



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Universitätsbibliothek Paderborn

Lehrbuch des Hochbaues

Grundbau, Steinkonstruktionen, Holzkonstruktionen, Eisenkonstruktionen ,
Eisenbetonkonstruktionen

Esselborn, Karl

Leipzig, 1908

A. Überhöhte, volle und annähernd volle sphärische Gewölbe.

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

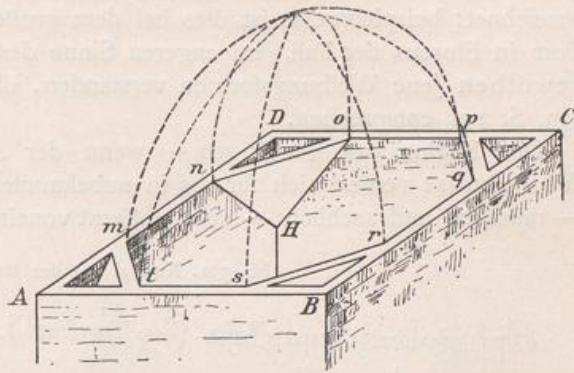
oder Backsteine an ihrem betreffenden Ende, auf die Tiefe ihrer Überbindung entsprechend zubehauen werden. Bei Verwendung von Hausteinen wendet man Winkelsteine an, die nach besonderen Schablonen vom Steinhauer zugerichtet werden.

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.

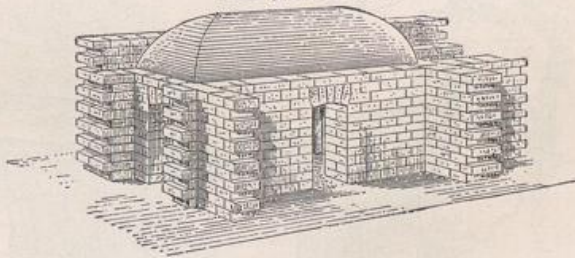


Abb. 329. Rechteckiger Grundriß.



Abb. 330. Trapezförmiger Grundriß.

5. Sphärische Gewölbe.

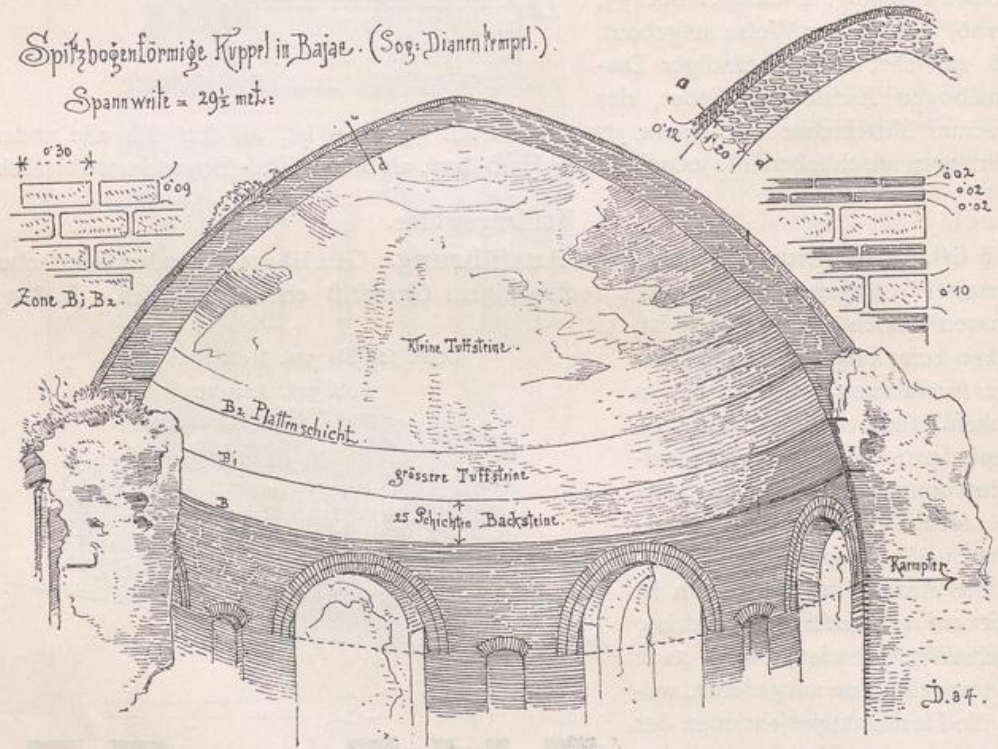
A. Überhöhte, volle und annähernd volle sphärische Gewölbe.

§ 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.



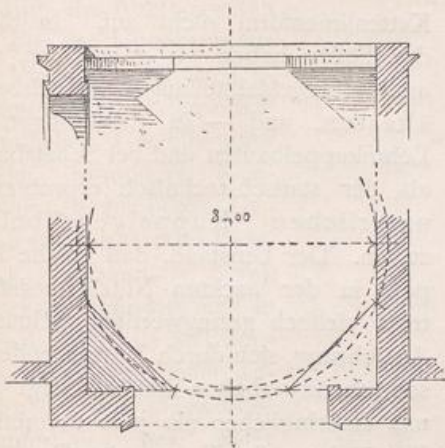
wobei die Verwendung von Lehm, Erdpech, Kalkmörtel, künstlichen Steinen, Kies, Bruchsteinen und Werksteinen mit ihren technischen Folgerungen ebenso eine Rolle spielte wie die konstruktiven Aufgaben: Umkleidung von Wand und Dächern (zugleich Raumdecken) schlichter Hütten aus Schilf oder Ästen mit Lehm, 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

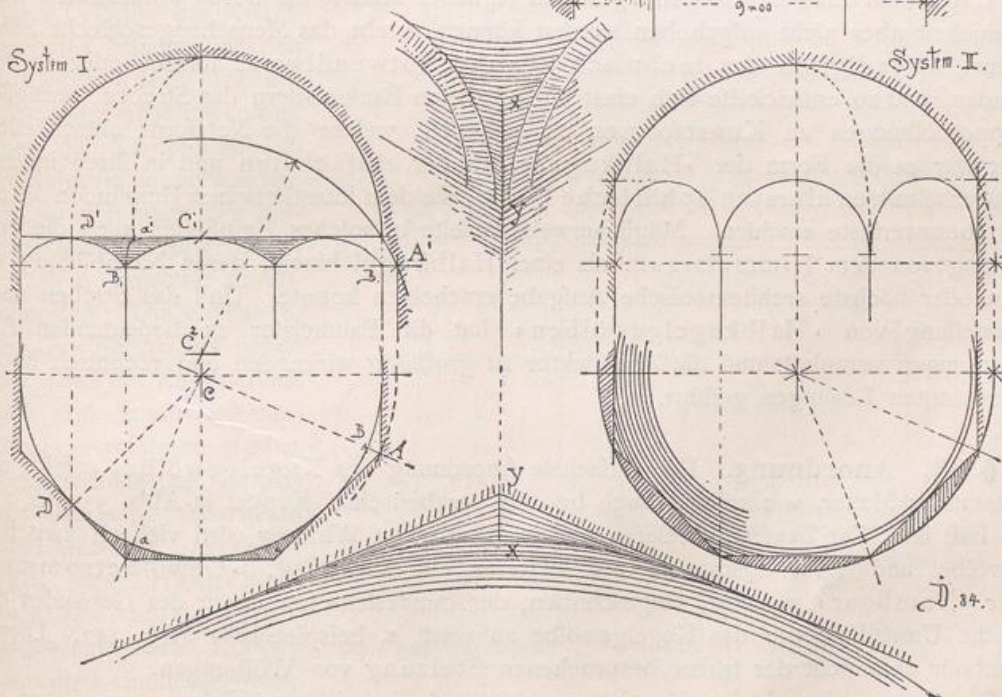
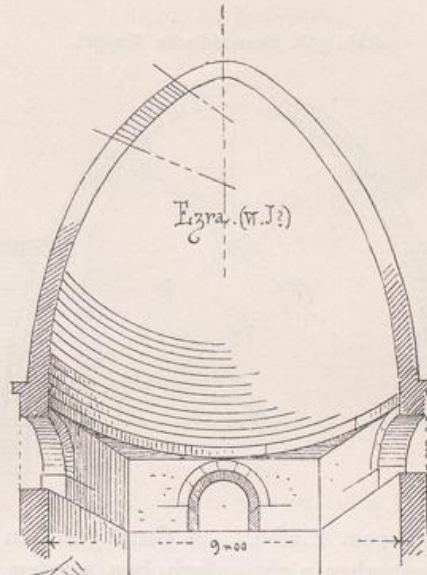
Abb. 332 bis 337. Kuppelgewölbe.

Abb. 332.



Chaqqa. (II J.)

Abb. 333.

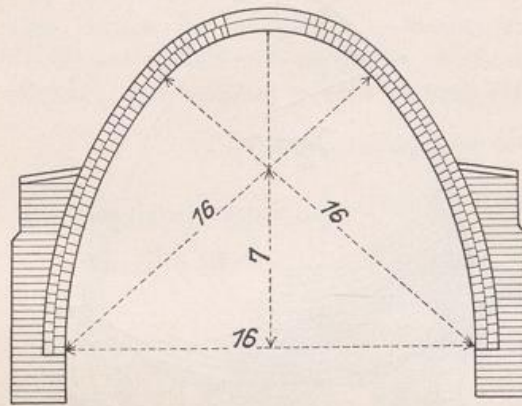


Bauweise zurückzuführen sein. Dieses Gewölbe ist in Backsteinen und Tuffsteinen hergestellt, die »nicht nach dem Zentrum der Wölbungslinie, sondern wagrecht geschichtet sind. Die ganze Oberfläche ist mit einem Mörtelguß, dem kleingeschlagene Backsteinbrocken beigemischt sind, 12 cm dick überzogen, und 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.

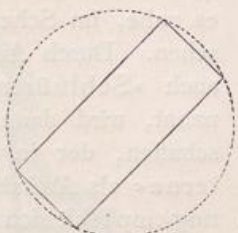
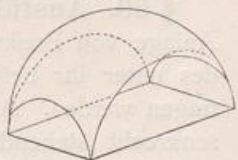


Abb. 340. Grundriß.

Abb. 341. Hängekuppel über quadratischem Raum.

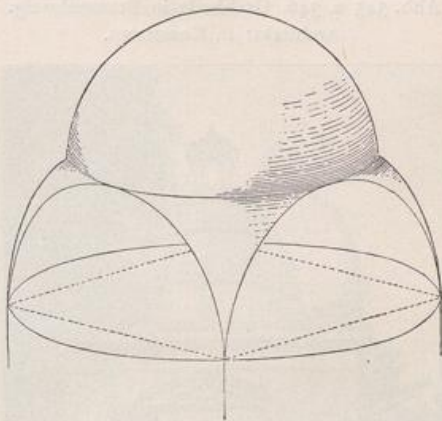


Abb. 342 bis 344. Hängekuppel über rechteckigem Raum.

Abb. 342. Längsschnitt.

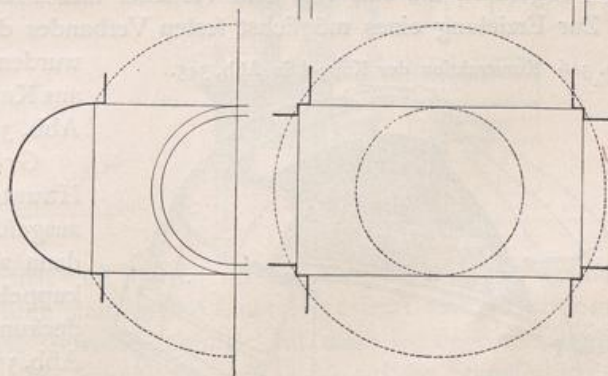
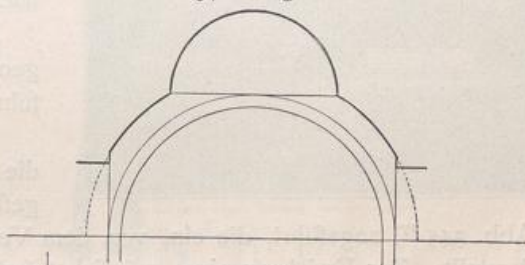


Abb. 343. Querschnitt.

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.

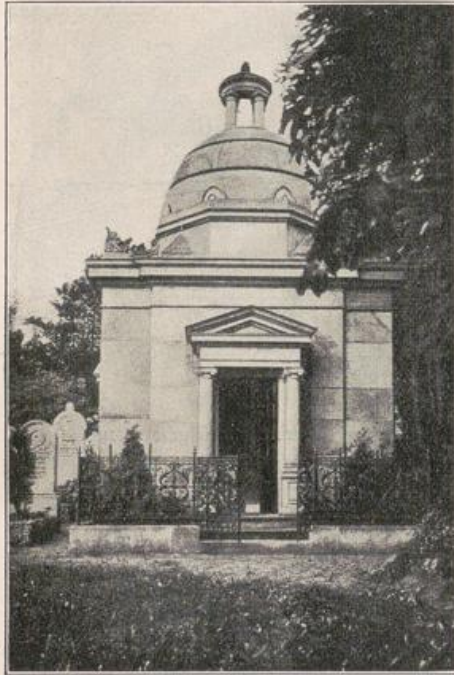
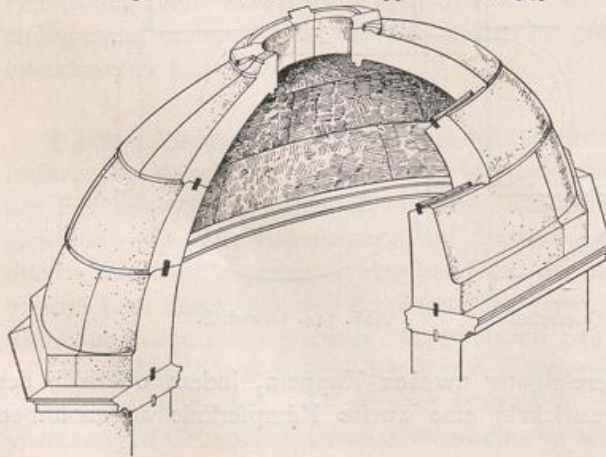


Abb. 345 ²⁷⁾ angeführt, die ein, von dem Verfasser dieses Kapitels errichtetes Mausoleum darstellt. Zur Erzielung eines möglichst festen Verbandes der einzelnen Wölbeschichten

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).

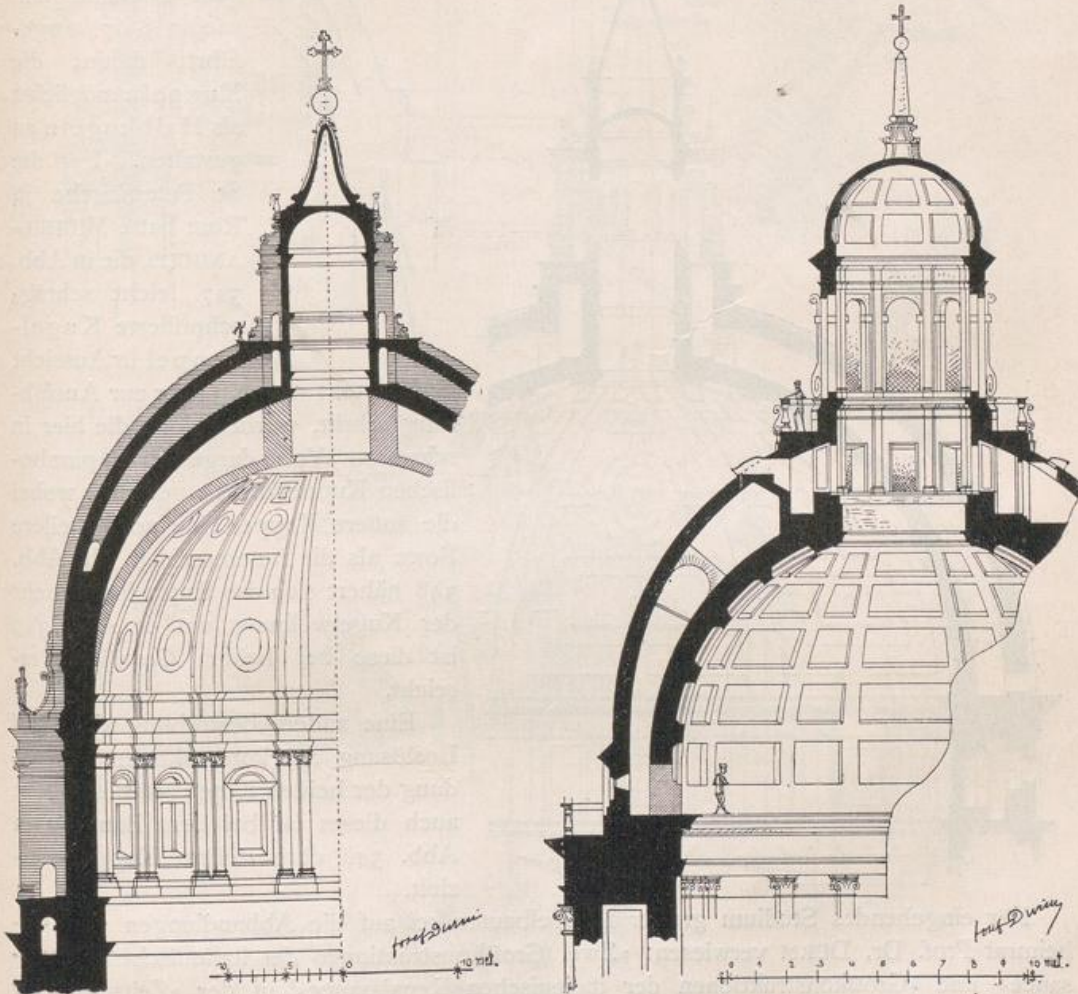
Große Kuppelgewölbe in Hausteinen sind in Frankreich ausgeführt worden, über denen dann als Schutzdächer große Holzkuppeln mit der nötigen Dachdeckung errichtet wurden (s. in den Abb. 351 bis 357 die beiden Figuren unten rechts und links). In Italien ist man schon früher bestrebt gewesen, gegen den Einfluß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

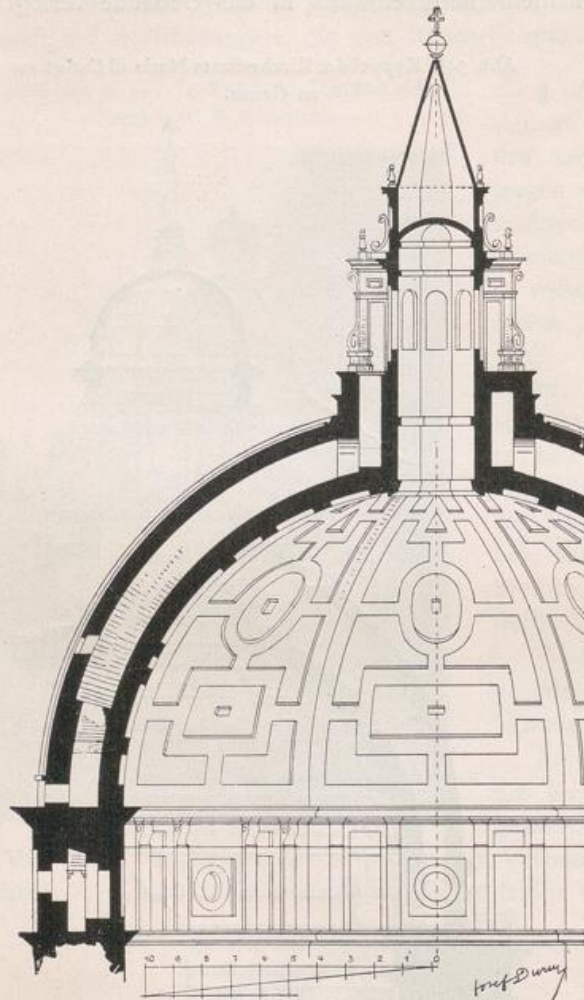
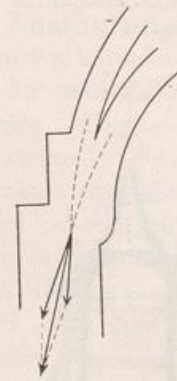


Abb. 350 Schubrichtung der Haupt-, sowie der Schutzkuppel.



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.

