



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## Universitätsbibliothek Paderborn

### Lehrbuch des Hochbaues

Grundbau, Steinkonstruktionen, Holzkonstruktionen, Eisenkonstruktionen ,  
Eisenbetonkonstruktionen

**Esselborn, Karl**

**Leipzig, 1908**

A. Allgemeines.

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

## IV. Wölbungen (Bogen und Gewölbe).

### A. Allgemeines.

§ 41. **Begriff der Wölbung.** Bei der Abdeckung von Maueröffnungen mittels Hausteinen, kommt bei einfachster Konstruktion ein »Sturz« zur Verwendung (Abb. 118); etwas umständlicher ist die Herstellung der »Überkragung« (Abb. 119). In beiden Fällen handelt es sich bei der Abdeckung um senkrecht abwärts wirkende Druckkräfte. Wird zur »Spreizung« (Abb. 120) gegriffen — eine Anordnung, die nur selten angewendet wird — so hat man es mit Seitenschub zu tun. Selten ist auch heutigen Tages die Anordnung vieler Überkragsteine über einer Maueröffnung, während die Verwendung einzelner Überkragsteine (Konsolen) zur Verringerung der Spannweite unter wagerechten Trägern (in Stein, Holz oder Eisen) im Bauwesen eine große Rolle spielt. Ganz unentbehrlich ist für uns der »Sturz«.

Abb. 118. Der Sturz.

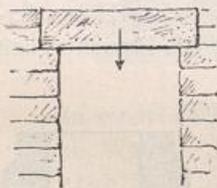


Abb. 119. Die Überkragung.

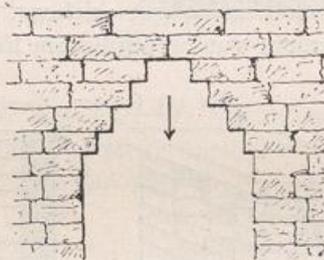
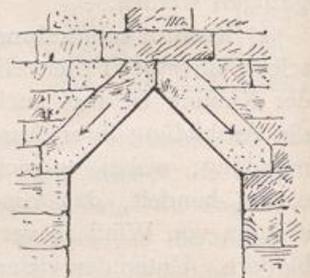
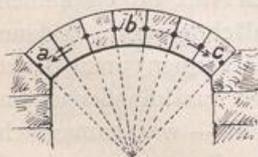


Abb. 120. Die Spreizung.



Eine weitgehende Bedeutung kommt der Öffnungsabdeckung entsprechend, Abb. 121, der »Wölbung« zu, deren Wesen darauf beruht, daß jeder Wölbungsstein durch seine beiden Berührungssteine fest eingespannt ist. Infolgedessen wird das senkrecht abwärts wirkende Gewicht aller einzelnen Gewölbesteine in »Seitenschub« umgewandelt und wirkt schließlich als »Wölbungsschub« auf die Seiten-Mauern oder -Pfeiler. Je bedeutender das Gewicht der Einzelsteine ist und je mehr die Wölbung an Nutzlast zu tragen hat, um so bedeutender gestaltet sich der Wölbungsschub.

Abb. 121. Die Wölbung.



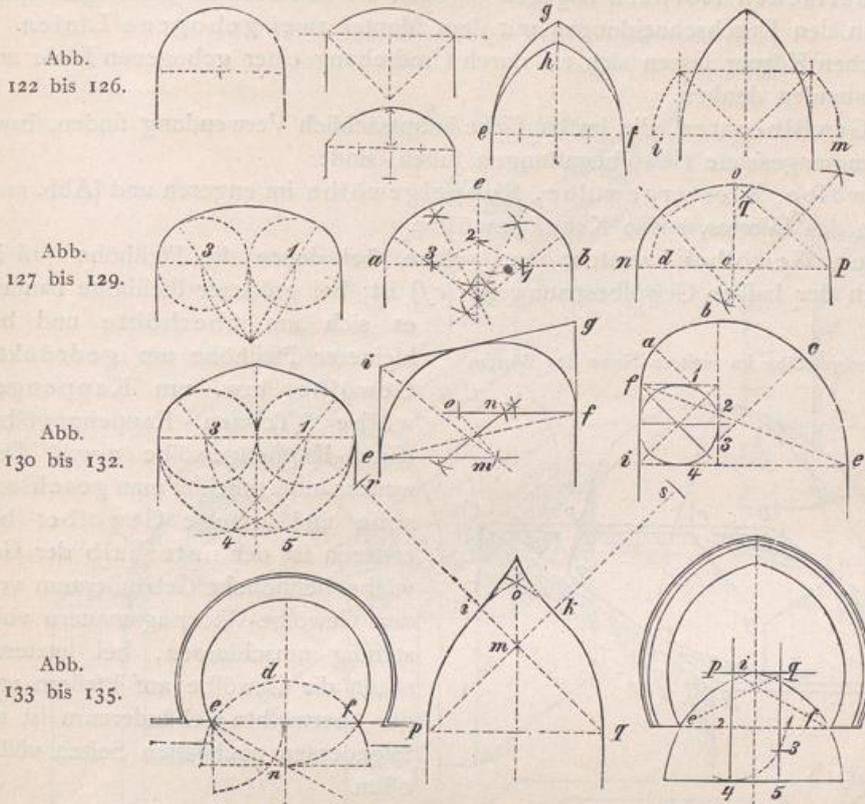
Überdeckt eine solche Wölbung eine Maueröffnung oder Mauer-Flachnische (s. Abb. 184, S. 112), so wird sie »Bogen« genannt; überdeckt sie dagegen einen Gebäuderaum, so bezeichnet man sie mit dem Ausdruck »Gewölbe«. In beiden Fällen hat die Einteilung der Fugen auf der Wölbungslauflinie (*a, b, c* in Abb. 121) zu erfolgen. Ist letztere ein Kreisteil, so sind sämtliche Wölbungsfugen nach dem Kreismittelpunkt zu richten.

§ 42. **Wölbungsformen. Benennung der Einzelteile von Bogen und Gewölben.** Bei Bauausführungen kommt eine große Zahl von Wölbungsformen in Betracht; diesen liegen die geometrischen Bogenlinien zugrunde. Die gebräuchlichsten Formen sind: (s. Abb. 122 bis 135)<sup>16)</sup> Halbkreis- oder Rundbogen (Abb. 122),

<sup>16)</sup> Die Abb. 122 bis 135, 244 u. 421 bis 423 sind entnommen: OSCAR MOTHES »Illustriertem Bau-Lexikon«. Bd. I u. IV, 3. Aufl., 1874 bzw. 1877.

Flacher- oder Stich-Bogen (Abb. 123), Hoher Stichbogen (Abb. 124), Spitzbogen (Abb. 125 u. 126), Korbbogen (Abb. 127 bis 129), Elliptischer Bogen,

Abb. 122 bis 135. Wölbungsformen.

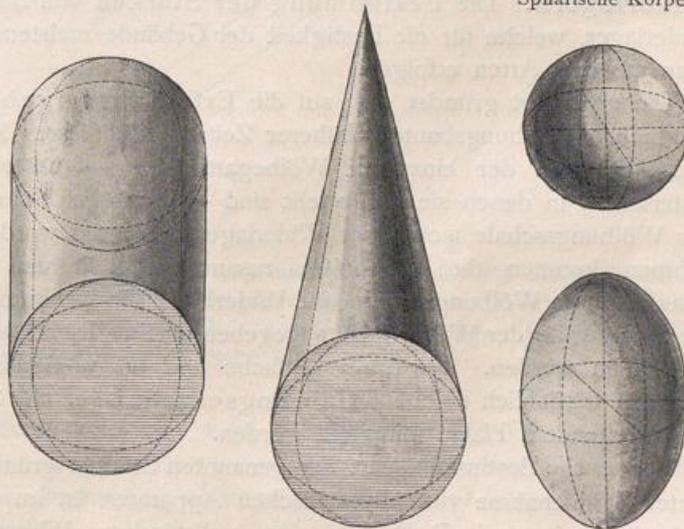


Tudorbogen (Abb. 130), Einhüftiger Bogen (Abb. 131 u. 132), Hufeisenbogen (Abb. 133), Eselsrückenbogen (Abb. 134), Hufeisenspitzbogen (Abb. 135). Hierzu tritt der scheinrechte Bogen, dessen Unterkante eine gerade Linie ist (s. Abb. 149, S. 105).

Abb. 136. Zylinderkörper. Abb. 137. Kegelkörper. Abb. 138 u. 139. Sphärische Körper

Bei Wölbungskurven, die aus Teilen von Kreisbogen zusammengesetzt sind, erhalten die Wölbefugen die Richtung nach den Mittelpunkten der Krümmungsteile.

Die Wölbungsflächen sind Mantelteile von Zylinderkörpern (Abb. 136), Kegelkörpern (Abb. 137) und Sphärischen Körpern (Abb. 138 u. 139).



Werden durch Zylinder- und Kegelkörper senkrechte und wagerechte Schnittebenen gelegt, so ergeben deren Durchschnitte mit dem Körpermantel je eine gerade und eine gebogene Linie.

Bei den sphärischen Körpern dagegen ergeben die senkrechten und wagerechten Schnittebenen in den Durchschnitten mit dem Mantel zwei gebogene Linien.

Die sphärischen Körper lassen sich als durch Umdrehung einer gebogenen Linie um eine Achse entstanden denken.

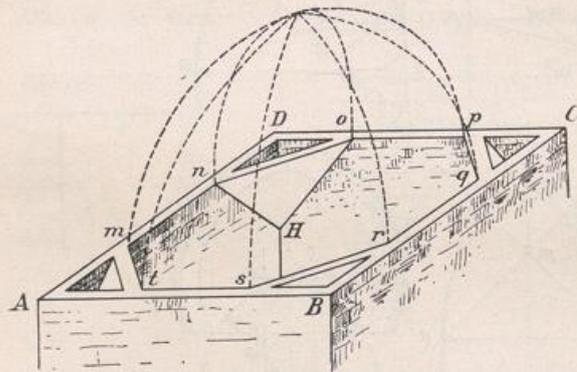
Diejenigen Gewölbearten, die im Baufache hauptsächlich Verwendung finden, bzw. auf denen zusammengesetzte Gewölbegattungen fußen, sind:

Tonnengewölbe, Klostergewölbe, Kuppelgewölbe im engeren und (Abb. 140) im weitem Sinne des Wortes, sowie Kreuzgewölbe.

Unter vollen Gewölben versteht man solche, bei denen die Pfeilhöhe ( $ab$  in Abb. 141) gleich der halben Gewölbespannweite ( $ef$ ) ist; bei größerer Pfeilhöhe handelt

es sich um überhöhte und bei kleinerer Pfeilhöhe um gedrückte Gewölbe, bzw. um Kappengewölbe (Tonnen-Kappengewölbe, Kugel-Kappengewölbe usw.). Des weitem unterscheidet man geschlossene und offene Gewölbe; bei ersteren ist der unterhalb der Gewölbe befindliche Gebäuderaum von den Gewölbe-Widerlagsmauern vollständig umschlossen, bei letzteren sitzen die Gewölbe auf Pfeilern und der überwölbte Gebäuderaum ist infolgedessen nach allen Seiten völlig offen.

Abb. 140. Kuppelgewölbe im weitem Sinne des Wortes.



Die Benennungen der Wölbungseinzelteile stimmen für Bogen und Gewölbe in entsprechender Weise überein; sie sind aus den Abb. 141 u. 142 ersichtlich.

**§ 43. Verfahren zur Bestimmung der Stärke von Wölbungen und Widerlagern.** Die Bestimmung der Stärken von Bogen und Gewölben und ihrer Widerlager, welche für die Festigkeit der Gebäude meistens von größter Wichtigkeit ist, kann auf drei Arten erfolgen.

Die erste Art gründet sich auf die Erfahrungsergebnisse bei den auf uns überkommenen Wölbungsbauten früherer Zeiten. Zu diesem Zweck ist eine große Anzahl von Beispielen der einzelnen Wölbegattungen — unter Berücksichtigung der Baumaterialien, in denen sie hergestellt sind — bezüglich Spannweite, Pfeilhöhe und Stärke der Wölbungsschale, sowie der Widerlager gemessen worden. Auf Grund solcher Aufnahmen konnten die Ergebnisse zusammengestellt und Durchschnittswerte der Stärken von Wölbungsschale und Widerlager für bestimmte Verhältnisse von Pfeilhöhe zur Spannweite der Wölbungen angegeben und als Richtschnur für ähnliche Anordnungen empfohlen werden. Für ganz einfache und oft wiederkehrende Wölbungsverhältnisse genügen tatsächlich solche Erfahrungsergebnisse. Im Folgenden sollen daher diese an betreffendem Platze mitgeteilt werden.

Die zweite Bestimmungsart der genannten Stärken gründet sich auf »Berechnung«. Unter Zuhilfenahme von physikalischen Apparaten ist im Anschluß an die Gesetze der Schwerkraft und Reibung eine vollständige Wissenschaft der »Theorie der

Wölbung\* geschaffen worden. In der Praxis findet diese jedoch im Hinblick auf die Umständlichkeit ihrer Handhabung nur seltene Anwendung.

Die dritte Bestimmung beruht auf der »Graphischen Statik«, d. h. zeichnerisch-

Abb. 141 u. 142. Benennungen der Wölbungseinzelteile.

Abb. 141. Querschnitt.

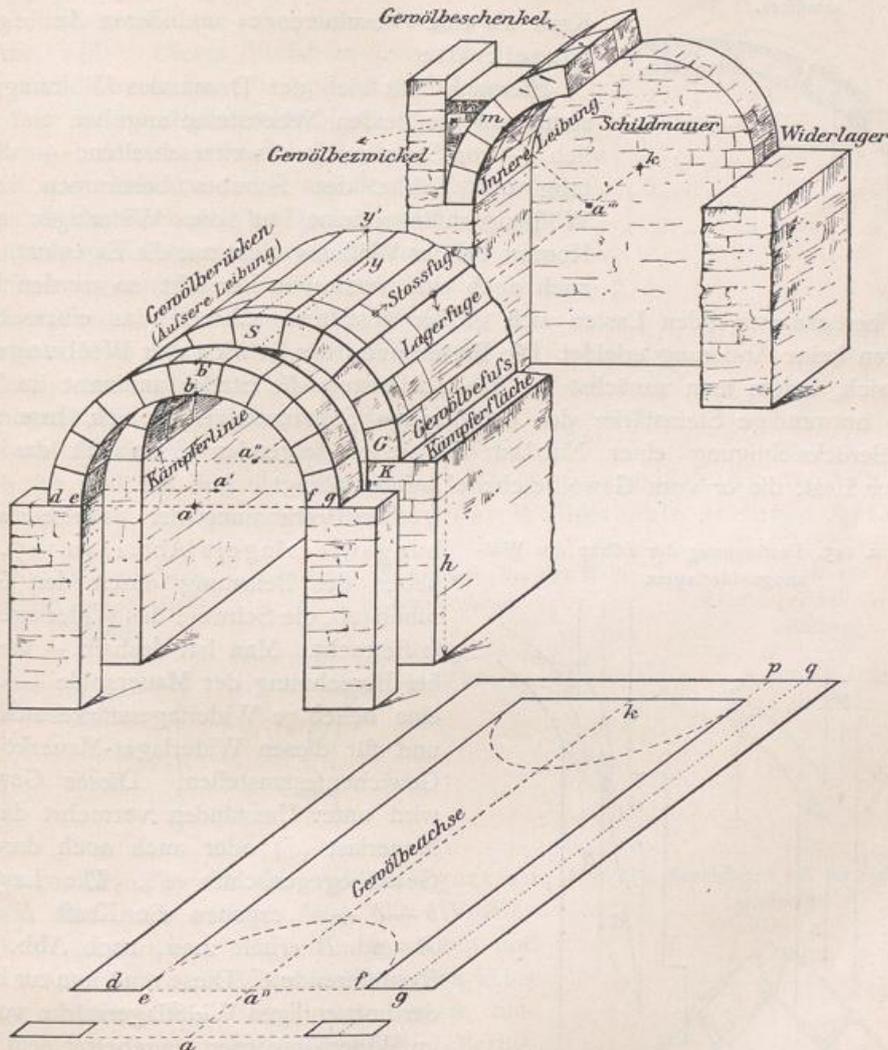


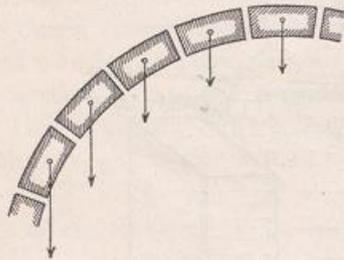
Abb. 142. Grundriß.

*a* Mittelpunkt des Wölbungsbogens. *b* u. *b'* Scheitelpunkte. *by* innere Scheitellinie. *b'y'* äußere Scheitellinie. *ab* Pfeilhöhe oder Gewölbbestich. *ef* Spann- oder Sprengweite. *K* Kämpfer. *G* Gewölbeanfänger. *S* Schlußstein. *h* Kämpferhöhe. *ebf* Bogen- oder Gewölblinie. *fggp* Gewölbfußfläche. *debfgb'd* Bogen- (Gewölbe)-Stirn oder Haupt. *bb'* Bogen (Gewölbe)-Stärke.

bildliche Darstellung der Kräftwirkungen; sie wird heutzutage in der Praxis vielfach verwandt. Bei derselben werden die Kräftwirkungen bezüglich ihrer Lage und Richtung durch Pfeilstriche dargestellt, während zugleich die Länge des Pfeilstriches die Größe der Kraft angibt.

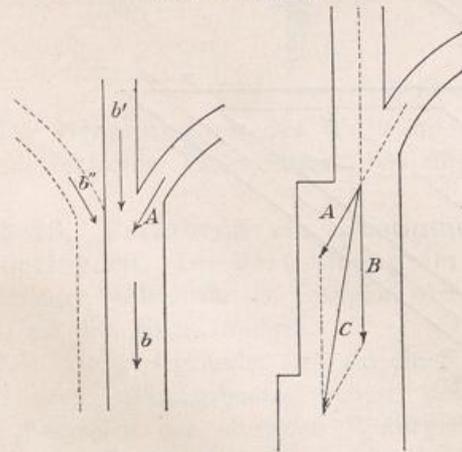
Die Kraftäußerung eines Wölbungsschnittes läßt sich nach Richtung und Größe aus Gewicht und Lage seiner einzelnen Wölbungssteine darstellen, indem zunächst das Gewicht jeden Steines einzeln bestimmt und zeichnerisch durch Richtung und Länge eines in seinem Schwerpunkt ansetzenden Pfeilstriches dargestellt wird (Abb. 143).

Abb. 143. Zeichnerische Darstellung der Kraftäußerung eines Wölbungsschnittes.



die zu berücksichtigenden Lasten sich größer gestalten, während das einzuschlagende Verfahren keine Änderung erleidet. Die Bestimmung der Stärke der Wölbungsschale ergibt sich, indem man zunächst für den Schlußstein die Stärke annimmt im Hinblick auf die notwendige Steinstärke des betreffenden Steinmaterials an sich, bzw. zugleich unter Berücksichtigung einer Nutzlast; für jeden folgenden Stein gilt das Gleiche plus der Last, die er vom Gewölbescheitel aus empfängt.

Abb. 144 u. 145. Bestimmung der Stärke des Wölbungswiderlagers.



A Gewölbeschub. b Eigengewicht des Widerlagers.  
b' Gewicht einer oberen Mauer. b'' Schub eines Gegengewölbes.

Ausführliches über »Gewölbetheorie« ist enthalten in »Handbuch der Architektur«, I. Teil, I. Band, 2. Hälfte, sowie in »Lehrbuch des Tiefbaues«, herausgegeben von ESSELBORN. III. Aufl., Leipzig 1908«.

**§ 44. Ergebnisse der Wölbungstheorie. Bruchfugen bei den verschiedenen Wölbungsformen.** Bei einer Wölbungsform entsprechend Abb. 144 gestaltet sich die Kurve, in der die Gewölbeschubkraft wirkt, entsprechend Abb. 146.

Des weiteren kommt hier das »Parallelogramm der Kräfte« mit der Diagonale als »Resultierende« (Mittelkraft) in Betracht, bzw. die Behandlung einer bekannten Kraft als eine »Resultierende« und deren Zerlegung in Einzelkräfte.

Hiernach läßt sich der Druck des Wölbungsschlußsteins auf die beiden Nebensteine angeben und schließlich — von Stein zu Stein weiterschreitend — die Richtung und Stärke des Schubes bestimmen, den die Wölbungsanfängersteine auf die Widerlager ausüben. Kommt bei der Wölbung nicht nur die Eigenlast, sondern auch noch eine Nutzlast in Betracht, so werden lediglich

Für Bestimmung der Stärke des Wölbungswiderlagers (Abb. 144 u. 145), kommt, neben der Belastung durch den Gewölbeschub (A), die Schwere des Widerlagers selbst in Betracht. Man hat deshalb — wie in § 37 bei Berechnung der Mauersohle — zunächst eine beliebige Widerlagerstärke anzunehmen und für diesen Widerlager-Mauerkörper das Gewicht festzustellen. Dieses Gewicht (b) wird unter Umständen vermehrt durch eine Mauerlast (b') oder auch noch durch einen Gewölbegegenschub (b''). Die Lastwirkung  $b + b' + b''$  ergeben die Kraft B und aus A und B erhält man, nach Abb. 145, die Resultierende C. Diese muß nun zur Erzielung der notwendigen Widerlagerstärke vollständig im Widerlagskörper eingebettet sein und darf — auch wenn der Widerlagskörper, um Mauerwerk zu sparen, abgetreppt ist — nirgends zu nahe an dessen Außenfläche treten.

Dieselbe läßt sich auch körperlich feststellen, wenn eine Schnur oder Kette entsprechend der Länge dieser gekrümmten Linie ( $a, b$ ) ausgestreckt wird und an ihr in Entfernungen, die gleich den Abständen der Schwerpunkte der einzelnen Wölbsteine sind, Körper befestigt werden, deren Gewicht je demjenigen der einzelnen Wölbsteine entspricht (Abb. 147). Werden nun die Endpunkte der Schnur oder Kette auf die Kämpferpunkte  $a$  und  $b$  gehalten, so nimmt sie die Gestalt eines nach abwärts gerichteten parabolischen Bogens an (Abb. 148). Dieses Verfahren (Anwendung der Kettenlinie) empfiehlt sich als Probe für die Richtigkeit eines Entwurfes für »Wölbung«; hierbei wird die Zeichnung umgedreht und die Kettenlinie auf diese gelegt.

Sowohl aus Rechnung und graphostatischer Behandlung, als auch aus der Anwendung der Kettenlinie ergibt sich die Erkenntnis, daß die Druckparabel um so flacher wird, je niedriger die Pfeilhöhe der Wölbung im Verhältnis zu ihrer Spannweite ist; dementsprechend wächst der Gewölbeschub mit Verkleinerung der Wölbungspfeilhöhe und mit ihm die Notwendigkeit für Vergrößerung des Widerlagerwiderstandes, sowie für Verstärkung der Wölbeshale an ihren Anfängen.

Abb. 146 bis 148.  
Kurve der Gewölbeschubkraft.

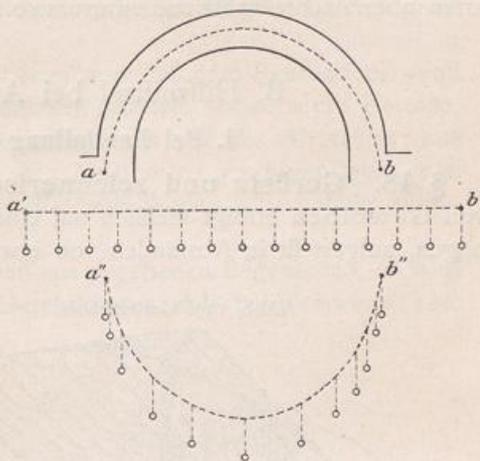


Abb. 149. Bruchfugen bei der scheinrechten Wölbung.

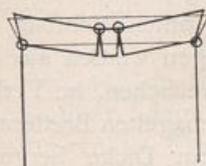


Abb. 150. Bruchfugen bei der Halbkreiswölbung.

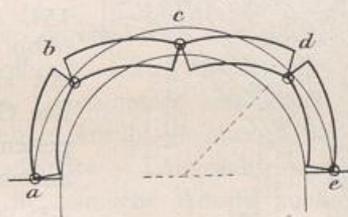
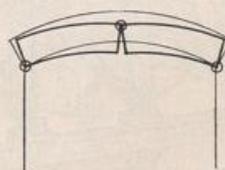
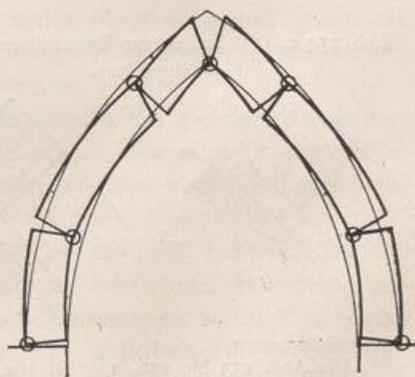


Abb. 151. Bruchfugen bei der Stichwölbung.



Um an Mauerwerk des Widerlagers zu sparen wird man besorgt sein, den Wölbeschub so gering wie möglich zu gestalten und daher in allen Fällen, in denen Wölbungen keine Nutzlast aufzunehmen haben, dieselben in tunlichst leichtem Material herstellen. Bezüglich der Widerlager selbst ist Sorge zu tragen, daß diese ein recht großes Gewicht erhalten. Sie sind deshalb in schwerem Material herzustellen und zu belasten, was, entsprechend Abb. 144 u. 145, durch Mauerwerk oder durch Wölbungsgegendruck erfolgen kann. Oftmals wird auch zu Verankerungen gegriffen, s. § 46.

Abb. 152. Bruchfugen bei der Spitzbogenwölbung.



Je nach den Wölbungsformen werden sich beim Einsturz von Wölbungsausführungen zunächst an gewissen Stellen die Wölbefugen öffnen; man nennt diese die »Bruchfugen«.



Bei der am wenigsten tragfähigen Wölbung, der »schiefechten«, entstehen die Bruchfugen entsprechend Abb. 149; die Zerstörung der Halbkreiswölbung erfolgt nach Abb. 150, die der Stichwölbung nach Abb. 151 und die der Spitzbogenwölbung nach Abb. 152.

Hieraus geht hervor, daß eine Belastung von Wölbungen im Scheitel bei Spitzbogenwölbungen für deren Standfestigkeit günstig, den anderen genannten Wölbungsarten aber nachteilig ist und zwar um so mehr, je flacher diese Wölbungen gestaltet sind.

## B. Hilfsmittel bei Ausführung von Wölbungen.

### 1. Bei Herstellung von Bogen und Gewölben.

**§ 45. Gerüste und zeichnerische Hilfskonstruktionen.** Die Herstellung von Gewölben erfolgt vielfach auf einer Gerüstschale aus Brettern, die auf Gerüstbogen, aufgestellt in Abständen von etwa 1 m, ruhen; die äußere Umrißlinie der Bogen

entspricht der gewählten Wölbungsform. Diese Gerüstbogen sind gewöhnlich durch Holzgerüste unterfangen (Abb. 153).<sup>17)</sup> Je gekrümmter die Wölbungsform ist, um so schmaler sind die zu verwendenden Schalldielen zu wählen, bzw. kommen Latten zur Benutzung. Letztere empfehlen sich auch für Wölbungen in Quadern, wobei die Stoßfugen auf den Latten (Abb. 154), oder besser zwischen diesen (Abb. 155) angeordnet werden, damit sie von unten sichtbar sind. Die Gerüstbogen werden aus doppelten oder dreifachen, im Verband aneinander genagelten Brettern von 2,5 oder 3 cm Dicke hergestellt (Abb. 156).

Um die äußere Umrißlinie der Gerüstbogen herzustellen, wird der

Abb. 153. Gerüstschale.

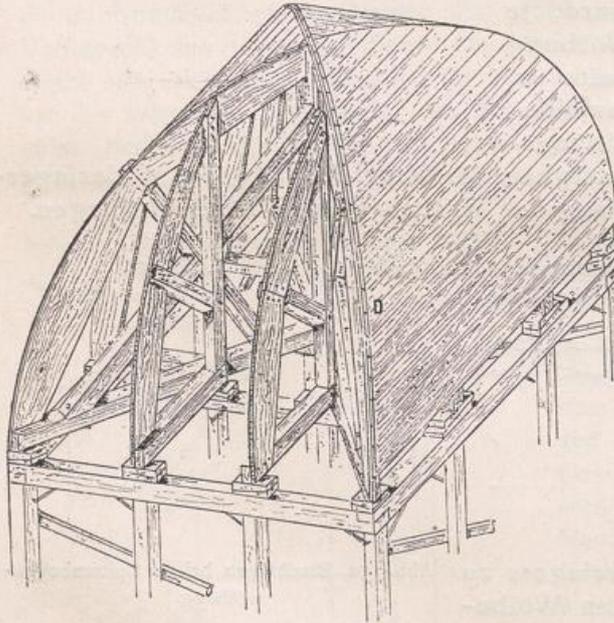


Abb. 154 u. 155. Latten zur Unterstützung von Gewölbquadern.

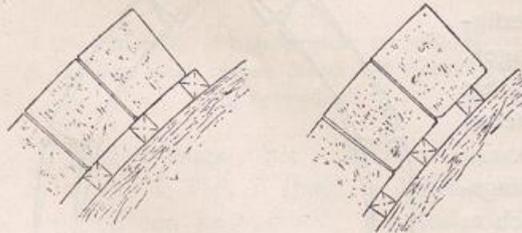
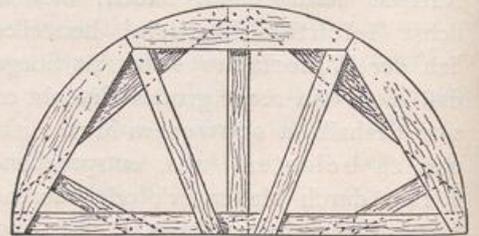


Abb. 156. Gerüstbogen aus doppelten aufeinander genagelten Brettern.



<sup>17)</sup> Die Abb. 153 bis 156, 159 bis 161, 207, 245, 247 bis 250, 252 bis 255, 280 bis 288, 292 bis 295, 304 bis 306, 310 bis 311, 325, 326, 328 bis 330, 341 bis 344, 414 bis 418 u. 430 bis 435 sind entnommen dem »Handbuch der Architektur«, III. Teil, 2. Bd., Heft 3<sup>b</sup>: »Gewölbedecken« von Geh. Hofrat Prof. CARL KÖRNER, 2. Aufl., Stuttgart 1901.