gewölbeform empfiehlt sich besonders für lange, schmale Räume, deren Längsrich-
tung dann zur Gewölbeachse wird. Tonnen werden bei rechteckigem Grundriß über die

Abb. 299 bis 302. Überdeckung eines rechteckigen Raumes mit 2 Haupt- und 2 Hilfstonnen.



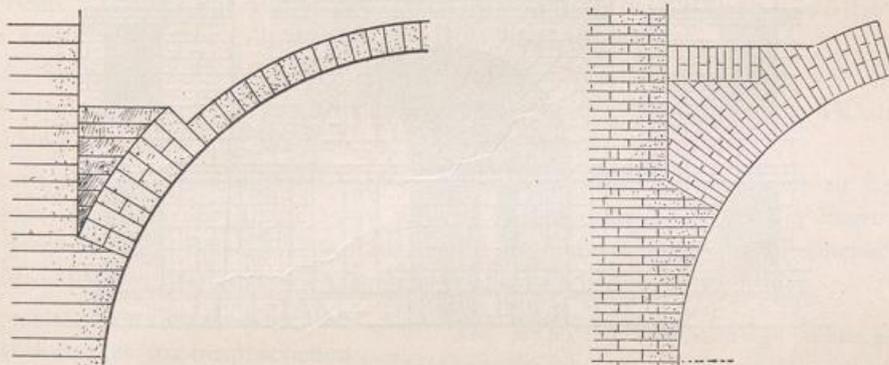
kürzere der beiden Lichtweiten gewölbt, um möglichst geringe Spannweite zu erhalten.
Der Einfachheit wegen bezeichnet man die Anordnung von Tonnengewölben in Grund-
rißzeichnungen durch einwärts umgeklappte Bogen an ihren Stirnenden, die zugleich
den »Stich«, d. h. die Pfeilhöhe des Gewölbes angeben (s. Abb. 142, S. 103).

In großen Räumen, bei denen die Anlage einer einzigen Tonne im Hinblick auf die bedeutende Spannweite zu Bedenken Anlaß gibt, können zwei Quertonnen angelegt werden nach Teilung des Raumes etwa durch einen Gurtbogen, der als Mittel-Widerlager der beiden Tonnen dient. Wo ein solcher Gurtbogen aber den zu überwölbenden Raum störend beengen würde, zieht man andere Konstruktionen vor, wie die Anlage von einem oder mehreren Pfeilern, die als Träger von quer zu den beiden Tonnen gerichteten Hilfsstonnen dienen. Die Abb. 300 zeigt, links: von oben gesehen, rechts: von unten her, die Überwölbung eines rechteckigen Raumes mit 2 Haupttonnen unter Annahme von 1 Mittel- und 2 Seitenpfeilern, auf denen gleichzeitig 2 Hilfsstonnen, »Stichkappen« genannt, ruhen.

Liegen die Scheitellinien der Hilfsstonnen, in dem gleichen Horizont wie diejenigen der Haupttonnen, so entstehen Kreuzgewölbe.

§ 60. Ausführung von Tonnengewölben. In § 44 war im allgemeinen von den Bruchfugen der Wölbungen die Rede. Bei Tonnengewölben nach Halbkreisform

Abb. 303 u. 304. Mittel, um den Gewölbeanfängern möglichste Festigkeit zu verleihen.



tritt, wenn sie zu schwach für die Eigenlast oder für die ihnen zugemutete Nutzlast sind, nach Abb. 150 eine Zerstörung derselben in der Weise ein, daß an den Stellen *b* und *d* (in etwa $\frac{2}{3}$ der Gewölberückenhöhe, entsprechend einem Winkel der Fuge zur Kämpfer Ebene von 45 bis 50°) die Fugen sich öffnen. Während hierbei die Gewölbestücke *ab* und *de* auf der Kämpfer Ebene um *a* und *e* nach auswärts gekippt werden, öffnet sich die Fuge bei *c*, die Scheitelfuge, einwärts und die Gewölbestücke *bc* und *cd* fallen abwärts — das Gewölbe stürzt ein.

Um gegen solche Gefahr aufzukommen ist den Gewölbeanfängern möglichste Festigkeit zu verleihen; Mittel hierfür sind:

Ausführung von Wölbungswiderlagern über Kämpferhöhe durch Übertragung (s. § 56, S. 130),

Verstärkung der Gewölbeanfänger (s. Abb. 253, S. 123),

Belastung der Gewölbeanfänger durch Mauerwerk oder Beton, bzw. Mörtelgußgemäuer (s. Abb. 176, S. 110).

Diese Anordnungen finden vielfach gleichzeitig und meistens entsprechend Abb. 303 Verwendung; zuverlässiger jedoch ist die in Abb. 304 dargestellte Konstruktion.

Für gedrückte Gewölbe gilt das eben Ausgeführte in erhöhtem Maße.

Dem Wölbungsmantel einer Tonne gibt man in Wohnhausbauten, wo sie einen Fußboden zu tragen haben, unter Voraussetzung normaler Nutzlasten:

Bei Spannweiten	Am Widerlager	Am Scheitel	
bis zu 3 m	1 Stein 40 cm	$\frac{1}{2}$ Stein 30 cm	in Backstein in Bruchstein
von 3 bis 6 m	$1\frac{1}{2}$ Stein 50 cm	1 Stein 35 cm	in Backstein in Bruchstein

Sollen Zwischenwände auf die Tonne gestellt werden oder ist deren Längenausdehnung besonders groß oder will man aus sonstigen Gründen dieselbe verstärken, so erhält sie, wie in § 54 erwähnt (s. Abb. 254, S. 124) Verstärkungsurten, die bei Verwendung

Abb. 305 u. 306. Schiefes Hausteintonnengewölbe.

Abb. 305. Ansicht.

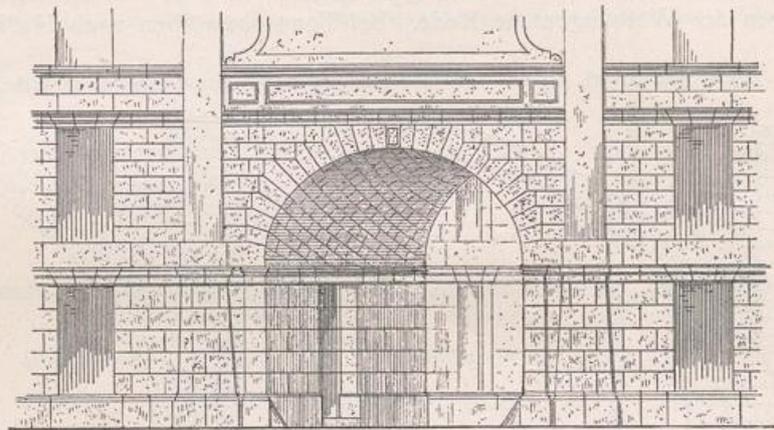
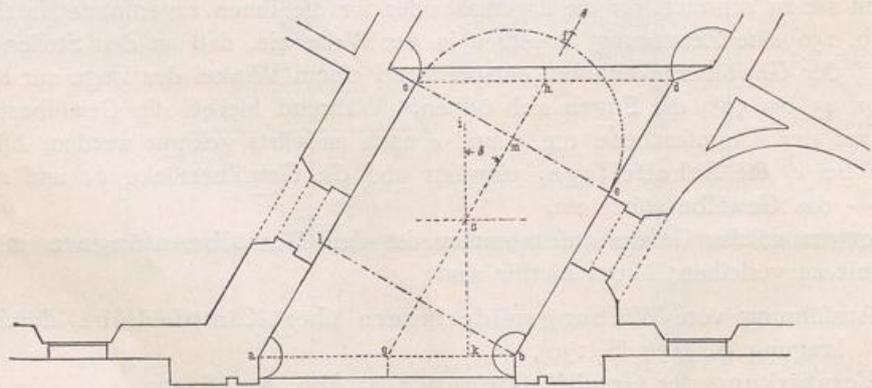


Abb. 306. Grundriß.



von Backsteinen meist $1\frac{1}{2}$ Steine breit sind, $\frac{1}{2}$ Stein über das Gewölbe nach oben oder nach unten oder nach beiden Richtungen gleichzeitig vorragen und bei sehr langen Tonnen in Abständen von etwa 2,5 m angeordnet werden.

Für Widerlager, die nicht starke Belastung erfahren oder deren Gewölbeschub nicht durch ein Gewölbe auf der anderen Seite des Widerlagers in senkrecht abwärts wirkenden Druck umgewandelt wird (s. Abb. 144 u. 145, S. 104), kommen folgende Verhältniszahlen in Betracht:

bei Rundbogen	$\frac{1}{4}$	der Spannweite
» überhöhten oder Spitzbogen	$\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$	»
» bis zu $\frac{1}{8}$ Pfeilhöhe gedrückten Bogen	$\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$	»
» bis zu $\frac{1}{12}$ Pfeilhöhe gedrückten Bogen	$\frac{1}{2}$	»

Wenn auf den Gewölbe-Widerlagsmauern sich Stockmauern befinden, so ergibt sich für Kellermauern in Bruchsteinmaterial bei einem dreistöckigen Gebäude unter den Fassaden eine Stärke von 85 oder 90 cm; die gegenüberliegende Gewölbe-Widerlagsmauer wird etwa 70 cm stark angenommen. Diese Maße genügen in den meisten Fällen auch vollständig als Gewölbewiderlager.

Sind die Gewölbestirnflächen normal zur Gewölbeachse gerichtet, so wird der Gewölbeabschluß bei Verwendung von Backsteinmaterial in einfachster Weise unter Verwendung von $\frac{3}{4}$ -Steinen hergestellt; sind die Stirnflächen um ein geringes zur Achse geneigt, so erhalten die Stirnsteine, ehe sie zur Vermauerung gelangen, entsprechenden Verhau. Ist die Schräge bedeutender (schiefe Tonne), so empfiehlt es sich, an den Stirnenden eine Verkleidung mit Hausteinen vorzunehmen, die entweder hakenförmig oder sonst nach Regeln des »Steinschnitts« auszuführen sind. Dergleichen Fälle treten jedoch beim Hochbau nur selten auf. Schiefe Haustein-Tonnengewölbe können auch in der Weise hergestellt werden, wie die Abb. 305 zeigt.

Sollen Tonnengewölbe an ihrer inneren Leibung Verzierungen durch »Kassetten«, vertiefte Deckenfelder, erhalten, so befestigt man auf der Gerüstschalung »Kästen«, die der Höhlung der Kassetten als Lehren zu dienen haben.

Kommt auf ein Tonnengewölbe ein Gebälk (Balken oder Ripphölzer) zu liegen, so entscheidet bezüglich der Richtung, in welcher dasselbe zu legen ist, die Frage wie die Tonne gemauert ist. Bei »Läuferverband« sind die Balken »quer« zur Tonnenachse und beim MOLLERSchen Verband »den langen Weg« auf dieselbe anzuordnen.

Abgesehen von den im Anschluß an die Abb. 299 bis 302 besprochenen Stichkappen, werden auch zur wirkungsvollen Unterbrechung langer Tonnengewölbelinien als Zierrat oder zur Abdeckung von Öffnungen, die sich in den Gewölbe-Widerlagsmauern befinden und über die Kämpferlinie emporreichen, Stichkappen (Lünetten) angeordnet. Dieselben können in allen möglichen Gewölbe- sowie Verband-Arten ausgeführt werden. Meistens legt man denselben Zylinder- oder Kegelform zugrunde (Abb. 307 bis 309 u. 261 bis 266, S. 125) und führt sie in Backstein, $\frac{1}{2}$ Stein stark, aus. Wie in § 55 erläutert, setzt man sie auf einen »Kranz« in der Haupttonne

Abb. 307 bis 309. Zylinderförmige Stichkappe.

Abb. 307. Ansicht.

Abb. 308. Querschnitt.

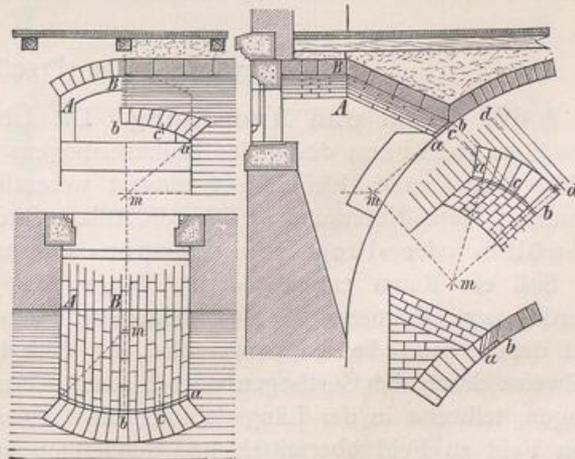


Abb. 309. Grundriß.

auf, wenn es sich um eine nennenswerte Belastung der letzteren handelt; ihr Seitenschub wird, wenn erforderlich, durch besondere kleine Mäuerchen aufgenommen.

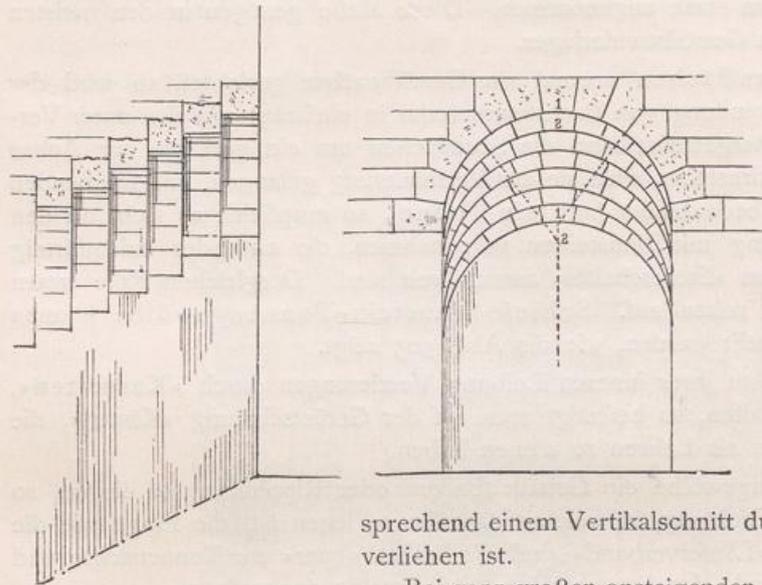
Die Scheitelrichtung dieser Stichkappen kann wagerecht oder schräg, steigend bzw. fallend, zur Haupttonne angenommen werden.

Weiteres über Stichkappen s. in § 79.

§ 61. Steigende Tonnengewölbe. Bei den gewöhnlichen im Hochbau vorkommenden steigenden Tonnen erhalten beim »Läuferverband« die Stoßfugen normale Lage gegen die steigende Achse des Tonnengewölbes.

Handelt es sich um kleine steigende Gewölbe, wie bei den in Abb. 307 bis 309 und 261 bis 266 dargestellten Stichkappen, so können die für die Ausführung des Läuferverbandes benötigten Lehrbogen eine Bogenform wie für die Tonnengewölbe mit wagerechter Achse erhalten; sie werden dann für die Rüstung geneigt, normal zur schrägen Tonnenachse, aufgestellt unter Anordnung entsprechender Versteifung. Sollen aber größere »steigende Tonnengewölbe« ausgeführt werden, so sind die Lehrbogen lotrecht aufzustellen, nachdem ihnen die notwendige »Wölbungslinie« —

Abb. 310 u. 311. Ausführung in einzelnen Ringschichten.
Abb. 310. Querschnitt. Abb. 311. Ansicht.



entsprechend einem Vertikalschnitt durch eine schräge Tonne — verliehen ist.

Bei ganz großen ansteigenden Tonnen, sowie bei solchen aus Hausteinmaterial, kann der abwärtswirkende Druck der Gewölbeschale gefährlich werden; in solchen Fällen empfiehlt es sich, die ganze Tonne nach Art des MOLLERschen Verbandes in einzelnen Ringschichten auszuführen (Abb. 310 u. 311).

2. Kappengewölbe (Preußische Kappen).

§ 62. Form und Anordnung. Die Überdeckung von Räumen mit Tonnengewölben nach Form des vollen Halbkreisbogens oder von Stichgewölben mit verhältnismäßig bedeutender Pfeilhöhe verringert wesentlich die lichte Weite des betreffenden Raumes. Mehr »Nutzraum« gewährt die Anlage flacher Tonnengewölbe, die »Kappengewölbe« oder »Preußische Kappen« benannt werden.

Soll ein Raum entsprechend Abb. 312 bis 316 mit solchen Gewölben überdeckt werden, so zerlegt man die Deckenfläche in Querstreifen durch Gurtbogen oder I-Träger, auf denen dann die Kappengewölbe ihr Widerlager finden. Der Gewölbeschub wird teilweise durch die Gurtbogen oder Eisenträger auf die Längsmauern des Raumes übertragen, teilweise in der Längsrichtung des Gebäuderaumes von der Mitte desselben aus von Feld zu Feld übermittelt und schließlich an die Quermauern abgegeben. Unter Umständen erhalten letztere durch Zugstangen Absteifung auf die nächstliegenden Eisenträger.

Ein weiterer Vorteil der Anlage von Kappengewölben gegenüber einer vollen Tonne wird bei Kellern dadurch geboten, daß bei ersteren die Türen und Fenster nicht wie es bei letzteren häufig der Fall ist, in die Gewölbekämpferlinien und Gewölbeanfänger einzugreifen brauchen, weil die mit Öffnungen zu versehenen Mauern, welche den

Tonnengewölben als Widerlager zu dienen hätten, nunmehr als Gewölbe-Stirnmauern (Schildmauern) erscheinen. Da nunmehr auch die Anlage von Stiekkappen über Fenster- und Türöffnung wegfällt, so gestaltet sich die Gesamtüberwölbung des Raumes einfacher als beim Tonnengewölbe.

§ 63. Ausführung.

Solche Kappengewölbe erhalten eine Spannweite von etwa 0,8 bis 3 m und eine Ausführungsstärke von $\frac{1}{2}$ Stein, selten von 1 Stein. Bei den genannten größeren Spannweiten ist das Gewölbe gegen die Widerlager hin zu verstärken (s. Abb. 253). Die Pfeilhöhe beträgt rund $\frac{1}{8}$ der Spannweite. Ist die Länge der Kappe bedeutend, so erhält das Gewölbe zur Verstärkung Gurten (s. Abb. 254), doch bleibt im Hinblick auf den ihnen zu Grunde liegenden Flachbogen ihre Tragfähigkeit gering, weshalb etwaige »Gebälkbalken« nicht auf diese Gewölbe selbst, sondern quer über die Gurtbogen oder Träger zu legen sind.

Wo Kappengewölbe auf Mauerwerk ruhen, pflegt man das Widerlager entweder nach Abb. 317 zu gestalten oder es wird »eingespitzt« (Abb. 318), doch soll letztere Widerlagsnute nicht nachträglich in eine Mauer — namentlich nicht nachträglich in Gurtbogen — gehauen werden, da sonst deren Steinverband gelockert würde, sondern es sind die in Frage kommenden Steine des Widerlagers vor

Abb. 312 bis 316. Kappengewölbe. Schwalbenschwanzverband. Ringverband. Läuferverband.

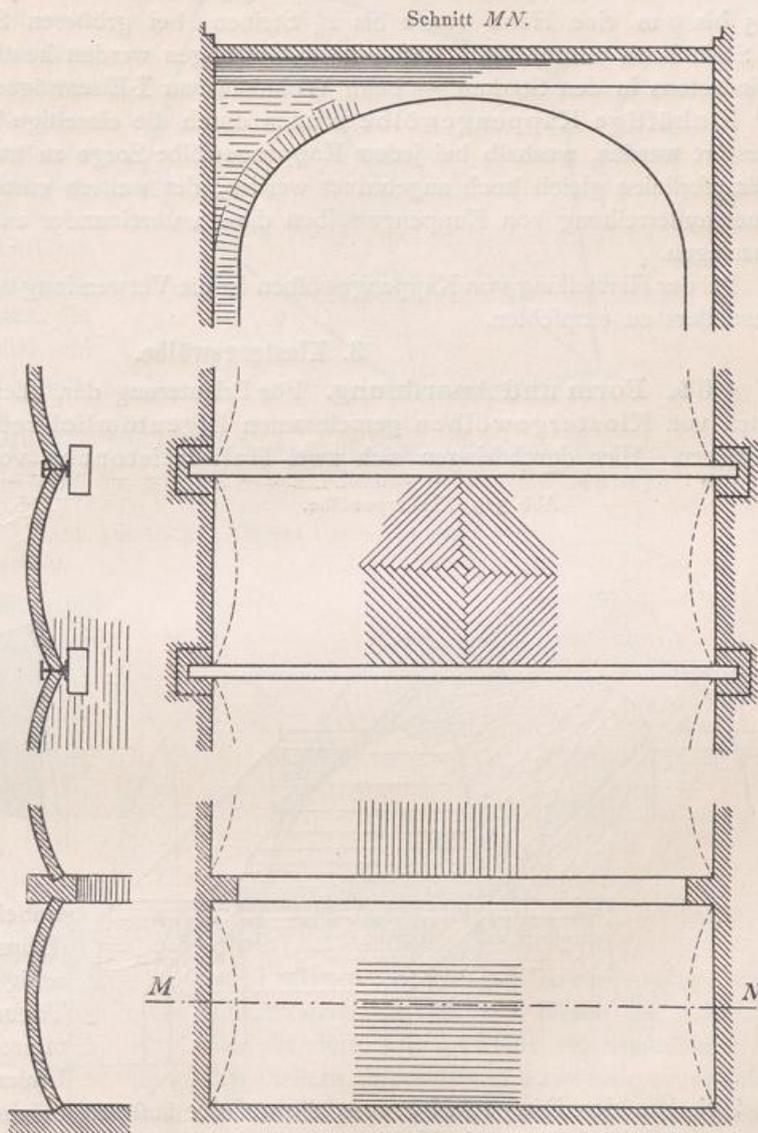
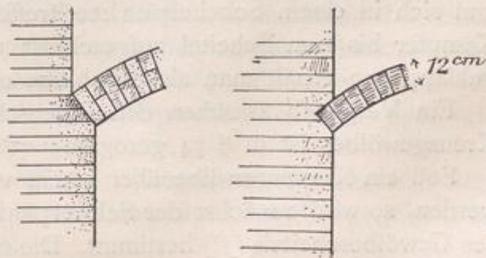


Abb. 317 u. 318. Widerlager der Kappengewölbe.



ihrer Vermauerung für diese Nute passend zu behauen. Gurtbogen müssen unterhalb der Widerlagsnute (s. Abb. 294, S. 130) noch eine Steinmasse von 10 cm, mindestens 8 cm, aufweisen. Besser als das »Einspitzen« ist, wie erwähnt, die Verwendung von Formsteinen.

Die Gurten selbst werden mit einer Pfeilhöhe von etwa $\frac{1}{4}$ ihrer Spannweite ausgeführt und erhalten bei Spannweiten von 2 bis 3,5 m eine Höhe von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Steinen, bei 3,5 bis 6 m eine Höhe von 2 bis $2\frac{1}{2}$ Steinen, bei größeren Spannweiten werden sie 3 Stein hoch ausgeführt. Statt solcher Gurtbogen werden heutigen Tages meistens — mindestens in den Städten — beim Wohnhausbau I-Eisenträger angewendet.

Einhüftige Kappengewölbe können durch die einseitige Wirkung ihrer Eigenlast zerstört werden, weshalb bei jedem Kappengewölbe Sorge zu tragen ist, daß die beiden Kämpferlinien gleich hoch angeordnet werden; des weitern empfiehlt es sich, bei jeder Aneinanderreihung von Kappengewölben diese untereinander auf gleicher Kämpferhöhe anzulegen.

Bei der Herstellung von Kappengewölben ist die Verwendung von reinem Zementmörtel besonders zu empfehlen.

3. Klostergewölbe.

§ 64. **Form und Anordnung.** Für Erläuterung der, allen verschiedenen Sonderarten von Klostergewölben gemeinsamen Eigentümlichkeit sei auf Abb. 319 hingewiesen. Hier durchdringen sich zwei Halbkreistonnen von gleicher Spannweite,

Abb. 319. Klostergewölbe.

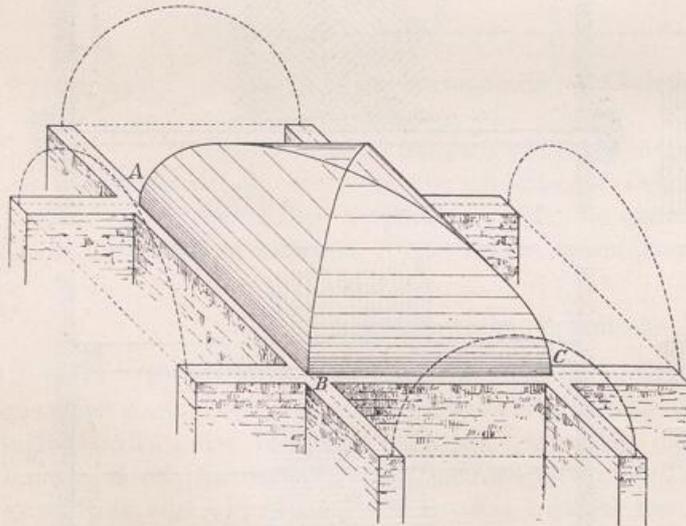
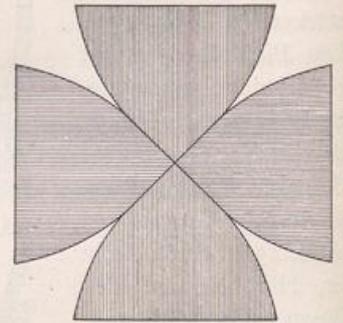


Abb. 320. Schablone der Klostergewölblflächen.



wobei zwei Diagonalkurven (Ellipsen) entstehen, die gleichzeitig in den Schalen beider Tonnen liegen; ihre Horizontalprojektionen sind gerade Linien.

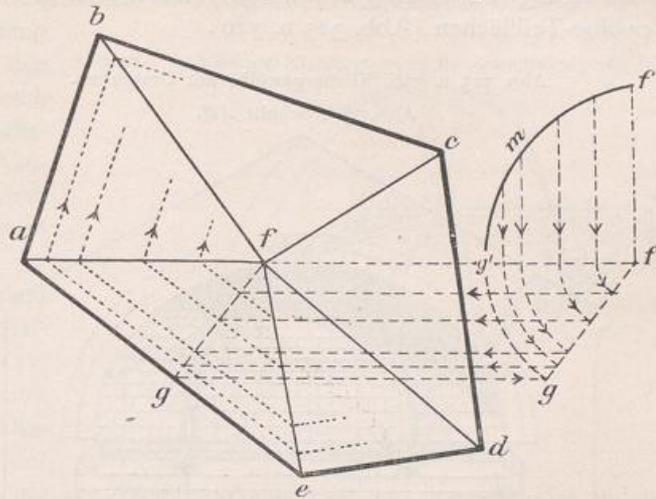
Zwischen den Diagonalkurven, die auf der äußeren Fläche der Gewölbeschale als Grate, auf der inneren als Kehlen erscheinen, befinden sich 4 Tonnenteile, aufsitzend auf den 4 Widerlagsmauern zwischen den Kämpfer-Durchdringungspunkten *A, B, C, D* und sich in einem Scheitelpunkte treffend. Denkt man sich die Diagonalkurven vom Kämpfer bis zum Scheitel aufgeschlitzt und die 4 Gewölbeflächen in eine Ebene umgeklappt, so erhält man als Schablone eine Figur entsprechend Abb. 320.

Ein Vergleich zwischen den Eigenschaften des Klostergewölbes und denjenigen des Kreuzgewölbes ist in § 74 gezogen.

Soll ein Klostergewölbe über einem vieleckigen Raum *abcde* (Abb. 321) ausgeführt werden, so wird zunächst der Schwerpunkt (*f*) der Grundrißfigur als Horizontalprojektion des Gewölbescheitels (*f'*) bestimmt. Die geradlinigen Verbindungen des Punktes *f* mit den

Eckpunkten der Grundrißfigur geben die Horizontalprojektionen der Gewölbegrate. Nunmehr wird die Wölbungskurve eines »Walmes«, auch »Haube«, »Wange«, sowie auch »Kappe« genannt, im Querschnitt angenommen ($f'mg'$). Teilt man diese in eine beliebige Anzahl von Teilen und überträgt deren Horizontalprojektion auf fg im Vielecksgrundriß und zieht durch die erhaltenen Teilungspunkte Parallele zur Kämpferlinie ae , so ergeben sich auf den nächsten Gratprojektionen entsprechende Punkte. Nach dem System der Vergatterung ist es nun ein Leichtes, die übrigen Walmkurven zu bestimmen.

Abb. 321. Klostergewölbe über vieleckigem Raum.



Einen besonderen Fall von Klostergewölben (auf einem Quadrat) zeigt die Abb. 324. Dasselbe baut sich nicht wie die gewöhnlichen Klostergewölbe auf Mauern, sondern

Abb. 322 bis 324. Offenes Klostergewölbe.

Abb. 322. Querschnitt.

Abb. 324. Ansicht.

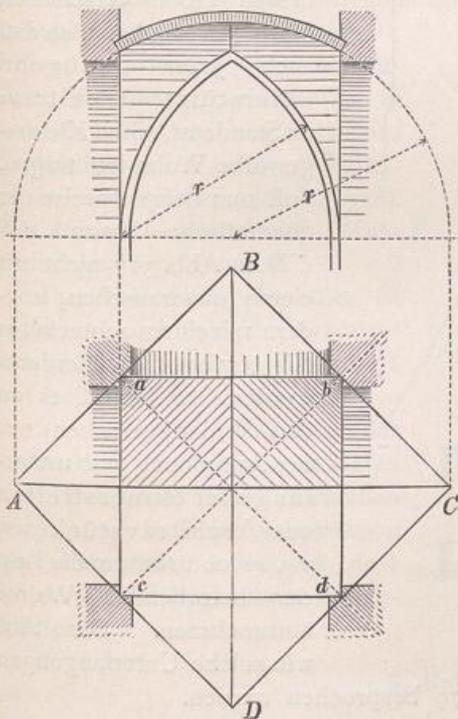
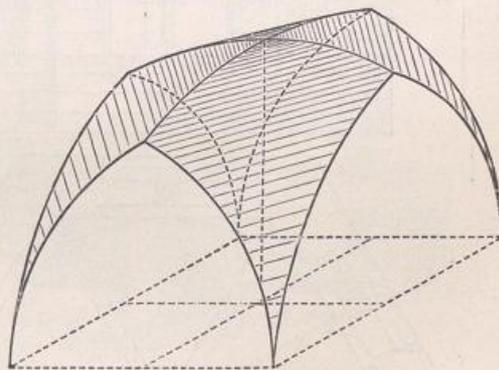


Abb. 323. Grundriß.



auf Pfeilern auf wie die Kreuzgewölbe; doch unterscheidet es sich von diesen dadurch, daß hier die dem Kreuzgewölbe eigentümlichen, auf den Pfeilern aufgesetzten Diagonalgurten nicht vorhanden sind. Dieses Klostergewölbe ist konstruktiv aus einer Abstumpfung des Normal-Klostergewölbes abzuleiten. Die Abb. 322 u. 323 zeigen eine solche Abstumpfung bei einem Klostergewölbe mit ebenfalls quadratischem Grundriß durch die Linien AB , BC , CD u. DA . Man nennt solche Klostergewölbe »offene« oder »abgestumpfte«.

Durch Vereinigung von geschlossenen und offenen Wölbungsteilen lassen sich noch weitere Arten von Klostergewölben bilden; doch kommen diese für die gegenwärtige Architektur wenig in Betracht.

Klostergewölbe machen den Eindruck schwerfälliger Konstruktionen, weshalb man bestrebt ist, ihre Wirkung gefälliger zu gestalten. Die einfachste Art hierfür ist die Einmauerung von »Gratgurten« in Werkstücken in den Kehlen zwischen den einzelnen Gewölbe-Teilflächen (Abb. 325 u. 326).

Abb. 325 u. 326. Klostergewölbe mit Gratgurten.

Abb. 325. Schnitt AB.

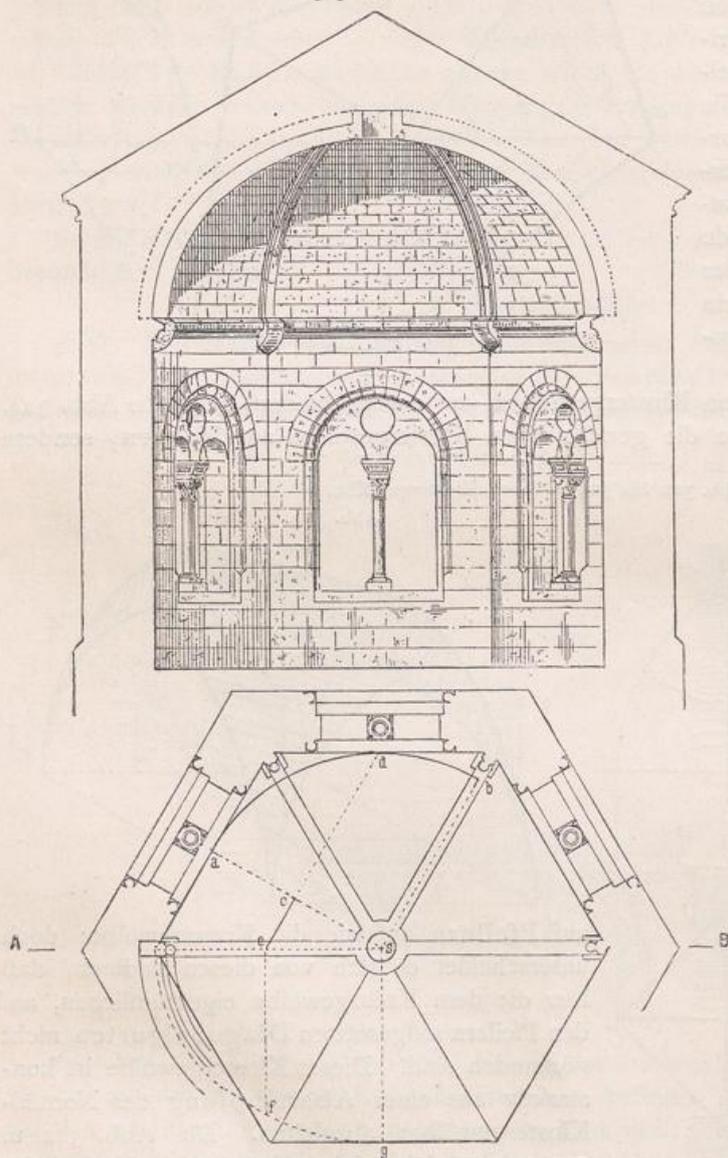


Abb. 326. Grundriß.

(Pendentifs) hergestellt werden können, soll in § 79 besprochen werden.

§ 65. Ausführung. Bezüglich der Stärkemaße von Wölbungsschale und Widerlager gelten die bei Besprechung des Tonnengewölbes gemachten Angaben; desgleichen für Baumaterial und Verbandarten. Die besprochene Ausführung von Hausteingurten in den Kehlen bildet eine Ausnahme; meistens handelt es sich um Nähte, wofür Bruchsteine

Eine andere Art der Belegung erfolgt durch Stichkappen; sie werden, wie in § 60 besprochen, auch hier als reiner Zierrat oder als Abdeckung von Öffnungen angewendet. Ferner kann die Raumwirkung interessanter gestaltet werden durch Einfügung von »Pendentifs« unterhalb der Klostergewölbe. Die Anlage derselben fußt auf dem Umstand, daß, wenn auch das »geschlossene« Klostergewölbe zu seinem Widerlager eines Mauerstreifens benötigt, doch dessen Höhe verschieden bemessen sein kann, so daß auch jeder genügend unterstützte Architrav im Stande ist, einen Klostergewölbe-Walm zu tragen. Soll nun beispielsweise der quadratische Raum $ABCD$ in Abb. 327 nicht mit einem quadratischen, sondern mit einem achteckigen Klostergewölbe überdeckt werden, so bedarf es an den Widerlagerecken nur der Anordnung gut unterfangener Mauerstreifen oder Architravstücke no , pq , rs und tm , um die Last der betreffenden Walme aufzunehmen. Die Art, wie solche Unterfangungen

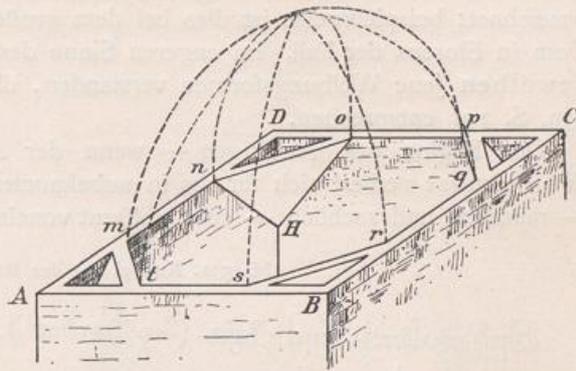
oder Backsteine an ihrem betreffenden Ende, auf die Tiefe ihrer Überbindung entsprechend zubeauen werden. Bei Verwendung von Hausteinen wendet man Winkelsteine an, die nach besonderen Schablonen vom Steinhauer zugerichtet werden.

Bei Schwalbenschwanz-Wölbung stehen die Schichten normal zu den Graten. Diese Wölbart bedarf auch in diesem Falle nur einzelner Lehrbogen, um die Richtung der Wölbung vorzuschreiben, aber nicht einer vollständigen Schalung auf einem Gerüst.

Für Einwölbung mit Lagerverband ist auch hier das vollständige Schalengerüst notwendig. Dieses (s. Abb. 153, S. 106) wird in der Weise aufgebaut, daß zunächst ein vollständiger Diagonalbogen Aufstellung findet, der

in seiner Mittelachse mit einem starken Pfosten versehen ist, an den sich alle anderen Lehrbogen anschließen, die jedoch nur als Halb- bzw. als Schiff-(Teil-)Bogen konstruiert sind.

Abb. 327. Achteckiges Klostergewölbe über quadratischem Raum.



4. Muldengewölbe.

§ 66. Anordnung, Form und Ausführung. Gemäß vorstehender Besprechung können Klostergewölbe auch über rechteckigem Grundriß errichtet werden. Je länger gezogen jedoch ein Rechteck ist, um so schwieriger wird die bauliche Ausführung, weshalb man in solchen Fällen vorzieht, statt eines Scheitelpunktes eine Scheitellinie anzunehmen (Abb. 328). Ein solches Gewölbe wird »Muldengewölbe« genannt.

Die Anwendung desselben ist nicht auf rechteckige Grundrisse beschränkt, sondern wird auch auf trapezförmige ausgedehnt, wobei die Horizontalprojektionen der Grate mit den Halbierungslinien der Eckwinkel zusammenfallen (Abb. 330). Bauliche Konstruktion und Lehrgerüst entspricht dem im vorigen Paragraphen Ausgeführten.

Abb. 328 bis 330. Muldengewölbe.

Abb. 328. Ansicht.

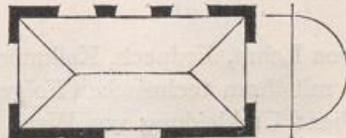
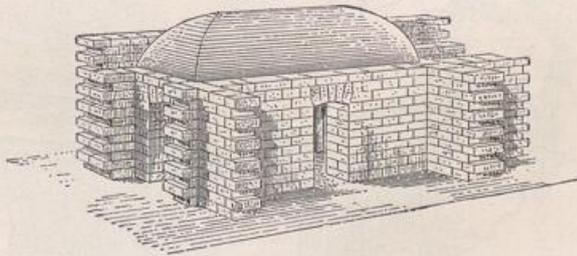


Abb. 329. Rechteckiger Grundriß.

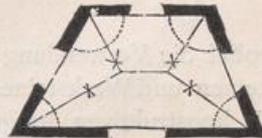


Abb. 330. Trapezförmiger Grundriß.

5. Sphärische Gewölbe.

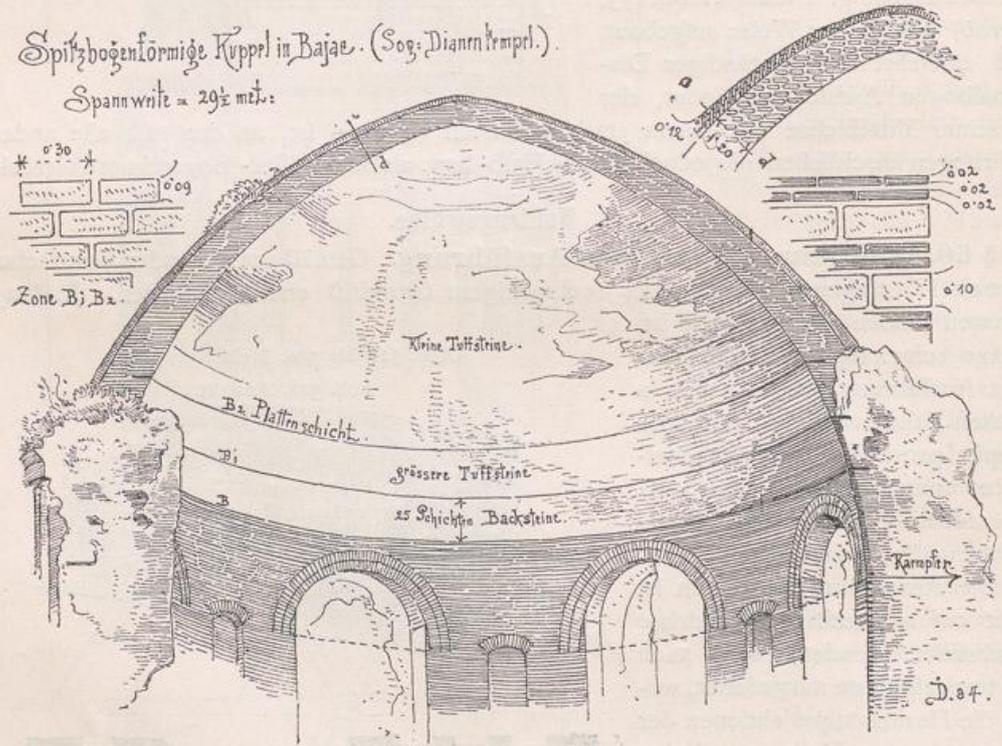
A. Überhöhte, volle und annähernd volle sphärische Gewölbe.

§ 67. Allgemeines. Sphärische Gewölbe werden im Hochbauwesen sowohl im Innern der Gebäude, wie auch als nach außen hin selbständig wirkende Gebäudeteile verwendet. In § 42, S. 102 wurde gesagt: »Die sphärischen Körper lassen sich als durch Umdrehung einer gebogenen Linie um eine Achse entstanden denken«. Eine andere

Erklärung derselben läßt sich aussprechen im Anschluß an die Auffassung eines Kreises als eines Vielecks von unendlich vielen Seiten. In diesem Sinne können die mit dem Ausdruck »Kuppeln« bezeichneten sphärischen Gewölbe auch als »Klosterwölbungen« aufgefaßt werden. Tatsächlich wird sogar schon ein achteckiges Klostergewölbe, wie solches in Abb. 327, S. 141 angedeutet ist, mit dem Ausdruck »Kuppel« bezeichnet; beispielsweise ist dies bei dem großen achtseitigen Klostergewölbe auf dem Dom in Florenz der Fall. Im engeren Sinne des Wortes jedoch werden unter Kuppelgewölben jene Wölbungsformen verstanden, die den Körperformen nach Abb. 138 u. 139, S. 101 entsprechen.

Der Beginn des gewaltigen — wenn der Ausdruck gestattet ist — Stromes der Wölbekunst verliert sich für uns in unbekannter Urvorzeit. Er hat sich vermutlich aus — räumlich und sachlich — sehr entfernt voneinander liegenden Quellgebieten gebildet,

Abb. 331. Kuppel aus der Römerzeit in Bajae.



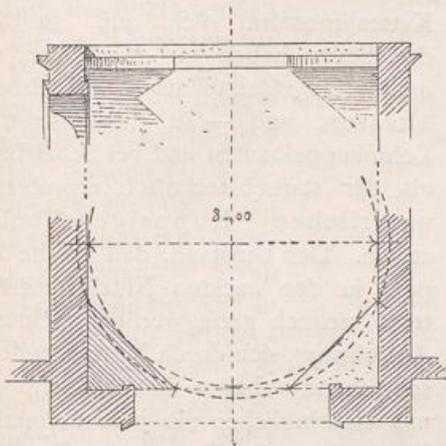
wobei die Verwendung von Lehm, Erdpech, Kalkmörtel, künstlichen Steinen, Kies, Bruchsteinen und Werksteinen mit ihren technischen Folgerungen ebenso eine Rolle spielte wie die konstruktiven Aufgaben: Umkleidung von Wand und Dächern (zugleich Raumdecken) schlichter Hütten aus Schilf oder Ästen mit Lehm, Ummantelung von Höhlen in der Erde (Schatzkammern, Grabkammern) mit natürlichen oder künstlichen Steinen als Schutz gegen Erddruck, Ausführung von Kanalwölbungen, Eingangstoren usw., usw.

Wie die in § 41 erwähnte »Überkragung« (s. Abb. 119) bei der Herstellung von Kanälen und Gängen als Vorläufer des Tonnengewölbes zu betrachten ist, so dürften wohl besagte uralte sphärische Lehmwölbungen über einfachsten »Einhäusern« (einträumige Hütten), mit und schließlich ohne Ästen u. dgl. in nachfolgender Verbindung mit der Kenntnis der Überkragungstechnik an Grabräumen und Schatzhäusern schon sehr frühe Veranlassung zur Anlage von Steinkuppeln geworden sein. Wenn auch aus

der Urzeit an Übergangskonstruktionen nichts mehr auf unsere Tage überkommen sein mag, so dürften doch im Anschluß an den durch die Geschichtswissenschaft nachgewiesenen Einfluß des Orients auf den Occident spätere Bauten, wie beispielsweise die Kuppel aus der Römerzeit in Bajae (Abb. 331) in Konstruktion und Form auf uralte

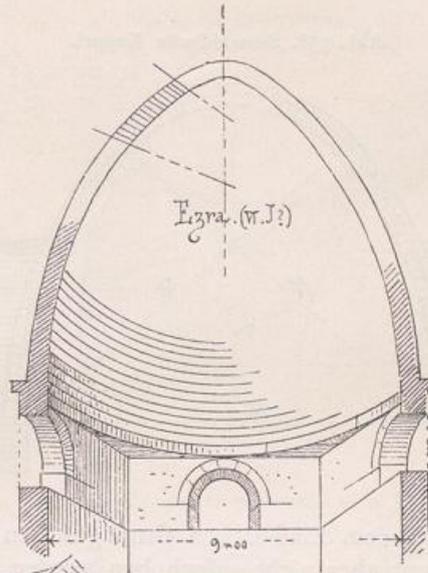
Abb. 332 bis 337. Kuppelgewölbe.

Abb. 332.



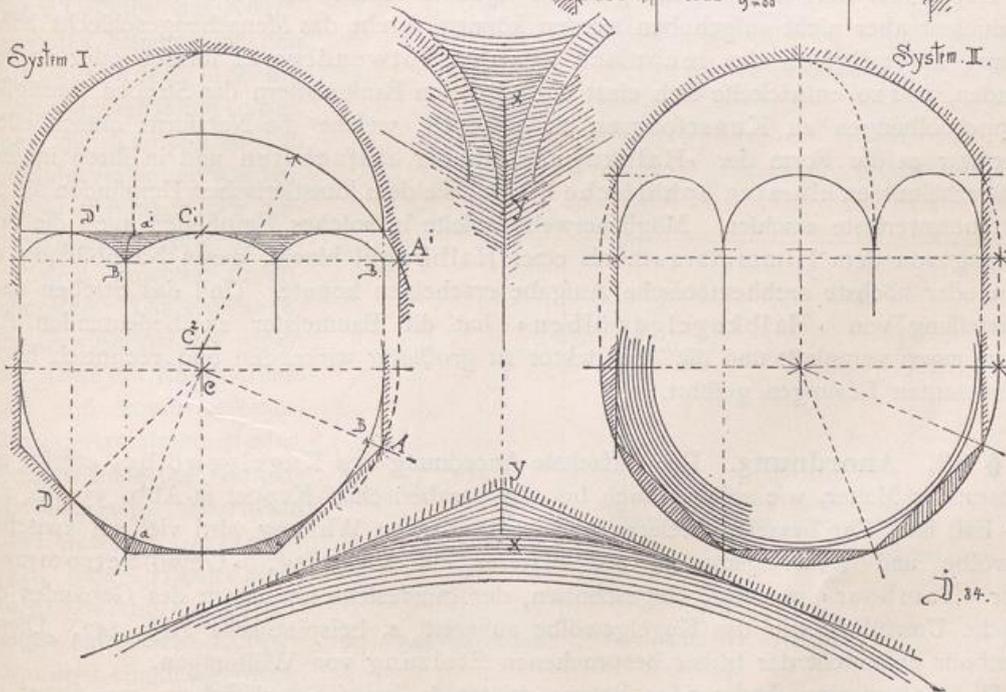
Chaqqa. (IIJr)

Abb. 333.



System I.

System I.

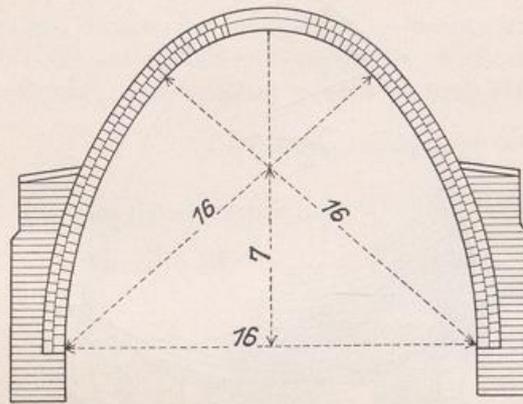


Bauweise zurückzuführen sein. Dieses Gewölbe ist in Backsteinen und Tuffsteinen hergestellt, die »nicht nach dem Zentrum der Wölbungslinie, sondern wagrecht geschichtet sind. Die ganze Oberfläche ist mit einem Mörtelguß, dem kleingeschlagene Backsteinbrocken beigemischt sind, 12 cm dick überzogen, und dieser, jetzt noch in vortrefflichem Zustande, bildet die schützende Schale des Gewölbes«.

Ein Beispiel für das tastende Anpassen der Kuppel-Ausführung an die richtigen Gesetze der Wölbung in Stein bezüglich Neigung der Lagerfugen nach den Kurvenmittelpunkten zeigt in Abb. 333 die Darstellung einer Kuppel in Ezra.

Sowohl bei diesen beiden Kuppeln als auch bei der in Abb. 338²⁵⁾ dargestellten aus Sassanidischer Zeit stammenden Kuppel sehen wir den Kuppelquerschnitt entsprechend der in § 44 erwähnten Kettenlinie (Parabel) gestaltet. Die bei Abb. 331

Abb. 338. Sassanidische Kuppel.



vorhandene Gewölbespitze hebt die Kettenlinienform nicht auf. In diesen drei Fällen haben wir es mit der, nach uralten Reliefdarstellungen zu schließen, ältesten, und — in Erfahrungen bei Lehmkuppelbauten und bei Schatzbauten als der statisch-technisch erprobten — natürlichen Kuppelgewölbeform zu tun. Der Umstand, daß solche Kuppeln in der nackten Nützlichkeitsform, trotz vielfach geringwertiger technischer Ausführung, sich durch Jahrtausende freischwebend erhalten haben, zeigt auch uns eindringlicher als jede theoretische Begründung die »Form« der Gewölbedrucklinie.

Unter dem Einfluß von Grundgesetzen jeglicher Kunst, die durch Modelaunen wohl verdunkelt aber nicht aufgehoben werden können, strebt das Menschengeschlecht höher hinaus, als lediglich das technisch absolut Notwendige zu formen oder zu verwenden, und so entwickelte sich einst auch bei den Baukünstlern das Streben, bezüglich Kuppelwölbungen zu Kunstformen zu gelangen, welche die Nutzform umschließen. Hier war es die Form der »Halbkugel«, als der einfachsten und in ihren inneren Maßverhältnissen klarsten sphärische Form, die dem künstlerischen Empfinden als die erstrebenswerteste erschien. Möglicherweise spielte in solches Empfinden auch die Vorstellung von dem Himmelsraum als einer Halbkugel hinein, deren Nachbildung als hohe oder höchste architektonische Aufgabe erscheinen konnte. Und das Streben nach Herstellung von »Halbkugelgewölben« hat die Baumeister zu bedeutenden Anstrengungen veranlaßt und die Architektur zu großartig wirkenden und technisch hochinteressanten Lösungen geführt.

§ 68. Anordnung. Die einfachste Anordnung des Kugelgewölbes erfolgt auf kreisrunder Mauer, wie solches auch bei der parabolischen Kuppel in Abb. 331, S. 14² der Fall ist. Zur besseren, freieren und künstlerischen Wirkung wird vielfach zwischen Gewölbe und Widerlagsmauer, auf letzterer ein Mauerring, »Gewölbetrommel« oder »Tambour« genannt, eingeschoben, der mindestens im Innern des Gebäudes die gleiche Umrißlinie wie das Kugelgewölbe aufweist, s. beispielsweise Abb. 347. Dieser Tambour entspricht der früher besprochenen Stelzung von Wölbungen.

Die Anlage eines kreisrunden Raumes bietet da keine Schwierigkeit, wo dieser als ganzes Gebäude erscheint; wo aber kreisrunde, ellipsenförmige u. dgl. Räume in einen vielräumigen Gebäudeorganismus einzuschalten sind, entstehen oft wesentliche Schwierig-

²⁵⁾ Abb. 338 ist hergestellt nach: dem »Handbuch der Architektur«, II. Teil, 3. Bd., 2. Hälfte, 1887: »Die Baukunst des Islam« von FRANZ-PASCHA.

keiten. Man hilft sich dann durch Ausbildung des mit einem Kuppelgewölbe zu überdeckenden Raumes als Vieleck unter Anwendung besonderer Konstruktionen als Übergänge zum reinen sphärischen Gewölbe. Hier kommen 3 Systeme in Betracht.

Bei System I nach Abb.

334, S. 143 schließt die Kuppel mit ihrer inneren Leibungsfläche bündig mit der Mitte der Achteckseiten ab. Für den Übergang aus den Vieleckkanten zur Unterkante des über denselben befindlichen Gewölbeteiles werden besondere Konstruktionen benötigt, Gewölbezwickel oder Pendentifs genannt (s. § 79). Dieselben befinden sich in diesem Falle, als selbständige Architekturglieder, unterhalb der Gewölbekämpferlinie, bzw. unter dem Gewölbetambour.

Bei System II geht die innere Leibung des Kugelgewölbes bündig mit den Ecken des Vielecks, dessen Mauerflächen so weit über die Kämpferlinie in die Höhe verlängert werden, bis sie sich nach den eingezeichneten Bogenlinien mit dem Gewölbe durchschneiden. Die entstandenen Gewölbezwickel liegen hier über der Kämpferlinie und sind keine selbständigen Architekturglieder, sondern Teile des Kuppelgewölbes selbst. Man nennt diese Gewölbe Stutzkuppeln (oder Hängekuppeln). Die Abb. 339 u. 340²⁶⁾ zeigen eine solche Kuppelform über einem Rechteck.

Das System III beruht auf der Vereinigung zweier Kuppeln, indem oberhalb der bei System II besprochenen Gewölbezwickeln eine zweite Kämpferlinie angenommen

Abb. 339 u. 340. Stutzkuppel.

Abb. 339. Ansicht.

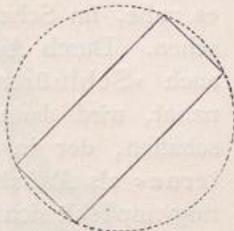
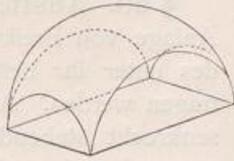


Abb. 340. Grundriß.

Abb. 341. Hängekuppel über quadratischem Raum.

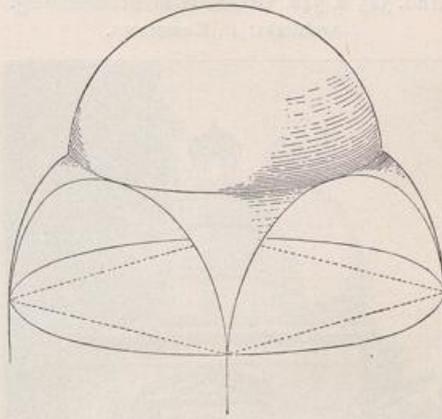


Abb. 342 bis 344. Hängekuppel über rechteckigem Raum.

Abb. 342. Längsschnitt.

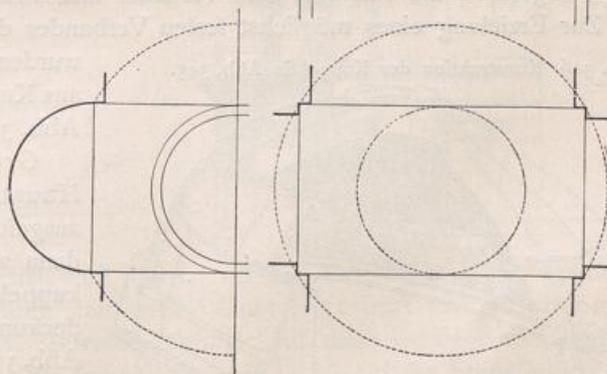
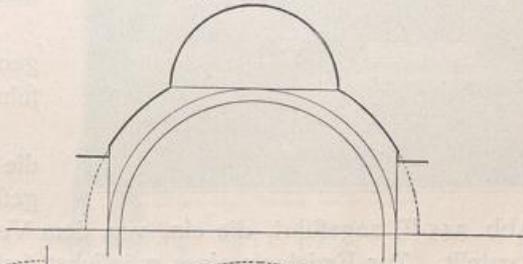


Abb. 343. Querschnitt.

Abb. 344. Grundriß.

²⁶⁾ Die Abb. 339 u. 340 sind entnommen: G. UNGEWITTER, »Lehrbuch der Gotischen Konstruktionen«, 3. Aufl., I. Bd., 1890.

Esselborn, Hochbau. I. Bd.

und auf diese die zweite Kugel gesetzt wird. Die Abb. 341 u. 342 bis 344 zeigen diese Hängekuppeln über quadratischem und über rechteckigem Grundriß.

Diese 3 Systeme finden bei allen sphärischen Gewölbeformen Verwendung und zwar sowohl bei frei in die Luft ragenden Kuppeln als bei deren Anlagen im Innern von Gebäuden, und bei allen 3 Systemen können die Kuppeln auf Schildmauern aufsitzen oder auf Schildbogen, die von Raum-Eckpfeilern getragen werden.

Abb. 345 u. 346. Grabhalle in Braunschweig.
Architekt: B. KOSSMANN.

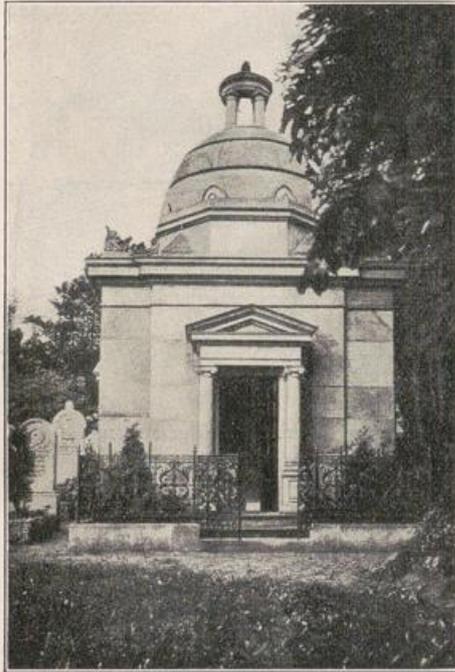
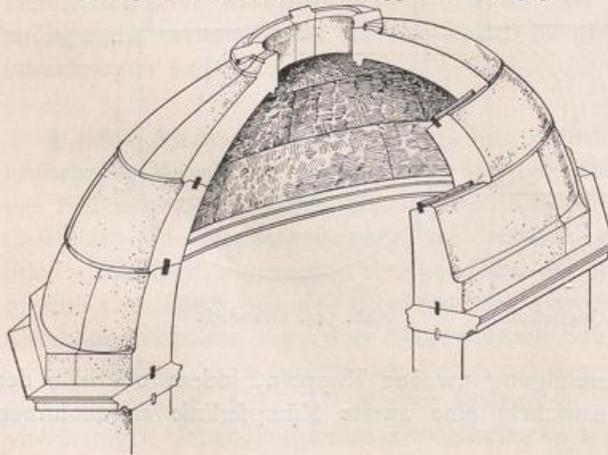


Abb. 345 ²⁷⁾ angeführt, die ein, von dem Verfasser dieses Kapitels errichtetes Mausoleum darstellt. Zur Erzielung eines möglichst festen Verbandes der einzelnen Wölbeschichten

Abb. 346. Konstruktion der Kuppel in Abb. 345.



²⁷⁾ Abb. 345 ist hergestellt nach: den »Neubauten«, herausgegeben von B. KOSSMANN (begründet von NEUMEISTER & HÄBERLE), VIII. Bd., 12. Heft, Leipzig 1902.

§ 69. Ausführung. a) **Freikuppeln.** Bei Anlage von Freikuppeln muß für Beleuchtung des unter ihr befindlichen Raumes Sorge getragen werden. Abgesehen von der Anordnung senkrecht stehender Fenster in der Gewölbetrommel, sofern eine solche vorhanden ist, liegt es nahe, im Scheitel eine Lichtöffnung vorzusehen. Durch Ausführung eines »Kranzes«, auch »Schlußring« oder »Lichtring« genannt, wird dann daselbst ein »Nabel« geschaffen, der in manchen Fällen eine »Lanterne« als Aufsatz erhält. Ein solcher Schlußring empfiehlt sich auch in konstruktiver Hinsicht für das sphärische Gewölbe, wie ein Schlußstein bei einem Bogen. Soll der Nabel nicht offen bleiben, so wird er durch mehr oder weniger flache Gewölbchen geschlossen.

Werden Fenster in der Gewölbeschale angeordnet, so veranlassen diese meistens die Ausführung von Stichkappen.

Bei dem heutigen Stand der Technik werden die Kuppeln nur selten in Hausteinen ausgeführt. Als Beispiel einer Werksteinkuppel sei

wurden in deren Lagerfugen Reife aus Kupfer eingelegt (s. beistehende Abb. 346).

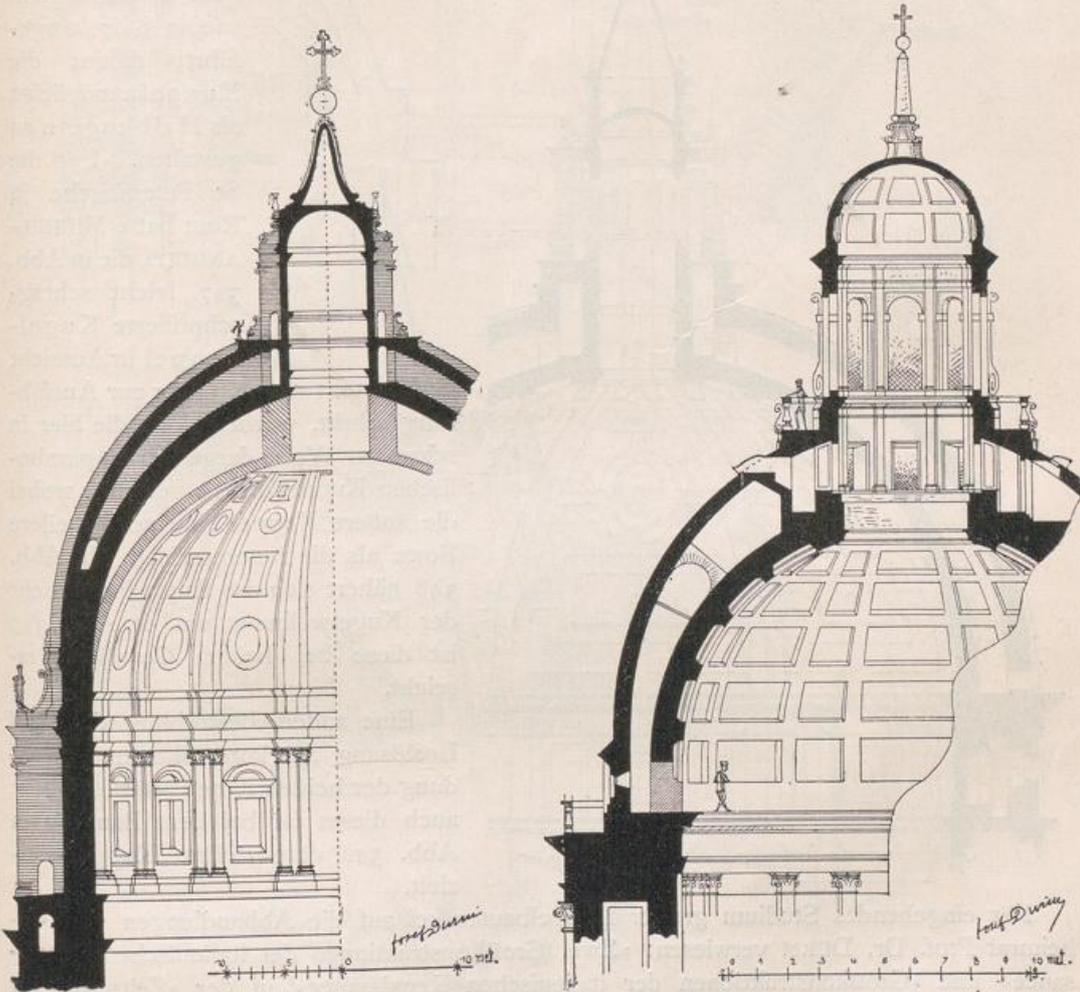
Große Kuppelgewölbe in Hausteinen sind in Frankreich ausgeführt worden, über denen dann als Schutzdächer große Holzkuppeln mit der nötigen Dachdeckung errichtet wurden (s. in den Abb. 351 bis 357 die beiden Figuren unten rechts und links). In Italien ist man schon früher bestrebt gewesen, gegen den Einfluß der atmosphärischen Niederschläge und gegen den oft starken Winddruck

nicht nur Dächer, sondern auch besondere Schutzkuppeln auszuführen; doch war es hier Gebrauch, beide Kuppeln in Backsteinmaterial herzustellen (Abb. 347 bis 349 u. 352).

Zunächst wurden die Anfänger beider Gewölbe zusammengerückt wie in Abb. 347; hierdurch wurde der Vorteil erzielt, daß die Schubrichtung der schweren, gegliederten und geschmückten inneren Hauptkuppel mehr nach einwärts in das Gebäude verlegt

Abb. 347. Kuppel der St. Peterskirche zu Rom.

Abb. 348. Kuppel der Kirche Santa Maria di Carignano zu Genua.



wurde (Abb. 350), was natürlich von Vorteil für die Anlage der Widerlagsmauern war. Am Scheitel der Gewölbe wurde statt zweier Lichtringe jetzt eine Lichttrommel ausgeführt, gegen die sich beide Gewölbe lehnten; auf diese wurde eine Laterne gebaut, deren Last — entsprechend dem Schlußsatz in § 44 — auf die Standfestigkeit der Gewölbe günstig wirkt.

Durch eine Vereinigung der beiden Gewölbeschalen vermittelt gemauerter »Sporen« und verschiedener »Anker« wurde ein festes Gewölbeganzes erstrebt, das sich im Prinzip einem Sichelträger näherte. Bei dem Bau der »Superga« bei Turin (Abb. 351 bis 357)²⁸⁾ ist dieses System praktisch vorzüglich verwertet.

²⁸⁾ Die Abb. 351 bis 357 sind entnommen: Dr. JOSEF DURM, »Die Superga bei Turin«, Freiburg i. Br. 1906.

Weitere konstruktive Versuche in Italien beziehen sich auf Anordnung oder Weglassung von vorspringenden Gurten an den Gewölbeschalen, sowie auf die Ausbildung von Pfeilern und Bogen in letzteren (s. Abb. 270, S. 126). Daneben laufen noch andere Bestrebungen. Die eine geht, wie in § 67 ausgeführt, dahin, die Kuppeln möglichst als Halbkugeln zu gestalten. Für die St. Peterskirche in Rom hatte MICHELANGELO, die in Abb. 347 leicht schrägschraffierte Kugelpuppel in Aussicht

Abb. 349. Kuppel der Kirche Santa Maria dell' Umiltà zu Pistoja.

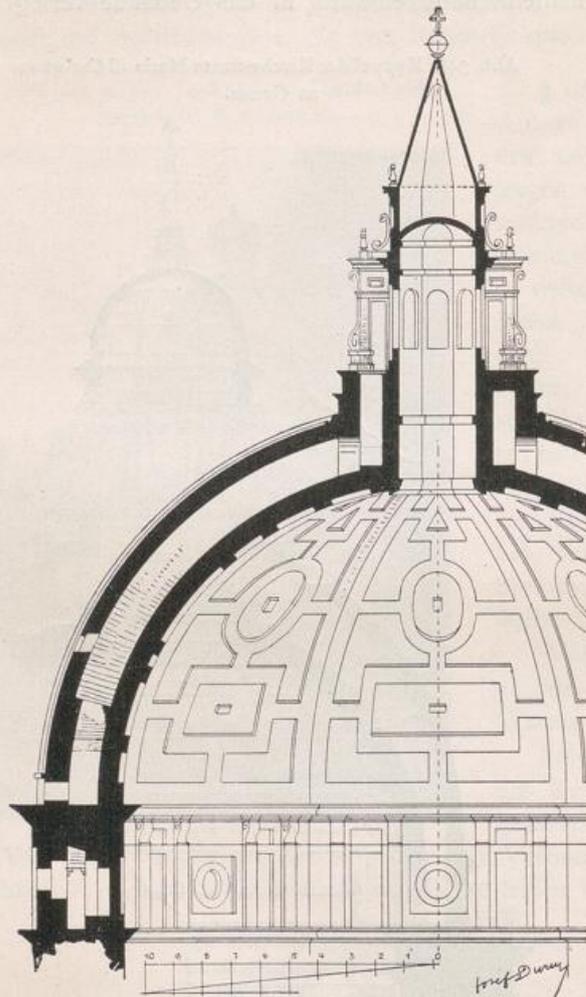
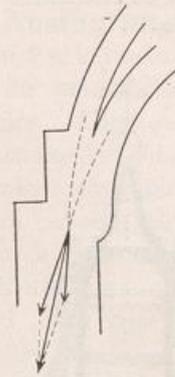


Abb. 350
Schubrichtung der Haupt-, sowie der Schutzkuppel.



genommen; als man aber zur Ausführung schritt, wurden doch die hier in schwarzer Weise dargestellten parabolischen Kuppelformen gewählt, wobei die äußere Kuppel eine noch steilere Form als die innere erhielt. In Abb. 348 nähert sich das Kuppelpaar mehr der Kugelwölbung und in Abb. 349 ist diese bei beiden Gewölben erreicht.

Eine andere Bestrebung zielte auf Loslösung der konstruktiven Verbindung der beiden Kuppelwölbeschalen; auch dieses ist bei dem Bau der in Abb. 349 dargestellten Kuppeln erzielt.

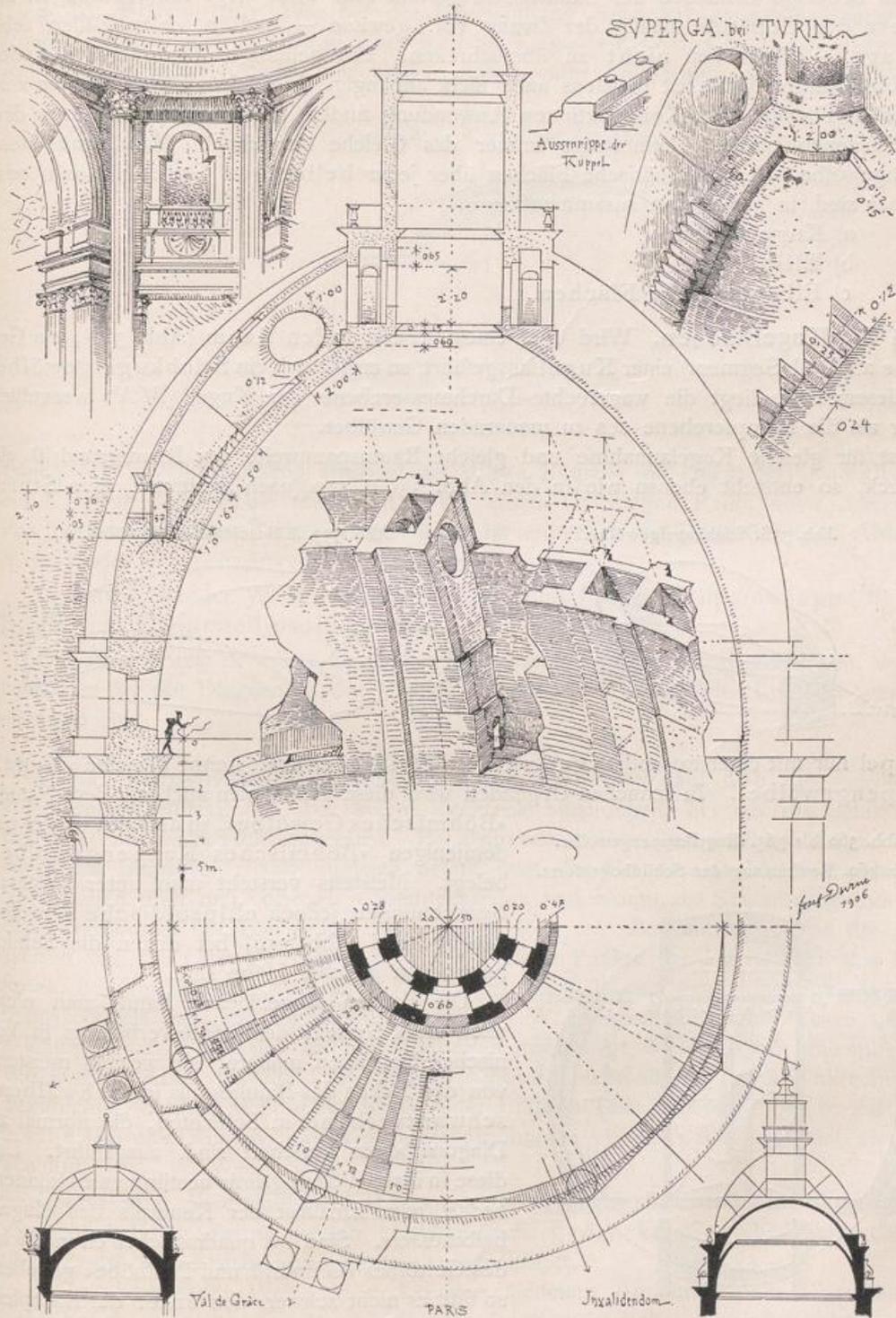
Für eingehendes Studium großer Kuppelbauten sei auf die Abhandlungen von Geheimrat Prof. Dr. DURM verwiesen: »Zwei Großkonstruktionen der italienischen Renaissance« und »Großkonstruktionen der italienischen Renaissance« in der »Zeitschrift für Bauwesen«, 1887 und 1902; ferner auf des gleichen Autors Abhandlung über die »Superga bei Turin«. Diese drei Abhandlungen sind auch als Sonderdrucke erschienen.

b) Kuppelgewölbe in Gebäuden werden gelegentlich noch in Bruchsteinen hergestellt, namentlich wenn leichtes Bruchsteinmaterial zur Verfügung steht; in diesem Falle ist eine vollständige Gerüstschalung erforderlich. Meistens benutzt man Backsteine und kommt dann mit einer »Leier«, bzw. mit einer Drehschablone aus. Allgemeine Erfahrungsmaße für Kuppelgewölbe in Gebäuden sind:

Spannweite bis	4	6	8	10 m,
Gewölbestärke am Scheitel	$\frac{1}{2}$	1	1	1 Backstein,
Gewölbestärke im Kämpfer	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	2 »

Die Widerlagsmauer erhält etwa $\frac{1}{7}$ des Gewölbedurchmessers als Stärkemaß.

Abb. 351 bis 357. Die Superga bei Turin.



B. Flache sphärische Gewölbe.

§ 70. **Allgemeines.** Während bei freistehenden Kuppeln deren Scheitelhöhe in das beliebige Ermessen des Baumeisters gestellt sein wird, liegt für Wölbungen im Innern der Gebäude häufig der Zwang vor, gewisse — und in vielen Fällen sehr geringe — Pfeilhöhen nicht zu überschreiten. Ein beliebiges Herunterrücken der Gewölbe-Kämpferlinien ist meistens auch nicht angängig. In solchen Fällen können verschiedene Flachgewölbe-Konstruktionen Anwendung finden, deren Namen jedoch in den verschiedenen Ländern keineswegs immer das Gleiche bezeichnet. Man kann diese Flachgewölbe, die als sphärische Flächen über jeder beliebigen Grundrißform ausführbar sind, in 3 Gruppen zusammenfassen:

- a) Kugelflächen,
- b) Ellipsoide,
- c) Ellipsoidische Flächen.

§ 71. **Kugelflächen.** Wird über einem kreisrunden Raum (Abb. 358), ein Gewölbe als Teil (Segment) einer Kugel ausgeführt, so ergibt sich ein Stichkugelgewölbe. In diesem Falle liegt die wagerechte Durchmesserenebene der Kugel (MN) wesentlich tiefer als die Kämpferebene des zu mauernden Gewölbes.

Ist für gleiche Kugelannahme und gleiche Raumspannweite der Raumgrundriß ein Vieleck, so entsteht ebenso wie in den Abb. 339 u. 340 (nach System II) eine Stutz-

Abb. 358. Stichkugelgewölbe.

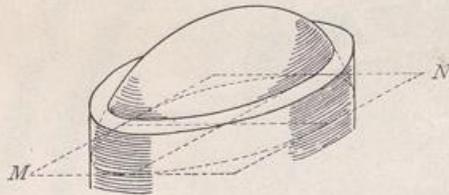
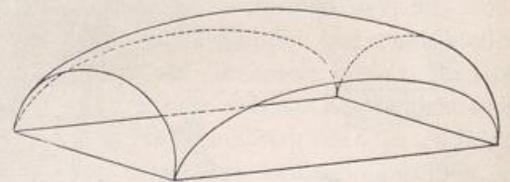


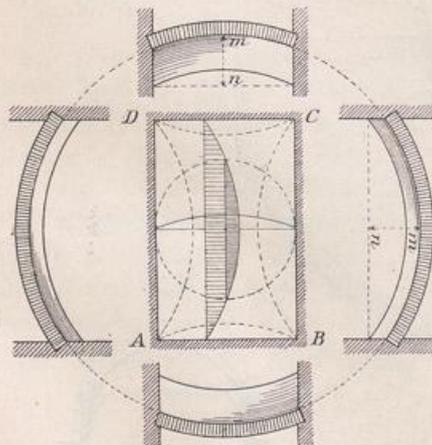
Abb. 359. Ellipsoidisches Gewölbe.



kuppel nur mit einer wesentlich geringeren Pfeilhöhe; man nennt dieselbe »Kugelkappengewölbe«. In manchen Gegenden wird diese Wölbform auch mit dem Namen

Abb. 360 bis 365. Kugelkappengewölbe.

Abb. 360. Bestimmung der Schildbogenform.



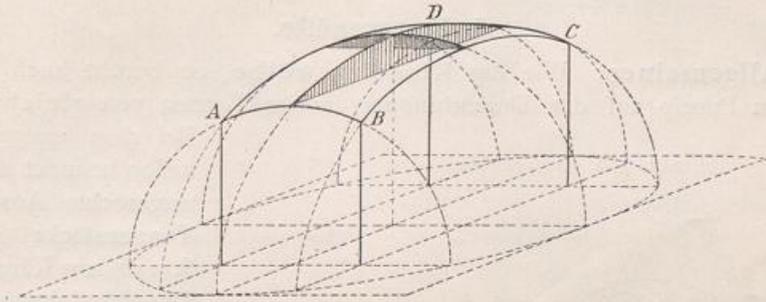
»Böhmisches Gewölbe«, in anderen wieder mit demjenigen »Böhmisches Kappengewölbe« belegt. Meistens versteht man unter letzteren Bezeichnungen jedoch ellipsoidische Gewölbe entsprechend Abb. 359, bei denen die Schildbogen von gleicher Höhe sind.

Die flachen Kugelflächen kann man nicht nach dem System des Läuferverbandes in konischen Schichten mauern; sie werden meistens von den Ecken des Raumes aus im Schwalbenschwanzverband in Schichten, die normal zu Diagonalbogen gerichtet sind, ausgeführt. Um diese in ihrer Wölbungslinie bestimmen zu können, bedarf man zunächst der Kenntnis des Kugelhalbmessers. Sind bei quadratischer Grundfläche des Gewölbes »Grundriß und Pfeilhöhe« gegeben, so fällt es nicht schwer, den unter der Kämpferhöhe liegenden Kugelmittelpunkt zu bestimmen; desgleichen können mit Leichtigkeit die Gewölbschildbogen über den 4 Quadratseiten konstruiert werden. Entsprechend wird

bei anderen Grundrißfiguren verfahren. Die Abb. 360 bis 364 zeigen die zeichnerische Bestimmung der Schildbogenform bei einem Rechteck.

§ 72. Ellipsoide. Wie bei der Überwölbung eines kreisrunden Raumes mit einem Gewölbe nach der Form einer halben Kugel ein volles Kugelgewölbe entsteht (desgleichen bei einem vieleckigem Raum unter Anwendung von Pendentifs), so

Abb. 365. Isometrische Darstellung der Abb. 360.



ergibt sich bei Überwölbung eines elliptischen Raumes mit einem halben Ellipsoid ein Ellipsoidgewölbe (desgleichen bei einem vieleckigen Raum unter Anordnung von Pendentifs). Das Ellipsoidgewölbe ist entweder ein überhöhtes (s. Abb. 158, S. 107) oder ein gedrücktes (s. Abb. 157).

In entsprechender Weise entstehen Stutz- und Hänge-Ellipsoidkuppeln sowie Stich- und Kappenellipsoidgewölbe.

Die Ausführung derselben in Backsteinen erfolgt wie bei den Kugelflächen, weshalb auch hier für die Diagonalen des Vielecks in entsprechender Weise Leitlehrbogen herzustellen sind.

§ 73. Ellipsoidische Flächen. Unter Verweisung auf Abb. 339 wurde eine kugelförmige Stutzkuppel über einem Rechteck besprochen, bei der die Schildbogen paarweise ungleiche Höhe aufweisen. Bei eingebauten Gewölben wird die Kugel vielfach durch ein Ellipsoid ersetzt; zugleich beläßt man die hier als Halbkreise gebildeten Schildbogen über den schmalen Rechteckseiten und nimmt aus Schönheitsgründen bei den Schildbogen der Langseiten die gleiche Höhe an. Bestimmt man von den Halbkreisen aus, nach der »Vergatterung«, die übrigen Punkte der Kurve über den Langseiten, so ergeben sich Ellipsen (s. Abb. 157). Behält man den Höhepunkt des Wölbungsscheitels bei und legt nun eine stetige Wölbungsschale durch diesen und die 4 Kämpferpunkte, die sich an die Schildbogen anschmiegt, so ergibt sich eine sphärische Wölbung, s. Abb. 359, die kein richtiges Ellipsoid mehr ist, da deren senkrechte und wagerechte Schnitte nicht mehr Kreis- oder Ellipsen-Teile ergeben. Solche ellipsoidische Gewölbe werden, wie in § 71 hervorgehoben, vielfach »Böhmische Gewölbe« genannt.

Nimmt man die Schild- und Diagonalbogen als Kreissegmente und die Gewölbe Pfeilhöhe beliebig niedrig an, so entstehen sehr gedrückte Gewölbeflächen, die man mancherorts als »Böhmische Kappen« bezeichnet.

In entsprechender Weise kann bei verschiedenen Annahmen von Diagonal- und Schildbogen eine große Anzahl verschiedener sphärischer Gewölbeflächen erzielt werden.

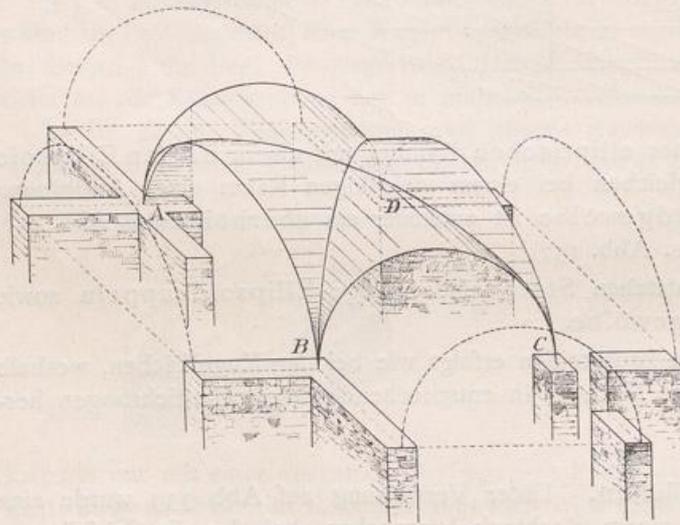
Die Pfeilhöhe derselben beträgt etwa $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{10}$ der Spannweite, die Gewölbstärke bis 3,5 m Spannweite $\frac{1}{2}$ Stein, von 3,5 bis 5 m im oberen Teil $\frac{1}{2}$ Stein und am Widerlager 1 Stein. Bei größeren Spannweiten sind Verstärkungsgurten in der Richtung der Raum-Diagonalen auf der Gewölbeschale auszuführen. Belasteten Widerlagern gibt man eine Stärke von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ der Gewölbespannweite, unbelasteten $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$.

Die Ausführung erfolgt freihändig wie oben angegeben. Da die Gewölbe sehr flach liegen und bei der Herstellung keine Schalung angewendet wird, so empfiehlt es sich, möglichst kurze Wölbeschichten anzuordnen.

6. Kreuzgewölbe.

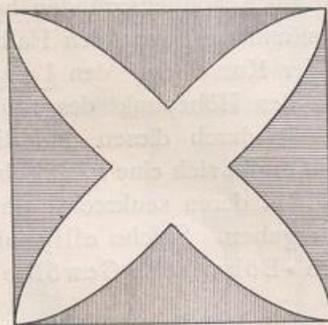
§ 74. Allgemeines. Wie das Klostergewölbe, so beruht auch das Kreuzgewölbe im Prinzip auf der Durchdringung zweier Tonnen von gleicher Pfeilhöhe.

Abb. 366. Kreuzgewölbe.



Bei dem erstgenannten Gewölbe befindet sich die größte wagerechte Ausdehnung der Tonnenstücke (s. Abb. 319, S. 138) am Kämpfer, und die Längsausdehnung derselben am Scheitel ist auf einen Punkt zusammengeschrumpft. Umgekehrt verhält es sich beim Kreuzgewölbe (Abb. 366). Hier befindet sich die größte wagerechte Länge der Tonnenstücke beim Scheitel, und am Kämpfer ist sie auf einen Punkt beschränkt. Im ersten Falle haben wir es somit gewissermaßen mit 4 Kämpferstücken, im zweiten mit 4 Scheitelstücken von Tonnen zu tun.

Abb. 367. Schablone der Kreuzgewölbflächen.



Beim Klostergewölbe werden alle 4 Widerlagsmauern, bzw. Architrave oder Bogen, belastet und zwar trifft die Hauptlast je die Widerlagsmauer in der Mitte ihrer Längsausdehnung; beim Kreuzgewölbe dagegen werden nur die Punkte A, B, C und D belastet, so daß dasselbe an diesen Stellen auch statt durch Mauern, wie bei A und B, durch Pfeiler, wie bei C, unterfangen werden kann. Führt man Seitenmauern an dem zu überwölbenden Raum aus, so erscheinen diese hier als Schildmauern. Selbstverständlich steht im Prinzip nichts entgegen, die Kreuzgewölbe-Schildbogen auf den Schildmauern vollständig ruhen zu lassen.

Die Diagonalkurven erscheinen beim Klostergewölbe am Äußern der Wölbungsschale als Grate, am Innern derselben als Kehlen; beim Kreuzgewölbe liegt der Fall umgekehrt.

Als Schablone für ein Halbkreis-Klostergewölbe über einem Quadrat ergab sich eine Figur nach Abb. 320, S. 138; bei entsprechendem Kreuzgewölbe erhalten wir eine solche nach Abb. 367.

Auch das Kreuzgewölbe läßt sich über jeder beliebigen Vielecksform anordnen (Abb. 368 bis 371). Es empfiehlt sich, den Zusammenstoßpunkt der Gewölbegratlinien lotrecht über dem Schwerpunkt des Raumgrundrisses anzunehmen, wie es beim Kloster-

Abb. 368. Kreuzgewölbe über einem dreieckigen Raum.

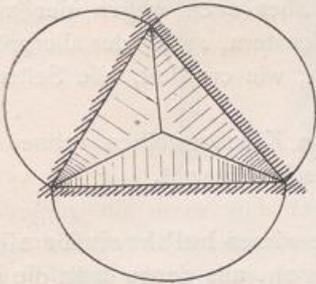


Abb. 369. Kreuzgewölbe über einem rechteckigen Raum.

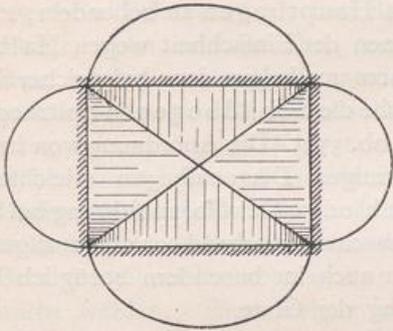


Abb. 370 u. 371. Kreuzgewölbe über einem vielseitigen Raum.

Abb. 370. Querschnitt.

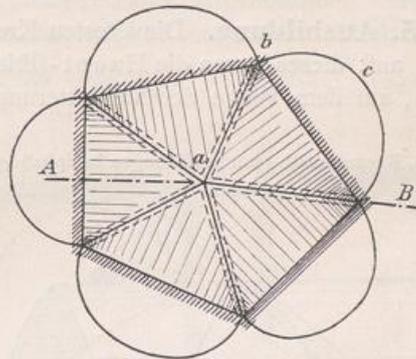
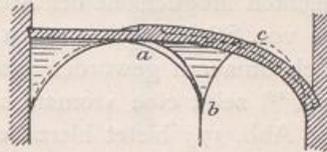
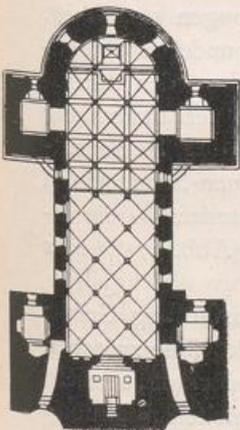


Abb. 371. Grundriß.

gewölbe, Abb. 321, S. 139 geschah, dann sind die Horizontalprojektionen der Grate die geraden Verbindungslinien des Schwerpunktes der Grundrißfigur mit den Ecken des Vielecks. Jeder Vielecksseite entspricht ein selbständiger Gewölbeteil, »Kappe« benannt.

Abb. 372 u. 373. Kreuzgewölbe in der Krypta der Sankt Gereonskirche in Köln.



Das Kreuzgewölbe besitzt verhältnismäßig bedeutende Festigkeit selbst bei großen Spannweiten. Aus dem gleichen Grunde, aus dem sich bei sphärischen Großkonstruk-

tionen eine konstruktive Ausbildung in Pfeilern, Bogen und getragenen Zwischengemäuer empfiehlt, hat das Kreuzgewölbe gegenüber dem Tonnen- und Kloostergewölbe den Vorzug der Verteilung der Last, wie in § 54 ausgeführt wurde, auf einzelne Mauerteile, oder auf freistehende Pfeiler.

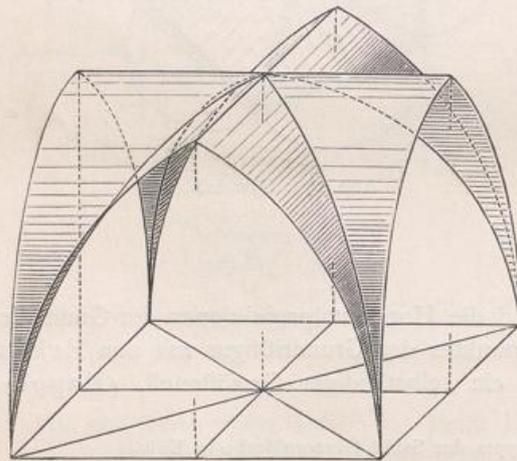
Was auf solcher Grundlage an großartiger Wirkung erzielt werden kann, hat im ersten Fall die Wölbekunst der Römer gezeigt, im zweiten Fall der gotische Baustil.

Die Anlage von Kreuzgewölben empfiehlt sich aber auch wegen der von ihr gewährten leichten Möglichkeit der Anordnung von Fenstern, selbst der allergrößten, ohne zur Anlage von Stichkappen greifen zu müssen, da, wie erwähnt, alle Seitenmauern zu Gewölbe-Schildmauern geworden sind.

Abb. 372²⁹⁾ zeigt eine »romanische« Anlage von Kreuzgewölben »ohne« und »mit« Gurtbogen; Abb. 373 bietet hierzu eine perspektivische Ansicht.

§ 75. Ausbildung. Die ältesten Kreuzgewölbe wiesen halbkreisförmige Schildbogen auf; dieses waren die Haupt-(Prinzipal-)Bogen, aus denen dann die Diagonalbogen, auf dem Wege der Vergatterung als halbe Ellipsen entwickelt wurden. Später

Abb. 374. Kreuzgewölbe mit Schildbogen in Spitzbogenform.



ging man dazu über, die Diagonalbogen als Hauptbogen zu behandeln; man gab ihnen der Einfachheit wegen Halbkreisform und bekam dann bei gleicher Scheitelhöhe die Schildbogen in Spitzbogenform (Abb. 374). Die Anordnung von halbkreisförmigen Diagonalbogen erleichterte die freihändige Gewölbeausführung bei Schwalbenschwanzverband sowohl im allgemeinen, als auch im besondern bezüglich Herstellung der Grate.

Ist ein unregelmäßiger Grundriß mit einem Kreuzgewölbe zu überdecken, so wird irgend einer der Gratbogen als Haupt-(Prinzipal-)Bogen angenommen und womöglich als Halbkreis gestaltet; dann werden aus diesem die übrigen Gratbogen, sowie die Schildbogen entwickelt.

Die Eigenart der Kreuzgewölbeform führte in der Praxis zu besonderen Ausgestaltungen. Im vorigen Paragraphen wurde erwähnt, daß die Hauptlast des Kreuzgewölbes sich in dessen oberen Teilen befindet. Dieser Umstand hat ein verhältnismäßig starkes Sichsetzen des Gewölbes zur Folge, das ein »Einschlagen« der Scheitellinien verursachen kann. Es empfiehlt sich deshalb, die einzelnen Tonnen-Scheitellinien von den Schildbogen nach dem Kreuzungspunkt hin ansteigen zu lassen — sie erhalten »Stich« (Stechung); dabei können diese Scheitellinien gerade (Abb. 375), oder gebogen (Abb. 377), angenommen sein.

Auch die einzelnen Gewölbekappen bieten in ihrer Wölbungsausführung Gefahr des Einschlagens. Um hiergegen aufzukommen ging man dazu über, dieselben zwischen den Gratbogen und Schildmauern (bzw. Schildgurtbogen) nicht nach Zylinderform, sondern je für sich sphärisch auszubilden — sie wurden »gebust«, sie erhielten »Busen«

²⁹⁾ Die Abb. 372, 373 u. 402 sind entnommen: FR. BOCK, »Rheinlands Baudenkmale des Mittelalters«, Bd. I u. III, Köln 1870.

(Abb. 378). Neben diesen Ausbildungen wurden auch Kreuzgewölbe ausgeführt, bei denen der Kreuzungspunkt der Diagonalgurten sich tiefer befindet als die Scheitelpunkte

Abb. 375. Gerade steigender Stich.

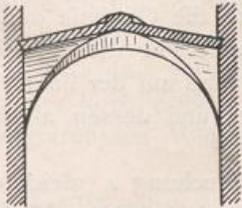


Abb. 376. Gerade fallender Stich.

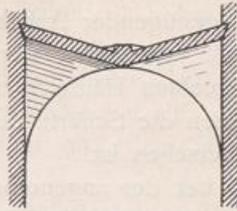
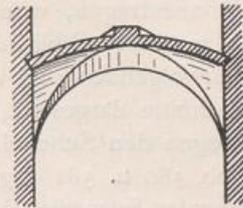


Abb. 377. Steigender Bogenstich.



der Schildbogen, die unter sich meistens in gleicher Höhe angenommen werden. In diesem Falle haben wir es mit Diagonalgraten zu tun, die nach dem Mittelpunkt des Raumes zu abfallen; auch diese können »gerade« (Abb. 376), oder »gebogen« (Abb. 379) gebildet sein.

Abb. 378. Wagerechter Busen.

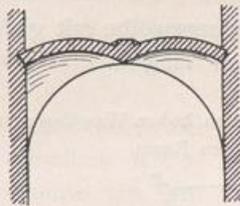
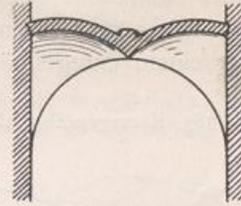


Abb. 379. Fallender Busen.



Steigende Scheitelanlage hat sich bei Kreuzgewölben sehr bewährt; man gibt ihrem »Stich« etwa $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{30}$ der Diagonalspannweite des Gewölbes. Die Darstellung der Stechungs-Konstruktion ist besonders kurz und klar in der ausführlichen Baukonstruktionslehre von BREYMANN-WARTH entwickelt, der die Abb. 380 u. 381 (s. auch Fußnote 19, S. 110) entnommen wurden. Diese zeigen ein Kreuzgewölbe über einem Quadrat mit Halbkreis-Wandbogen und gerade steigenden Scheiteln. Die Kappenflächen gehören steigenden Zylindern an und die Diagonalgrate bilden elliptische Spitzbogen.

Um diese auftragen zu können, ist zu beachten — wir folgen der Erläuterung zu diesen Abbildungen, — daß die Kappe ABS entsteht, indem die Bogenlinie $A'C'B'$ im Aufriß parallel zu sich selbst auf der steigenden Achse vorrückt und die steigende Zylinderfläche beschreibt; diese Steigung sei in Mb gegeben. Schlägt man die Steigungslinie im Grundriß nach CS um, so wird, wenn der Bogen z. B. bis D vorgerückt ist, der Mittelpunkt um die Strecke x in die Höhe gerückt sein; macht man deshalb $Mm = x$, oder was dasselbe oo , nachdem $A'b$ gezogen, schlägt mit dem Radius R des Wandbogens von m aus einen Kreis $D'z'$, und schneidet diesen

Abb. 380 u. 381. Die Konstruktion der Stechung.

Abb. 380. Ansicht.

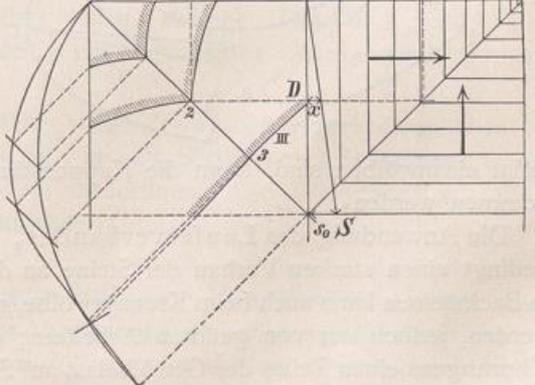
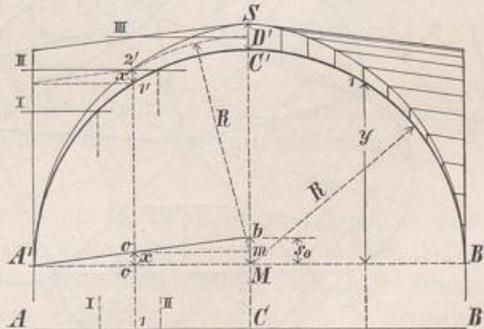


Abb. 381. Grundriß.

mit der durch den Gratpunkt 2 gehenden Vertikalen, so erhält man dadurch einen Punkt 2' des Gratbogens, den man hiernach in der Umklappung verzeichnen kann. Es ist $1'2' = oo = Mm = x$, denn Punkt 1 ist bis 2 um eben so viel gestiegen wie die Achse oder die Scheitellinie von C nach D, d. h. um x . Um somit im Aufriß die Projektion der diagonalen Bogenlinie zu erhalten, genügt es, die Steigungsmaße $x = oo$ nach 1'2' anzutragen, wonach bei genügender Anzahl Punkte die Gratlinie durch Umklappung in ihrer wirklichen Gestalt verzeichnet werden kann. In dieser Abbildung wie in den folgenden sind auf der rechten Hälfte lotrechte und auf der linken waagrechte Schnitte dargestellt, aus denen die Schärfe des Grates und dessen allmählicher Verlauf gegen den Scheitel hin zu ersehen ist.

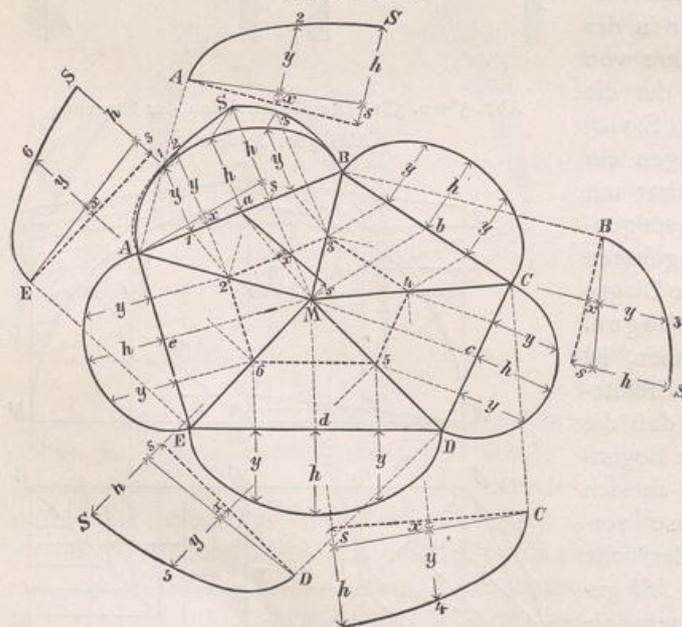
In Abb. 380 u. 381 ergibt sich bei der angenommenen Stechung s (gleich etwa $\frac{1}{20}$ der Diagonalen-Spannweite) beim Horizontalschnitt III bereits kein erhabener Grat mehr, sondern eine, wenn auch sehr geringe Einsenkung, eine »Kehle«, die bei zunehmender Stechung wächst und sich auf immer größere Längen der diagonalen Bogenlinie erstreckt. Diesem Übelstand wird durch Einschränkung der Stechung auf $\frac{1}{30}$ und durch »Herausputzen« der Grate gegen den Scheitel begegnet (Abb. 382).

Abb. 382. Herausputzen der Grate.



Abb. 383 zeigt ein Kreuzgewölbe mit gleich hohen Wandbogen und gerader Stechung über einem unregelmäßigen Vieleck.

Abb. 383. Kreuzgewölbe mit gleich hohen Wandbogen über einem vielseitigen Raum.



terial einzuwölben sind, kann die Kappenstärke ungefähr gleich $\frac{1}{25}$ ihrer Spannweite genommen werden.

Die Anwendung des Läuferverbandes, die auch hier volle Einrüstung beansprucht, bedingt einen starken Verhau der Steine an den Graten. Der Schwalbenschwanzverband in Backsteinen kann auch beim Kreuzgewölbe, normal zu den Graten freihändig ausgeführt werden, jedoch nur von geübten Arbeitern; derselbe bietet konstruktiv den Vorteil des Übertragens eines Teiles der Gewölbelaast auf Schildmauern oder Schildgurtbogen. Gebuste sphärische Kappen werden auch hier ohne Gerüst, entsprechend Abb. 161, S. 108 gemauert.

§ 76. Ausführung.

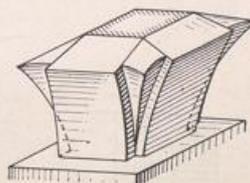
Bezüglich Wahl der Materialien und Verbandarten gibt das bisher über Wölbung von Tonnen- und sphärischen Gewölben Mitgeteilte die nötigen Aufschlüsse. Die Stärke der Gewölbeshalen pflegt man »bei einer Spannweite bis zu 6 m $\frac{1}{2}$ Stein, bei einer Weite bis zu 9 m $\frac{1}{2}$ Stein im Scheitel und 1 Stein am Widerlager anzunehmen. Geht die Spannweite über 9 m hinaus, so gibt man den Kappen zweckmäßig durchweg 1 Stein Stärke. Bei Kreuzgewölben, deren Kappen aus hinreichend festen und lagerhaften Bruchsteinen oder aus gutem Quaderma-

Besondere Aufmerksamkeit erfordert die Gestaltung der Widerlager, da diese auf verhältnismäßig kleiner Fläche eine große Last aufzunehmen haben. Bei Kreuzgewölben im gewöhnlichen Häuserbau nimmt man für die Widerlagstärke etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{6}$ der Diagonalspannweite an. Da der Druck des Gewölbes, wie wiederholt besprochen, nach der Kettenlinie wirkt, so ergibt sich namentlich bei Pfeilern die Notwendigkeit, dieselben nach unten zu um so breiter zu halten, je höher die Kämpferlinie der Gewölbe über der Fußfläche der Widerlager liegt, bzw. sind die Pfeiler durch besondere Aufsätze, in der Gotik »Fialen« genannt, beschwert. Aus den konstruktiven Folgerungen des Gewölbedruckes hochgestellter Kreuzgewölbe hat sich der Gotische Kirchenbaustil mit seinen abgetreppten Widerlagspfeilern und den Strebepfeilern (Schwippbogen) entwickelt.

Wenn bei Wohnhausverhältnissen die Höhe der Widerlager mehr als 2,50 m beträgt, so sind die eben mitgeteilten Stärken etwa um $\frac{1}{10}$ zu vergrößern. In vielen Fällen werden Verschlauderungen zur Verstärkung der Widerlager angeordnet.

Auch die Gewölbeanfänger bedürfen besonders sorgfältiger Ausführung. Ihre Herstellung ist bei Wölbung in Backsteinen sehr schwierig, weshalb man diese Teile auch für Backsteingewölbe gern in Hausteinen ausführt. Unter Annahme eines Kreuzgewölbes über quadratischem Grundriß mit diagonalen Rundbogen zeigt die Abb. 384 einen Werksteinanfänger für Backsteinwölbung im Schwalbenschwanzverband.

Abb. 384. Werksteinanfänger eines Kreuzgewölbes.



Die Herstellung der Grate ist in § 55 besprochen. Bei Gewölben bis zu 3 m Spannweite werden dieselben in einfachster Weise ausgeführt; bei größeren Spannweiten gibt man denselben »Verstärkung« entsprechend Abb. 280 bis 287.

Sowohl bezüglich der Ausführungsart als hinsichtlich ihrer Gesamtgestaltung erfuhr die Kreuzgewölbe-Anlage besondere Ausbildung durch Schaffung der Rippen-Kreuzgewölbe, der Mehrteiligen- sowie der Stern- und der Netz-Kreuzgewölbe usw.

Alle Kreuzgewölbearten können, da sie auf der Durchkreuzung von Tonnen beruhen, auch wie die Tonnen selbst, beliebige Bogenformen im Querschnitt aufweisen.

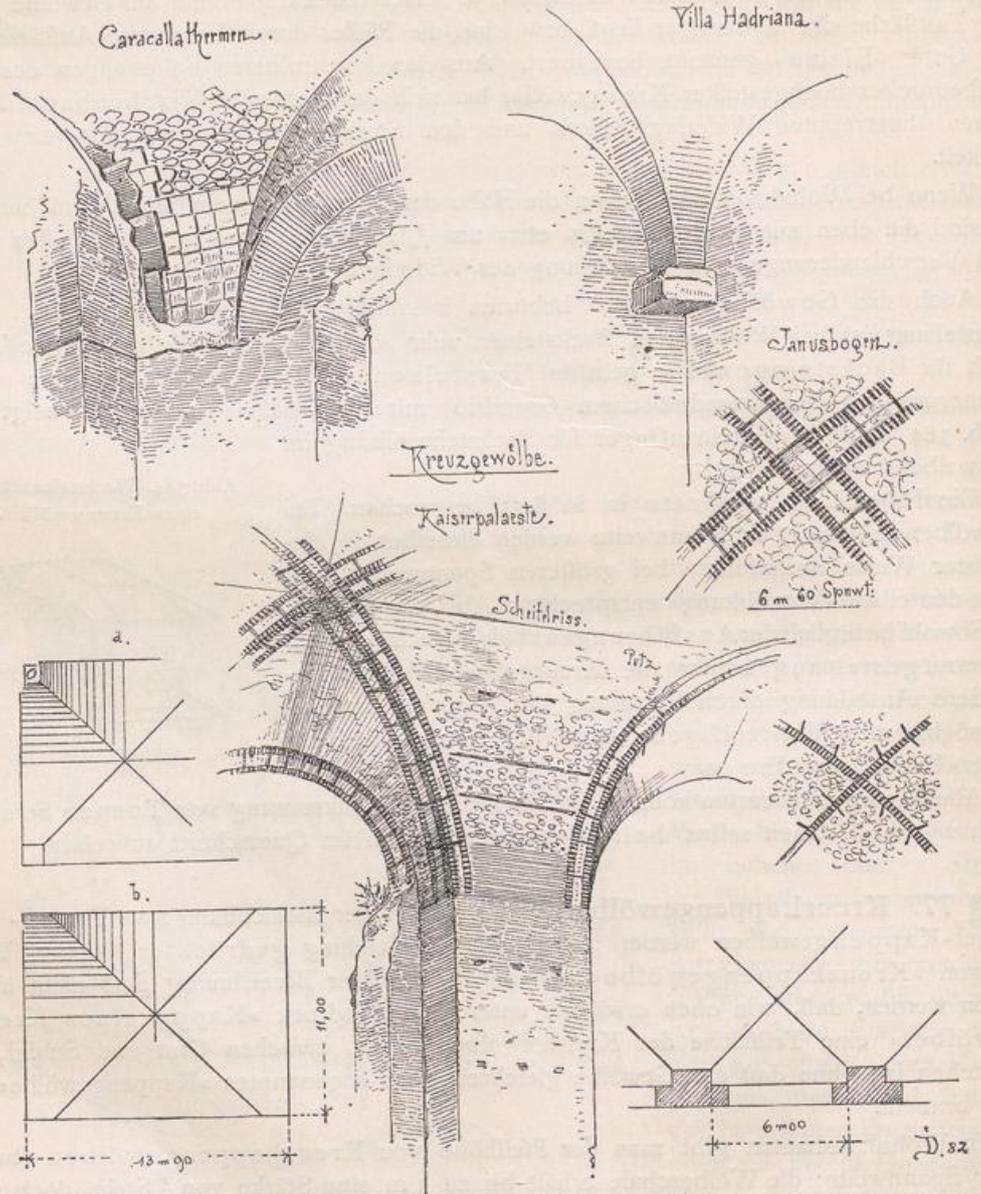
§ 77. Kreuzkappengewölbe. Entsprechend der Bezeichnung von Tonnen- und Kugel-Kappengewölben werden auch unter Anwendung gedrückter (flacher) Wölbungen »Kreuzkappengewölbe« gebildet. Bei dieser Bezeichnung darf nicht übersehen werden, daß, wie oben erwähnt, unter dem Ausdruck »Kappe eines Kreuzgewölbes« eine Teilfläche des Kreuzgewölbes selbst, zwischen Grat und Schild, zu verstehen ist, ohne daß das Gewölbe gleichzeitig ein sogenanntes »Kappengewölbe« zu sein braucht.

In Wohnhausbauten gibt man der Pfeilhöhe von Kreuzkappengewölben etwa $\frac{1}{7}$ ihrer Spannweite; die Wölbeschale erhält bis zu 5 m eine Stärke von $\frac{1}{2}$ Stein, doch sind bei Spannweiten über $2\frac{1}{2}$ m Gratverstärkungen anzuordnen. Die Widerlager erhalten eine Stärke von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ der diagonalen Spannweite.

§ 78. Besondere Arten von Kreuzgewölben. Kreuzgewölbe aus der römischen Kaiserzeit zeigen entsprechend den Abbildungen 385 bis 392 die Ausbildung der Diagonalgrate in Guß- oder Backsteinausführung; in der ersten Zeit des Mittelalters würden dieselben wie soeben in § 76 besprochen ausgeführt.

a) **Rippen-Kreuzgewölbe.** In der zweiten Hälfte des Mittelalters ging man dazu über, die Grate sowohl für Ausführung der Gewölbe in Bruchstein als in Backstein in selbständiger Weise in Hausteinen herzustellen, so daß dieselben zu Gratgurtbogen wurden, die dem Wölbungsgemäuer der Kappen als Widerlager dienten

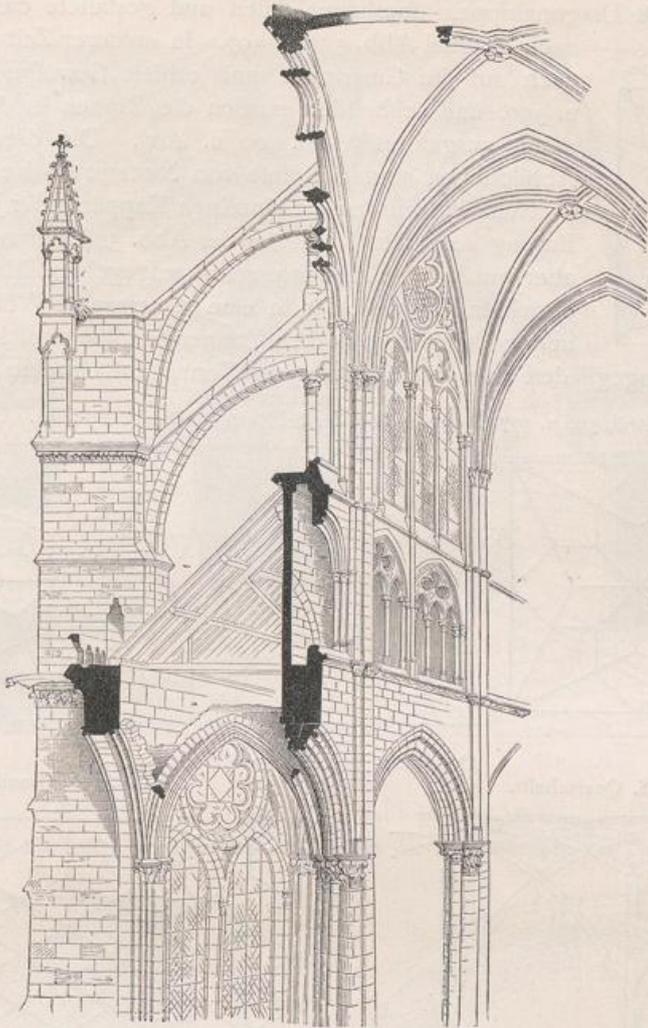
Abb. 385 bis 392. Römische Kreuzgewölbe.



(s. Abb. 288 bis 291 u. 402). Hierdurch erhielt das Kreuzgewölbe in konstruktiver und formaler Beziehung jene Bewegungsfreiheit, die zur Vielseitigkeit des »Gotischen Baustiles« geführt hat. Die Abb. 393 zeigt eine gotische Rippen-Kreuzgewölbe-Anlage.

b) **Mehrteilige Kreuzgewölbe.** Unter Einfügung von weiteren Rippen (Nebenrippen) werden des öftern die Kappen vom Scheitel aus geteilt, wodurch die Zahl der Kappenfelder auf sechs, acht usw. erhöht wird; für jedes weitere Kappenfeld ist dann

Abb. 393. Rippen-Kreuzgewölbe-Anlage.

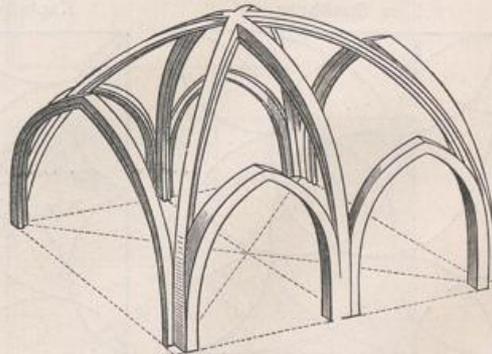


auch ein weiterer Schildbogen über der Kämpferhöhe anzuordnen. Solche Gliederung spielte im gotischen Baustil eine große Rolle und führte zu wirkungsvollen Gewölbeformen, bei denen die Nebenrippen schwächer gehalten waren als die Hauptrippen.

In Abb. 394 ist ein Sechsteiliges Kreuzgewölbe im Schema dargestellt.

c) **Stern- und Netz-Gewölbe.** Erhalten die Kreuzgewölbe außer den genannten Haupt- und Nebenrippen auch noch Querrippen, die normal oder schräg zu jenen liegen, so entsteht irgend ein Sterngewölbe; Abb. 395³⁰⁾ zeigt ein Beispiel hierfür. In der Folge ging man dazu über, sämtliche

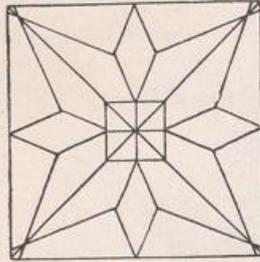
Abb. 394. Sechsteiliges Kreuzgewölbe.



³⁰⁾ Die Abb. 395 bis 401 sind entnommen: G. DEHIO und G. VON BEZOLD, »Die kirchliche Baukunst des Abendlandes«, II. Bd., Stuttgart 1901.

Rippen gleich stark zu halten und nachdem man sich an diesen Zustand gewöhnt hatte, ließ man die Diagonalrippen überhaupt fallen und gestaltete das Gewölbe etwa nach Beispiel Abb. 396 u. 397. In späterer Zeit verzichtete man

Abb. 395. Sterngewölbe.



auch auf die Gurtruppen und erhielt Gewölbe nach Abb. 398 u. 399, und schließlich wurden die Rippen in doppelter Krümmung ausgeführt (Abb. 400 u. 401). Die drei letztgenannten Abbildungen sind Beispiele von Netzgewölben.

Zunächst wurden die einzelnen Kappenfelder je besonders mit Busung ausgeführt, wie aus der Abb. 398 hervorgeht; nachmals aber wurde diese Ausführungsart aufgegeben. Man legte dann die einzelnen Kappenfelder in eine gemeinsame Wölbungsfläche und kehrte damit zum uralten Tonnengewölbe zurück, dem nunmehr ein Rippenwerk eingegliedert war, das die Last der Tonne auf einzelne Punkte verteilte.

Abb. 396 u. 397. Sterngewölbe der St. Kastorkirche in Koblenz.

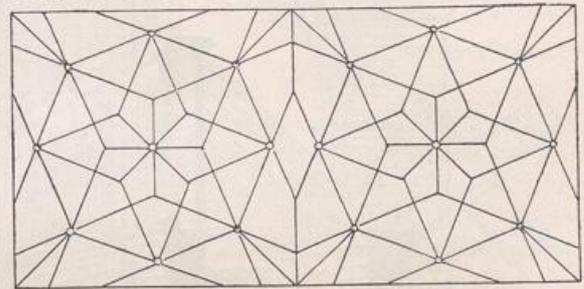
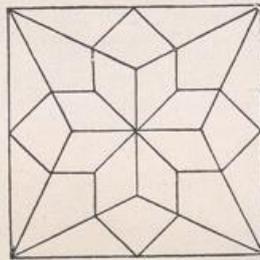


Abb. 398. Querschnitt.

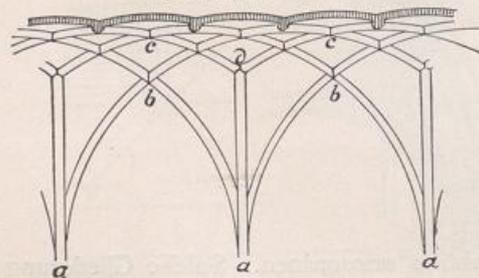


Abb. 398 u. 399. Netzgewölbe.

Abb. 399. Grundriß.

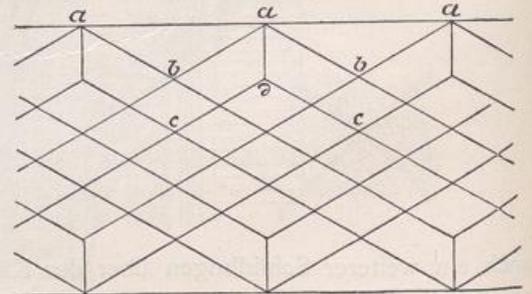


Abb. 400. Netzgewölbe im Münster zu Straßburg.

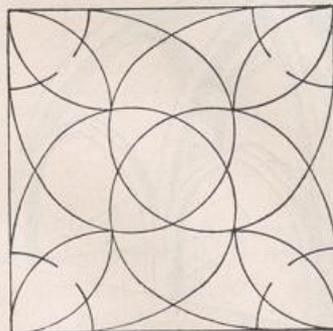
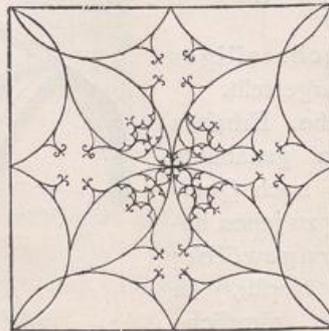


Abb. 401. Netzgewölbe in der Kapitalkirche in Köln.



Die Abb. 402 zeigt ein Netzgewölbe aus spätgotischer Zeit; in den Abb. 403 bis 406³²⁾ ist die Verbandart des Mauerwerks der einzelnen Gewölbekappen ersichtlich.

d) Fächer- oder Trichter-Gewölbe und hängende Gewölbe. Von weiteren betreffenden besonderen Gewölbearten seien hier noch

³²⁾ Die Abb. 403 bis 406 sind hergestellt nach: VIOLET-LE-DUC, »Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI. au XVI. siècle«, Paris 1889.

Abb. 402. Fahrensaal der Burg Eltz.

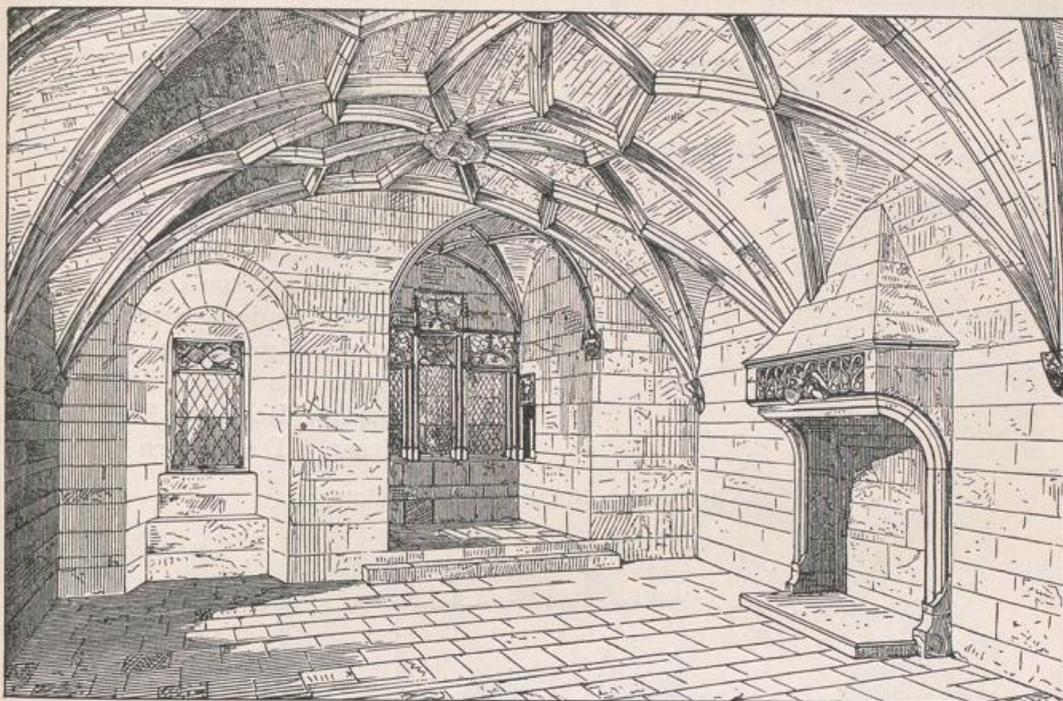
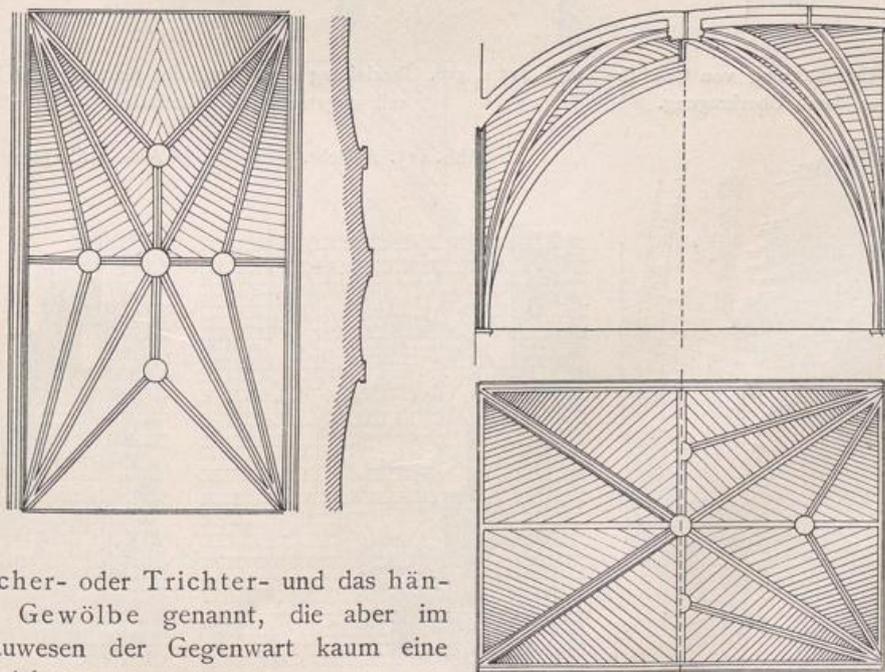


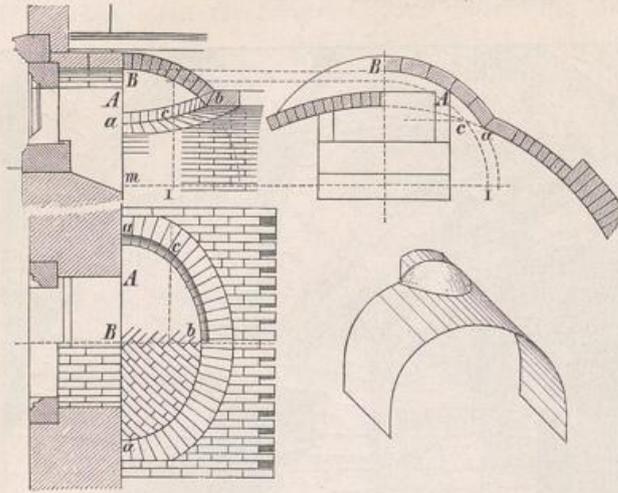
Abb. 403 bis 406. Verbandart des Mauerwerks der Gewölbekappen von Netzgewölben.



das Fächer- oder Trichter- und das hängende Gewölbe genannt, die aber im Hochbauwesen der Gegenwart kaum eine Rolle spielen.

Esselborn, Hochbau. I. Bd.

Abb. 407 bis 410. Kugelstichkappen.



7. Teilgewölbe.

§ 79. Verschiedene Arten von Teilgewölben. Zu den Teilgewölben gehören außer den schon in den §§ 59 u. 60 erwähnten Stichkappen, auch Chor- und Nischengewölbe, Pendentifs, sowie Trompen.

a) **Stichkappen.** Bei den bisher betrachteten Gewölben handelte es sich um Überdeckung von Gebäuderäumen; eine Ausnahme bildeten die Stichkappen, welche als kleine Hilfsgewölbe zum Überdecken von Raumteilen dienen. Die in den Abb. 307

Abb. 411 bis 413. Nischengewölbe aus Haustein.

Nischengewölbe in Gerasa.

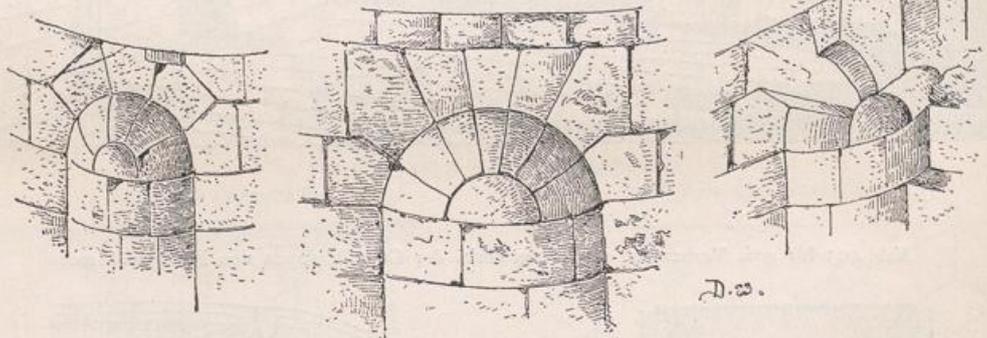


Abb. 414. Unterstützung von Gewölbewangen durch Überkragung.

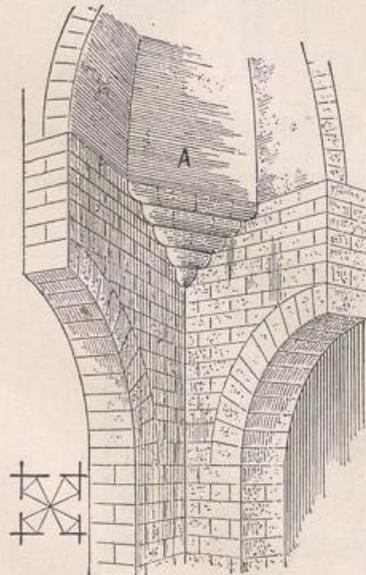
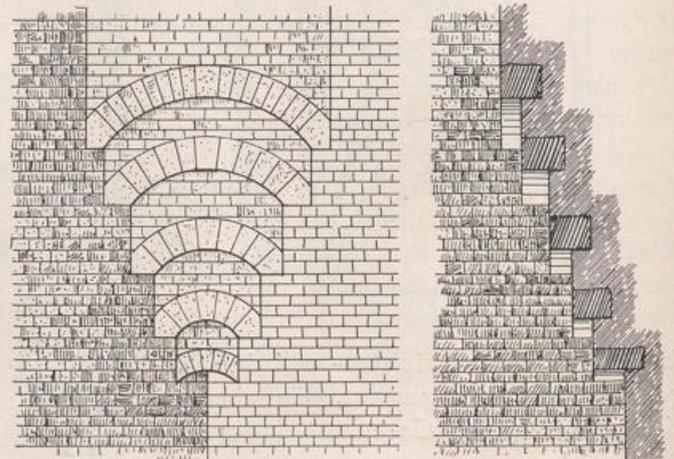


Abb. 415 u. 416. Überleitung vom Viereck ins Achteck durch Bogen mit wagerechter Scheitellinie.

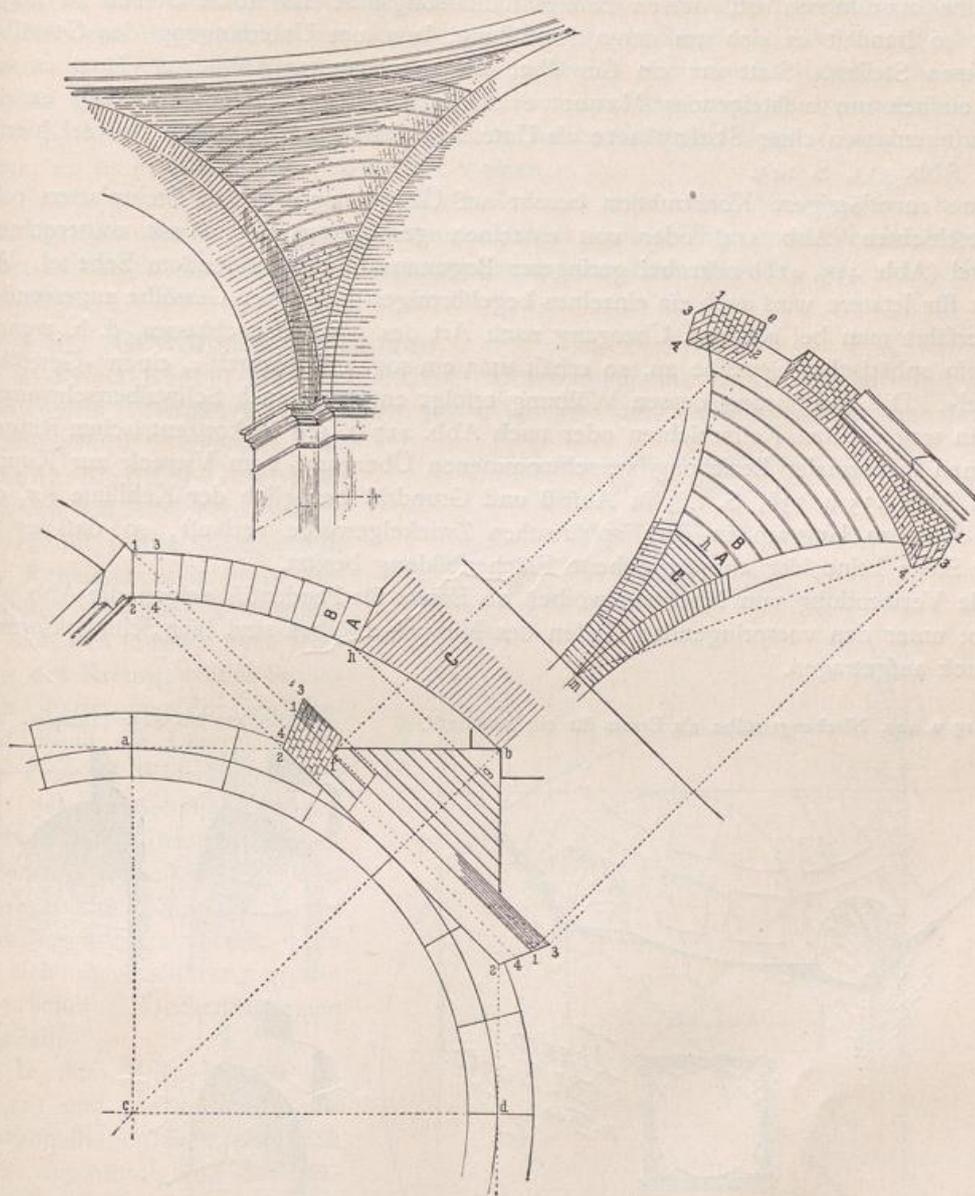
Abb. 415. Ansicht.

Abb. 416. Querschnitt.



bis 309, S. 135, und 261 bis 265, S. 125, dargestellten Stüchappen sind mit Zylinder- und mit Kegelflächen gewölbt; wie die Abb. 407 bis 410 zeigen, läßt sich in solchem Fall ebensowohl die Kugelwölbung anwenden. Da auch diese »Kugelstüchappen« oder allgemein »sphärische Stüchappen« auf anderen Gewölben aufsitzen und diese belasten, so ist es naheliegend, sie so leicht wie möglich herzustellen.

Abb. 417 u. 418. Gewölbezwickel aus konzentrischen Ringen.



b) Die Chor- und Nischengewölbe gehören ebenfalls der Klasse der sphärischen Gewölbe an und stellen im allgemeinen den vierten Teil der Schale eines geschlossenen sphärischen Körpers dar. Die Chorgewölbe werden über Räumen, die Nischengewölbe dagegen als oberer Abschluß von Mauernischen ausgeführt. Ihre Herstellung erfolgt nach den Gesetzen der sphärischen Wölbung.

Bei Nischengewölben wird es sich besonders oft um Verwendung von Haustein als Baumaterial handeln; hier kann der Steinschnitt beispielsweise nach den Abb. 411 bis 413 erfolgen. Überdeckt man Nischen mit Kegel- oder Tonnenwölbungen, so erhält man zwar auch »Gewölbe über Nischen« nicht aber, was man mit dem Ausdrucke »Nischengewölbe« bezeichnet.

c) **Pendentif.** Wenn, wie bei Abb. 327, S. 141 besprochen, über einen Raum ein Gewölbe auszuführen ist, dessen Kämpferumfassungslinie auf hohle Stellen zu liegen käme, so handelt es sich um deren Ausfüllung, bzw. um Unterfangung des Gewölbes an diesen Stellen. Statt um ein Gewölbe, wie in genannter Abbildung, kann es sich auch einfach um aufsteigendes Mauerwerk handeln. Die einfachste Lösung ist das Vorspringenlassen einer Steinplatte als Unterlage der oberen Last; ein Beispiel hierfür bietet Abb. 333, S. 143.

Eine zuverlässigere Konstruktion beruht auf Überkragung von Steinplatten oder Mauerschichten (Abb. 414) oder von einzelnen gemauerten Bogen mit wagerechtem Scheitel (Abb. 415, 416) oder bei geringerer Bogenanzahl mit steigendem Scheitel. Als Ersatz für letztere wird auch ein einzelnes kegelförmiges (konisches) Gewölbe angewendet.

Verfährt man bei solchem Übergang nach Art des Nischenabschlusses, d. h. wendet man ein sphärisches Gewölbe an, so erhält man ein sog. »Pendentif«, einen »Gewölbezwickel«. Die Ausführung dessen Wölbung erfolgt entweder nach Schwalbenschwanzart oder in wagerechten Keilschichten oder nach Abb. 417 u. 418 in konzentrischen Ringen.

Einen in formaler Beziehung verschwommenen Übergang vom Viereck zur Kuppel zeigen Abb. 335 u. 336, S. 143 in Aufriß und Grundriß bezüglich der Kehllinie yx , die nach oben zu langsam in dem sphärischen Zwickelgewölbe verläuft, so daß es an dieser Stelle keine klar ausgesprochene Flächenbildung besitzt.

Die Verwendung von Nischengewölben als Ersatz für Pendentifs zeigen die Abb. 419 u. 420; unter den vorspringenden Teilen des Kuppelgewölbes sind hier Schmuckformen in Stuck aufgetragen.

Abb. 419 u. 420. Nischengewölbe als Ersatz für ein Pendentif.

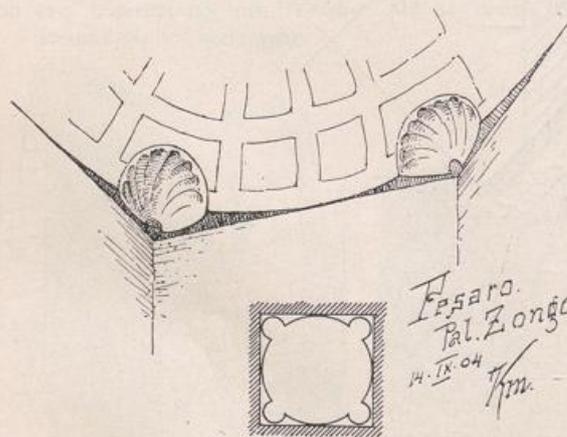
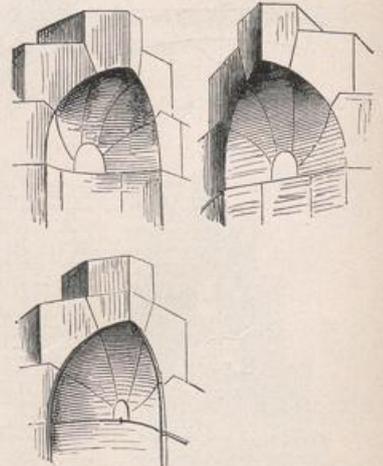


Abb. 421 bis 423. Trompen.



d) **Trompe.** Handelt es sich um einen Übergang von unten nach oben zu in ein Vieleck von geringerer Seitenzahl, also um Unterfangung einer vorspringenden Ecke, so kann in einfacher Weise hier abermals eine Platte, ohne oder mit Unterstützung durch eine Konsole, oder Überkragung angewendet werden; man kann aber auch hier ein Teilgewölbe anwenden, das man dann mit dem Ausdrucke »Trompe«

(»vorgekragte Wölbung«) bezeichnet. Die abgeschrägte Ecke kann in ihrer Schräge eine gerade oder beliebig gebogene Linie aufweisen (Abb. 421 bis 423).

8. Zusammengesetzte Gewölbe.

§ 80. Allgemeines. Gewölbeteile finden nicht nur für selbständige Architekturglieder Verwendung, sondern sie werden auch vielfach mit anderen Gewölbeteilen verbunden, um nach solcher »Zusammensetzung« dann vollständige Deckengewölbe über Gebäuderäumen zu bilden. Diese lassen bezüglich ihrer Formgestaltung verschiedene Möglichkeiten zu; auch ist auf ihre Ausbildung und Erscheinung der Umstand von Einfluß, ob dieselben beim Anschluß der einzelnen Teilgewölbe aneinander, direkte Übergänge unter Anwendung von, in ihrem Mauerwerk ausgeführten Graten, bzw. Kehlen, aufweisen oder ob an diesen Stellen Gurten (Rippen), sei es in Mauerwerk, sei es in Hausteinen, angeordnet werden.

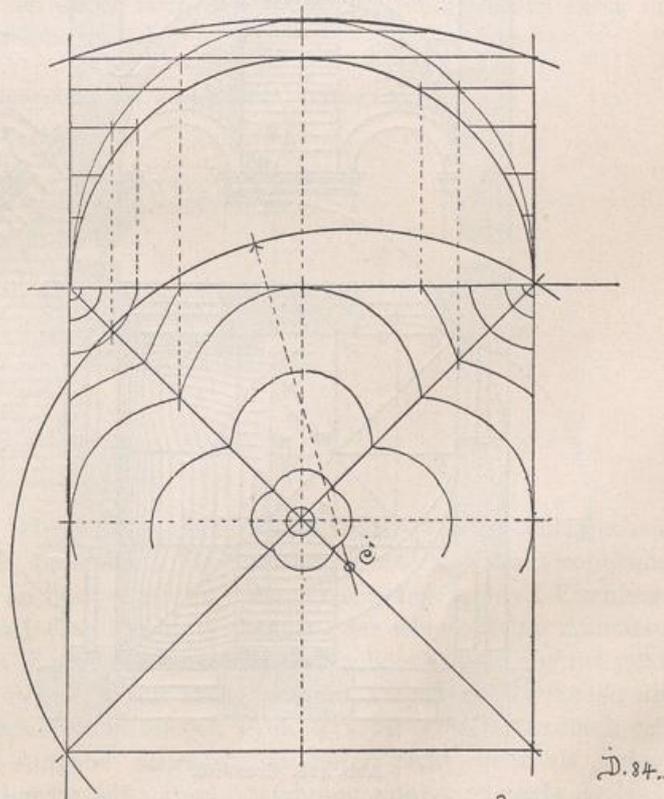
Ferner lassen sich zusammengesetzte Gewölbe auch durch Vereinigung von vollständigen Raumbdeckungs wölbungen bilden. Ein solches gemischtes Raumgewölbe entsteht beispielsweise durch die Verschmelzung eines Kreuzgewölbes mit einem Kuppelgewölbe.

§ 81. Gewölbeverbindungen.

a) **Kreuz-Kuppel-Gewölbe.** Durch Übertragung ins Große des in § 79, c besprochenen Übergangs yx in Abb. 335 u. 336 von der Vieleckskehle in eine Kuppelwölbungsform entsteht das Kreuz-Kuppel-Gewölbe, das von den Altrömern vielfach ausgeführt wurde und später in der Renaissancezeit große Bedeutung erlangte. Es vereinigt in sich den konstruktiven Vorzug des Kreuzgewölbes bezüglich Übertragung der Gewölbelast durch die Diagonalbogen auf einzelne Widerlagerpunkte mit der Darbietung einer ungebrochenen großen, stetigen Fläche in ihrem oberen Teile. Eine solche ruhige Fläche ist von besonderem Nutzen, wenn es sich um Ausführung großer figürlicher Deckenmalereien handelt.

In dem Beispiel Abb. 424 u. 425 sind sowohl Schild- als Diagonalbogen Halbkreise, doch liegt der Mittelpunkt des Diagonalbogens unterhalb der Kämpferfläche (Punkt C' in Abb. 425). »Die Horizontalschnitte zeigen deutlich das Verlaufen der anfangs scharfen Gratecken nach dem Scheitel zu.«

Abb. 424 u. 425. Kreuz-Kuppel-Gewölbe.
Abb. 424. Querschnitt.

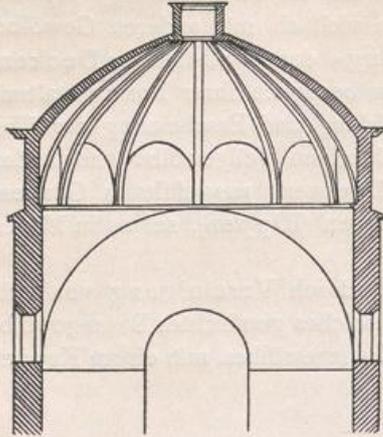


Kreuzgewölbe dessen Diagonalbogen der Teil einer Kreislinie.

Abb. 425. Grundriß.

b) **Schirmgewölbe.** Wird die Schale eines sphärischen Raumgewölbes vom Scheitel aus strahlenförmig in einzelne Kappen zerlegt, deren Zusammenstöße (Grate oder Rippen) wohl in der inneren Gewölbe-Leibungsfläche liegen, deren eigene Wölbung aber je für sich mit »Busung« erfolgt, so entsteht ein Schirmgewölbe.

Abb. 426. Schirmgewölbe.



Die Abb. 426 zeigt eine solche Ausführung bei einem Gewölbe über quadratischen Grundriß nach Schema III (Hängekuppel). Die Busung der einzelnen Schirmgewölbchen ist hier rundbogig, doch kann dieselbe auch nach anderen Bogenformen erfolgen.

c) **Beliebige Gewölbe-Zusammenstellungen.** Eine weitere Art von Gestaltung zusammengesetzter Gewölbe beruht auf Teilung eines Raumes durch gemauerte oder in Werksteinen hergestellten Gurtbogen (Rippen) in völlig freier Weise, nebst Ausfüllung des Raumes zwischen diesen mit Gewölben in Tonnen-, Kegel- oder sphärischen Formen. Wo die Raum-Höhenabmessung die Anlage auch vollerer

Abb. 427 bis 429. Vereinigung von Teilen eines Klostergewölbes mit Kugelkappen.

Abb. 427. Querschnitt.

Abb. 429. Diagonalschnitt.

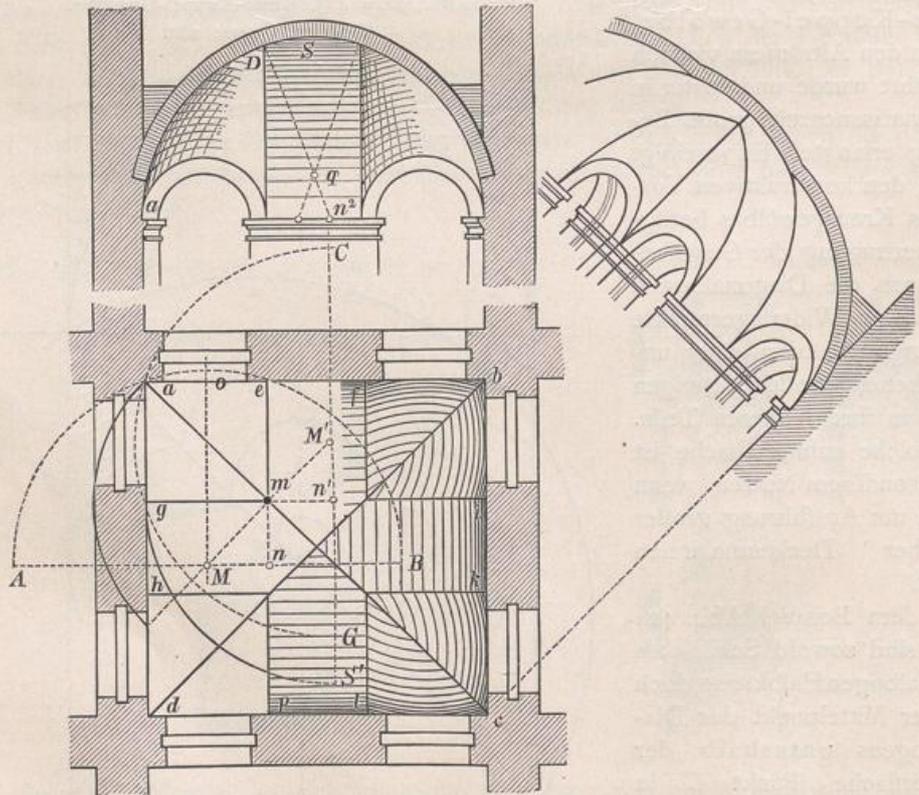


Abb. 428. Grundriß.

Teilgewölbe gestattet, wird die Mannigfaltigkeit der verschiedenen Wölbungsweisen und -Formen eine größere sein. Es ist ohne weitere Ausführung einleuchtend, daß auf

solcher Grundlage eine sehr große Anzahl von »zusammengesetzten Gewölben« ausgedacht werden kann, wie beispielsweise die Vereinigung von Teilen eines Klostergewölbes mit Kugelkappen (Abb. 427 bis 429).

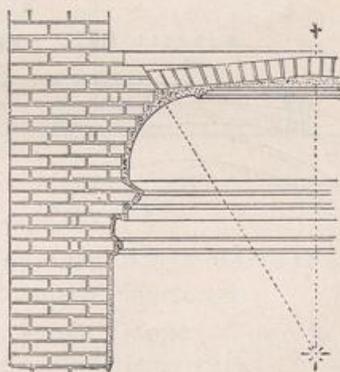
d) **Spiegelgewölbe.** Wir setzen die Betrachtung dieser Deckenform an den Schluß unserer Gewölbeabhandlung, weil sie in ihrer modernen Ausgestaltung den Übergang zu den Flachdecken bildet, die im III. Kapitel: »Holzkonstruktionen« besonders behandelt sind.

Das Spiegelgewölbe ist zusammengesetzt aus Klostergewölbe-Teilen, den »Vouten«, ohne oder mit Stichkappen, und, darüber, einem scheinrechten Gewölbe oder einem überaus flachen Kappengewölbe, dem »Spiegel«. Es ist besonders geeignet für Anlage von Stuckschmuck und Malereien und deshalb sowohl im Profanbau wie im Kirchenbau überaus oft verwendet worden.

Die Vouten, die zur Verstärkung »Gurtbogen« erhalten können, ruhen auf vorgekragten Widerlagsmauern; sie sind in dicker Wölbeschale und mit starker Hintermauerung herzustellen. Bei einfacher Ausführung geht das Voutengewölbe direkt in das Spiegelgewölbe über; empfehlenswerter aber ist es, an der Übergangsstelle einen besonderen »Kranz« herzustellen. Dieser wurde früher gemauert, neuerdings pflegt man ihn in eisernen I-Trägern herzustellen. Sobald der Kranz die Voutenanlagen, von der er getragen wird, vollständig verspannt, kann er auch als Lichtkranz zur Aufnahme einer Oberlichtkonstruktion statt eines Gewölbes dienen.

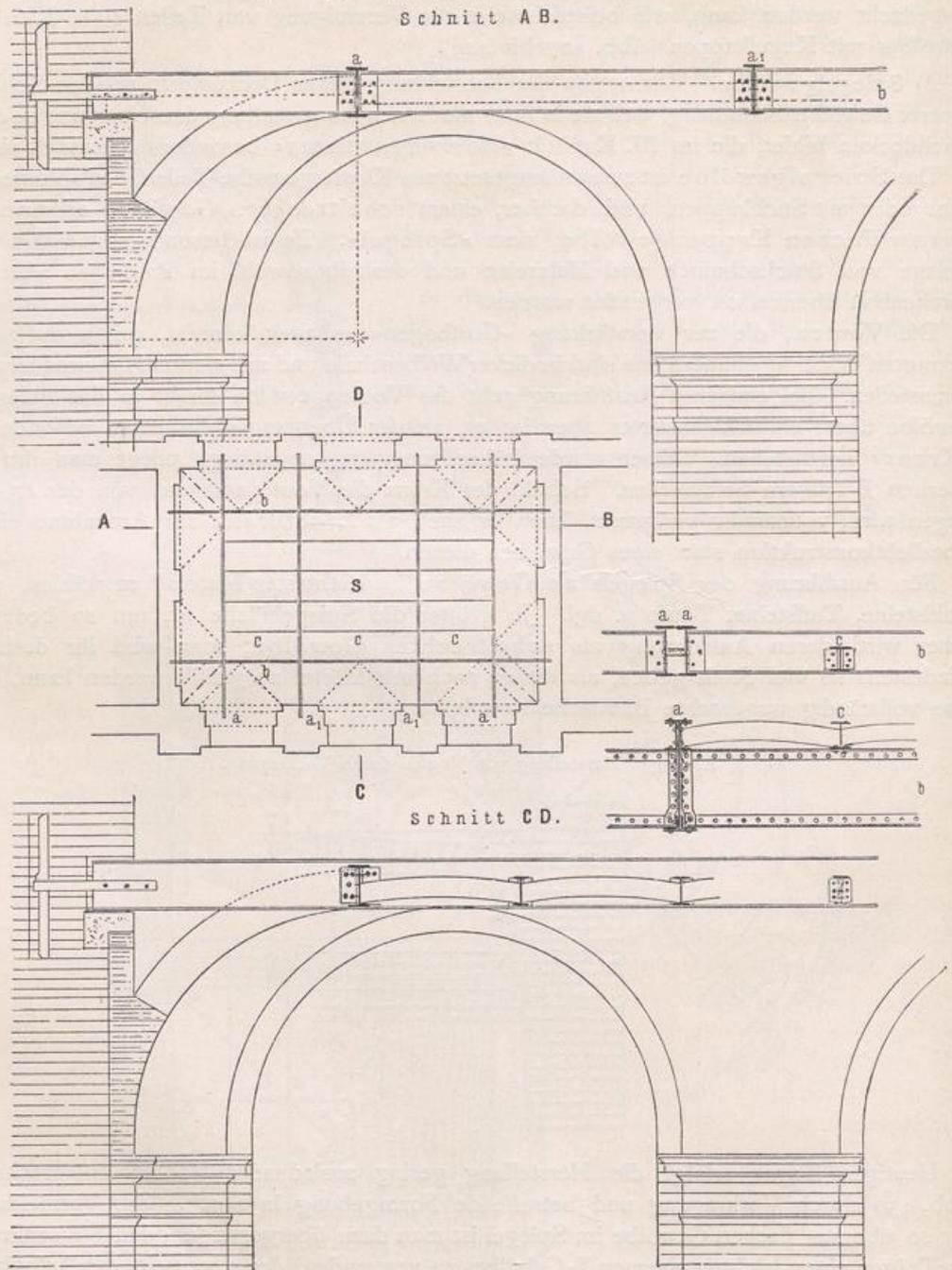
Für Ausführung des Spiegels als Gewölbe ist leichtestes Material zu wählen, wie Hohlsteine, Tuffsteine, Töpfe u. dgl. Je größer die Spiegelfläche ist, um so bedenklicher wird deren Ausführung als scheinrechtes Gewölbe; man wird ihr deshalb mindestens so viel Stich geben, als dieser noch mit Mörtel ausgefüllt werden kann, um eine vollständig wagerechte Bildfläche zu erhalten.

Abb. 430. Herstellung von Vouten durch Vorkragung.



Heutigen Tages erfolgt die Herstellung gering ausladender Vouten entsprechend Abb. 430 durch Vorkragung und betreffende Formgebung in Stuck. Zur Vermeidung der so überaus flachen Gewölbe im Spiegel ist man dazu übergegangen, den I-Eisenkranz als Träger eines leichten eisernen I-Gebälkes zu verwenden, der seinerseits zur Aufnahme von flachen Wölbungen in den Zwischenfeldern dient. Nachdem dieser Schritt getan war, ging man dazu über, für den I-Kranz etwas längere Träger zu verwenden und diese unmittelbar auf die Raummauern aufzulegen (Abb. 431 bis 435). Hierdurch sind die Vouten ihrer konstruktiven Aufgabe entledigt; sie treten nicht mehr als Träger, sondern nur noch als Deckenschmuck auf. Ihre Ausführung erfolgt nunmehr in leichtester Weise in Monier-, Rabitz- oder dergleichen Konstruktionen, die ebenso anwendbar sind, wenn die Vouten den wirkungsvollen Schmuck der Stichkappen erhalten.

Abb. 431 bis 435. Spiegelgewölbe mit Stützwerk aus Eisen.



V. Treppen in Haustein.

§ 82. Allgemeines. Dem Menschen gestattet sein Körper ein bequemes Fortbewegen auf wagerechter Fläche, wobei die Wirbelsäule möglichst in lotrechter Lage verbleibt, während das Oberbein, das Unterbein und der Fuß, je in einem Gelenke an ihrem oberen Ende, bewegt werden. Handelt es sich um Begehung schräg-