



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## Universitätsbibliothek Paderborn

### Lehrbuch des Hochbaues

Grundbau, Steinkonstruktionen, Holzkonstruktionen, Eisenkonstruktionen ,  
Eisenbetonkonstruktionen

**Esselborn, Karl**

**Leipzig, 1908**

2. Kapitel. Steinkonstruktionen.

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

## II. Kapitel.

# Steinkonstruktionen.

Bearbeitet von

**Bernhard Koßmann,**

Architekt und Professor an der Großh. Baugewerkschule zu Karlsruhe.

(Mit 473 Abbildungen.)



**§ 1. Überblick.** a) Die Materialien, welche bei Gebäudeerrichtungen Verwendung finden, sind »anorganischer« Art (Steine, Erden, Metalle) oder »organischer« Art (Hölzer, Rohre). Da organische Gebilde der Zerstörung durch atmosphärische Einflüsse schneller erliegen als anorganische und auch bei Feuersbrünsten vielfach in verhältnismäßig kurzer Zeit vernichtet werden, so wird bei Erbauung von Monumentalgebäuden die Verwendung anorganischer Materialien stets stattfinden; aber auch beim gewöhnlichen Wohnhausbau breitet sich das Streben nach Benutzung von Baumaterialien, die möglichst lange Dauer gewährleisten, immer mehr und mehr aus.

b) Das Wesen der Baukonstruktionen. Baukonstruktionen entstehen durch Zusammenfügung einzelner Baumaterialien bzw. von aus solchen hergestellten einzelnen Konstruktionsgliedern, im Anschluß an die Gesetze der Festigkeit und in Berücksichtigung wirtschaftlicher und künstlerischer Gesichtspunkte. In wirtschaftlicher Hinsicht sind ins Auge zu fassen: Gute Benutzbarkeit des Gebäudes auf lange Zeit hinaus, Feuer-sicherheit und — der Kostenpunkt. Die künstlerische Rücksichtnahme ist nicht in bestimmten Worten faßbar, da hier die »Empfindung« des Architekten den Ausschlag zu geben haben wird und betreffende »Ansichten« vielfach weit auseinander gehen werden. Selbst über Grundfragen, wie: ob gewisse Konstruktionen dem Beschauer offen zu zeigen oder zu ummanteln seien, kann wohl innerhalb einzelner Baustile Einigung erzielt werden. niemals aber wird es möglich sein, Regeln aufzustellen, die für alle Baustile Gültigkeit hätten.

c) Zur Geschichte der Baukonstruktionen. Die Erfindung neuer Baukonstruktionen fußt auf der Kenntnis von Baumaterial-Eigenschaften, sowie auf der Erweiterung (mindestens Veränderung) der menschlichen Bedürfnisse und Ansprüche, und der hierdurch bedingten, neuen baulichen Aufgaben; namentlich sind es die großen Bauaufgaben, welche die geistige Schöpferkraft der Architekten anspornen, um in konstruktiver wie künstlerischer Hinsicht neue Werte zu schaffen. Vielfach läßt sich die »Geschichte« der einzelnen Baukonstruktionen verfolgen unter gleichzeitiger Erkennung der Richtung, in welcher dieselben die verschiedenen Baustile in formaler Beziehung beherrscht haben.

Bei der antiken Sakralarchitektur vollzog sich die Übertragung von einst in Holz hergestellten Tempeln mit Pfosten, Wänden und Pfetten in eine Steinkonstruktion auf Grund des hierfür geeigneten »Steinquader«-Materials; und anderenorts hat ein reiner Quaderbau

als Uranfang monumentaler Bauweise direkt zur Anordnung von Mauern, Stützen und wagherichten Architraven geführt.

Wie es noch heutigen Tages bei wilden Völkern Gebrauch ist, zeltartige Hütten aus Ästen oder Schilf zum Schutz gegen die Glut der Sonnenstrahlen und gegen das Eindringen von Regen mit Lehm zu umkleiden, so mag wohl schon in längst vergangenen Jahrtausenden der Lehm zum Bauen verwendet worden sein. Und in Gegenden, die weder natürliche Steine noch Bauholz darboten, waren die Menschen durch die Verhältnisse veranlaßt, dort vorhandene Erdmassen, die unter dem Einfluß der sengenden Sonne erhärteten, zur Herstellung von Wohnungen zu verwenden. In solcher Konstruktionsweise sind zunächst wohl nur kleine Bauten errichtet worden; größere Wandflächen konnten — auch zugleich unter Gewähr längeren Bestandes — aufgeführt werden, wenn die betreffende Erde nicht im Rohzustand am Gebäude aufgeschichtet wurde, sondern vorher in eckige Klumpen geformt und letztere an der Sonne getrocknet waren. Solche »künstliche Bausteine« (Luftsteine) ermöglichen den Bau nicht nur von Pyramiden, sondern auch von umfangreichen Palästen.

Durch den in späterer Zeit eingeführten »künstlichen Brand« der geformten Tonmassen wurde den »Backsteinen« große Festigkeit verliehen. Diese »künstlichen Steine« lieferten dann in Verbindung mit geeignetem Mörtel ein Baukonstruktions-Element, das sowohl in technischer wie in stilistischer Beziehung von allergrößter Bedeutung geworden ist.

Nachdem die Kenntnis des »Mörtels« sich ausgebreitet hatte, oder nachdem man vielleicht in verschiedenen Ländern in voneinander unabhängiger Weise zur Bereitung von »Mörtel« gelangt war, konnte man auch kleinere natürliche Steine zur Herstellung fester Mauern verwenden. Bei Bestimmung der nötigen Mauer-Stärken wurde versuchsweise vorgegangen, indem man der Sicherheit wegen zunächst mit bedeutenden Stärken begann; und da einstens bei den Steinbauten vielfach fortifikatorische Zwecke eine Rolle spielten, so treffen wir alte Mauern von überaus starken Abmessungen an. Heutigen Tages wird auf diesem Gebiete häufig rechnerisch vorgegangen unter Beschränkung auf das möglich geringste Stärkemaß.

Von großem Einfluß auf die Baukonstruktionen war der Einbezug von Zementen und von Guß- nebst Walzeisen in den Bereich der Baumaterialien des Hochbaues und neuerdings führt die weitgehende Vereinigung von Eisen mit Zement, bzw. Beton, zu neuen Baukonstruktionen.

Das vorliegende Kapitel ist in folgende Abschnitte gegliedert:

- I. Baumaterialien.
- II. Mauern (Wände) und Pfeiler.
- III. Kamine.
- IV. Wölbungen (Bogen und Gewölbe).
- V. Treppen in Haustein.

## I. Baumaterialien.

### A. Natürliche Gesteine.

§ 2. Allgemeines. Die Eigenschaften, welche verschiedene Gesteine für die Verwendung im Hochbauwesen besonders geeignet erscheinen lassen, sind:

in technischer Hinsicht: Härte (innerer Widerstand gegen Zerdrücken und Zerknicken), Wetterbeständigkeit und Unverbrennlichkeit;

in künstlerischer Hinsicht: Verwendbarkeit in Stücken von bedeutendem Rauminhalt und vorteilhafte äußere Erscheinung (Struktur, Farbe, Zulässigkeit verschiedener Bearbeitungsarten).

Auf gewisse ungünstige Eigenschaften der Gesteine soll bei den betreffenden Einzelbesprechungen hingewiesen werden.

Die in Deutschland bei Gebäuden am häufigsten verwandten Gesteine sind: Sand- und Kalksteine sowie Granite. Über »Technik der wichtigeren Baustoffe« s. u. a. »Handbuch der Architektur«, I. Teil, I. Band, 1. Heft, III. Aufl. 1905.

**§ 3. Gewinnung des Rohmaterials.** Mannigfach trifft man in Berg und Tal, in Ebenen wie in Flüssen und Bächen mehr oder weniger große Steine, als Trümmer einstiger Felsmassen. Der Bezug dieser im Hinblick auf ihr »Vorkommen« als »Feldsteine« oder »Findlinge« bezeichneten Steine verursacht an Kosten häufig lediglich die Geldausgabe für Auf- und Abladen nebst Transport, teurer wird sich die Erwerbung von »Bruchsteinen« stellen, d. h. von Steinen, die in einem Steinbruch besonders gebrochen werden. Solche Bruchsteine werden für die Verwendung dann an der Baustelle noch des weitern vom Maurer mit dem Hammer entsprechend zugerichtet; die sich hierbei ergebenden Abfälle werden »Schruppen« genannt. Erfolgt die Bearbeitung gebrochener Steine mit Steinhauerwerkzeugen, so werden solche Steine als »Hau-« oder »Werksteine« bezeichnet. Eine Bearbeitungsart zwischen derjenigen bei »Bruchsteinen« und derjenigen bei »Hausteinen« zeigen die »hammerrechten Schichtensteine«, die eine saubere Vorderfläche mit lauter rechten Winkeln aufweisen.

Der für die meisten Gegenden Deutschlands wichtigste Baustein ist der »Sandstein«. Er findet sich in natürlichen Lagerungsschichten vor, deren »Mächtigkeit« (Dicke, Stärke) sehr verschieden ist, und läßt sich verhältnismäßig leicht in Schichten lösen, deren Flächen parallel zu den Hauptlagerungsschichten liegen. Die Steine werden im »Steinbruch« »gebrochen«; das Lösen entsprechend dem »Lager« heißt »heben«, so lange der Stein im Felsen liegt und »spalten«, wenn er bereits losgebrochen ist und weiter zerlegt wird. Das Trennen eines Steines senkrecht zum Lager nennt man »stoßen« (schroten). Wenn bei einem bearbeiteten Werkstein die Lagerflächen mit den natürlichen Absonderungsflächen im Steinbruche zusammenfallen, so werden sie »natürliche« (harte) Lager genannt zum Unterschied von »weichen«, die durch parallele Bearbeitung erzielt werden. Das Einfügen der Hausteine beim Bauen nennt man »versetzen«.

Sowohl »Hausteine« als auch gewöhnliche »Bruchsteine« sollen bezüglich ihrer »Lager« »liegend« und nicht »stehend« Verwendung finden. Bei Hausteinen, die ein hartes und ein weiches Lager haben, soll beim Versetzen ersteres nach unten zu liegen kommen. Das harte Lager wird in manchen Gegenden seitens der Steinhauer mit dem Zeichen  $\times$  oder  $\#$  versehen, das weiche mit  $\circ$  oder  $\ominus$ .

Bruchfeuchte Sandsteine erhärten an der Luft. Gute Bausteine sollen gleichmäßig in Struktur, Härte und Farbe sein, sich nicht mit Moos und Algen überziehen und im Laufe der Zeit eine unveränderliche Kruste (patina) annehmen. Auch sollen sie frei von »Nestern«, »Gallen«, »Stichen« sowie schädlichen Lagern sein.

## B. Künstliche Steine.

**§ 4. Allgemeines.** Wie einleitend erwähnt, waren die ältesten künstlichen Bausteine »ungebrannte Backsteine«. Solche, lediglich an der Luft erhärteten Ton-

steine (Luftsteine) gelangen jetzt nur noch sehr selten zur Verwendung. Seit Jahrtausenden ist es Gebrauch, die Tonsteine »zu streichen und zu brennen«.<sup>1)</sup>

Neuerdings hat die vorgeschrittene Technik verschiedenerlei künstliche Steine erfunden, die aus anderen Materialien als tonhaltiger Ziegelerde hergestellt werden. Diese sollen als Ersatz für Backsteine oder natürliche Steine dienen und unterscheiden sich dementsprechend auch äußerlich von jenen bezüglich Rauminhalt, Struktur und Farbe. Über den ästhetischen Wert täuschender Nachbildungen natürlicher Steine haben bereits vielfache Erörterungen stattgefunden, ohne die Praxis beherrschen zu können; hier soll bei Besprechung des »Betons« diese Frage gestreift werden.

Gewissermaßen als Ersatz für Backsteine kommen aus der großen Anzahl verschiedener Arten solcher künstlicher Steine für die moderne Bautechnik besonders in Betracht:

Kalksandziegelstein (Kalkziegel), Kalkschlackenziegelstein, Zementschlackenziegelstein, Bimssandziegelstein (Schwemmstein, Tuffstein) und Korkstein.

Ferner ist hier der Glasstein zu nennen, der eine immer weitergehende Verwendung findet. Er wird mit oder ohne Drahtnetzeinlage hergestellt und erhält vielfach eine vom Backstein verschiedene Form. Als Nachbildung für Werksteine und Bruchsteine kommen verschiedene Arten von »Kunststein« in den Handel und neuerdings auch der Betonhohlstein.

**§ 5. Gebrannte künstliche Steine.** Der aus geeigneter Tonerde gebrannte Backstein (Ziegelstein) muß durch und durch gebacken, d. h. »gebrannt« sein und darf keine »Nester« fremder Stoffe enthalten. Zur Prüfung der Güte des Backsteins können auf dem Bauplatze kurzer Hand folgende Arten von Proben vorgenommen werden:

Eintauchen des Steines in Wasser. Letzteres soll keine Trübung durch Lösung erdiger Stoffe in dem Steine erfahren.

Anklingen des Steines mit einem Schlüssel oder dgl. Der erzeugte Klang soll hell, nicht dumpf, sein.

Zerschlagen des Steins. Die Bruchflächen sollen möglichst muschelrig und hart erscheinen.

Man unterscheidet:

a) **Bezüglich der Herstellungsart:** *a) Feldbrandsteine.* Die gestrichenen rohen Tonklumpen werden in Haufen aufgesetzt, die im Innern einen Feuerraum und Rauchzüge enthalten. Die Durchbackung der gesamten Ware wird nicht gleichmäßig erfolgen; es werden sich harte und weniger harte Steine ergeben, auch die einzelnen Steine werden Ungleichmäßigkeiten bezüglich ihrer Härte zeigen und in Form und Farbe verschieden sein.

*β) Ofensteine.* Die Tonklumpen werden in besonderen Heizanlagen so aufgelegt, daß jeder derselben — ohne Belastung zu erfahren — gleichmäßig von der Hitze durchdrungen wird.

b) **Bezüglich des Grades der Durchbrennung:** *a) Gewöhnliche Backsteine* (Ziegelsteine) und *β) Klinker*, d. h. besonders hart gebrannte Steine.

<sup>1)</sup> I. Moses, 11. 3. ... »Und sprachen untereinander: Wohlauf, lasset uns Ziegel streichen und brennen! Und nahmen Ziegel zu Stein, und Ton zu Kalk...« — Nach neuerer Übersetzung: »Wohlan, lasset uns Ziegel streichen und brennen zu Brand. Und es war ihnen der Ziegel statt Steines und das Erdharz war ihnen statt Mörtels.«

c) **Bezüglich der äußeren Form:** a) *Normalsteine* (Abb. 1 bis 5). Im deutschen Reich ist als Normalmaß angenommen: Länge 25 cm, Breite 12 cm, Dicke 6,5 cm. Abgesehen von solchen »ganzen« Backsteinen, werden auch »Teilsteine« verwendet (Abb. 2 bis 5), die meistens seitens der Maurer durch »Verhau« mittels des Hammers hergestellt werden.

In Preußen wurden für größere Backsteine, namentlich zur Anwendung bei Kirchenbauten, im Jahre 1902 auch noch folgende Maße eingeführt: Länge 28,5 cm, Breite 13,5 cm, Dicke 8,5 cm. In Österreich betragen die Backsteinmaße: 29 cm, 14 cm, 6,5 cm.

β) *Verblender* sind äußerst sorgfältig und scharfkantig ausgeführte Backsteine, die bei Fassaden-Außenflächen Verwendung finden. Um hier die Fugen dünner und schärfer zu erhalten, als es bei dem gewöhnlichen, dahinter befindlichen, Backsteinmauerwerk der Fall ist, wird die Dicke der Verblender zu 6,9 cm oder 7 cm angenommen; die Tiefen der Steine betragen: 5,8 cm oder 12,2 cm und die Längen: 12,2 cm, 18,7 cm und 25,2 cm (Abb. 7 bis 10). Damit trotz der Glätte der Oberfläche dieser Steine, dem Mörtel eine geeignete Angriffsfläche geboten wird, erhalten die Lagerflächen: Riefelungen (Abb. 7 u. 8).

γ) *Formsteine* werden namentlich im Gebiete des »unverputzten Backsteinbaues« vielfach verwendet und umfassen Formen mit einfachsten Abschrägungen und Wulsten bis zu reichen Profilen.

#### d) **Bezüglich der inneren Ausgestaltung des Steines:**

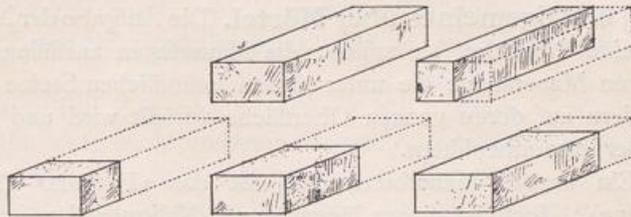
Aus reiner Ziegelerde: a) *Vollsteine* (Abb. 1), β) *Lochsteine* (Abb. 6), γ) *Hohlsteine* (Abb. 7 bis 10).

Die runden, bzw. quadratischen oder rechteckigen Löcher und Höhlungen können sowohl bei den ganzen wie bei den Teilsteinen nach den in den Abb. 6 bis 10 angegebenen Richtungen liegen. »Verblender« und »Formsteine« werden meistens als Hohlsteine gebildet.

Der Vorteil von Loch- und von Hohlsteinen gegenüber den Vollsteinen besteht in geringerem Gewicht, wodurch die Transportkosten herabgesetzt werden und das betreffende Gemäuer »leichter« ausfällt. Ferner hindert die in den Steinen enthaltene Luft einigermaßen das Eindringen von Feuchtigkeit in das Mauerwerk.

Aus Ziegelerde mit Zusätzen. Um das Gewicht von Vollsteinen zu verringern können der Ziegelerde: Torf, Lohe, Sägemehl, Steinkohlenstaub und dgl. in Pulverform beigemischt werden. Diese Stoffe verbrennen beim »Brand« der Steine in der Hitze,

Abb. 1 bis 5. Normalsteine.

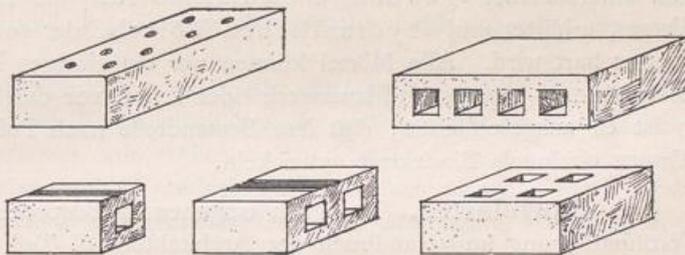


1 Normalstein. 2 Viertelstein (Einquartier). 3 Halbstein (Zwei-quartier). 4 Dreiviertelstein (Dreiquartier). 5 Kopfstück (Riemenstück).

Abb. 6 bis 10. Loch- und Hohlsteine.

Abb. 6. Lochstein.

Abb. 7 bis 10. Hohlsteine.



wodurch »Poren« im Backsteine entstehen. Solche »poröse« Steine sind allerdings leichter als Backsteine, doch ist auch ihre Qualität geringer; sie dürfen nur im Innern der Gebäude Verwendung finden.

### C. Mauer-Bindemittel, -Putzmassen, -Gußmassen.

**§ 6. Allgemeines über Mörtel.** Die Aufgabe der Mauerbindemittel, d. h. der Mörtel, ist eine dreifache, sie sollen: die Mauerfugen ausfüllen; vermitteln, daß die Last der oberen Mauersteine die unter diesen befindlichen Steine nicht in einzelnen Punkten trifft, sondern auf deren ganzen Oberfläche verteilt wird und die Steine zu einem festen Gemäuer zusammenkitten.

Ein uraltes Mauerbindemittel ist das »Erdharz« (Erdpech, Asphalt)<sup>2)</sup>, sowie der »Lehm«; doch ist dieser längst durch Kalkmörtel verdrängt und sollte auch als Zusatz zu letzterem keine Verwendung mehr finden. Auch der Asphalt kommt für uns als Mauerbindemittel nicht mehr in Betracht.

Mörtel (Speis) wird durch Mischung von »Kalk«, »Gips« oder »Zement« mit Sand und Wasser hergestellt; unter Umständen wird dem Kalkmörtel noch Zement zugesetzt. Man unterscheidet »gewöhnlichen Luftmörtel«, der nur an der Luft, nicht aber im Wasser, erhärtet und »hydraulischen Mörtel«, der sowohl an der Luft als auch im Wasser hart wird. Alle Mörtel können nur ein einziges Mal Verwendung finden. Sind sie erhärtet — sei es im Mauerwerk oder schon vor der beabsichtigten Verwendung —, so ist es ausgeschlossen, daß ihre Bestandteile nach Pulverisierung und Mischung mit Wasser nochmals Bindekraft entwickeln.

**§ 7. Mörtelarten.** Bezüglich eingehender Besprechung des »Mörtels« sei auf die Veröffentlichung im »Handbuch der Architektur« (I. Teil, I. Band, 1. Heft) hingewiesen, woselbst auch ausführliche Literaturverzeichnisse anzutreffen sind. Die hauptsächlichsten, sowohl für Mauerungen als Putzarbeiten in Betracht kommenden Mörtelarten sind:

a) **Weißkalkmörtel** (gewöhnlicher Luftmörtel). Bei dessen Bereitung findet Luftkalk (Fettkalk) Verwendung, der durch Glühen von »kohlensäuren Kalksteinen« unter Austreibung der Kohlensäure gewonnen und dann in Kalkpfannen mittels Zusatz von Wasser »gelöscht« wird. Die entstehende Kalkflüssigkeit wird in Gruben geleitet, wo bei allmählichem Verdunsten des Wassers nach etwa 2 Wochen der zum Mauern brauchbare »Kalkbrei« entsteht (»Einsumpfung«). Wenn dieser für Fassadenputz Verwendung finden soll, so muß er mindestens ein halbes Jahr in der Grube lagern.

Der gewöhnliche Mauermörtel wird erhalten durch Mischung von 1 Raumteil Kalkbrei mit 3 Raumteilen Sand und Wasser. Unter langsamer Verdunstung des Wassers erhärtet der Mörtel, indem er Kohlensäure aus der Luft aufnimmt (»Abbindung«) und eine Verbindung mit den Mauersteinen eingeht. Da trockene Backsteine im Mauerwerk das Wasser aus dem Mörtel begierig herausaugen, so entziehen sie diesem die Feuchtigkeit zu schnell. Bei Backsteingemäuer sind deshalb die Steine vor der Verwendung anzufeuchten; hingegen müssen Bruchsteine um so trockener vermauert werden, je mehr Bruchfeuchtigkeit sie noch enthalten. Für sehr dicke Bruchsteinmauern empfiehlt es sich, dem Mörtel »Backsteinstaub« zuzusetzen. Der Mörtel muß an demselben Tage verwendet werden, an dem er angemacht ist, da er sonst an der Luft erhärtet und die Bindekraft einbüßt.

b) **Schwarzkalkmörtel** wird aus magerem (hydraulischen) Kalk mit etwas weniger Sand als der vorher genannte und gleichfalls unter Zusatz von Wasser hergestellt.

<sup>2)</sup> Vgl. auch Fußnote I, S. 60.

Dieser Kalk wird in kleinen Häufchen aufgeschüttet, mit Sand bedeckt und mit Wasser übergossen. Der Schwarzkalkmörtel erhärtet schneller und fester als Weißkalkmörtel und darf daher nicht später als einige Stunden nach seiner Zubereitung Verwendung finden; er wird bei dünnen oder stark belasteten Mauern, sowie bei Pfeilern und dgl. vielfach benutzt.

c) **Verlängerter Mörtel** wird durch Zusatz von Zement zu Kalkmörtel hergestellt und bindet in noch kürzerer Zeit als Schwarzkalkmörtel, den er auch an Festigkeit übertrifft.

d) **Zementmörtel** besteht aus 1 Teil Zement und etwa 2 bis 4 Teilen Sand nebst Wasser; er bindet schneller als alle anderen Mörtelarten ab und übertrifft sie auch bezüglich der Festigkeit.

e) **Gipsmörtel**. Der erforderliche Gips wird durch Glühen von schwefelsaurem Kalk durch Austreibung des vorhandenen »Hydratwassers« gewonnen und ihm nur wenig Sand und dann das nötige Wasser zugesetzt, welches direkt die Erhärtung des Gipses verursacht. Deshalb muß angemachter Gipsmörtel schleunigst Verwendung finden. Gipsmörtel ist nur im Innern von Gebäuden verwendbar, da er nach seiner Erhärtung aus feuchter Luft Wasser anzieht und verfault. Gelegentlich wird er auch anderen Mörtelarten zugesetzt. Ein Nachteil des Gipsmörtels entsteht durch das »Treiben« des im Gips enthaltenen Schwefels.

Man unterscheidet Gipsmörtel mit gering gebranntem Gips und solchen mit stark gebranntem. Ersterer, von Farbe bläulich-weiß, findet besonders Verwendung bei Wand- und Deckenputz; letzterer, von rötlich-weißer Farbe, als Boden-Estrich, der direkt als Fußboden oder zunächst als Unterlage für Linoleum dient. Unter Zusatz besonderer Chemikalien werden mit dem Gipsmörtel Gesimse, Ornamente, Kunstmarmor-gegenstände usw. hergestellt.

**§ 8. Mörtelsand.** Je weniger Erdbestandteile und je mehr Quarz ein Sand enthält, um so geeigneter ist er für Mörtelbereitung. Die Probe kann in einfacher Weise durch Eintauchen der mit Sand gefüllten Hand in reines Wasser erfolgen: bleibt das Wasser sauber, so entspricht der Sand den betreffenden Anforderungen. Auch ohne Wasser kann der Sand nach Reibung desselben zwischen den Händen beurteilt werden: bleiben diese sauber, so ist der Sand quarzhaltig. — Guter, aber mit Erde oder mit organischen Stoffen gemischter Mörtelsand muß vor der Verwendung gewaschen werden. Bezüglich des Rauminhalts der Sandkörner empfiehlt sich ein Gemisch von möglichst verschiedenartigen Korngrößen.

**§ 9. Mörtelwasser.** Auch das Wasser eignet sich für Mörtel um so mehr, je reiner es ist. Höhere Temperaturen des Wassers beschleunigen das »Abbinden« von Mörtel, weshalb es sich bei geringem Frostwetter empfiehlt, warmes, bzw. heißes Wasser bei der Mörtelbereitung zu verwenden. Bei starkem Frostwetter wird nicht gemauert.

**§ 10. Zement** wird verwendet bei: Mörtel, Wandputz und Beton und ist für das moderne Bauwesen von weitgehender Bedeutung, denn er ermöglicht ein schnelles Bauen, was bei gegenwärtigen Verhältnissen in finanzieller Beziehung besonders wichtig erscheint; andernteils wird es durch seine Verwendung als Mauermörtel möglich, Mauern und Pfeiler in den Maßen möglichst gering, und somit auch im Gewicht verhältnismäßig leicht zu halten. Besondere Wichtigkeit verleiht dem Zement auch seine Eigenschaft, nicht nur an der Luft, sondern auch im Wasser zu erhärten. Man unterscheidet natürlichen und künstlichen Zement.

a) **Natürlicher (Roman-)Zement** besteht aus 1 bis 1,5 Teilen Kalk und 1 Teil Ton; er bindet auch im Wasser sehr rasch ab.

b) **Künstlicher (Portland-)Zement** wird hergestellt durch Brennen einer Mischung von kalk- und tonhaltigen Gesteinen, die nachträglich fein gemahlen werden. Er hat vor dem natürlichen Zement den Vorzug, nicht so überaus schnell wie jener abzubinden und kommt deshalb für Hochbauten beinahe ausschließlich in Betracht. Je nach seinen Eigenschaften wird das Mischungsverhältnis mit Sand usw. zu bestimmen sein.

Zemente sind gut trocken zu lagern, da sie sonst schon durch Aufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft »abbinden«; auch muß ihre Verwendung beim Bau sofort nach dem Zusatz von Wasser erfolgen. Nach der Verwendung sind die Zementflächen (Putz oder Beton) zunächst durch Nässen noch feucht zu erhalten, damit nicht infolge zu schneller Austrocknung Risse in der Zementmasse entstehen; auch erlangt der Zement sonst nicht den größtmöglichen Härtegrad.

Zementmörtel und Zementputz bestehen aus Zement, feinem Sand und Wasser. Letzterer darf nur aufgetragen werden, wenn die betreffende Mauerfläche vorher sauber gereinigt ist; trotzdem hat man bei ihm mit der Bildung von Flecken und mit Ausblühungen zu rechnen; auch haften an ihm weder Tapeten noch Ölfarben. Einigermaßen werden diese störenden Eigenschaften des Zements gemildert, wenn die geputzte Fläche mit schwacher Säurelösung behandelt und dann wieder rein abgewaschen wird. Die Verwendung von Zement als Zwischenlage bei Werksteinen kann, infolge chemischer Wirkung, Flecken an den Steinen verursachen.

**§ 11. Beton** wird durch Mischung von Portlandzement, Sand, Kies (oder Ersatz von Kies) und Wasser hergestellt. Die Güte des Zements ist in jedem Falle besonders festzustellen. Der Sand muß aus scharfkantigen Quarzkörnern von kleinstem Korn bis zu einer Korngröße von etwa 0,5 cm bestehen und durchaus rein sein. Der Kies soll ebenfalls gemischte Korngrößen enthalten von 0,5 cm bis, je nach seiner Verwendung, etwa 4 oder 4,5 cm. Als Ersatz für Kies dient Steinschlag aus scharfkantigem, hartem Material, und für Beton mit geringerer Tragfähigkeit: Bimskies oder Schlacken. Da der Zement im Beton aus dem oben erwähnten Grunde nicht zu schnell austrocknen darf, so ist aus dem in § 7 unter a) angegebenen Grunde vor Benutzung von Backsteinbrocken als Ersatz von Kies zu warnen.

Das Mischungsverhältnis der Bestandteile richtet sich je nach den vorliegenden konstruktiven Verhältnissen; bei Wohnhaus-Kellergewölben ist es etwa: 1 Raumteil Zement, 4 Teile Sand und 6 Teile Kies. Bei der Herstellung soll zuerst der Zement mit dem Sand in trockenem Zustande gründlichst durcheinander gemengt werden, dann erfolgt etwas Wasserzusatz und hernach Mischung mit Kies, oder erst Zusatz von Kies und dann Wasser; dieses Gemisch ist ebenfalls gründlichst durchzuarbeiten. In manchen Fällen gelangt jedoch ein Kies zur Verwendung, der schon in der Kiesgrube im Gemenge mit Sand gewonnen wurde.

Neuerdings wird empfohlen, dem Zementbeton gemahlene hydraulische Kalk (»Beton-Kalk«) zuzusetzen um die Masse plastischer und widerstandsfähiger gegen Frost und Wasserdurchdringung zu gestalten. Als Mischungsverhältnis kommt in Betracht: 1 Teil Zement, 1 Teil gemahlener hydraulischer Kalk, 4 Teile Sand und 12 Teile Kies (Steinschlag).

Seit einigen Jahrzehnten sucht man bei den sichtbaren Betonmassen an Gebäuden das Aussehen von Steinen nachzubilden. Meistens werden dann die Fassaden mit Beton-Quadern oder -Platten verkleidet, denen durch Zusatz von Steinmehl an ihrer Oberfläche möglichst das Aussehen natürlicher Steine verliehen ist. Eine solche Täuschung des

Beschauers ist sicherlich unangebracht. Bauten, die auch äußerlich in Betonmasse hergestellt sind, sollten solches offen zeigen, und daß auf diesem Gebiete in künstlerischer Beziehung Erfreuliches geleistet werden kann, beweisen einige Ausführungen der neuesten Zeit.

**§ 12. Zement und Eisenverbindung.**<sup>3)</sup> Wenn angefeuchteter Zement in »noch nicht abgebundenem Zustand« mit Eisen in Berührung kommt, so tritt eine Verbindung beider Materialien ein, die sich bei Temperaturschwankungen nicht löst, da Zement und Eisen sich im selben Verhältnis bei Wärme ausdehnen und bei Kälte zusammenziehen. Gleichzeitig schützt die Eisen-Zementverbindung das Eisen gegen Rosten, sowie gegen Einwirkung von Feuer bei Bränden.

Eisenträger, welche im Bau mit Zement (in entsprechendem Mörtel oder Putz, oder Beton) zusammengebracht werden sollen, dürfen nicht vorher zum Schutze gegen das Rosten auf dem Lagerplatz mit Mennigfarbe oder einem anderen, die Verbindung von Eisen mit Zement verhindernden Anstrich versehen werden, sondern sind entweder mit Zementwasser zu streichen oder besser, durch ein Schutzdach vor Regen zu schützen und dann vor der Benutzung sauber zu reinigen.

Unter geschickter Benutzung der Verbindungsfähigkeit von Zement und Eisen (Eisenträger, Eisendraht), sowie des Verhaltens vom Zement bei Druck- und des Eisens bei Zugspannungen ist eine Anzahl neuzeitiger Konstruktionen erfunden worden, die im folgenden an geeigneter Stelle Erwähnung finden sollen. Für ihre Dauerhaftigkeit ist von ganz besonderer Bedeutung der Umstand, daß der das Eisen umhüllende Zement dieses vor dem Verrosten schützt.

## II. Mauern (Wände) und Pfeiler.

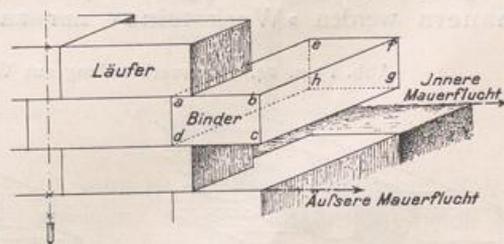
**§ 13. Allgemeines.** Dem Wesen nach besteht zwischen »Mauer« und »Wand« kein Unterschied: dünne Mauern werden Wände, dicke Wände dagegen Mauern genannt. Pfeiler sind Mauern, deren Längenausdehnung sehr gering ist. Man unterscheidet: Mauern, die frei für sich stehen, Mauern, die von oben her eine Last zu tragen haben, Mauern, die einem Seitenschub ausgesetzt sind und solche, die Druck und Schub zugleich erhalten.

Diese Umstände sind von Einfluß auf die den Mauern zu verleihende »Stärke« (Dicke); in erster Linie aber kommt für diese das Baumaterial als solches in Betracht, sowie die Form der Mauersteine und die Güte der Arbeitsausführung nebst der Zeit, die dem Mörtel zum Abbinden gewährt wird, ehe Druck- oder Schubbeanspruchung des Neugemäuers erfolgt.

Die geeignetste Form für Mauersteine ist die des Parallelepipedes (Parallelepipedon). Sowohl für natürliche wie für künstliche Bausteine gelten die in Abb. 11 eingetragenen Bezeichnungen.

Die untere Fläche einer Mauer nennt man »Sohle«, den oberen Teil »Mauerkrone«. Die seitliche Endigung nach Abb. 34 u. 35 heißt »Kopfzahnung« oder »Zahnung«, diejenige nach Abb. 52 »Treppenzahnung« oder »Abtreppe«. Eine gemauerte Lage auf die Schmalseite gestellter Backsteine wird »Rollschicht« genannt. Die

Abb. 11. Mauersteine.



*abcd* vorderes Haupt. *aehd* rechte Stoßfuge. *efgh* hinteres Haupt. *bfgc* linke Stoßfuge. *abfe* oberes Lager. *dhgc* unteres Lager.

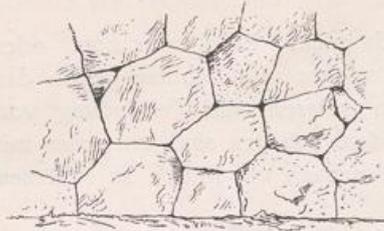
<sup>3)</sup> Vgl. auch Kap. V: »Eisenbetonkonstruktionen« dieses Lehrbuchs.

»äußere Mauerflucht« heißt »Mauerhaupt«; sind beide Mauerfluchten »sauber« ausgeführt, so ist das Gemäuer »zwei- oder doppelhäuptig«.

#### A. Mauerwerk aus natürlichen Steinen.

**§ 14. Mauerwerksarten.** Die ursprünglichste Art von Mauerbildung erfolgt durch ein einfaches Aufeinanderhäufen von »Findlingen«, solche Mauern werden »Trockenmauern« genannt; die Zwischenräume der Steine erhalten eine Ausfüllung mit Sand,

Abb. 12. Zyklopenmauerwerk.



Erde oder Moos. Diese können bei Verwendung großer Steine und bei bedeutender Mauerdicke hohe Festigkeit erlangen; doch handelt es sich bei denselben meistens um Wallmauern und dgl., aber nicht um Gebäudemauern. Eine Steigerung der Festigkeit wird eintreten, wenn die Steine solcher Mauern unter Anwendung von »Behau« aneinander gepaßt werden. Abb. 12 zeigt Mauerwerk nach dem Prinzip des uralten »Zyklopenmauerwerks« unter Zusammenstoß von 3 oder von 4 Steinen an deren Eckpunkten.

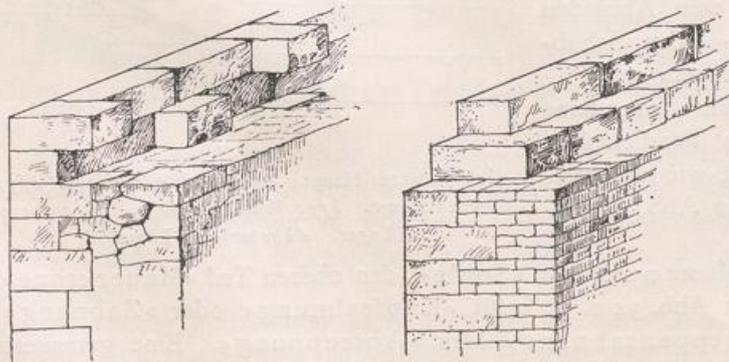
Trockengemäuer mit Moosausfüllung findet heutigen Tages gelegentliche Verwendung bei billigen Gebäude-Böschungsmauern.

Wie in § 6 ausgeführt, wird die Festigkeit eines Gemäuers durch Anwendung von Mörtel erhöht und je unregelmäßiger oder runder, sowie je kleiner die Mauersteine sind, um so größer wird die erforderliche Menge von Mörtel sein zur Erlangung der notwendigen Mauerfestigkeit.

Das beste Mauerwerk in konstruktiver Hinsicht wird durch den reinen »Quaderbau« geboten, der, lediglich vom Steinhauer bearbeitete parallelepipedische »Hauusteine« (Werksteine, Werkstücke) enthält; da ein solches Gemäuer aber sehr teuer zu stehen kommt, so wird es heutigen Tages nur äußerst selten, etwa bei Sakralbauten, ausgeführt. In praktischer Beziehung hat es übrigens auch den Nachteil, daß bei vollständigem Durchbinden von Quadern durch die Mauer nach lang andauerndem Regenwetter die innere Mauerfläche infolge der von den Quadern eingesogenen Nässe, feuchte Stellen zeigen wird.

**§ 15. Werkstein-(Quader-)Mauerwerk.** Bei modernen Werksteinmauern werden »Werksteine« nur an der Außenseite der Mauer angeordnet; hinter ihnen befindet sich dann ein Gemäuer aus Bruch- oder Backsteinen: die »Hintermauerung«.

Abb. 13 u. 14. Mauerverblendung aus Werksteinen.



»Mauerverblendung«. Die Hintermauerung muß dann in sich stark genug sein, die Gesamtlast zu tragen. In solchem Falle kann die äußere Verblendungsschale unter Umständen

hinter ihnen befindet sich dann ein Gemäuer aus Bruch- oder Backsteinen: die »Hintermauerung«. Ist den Werksteinen eine beträchtliche Tiefe gegeben, so bilden sie gemeinschaftlich mit der Hintermauerung die tragende Mauer; werden sie jedoch sehr flach gehalten, so bilden die Werksteine lediglich eine »Mauer-

nachträglich zur Ausführung gelangen, wie z. B. die Marmorverkleidung vieler in Backstein ausgeführter italienischer Renaissance-Kirchen; doch ist die gleichzeitige Ausführung beider Mauerscheiben in konstruktiver Beziehung durchaus vorzuziehen.

Um einen guten »Verband« zwischen »Hausteinen« und »Hintermauerung« zu erzielen, werden erstere abwechselungsweise als »Läufer« und »Binder« (Abb. 11, S. 65) angeordnet. Dieser Verband kann in wagerechter (Abb. 13) oder in senkrechter (Abb. 14) oder in gemischter Weise erfolgen.

Die Einbindungstiefe der Hintermauerung (siehe Abb. 13) sollte mindestens 15 cm betragen; wo irgend tunlich sind die Lagerfugen der Hausteine in der Hintermauerung durchzuführen (Abb. 14). Bei Bruchsteinhintermauerung empfiehlt es sich, an den »Einbindungen« keine schwächeren Bruchsteine als von etwa 14 cm Dicke anzuordnen; wo geeignete Bruchsteine nicht vorhanden sind, greift man für diesen Teil des Gemäuers vielfach zu Backsteinmaterial.

Die Ausführung des Gemäuers hat bei bedeutenden Mauerstärken in der Weise zu erfolgen, daß schichtenweise zunächst die Werkstücke hintermauert werden, dann ist die innere Mauerflucht herzustellen und schließlich wird der Zwischenraum mit möglichst großen Steinen satt in Mörtel ausgefüllt (s. § 20).

**§ 16. Hilfskonstruktionen.** Zur Erlangung einer möglichst fest geschlossenen, starren Masse des Gesamtmauerwerks wird vielfach zu besonderen Hilfskonstruktionen gegriffen.

Abb. 15 u. 16. Verbindung der Steine untereinander mittels Falz.

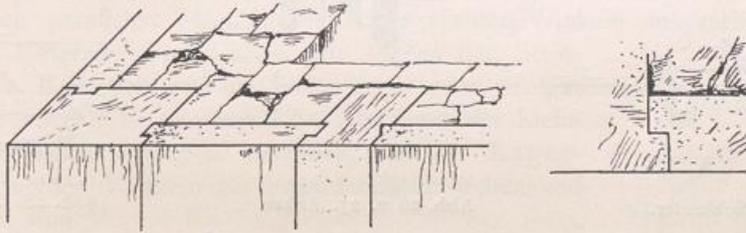
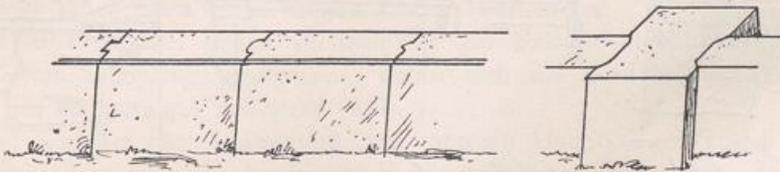


Abb. 17 u. 18. Verbindung der Steine untereinander mittels Spund.



Die Verbindung von Steinen untereinander kann nach dem System von »Falz« (Abb. 15 u. 16) oder »Spund« (Abb. 17 u. 18) erfolgen. Hierbei empfiehlt es sich in Rücksicht auf die Sprödigkeit des Materials, alle »Ausladungen« dieser Konstruktionen gering zu halten.

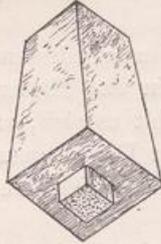
Abb. 19. Klammerstein.

Eine uralte Art der Zusammenfassung von Hausteinen beruht auf Verwendung von »doppelhakenförmigen« Werkstücken als steinerne Klammern (Abb. 19). Liegend angeordnete Klammersteine trifft man im Altertum beispielsweise bei den griechischen Tempeln und im Mittelalter z. B. auf dem Heidelberger Schloß; in stehender Lage finden sich solche am Hauptgesims des Palazzo Strozzi in Florenz. Diese Konstruktion ist nicht empfehlenswert, da die Umklammerungsteile auf »Schub« in Anspruch



genommen werden und das Steinmaterial diesem nur geringen Widerstand entgegen-  
setzt. Aus gleichem Grunde ist die Anwendung steinerner Zapfen nach Abb. 20 und  
steinerner Klammern in entsprechender Dicke nach Art von Abb. 21 bedenklich.

Abb. 20. Steinere  
Zapfen.



Zuverlässiger als Verbindungs-Hilfsmittel in Stein sind solche aus  
Hartholz oder noch besser aus Metall, als welches der Billigkeit wegen  
meistens Eisen gewählt wird; haltbarer, aber teurer, ist Kupfer.

Die gebräuchlichsten eisernen Verbindungsstücke sind: Klammern  
(Abb. 21 u. 22) etwa 20 bis 25 cm lang, Dollen (Abb. 23 u. 24),  
Schlaudern (Abb. 25) etwa 20 bis 40 cm lang und Anker (Abb. 26  
bis 28) etwa 30 bis 50 cm lang; diese Stücke werden aus 2 bis 3 cm  
starkem Quadrateisen oder entsprechend starkem Flacheisen hergestellt.  
Dollen fertigt man gelegentlich auch aus Rundeisenstäben, doch leisten  
solche dann keinen Widerstand gegen drehende Verschiebung. Viel-  
fach werden Dollen in Verbindung mit Schlaudern verwendet. Bei den

Ankern empfiehlt es sich, den Splint (die Schließe) in senkrechter Lage anzuordnen  
(Abb. 27 u. 28); die weniger wirkungsvolle, wagerechte Lage derselben kommt nur bei  
Platzmangel in Anwendung.

Abb. 21 u. 22. Klammern.

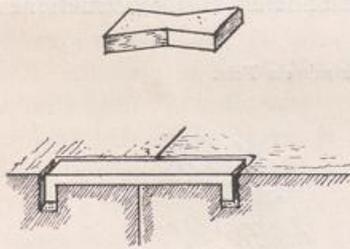


Abb. 23 u. 24. Dollen!

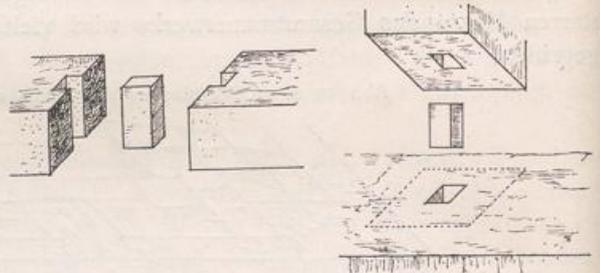


Abb. 25. Schlauder.

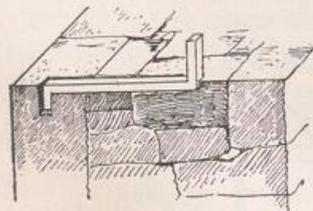


Abb. 26 u. 27. Anker.

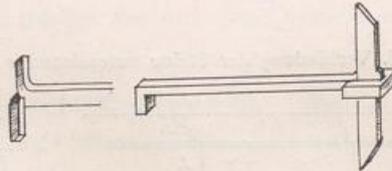
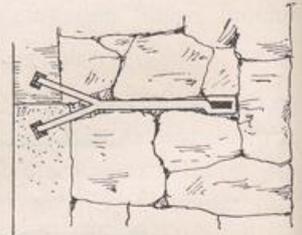
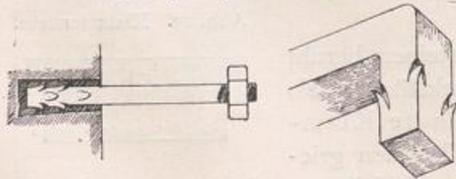


Abb. 28. Gabelanker.



Um das Eisen in möglichst feste Verbindung mit den Werksteinen zu bringen,  
werden die Höhlungen um das »eingelassene« Eisen »ausgegossen«; hierzu verwendet  
man in Wasser gelösten Zement oder geschmolzenes Blei. Da letzteres beim Eingießen Höh-  
lungen bildet, so ist es absatzweise in kleinen  
Partien einzugießen, die dann jeweils nach ihrem  
Erkalten mit feinen Eisen festzustampfen sind. Viel-  
fach wird zum Ausgießen auch Schwefel verwandt;  
da dieser jedoch »treibt« und hierbei die Steine  
sprengt, so ist vor dessen Gebrauch zu warnen.

Abb. 29 u. 30. Widerhaken.



Um die in Stein eingelassenen Eisenteile möglichst fest einzubetten, erhalten sie  
Widerhaken (Abb. 29 u. 30).

Unter Umständen werden gleichzeitig Steinverbindungen entsprechend den Abb. 15 bis 18 und eiserne Verbindungsstrukturen angeordnet.

**§ 17. Die Werksteine.** a) **Allgemeines.** Wo irgend tunlich, muß bei der Höhenbemessung der einzelnen Hausteine auf die Mächtigkeit der »natürlichen« Schichtung (Lagerung) der betreffenden Gesteinsmassen im »Steinbruch« (natürliche Steinlager) Rücksicht genommen werden; doch ist dies in jenen Fällen von vornherein ausgeschlossen, in denen die »Vergebung« der Arbeit auf Grund fertig gestellter Zeichnungen erfolgt und somit die Wahl des bezüglichen Steinbruchs erst nachträglich geschehen kann.

Alle Quader aus lagerhaften Gesteinen sind so zuzuhauen, daß ihre Lager sich in der Richtung der Gesteinlager befinden; bei Fenstergewänden, Pfeilern und dgl. ist eine solche Anordnung jedoch undurchführbar.

Die Höhe von Werksteinen neben Backsteingemäuer (Hintermauerung: Abb. 14, S. 66; seitl. Anschluß: Abb. 31) ist als Vielfaches der Backsteinschichten plus der zugehörigen Fugen zu bemessen, damit nicht zur Spaltung von Backsteinen gegriffen werden muß. Bei unverputztem Fassadenbacksteinmauerwerk (Abb. 31), namentlich bei scharfkantigen Verblendern, empfiehlt sich die Durchführung der Hausteinlagerfugen im Backsteinmauerwerk auch aus ästhetischen Gründen.

Dem Prinzip nach sollen alle Werksteine, wie in Abb. 11, 13 u. 14 dargestellt, mit entsprechenden parallelen Flächen und lauter rechten Winkeln ausgearbeitet sein; im Hinblick auf Materialersparnis aber tritt seitens der Steinlieferanten das Bestreben auf, die Steine mehr oder weniger keilförmig zu liefern. Es ist jedoch bei Abnahme der Lieferung nachdrücklichst darauf zu bestehen, daß die Lagerflächen in rechten Winkeln zur Fassadenfläche stehen und eben behauen sind.

Anders liegt der Fall für die Stoßflächen. Diese haben, um die »Versetzarbeit« zu erleichtern (s. § 18), längs der Fassadenflucht einen etwa 5 cm breiten sauber bearbeiteten Streifen zu erhalten, der genau rechtwinklig zur Fassade steht; nach hinten zu ist der Stein etwas keilförmig zuzuspitzen, damit sich die Stoßfugen gegen das Innere der Mauer um ein geringes erweitern (Abb. 32).

Während die Art der Bearbeitung am vorderen Haupt der Werkstücke in jedem Falle vorzuschreiben ist, wird das hintere Haupt beliebig rau gehalten; doch soll dieses in Rücksicht auf den Anschluß der Hintermauerung auch möglichst lotrecht ausgeführt werden. Aus konstruktiven und finanziellen Gründen ist die Tiefe der Werksteine stets seitens der Bauleitung anzuordnen.

b) **Formgebung in bezug auf die statischen Gesetze.** Wie im Prinzip bei der Bildung eines jeden Gebäudes dreierlei Arten von Formgebungen zu unterscheiden sind:

1. konstruktive Nutz-(Werk-)form (Grundform),
2. künstlerische Ausgestaltung derselben,
3. angefügter Schmuck,

so wird auch bei einzelnen Gebäudeteilen und bei den einzelnen Werkstücken auf Grund dieser drei Gesichtspunkte verfahren. Während das unter 2 und 3 Genannte

Abb. 31. Höhe der Werksteine neben Backsteingemäuer.

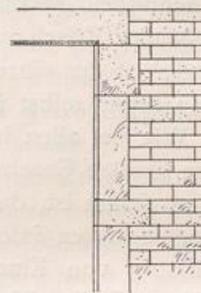


Abb. 32. Stoßfläche der Werksteine.



zurücktreten oder gänzlich fehlen kann, liegt der unter 1 bezeichnete Gesichtspunkt stets dem Ganzen und allen seinen Stücken zu Grund und haben wir es in diesem Kapitel in erster Linie mit dieser Konstruktions-Grundform zu tun. Zu deren Festlegung bei den Werkstücken bedarf es unter allen Umständen der Kenntnis:

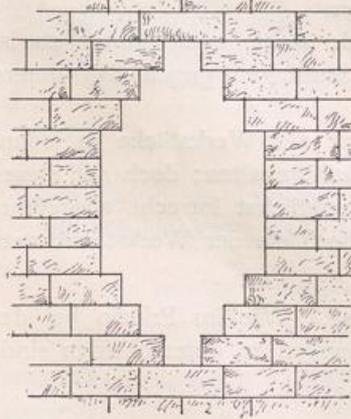
1. der Eigenschaften des betreffenden Gesteins,
2. der allgemeinen Gesichtspunkte für technische Formgestaltung und
3. der besonderen Anforderungen im Einzelfall.

a) *Eigenschaften der Bausteine.* Neben dem Umstand, daß Bausteinmaterial nicht brennen kann<sup>4)</sup> und neben der Wetterbeständigkeit guter Bausteine, ist es auch deren Festigkeit, die das Steinmaterial für unsere Bauten empfehlenswert macht. Die Festigkeit ist um so höher, je weniger Feuchtigkeit im Gestein vorhanden ist. Mit Feuchtigkeit gesättigte Steine haben unter Umständen nur  $\frac{1}{3}$  ihrer Festigkeit in trockenem Zustande. Frisch aus dem Steinbruch gelieferte Steine sind meist noch »bruchfeucht«. Die Festigkeit der einzelnen Gesteinsarten ist in den verschiedenen Steinbrüchen verschieden, kann sogar selbst im einzelnen Steinbruch an mehreren Stellen voneinander abweichen.

Wie bei allen irdischen Gegenständen, unterliegen die Einzelteile in jedem Bauwerk dem großen Gesetze der Schwerkraft und da es mit unseren technischen Baumitteln nicht zu erreichen ist, daß die Gebäude zu einer vollständig einheitlichen, starren Masse werden, so treten infolge ungleicher Setzungen im Gemäuer (s. § 20), sowie infolge der Wirkung von Einzelkonstruktionen wie Bögen, Pfeiler und dgl., stets viele Einzelkräfte auf, die sich als »Druck«, »Schub«, »Zug« oder »Drehung« äußern. Gegenüber diesen verschiedenen Arten von Kräften verhält sich das Steinmaterial verschieden. Geringen Widerstand leistet es gegenüber Beanspruchung auf Zerknickung, Abscherung und Drehung, weshalb diese Inanspruchnahmen auszuschließen sind. Am meisten können und werden die Bausteine auf Druckfestigkeit beansprucht.

Auf Grund vielfacher Versuche werden bei unseren Bauausführungen als Durchschnittszahlen der Tragfähigkeit für 1 qcm Steinfläche angenommen: Granit 45 kg, Sandstein 15 bis 30 kg, Kalkstein 25 kg. Tatsächlich können die Gesteine in den meisten Fällen wesentlich höhere Belastungen tragen; doch muß bei unseren Bauten im Hinblick auf

Abb. 33. Öffnung im Mauerwerk.



etwaige verborgene Fehler im Gestein und auf die Möglichkeit vieler sonstiger ungünstig einwirkender Faktoren stets eine weitgehende »Sicherheit« erstrebt werden. Die Berücksichtigung der »Bruchfestigkeit«, die bei unseren Gesteinen sehr verschieden ist, spielt beim Bauen eine große Rolle sowohl bei »überkragenden« als bei »hohl liegenden« Stücken.

β) *Allgemeines zur Formgebung der Werkstücke.* Da »Steinplatten« weniger druckfest sind als »Quader«, so sind sie — abgesehen von praktischen Gründen hinsichtlich der »Bauausführung« und von »künstlerischen« Bedenken — als Mauersteine nicht verwendbar. Man wird die Hausteinschichten, je nach Druckfestigkeit der Gesteine, durchschnittlich nicht niedriger als etwa 15 cm halten. Je niedriger aber diese sind und je weniger hart das Steinmaterial ist, um so

kürzer werden sie zu bemessen sein, da sonst bei ungleichen Setzungen im Gebäude,

<sup>4)</sup> Dieses Verhalten der Steine ist nicht zu verwechseln mit der Zerstörung, welche sie durch Hitze und Wasser bei Feuerschaden und dessen Löschung erfahren.

die Steine durchgedrückt werden können. Für Werksteinquader aus Sandstein, die weder Läufer noch Binder sind, gilt im allgemeinen das Verhältnis 2 : 3 : 5 als das geeignetste für Höhe zu Breite zu Länge.

Bei Öffnungen im Mauerwerk erfordert die Verteilung und Übertragung der oberen Lasten nach abwärts besondere Sorgfalt und ist hier — sofern nicht Gewölbe oder eiserne Hilfskonstruktionen in Betracht kommen — nach dem Prinzip der Vorkragung zu verfahren (Abb. 33), auch da, wo »Stürze« oder »Fensterbänke« angeordnet werden.

**§ 18. Versetzen der Werksteine.** An dem Hausteinwerk vieler Gebäude sind kleine oder größere Brüche wahrzunehmen. Diese sind oft Folge fehlerhafter Konstruktion, vielfach jedoch lediglich durch mangelhafte Bauausführung veranlaßt. Da solche Schäden unter Umständen zu weitgehenden, kostspieligen Reparaturen Veranlassung sein können, so ist es notwendig, auf die Ausführungsarbeiten ganz besondere Sorgfalt zu verwenden. Werden die Hausteine nicht auf dem Werkplatz der Baustelle, sondern im Steinbruch oder an drittem Orte zubeauen, so erfordert schon der Transport zum Bau Schutzvorrichtungen für dieselben; auch muß Vorsorge getroffen werden, daß auf dem Bau-Lagerplatz das angelieferte Material nicht Schaden erleide.

Als sehr wichtig für ungehinderte Bauausführung und Vermeidung der Zwangslage, in Rücksicht auf Zeitersparnis, minderwertige Werkstücke verwenden zu müssen, empfiehlt sich der geschäftliche Druck auf den Lieferanten der Steinhauer-(Steinmetz-)Ware, seine Stücke in der richtigen Reihenfolge anzuliefern, wie sie benötigt werden. Solches wird am einfachsten dadurch erzielt, daß die Werkzeichnungen in der richtigen Aufeinanderfolge ausgefertigt und diejenigen für die oberen Gebäudeteile nicht zu früh aus der Hand gegeben werden. Das Versehen der Werkzeichnungen mit dem Datum des Abgabetales sollte keine solide Bauleitung unterlassen.

Die angelieferten Werkstücke sind sofort, nicht nur auf die Güte des Materials und scharfe, schöne Ausführung, sondern auch auf Innehaltung der betreffenden Maße zu prüfen. Annahme von Ungeeignetem ist sogleich zu verweigern.

Das Festlegen der Werksteine an den ihnen zukommenden Plätzen im Bau wird »versetzen« genannt. Die hierbei in Betracht kommenden Arbeiten sind: Einprobieren des Steines an seiner Bestimmungsstelle, Wiederentfernung desselben und Abgleichen der genauen Höhe nebst Zurichtung der Lager für senkrechte Stellung; hierauf Bereitung der Bettungsunterlage für den Werkstein und dann endgültige Festlegung desselben.

Bei größeren Gebäuden in Werksteinen werden nach Abgleichung des Fundamentgemäuers zunächst an einzelnen Eckpunkten die betreffenden Stücke der Sockelfußschicht versetzt; zwischen diese werden dann die übrigen Quader der ersten Schicht eingefügt. Weiter hinauf soll die Versetzarbeit ebenfalls möglichst schichtenweise um den ganzen Bau herum erfolgen. Emporgehoben werden die Werksteine heutigen Tages meistens vermittle Hebeamaschinen (Kabelwinden), die sich auf dem Erdboden oder — was häufiger der Fall ist — auf einem Laufgerüst befinden. Das Befestigen der Steine an die Aufzugskette erfolgt mit dem »großen« oder »kleinen Wolf«, der »Zange« oder dem »Kranztau« (Seilpackung).

Damit die Werksteine gut aufeinander gelagert werden können, sind, wie erwähnt, die Lager eben zu bearbeiten; trotzdem besteht die Gefahr, daß die Steine sich gegenseitig ihre Kanten abdrücken (es »brennen« »Lappen« aus den Steinen). Zum Schutz hiergegen werden die Steine nicht preß aufeinander gesetzt, sondern es erhält das obere Lager des bereits versetzten Stückes eine dünne Schicht von Kalkbrei oder feinem Silbersandmörtel, auch werden nasse Pappdeckelstücke oder Bleistreifen eingelegt; diese Materialien müssen einen Abstand von 1 bis 2 cm von der Außenkante der Werkstücke

haben, damit die Kanten vollständig frei daliegen. Die so vielfach beliebte Anwendung von Holzkeilen an den Steinkanten (auch wenn die Keile vorher angefeuchtet wurden), ist durchaus verwerflich.<sup>5)</sup> Desgleichen ist es im allgemeinen unzulässig, statt des Kalkes »Zementbrei« als Zwischenlage anzuwenden, da durch diesen eine Zerstörung der Außenfläche verschiedener Hausteine bewirkt wird. Auch das mancherorts beliebte nachträgliche »Ausgießen« der Haustein-Lagerfugen unter Anwendung außen angetragener »Lehmnester«, ist wegen Schwindens des Ausgußmörtels nicht empfehlenswert.

Die für Fassadenquader geschaffene Unterlage soll etwa 6 mm hoch sein, damit sie ordentlich mit Kalk oder Silbersandmörtel ausgefüllt werden kann, da sonst Feuchtigkeit in die Hintermauerung eindringen kann; auch soll sie sich in gleicher Höhe unter dem ganzen Quader durchziehen. Liegen Steine teilweise hohl, so kann unter dem Drucke von oben ein »Bersten« derselben erfolgen.

Um an den Seitenflächen der Quader scharfe Stoßfugen zu erhalten, werden die nach Abb. 32 zugerichteten Steine, nachdem diese in die beabsichtigte Lage gebracht sind, in der Stoßfuge mittels Quarzsand und Wasser unter Zuhilfenahme eines Stahlbandes (meist ein altes zahnloses Blatt einer Holzsäge) »gesägt«. Damit diese Säge bequem gehandhabt werden kann, hat sich die Stoßfuge nach rückwärts zu öffnen; vorne an der Fassadenfläche wird man ihr eine Weite von etwa 3 mm geben. Schließlich wird die Stoßfuge vollständig mit Mörtel ausgegossen, wobei Sorge zu tragen ist, daß dieser nicht an der Fassade herausläuft.

Zum Schutze der Fassaden-Hausteinflächen während der Bauarbeiten werden die sichtbaren Teile der Hausteine vielfach mit Lehmwasser übertüncht, welcher Überzug nach Fertigstellung des Gebäudes wieder abgewaschen wird. Da jedoch der Lehm bei manchen Gesteinsarten Flecken bewirkt, so kann dieses Verfahren nicht in jedem Fall Anwendung finden. Die an der Fassade vorspringenden Werkstücke sind während des Bauens durch Bretter gegen Beschädigung zu schützen. Ein ständiger Schutz derselben gegen Witterungseinflüsse wird entweder durch Anstriche oder durch Tränkung der Steine mit Fluaten erzielt; auch ist es vielfach Gebrauch, die vorspringenden Werkstücke mit Zinkblech oder besser mit Kupferblech abzudecken. Da Zink in direkter Berührung mit verschiedenen Gesteinen verhältnismäßig bald »zerfressen« wird, so empfiehlt sich hier eine Zwischenlage von Dachpappe oder Papier.

Zur Fertigstellung der Fassade gehört meistens noch das »Ausfugen«. Hierfür werden die sämtlichen Lager- und Stoßfugen auf eine Tiefe von etwa 1 cm mit einer feinen Eisenspitze sauber gereinigt und dann mit einem feinen Mörtel, dem auch Farbstoffe beigefügt sein können, ausgefüllt.

**§ 19. Bruchstein-Mauerwerk.** Man unterscheidet: Gemäuer in Bruchsteinen aus lagerhaften Gesteinsarten und Gemäuer in Steinen aus Massengesteinsarten und Flußgeschieben. Form und Größe der Steine beeinflußt den »Verband« des Mauerwerks, worunter die Art verstanden wird, wie die Mauersteine zusammengefügt werden; es gibt überaus viele solcher Arten, von denen jedoch einer großen Anzahl heutigen Tages nur noch ein geschichtliches Interesse zukommt.

Im Vergleich zum »Versetzen der Werksteine« (s. § 18), wofür mehrere Arbeiter erforderlich sind, wird unter »Mauern« das einfache Auf- und Aneinanderfügen von

<sup>5)</sup> Vermittels der Holzkeile werden zwar die Werkstücke in einfachster und bequemster Weise — ohne daß ein Emporheben derselben und stellenweises Unterlegen nötig wird — »in den Senkel« gebracht. Sobald jedoch eine Belastung der Werkstücke erfolgt und die Keile ausgetrocknet und erhärtet sind, werden um die Holzkeile »Kantenlappen abbrennen«.

Mauersteinen verstanden, wie es ein einzelner Arbeiter bewältigen kann. Bei Verwendung von Mörtel zum mauern, darf dieser nicht nachträglich auf die trocken verlegten Steine gebracht werden, sondern es ist für jeden Stein zunächst ein Mörtelbett herzurichten; dann erhält der zu vermauernde Stein einen Antrag von Mörtel an jene Stoßfugen, die an bereits am Platze befindliche Steine zu stoßen sind und wird schließlich an seinem eigenen Platze nach unten zu, sowie seitlich an die vorhandenen Mauersteine gepreßt.

Ergibt sich im Hinblick auf Weiterförderung des Mauerwerks die Notwendigkeit, die Lage eines vermauerten Steines zu ändern, so darf — wenn dessen Mörtel auch nur in geringer Weise bereits »abgebunden« hat — der Stein nicht einfach verschoben werden, sondern er ist vollständig zu entfernen und muß von seinem Mörtel durchaus sauber befreit werden. Ebenso ist das gebrauchte Mörtelbett gründlich wegzunehmen und durch ein neues zu ersetzen; dann erst soll der Stein in der nunmehrigen Lage vermauert werden.

**§ 20. Gemäuer aus lagerhaften Bruchsteinen.** Hier kommen für die moderne Technik in Betracht: hammerrechtes Schichtenmauerwerk, sauberes, halbsauberes und gewöhnliches Mauerwerk.

Im Unterschiede von den »Werksteinen«, die vom Steinhauer mittels verschiedener besonderer Werkzeuge nach jeweiliger Maß- und Formangabe bearbeitet sind, werden die »Bruchsteine« in den Steinbrüchen aus etwa 12 bis 30 cm starken Lagerschichten in beliebiger Flächengröße gebrochen.

Das hammerrechte Schichtenmauerwerk bildet den Übergang von der Quaderfassade zur Bruchsteinfassade: die Fassadensteine sind genau schichtenweise als Läufer und Binder angeordnet, nachdem dieselben vorher am Haupte in lauter rechten Winkeln (»winkelrecht«) bearbeitet wurden; doch sind die Steine kleiner als Quader. Sie werden aus besonders guten, regelmäßigen Bruchsteinen lediglich unter Benutzung des Hammers (»hammerrecht«) zugerichtet und dann »vermauert«, nicht »versetzt«. Die höheren Schichtenlagen werden am Gebäude unten, die niedrigeren nach oben zu angeordnet.

Sowohl bei dieser Gattung als bei den anderen Arten des lagerhaften Bruchstein-gemäuers sollen die Lagerfugen winkelrecht zum Mauerhaupt stehen; um solches zu erreichen, wird das Haupt der Steine, sei es im Steinbruch, sei es an der Baustelle, mit dem Hammer zubeauen, und da auch die Stoßflächen der Steine senkrecht (»winkelrecht«) zur Fassade auf eine Tiefe von 5 bis 10 cm stehen müssen, so werden auch diese nötigenfalls mit dem Hammer zugerichtet.

Wo beim mauern für die Ausebnung der »Lager« Schieferstücke Verwendung finden, sind diese nicht etwa nachträglich in die Fugen einzuschieben, sondern ehe die folgenden Steine in ihr Mörtelbett gedrückt werden, in letzteres einzulegen.

Je besser das Mauerwerk hergestellt werden soll, um so sorgfältiger ist folgenden Gesichtspunkten zu entsprechen: Gutes Aneinanderpassen der Steine mit möglichst geringen Zwischenräumen, die mit kleinen Steinen ausgefüllt werden; genügende Verwendung von Bindersteinen, damit nicht schließlich die Mauer aus einer äußeren und einer inneren Mauerschale bestehe, welche beide dann eine mittlere, nur durch Mörtel mit ihnen verbundene, senkrechte Mauerschicht einschließen. Auch beim billigsten Mauerwerk sollte in Abständen von höchstens 1,5 m aufwärts eine wagerechte, durch die ganze Länge und Tiefe der Mauer gehende Abgleichung des Gemäuers erfolgen; besser

ist es, diese Abgleichung alle 80 cm anzuordnen, noch besser, alle drei Mauerschichten und bei vollständig schichtenweiser Ausführung wird — wie es der Name sagt — jede Schicht nach Länge und Tiefe wagerecht durch die Mauer geführt. Für nachträgliche Kontrolle über die tatsächliche Ausführung der vorgeschriebenen Ausgleichen bei gewöhnlichem Bruchsteinmauerwerk empfiehlt sich die Anordnung von Backsteinschichten in einer oder in zwei Lagen an den betreffenden Höhenabsätzen. Je dünner die Mauern sind, um so häufiger müssen Abgleichungen angeordnet werden.

Zur Erzielung eines guten Verbandes der Mauersteine miteinander sollen diese nicht zu wenig übereinander greifen, im Mauerhaupt mindestens 15 cm. In den Stoßfugen sollen auch die Mauersteine, entsprechend Abb. 32, winkelrecht mit parallelen Saumstreifen auf eine Tiefe von etwa 6 cm versehen sein und hier eine Stoßfugenbreite von nicht über 8 mm erhalten; nach hinten zu erweitern sich die Stoßfugen, doch sollten dieselben nicht so breit werden, daß sie nachträglich mit »Schruppen« »ausgewickelt« werden müssen; namentlich ist ein nachträgliches Eindrücken von Schruppen, Schieferstücken u. dgl. durchaus unstatthaft. Noch nachteiliger wäre allerdings ein Offenlassen zufällig entstandener Hohlräume im Mauerwerk. Die Lagerfugen sollen höchstens 15 mm betragen. Das schichtenweise Einhalten gleicher Lagerfugenhöhen am ganzen Bau ist im Hinblick auf ungleiche Leistungen der verschiedenen Maurer kaum durchführbar; die Folge hiervon ist ein ungleiches Setzen der Mauermassen sobald deren Belastung durch Mauerwerk oder Gebälk, erfolgt.

Sauber ausgeführtes Schichtenmauerwerk dient vielfach den Fassaden als Schmuck; es wird dann ebenso wie Quadermauerwerk »ausgefugt« (s. § 18, letzter Absatz). Neuerdings wird häufig in Rücksicht auf kräftige Wirkung der Mauerfläche das Haupt der Fassaden-Schichtensteine »rauh« bearbeitet und des weiteren werden vielfach die Schichten durch höhere Steine unterbrochen, deren Haupt ein Quadrat oder ein liegendes oder stehendes Rechteck zeigt. Auch solche hohe Steine sind so herzustellen, daß sie auf ihr Lager zu »liegen« kommen und nicht »gestellt« zu werden brauchen. Anderer Fassadenschmuck kann erzielt werden durch Vorsetzen von Schichten mit besonders rauher Außenfläche, während die übrige Fläche glatt gehalten ist u. dgl. m.; auch durch Schichten in Steinmaterial von verschiedener Färbung kann besondere Wirkung erzielt werden.

**§ 21. Gemäuer aus Massengesteinsarten und Flußgeschieben.** Aus den Massengesteinen können nur ganz unregelmäßige Bausteine gebrochen werden. Bei deren Vermauern ist das Augenmerk auf geschicktes Aneinanderfügen zu richten unter Verteilung der kleineren Steine zwischen die großen. In Abb. 12 ist ein solches Gemäuer (Zyklopenmauerwerk) dargestellt, bei dem möglichst nur große Steine verwandt sind. Soll bei Herstellung dieser Mauerart der »Winkel« für einen einzupassenden Stein bestimmt werden, so wird hierzu von den Arbeitern meistens ein Stück Draht benutzt.

Bei Gebäudemauern aus unregelmäßigen Bruchsteinen liegt noch mehr als bei solchen aus lagerhaften Steinen Veranlassung für die erwähnten periodischen »Abgleichungen« vor; auch ist der Ersatz des Verbandes durch »Auswickeln« mit Schiefer und Schruppen bei ihm zwar noch näherliegend, jedoch für die Festigkeit der Mauer noch nachteiliger.

In manchen Gegenden muß der Kostensparnis wegen sogar bei Fachwerkwänden für Ausfüllung der Gefache zur Verwendung von Steinbrocken aus Massengesteinen gegriffen werden; solche Wände dürfen nicht schwächer als mindestens 18 cm gemacht werden. Man pflegt dann die eine Seite der Wand vorläufig, d. h. während der Ausführungsarbeit, mit Brettern zu verschalen, gegen die gemauert wird; des weiteren werden

für die besprochenen wagerechten »Ausgleichungen« Bretter eingelegt, die auch nach Fertigstellung der Arbeit an ihrem Platz in der Wand verbleiben.

An anderen Orten werden der Billigkeit wegen mehr oder weniger große Steine aus Wasserläufen, sog. Bachwacken, zum Mauern verwendet. Da diese abgerundet sind, so wird das betreffende Mauerwerk auch bei Benutzung von vielem Mörtel und bei sorgfältiger Abwechslung von kleinen und großen Steinen immerhin von zweifelhafter Güte sein. Zum mindesten wird die Zeit, bis ein solches Gemäuer belastet werden darf, eine wesentlich längere sein, als bei Mauerwerk in lagerhaften Steinen.

## B. Mauerwerk aus künstlichen Steinen.

**§ 22. Allgemeines.** Von den unter I, B. erwähnten künstlichen Steinen kommt in erster Linie der in § 5 besprochene »Backstein« in Betracht. Die mit diesem aufgeführten Mauern weisen gegenüber Bruchsteinmauern Vorteile auf wie:

- a) Unter Umständen billigeres Material.
- b) Bei gleicher Mauerdicke größere Tragfähigkeit bzw. für gleiche Belastung geringere Mauerstärke. Infolge des gleichmäßigen Formats der Steine läßt sich ein festeres Mauergefüge erzielen.
- c) Wegen geringerer Mauerstärke Raumersparnis, was bei kleinen Gebäuden mit geringen Zimmergrößen von besonderer Wichtigkeit ist.
- d) Schnellere Ausführung der Gebäude.
- e) Wesentlich raschere Austrocknung des neuhergestellten Mauerwerks.
- f) Im Anschluß an Punkt d und e eine schnellere Benutzbarkeit der Gebäude und damit eine bessere Verzinsung des Anlagekapitals.
- g) Schnellere Austrocknung des Gemäuers, wenn das fertige Gebäude bei Regen und Nebel atmosphärische Feuchtigkeit aufgesaugt hat, als Vorteil in hygienischer Hinsicht.
- h) Größere Dauerhaftigkeit bei Feuersbrünsten.
- i) Größere Verwendbarkeit für gewisse Konstruktionen, wie Gewölbe.
- k) Leichteres Gewicht.

Als Nachteile wären zu bezeichnen:

- a) Unter Umständen teureres Material.
- β) Vielfach geringere Wetterbeständigkeit.
- γ) Die geringe Größe der Backsteine gegenüber Werksteinen kann bei gewissen Konstruktionen nachteilig werden.
- δ) Geringere monumentale Flächenwirkung bei unverputzten Fassaden.

Bei Herstellung von Gemäuer aus Backsteinen ist Sorge zu tragen, daß alle Schichten nach Länge und Tiefe »wagerecht« liegen. Wie bei den Bruchsteinmauern wird jeder Stein in ein Mörtelbett gedrückt, vorher erhält er an jenen Stoßflächen, mit denen er an bereits festgelegte Steine gepreßt wird, einen Mörtelantrag. Bei der Stärke der Stoßfugen ist in Rücksicht auf den »Verband« darauf Bedacht zu nehmen, daß 2 Backsteinbreiten + Fuge gleich 1 Backsteinlänge ausfallen; da die Backsteine häufig etwas ungleiche Größe zeigen, so wird auch das Maß für die Weite der Stoßfugen in einem und demselben Gebäude schwankend sein. Zur Bezeichnung der Mauerstärken wird im allgemeinen auf die »Backsteinlänge« Bezug genommen:  $\frac{1}{2}$  Stein starke Mauer (12 cm Dicke), 1 Stein stark (25 cm),  $1\frac{1}{2}$  Stein stark (38 bis 40 cm), 2 Steine stark (51 bis 52 cm),  $2\frac{1}{2}$  Steine stark (64 cm).

Die Dicke der Lagerfugen beträgt rund 12 mm, so daß bei »Normalsteinen« (6,5 cm Höhe) auf den steigenden Meter »10 Schichten« kommen, bei den 8,5 cm hohen Backsteinen ergeben sich dann 10 Schichten. Um auf einfachste und zuverlässigste Art im ganzen Neubau gleiche Stockhöhen zu erzielen, werden an verschiedenen Stellen Latten mit Auftrag der Schichteneinteilung aufgestellt. Das Maß der Stockhöhen soll ein Vielfaches der Schichtenhöhe sein, damit nicht zur Aushilfe mit Dachziegeln oder gespaltenen Backsteinen geschritten werden muß.

Je trockener das Material ist, um so mehr wird es vor Berührung mit dem Mörtel genäßt (s. § 7, a); auch muß jeder Mauerabsatz, auf dem nach einer Ruhepause Neumauerwerk aufgeführt werden soll, vor Beginn der Arbeit sauber gereinigt und angefeuchtet werden.

Bei unverputzt bleibendem Mauerhaupt werden die an ihm sichtbaren Mauerfugen, sofern es sich um allereinfachste Ausführung handelt, bis außen hin mit Mörtel ausgefüllt (»geschlossene Fugen«); bei diesem Verfahren wird das Aussehen der Mauerfläche ein ungleichmäßiges sein. Zur Erzielung eines saubereren und gleichmäßigen Aussehens wird von außen her auf eine Tiefe von 1 bis 2 cm mit »offenen« Fugen gearbeitet, die entweder in diesem Zustande verbleiben oder nachträglich mit Mörtel ausgestrichen werden. Hierfür müssen diese Fugen noch besonders ausgekratzt und ausgewaschen werden; alsdann wird ein feiner Kalkmörtel, erforderlichenfalls mit Farbzusatz (Zement ist für diesen Zweck nicht empfehlenswert) mit feinen Eisen eingestrichen. Sollen die Fugen offen bleiben, so sind sie ebenfalls scharf auszukratzen, desgleichen, wenn die ganze Fassade einen Putzauftrag erhält.

Abb. 34. Läufer- oder Schornsteinverband.

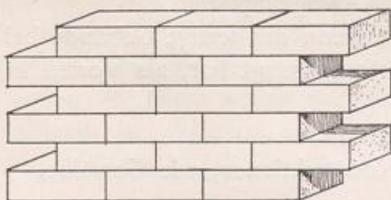
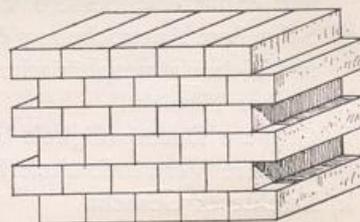


Abb. 35. Binder- oder Streckerverband.



**§ 23. Verbandarten.** Die wichtigsten allgemeinen Gesichtspunkte für guten Backsteinverband lassen sich zusammenfassen in:

- a) Soweit irgend tunlich sind »ganze« Backsteine zu verwenden.
- b) Im Innern der Mauer sind möglichst viele »Binder« anzuordnen.
- c) Wenn die Mauerstärke durch »ganze« Steinlängen teilbar ist, so erhält jede Schicht an beiden Mauerseiten entweder eine Läufer- oder eine Binderlage; ist die Mauerstärke aber nur durch »halbe« Steinlängen teilbar, so erhält jede Schicht auf einer Mauerseite eine Läufer- und auf der anderen eine Binderlage.
- d) Die Stoßfugen müssen in jeder Schicht geradlinig durch die ganze Mauerstärke hindurchreichen.
- e) Die Stoßfugen zweier in der Höhenrichtung aufeinander folgenden Schichten dürfen nicht in einer Ebene liegen.

Die gebräuchlichsten Backsteinverbände im Hochbau sind:

1. Läufer- oder Schornsteinverband (Abb. 34); nur bei  $\frac{1}{2}$  Stein starken Wänden ausführbar.

Abb. 36 bis 42. Blockverband.

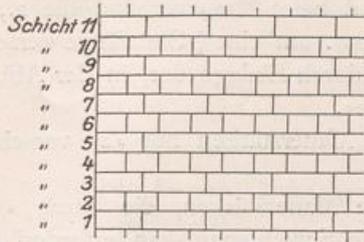
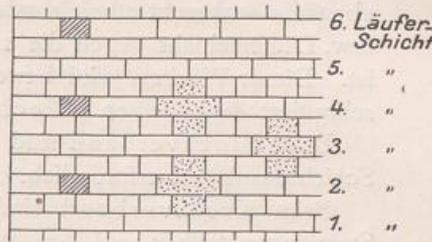
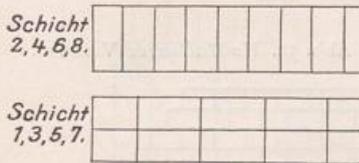


Abb. 43 bis 50. Kreuzverband.



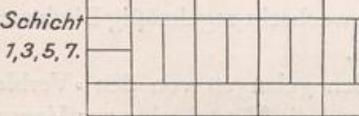
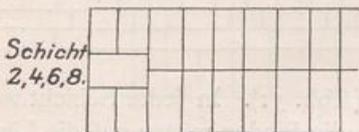
1 Stein stark.



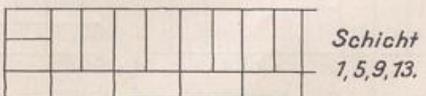
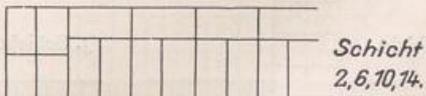
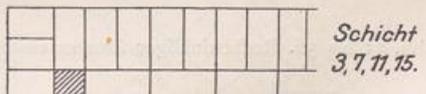
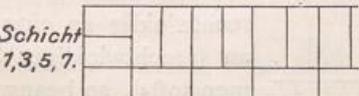
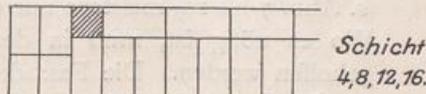
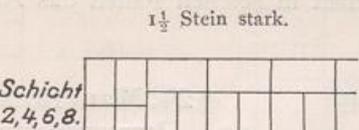
2 Stein stark.



2 Stein stark.



1 1/2 Stein stark.



2. Binder- oder Streckerverband (Abb. 35); nur bei 1 Stein starken Mauern möglich.
3. Blockverband (Abb. 36 bis 42).
4. Kreuzverband (Abb. 43 bis 50).

Bei den beiden letzten Arten wechselt in der Höhenrichtung regelmäßig eine Binder- und eine Läufer-Schicht, wobei die Stoßfugen in allen Binder-schichten senkrecht übereinander liegen.

Beim Blockverband befinden sich die Stoßfugen sämtlicher Läuferschichten ebenfalls senkrecht übereinander, während beim Kreuzverband die 2., 4., 6. usw. Läuferschicht gegen die 1., 3., 5. usw. um eine  $\frac{1}{2}$  Steinlänge verschoben ist. Dieser Wechsel wird bewerkstelligt durch Einlage der, in der Abbildung schraffiert dargestellten »Wechselsteine«.

Beim Blockverband sind bei allen Mauerstärken nur »2« verschiedene Schichtenanlagen erforderlich.

Beim Kreuzverband sind für jene Mauerstärken, die durch »ganze« Steinlängen teilbar sind, »3« verschiedene Schichtenanlagen erforderlich; für jene Mauerstärken, die nur durch »halbe« Steinlängen teilbar sind, bedarf es »4« verschiedener Schichtenanlagen.

Abb. 51. Polnischer oder gotischer Verband.

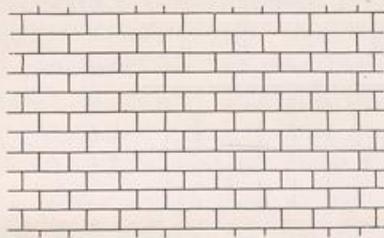
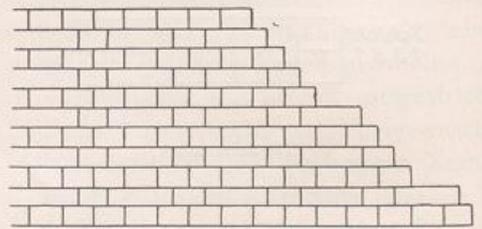
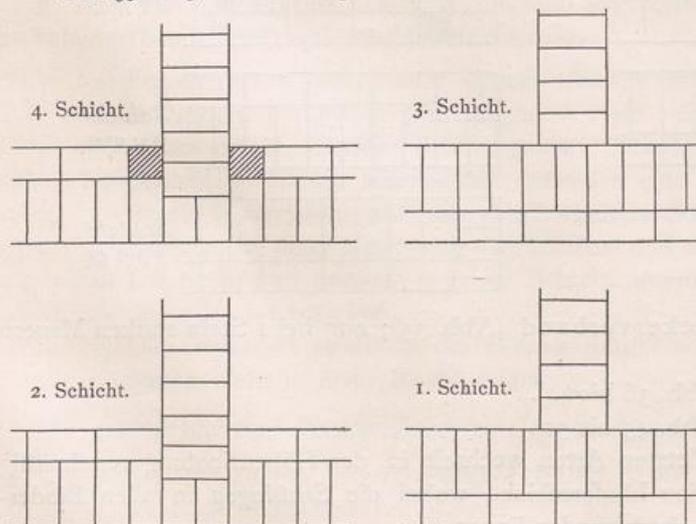


Abb. 52. Holländischer Verband.



5. Polnischer oder gotischer Verband (Abb. 51). In jeder Schicht wechseln regelmäßig Läufer und Binder ab, wobei die Binder mitten auf die Läufer der nächst unteren Schicht zu liegen kommen.
6. Holländischer Verband (Abb. 52). Es wechseln regelmäßig Binderschichten und Schichten des polnischen Verbandes.
7. Blendverband. Aus praktischen Gründen gelangen von den »Verblendern« (s. Abb. 7 bis 10) meistens nur die Halb- und die Viertelsteine zur Verwendung. Wo es nötig ist, muß in der Tiefe der Mauer mit Dreiviertelsteinen ausgeholfen werden. Die Fassadenfläche erhält in solchen Fällen das Aussehen des Binderverbandes.

Abb. 53 bis 56. Rechtwinkliger Zusammenstoß von Mauern.



**§ 24. Maueranschlüsse, -kreuzungen und -ecken.** Schließt eine Mauer rechtwinklig an eine andere an (»rechtwinkliger Zusammenstoß«), so beanspruchen regelmäßige Verbände (Abb. 53 bis 56) keinen weiteren Verhau als bezüglich Dreiviertel- und Halbsteinen; das Gleiche gilt für Mauerkreuzungen (Abb. 57 bis 60). Wie aus diesen Beispielen ersichtlich, wird der in § 23 unter e angeführten allgemeinen Anforderung entsprochen, indem an der Anschluß-, bzw.

Kreuzungsstelle in der einen Schicht die Längsmauer und in der folgenden Schicht die Quermauer durchgeführt ist. Beim Blockverbande kommen jeweils nur die Schichten

Abb. 57 bis 60. Mauerkreuzung.

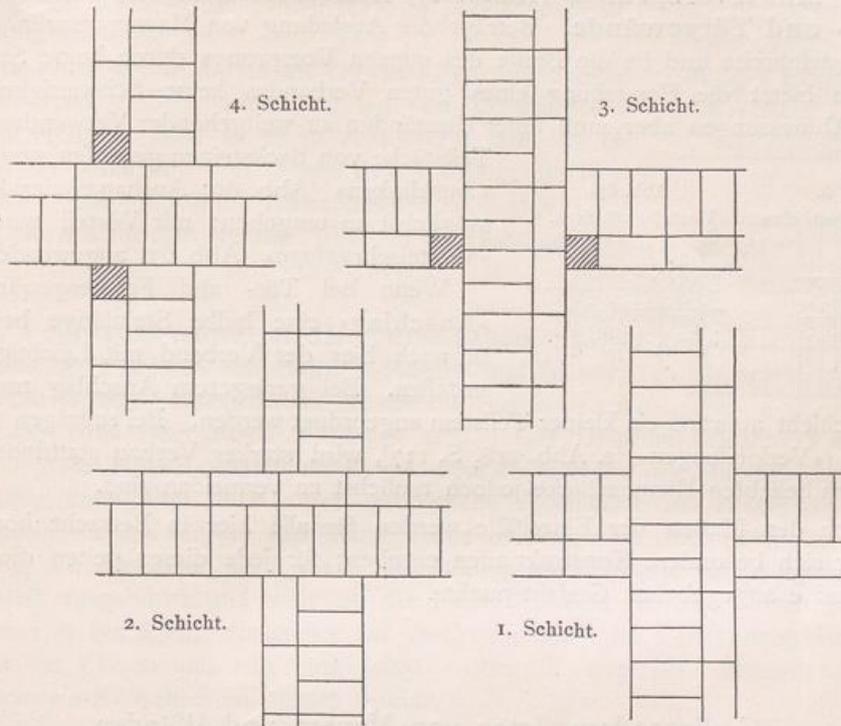


Abb. 61 bis 64. Rechtwinklige Mauerecke.

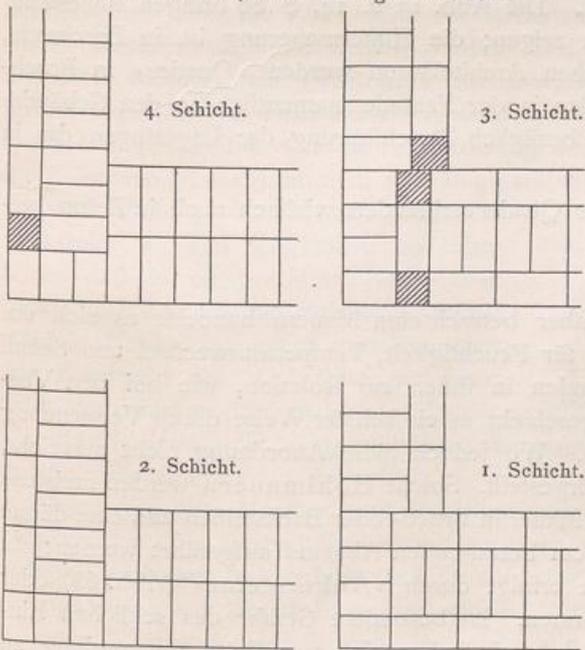
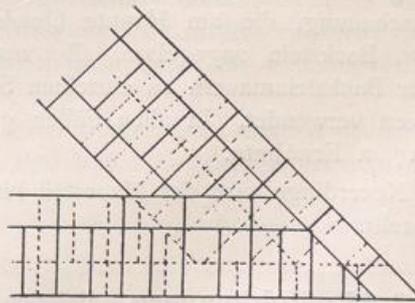


Abb. 65. Spitzwinklige Mauerecke.



1 und 2 in Betracht, beim Kreuzverbande je alle vier Schichten; es muß somit bei letzterem zur Anwendung von Wechselsteinen (Halbsteine) gegriffen werden. Entsprechend liegen die Verhältnisse bei rechtwinkligen Mauerecken (Beisp. Abb. 61 bis 64).

Bei spitzen, bzw. stumpfen Maueranschlüssen, -kreuzungen und -ecken wird ein weitergehenderer Steinverhau stattfinden müssen; doch ist im Auge zu behalten,

daß derselbe trotz Einhaltung der erwähnten »allgemeinen Verbands-Gesichtspunkte« nur auf das durchaus Notwendige beschränkt bleibt (Abb. 65).

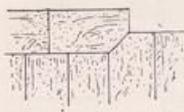
**§ 25. Mauervorsprünge (Risalite), Eckverstärkungen, Nischenecken, Fenster- und Türgewände.** Beträgt die Ausladung von Mauervorsprüngen genau eine Backsteinbreite und ist die Breite des ganzen Vorsprungs durch halbe Steinlängen teilbar, so bietet die Herstellung eines guten Verbandes keine Schwierigkeiten; bei anderen Abmessungen aber muß unter Umständen zu weitgehender Verwendung kleiner

Teilstücke von Backsteinen gegriffen werden. Das »Ausklinken« (Abb. 66; Aushauen der Ecken) ist möglichst zu umgehen; mit Vorteil wird oft die »Viertelschrägfuge« (Abb. 67) angewendet.

Abb. 66.  
Ausklinken der Steine.



Abb. 67.  
Viertelschrägfuge.



Wenn bei Tür- und Fenstergewänden der »Anschlag« eine halbe Steinlänge beträgt, so ist auch hier der Verband mit Leichtigkeit herzustellen. Bei geringerem Anschlag muß in der zweiten Schicht aufwärts ein kleiner Teilstein angeordnet werden. Bei schrägen Öffnungsleibungen (»Verkleifungen«, s. Abb. 218, S. 117), wird starker Verhau stattfinden, wobei die vielfach beliebten Riemenstücke jedoch tunlichst zu vermeiden sind.

Je nach den Maßen der Einzelfälle werden für alle hier in Betracht kommenden Bauglieder sich besondere Konstruktionen ergeben; für jede dieser gelten die in § 23 unter a und e angegebenen Gesichtspunkte.

### C. Besondere Arten von Mauern und Wänden.

**§ 26. Gemischtes Mauerwerk.** Die Abb. 13 u. 14, S. 66 bringen Mauern zur Anschauung, die am Haupte Quadern zeigen; die Hintermauerung ist in Bruchstein, bzw. Backstein angegeben. Bei manchen Architekturen werden »Quader« in Bruch- oder Backsteinmauern an einzelnen Stellen in der Fassade, namentlich an den Gebäudeecken verwendet. In allen Fällen gilt bezüglich Durchführung der Lagerfugen das in § 17, a Erwähnte.

Neuerdings wird der Mauerteil hinter Quaderverblendern vielfach auch in Beton hergestellt.

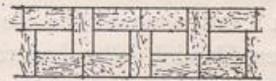
**§ 27. Hohlmauern.** Bei den bisher betrachteten Mauern handelte es sich um »Vollmauern«. Da diese gute Leiter für Feuchtigkeit, Temperaturwechsel und Schall sind, so empfiehlt es sich unter Umständen in ihnen zur Isolation, wie bei den Vorfenstern, »Luft« anzuordnen. Solches geschieht in einfachster Weise durch Verwendung von Loch- oder Hohlsteinen (s. § 5). Wo jedoch diese Anordnung nicht ausreicht, werden in den Mauern »Hohlräume« hergestellt. Solche Hohlmauern werden meistens so konstruiert, daß eine starke tragende Mauer in Bruch- oder Backsteinen und eine dünne Backsteinwand in einem etwa 4 bis 12 cm betragenden Abstand aufgeführt werden; die Verbindung der beiden Mauerschichten erfolgt durch »Ankersteine« (Abb. 68) oder »Flacheisen« in den verschiedensten Formen. Ist besondere Gefahr des seitlichen Eindringens von Feuchtigkeit vorhanden, so sind Ankersteine vor ihrer Verwendung zu teeren und mit Zementmörtel zu vermauern. Die Hohlschicht kann durch die Anker

in beliebiger Weise durchsetzt werden (Abb. 68 bis 70); es kann sich aber auch um Hohlstreifen handeln, die wagerecht oder (Abb. 69 u. 70) senkrecht angeordnet sind.

In anderen Fällen wird der Hohlraum auch zwischen zwei »tragenden« Mauern angeordnet (Abb. 69 u. 70), deren Kronen dann möglichst durch große Bindersteine als Abdeckung zusammenzufassen sind.

Die Mauerhohlräume dürfen an Tür- und Fensterleibungen keine Öffnungen haben; auch sind sie von Mörtelabfällen sauber zu reinigen, bzw. ist es zu verhindern, daß Mörtelabfälle in sie gelangen. Für diesen Zweck erfolgt die Herstellung der Hohlräume unter Anwendung von »Lehren« aus Brettern, die mit fortschreitender Arbeit in die Höhe gezogen werden.

Abb. 68 bis 70. Hohlmauern.

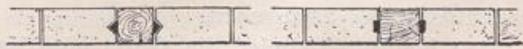
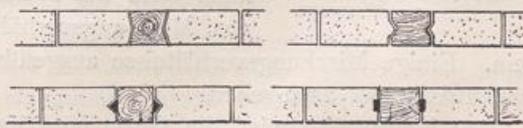


**§ 28. Fachwerkwände in Holz und Eisen.** Außer den vollständig in Steinen ausgeführten Mauern und Wänden werden auch Wände hergestellt, bei denen die Steine in ein Gerippe von Holz oder Eisen eingefügt sind. Der Ursprung dieser »Fachwerkwände« liegt im Holz-Blockständerbau, bei dem die Gefache ursprünglich durch Balken oder Bohlen, dann aber auch durch geflochtene Weidenäste mit Lehmputz ausgefüllt waren; später wurden für die Ausfüllung Steine benutzt. Bei dem Rückgang der Holzverwendung im Bauwesen wird diese Steinfüllung immer mehr als »tragender« Konstruktionsteil ausgebildet und während die Fachwerkweiten in den letzten Jahrzehnten noch etwa 1 m betragen, werden sie zur Zeit, namentlich bei Verwendung von Zementmörtel, bis zu 1,80 m und 2 m ausgedehnt, wobei die wagerecht liegenden Holzriegel durch Backstein-Rollschichten ersetzt werden.

Über die wenig empfehlenswerte Ausfüllung der Gefache mit Bruchsteinmauerwerk ist in § 21 berichtet; meistens werden Backsteine hierfür verwendet. Eine besondere Schwierigkeit bietet die Verbindung des Steinmaterials mit dem Holzwerk; da an letzterem weder Mauermörtel noch Zement haftet. Die Anbringung von Mörtel zwischen Stein und Holz ist nicht nur konstruktiv zwecklos, sondern kann durch die Feuchtigkeit im Mörtel sogar für das Holz schädlich werden.

In früheren Zeiten wurden zur Erzielung eines guten Anschlusses des Gemäuers an die hölzernen Pfosten, Streben und Büge mit dem Beil Nuten aus dem Holzwerke ausgespänt (Abb. 71 u. 72) und dazu die Backsteine an den Kopfenden so zubeauen, daß eine entsprechende Nase stehen blieb, die dann in die Holznute gepreßt wurde. Neuerdings pflegt man hingegen das Kopfende der Backsteine mit einer Nute zu versehen und an das Holzwerk »Dreikantleisten« oder »Gipsperlättchen« zu nageln, auf welche die Backsteine preß angeschoben werden.

Abb. 71 bis 74. Anschluß der Backsteine an Holzwerk.



Damit die über Fenster- und Türöffnungen befindlichen Holzriegel nicht durch das Gewicht des über ihnen befindlichen Gemäuers abwärts gedrückt werden, sind über denselben Steinbogen anzuordnen (s. § 45 auf S. 109).

Bei modernen Hochbauten sind vielfach eiserne Fachwerkwände beliebt, die aus I- oder C-Eisen hergestellt sind, in welche die an den Kopfenden entsprechend zubeauen Backsteine unter Anwendung von Zementmörtel geschoben werden.

Zur Ausfüllung der Gefache finden außer den soeben genannten Materialien noch verschiedene Arten künstlicher Steine (s. § 4) Verwendung, ferner liegende oder stehende Bretter aus Holz oder Gips mit Einlage von Schilfrohren; des weiteren werden Platten aus Beton (ohne oder mit Eisenanlagen), Xylolith u. dgl. verwendet. Schließlich können die Gefache auch ausgegossen werden mit Gußwerk aus Beton oder Kalksand- oder Gips- oder Lehm Massen.

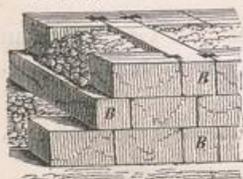
In neuer Zeit werden auch in eisernen Fachwerkwänden die Gefache mit mehr oder weniger starken Eisennetzen ausgefüllt, an welche Backsteinplatten u. dgl. Baumaterialien gemauert werden. Die Erfindung neuer Konstruktionen für Scheidewände ist in stetem Wachsen.

**§ 29. Wände aus künstlichen Dielen.** Für leichte Scheidewände finden vielfach künstliche Dielen Verwendung; am verbreitetsten dürften die »Gipsdielen« sein, deren Material des öftern noch besondere Zusatzstoffe beigemischt sind. Sie kommen in Dicken von 2 bis 12 cm bei einer Breite von 25 cm und einer Länge von 2,5 m in den Handel. Ihr Inneres ist entweder massiv oder mit Hohlräumen versehen; auch werden sie mit Einlagen von Schilfrohr hergestellt. Man verwendet die Gipsdielen in lotrechter oder — wie es meistens erfolgt — in wagerechter Lage. Zur besseren Verbindung sind sie mit Nut und Spund (Wolfsrachen) versehen. Bei gewöhnlicher Ausführung der Wand werden die Dielen trocken aufeinander gesetzt, besser aber ist es, sie in einen dünnen, nassen Gipsaufstrich zu drücken. Müssen die Dielen »gestoßen« werden, so hat solches im »Verband« zu erfolgen. Schließlich erhält die ganze Wand beiderseitigen Gipsverputz.

Mancherorts werden in »Zement« hergestellte Dielen entsprechend der Gipsdielenbehandlung benutzt; auch breitet sich die Verwendung von »Spreuetafeln« mehr und mehr aus.

**§ 30. Guß- und Stampfmauern.** Aus dem Altertum sind uns sogenannte »Füllmauern« überkommen, die entsprechend Abb. 75<sup>6)</sup> zwei durch Binder verbundene Quaderschichten zeigen, die durch Kleinsteinerwerk in einem Mörtelbett ausgefüllt sind.

Abb. 75. Füllmauer.



Heutigen Tages wird es bei Mauern mit Quaderverblendung mehr und mehr Gebrauch, statt Hintermauerung (s. § 15) Beton anzuordnen. Von diesen Konstruktionsweisen unterscheidet sich die »Gußmauer« dadurch, daß sie vollständig oder mindestens in der Hauptsache aus Gußmasse besteht.

Die für uns wichtigste Gußmasse ist der Zementbeton. Je nach Güte des Materials und der Belastungsbeanspruchung wird das Mischungsverhältnis der betreffenden Masse zu bestimmen sein. Einige Mischungsverhältnisse ausgeführter Bauten sind in Kapitel V: »Eisenbetonkonstruktionen« angegeben.

Am häufigsten findet die Gußmauer Verwendung bei Fundamenten. Zwar werden auch ganze Gebäude (Wohnhäuser, Kirchen usw.) in Beton hergestellt, doch liegt meistens kein Grund für eine so weitgehende Verwendung des Betons vor, da ein solcher Bau nicht billiger ausfällt als in Backsteinen und nachträgliche Bauänderungen — wie es bei Wohnhäusern häufig der Fall ist — nur schwer bei Betonbauten ausgeführt werden können; auch ist die Anbringung von Schmuck an Betonflächen mit Schwierigkeiten verbunden. Der Hauptvorteil der Betonmauer wird stets in ihrer »Gleichmäßigkeit« und »schnellen Erhärtung« zu suchen sein.

<sup>6)</sup> Die Abb. 75 ist MOTHES »Illustriertem Bau-Lexikon« entnommen.

Die Herstellung der Betonmauern kann auf zwei Arten erfolgen, entweder trägt man, wie es im Altertum bei der »Füllmauer« geschah, Mörtelschichten übereinander auf, in die Kies, Steinschlag u. dgl. eingesteckt (eingepackt) wird (»Packung«), oder der Beton wird (s. § 11) schichtenweise aufgetragen. Wird der Beton lediglich eingegossen, so erhält man eine Gußmauer; wird er jedoch auch noch festgestampft, so haben wir es mit einer Stampfmauer zu tun. Eine solche Stampfung darf nicht zu lange Zeit andauern, um das Abbinden des Zementes nicht zu verhindern. Im ersten Falle beträgt die Schichtenhöhe etwa 20 cm, im zweiten Fall etwa 50 bis 65 cm.

Gegen das seitliche Ausweichen der Stampfmassen kann bei Fundamentmauern in entsprechenden Gräben der gewachsene Erdboden dienen, meistens jedoch und stets bei Stockwerkmauern werden Schalwände aus Brettern angeordnet, die zwischen Ständern in Höhe der einzubringenden Gußschichten aufeinander lagern, bzw. an den Ständern in die Höhe geschoben und an diesen wieder befestigt werden. Die Förderung der Arbeiten sollte auch bei dieser Bauart möglichst gleichmäßig um den ganzen Bau herum erfolgen. Vor Aufbringung einer neuen Betonschicht ist die Oberfläche der bereits vorhandenen zu säubern, rauh aufzupicken, zu nassen und mit Zementmörtel zu versehen.

Werden Holzgebälke nachträglich in den Gußbau gelegt — und solches Vorgehen empfiehlt sich, damit keine Feuchtigkeit in das Holzwerk dringt —, so sind die entsprechenden Balkenköpflöcher auszusparen. Die Herstellung der Rauch- und Ventilationskammine erfolgt in sehr bequemer Weise unter Emporziehen von entsprechenden Öffnungslehren aus Holz oder Blech.

Die Anbringung von Gesimsen und sonstigen Verzierungen geschieht da direkt in Zement, wo es sich um schwache Ausladungen handelt; stärkere Profilierungen werden entweder nachträglich in besonders ausgesparte Nuten eingesetzt oder es werden gleich in den Beton ausladende Backsteine eingefügt, um welche später die Stuckprofilierung angetragen wird. Die Herstellung besprochener Balkenköpflöcher und Nuten erfolgt durch provisorische Einlage von Holzstücken, Latten u. dgl.

Betonbauten erhalten außen einen Verputz in Zement, dem etwas hydraulischer Kalk zuzusetzen ist; im Inneren des Gebäudes empfiehlt es sich, auf einen Putz aus Zement und Schwarz- oder Weißkalk noch einen zweiten Putzauftrag in Kalkmörtel zu bringen, damit Tapeten daran haften.

Guß- und Stampfmauern werden vielfach (s. auch § 11) mit natürlichen oder künstlichen Steinen verkleidet. Eine solche Verkleidung kann bei genügender Stärke auch zugleich als Schalung für den einzubringenden Beton dienen, doch wird es sich dann um Guß- und nicht um Stampfmauern handeln. Bei der Verkleidung wird auf Anordnung von Bindern Bedacht zu nehmen sein oder es gelangen L-geformte Backsteine, entsprechend den Wandplatten von Kachelöfen, zur Verwendung.

**§ 31. Wände aus Gußmassen mit Eisenarmierung.** Diese neuzeitlichen Konstruktionen<sup>7)</sup> finden mehr und mehr Anwendung; einige derselben dienen lediglich Abschlußwänden, andere sind auch für Tragwände verwendbar; sie bieten den Vorteil schneller Herstellbarkeit, geringen Gewichtes und der Feuersicherheit. Auch bedürfen diese Wände keiner Unterfangung, sofern sie mit den Seitenmauern konstruktiv verbunden sind, was durch das Eingreifen der Wand-Eiseneinlagen in die Seitenmauern in einfacher Weise zu bewerkstelligen ist.

a) **Rabitzwand.** Zwischen Winkeleisen wird ein Drahtnetz von 1 bis 3 cm Maschenweite eingespannt und wenn nötig durch Eisenstangen versteift; auf dieses wird doppel-

<sup>7)</sup> Ausführliches siehe im V. Kapitel: »Eisenbetonkonstruktionen« dieses Lehrbuchs.

seitig ein Mörtel aufgetragen, der aus Gips, Kalk, fein gewaschenem Kies und Leimwasser unter Zusatz von Kälberhaaren besteht. Diese Wände erhalten eine Stärke von 3 bis 8 cm. Sollen Schiebetüren in einer Rabitzwand angeordnet werden, so sind Doppelwände herzustellen, die dann einseitigen Mörtelauftrag erhalten. Wenn feuersichere Türen in Rabitzwänden angeordnet sind, so werden sie aus Tafeln in Rabitzkonstruktion hergestellt. Diese Wände sind nicht tragfähig und vertragen keine Feuchtigkeit; sie sind daher nur im Inneren von Gebäuden verwendbar.

b) **Monierwände** beruhen auf Verbindung von Eisennetzen mit Zement, bzw. mit Beton. Nach diesem System lassen sich Tafeln oder Hohlsteine herstellen, die zur Errichtung von Wänden oder Mauern dienen; neuerdings wird aber meistens in der Art der Rabitzwände verfahren, indem die ganze Monierwand im Gebäude direkt an Ort und Stelle unter Auftrag von Zement an große, in den Seitenmauern befestigte Drahtnetze hergestellt wird, wobei man den Zement gegen provisorische Schalwände aufträgt. Solche Wände können eine Stärke von 3 cm an bis zu beliebiger Dicke erhalten.

Abb. 76. Streckmetall.

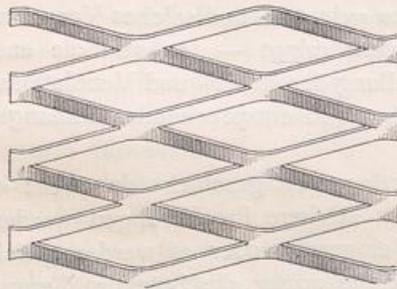
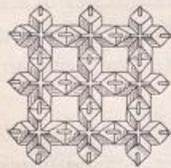


Abb. 77. Drahtziegelnetz.



Das Drahtnetz besteht aus sich rechtwinklig kreuzenden dickeren und dünneren Eisenstäben und Drähten, die an den Kreuzungspunkten durch besondere Drahtstückchen verknüpft sind. Die Stärke der Stangen und Drähte, sowie die Maschenweite sind abhängig von der Größe der Wandfläche.

Stimmt die Maschenweite in der Höhenrichtung mit Backsteinschichten der Seitenmauern überein, so ist die Verbindung der Monierwand mit letzteren leicht herzustellen; ist solches nicht der Fall oder handelt es sich um Nebenmauern in Bruchstein, so ist das Draht-

netz seitlich an Eisenstangen zu befestigen, die mit den Mauern verbunden werden müssen. Da sich auch der Zement der Monierwände mit letzteren verbindet, so sind besondere Unterfangen der Monierwände meist überflüssig.

Soll die Wand feuersicher sein, so sind alle Türumrahmungen und Türen aus Eisen herzustellen; in anderen Fällen können die Öffnungen für die Türen einfach mit starken Eisenstäben umrahmt sein, die Holzumkleidungen erhalten. Auch bei diesem System werden Doppelwände mit Hohlraum ausgeführt, namentlich wenn es sich um Außenmauern handelt.

c) **Ersatz für Drahtgeflecht.** Statt des Drahtnetzes findet neuestens auch das Streckmetall (Abb. 76) Verwendung; ferner kommt für nicht tragfähige dünne Wände, für Eisenträger-Umkleidungen u. dgl. das Drahtziegelnetz (Abb. 77) in Betracht, das in verschiedenen Größen hergestellt wird.

#### D. Pfeiler (Säulen).

§ 32. **Allgemeines und Stützen in Stein.** Man unterscheidet Stützen aus einem einzigen Konstruktionsstück und zusammengefügte. Zu der ersten Art gehören Pfeiler oder Säulen aus Steinmonoliten, Holz oder aus Guß-, Walz- oder Schmiedeeisen. Die zusammengefügte Stützen können aus einzelnen, »versetzten« Stücken bestehen wie die mächtigen Steinsäulen aus Quadertrommeln in Stein oder Beton oder aus Mauerwerk oder schließlich aus Guß- oder Stampfmassen allein oder in Verbindung mit Eisen.

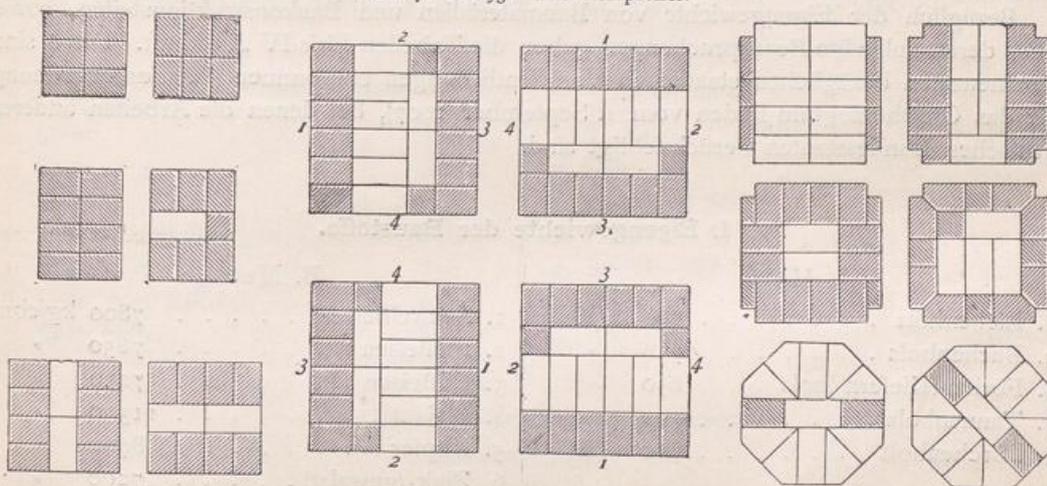
Über Berücksichtigung von Lagerungen in Gesteinen s. § 3. Bei allen Stützen ist ganz besonders auf die Güte ihres Materials Bedacht zu nehmen, sowie bei gemauerten

darauf, daß dem Mörtel die nötige Zeit zum Abbinden gewährt ist, ehe weiter gearbeitet wird.

Im allgemeinen wird man im Pfeilermauerwerk den sämtlichen ungeraden und den sämtlichen geraden Schichten unter sich die gleiche Fugeneinteilung geben. Ist der Pfeilergrundriß ein Quadrat oder eine Figur, die sich in ein Quadrat einzeichnen läßt, so hat jede folgende Schicht die gleiche Einteilung wie die vorhergehende, jedoch sind die Schichten gegeneinander um  $90^\circ$  gedreht.

Bei Bruchsteinmauerwerk sind möglichst Binderschichten zu verwenden; bei Verwendung von Backsteinen ist tunlichst mit ganzen oder  $\frac{3}{4}$  Steinen zu arbeiten. Für mehr als vierseitige oder für runde, ovale und ähnlich geformte Pfeiler (Säulen) empfiehlt es sich, besondere Formsteine anfertigen zu lassen. Die Abb. 78 bis 93<sup>8)</sup> zeigen einige Beispiele für Backsteinpfeiler.

Abb. 78 bis 93. Backsteinpfeiler.



**§ 33. Neuere Konstruktionen.** Da eiserne Säulen vielfach bei Brandschäden durch Hitze und Wasser zerstört worden sind, so werden solche zu besserem Schutz mancherorts mit Backsteinen verkleidet. Neuerdings werden Stützen in armiertem Eisenbeton angefertigt. Solche Stützen sind schnell herzustellen, haben große Tragkraft und werden durch Feuersbrünste weniger leicht zerstört. Näheres hierüber findet sich im V. Kapitel: »Eisenbetonkonstruktionen« dieses Lehrbuchs.

#### E. Stärke der Mauern, Wände und Pfeiler.

**§ 34. Allgemeines.** Die Tragfähigkeit von Mauern ist abhängig:

- a) von ihrem inneren Gefüge (Material und Ausführung),
- b) von ihrer Ausdehnung (Länge, Höhe und Stärke),
- c) von der mechanischen Einwirkung äußerer Kräfte (Größe und Richtung derselben), sowie
- d) von chemischen Einwirkungen (Atmosphärische Niederschläge usw.).

**§ 35. Eigengewichte und zulässige Druckbelastungen von Materialien und Baukonstruktionen.** Über Material und Mauerausführung ist in vor-

<sup>8)</sup> Die Abb. 78 bis 93 und 101 bis 108 sind dem »Handbuch der Architektur«, 2. Aufl., 1891—1901, entnommen.

stehenden Paragraphen gesprochen; es erübrigt jedoch hier, den allgemeinen Erörterungen über Mauertragfähigkeit hinzuzufügen, daß, wenn auch die beim Mauern in Betracht kommenden »Bruchsteine« härter als die im allgemeinen verwendeten »Backsteine« sind, doch eine Mauer aus Bruchsteinen bei gleicher Stärke wie eine solche aus Backsteinen infolge ihres unregelmäßigen Gefüges eine geringere Tragfähigkeit besitzt. Bei mittlerer Ausführungsgüte wird, um gleiche Mauerstärke zu erzielen, eine Mauer aus lagerhaften Bruchsteinen etwa  $1\frac{1}{4}$  und eine solche aus unregelmäßigen Bruchsteinen etwa  $1\frac{3}{4}$  mal so stark sein müssen als eine Backsteinmauer. Wie wiederholt erwähnt, ist aber jede Gebäudemauer, im Gegensatz zu unbelasteten Trockenmauern, überhaupt erst tragfähig, wenn der Mörtel — mindestens bis zu einem gewissen Grade — »abgebunden« hat. Bei obigem Vergleiche bleibt noch zu berücksichtigen, daß der Mörtel in dicken Bruchsteinmauern viel langsamer abbindet als in Backsteinmauerwerk und oft überaus lange Zeit weich bleibt.

Bezüglich der Eigengewichte von Baumaterialien und Baukonstruktionsteilen, sowie über deren zulässige Beanspruchungen geben die Tabellen I bis IV Auskunft. Diese sind den neuesten bezüglichlichen staatlichen Veröffentlichungen entnommen (Landesbauordnung für das Großherzogtum Baden vom 1. September 1907), bei denen die Arbeiten anderer deutschen Bundesstaaten berücksichtigt sind.

#### I. Eigengewichte der Baustoffe.

A. Holz.		B. Metalle.	
1. Eichenholz . . . . .	800 kg/cbm	1. Schweißisen . . . . .	7800 kg/cbm
2. Buchenholz . . . . .	750 »	2. Flußisen . . . . .	7850 »
3. Forlen-(Kiefern-)holz . . . . .	650 »	3. Gußisen . . . . .	7250 »
4. Tannenholz . . . . .	600 »	4. Blei . . . . .	11370 »
5. Lärchenholz . . . . .	700 »	5. Kupfer . . . . .	8900 »
		6. Zink (gewalzt) . . . . .	7200 »

#### C. Mauerwerk und Baustoffe.

1. Backsteinmauerwerk aus gewöhnlichen Steinen . . . . .	1600 kg/cbm
2. Backsteinmauerwerk aus Hohlsteinen . . . . .	1300 »
3. Backsteinmauerwerk aus Klinkern . . . . .	1800 »
4. Tuffsteinmauerwerk (Schwemmsteine) . . . . .	850 »
5. Mauerwerk aus porösen Steinen . . . . .	1300 »
6. Bruchsteinmauerwerk . . . . .	2400 »
7. Sandsteinquader, weich und mittelhart . . . . .	2400 »
8. Sandsteinquader hart . . . . .	2500 »
9. Kalksteinquader, weich und mittelhart . . . . .	2600 »
10. Kalksteinquader, hart . . . . .	2700 »
11. Granit und Marmor . . . . .	2700 »
12. Beton aus Kies oder Kleinschlag . . . . .	2200 »
13. Beton aus Kohlschlacken, Bimsstein oder Koks. . . . .	1000—1150 »
14. Eisenbeton . . . . .	2400 »
15. Mauerschutt . . . . .	1400 »
16. Erde, Lehm und Sand . . . . .	1600 »
17. Kalk- und Zementmörtel . . . . .	1700 »
18. Reiner Asphalt . . . . .	1100 »

19. Gußasphalt mit Rieselschotter . . . . .	1600 kg/cbm
20. Stampfasphalt . . . . .	1800 >
21. Terrazzo . . . . .	2000 >
22. Gips . . . . .	1150 >
23. Fensterglas . . . . .	2600 >
24. Schlacke und Koksasche . . . . .	600 >
25. Bimsstein . . . . .	900—1650 >
26. Kalk- und Zementputz für 1 cm Stärke . . . . .	16—17 kg/qm
27. Gipsestrich für 1 cm Stärke . . . . .	18 >
28. Tonfliesen gesintert für 1 cm Stärke . . . . .	19 >
29. Wandplatten für 1 cm Stärke . . . . .	18 >
30. Korkplatten für 1 cm Stärke . . . . .	2,8 >
31. Gipsdielen, 5 cm stark . . . . .	33 >
32. Rabitzwand mit Drahtgewebeeinlage, 4 cm stark . . . . .	60 >

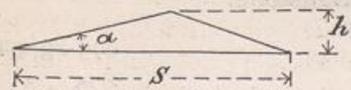
D. Sonstige Stoffe für 1 qm bei 1 m Schütthöhe.

1. Mehl . . . . .	700 kg	8. Zucker . . . . .	750 kg
2. Gries . . . . .	650 >	9. Salz . . . . .	800 >
3. Gerste . . . . .	650 >	10. Heu und Stroh . . . . .	100 >
4. Weizen und Roggen . . . . .	750 >	11. Holz . . . . .	400 >
5. Hirse . . . . .	850 >	12. Steinkohlen . . . . .	900 >
6. Lein- und Rübsaat . . . . .	650 >	13. Koks . . . . .	450 >
7. Kartoffeln . . . . .	700 >	14. Eis . . . . .	910 >

II. Eigengewichte von Dächern

(ohne Nutzlasten)

in kg für 1 qm Grundfläche.



	$\frac{h}{s}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{15}$	
$\angle \alpha$		45°	33°	26°	21°	18°	16°	14°	12°	11°
a. Holzdächer einschließlich Binder.										
1. Einfaches Ziegeldach . . . . .	130	108	100	—	—	—	—	—	—	—
2. Doppel- und Kronendach . . . . .	170	140	130	—	—	—	—	—	—	—
3. Falzziegeldach . . . . .	145	125	115	110	—	—	—	—	—	—
4. Deutsches Schieferdach . . . . .	120	100	94	91	—	—	—	—	—	—
5. Dachpappdach . . . . .	46	38	36	34	33	32	31	31	30	30
6. Zink- und Eisenblech auf Schalung . . . . .	58	49	46	44	43	42	42	42	41	41
7. Holzzementdach . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	180
b. Metaldächer ohne Bindergewicht.										
1. Schiefer auf Winkeleisen . . . . .	71	60	56	54	—	—	—	—	—	—
2. Ebenes Eisenblech auf Winkeleisen . . . . .	35	30	28	27	26	26	26	26	25	25
3. Eisenwellblech auf Winkeleisen . . . . .	31	26	25	24	23	23	23	23	22	22
4. Zinkwellblech auf Winkeleisen . . . . .	34	29	27	26	25	25	25	25	24	24
5. Ebenes Zinkblech auf Schalung . . . . .	68	58	54	52	51	50	49	49	49	49
6. Glas auf Winkeleisen oder Sprossen . . . . .	71	60	56	54	—	—	—	—	—	—

Für die Bindergewichte sind je nach der Konstruktion der Spannweite und der Binderentfernung 20 bis 1 qm überdeckter Fläche anzunehmen.

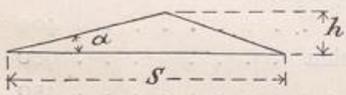
III. Nutzlasten (Verkehrslasten).

A. Decken.

1. Wohnräume . . . . .	200—250 kg/qm	8. Werkstätten und Fabriken mit schweren Maschinen . . . . .	600—800 kg/qm
2. Schulräume . . . . .	250—300 >	9. Menschengedränge . . . . .	400 >
3. Tanzsäle, Versammlungssäle . . . . .	350—400 >	10. Treppen . . . . .	400—500 >
4. Heuboden . . . . .	400—500 >	11. Durchfahrten und befahrene Höfe . . . . .	800—1000 >
5. Kaufmannspeicher und Lagerräume . . . . .	500—850 >	12. Balkone, Altane und dergleichen . . . . .	350 >
6. Walzspeicher . . . . .	600 >		
7. Werkstätten und Fabriken mit leichten Maschinen . . . . .	300—500 >		

B. Dächer.

kg für 1 qm Grundfläche.



	$\frac{h}{s}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$
$\alpha$		45°	33°	26°	21°	18°	16°	14°	12°	11°
1. Schneelast . . . . .		53	62	67	70	73	75	78	78	78
2. Winddruck . . . . .		125	82	54	40	32	25	25	19	17
Winddruck kg für 1 qm senkrecht zur Dachfläche										
		81	57	43	34	27	23	20	18	16

In offenen Hallen, für von innen nach außen wirkenden Wind 60 kg/qm.

IV. Zulässige Beanspruchung der Baustoffe.

1. Schmiedeeisen-Flußeisen auf Zug . . . . .	875 kg/qcm
auf Druck . . . . .	875 >
auf Abscherung . . . . .	600 >
Bei genau berechneten, zusammengesetzten Konstruktionen, wie Blechträger, Gitterträger und Dachstühle (auch bei Eisenbetonausführungen)	
auf Zug . . . . .	1000 >
auf Druck . . . . .	1000 >
2. Gußeisen auf Zug . . . . .	250 >
auf Druck . . . . .	500 >
auf Abscherung . . . . .	200 >
3. Bombiertes Eisenwellblech auf Zug . . . . .	500 >
auf Druck . . . . .	500 >
4. Eichen- und Buchenholz auf Zug . . . . .	100 >
auf Druck . . . . .	80 >
5. Forlen-(Kiefern-)holz auf Zug . . . . .	80 >
auf Druck . . . . .	60 >
6. Tannenholz auf Zug . . . . .	80 >
auf Druck . . . . .	60 >

7. Sandstein, je nach Härte auf Druck . . . . .	15—30 kg/qcm
8. Granit auf Druck . . . . .	45 »
9. Marmor auf Druck . . . . .	10—15 »
10. Kalksteinquader auf Druck. . . . .	25 »
11. Kalksteinmauerwerk in Kalkmörtel auf Druck . . . . .	5 »
12. Backsteinmauerwerk in Kalkmörtel auf Druck . . . . .	7 »
13. Backsteinmauerwerk in Zementmörtel auf Druck . . . . .	11 »
14. Bestes Klinkermauerwerk in Zementmörtel auf Druck . . . . .	12—14 »
15. Bruchsteinmauerwerk in Kalkmörtel auf Druck . . . . .	5 »
16. Bruchsteinmauerwerk in Zementmörtel auf Druck . . . . .	8 »
17. Schichtenweise ausgeglichenes Bruchsteinmauerwerk in Kalkmörtel auf Druck . . . . .	8 »
18. Schichtenweise ausgeglichenes Bruchsteinmauerwerk in Zementmörtel auf Druck . . . . .	12 »
19. Stampfbeton aus Portlandzement, <sup>9)</sup> Kleinschlag und Kiessand nach dem Verhältnis:	
1 : 6 : 9 nach 4 Wochen auf Druck . . . . .	9 »
1 : 3 : 6 nach 4 Wochen auf Druck . . . . .	20 »
20. Beton bei Eisenbetonkonstruktionen, aus Portlandzement <sup>10)</sup> auf Druck höchstens . . . . .	35—40 »
21. Stampfbeton mit Schwarzkalk an Stelle des Portlandzementes 1 : 3 : 6 auf Druck . . . . .	6 »
22. Mauerwerk aus porösen Steinen, d. h. z. B. mit Spreu gebrannte Backsteine, mit Holzkohle, Gerberlohe usw. gemischte Tonsteine auf Druck . . . . .	3—6 »
23. Guter Baugrund in der Regel auf Druck . . . . .	2,5 »
24. Baugrund von außergewöhnlicher Tragfähigkeit bis zu . . . . .	5 »

Bei der Berechnung auf Zerknickung ist anzunehmen:

bei Schmiedeeisen	4 bis 5 fache Sicherheit
» Gußeisen	6 » 8 »
» Holz	10 »

**V. In Österreich kommen folgende »zulässige Beanspruchungen von Mauerwerk« in Betracht.<sup>11)</sup>**

- a) Mauern nicht unter 45 cm stark, sowie Tragpfeiler, deren kleinste Querschnitts-abmessung mindestens  $\frac{1}{6}$  der Höhe beträgt.
- b) Mauern unter 45 cm stark, sowie Tragpfeiler, deren kleinste Querschnitts-abmessung  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{8}$  der Höhe beträgt.
- c) Pfeiler mit mindestens 30 cm kleinster -Abmessung, deren kleinste Querschnitts-abmessung  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{12}$  der Höhe beträgt.

<sup>9)</sup> Als Portlandzement gilt nur ein Zement, der den vom Kgl. Preuß. Minist. f. Handel, Gewerbe und öffentl. Arbeiten aufgestellten Normen entspricht.

<sup>10)</sup> Maßgebend sind die preussischen »Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten vom 24. Mai 1907«.

<sup>11)</sup> Aufgestellt vom Baumaterialien-Ausschuß in Wien.

Mauerwerksgattung	a	b	c
	kg/qcm	kg/qcm	kg/qcm
1. Ziegelmauerwerk mit Weißkalkmörtel . . . . .	5	2,5	—
2. Ziegelmauerwerk mit Roman-Zementmörtel . . . . .	7,5	5	—
3. Ziegelmauerwerk mit Portland-Zementmörtel . . . . .	10	7,5	5
4. Gemischtes Mauerwerk oder Bruchsteinmauerwerk mit Weißkalkmörtel . . . . .	4	—	—
5. Gemischtes Mauerwerk oder Bruchsteinmauerwerk mit Roman-Zementmörtel . . . . .	5	—	—
6. Gemischtes Mauerwerk oder Mauerwerk aus lagerhaften Bruchsteinen mit Portland-Zementmörtel . . . . .	8	—	—
7. Bruchsteinmauerwerk aus zugerichtetem festen Stein mit Portland-Zementmörtel . . . . .	10	—	—
8. Mauerwerk aus geschlemmten Ziegeln bester Sorte (sog. doppelt geschlemmte) oder Pfeilerziegel mit Portland-Zementmörtel . . . . .	12	8	6
9. Mauerwerk aus Klinkern mit Portland-Zementmörtel . . . . .	20	15	10

VI. Mindeststärke von Brandmauern, die wenigstens in Abständen von je 10 m mit Querwänden oder sonstigen Querversteifungen versehen sind, bei Geschoßhöhen von höchstens 4 m, ausschließlich des Gebälkes.

Geschoßzahl der Gebäude	Bezeichnung der einzelnen Geschosse	Mauerstärke	
		bei Herstellung in Backsteinen	bei Herstellung in lagerhaften Bruchsteinen
eingeschossige bis zu 9 m Höhe	Erdgeschoß . . . . .	1 Stein	50 cm
	Dachgeschoß und Giebel . . .	1 >	50 >
eingeschossige über 9 m Höhe	Erdgeschoß . . . . .	1½ >	55 >
	Dachgeschoß und Giebel . . .	1 >	50 >
zweigeschossige	Erdgeschoß . . . . .	1½ >	55 >
	Obergeschoß . . . . .	1½ >	55 >
	Dachgeschoß und Giebel . . .	1 >	50 >
dreigeschossige	Erdgeschoß . . . . .	2 >	60 >
	1. Obergeschoß . . . . .	1½ >	55 >
	2. Obergeschoß . . . . .	1½ >	55 >
	Dachgeschoß und Giebel . . .	1 >	50 >
viergeschossige	Erdgeschoß . . . . .	2 >	60 >
	1. Obergeschoß . . . . .	2 >	60 >
	2. Obergeschoß . . . . .	1½ >	55 >
	3. Obergeschoß . . . . .	1½ >	55 >
	Dachgeschoß und Giebel . . .	1 >	50 >
fünfgeschossige	Erdgeschoß . . . . .	2½ >	70 >
	1. Obergeschoß . . . . .	2 >	60 >
	2. Obergeschoß . . . . .	2 >	60 >
	3. Obergeschoß . . . . .	1½ >	55 >
	4. Obergeschoß . . . . .	1½ >	55 >
	Dachgeschoß und Giebel . . .	1 >	50 >

Wenn die Höhe der Brandmauer im Dachgeschoß und Giebel bis zur Spitze zusammen das Maß von 6 m übersteigt, so ist bei zwei und mehrgeschossigen Gebäuden die Mauerstärke im Dachgeschoß bis zum Kehlgebälk bei Backsteinen auf 1½ Stein, bei lagerhaften Bruchsteinen auf 55 cm zu erhöhen.

VII. Von der Baupolizei in Berlin genehmigte, bei Neubauten anzuwendende Mauerstärken in cm für:

	Wohngebäude						Fabrikgebäude				
	Frontwand mit Balkenlast	Mittelwand mit Balkenlast	Giebelwand ohne Öffnungen	Giebelwand mit Öffnungen	Hohe Wand <sup>12)</sup> mit Balkenlast	Treppe wand	Frontwand mit Balkenlast	Mittelwand mit Balkenlast	Giebelwand ohne Öffnungen	Hohe Wand mit Balkenlast	Treppe wand
Dachgeschoß.	25	—	25	25	25	25	25	—	25	25	25
IV. Stock . .	38	38	25	25	38	25	38	38	25	38	25
III. Stock . .	38	38	25	25	38	25	51	38	25	38	25
II. Stock . .	51	38	25	38	38	25	51	38	38	51	25
I. Stock . .	51	38	38	38	51	25	64	51	38	51	38
Erdgeschoß .	64	51	38	51	51	38	77	51	51	64	38
Keller. . . .	77	51	51	51	64	38	90	64	51	77	51
Fundament. .	90	64	64	64	77	51	103	77	64	90	64

§ 36. Praktische Gesichtspunkte für Bestimmung von Mauerstärken.

Beim Entwurf eines Neubaus ergeben sich die Längen und Höhen der Gebäude-mauern aus Erfüllung des betreffenden Bauprogramms; die den Mauern zu gebende Stärke erfolgt auf Grund technischer Erwägungen. In modernen Gebäuden dienen Zwischengebälke mit Gebälkankern in den Mauern sowie die inneren Scheidemauern oder Wände zur Versteifung der Außenmauern.<sup>13)</sup> Aber auch wo diese Versteifung fehlt, werden Außenmauern sobald sie eine geschlossene Ummantelung des Gebäude-hohlraums bilden, sich gegenseitig versteifen und stützen, sofern es sich nicht um ganz außergewöhnlich lange Mauern handelt, so daß man bei denselben mit geringeren Stärken auskommen kann, als es bei einer einzigen, völlig frei stehenden Mauer der Fall ist. Wie bedeutende Längenmaße, so beeinträchtigen auch bedeutende Höhenmaße die Standfestigkeit der Mauern, deren Stärkemaße seit alters her durch »Erfahrungen« bestimmt wurden.

Bei Festsetzung der Stärkemaße mehrgeschossiger Mauern wird beim obersten Mauerteil begonnen. Umfassungsmauern in Backsteinen werden neben Dachspeicherräumen nicht schwächer als 1 Stein stark und neben Wohnräumen im obersten Geschoß mindestens  $1\frac{1}{2}$  Stein stark angenommen. Letzteres Maß ergibt sich im Hinblick auf unsere klimatischen Verhältnisse sowohl, um gut heizbare Räume zu bekommen, als auch um ein Durchschlagen atmosphärischer Feuchtigkeit zu verhindern.

Meistens wird zweien Stockwerkmauern die gleiche Stärke verliehen, dann tritt (nach abwärts) eine Verstärkung um  $\frac{1}{2}$  Backstein ein. Wo die Ausführung des Keller-mauerwerks in Bruchsteinen erfolgt, wird der Absatz bei der Kelleroberkante größer als 12 cm angenommen.

Bei Bruchsteinmauerwerk wird im obersten Gebäude-Mauerteil mit einer Stärke nicht unter 45 oder 50 cm begonnen; nach unten zu sind in entsprechenden Stockwerks-Abschnitten, alle ein oder zwei Geschosse, Mauerverstärkungen um etwa 10 cm anzuordnen. Diese Absätze von 12 oder 10 cm entsprechen zugleich den Maßen hölzerner Mauerlatten. Der Absatz beim Beginn der Erdgeschoßmauer beträgt etwa 15 cm.

Bei den Umfassungsmauern unterscheidet man: nicht oder kaum durchbrochene Brandmauern (Brandgiebel) und Fassaden- oder Frontmauern. Letztere sind durch

<sup>12)</sup> Unter »Hohe Wand« ist eine dem Nachbargrundstück zugekehrte Umfassungswand eines Gebäude-Seitenflügels zu verstehen.

<sup>13)</sup> Im Mittelalter und in der Renaissancezeit wurden innere Fachwerkwände vielfach erst nach Fertigstellung des Rohbaues eingefügt.

Öffnungen unterbrochen und vielfach geradezu in Pfeiler aufgelöst, weshalb ihnen eine größere Stärke als den erstgenannten zu verleihen ist. Finden Hausteinquader an der Fassade Verwendung, so werden solche Fassadenmauern im Hinblick auf gediegene Ausführung der Hintermauerung bedeutende Stärkemaße erhalten.

Innere Gebäudemauern, Scheide- oder Zwischenmauern, bzw. Wände, werden selten mehr in Bruchsteinen ausgeführt. Haben sie keine Lasten zu tragen, so steht in konstruktiver Beziehung nichts im Wege, sie in leichtester Weise auszuführen; haben sie jedoch als »Mittelmauern« die Gebälk- und Zimmernutzlast aufzunehmen, so beanspruchen sie eine größere Stärke als ihnen vielfach durch Ausbildung in Holzfachwerk gegeben wird. Bei mehrgeschossigen Gebäuden, die eine Tiefe von über 10 m haben, sollte mindestens eine innere Tragwand massiv ausgeführt sein.

Bezüglich Treppenhauswänden stimmen die neuen Polizeiverordnungen wohl im allgemeinen darin überein, daß dieselben nicht in Fachwerk herzustellen sind, aber über ihre Stärke, sowie bezüglich der Frage, ob Holzgebälke in sie »eingreifen« dürfen oder nicht, gehen die Ansichten sehr auseinander.

Gestützt auf die Erfahrungsergebnisse, werden behördlicherseits Mindestmuerstärken vorgeschrieben. Die oben erwähnte neueste (badische) Landesbauordnung gibt die in Tabelle VI angegebenen Maße für Brandmauern an; in Tabelle VII sind die für Berlin geltenden Mauerstärken abgedruckt. Handelt es sich um besondere Belastungen in Gebäuden, so sind die betreffenden Mauern, Wände, Pfeiler oder Säulen im einzelnen zu berechnen; bzw. sind die betreffenden Stärkemaße zuverlässigen entsprechenden Rechnungstabellen zu entnehmen. Solche besondere Belastungen oder besondere Inanspruchnahmen von Mauern oder Pfeilern entstehen nicht nur bei den Großkonstruktionen, sondern auch bei gewöhnlichen Wohnhausbauten, wo größere Lasten auf kleine Flächen zusammengezogen werden, sowie bei der Schubwirkung von Gewölben.

**§ 37. Berechnungsarten.** Zu Anfang des vorigen Jahrhunderts veröffentlichte »RONDELET« Beobachtungen über Mauerstärken, die er an alten Mauern angestellt hatte. Als Ergebnis seiner Beobachtungen fand er, daß eine gerade, freistehende und frei endigende, unbelastete Mauer ohne Zwischenpfeiler durchschnittlich  $\frac{1}{10}$  ihrer Höhe zur Stärke haben müsse, um als standsicher gelten zu können. Von solcher Grundlage ausgehend stellte RONDELET graphische und rechnerische Verfahren auf, um die Stärke verschiedener Mauern, je nach ihrer Bestimmung im Gebäude, zu ermitteln, wobei er deren Höhe und Länge in Betracht zog. Die Stärke von Gebäudemauern, welche Gebälke oder das Dach zu tragen haben, machte er abhängig von dem Verhältnis ihrer Höhe zu der lichten Gebäudetiefe.

Auf Grund dieser trefflichen, bahnbrechenden Arbeiten ergaben sich folgende Formeln.<sup>14)</sup>

a) **Freistehende Mauern:**  $s$  (Mauerstärke) mindestens =  $\frac{1}{12}h$  (Höhe), höchstens =  $\frac{1}{8}h$ .

Im Anschluß an diese Formel bezeichnet in den folgenden Formeln der Buchstabe » $n$ « einen Wert entsprechend dem Mauermaterial: für Werkstein 12, für Backstein 10, für Bruchstein 8, für unregelmäßige Bruchsteine 6. Ferner ist  $l$  = Mauerlänge.

b) **Umfassungsmauern:**

a) Bei unbelasteten geraden: 
$$s = \frac{l \cdot h}{n\sqrt{l^2 + h^2}}$$

<sup>14)</sup> S. MOTHES, »Illustriertes Bau-Lexikon« 1876, 3. Bd., S. 309.

β) Bei unbelasteten kreisrunden Mauern mit äußerem Durchmesser  $D$ :

$$s = \frac{\frac{1}{4}D + h}{n\sqrt{(\frac{1}{4}D)^2 + h^2}}$$

γ) Bei belasteten geraden: bei nur 1 Geschoß, Minimum  $s = \frac{l + h}{n\sqrt{l^2 + h^2}}$ ;

bei mehreren Geschossen, wenn die Gebäudetiefe  $> t$ , die Höhe des obersten Geschosses  $h$  genannt wird:

wenn das Gebäude keine Mittelmauer hat:  $s = \frac{2t + h}{4 \cdot n}$  für das Obergeschoß;

wenn das Gebäude eine Mittelmauer hat, können die Mauern schwächer werden,

nämlich:  $s = \frac{l + h}{4 \cdot n}$ .

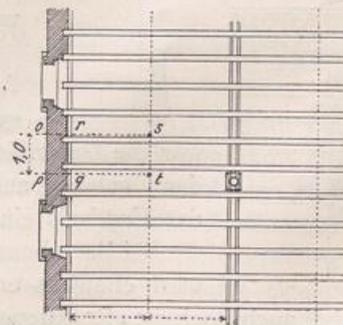
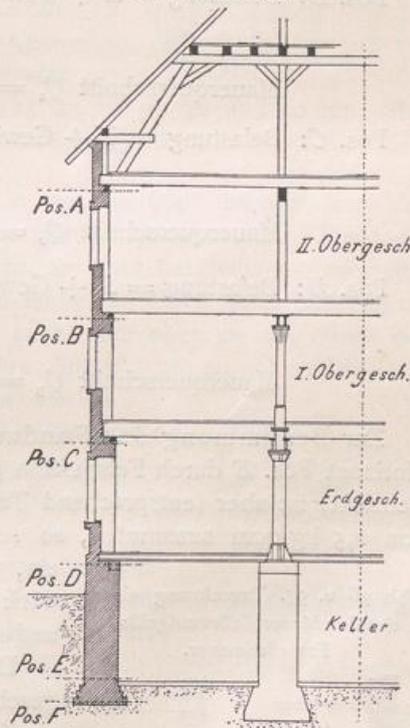
c) Mittelmauern: Bei diesen ist:  $t = \frac{h + t}{3 \cdot n}$ .

Im Laufe der letzten Jahrzehnte sind, wie erwähnt, eingehend bezügliche Untersuchungen angestellt worden (siehe Tabelle I bis V), auf welche gestützt, heutigen Tages in jedem Einzelfall die Mauerstärke im Hinblick auf ihre Inanspruchnahme (senkrechte Belastung, Gewölbeschub, Winddruck) berechnet werden kann.

Handelt es sich nur um senkrechte Belastungsdrucke bei gewöhnlichen Stockwerkshöhen, so ist die Berechnung für Mauer- und Pfeilerstärken eine sehr einfache. Bei höheren Stockwerkshöhen dagegen ist Knickungsfestigkeit in Anrechnung zu bringen und bedarf es hier besonderer Formeln, wie solche im IV. Kapitel »Eisenkonstruktionen« angeführt sind. Dasselbst finden auch die im modernen Bauwesen eine wichtige Rolle spielenden »Reaktionswirkungen« von Unterzügen an ihren Auflagerpunkten Berücksichtigung.

In schematischer Weise erläutert folgendes Beispiel (Abb. 94 u. 95) die Berechnung der Stärke einer Fassadenmauer für die einzelnen Stockwerke; demselben ist ein Speicherbau mit »kleinen Bogenfenstern« zu Grunde gelegt. Die Auflagerlast der einzelnen Balkenköpfe wird durch Mauerlatten gleichmäßig auf das Gemäuer der Fassadenmauer verteilt. Die Fensteröffnungen beanspruchen keine Berücksichtigung. Man wählt als Unterlage der Berechnung einen Mauerwerkstreifen *op* (Abb. 95) vom Dachgesims bis zum Erdreich in Breite von 1 m. Dieser nimmt in jedem Stockwerk eine Deckenlast auf von 1 m Breite und einer Tiefe gleich der halben Spannweite zwischen Fassadenmauer und den eisernen Längsunterzügen, die auf den freistehenden Stützen aufliegen. Die

Abb. 94 u. 95. Berechnung der Stärke einer Fassadenmauer.



Dachkonstruktion ist unter Berücksichtigung des Winddruckes angenommen; die Kniestockwand ist nach behördlicher Vorschrift bestimmt (meistens stärker als das Mindestmaß der Berechnung ergeben würde).

Es sind nun die Berechnungen in Reihenfolge der Positionen *A* bis *F* vorzunehmen unter Berücksichtigung der in vorstehenden Tabellen angegebenen Einheitsmaßen.

Pos. *A*. Die Belastung des 1 m langen Mauerquerschnittes setzt sich zusammen aus:

- a) Eigengewicht des 1 m langen Kniestockteiles und dessen Belastung, gebildet aus der entsprechenden Last des Dachstuhles samt Beanspruchung durch Schnee und Winddruck.
- b) Eigenlast des entsprechenden Teiles vom Stockgebälk.
- c) Nutzlast bezüglich b).

Setzt man  $a + b + c = Z$  und bezeichnet den Belastungs-Koeffizienten der verschiedenen Mauerarten (Tabelle IV, Pos. 11 bis inkl. 19) mit  $m$ , so erhält man:

$$\text{Pos. } A: \text{ Mauerquerschnitt } Q = \frac{Z}{m}.$$

$$\text{Pos. } B: \text{ Belastung} = Z + \text{Gewicht des Mauerstreifens im II. Obergeschoß} \\ + b_1 + c_1 = Y.$$

$$\text{Mauerquerschnitt } Q_1 = \frac{Y}{m}.$$

$$\text{Pos. } C: \text{ Belastung} = Y + \text{Gewicht des Mauerstreifens im I. Obergeschoß} \\ + b_2 + c_2 = X.$$

$$\text{Mauerquerschnitt } Q_2 = \frac{X}{m}.$$

$$\text{Pos. } D: \text{ Belastung} = X + \text{Gewicht des Mauerstreifens im Erdgeschoß} \\ + b_3 + c_3 = W.$$

$$\text{Mauerquerschnitt } Q_3 = \frac{W}{m}.$$

Zur Bestimmung des Fundamentes ist zu bemerken: Wird der Boden unterhalb Horizont Pos. *E* durch Felsgestein gebildet, so kommt eine weitere Berechnung nicht in Betracht; ist aber (entsprechend Tabelle IV Pos. 23) demselben etwa nur eine Belastung von 2,5 kg/qcm zuzumuten, so schlägt man das Verfahren der Annahme-Versuche ein, zeichnet die Fundamentsohle (-bankett) für Mauerwerk oder Beton bezüglich Höhe und Breite probeweise ein und untersucht rechnerisch diese Annahme. Es wird angesetzt:

Abb. 96 u. 97. Berechnung einer in einzelne Mauerpfeiler aufgelösten Fassadenmauer.



Drucklast des 1 m breiten Mauerstreifens vom Dachgeschoß bis auf das Erdreich =  $W +$  Gewicht des Mauerstreifens im Kellergeschoß und Eigengewicht des schätzungsweise angenommenen Fundamentsohleiteiles =  $V$ .

Nun wird das in kg erhaltene Gewicht  $V$  durch die Anzahl der qcm der Unterfläche des Fundamentsohlstreifens geteilt. Ergibt sich hierbei eine größere Zahl als 2,5, so war die Unterfläche für diesen Baugrund zu klein angenommen; man muß dann solange auf Grund neuer Annahmen Berechnungen anstellen, bis das Ergebnis ein befriedigendes ist.

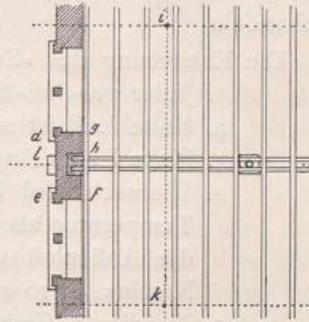
Bei Berechnung des gemauerten, freistehenden Pfeilers im Kellergeschoß wird ebenfalls entsprechend diesem Rechenschema verfahren, doch sind hierbei auch noch die »Reaktionen« der Gebälkunterzüge auf die Stützen zu berücksichtigen.

Ist die Fassadenmauer durch große Fenster in einzelne Mauerpfeiler aufgelöst, so wird, entsprechend Abb. 96 u. 97, statt eines Fassadenstreifens von 1 m Länge der ganze Mauerpfeiler  $uvwx$  zu berechnen sein. Die in Betracht kommende Gebälklast hat dann bei derselben Tiefe die Länge  $yz$  und wird über den Fenstern durch »Überlagsträger« auf die Fassadenpfeiler übertragen.

Würde das Gebälk parallel zur Fassade »verlegt« (Abb. 98), so hätte der Fassadenpfeiler  $defg$  bei  $h$  die Reaktionslast des Gebälkunterzuges, bestehend aus zwei I-Trägern aufzunehmen. Die Länge der in Betracht kommenden Bodenfläche ist  $ik$ .

Es ist Sorge zu tragen, daß die Last der Eisenträger auf eine möglichst große Mauerfläche verteilt wird, zu welchem Zwecke »Steinquader« unter die Trägerköpfe verlegt werden. Bei Bestimmung der Größe derselben wird die Reaktionslast, ausgedrückt in kg/qcm, durch die betreffende, für das qcm zulässige Steinbelastungszahl (s. Tabelle IV Pos. 7 bis 10) geteilt. Die gefundene Zahl gibt die Größe der Oberfläche für den Quader an, die dann meist als Quadrat oder Rechteck ausgebildet wird. Die Dicke der Quader richtet sich nach deren Größe, und steigt von etwa 15 cm bis zu 30 und 40 cm. Statt des Steinquaders wird neuerdings häufig eine Eisenplatte angeordnet.

Abb. 98. Berechnung einer Fassadenmauer, zu der das Gebälk parallel liegt.



**§ 38. Mauerversteifungen.** Abgesehen von den im § 36 angegebenen Versteifungen, die bei allen Gebäuden anzutreffen sind, werden Mauern unter Umständen auch mit Zwischenpfeilern oder Streben versehen, die an einer der beiden Mauerseiten oder auf beide verteilt angeordnet sein können. Die Höhe derselben kann beliebig angenommen werden, ebenso ihr Querschnitt, der sich auch nach oben zu des öftern verjüngen wird. Je stärker die Pfeiler und je größer ihre Anzahl, um so schwächer kann bei gleicher Belastung die Mauer selbst angenommen werden.

Mauerstreben werden bei Gewölbekonstruktionen in weitgehender Weise verwendet; aber auch bei Flachdecken, entsprechend der Konstruktion in Abb. 98, empfiehlt sich deren Anordnung, wie bei  $l$  angedeutet ist.

Eine weitere Art der Verstärkung von Mauern beruht in Verlegung ihres Schwerpunktes nach abwärts durch Verbreiterung ihres unteren Teiles nach Art der Futter- und Böschungsmauern. Eine Vergrößerung der Mauerstandfläche wird auch erzielt durch Einschaltung gebogener Mauerteile als Nischen (Abb. 99) oder dgl.

Abb. 99. Vergrößerung der Mauerstandfläche durch Einschaltung gebogener Mauerteile.



### III. Kamine (Rauchkamin, Schornstein, Esse, Schlot) und Ventilationsschächte.

**§ 39. Allgemeines.** Als man einstens die offenen Holzfeuerstellen in Burgen, Wohnhäusern usw. von ihrer ursprünglichen Lage in der Mitte des Wohnraums an eine Seitenmauer desselben verlegte, wurden über den Feuerstellen — sowohl im Hinblick auf besseren Abzug des Rauches als für Herbeiführung erwünschten Luftzuges zur Unterhaltung des Feuers — »Rauchkamine« angeordnet. Durch Ummantelung der Feuerstelle entstanden die »Heizkamine«. Nachdem letztere den später erfundenen »Öfen« das Feld überlassen mußten, konnten die, zunächst mit sehr weitem, lichten

Querschnitt ausgebildeten Rauchkamine wesentlich enger hergestellt werden, doch behielten sie anfangs noch so bedeutenden Querschnitt, daß sie von den Kaminfeuern bestiegen werden konnten (»deutscher« Kamin).

Bei der jetzt weit verbreiteten »Kohlenfeuerung« wird — namentlich bei Öfen mit Dauer-(Permanent-)Feuerung — im Hinblick auf genügenden »Zug« im Ofen, der Querschnitt der Rauchkamine wesentlich geringer gestaltet. Da in den Gebäuden die für Abführung von Dämpfen, Dünsten und verbrauchter Luft und unter Umständen auch die für Zuführung frischer Luft dienenden Ventilationsschächte außerdem als »Rauchkamin« benutzt werden können, so sind diese in der Ausführung wie Rauchkamine zu behandeln.

Die Entstehung des »Zuges« im Kamin beruht auf folgenden Gesetzen:

1. Jeder gas-(luft-)förmige Körper hat Schwere.
2. Kalte Luft ist schwerer (weil dichter), als warme Luft.
3. Kalte Luft drängt bei ihrem Sinken wärmere Luft in die Höhe.
4. Hiernach wird bei kalter Außenluft die Luft in einem Kamin, der höhere Temperatur als die Außenluft besitzt, in die Höhe steigen (Zug). Ist dagegen die Außenluft wärmer als der Kamin — »Sonnenstrahlen liegen auf dem Kamin« —, so entsteht eine Abwärtsbewegung der Luft im Kamin (Gegenzug).
5. Zu diesen Gesetzen tritt noch die »saugende Wirkung eines Luftstromes«, der, je nach seiner Stärke, die ihn berührende Luftmasse von beliebiger Temperatur mitreißen kann.
6. Des weiteren können auf den Zug im Kamin Winde von Einfluß sein, die den Kaminkopf treffen.

Man unterscheidet:

1. Kamine in Gebäuden:
  - a) »angebaut« an Mauern (Wänden),
  - b) ganz oder teilweise in Mauern »eingebaut« und
  - c) freistehend.
2. Im Freien (nicht in Gebäuden) befindliche Kamine, ebenfalls »freistehend« genannt.

Wie das Wort »freistehend« hier in zweifacher Weise gebraucht wird, so die Bezeichnung »eingebaut«, die sich auch ganz allgemein genommen auf »Kamine in Gebäuden« (Pos. 1) beziehen kann. Ebenfalls schwankend ist das »Geschlecht« des Wortes »Kamin«. In vorliegendem Kapitel ist der Einfachheit halber das Wort »Kamin« als Bezeichnung von »Rauchkamin« männlich, und für »Heizkamine« (»Cheminé«) sächlich angewendet.

**§ 40. Kamine in Gebäuden.** Jedes Heizkamin mit offener Holzfeuerung beansprucht einen besonderen Rauchkamin, damit der »Zug« ungestört wirken kann; befinden sich solche Heizkamine in verschiedenen Stockwerken senkrecht übereinander, so werden deren einzelne Rauchkamine »gekuppelt«, und in dieser Weise über Dach oder mindestens über die Gebäudemauer geführt. In jenen Ländern, in denen die Anlagen von Cheminés in weitgehender Weise in Gebrauch ist, werden die Straßenbilder durch die große Anzahl solcher Kamine, die vielfach an den Gebäude-Außenmauern sich befinden, beherrscht.

In Deutschland wird möglichst vermieden, Kamine in Außenmauern zu legen; wo solches jedoch nicht zu umgehen ist, sollte — da der Luftzug im Kamin durch Schwankungen der Außentemperatur ungünstig beeinflusst werden kann — die Außenmauer neben dem Kamin als Hohlmauer gebildet sein (Abb. 100).

Bei unserer Ofenfeuerung diente bis vor nicht langer Zeit vielfach ein einfacher besteigbarer Kamin sämtlichen in seiner Nähe befindlichen Zimmern aller Stockwerke. Bei Kohlen- und Koks-Feuerung, namentlich bei Dauerfeuerung, kann ein mehreren Stockwerken gemeinsamer Kamin den Bewohnern sehr gefährlich werden, da die giftigen Abgase irgend eines Ofens durch den Kamin und durch andere Öfen hindurch, bei schwachem, normalen Zuge in oberen Räumen, bei Gegenzug in unteren Räumen, austreten können, wodurch namentlich nachts in Schlafzimmern schon mancher Todesfall verursacht wurde. Es empfiehlt sich deshalb bei genannten Feuerungen, für jedes Stockwerk einen besonderen Kamin anzulegen.

Die neuen behördlichen Vorschriften bezüglich der mindestzulässigen Maße für die lichte Weite der Kamine richten sich nach der Anzahl der in diese mündenden Feuerungen, sind aber sonst in den deutschen Ländern verschieden. Für Gasfeuerung werden meist kleinere Querschnitte als für Kohlenfeuerung zugelassen.

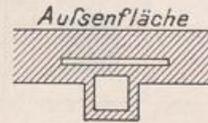
a) **Reinigung.** Bei dem nicht besteigbaren, engen (»russischen«) Kamin wird die Reinigung von oben herunter mit einem Besen vorgenommen; der hierbei von den inneren Kaminwänden gelöste Ruß fällt abwärts und muß unten durch eine Öffnung im Kamin entfernt werden. Die Einführung des Besens in den Kamin erfolgt am besten durch seine Ausmündung; doch wird bei hoch über Dach geführten Kaminen auch wohl eine besondere Seitenöffnung im Kamin für den Beseneinschub angelegt. Die Anordnung einer Kamin-Putz-Öffnung im Dachstockwerk empfiehlt sich in Rücksicht auf Feuergefährlichkeit nicht. Jede Kaminöffnung ist mit eisernen Doppeltüren in eisernem Rahmen gut zu verschließen.

b) **Ausführung.** Die Querschnittform der Kamine kann beliebig sein. Geht die lichte Weite besteigbarer Kamine über ein gewisses Maß (in »Baden« 52/52 cm) hinaus, so sind Steigeisen im Innern anzuordnen. Einfache Kamine sind in »Normalbacksteinen« auszuführen, so daß ihre Wandstärke mindestens 12 cm beträgt. Damit kein »Verhau« an den Steinen stattfindet, sollte der Mindestquerschnitt der Kamine eine Steinlänge + zweier Stoßfugenbreiten betragen. Sogenannte »Kaminsteine«, mit geringeren Maßen als die Normalsteine, sind mancherorts bei gekuppelten Kaminen zugelassen. Statt der Backsteine werden zur Herstellung von Kaminen auch eingemauerte oder freistehende, innen möglichst glatte Rohre verwendet, die in verschiedenen Materialien im Handel zu haben sind. Die Dichtung ihrer Muffen hat besonders sorgfältig zu erfolgen.

Da das Gewicht von Kaminen im Verhältnis zum Maß ihrer Grundfläche ein sehr bedeutendes ist, so erfordert ihre Unterlage die größte Sorgfalt. Es empfiehlt sich, die Kamine im Erdreich zu fundieren. Diese Anordnung gestattet zugleich die Anlage des unteren Kaminputztürchens im Keller, wodurch es vermieden wird, daß bei der Kaminreinigung »Ruß« in Wohnungsstockwerke gelangen kann. Ist es aus besonderen Gründen nicht angängig, Kamine schon im Keller anfangen zu lassen, so müssen sie auf festen Mauern oder Pfeilern, bzw. Säulen, aufgeführt werden oder auf eisernen Trägern, die selbst sicher unterfangen sind. Das Aufsetzen eines Kamines auf Zwischengebälken oder hölzernen Fachwerkwänden ist unzulässig.

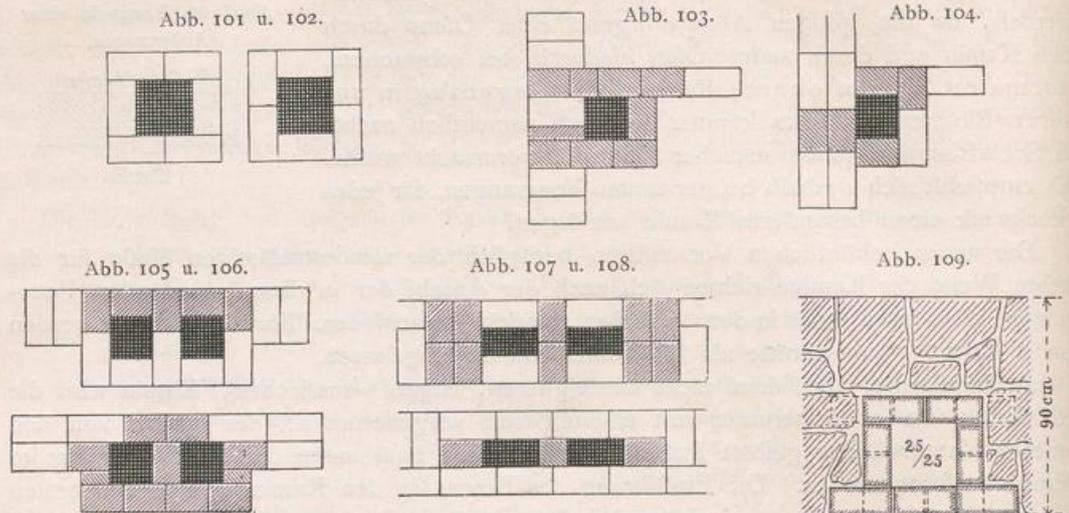
Wird ein Kamin nachträglich in einem Gebäude aufgeführt, so ist es in Rücksicht auf ungleiche Setzungen fehlerhaft, denselben in »Verband« zu vorhandenen Mauern oder Wänden zu bringen; dagegen empfiehlt es sich bei Neubauten, sowohl bei freistehenden als auch bei an- und eingebauten Kaminen, diese im Verband mit den Mauern oder Wänden auszuführen. Bestehen letztere aus Backsteinen, so bietet die Herstellung einer guten Einbindung keine Schwierigkeiten; handelt es sich um Bruch-

Abb. 100. Kamin in einer Außenmauer.



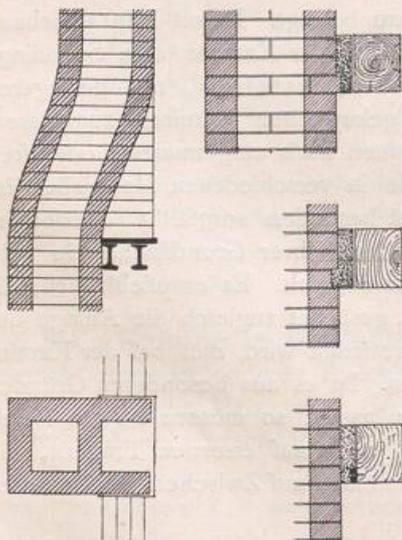
steinmauern, so hat der Verband nach dem System der »Kopfzahnung« (s. § 13) zu erfolgen. Die Abb. 101 bis 109<sup>15)</sup> zeigen einige Beispiele.

Abb. 101 bis 109. Kamin-Verbände.



In manchen Fällen wird eine lotrechte Aufführung von Kaminen von unten bis oben, durch Wände, Balken oder Firstpfette unmöglich gemacht; dann müssen die Kamine »geschleift« (»gezogen«) werden (Abb. 110 u. 111). Hierbei ist Sorge zu tragen, daß

Abb. 110 u. 111. Geschleifter Kamin. Abb. 112 bis 114. Zwischenraum zwischen Deckenbalken u. Kamin.



der Kaminquerschnitt, normal zur Lauflinie der Schleifung gemessen, keine Maßänderung erfährt. Bei größeren Schleifungen bedarf der Kamin zu seiner Unterstüzung einer Untermauerung (Abb. 110 u. 111), die gleichzeitig mit der Ausführung des Kamins herzustellen und auf das Beste zu unterfangen ist. Hierfür ist in vorliegendem Beispiel eine Eisenplatte auf I-Trägern angenommen; in anderen Fällen bedient man sich einer Steinplatte. Wo angänglich, setzt man die Schleifung auf Mauerwerk. Die Schleifung soll nicht plötzlich, sondern im Bogen erfolgen und zwar bei steigbaren Kaminen nicht flacher als in einem Winkel von 60°, bei engen Kaminen nicht unter 45°. Bei solchen starken Schleifungen ist unter, bzw. auch über diesen, ein Putztürchen anzuordnen.

Die Stoß- und Lagerfugen der Kaminwänden sind voll mit Mörtel zu versehen, da sonst Ofenrauch und sogar Funken herausdringen können; auch dürfen keine Holzbalken, -bretter oder -keile in Kaminwände eingreifen. Hölzerne Deckenbalken

und Sparren sollen mindestens einen Abstand von 5 oder 6 cm von der Kaminwand haben und ist der Zwischenraum mit unverbrennbarem Material auszufüllen; meistens wird eine

<sup>15)</sup> Abb. 109 ist entnommen aus: SCHLUSSER, »Die bau- und feuerpolizeilichen Vorschriften im Groß-Baden«. 2. Aufl., 1894.

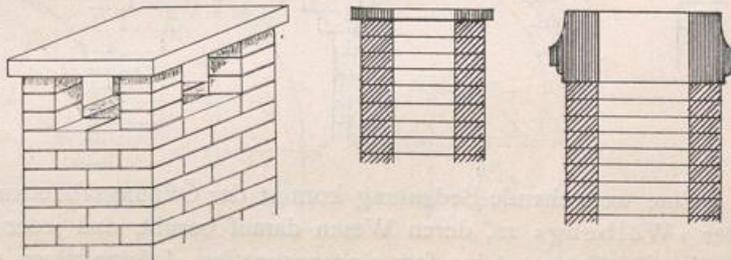
doppelte Schicht von Dachziegeln eingeschoben, die unter Umständen auch an den Balken genagelt werden. Neuerdings wird der Zwischenraum, entsprechend Abb. 112 bis 114, mit Zementmörtel, bzw. feinem Beton, ausgefüllt. Entgegen früheren Bestimmungen, ist es an vielen Orten nunmehr gestattet, Kamine mit Holzvertäfelungen und Leisten zu umgeben, doch müssen dann die Kaminwandungen unbedingt verputzt sein, ferner muß sich zwischen diesem Putz und der Verkleidung ein Belag von Asbestpappe oder dgl. befinden; auch empfiehlt es sich, zwischen Putz und Verkleidung einen Isolier-Luftraum anzuordnen.

Im allgemeinen erhalten die gemauerten Kamine in allen Räumen einen Verputz; unbedingt ist ein solcher in den Dachräumen erforderlich, während der über dem Dach befindliche Kaminteil vielfach als sauber ausgefugtes Backsteinmauerwerk behandelt wird. Das Innere der Kamine erhalte bei sauberem Backsteinmaterial am besten einfachen Fugenausstrich; doch ist eine solche Ausführung schwierig. Um dem Zug im Kamin keine Hindernisse an den Wandungen zu bereiten, wodurch störende Wirbel entstehen können, wird das Kamininnere verputzt. Der Mörtel ist möglichst dünn zu nehmen und glatt auszustreichen, wobei man sich angefeuchteter Mauerkellen bedient oder besser eigens angefertigter Holzblöcke vom Umfang der lichten Kaminweite, die auf und ab gezogen werden.

c) **Kaminausmündungen.** Damit Kamine gut »ziehen«, ist eine gewisse Höhe derselben über der Feuerstelle erforderlich; von wesentlichem Einfluß auf die Brauchbarkeit der Kamine ist aber auch die Ausbildung ihrer Ausmündung, wobei es sich

darum handelt, das Eindringen von Wind zu verhindern. Unter den vielen eingeführten Kaminköpfen ist die einfachste und wohl auch auf die Dauer zuverlässigste Konstruktion die

Abb. 115 bis 117. Kaminausmündungen.



Anbringung eines wagerechten, oder besser leicht gewölbten Deckels in Stein oder Blech, der auf Stützen in nicht zu großer Höhe über der Kaminkrone angebracht wird (Abb. 115).

Die früher sehr beliebten Vorsprünge der Kaminabdeckplatten nach Abb. 116 empfehlen sich nicht für jene Fälle, in denen der Wind wagerecht oder unterschlächtig wirkt, da dann am Vorsprung Wirbel entstehen, die in den Kamin gedrückt werden können; man deckt daher besser die Kamine mit Kaminkränzen ohne Vorsprung. Wird aus künstlerischem Bedürfnis eine vorspringende Verzierung oben am Kamine gewünscht — was namentlich bei hohen Kaminen häufig der Fall ist — so empfiehlt es sich, diese entsprechend Abb. 117 anzuordnen.

d) **Anlage der Kamine im Gebäude.** Sowohl im Hinblick auf das Aussehen von Zimmerwänden, als in Rücksicht auf geeignete Ausnützung der Wandflächen beim Möblieren der Zimmer, sind Kamine in den Wohn- usw. Räumen tunlichst zu vermeiden. Man legt deshalb — sowie auch aus konstruktiven Gründen bei an- und eingebauten Kaminen — diese in Wandecken.

Wo es sich um gekuppelte Kamine mit geringer Lichtweite oder um enge Ventilationsschächte handelt, werden solche vielfach in massive Zwischenmauern gelegt; wobei dann die meist vorhandenen Mauervorsprünge in die Wohnungsgänge ragen (s. Abb. 105 u. 106, S. 98). Durch Anlage starker Zwischenmauern werden diese Vorsprünge überflüssig. In gewissen Fällen lassen sich solche Vorsprünge — wenn nötig unter Anordnung entsprechender weiterer blinder Vorsprünge — für interessante Innenarchitekturen verwenden.

## 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.

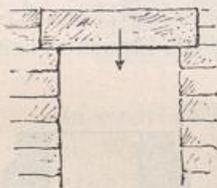


Abb. 119. Die Überkrragung.

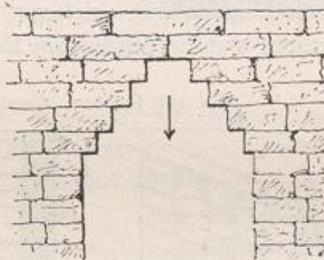
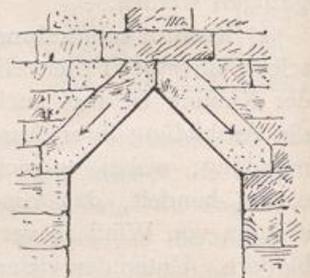
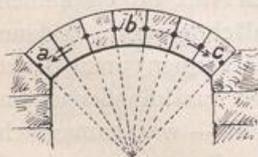


Abb. 120. Die Spreizung.



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.



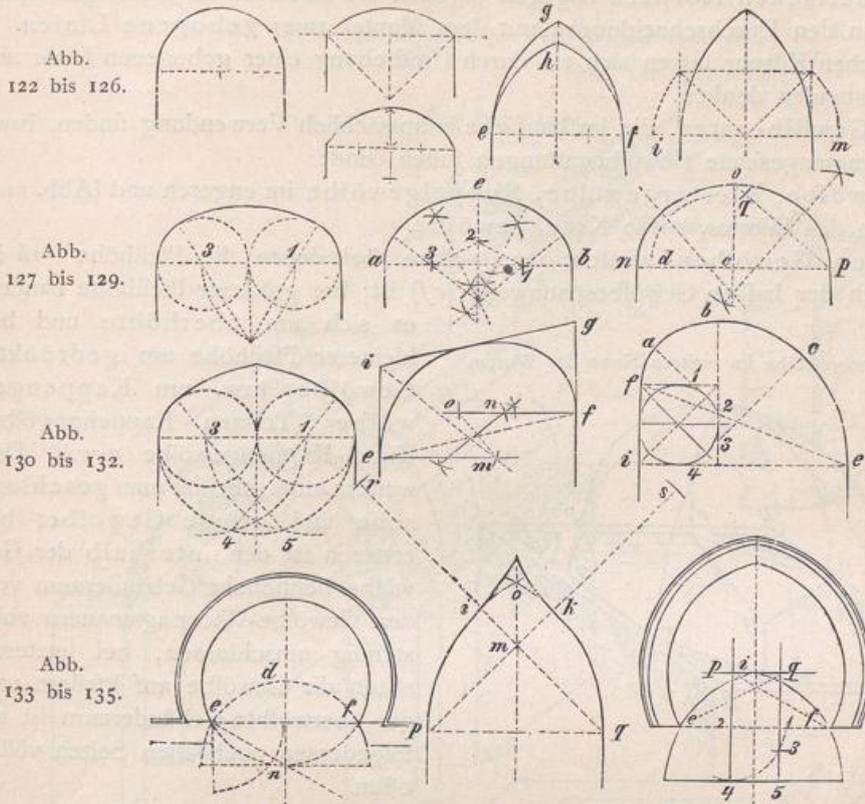
Überdeckt eine solche Wölbung eine Maueröffnung oder Mauer-Flachnische (s. Abb. 184, S. 112), so wird sie »Bogen« genannt; überdeckt sie dagegen einen Gebäuderaum, so bezeichnet man sie mit dem Ausdruck »Gewölbe«. In beiden Fällen hat die Einteilung der Fugen auf der Wölbungslauflinie (a, b, c in Abb. 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.

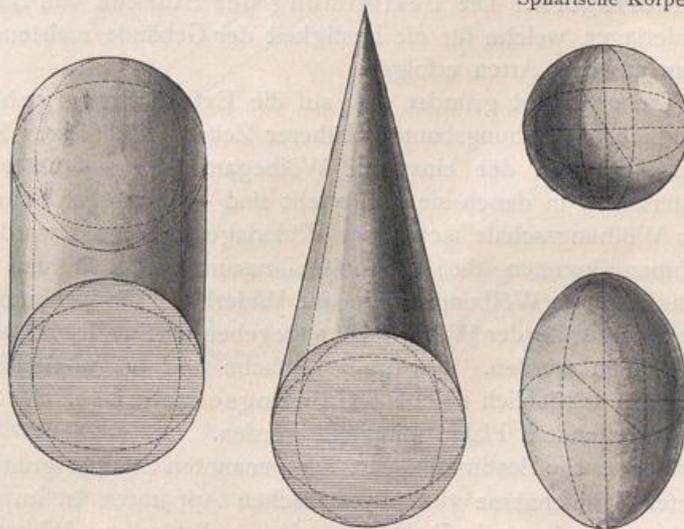


Tudorbogen (Abb. 130), Einhüftiger Bogen (Abb. 131 u. 132), Hufeisenbogen (Abb. 133), Eselsrückenbogen (Abb. 134), Hufeisenspitzbogen (Abb. 135). Hierzu tritt der scheinrechte Bogen, dessen Unterkante eine gerade Linie ist (s. Abb. 149, S. 105).

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.

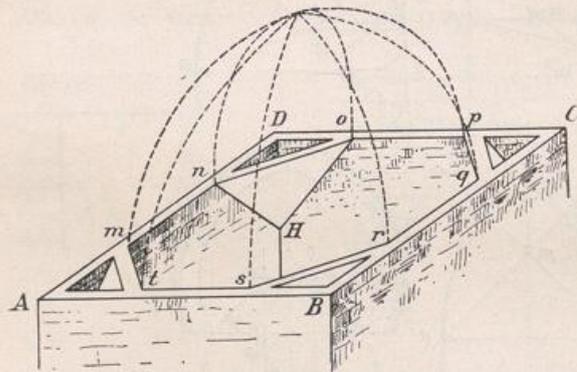
Diejenigen Gewölbearten, die im Baufache hauptsächlich Verwendung finden, bzw. auf denen zusammengesetzte Gewölbegattungen fußen, sind:

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.

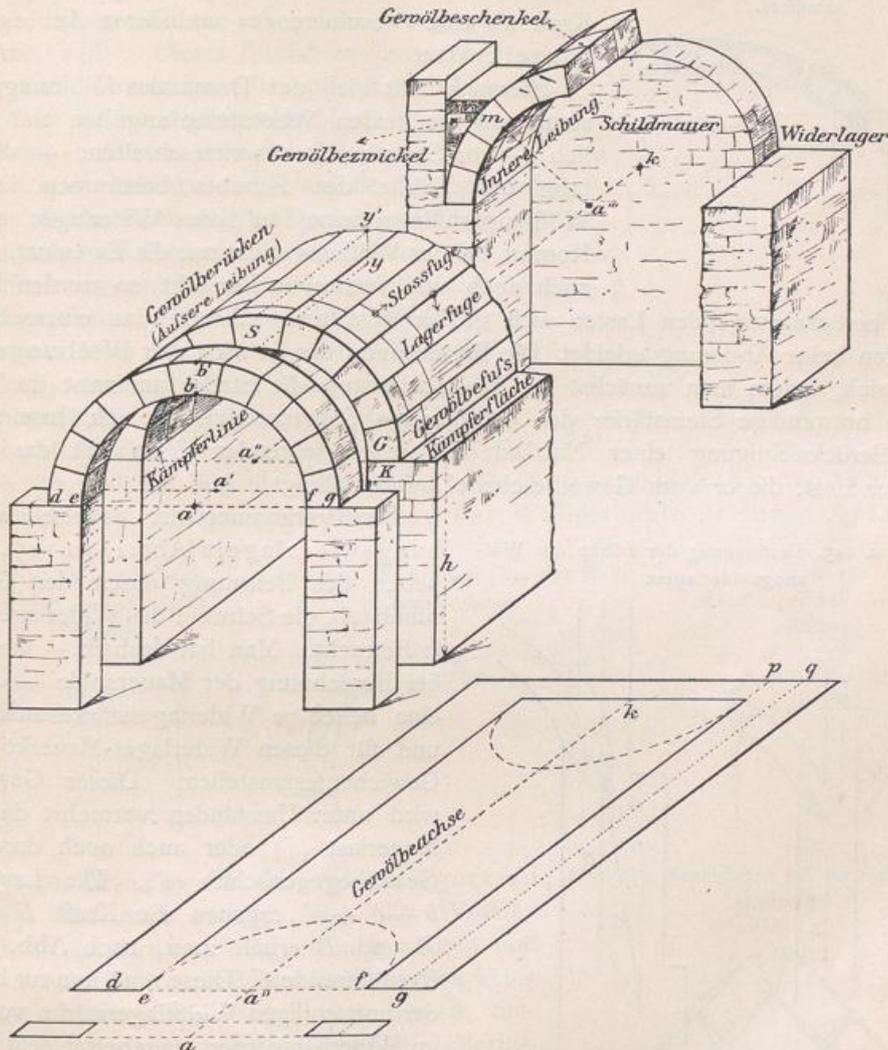


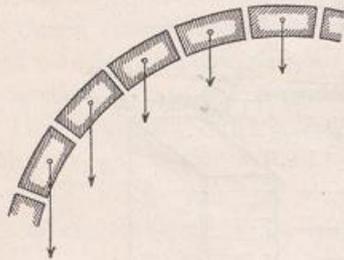
Abb. 142. Grundriß.

*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.

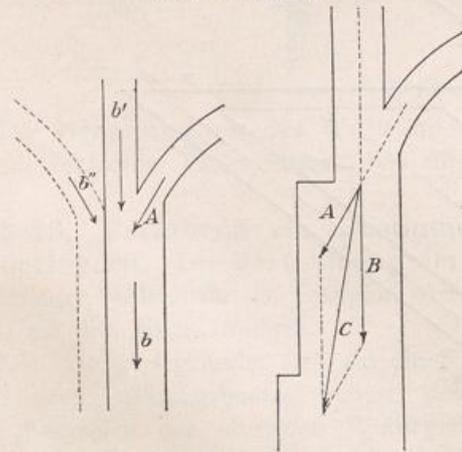
Die Kraftäußerung eines Wölbungsschnittes läßt sich nach Richtung und Größe aus Gewicht und Lage seiner einzelnen Wölbungssteine darstellen, indem zunächst das Gewicht jeden Steines einzeln bestimmt und zeichnerisch durch Richtung und Länge eines in seinem Schwerpunkt ansetzenden Pfeilstriches dargestellt 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 Mauersole — 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 Wölbesteine sind, Körper befestigt werden, deren Gewicht je demjenigen der einzelnen Wölbesteine 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.

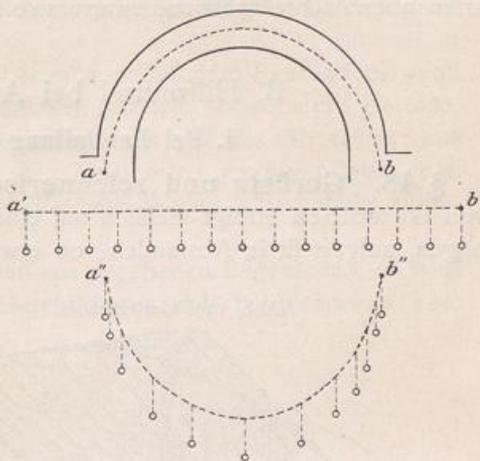


Abb. 149. Bruchfugen bei der scheinrechten Wölbung.

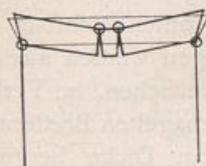


Abb. 150. Bruchfugen bei der Halbkreiswölbung.

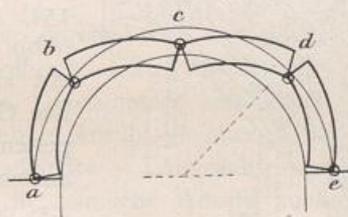
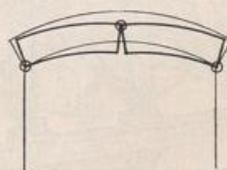
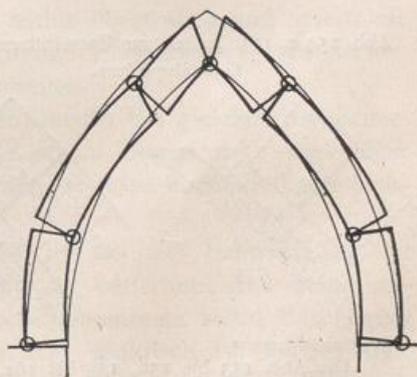


Abb. 151. Bruchfugen bei der Stichwölbung.



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.

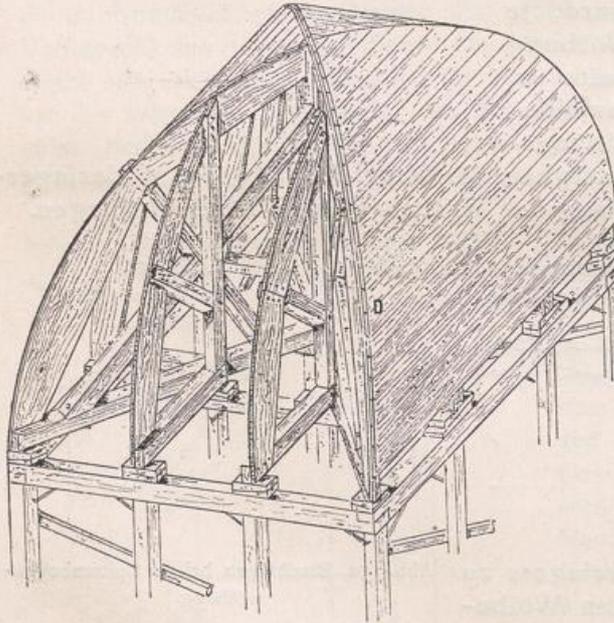


Abb. 154 u. 155. Latten zur Unterstützung von Gewölbquadern.

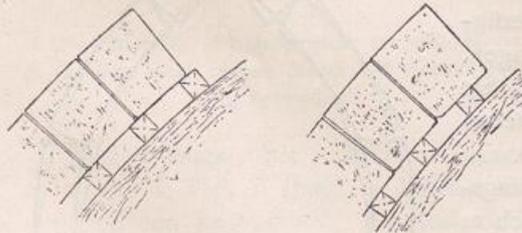
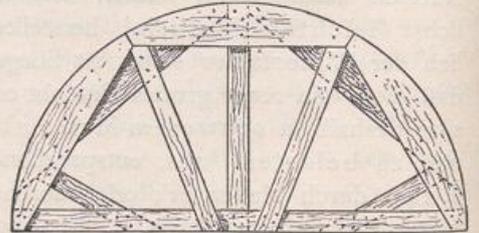


Abb. 156. Gerüstbogen aus doppelten aufeinander genagelten Brettern.



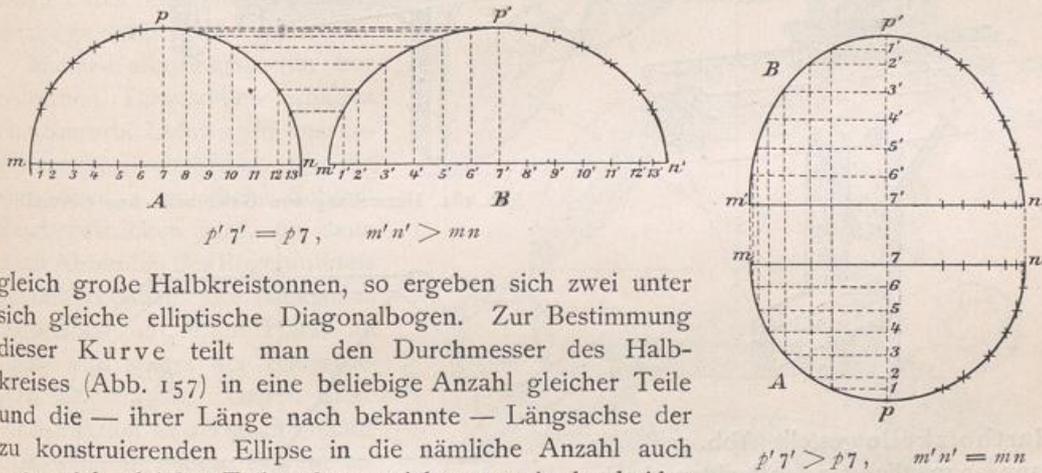
<sup>17)</sup> Die Abb. 153 bis 156, 159 bis 161, 207, 245, 247 bis 250, 252 bis 255, 280 bis 288, 292 bis 295, 304 bis 306, 310 bis 311, 325, 326, 328 bis 330, 341 bis 344, 414 bis 418 u. 430 bis 435 sind entnommen dem »Handbuch der Architektur«, III. Teil, 2. Bd., Heft 3<sup>b</sup>: »Gewölbedecken«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

Gewölbequerschnitt in natürlicher Größe auf einem »Reißboden« »aufgerissen«. Die hierfür erforderliche Zeichnungsunterlage auf Papier wird, wenn die Wölbungsform eine verwickelte Kurve bildet, in möglichst großem Maßstab hergestellt und nach dem Koordinatensystem auf den Reißboden in die natürliche Größe übertragen, d. h. man überzieht die Zeichnung mit einem Netz von wagerechten und senkrechten Linien, das unter entsprechender Vergrößerung auf den Reißboden übertragen wird. Nunmehr ist es ein leichtes, die für Darstellung der Kurve in natürlicher Größe benötigten Punkte ebenfalls zu übertragen.

Einfacher gestaltet sich die Zeichnung der Wölbungskurve auf dem Reißboden, wenn es sich nicht um aus freier Hand entworfene Bogenlinien handelt, sondern um Formen, die aus Zirkelschlägen zusammengesetzt sind. In diesem Falle sind die Mittelpunkte für die Kreislinien der einzelnen Bogenteile auf den Reißboden zu übertragen, von denen aus dann vermittels Schnüren oder Latten die betreffenden Kurventeile aufgerissen werden.

Handelt es sich um Ableitung von Bogenformen aus gegebenen Bogenlinien, so wird die Methode der Vergatterung angewendet. Durchdringen sich beispielsweise zwei

Abb. 157 u. 158. Vergatterung.



gleich große Halbkreistonnen, so ergeben sich zwei unter sich gleiche elliptische Diagonalbogen. Zur Bestimmung dieser Kurve teilt man den Durchmesser des Halbkreises (Abb. 157) in eine beliebige Anzahl gleicher Teile und die — ihrer Länge nach bekannte — Längsachse der zu konstruierenden Ellipse in die nämliche Anzahl auch unter sich gleicher Teile; dann errichtet man in den beiden Figuren auf den Linien  $mn$  und  $m'n'$  in den Teilungspunkten Senkrechte. Die in der linken Figur sich ergebenden Höhenpunkte der Halbkreislinie über dem Durchmesser werden auf die entsprechenden Senkrechten der Figur rechts übertragen und liefern die notwendigen Anhaltspunkte für die gesuchte entsprechende Ellipsenkurve. In diesem Falle ist eine gleiche Höhe der beiden Kurven angenommen.

Handelt es sich um eine Veränderung der Höhe der Kurven bei gleicher Breite derselben, so ist nach Abb. 158 zu verfahren. Soll aus einem Bogen mit wagerechter Achse ein solcher mit geneigter Achse entwickelt werden, so wird ebenfalls nach demselben System verfahren.

Bei Aufstellung der Gerüste unter den Lehrbogen ist mit der Schwierigkeit zu rechnen, diese nach Gebrauch in solcher Weise wieder zu entfernen, daß keine ungleichen Setzungen im Gewölbe entstehen. Theoretisch genommen, sollte das Gerüst stehen bleiben, bis der Mörtel vollständig abgebunden hat; praktisch ist solches aber meistens nicht durchführbar und deshalb wird jede Wölbung (Bogen oder Gewölbe) sich »setzen«, indem seine eigene Last den Mörtel der Fugen zusammenpreßt, ebenso wie es bei der Aufführung von Mauern der Fall ist. Bei ungleichem Setzen eines Gewölbes

liegt aber die Gefahr vor, daß bei Verbreiterung einer Wölbefuge die über dieser befindlichen Steine infolge ihres Eigengewichtes aus dem Gewölbe herausrutschen und unter Umständen herausfallen. Ein zu frühes Entfernen des Gerüsts hat auch schon in vielen Fällen den Einsturz einer Wölbung verursacht. Bei Gewölben darf, je nach deren Größe und der Art der verwendeten Baumaterialien, sowie nach Güte der Ausführung, nicht vor vier Tagen bis zu vier Wochen »ausgerüstet« oder »ausgeschalt« werden. Je weniger Zeit ein Gerüst unter einem Gewölbe verbleiben soll, um so besser muß die Gewölbe-Ausführung sein; auch empfiehlt es sich unter Umständen die Gewölbefugen um so enger zu halten.

Im Hinblick auf eine durchgängig gleichmäßige Entfernung des Gerüsts, werden die Lehrbogen oder die Pfosten, auf denen die, die Lehrbogen tragenden, Pfetten ruhen, auf

Abb. 159. Hartholzkeile.

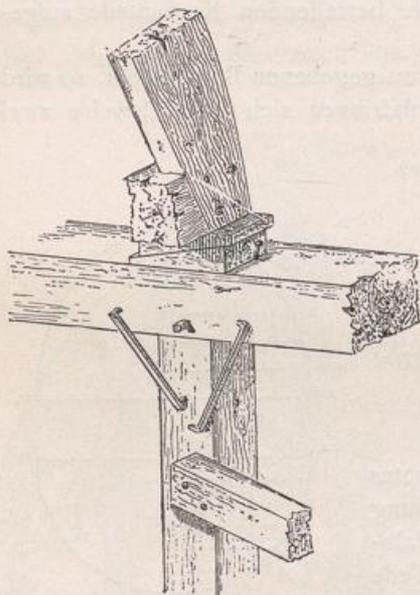


Abb. 160. Die Rutsche.

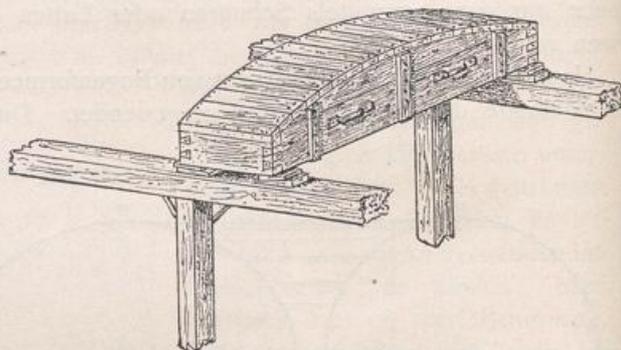
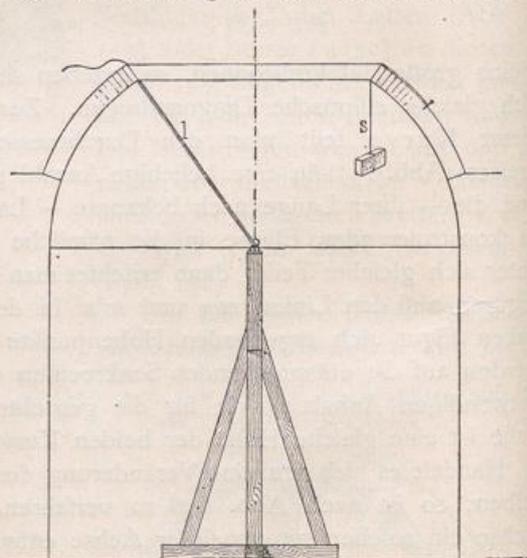


Abb. 161. Herstellung von Gewölben ohne Gerüst.



Hartholzkeile gestellt (Abb. 159), die dann, an möglichst vielen Punkten gleichzeitig, langsam entfernt werden oder man verwendet als Zwischenunterlage mit Sand gefüllte Säcke, Töpfe oder Kästen, bei denen man für die Niedersenkung des Gerüsts den Sand langsam auslaufen läßt. In anderen Fällen werden besondere Schraubenwinden aufgestellt.

Eine andere Art von Unterstützung bei Gewölbeausführungen besteht in der »Rutsche« (Abb. 160), die bei einigen Gewölbe-Verbandsarten Verwendung finden kann. Es ist dies eine umgekehrte Holzkiste, deren Boden entsprechend der betreffenden Wölbung hergestellt ist, und die mit Leichtigkeit auf einem feststehenden Gerüst bewegt werden kann.

Bei gewissen, einfachen Wölbungsformen ist es möglich, die Gewölbe ohne Gerüste »freihändig« auszuführen. Hierbei müssen die einzelnen Wölbesteine in ihrem Mörtelbett nicht nur auf die unter ihnen befindlichen Steine gedrückt, sondern auch zunächst

in dieser Lage festgehalten werden, bis der Mörtel wenigstens einigermaßen abgebunden hat. Hierfür bedient man sich einer Schnur mit Gewicht (Abb. 161).

Einfacher als bei Gewölben gestaltet sich die Herstellung der Wölbung bei Bogen. Handelt es sich um bedeutende Leibungsstärken und um große Spannweiten, so bedient man sich auch hier hölzerner Lehrbögen, die jedoch meist nur aus einer Lage Bretter bestehen, die durch aufgenagelte Latten zusammengehalten werden (Abb. 162 u. 163).<sup>28)</sup> Bei noch einfacheren Verhältnissen und geringen Wölbungs-Pfeilhöhen wird die Aufstellung zweier einfacher Bretter genügen, deren obere Kante nach der Wölbungskurve geschnitten ist. Wenn nötig werden über diese Bretter Lattenstücke gelegt (s. Abb. 237, S. 120).

Mauer-Entlastungsbogen über hölzernen Türgestellen erhalten mancherorts Lehrbogen aus zugehauenen Backsteinen, über die eine etwa 2 cm dicke Schicht Sand gestrichen wird, die dann nach Abbinden des Bogenmörtels zu entfernen ist. Die Backsteine verbleiben an ihrem Platz; an diese wird später der Mauerputz angetragen. Gegen diese Konstruktion ist als solche nichts einzuwenden, doch besteht erfahrungsgemäß die Gefahr, daß die Entfernung des Sandes unterbleibt; alsdann wird der Bogen nur einen Teil seiner Eigen- und seiner Nutzlast durch Schub seitwärts abgeben, während der andere Teil als Druck auf das Türgestell wirkt.

Bei Verwendung hölzerner Lehrbögen ist ein Belassen derselben unter dem Entlastungsbogen nicht zu befürchten. Zur Ausfüllung des dann entstandenen Hohlraumes, sowie im Hinblick auf Anbringung des Wandputzes, ist der Raum zwischen Türgestell und Mauerbogen nachträglich in der

Abb. 162 u. 163. Lehrbogen.

Abb. 162. Querschnitt.

Abb. 163. Ansicht.

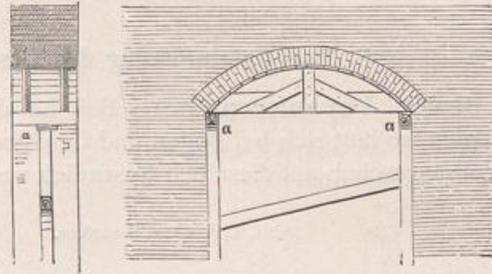
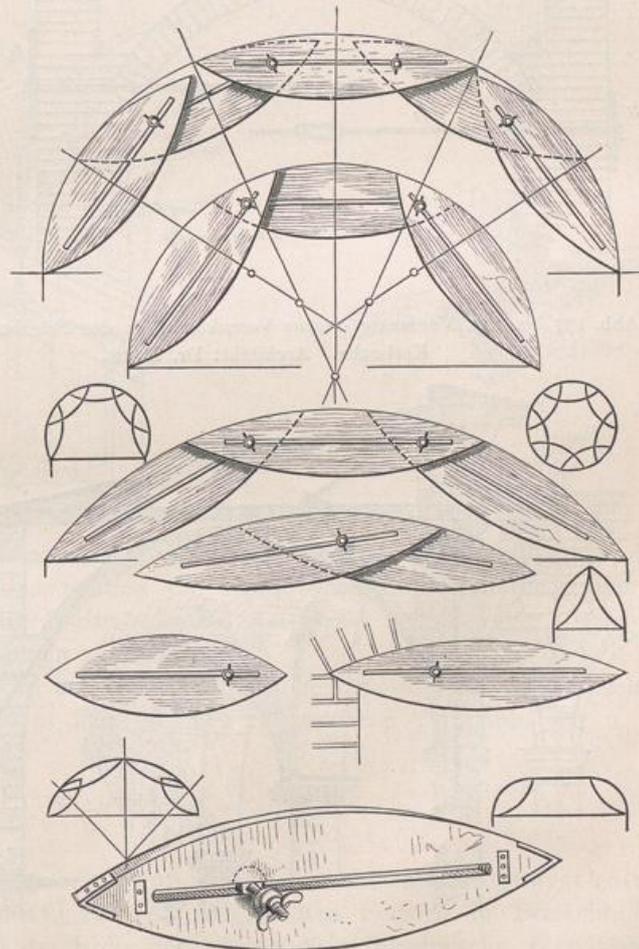


Abb. 164 bis 175. Patent-Sparbogen.



<sup>28)</sup> Die Abb. 162, 163, 216 bis 220 u. 270 sind entnommen: RUDOLPH GOTTGREU, »Lehrbuch der Hochbau-Konstruktionen«, I. Teil, Berlin 1880.

Weise auszufüllen, daß zwischen der Füllung und dem Mauerbogen ein kleiner Hohlraum verbleibt, der Hohlzuge genannt wird, s. Abb. 209 u. 210, S. 116.

Eine praktische Neuerung für Lehrbogen ist im »Patent Sparbogen« geboten (Abb. 164 bis 175),<sup>19)</sup> dessen Benutzung aus vorstehenden Abbildungen ohne besondere Erläuterung erhellen dürfte.

## 2. Zur Unterstützung des Bestandes von Bogen und Gewölben.

§ 46. Verankerungen. Soll an der Stärke von Wölbungswiderlagern gespart werden, so läßt sich bei Bogen und Gewölben durch Einziehung von Gewölbeankern der Wölbungsschub auf dieselben wesentlich verringern. Solche Anker wurden in alten Zeiten

Abb. 176. Gewölbeanker.

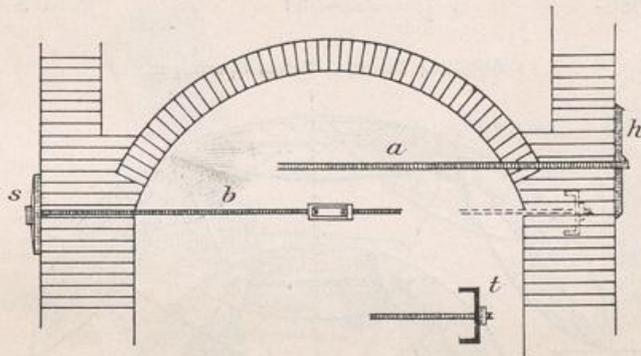
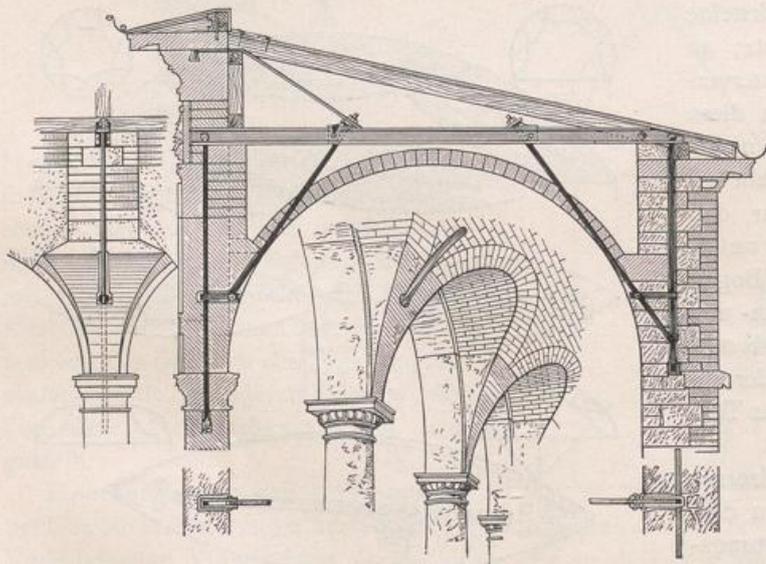


Abb. 177 bis 179. Verdeckte eiserne Verankerung in der Friedhofsanlage zu Karlsruhe. Architekt: Dr. DURM.



kann. In anderen Fällen werden sie vollständig in Mauerwerk eingebettet oder in

<sup>19)</sup> Die Abb. 164 bis 175, 177 bis 179, 212 bis 215, 251, 256 bis 268, 277, 289 bis 291, 307 bis 309, 322 bis 324, 374, 380 bis 384, 393, 394, 407 bis 410, 426 bis 429 u. 458 bis 462 sind entnommen: G. A. BREYMANN, »Allgemeine Baukonstruktionslehre«, I. Bd., 7. Aufl., Leipzig 1903, bearbeitet von Oberbaurat Prof. Dr. WARTH.

und bis in das späte Mittelalter, auch noch darüber hinaus, vielfach in Holz ausgeführt; doch hat sich solches aus nahe liegenden Gründen nicht bewährt. Neuerdings werden diese Anker aus Eisen hergestellt und zwar in Eisenstangen mit rundem Querschnitt, wo es sich um deren Beanspruchung auf Zug handelt, und in I-, T-, I-, C-Eisen bei Inanspruchnahme auf Zerknickung.

Die für die beabsichtigte »zu-

sammenfassende« Wirkung der Anker zweckmäßigste Höhenlage (s. Abb. 176) ist bei den am häufigsten in Betracht kommenden Wölbungsarten die Kämpferhöhe (Anker b), bzw. der Horizont oberhalb der Widerlager-Vorkragung (Anker a). Die Ankerschließen beläßt man entweder außen sichtbar am Mauerwerk (Abb. 176 bei h), oder fügt sie in einen Mauer-schlitz ein, so daß schließlich »Wandputz« über dieselben greifen

durchlochte Hausteine eingesteckt. Statt der »Schließen« finden auch »Kopfplatten« (Abb. 176 bei *s*) oder C-Eisen (Abb. 176 bei *t*) Verwendung.

Solche eiserne Verankerungen spielen beispielsweise in der italienischen Spätgotik und Renaissance eine große Rolle (Abb. 180 u. 181).<sup>20)</sup> Auch heutigen Tages werden sie sehr häufig angewendet, wobei als Neuerung der gelegentliche Gebrauch von »Spannschrauben« hinzugetreten ist (Abb. 176 bei *b*).

Vielfach werden die Hilfskonstruktionen verborgen. Wie die Abb. 177 bis 179 zeigen,

Abb. 180 u. 181. Gewölbeanker.

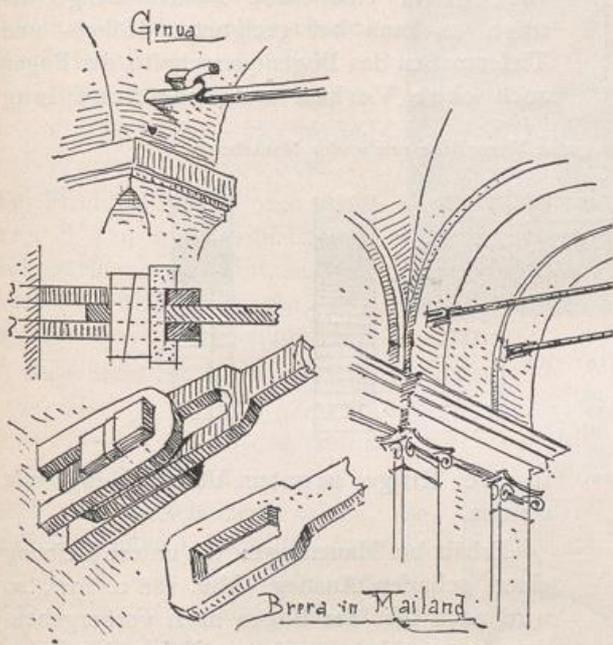
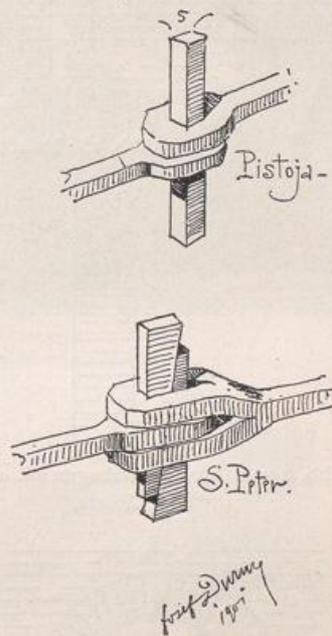


Abb. 182 u. 183. Verbindung der Teile eiserner, um Gewölbe gelegter Bänder.



erfordern diese in solchem Falle einen weit größeren Aufwand an Material und Arbeit als die einfachen Zugstangen und werden die Kraftwirkung der letzteren kaum erreichen; doch wird es auf solche Weise möglich, die oft in künstlerischer Beziehung sehr störenden sichtbaren Zugstangen zu vermeiden.

Werden eiserne Bänder in oder um Gewölbeschalen gelegt, so sind ihre Einzelteile in sicherer Weise zu verbinden; es kann solches entsprechend den Abb. 182 u. 183 erfolgen.

### C. Bogen.

§ 47. Allgemeines. Bei Mauerbogen kommen hinsichtlich ihres Querschnittes hauptsächlich die in den Abb. 184 bis 189 dargestellten Formen in Betracht. Bei Abb. 184 reicht der Bogen nicht durch die ganze Mauerdicke (Flachnische, Blendbogen), bei Abb. 187 u. 190 ist dieses der Fall. Der für die Ausführung solcher Bogen zu wählende »Verband« ist derselbe wie bei freistehenden Pfeilern (s. Abb. 78 bis 93, S. 85).

<sup>20)</sup> Die Abb. 180 bis 183, 192 u. 347 bis 349 sind entnommen: dem »Handbuch der Architektur«, II. Teil, 5. Bd.: »Die Baukunst der Renaissance in Italien« von Geheimrat Prof. Dr. DURM, Stuttgart 1903.

Bei Herstellung von Bogen nach der Querschnittsform der Abb. 189 u. 191 werden entweder die Wölbungssteine vor Ausführung des Bogens, unter Berücksichtigung des Vorsprungs, bzw. der Vertiefung, passend zubehauen oder der Bogen wird aus zwei nebeneinander liegenden Ringteilen gebildet (s. Abb. 211, S. 117). Die erste Art kommt bei kleinen Verhältnissen und namentlich bei Verwendung von Bruchsteinmaterial zur Anwendung, die zweite ist die bessere. Wenn bei Bogen in Backsteinen der vorspringende Absatz (Abb. 189) oder der einspringende Absatz (Abb. 191), genau eine halbe Backsteinlänge beträgt, so kann bei geeigneten Höhen- und Tiefenmaßen des Bogenquerschnitts der Bogen auch ohne Verhau und ohne Scheidung

Abb. 184 u. 185. Nicht durch die ganze Mauerdicke reichender Mauerbogen.

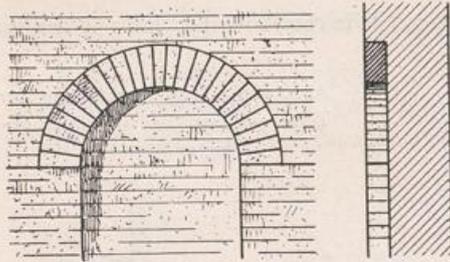


Abb. 186 bis 189. Durch die ganze Mauerdicke reichender Mauerbogen.

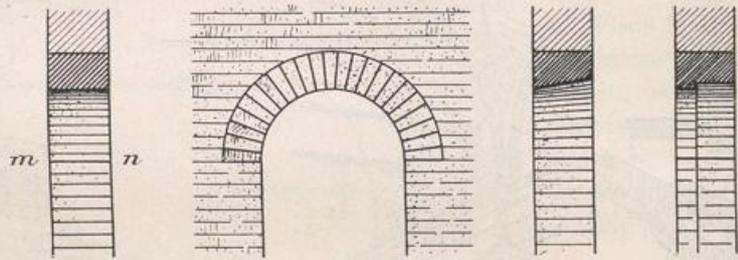
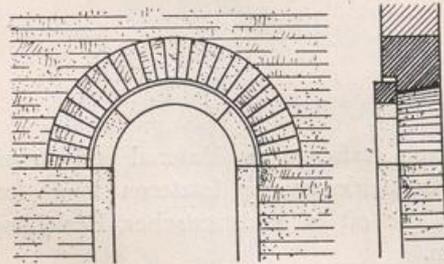


Abb. 190 u. 191. Mauerbogen mit einspringendem Absatz.



in zwei Ringe, in gutem Verband hergestellt werden.

Erhält bei Mauerbogen die untere Leibung einen gelinden Anstieg (Abb. 188 u. 191), so wird auch hier der Bogen nach vorhergehendem, entsprechend geringem Behau der Steine ausgeführt.

Für Bestimmung der Bogen- und Widerlagerstärke werden im allgemeinen folgende Erfahrungsmaße verwendet:

Bogen.

Bei der Spannweite	halbkreisförmig	überhöht	gedrückt bis zu $\frac{1}{4}$ Pfeilhöhe
bis nahezu 1,75 m . . . . .	1 Stein	$\frac{1}{2}$ Stein	$1\frac{1}{2}$ Stein
von 2 bis 3 m . . . . .	$1\frac{1}{2}$ >	1 >	$1\frac{1}{2}$ bis 2 Steine
> 3,5 bis 5,75 m . . . . .	2 >	$1\frac{1}{2}$ >	2 bis $2\frac{1}{2}$ >
> 6 bis 8,5 m . . . . .	$2\frac{1}{2}$ >	$1\frac{1}{2}$ bis 2 Steine	$2\frac{1}{2}$ bis 3 >

Widerlager.

- Bei Rundbogen  $\frac{1}{4}$  der Spannweite,
- > überhöhten oder Spitzbogen  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{6}$  der Spannweite,
- > gedrückten bis zu  $\frac{1}{8}$  Pfeilhöhe  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  der Spannweite,
- > Segmentbogen bis  $\frac{1}{2}$  Pfeilhöhe  $\frac{1}{2}$  der Spannweite,
- > scheinrechten Bogen  $\frac{1}{3}$  der Spannweite.

Entsprechend Abb. 226, S. 119 werden bei Bogen unter Umständen »Keilsteine« verwendet; handelt es sich hierbei nicht um Formsteine, sondern um zubehauene Normal-Backsteine, so empfiehlt es sich, dieselben nicht weitergehend zu behauen als bis deren Spitze etwa noch 43 mm mißt. Hierdurch bestimmt sich das Mindestmaß des Halbmessers für entsprechende Backsteinbogen, nämlich:

- bei  $\frac{1}{2}$  Steinstärke zu 25,1 cm,
- » 1 » » » 53,3 cm und
- »  $1\frac{1}{2}$  » » » 79,6 cm.

Für Flachbogen, die nach Abb. 227, S. 119 mit Normalsteinen hergestellt sind, ergibt sich als kleinstes Maß für die entsprechenden Bogenhalbmesser:

- bei 1 Stein Stärke zu 2,416 m,
- »  $1\frac{1}{2}$  » » » 3,671 m und
- » 2 » » » 4,930 m.

Bezüglich der Anlage von Bogen sind zu unterscheiden: solche, die gewissermaßen selbständig dastehen und solche, die mehr oder weniger sich in Mauern befinden; bei letzteren haben wir wieder getrennt zu betrachten: Bogen als sichtbare Fassaden-Architekturglieder, und Bogen als Hilfskonstruktionen.

**§ 48. Selbständige Bogen.**

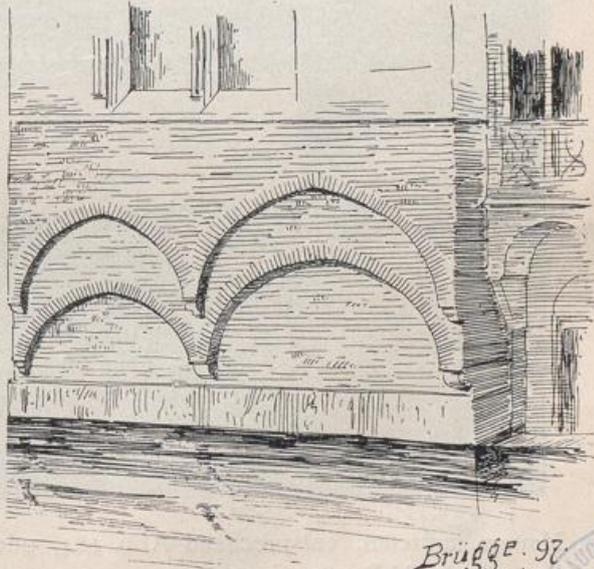
In erster Linie sind hier Prunkbauten zu nennen, wie Triumphpforten und dgl.; diese sind meistens in mächtigen Quadern errichtet und bringen den Bogen als Kunstform zur Geltung. Ferner kommen hier Bogen in Betracht, die, wenn sie auch einem konstruktiven Zwecke dienen, doch frei sichtbar dastehen, wie Bogen unter Treppenläufen (ähnlich wie bei Abb. 207, S. 116), Bogen bei Laubengängen (Arkaden), Hallen, Loggien, Veranden, Korridoren um Treppenhäuser u. dgl. Sollen solche Bogen nicht zwischen Mauerkörpern, sondern freistehend errichtet werden, und erfolgt ihre Unterfangung nicht durch breite Pfeiler, sondern durch

Esselborn, Hochbau. I. Bd.

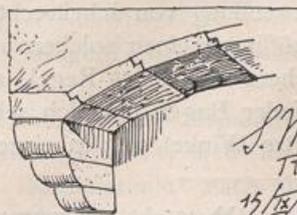
Abb. 192. Bauernhaus zu Porrena.



Abb. 193 u. 194. Den Mauern vorgesetzte Bogen.



Brügge. 97  
Kfm.



S. Maino  
Tathaus  
15/12/04. Kfm.

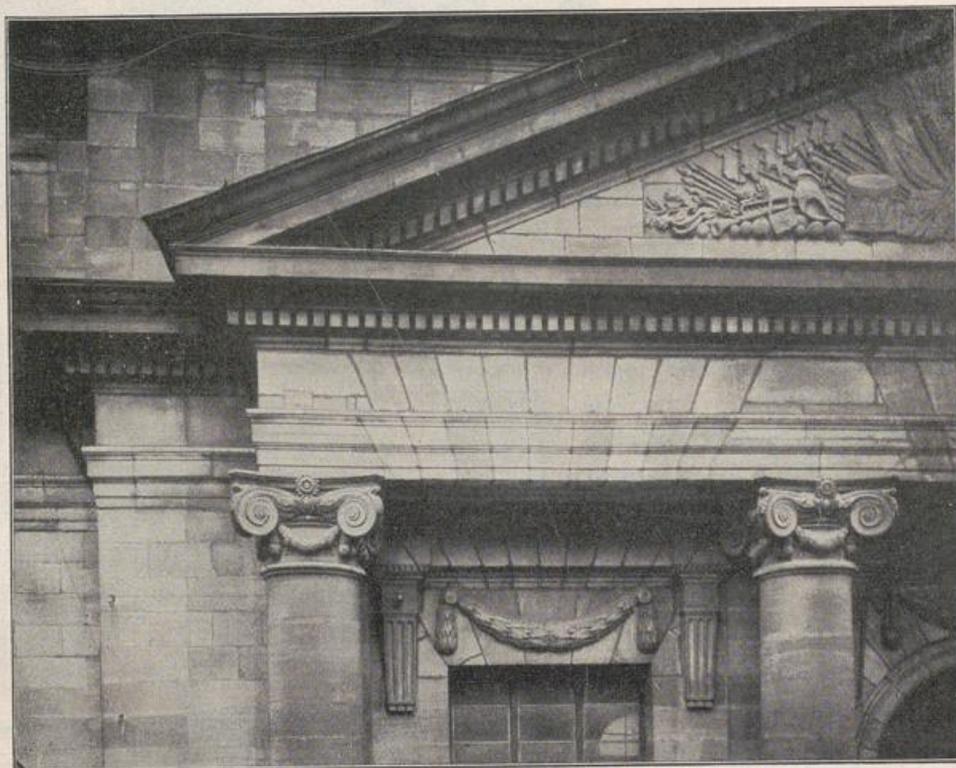
Säulen, so werden »Zugstangen« als Hilfskonstruktionen kaum zu umgehen sein (Abb. 192).

Freistehende Bogen können durch besondere Art der Zusammenfügung zu einem Traggerippe für Gewölbeschalen werden, wie bei den Kreuzgewölben unter E, 6, § 78 zur Besprechung gelangen soll. Des weiteren finden selbständige Bogen im Bauwesen Verwendung bei Fundamenten, s. I. Kapitel: Grundbau.

Den Übergang von selbständigen Bogen zu solchen, die im Zusammenhang mit Gebäudemauern stehen, bieten Bogen entsprechend den Abb. 193 u. 194; sie sind den Mauern vorgesetzt und greifen zugleich mehr oder weniger in diese ein.

**§ 49. Bogen in Gebäudemauern als sichtbare Architekturglieder.**  
Dergleichen Bogen — in ihren mannigfaltigen Formen — können als Verblendungen

Abb. 195. Scheitrechte Bogen.



an Mauern auftreten, entsprechend Abb. 184, oder durch die ganze Tiefe der Mauern reichen wie in Abb. 187, S. 112.

a) **Scheitrechte Bogen.** Stehen für Hausteinfassaden keine Werksteine von bedeutenden Abmessungen zur Verfügung, so muß, wie Abb. 195<sup>21)</sup> zeigt, als Aushilfe zur Anwendung von scheitrechten Bogen gegriffen werden. Hier erblicken wir über der Fensteröffnung einen solchen und über diesem noch drei weitere »scheitrechte Bogen«. In solchem Fall ist es Regel, zwischen den Bogenschichten »Hohlfugen« anzuordnen, damit jeder Bogen nur sich selbst zu tragen hat. Weiter empfiehlt es sich, um gefährlich-spitze Winkel an den einzelnen Bogensteinen zu vermeiden die Wölbungsfugen ent-

<sup>21)</sup> Die Abb. 195 ist entnommen: PAUL JOHANNES RÉE, »Nürnberg«, Leipzig und Berlin 1900.

sprechend der Darstellung in Abb. 196 zu gestalten. Die Widerlager sind nach Abb. 196 oder nach Abb. 197 zu bilden. Letztere, hakenförmige Form ist weniger zu empfehlen, da Hakensteine bei  $d \dots a$  leicht brechen können; je weniger zuverlässig das Gesteinsmaterial derselben ist, um so kürzer wird die Hakenausladung ( $d \dots c$ ) und um so länger die

Abb. 196. Wölbungsfugen zur Vermeidung spitzer Winkel an den Steinen.

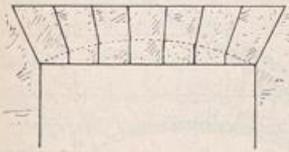


Abb. 197. Metalleinlagen als Ersatz des Verbandes der Wölbsteine.

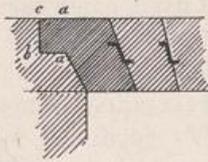


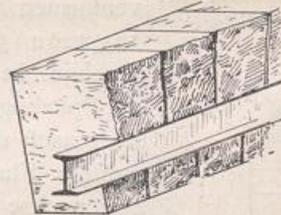
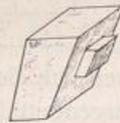
Abb. 198. Hakenförmige Form der Wölbsteine.



Hakenhöhe ( $b \dots c$ ) sein müssen. Eine seit alter Zeit überlieferte Form für die Wölbsteine zeigt Abb. 198; auch ist ein Verband der Wölbsteine durch Steinansätze nach Abb. 199 zur Ausführung gekommen. Einen Ersatz für letztere bieten Metalleinlagen nach Form von — oder  $\llcorner$  (s. Abb. 197).

Abb. 199. Verband der Wölbung durch Steinansätze.

Abb. 200. Scheitrechter Bogen mit eiserner Hilfskonstruktion.



Binden die Wölbungssteine bei einer Verblendarchitektur in ihrem hinteren Teile in die Mauer ein, so wird der Bogen teilweise entlastet; reicht aber der scheitrechte Bogen über einer Maueröffnung (Fenster oder Tür) durch die ganze Mauertiefe, so erscheint irgend eine Hilfskonstruktion in Eisen erwünscht. Die einfachste Art einer solchen dürfte wohl die Abb. 200 veranschaulichen.

b) **Halbkreisbogen.** Bei Werkstein-Fassaden mit Bogen über Öffnungen, liegt der Gedanke nahe, die Schichtenhöhe der Fassade in die Quadereinteilung der Bogen zu überführen; die Abb. 201 bis 203 zeigen einige Beispiele. Die sich bei Ausbildung

Abb. 201. Nicht empfehlenswerter Halbkreisbogen aus Haustein.

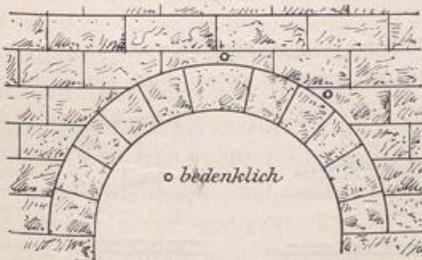
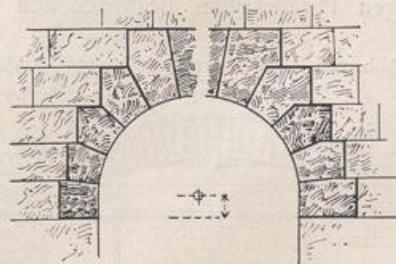


Abb. 202 u. 203. Überführung der Schichten-teilung der Fassade in die Quadereinteilung der Bogen.



nach Abb. 201 ergebenden spitzen Steinwinkel und die geringe Höhe der Schichtensteine über dem Bogenschlußstein sind sehr bedenklich.

Wie bei der Wahl solcher Bogenformen meistens künstlerische Gesichtspunkte maßgebend sind, so werden Bogen oft aus ästhetischen Gründen gestelzt, d. h. man verlegt hinsichtlich der formalen Ausbildung des Bogens die »Kämpferlinie« nach abwärts. Der Grund hierfür liegt in dem Umstand, daß für den aufwärts Blickenden die über

seiner Augenhöhe sich befindenden lotrechten Linien scheinbar Verkürzung erfahren. Damit nun nicht in hoher Lage befindliche Bogen gedrückter aussehen als sie in Wahrheit sind, nimmt man diese Stelzung vor (s. Abb. 202).

c) **Stichbogen.** Die Ausbildung der Bogensteine kann hier entsprechend Abb. 204 u. 205 erfolgen. Eine Ausbildung des Widerlagers nach Abb. 206 ist verwerflich.

Abb. 204 u. 205. Konstruktion der Stichbogen aus Haustein.

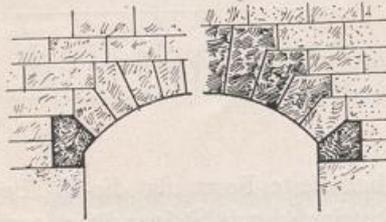


Abb. 206. Verwerfliche Ausbildung der Widerlager.



d) **Spitzbogen.** Für diese sind Kurvenformen in Abb. 125, 126 u. 134, S. 101 gegeben. In schlanken Spitzbogen lassen sich die Fugen der Wölbsteine in der Nähe des Scheitels nicht nach den Kurvenmittelpunkten richten; es müssen daher für diese besondere Fluchtpunkte auf der Kämpferlinie oder auf der senkrechten Bogenachse gewählt werden (s. Abb. 234, S. 120 u. 245, S. 121).

e) **Bei Bogen mit zusammengesetzten Krümmungskurven** sind, wie oben erwähnt, die Bogenfugen radial nach den einzelnen Krümmungsmittelpunkten zu richten; auch bei diesen Wölbungen kann Stelzung angeordnet werden. Abb. 207 zeigt die Ausführung eines einhöftigen Bogens.

Werden Wölbungsformen freihändig, solcherweise angenommen, daß Mittelpunkte nicht bestimmbar sind, so sind die Richtungen der Wölbungen nach statischer Empfindung anzulegen.

§ 50. **Bogen in Gebäudemauern als Hilfskonstruktionen.** Wenn die im vorigen Paragraphen besprochenen Bogen den Blicken durch Mauerverputz entzogen

Abb. 208. Unrichtig angeordneter Entlastungsbogen.

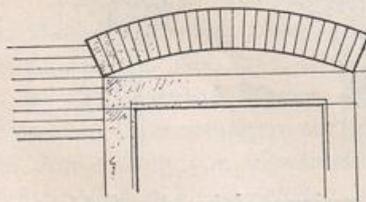
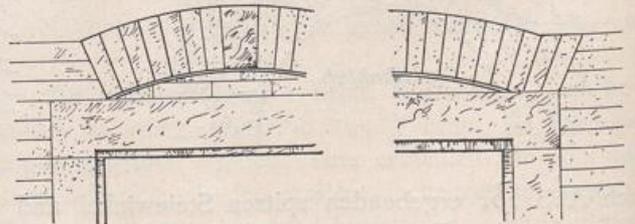


Abb. 209 u. 210. Entlastungsbogen über Tür- und Fensterstürzen. (Hohlfugen unter denselben.)



werden, kann man sie in gewissem Sinne auch als Hilfskonstruktionen bezeichnen; doch handelt es sich an dieser Stelle um Bogen, die zur Entlastung von Tür- und Fensterüberdeckungen dienen und um solche, die in Mauerwerk eingesetzt werden, so daß ihre untere Leibung unsichtbar ist. Man nennt solche Bogen: Entlastungsbogen.

a) Um das Durchdrücken von Öffnungsüberdeckungen, seien es Stürze oder schwache Bogen, durch Mauerlasten zu verhindern, werden über denselben tragfähige Entlastungsbogen angeordnet. Bei Tür- und Fensterstürzen empfiehlt es sich — im Gegensatz zu Abb. 208 — die Wölbungswiderlager (Abb. 209) oder die Köpfe der Bogen (Abb. 210) auf den Sturzenden aufsitzen zu lassen, um den Sturz selbst fest einzuspannen. Diese Entlastungsbogen erhalten als »Stich« etwa  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{10}$  ihrer Spannweite. Erfolgt die Überdeckung der dahinter befindlichen Fensternische gleichfalls durch einen Bogen, so können diese beiden Bogen, wie bereits erwähnt, getrennt als zwei Ringe (Abb. 211) oder in einen einzigen Bogen vereinigt ausgeführt werden (Abb. 212 bis 215).

Erhält die innere Fenster- oder Türleibung »Verkleifung«, d. h. stehen ihre Wandflächen nicht senkrecht, sondern schräg zum inneren Mauerhaupt (Abb. 218), so wird die Kämpferlinie des Nischenbogens (*mn* in Abb. 186, S. 112) bei Ausführung des Bogens mit wagerechter Scheitellinie (Abb. 186), nicht ebenfalls wagerecht, sondern

Abb. 211. Getrennte Ausführung des Entlastungsbogens und des Überdeckungsbogens der Fensternische.

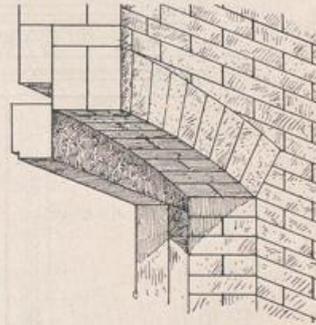
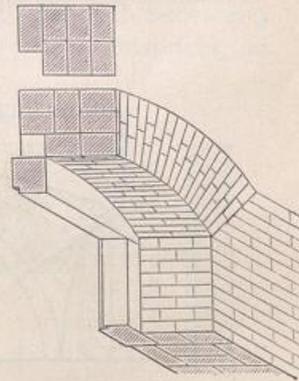
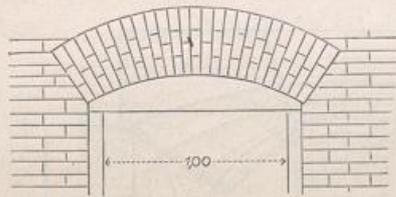
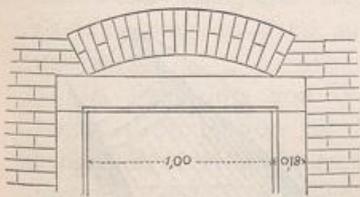


Abb. 212 bis 215. Entlastungs- und Überwölbungsbogen als ein einziger Bogen ausgeführt.

Abb. 212. Ansicht.

Abb. 213. Rückseite.

Abb. 214 u. 215. Querschnitte.



gegen das Innere des Gebäudes abfallend verlaufen, was als Übelstand empfunden würde. Bei starker Nischenverkleifung und dicken Mauern empfiehlt es sich, den Nischenbogen in einzelnen Ringschichten auszuführen, die dann auf wagerechter Kämpferebene stufenförmig aufgesetzt werden (Abb. 216 bis 218).

Zur Entlastung von Stürzen oder schwachen Bogen bei zwei- oder mehrteiligen Fenstern ist eine Konstruktion wie in Abb. 219 oder 220 geeignet.

Besondere Schwierigkeit bietet bei dicken Mauern die Herstellung von Nischenüberwölbungen, wenn die unter denselben

Abb. 216 bis 218. Nischenbogen in dicken Mauern.

Abb. 216. Ansicht.

Abb. 217. Widerlager.

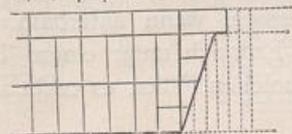
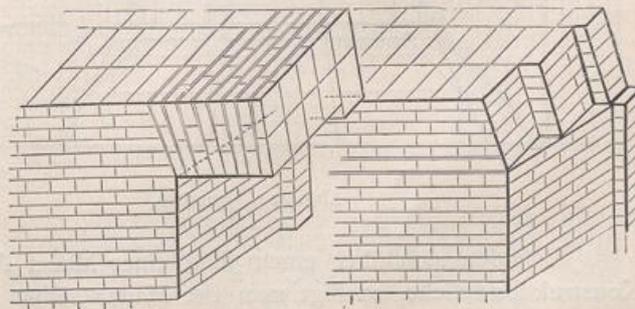
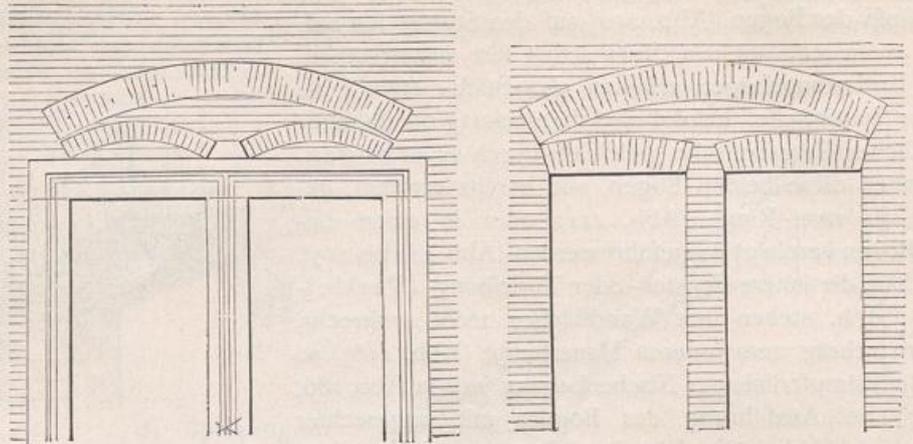


Abb. 218. Grundriß.

befindlichen Öffnungsverschlüsse (Fensterflügel, Türen, Tore) seitwärts, um senkrechte Achsen sich drehend, zu öffnen sind, in welchem Falle die Wölbung als »Kernbogen«,

Abb. 219 u. 220. Entlastungsbogen bei mehrteiligen Fenstern.



der eine muldenförmige Aushöhlung bildet, herzustellen ist. Die Abb. 221 bis 224<sup>22)</sup> zeigen die Konstruktion desselben, die auch für den Fall Gültigkeit hat, daß die obere Abschlußkante des Kernbogens nicht eine gebogene, sondern eine wagerechte Linie zeigt.

Abb. 221 bis 224. Kernbogen.

Abb. 221. Ansicht.

Abb. 223 u. 224. Gewölbsteine.

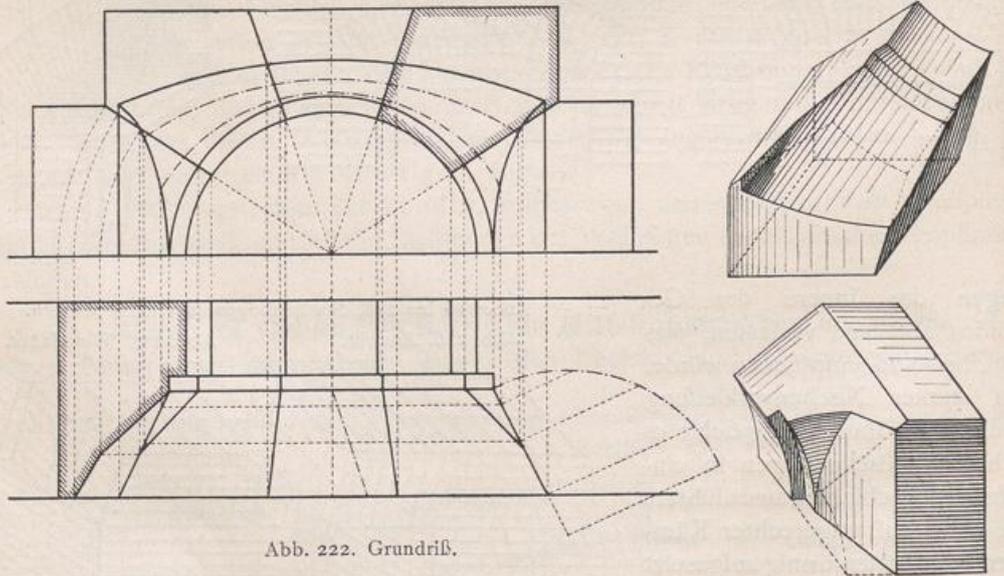


Abb. 222. Grundriß.

b) Befinden sich über einem Teil einer Mauer Aufbauten oder besonders schwere Konstruktionsstücke, so fügt man der Mauer selbst einen Entlastungsbogen ein. Dergleichen wird solches erforderlich, wenn unterhalb eines Mauerteils viel Öffnungsraum sich befindet oder wenn das Erdreich unter einem Teil der Mauer sich als wenig tragfähig erweist. Da in vielen solchen Fällen es nicht angängig ist, unter dem Entlastungs-

<sup>22)</sup> Die Abb. 221 bis 224 sind hergestellt nach: LEJEUNE, »Traité pratique de la coupe des pierres«, Paris.

bogen eine Hohlfuge anzuordnen, so wird, wie bereits besprochen, der Bogen einen Teil seiner Nutzlast durch Druck abwärts weitergeben, weshalb es sich unter Umständen empfiehlt, statt eines solchen Entlastungsbogens, deren mehrere übereinander anzulegen (Abb. 225).

Abb. 225. Mehrere Entlastungsbogen übereinander.

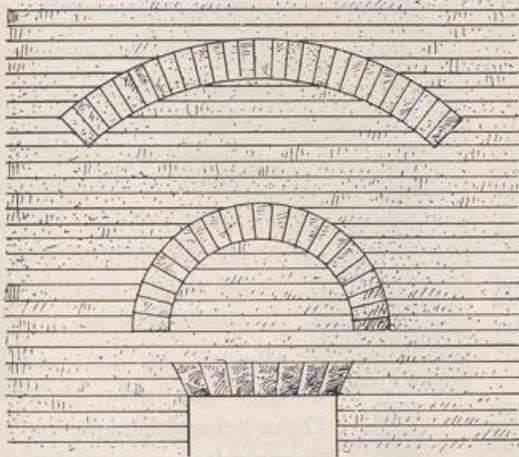


Abb. 226. Gewölbefugen mit parallelen Seitenflächen (Keilsteine).

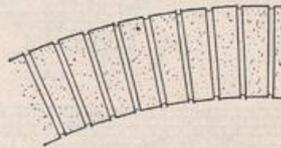
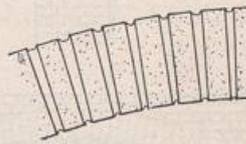


Abb. 227. Keilförmige Mörtelfugen (Normalsteine).

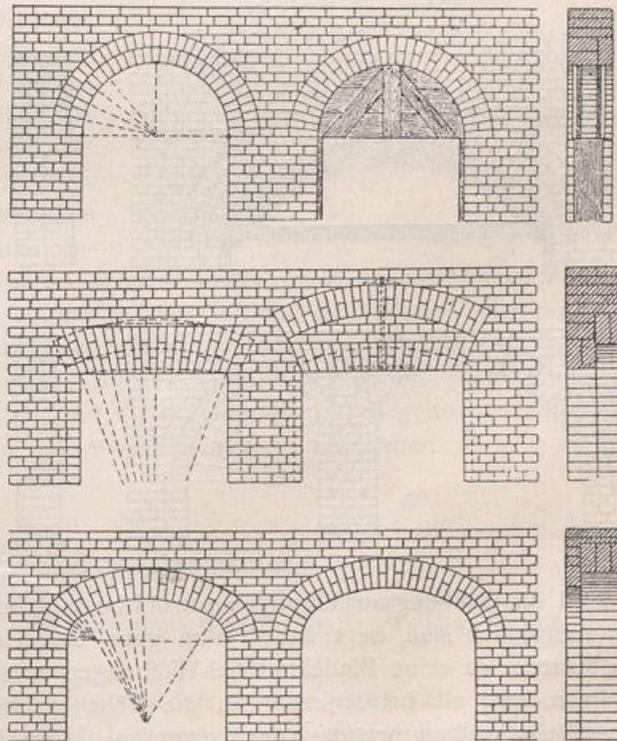


**§ 51. Ausführung.** Was für die Ausführung der Bogen gilt, hat auch Bedeutung für die Herstellung der Tonnengewölbe, deren Querschnitt diesen Bogen entspricht, so daß dieser Paragraph zugleich als Ergänzung zu § 60 zu betrachten ist.

Bei Benutzung von Werk- oder Bruchsteinen zu Wölbungen ist denselben eine keilförmige Gestalt zu geben; die Gewölbefugen erhalten dann parallele Seitenflächen (Abb. 226). Wird mit Backsteinen gewölbt, so benutzt man entweder ebenfalls keilförmige Backsteine »Formsteine«, sofern solche erhältlich sind, oder man verwendet — wie es meistens der Brauch ist — unbehauene »Normalsteine« und bildet die Mörtelfugen keilförmig (Abb. 227).

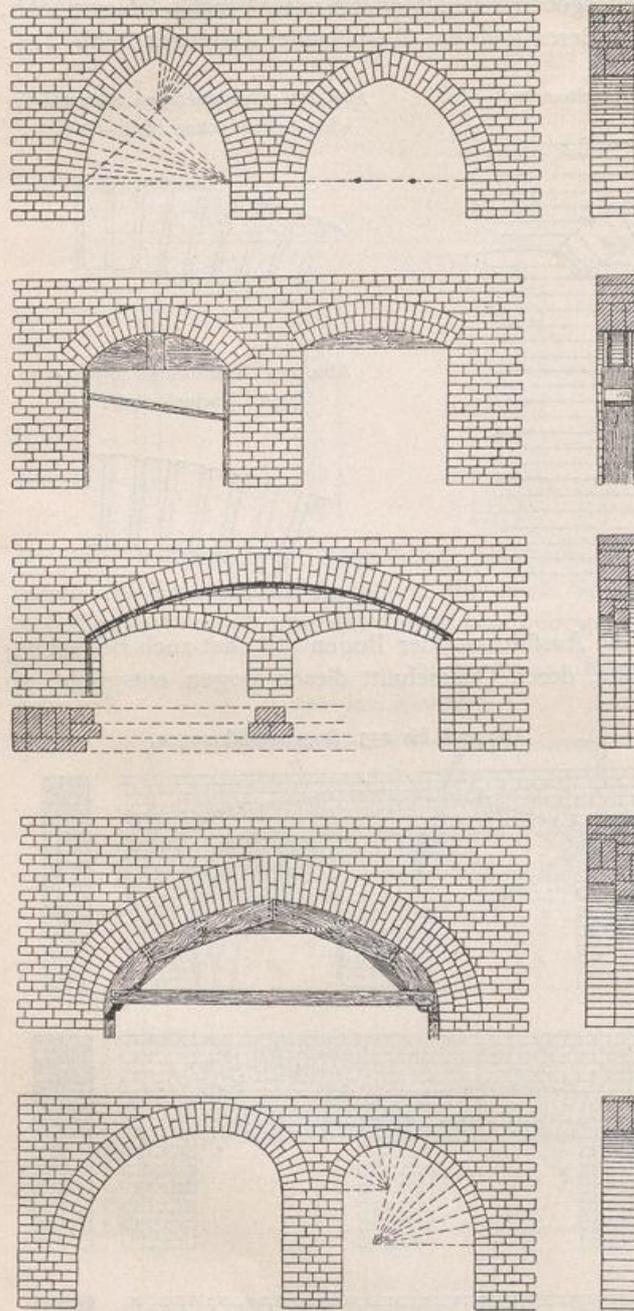
Die Abb. 228 bis 243<sup>23)</sup> zeigen eine Anzahl von Bogenausführungen in Backsteinmaterial. Bei entsprechender Dicke von Bogen und Gewölben lassen sich bei denselben auch mehrere der für Mauern und Pfeiler be-

Abb. 228 bis 233. Bogenausführungen.



<sup>23)</sup> Die Abb. 228 bis 243 sind hergestellt nach: LACHNER, »Lehrhefte für den Einzelunterricht«, Leipzig.

Abb. 234 bis 243. Bogenausführungen.



sprochenen Verbandarten anwenden; im allgemeinen gelten für Wölbungen, deren Schalendicke aus mehreren Steinen besteht, folgende Regeln:

1. Radialfugen (Lagerfugen) müssen durch die ganze Tiefe der Wölbungsschale reichen.
2. Stoßfugen zweier benachbarten Wölbungsschichten dürfen weder im Innern der Wölbungsschalen noch an deren Leibungen zusammentreffen.

Handelt es sich um Wölbungen von sehr bedeutender Dicke bei verhältnismäßig kleiner Spannweite, so empfiehlt es sich, die Wölbung in zwei oder mehr Ringen auszuführen (Abb. 244), da bei einer einzigen Wölbungsschicht an ihrer inneren Leibungsfläche die Gewölbesteine zu spitz und an der äußeren die Fugen zu weit ausfallen würden. Auch die Abb. 228 zeigt einen doppelten Bogen, sowie ferner Abb. 240 an den beiden Bogenanfänger-Teilen dreifache Schichtung. Die Anordnung mehrerer Wölbungsringe übereinander findet hauptsächlich Verwendung bei Bogen, während sie bei Gewölben heutigen Tages, mindestens in Deutschland, ziemlich außer Gebrauch ist. Verstärkung von Gewölben erzielt man durch Anordnung von »Gurten« (Rippen), entsprechend der Verstärkung von Mauern durch Pfeiler.

Daß für Wölbungsausführungen sowohl beste Arbeit als auch beste Materialien durchaus erforderlich sind, liegt nahe. Von ganz besonderer Wichtigkeit ist hier die Güte des Mörtels, da seine Bindekraft bei Wölbungen noch wesentlich mehr in Anspruch genommen wird als bei senkrecht in die Höhe geführtem Mauerwerk. Man verwendet daher beim wölben meistens »verlängerten« Mörtel oder reinen »Zementmörtel«. Die Weite der Mörtelfugen soll in der ganzen Wölbung die gleiche sein, um ungleiche Setzungen einzelner Teile derselben zu verhüten.

Bezüglich der Bogenwiderlager und Bogenanfänger sei auf die folgenden Ausführungen bei den Gewölben verwiesen, da das dort zu Besprechende auch für die Bogen gilt.

Abb. 244. Wölbungen von sehr bedeutender Dicke.

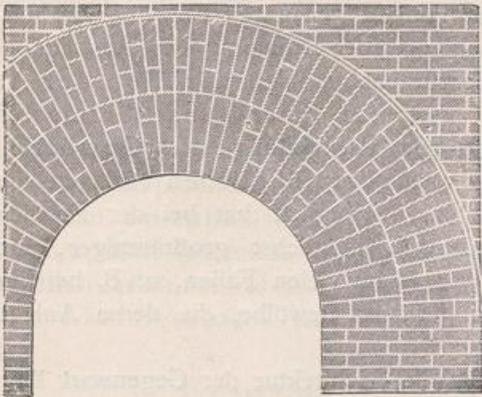
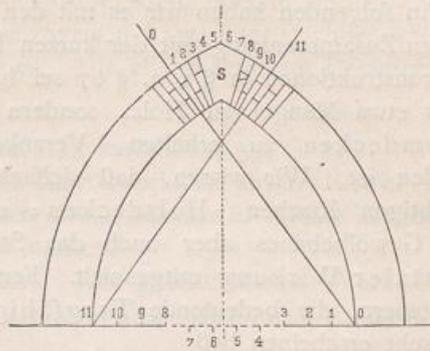
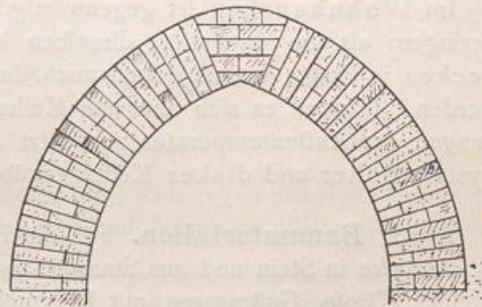


Abb. 245. Schlußstein im Bogenscheitel.



Hinsichtlich der Bogenscheitel ist zu bemerken, daß bei Ausführung der Wölbung in Backsteinen die Bogen häufiger im Scheitel einen Werkstein als Schlußstein (Abb. 245) erhalten, als solches entsprechenderweise bei Gewölben der Fall ist. Stehen für den Scheitelschluß weder Werksteine noch besondere Ziegel-Formsteine, sondern lediglich Bruchsteine oder Normalbacksteine zur Verfügung, so ist Sorge zu tragen, daß die, die Wölbung schließenden Steine vom Maurer, soweit es die Dicke des Steines gestattet, keilförmig zubehauen werden, oder man mauert den Wölbungsschluß entsprechend Abb. 246. Bei mittelalterlichen Spitzbogen-Maueröffnungen trifft man gelegentlich, namentlich bei Hausteinbogen lotrechte Fugen im Wölbungsscheitel an, doch ist eine solche Ausführung nicht zu empfehlen; für Gewölbe muß diese Konstruktionsart aber als durchaus unzulässig bezeichnet werden.

Abb. 246. Wölbungsschluß.



Schlußsteine der Bogen und Gewölbe müssen sehr vorsichtig mit dem Hammer in die Wölbung eingetrieben werden, um die weiter unten bereits begonnene Arbeit des Abbindens seitens des Mörtels, nicht zu unterbrechen, bzw. aufzuheben.

#### D. Gewölbe. Allgemeines.

§ 52. Zweck und Anlage. Im Hochbau dienen die Gewölbe hauptsächlich folgenden Aufgaben:

1. Sie können den Gebäudegrundmauern Schutz gegen Erd- und Wasserdruck bieten, oder die Verteilung von Pfeilerlasten auf größere Grundflächen vermitteln. Hierüber ist im I. Kapitel: »Grundbau« das Nähere mitgeteilt.

2. Sie können den Abschluß eines Raumes nach oben hin bilden, wobei die Wölbung auch gleichzeitig zum Träger einer Nutzlast werden kann. Solche Raum-Deckwölbungen können auch zugleich das Dach über einem Gebäude oder einem Teile desselben bilden; in anderen Fällen werden über den Deckwölbungen besondere Dächer aufgeführt.

Im folgenden haben wir es mit den unter Punkt 2 genannten Gewölben zu tun.

Im Zusammenhang mit der kurzen Betrachtung über Erfindung und Ausbildung von Baukonstruktionen in § 1 u. § 67 sei hier hervorgehoben, daß nördlich der Alpen nicht etwa Mangel an Holz, sondern das Bestreben feuer- und fäulnissichere Raumdecken zu erhalten, Veranlassung zur Ausbreitung der Gewölbe geworden ist. Wir wissen, daß vielfach die alten ursprünglichen Anlagen unserer mächtigen Kirchen »Holzdecken« enthielten. Sicherlich hat bei der Entwicklung des Gewölbebaues aber auch das Streben nach möglichst großräumiger, monumentaler Wirkung mitgespielt. Ferner war es in vielen Fällen, z. B. bei Burgen, Schlössern, die bedeutende Tragfähigkeit gewisser Gewölbe, die deren Anlage erwünscht erscheinen ließ.

Alle diese Gesichtspunkte haben auch für die Architektur der Gegenwart ihre Bedeutung; man versieht Kirchen mit Gewölben und desgleichen in Monumentalbauten die Hallen, Vorplätze, Treppenhäuser, Korridore usw.; ferner kommen Gewölbe zur Anwendung bei Archiven, Kassenräumen, Kellern u. dgl. m. Da die Gewölbe starke Widerlagsmauern beanspruchen, so werden sie besonders für jene Räume in Frage kommen, deren Umfassungsmauern schon aus anderen Gründen bedeutende Stärkenmaße aufweisen.

Im Wohnhausbau ist gegenwärtig die Verwendung von Gewölben eine wesentlich geringere als im Mittelalter; dieselben kommen hier hauptsächlich noch als Kellerdecken in Frage, wo sie jedoch auch durch neue Deckenkonstruktionen verdrängt werden. Handelt es sich aber um Kelleranlagen, die besonders gut gegen die Schwankungen der Außentemperatur geschützt sein sollen, so wird zu dem bewährten alten System hoher und dicker Kellergewölbe zurückgegriffen.

**§ 53. Baumaterialien.** Für die Herstellung von Gewölben kommen in Betracht: Werkstücke in Stein und aus Stampfmassen, Bruchsteine, Backsteine (massive oder Hohlsteine), Töpfe, Gußmassen mit Kalkmörtel oder mit Zement als Bindemittel (Beton), armierte Gußmassen (Rabitz-, Monier-, Hennebique-Systeme, Drahtziegelnetz-, Streckmetall- usw., -Konstruktionen). Unter diesen Materialien und Verfahren wird bei Gewölbeausführungen zu wählen sein, je nachdem, ob es sich um Gewölbe handelt, die:

1. außer der eigenen Last noch Nutzlasten aufzunehmen, oder
2. lediglich sich selbst zu tragen haben.
3. Ferner ist hier die Frage von Einfluß, ob das Gewölbe in einem gedeckten Raum ausgeführt werden soll, oder ob es zugleich selbst als Bedachung dient, so daß dasselbe den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt ist.

Je größer die Last der Gewölbe — um so fester und schwerer muß ihr Herstellungsmaterial sein. Werden Gewölbe lediglich als wirkungsvoller Raumabschluß, unterhalb von tragenden Decken oder selbständigen Dächern, ausgeführt, so wird man sie aus möglichst leichten Stoffen herstellen. Da die moderne Technik in der Erfindung leichter und bequem auszuführender entsprechender Konstruktionen sehr schöpferisch ist, so dürfte solches auf die Wiederbelebung der Anordnung von Gewölben fördernd wirken, nachdem diese in den letzten Jahrzehnten infolge der weiten Verbreitung der I-Eisen-träger wie eben erwähnt vielfach außer Gebrauch gekommen sind.

Besteht ein Gewölbe aus einem System tragender Gurten (Rippen) und dazwischen befindlichen Wölbeschalen, so werden die Gurten in Haustein (bzw. in »Ersatz« desselben durch Beton oder Kunststein) und die Zwischenfelder in leichtestem Material ausgeführt.

Bei Gewölben, die zugleich auch als Dach zu dienen haben, kann als Baumaterial Haustein verwendet werden; führt man diese Gewölbe in Backsteinen, oder in einer konstruktiven Verbindung von Backsteinrippen und Gußmassen, oder in Töpfen aus, so muß die äußere Gewölbeleibung mit Verputz überzogen und mit einer Dachdeckung, zu der am besten Metall gewählt wird, umhüllt werden. Die allergeeignetste Dachdeckung bietet das Kupfer.

**§ 54. Herstellung der Gewölbeschale.** (S. zunächst § 51, S. 119.) Wie in § 42, S. 101 besprochen, handelt es sich bei den Gewölbeschalen um Zylinder-, um Kegel- und um sphärische Flächen. Werden diese Schalen in Stein hergestellt, so hat man unter folgenden Ausführungsarten zu wählen.

a) **Steinverbände.** a) *Für Zylinderflächen.* Der gebräuchlichste Verband ist hier der Läuferverband (Lagerverband, Kufmauerung) (Abb. 247 bis 250). Bei

Abb. 247 bis 250. Läuferverband.

Abb. 247 u. 248.

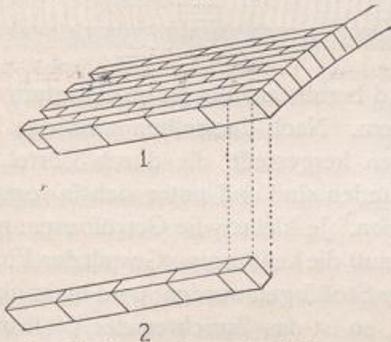
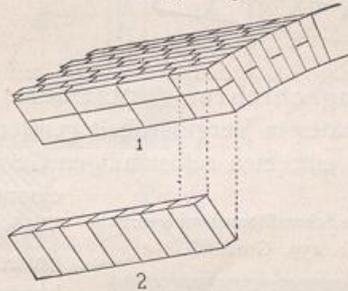


Abb. 249 u. 250.



diesem laufen die Lagerfugen (s. Abb. 141, S. 103) deren Lage sich gegen den Gewölbescheitel hin immer mehr einer lotrechten Ebene nähert, mit der Kämpferlinie parallel, an welcher der

Beginn der Wölbeausführung stattfindet. Die Stoßfugen jeder Läufer-schicht (auch »Schar« genannt), befinden sich in Ebenen normal zur Kämpferlinie und müssen unter sich einen regelrechten Verband bilden.

Abb. 251. Schablonen zur Einhaltung der Fugenrichtung.

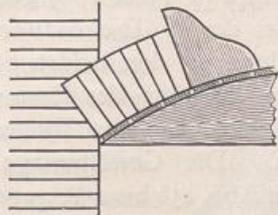
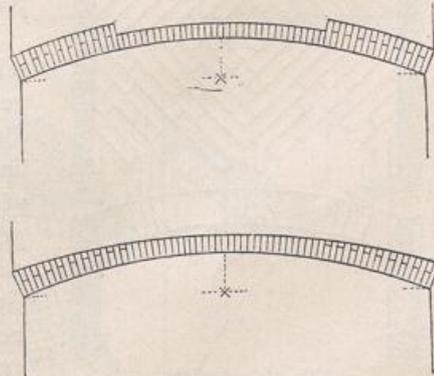


Abb. 252 u. 253. Verstärkung der Gewölbeschale an ihren Anfängen.



Die Ausführung der Wölbung bedarf beim Läuferverband einer vollständigen »Einrüstung«, d. h. einer Schalung auf Lehrbogen, die auf Pfosten oder dgl. stehen (s. § 45, S. 106). Zur Einhaltung der Fugenrichtung benutzt man Schablonen (Abb. 251), die auf der Gerüstschalung entlang geschoben werden.

Je flacher ein zylinderförmiges Gewölbe gestaltet ist, um so notwendiger wird eine Verstärkung der Gewölbeschale an ihren Anfängen (s. § 44, S. 105). Meistens wird eine solche unter Anordnung von Absätzen ausgeführt (Abb. 252); wesentlich empfehlenswerter ist jedoch der allmähliche Übergang zu größerer Gewölbestärke (Abb. 253).

Sollen auf der Gewölbeschale zu ihrer Verstärkung im allgemeinen (s. § 51) oder für Aufnahme von Lasten an bestimmten Stellen (für Querwände u. dgl.) Gurten (Rippen) angeordnet werden, so sind solche im Verband mit den Gewölbeschalen auszuführen (Abb. 254 u. 255). Was hier für Backsteine gezeigt ist, gilt auch für Werk- und für Bruchsteine.

Abb. 254 u. 255. Verstärkungsgurten auf der Gewölbeschale.

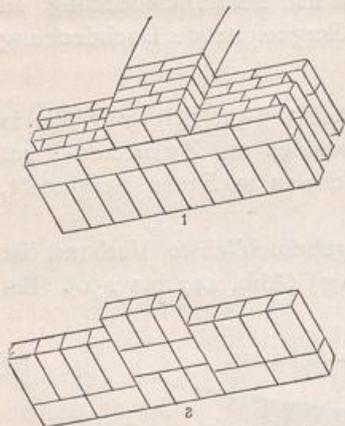
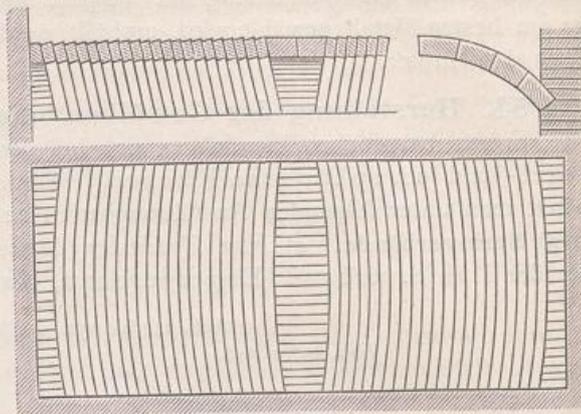


Abb. 256 bis 258. Ringschichtenverband mit Läufer-schichten an den Stirnmauern und in der Mitte des Gewölbes.



Der Ringschichten-(MOLLERSche)Verband beruht auf einem im Altertum wohl bekannten, später in Vergessenheit geratenen System. Nach demselben wird das Zylinder-gewölbe in einzelnen selbständigen Gewölberingen hergestellt, die durch Mörtel fest mit-

Abb. 259 u. 260. Schwalbenschwanzverband.

Abb. 259. Grundriß.

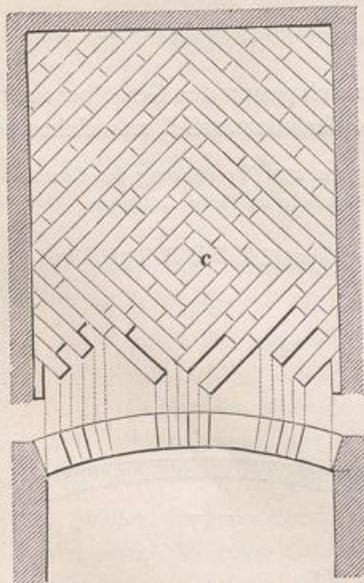


Abb. 260. Ansicht.

einander verbunden sind und unter sich in regelrechtem Verbande stehen. Je kleiner die Gewölbespannweite ist, um so spitzer muß die keilförmige Gestalt der Einzelsteine bezüglich ihrer Stoßfugen werden; wird nicht über Formsteine verfügt, so ist das Zurichten der Wölbsteine umständlich. Diesem Nachteil steht der Vorteil gegenüber, daß bei Anwendung des MOLLERSchen Verbandes die ihrerseits umständliche, vollständige Lehrbogen-Aufstellung gespart wird, da hier die Benutzung der Rutsche (s. Abb. 160) genügt.

Bei der Wölbeausführung wird mit den Ringschichten an den beiden Stirnmauern begonnen und gegen die Mitte des Raumgrundrisses hin gearbeitet; die Herstellung jeden Ringes beginnt an den Kämpferlinien. Die Gewölberinge können senkrecht oder, wie in Abb. 256 bis 258, gegen die Stirn-(Schild-)Mauern geneigt hergestellt werden. Der Gewölbeschluß an der mittleren Raum-Querachse kann unter Herstellung eines Gewölberinges in Läuferverband erfolgen, wodurch in bequemer Weise eine Verspannung der Ringschichten erzielt wird; desgleichen empfehlen sich Läufer-schichten an den Stirnmauern bei geneigten Ringschichten (Abb. 256

bis 258). Bei solchen geneigten Ringschichten spitzt sich der mittlere im Läuferverband ausgeführte Schlußring nach den Gewölbe-Kämpfern hin zu.

Der Schwalbenschwanz-Verband (Weiherschwanzverband) zeigt Lagerfugen der Wölbung in einem Neigungswinkel von  $45^\circ$  gegen die Gewölbekämpfer gerichtet (Abb. 259

u. 260). Es ergeben sich hierbei 4 Gewölbefelder, deren Schub auf die Längsmauern und auf die Schildmauern wirkt, so daß auch letztere ein Gewölbewiderlager zu erhalten haben. Neben der Druckentlastung der Längsmauern tritt auch für die Herstellung des Gewölbes ein Vorteil auf. Da nämlich die entsprechenden Gewölbeshichten sich sofort gegenseitig verspannen, so kann ein eigentliches Lehrgerüst, auf dem die Gewölbeteile zunächst zu ruhen haben, vollständig entbehrt werden, sofern man nicht von der Mitte der Raumfläche, wie solches aber auch ab und zu beliebt wird, sondern von den Raumecken aus mit der Wölbungsarbeit beginnt. Um die Richtung der Wölbungsform einzuhalten, stellt man Diagonal-Lehrbogen auf, die jedoch keine Belastung erfahren.

Ein Übelstand bei Herstellung dieses Gewölbes ist die Notwendigkeit, die einzelnen Wölbungssteine in umständlicherer Weise als bei den beiden anderen genannten Wölbungsverbänden zuzuhauen.

Der Schwalbenschwanzverband empfiehlt sich daher nur bei flachen Gewölben, da bei diesen der Steinbehau geringer ist als bei stark gewölbten Flächen.

Über den Zusammenschluß der 4 Gewölbefelder wird in § 55 abgehandelt werden.

β) Für Kegelflächen (Konische Gewölbe). Bei Ausführung derselben können die genannten 3 Verbandarten ebenfalls Anwendung finden, wobei sich beim Läuferverband (Kufmauerung), und beim Schwalbenschwanzverband (Abb. 261 bis 263) die Notwendigkeit des Zuhauens der Steine bezüglich ihrer Lagerflächen ergibt. Beim MOLLERSchen Verband (Abb. 264 bis 266) wird die Herstellung des Gewölbeschlusses durch einen Läuferstreifen — wie bei den geneigten Ringschichten im zylinderförmigen Gewölbe — erforderlich, sofern nicht in jeder einzelnen Schicht die Wölbesteine gegen die Spitze des Kegels zu geringere Breite erhalten. Die Abb. 267 u. 268 zeigen eine weitergehendere Vereinigung von Läufer- und Ringschichten.

γ) Für sphärische Flächen. Beim Wölben derselben wird meistens der Läuferverband

Abb. 261 bis 263. Schwalbenschwanzverband bei konischen Gewölben.

Abb. 261. Ansicht.

Abb. 262. Querschnitt.

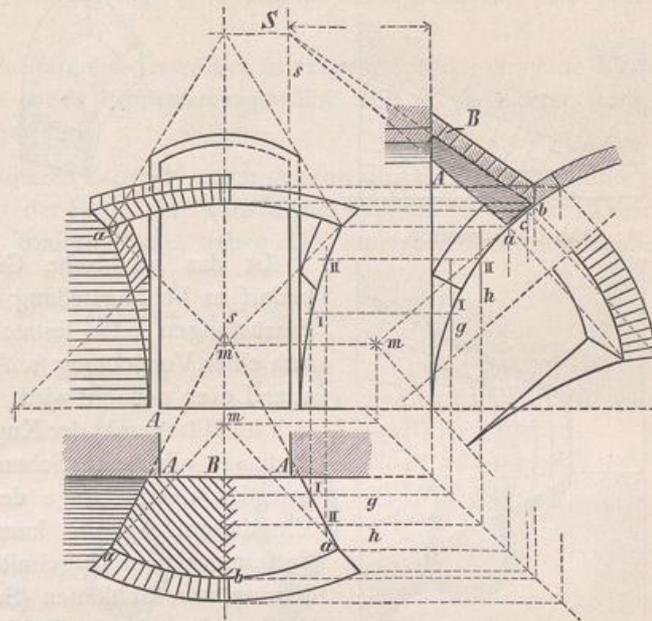


Abb. 263. Grundriß.

Abb. 264 bis 266. MOLLERScher Verband bei konischen Gewölben.

Abb. 264. Ansicht.

Abb. 265. Querschnitt.

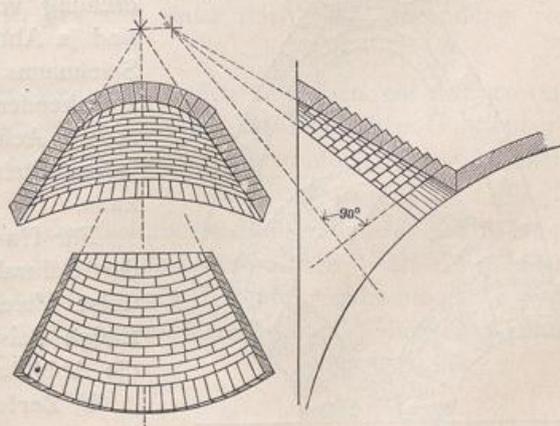


Abb. 266. Grundriß.

in Anwendung gebracht unter Zubehau der Wölbsteine, sofern das Verhältnis deren Größe zum Umfang der Wölbungsschale solches erfordert. Bei Werksteinen ist ein Zuhauen derselben selbstverständlich. Sie erhalten sowohl bezüglich der Lagerflächen, als der Stoßflächen konische (keilförmige) Gestalt (Abb. 269); ihre innere Leibungsfläche

Abb. 267 u. 268. Vereinigung von Läufer- und Ringschichten.

Abb. 267. Querschnitt.

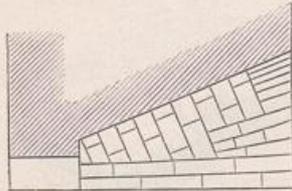


Abb. 268. Grundriß.

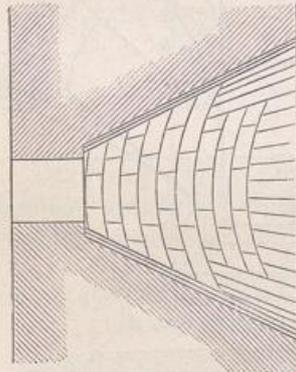
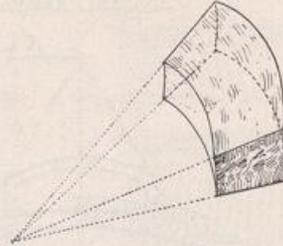


Abb. 269. Werksteine sphärischer Gewölbe.

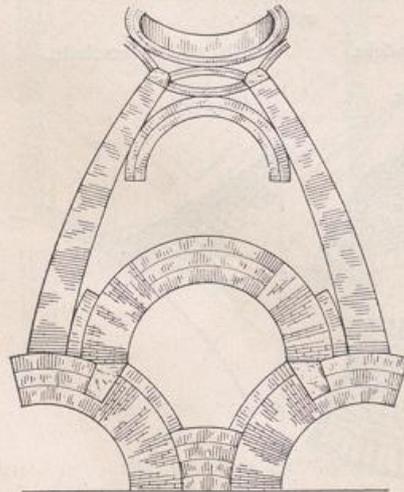


wird sphärisch gestaltet, d. h. sowohl der Vertikal- als der Horizontalschnitt weisen »Kurven« auf. Das gleiche gilt für die Außenfläche des Werksteines, sofern er durch die ganze Dicke der Gewölbeschale zu binden hat und somit seine Außenfläche einen Teil der Außenleibung des sphärischen Gewölbes bildet.

Ist das sphärische Gewölbe ein Kugelgewölbe, so bedarf es bei Herstellung der Wölbung keiner vollständigen Einrüstungen oder feststehender Lehrbogen. Man bedient sich einer Vorrichtung (s. Abb. 161, S. 108), die Spielmann oder Leier genannt wird. Auf der Spitze eines Pfostens, die sich im Mittelpunkt der Kugel befindet, wird in einer Öse eine Latte »l« oder eine Schnur, bzw. werden mehrere Schnüre, befestigt, deren Länge dem Radius der Kugel entspricht. Mit diesem Apparat kann jedem Wölbstein die richtige Entfernung vom Kugelmittelpunkt angewiesen werden. Bei den unteren Schichten (Scharen) der Wölbung werden die Wölbsteine durch ihr Eigengewicht im Mörtelbett fest-

gehalten; weiter hinauf müssen infolge der größeren Neigung der Läuferfugen gegen den Horizont (bei über  $30^\circ$ ) die einzelnen Steine durch ein Gewicht an einer Schnur »s«

Abb. 270. Zerlegung von Gewölben in tragende und getragene Teile.



so lange in ihrem Mörtelbett festgehalten werden, bis der Mörtel begonnen hat abzubinden.

Handelt es sich nicht um Kugel-, sondern um beliebige sphärische Gewölbefflächen, die durch Umdrehung von Bogenlinien um Achsen entstanden sind (s. Abb. 139, S. 101), so wird in der Achse des Spielmanns über der Gewölbekämpferhöhe ein entsprechender Lehrbogen aufgestellt, der um die senkrechte Achse zu drehen ist, wodurch ebenfalls jedem Stein der richtige Platz bestimmt werden kann.

Für flache sphärische Gewölbe empfiehlt sich der Schwalbenschwanzverband oder eine stückweise Vereinigung desselben mit Läuferverband. Einige Beispiele für sphärische Wölbungen bieten die Abbildungen 278, 346, 352 u. 407 bis 410.

**b) Zerlegung von Gewölben in tragende und getragene Teile.** Durch die regelrechte Aus-

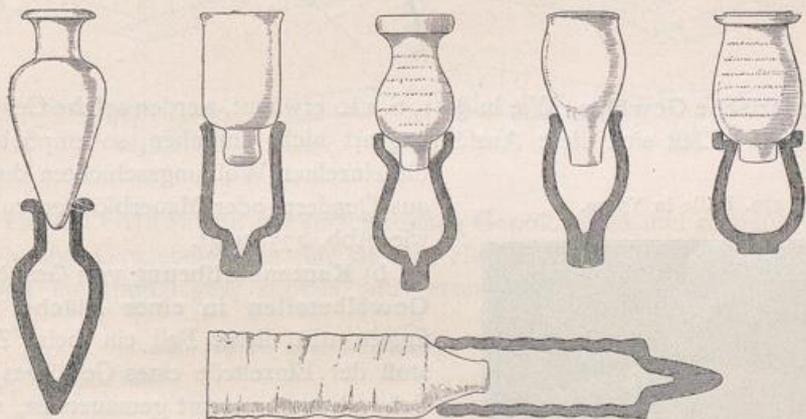
führung von Gewölben in einem der drei genannten Steinverbände wird deren innere Festigkeit erzielt. Ein weiteres Mittel in dieser Richtung beruht auf Zer-

legung großer Gewölbeflächen in einzelne Pfeiler, die durch Bogen miteinander verbunden werden, auf denen die zwischen den Pfeilern befindlichen Wölbungsteile sitzen. Die Abb. 270 zeigt das Prinzip dieses Systems. Dasselbe fußt auf der Erfahrung, daß — die nötige gute Berechnung und Ausführung vorausgesetzt — durch die Verteilung von bedeutenden Lasten auf einzelne Punkte mehr Gewähr für die Standfestigkeit eines großen Körpers geboten wird, als wenn dessen Last gleichmäßig auf, oder in, einer sehr langen Mauer auftritt. Ein Blick auf die »Füße« großer Eisenkonstruktionen, wie etwa bei dem allbekannten Eiffelturm in Paris, wird hier die beste Erläuterung bieten.

Im Gewölbebau wird die Gliederung des Gewölbes in tragende und getragene Konstruktionsteile in sichtbarer Weise beim Rippenkreuzgewölbe und in verdeckter Weise bei Kuppelgroßkonstruktionen angewendet.

c) **Topfgewölbe.** Sowohl in früheren Zeiten als auch gegenwärtig werden gelegentlich, des leichten Gewichtes wegen, statt der Backsteine Töpfe zum Wölben verwendet. Diese können einfache zylindrische oder konische Form haben oder unterschiedliche kunstvolle

Abb. 271 bis 276. Topfformen für Topfgewölbe.



Formen aufweisen (Abb. 271 bis 276).<sup>24)</sup> Sie werden sowohl stehend als liegend, und sowohl nebeneinander als auch ineinander gesteckt, unter reichlicher Anwendung von Mörtel verwendet.

d) **Gußgewölbe.** Im Altertum wurde vielfach bei den Gewölben ein Rippenwerk aus Backsteinen und Backsteinplatten hergestellt, das in den Hohlzellen Gußgemäuer erhielt. In vielen Fällen herrschte die Gußmasse räumlich aber noch wesentlich mehr vor (s. Abb. 385 bis 392).

Nach Einführung des »Betons«, und namentlich nach Einführung des »armierten Betons«, wird — wie oben bemerkt — diesen Konstruktionsarten beim Gewölbebau in der nächsten Zukunft voraussichtlich eine sehr große Bedeutung zukommen. — Eine Besprechung der Konstruktionen mit diesen Baumaterialien wird im V. Kapitel: »Eisenbetonkonstruktionen« geboten.

<sup>24)</sup> Die Abb. 271 bis 276, 331 bis 337, 385 bis 392 u. 411 bis 413 sind entnommen: dem »Handbuch der Architektur«, II. Teil, 2. Bd.: »Die Baukunst der Etrusker und Römer« von Geheimrat Prof. Dr. JOSEF DURM, 2. Aufl., Stuttgart 1905.

§ 55. Zusammenfügung von Gewölbeschalen. Gewölbeschalen können:  
 konzentrisch preß aufeinander liegen (Flächenberührung);  
 in der Lauflinie ihrer Wölbungsform aneinander stoßen (Kantenberührung in  
 einer Fläche) oder  
 unter irgend einem Winkel aufeinander stoßen (Winkelberührung).

Abb. 277. Konzentrische Gewölbe.

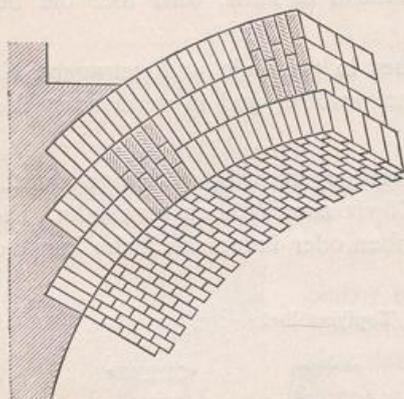
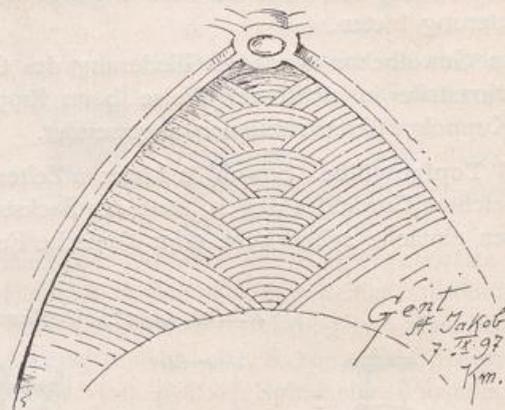


Abb. 278. Nahtbildung durch eingeschobene Gewölbchen.



a) **Konzentrische Gewölbe.** Wie in § 51, S. 120 erwähnt, werden solche Gewölbe kaum mehr ausgeführt. Läßt sich diese Ausführungsart nicht umgehen, so empfiehlt es sich,

Abb. 279. Halle in Ypern.



die einzelnen Wölbungsschichten durch Binder aus Quadern oder Mauerblöcken zu verbinden wie Abb. 277 zeigt.

b) **Kantenberührung von Gewölben oder Gewölbeteilen in einer Fläche.** Am häufigsten tritt dieser Fall ein beim Zusammenstoß der Einzelteile eines Gewölbes, das nach Schwalbenschwanzart gemauert ist, wobei, wie aus Abb. 259 S. 124 hervorgeht, eine »fischgrätenartige« oder »ährenartige« »Naht« entsteht. Dieser Nahtverband kann aus je einer, oder je zweier oder je dreier Steinschichten gebildet werden.

Eine andere Art der Nahtbildung zeigt Abb. 278. Hier ist die Verbindung der beiden Schwalbenschwanz-Gewölbeteile durch Anordnung kleiner eingeschobener Gewölbchen erzielt, die in konzentrischen Läuerschichten gemauert sind. Die innere Leibung dieser Gewölbchen liegt durchaus in der Gesamtwölbungsfläche, so daß bei letzterer nirgends eine Vertiefung oder ein Vorsprung entsteht.

In ähnlicher Weise lassen sich die verschiedenen Verbandarten bei allen zylindrischen, kegelförmigen oder sphärischen Flächen

verwerten, um das Entstehen von Gewölbebruchfugen bei dem Aneinanderfügen von Gewölben oder Gewölbeteilen zu verhüten.

c) **Berührungen oder Kreuzungen von Gewölben in gegeneinander geneigten Flächen.** Hier kommen sowohl die aus verschiedenen Wölbungsteilen zusammengesetzten Gewölbe, beispielsweise das Kreuzgewölbe, in Betracht, als auch Über-

Abb. 280 bis 287. Verstärkungsrippen an Graten.

Abb. 280 u. 281.

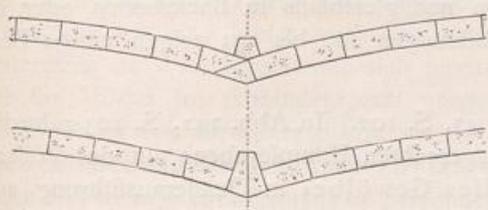


Abb. 282 u. 283.

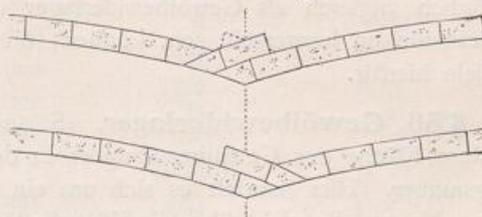


Abb. 284 u. 285.

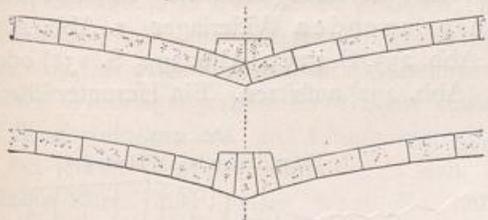
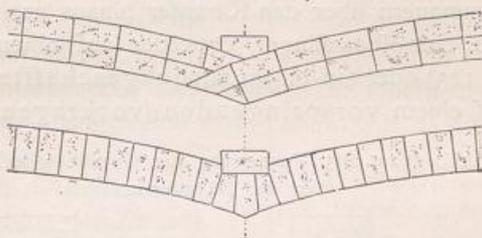


Abb. 286 u. 287.



wölbungen von Öffnungen bei verschiedenen Gewölbearten und schließlich die Übergänge von einer Gewölbeform in eine andere. Handelt es sich darum, ein kleines, leichtes Gewölbe auf ein tragfähiges, großes aufzusetzen, welcher Fall bei Lichtöffnungen in

Abb. 288 bis 291. Selbständige Bogen an den Graten.

Abb. 288.

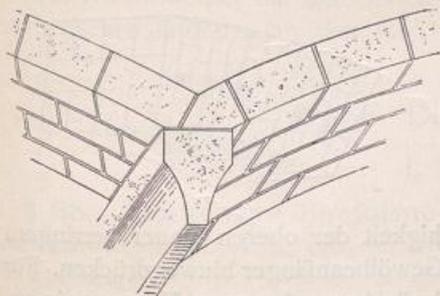


Abb. 289.

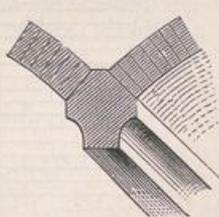


Abb. 290.

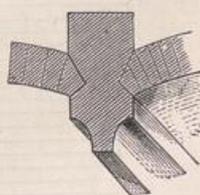
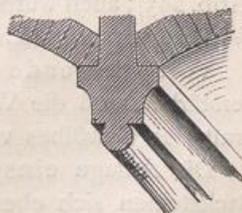


Abb. 291.



Deckenwölbungen sehr häufig eintritt, so wird in dem großen Gewölbe über der Lichtöffnung ein »Kranz« eingemauert (s. Abb. 407), auf welchen das kleine Gewölbe nachträglich aufgesetzt wird.

Bei Winkelanschluß größerer Gewölbe aneinander werden, sofern sie in Werksteinen ausgeführt sind, in der Berührungskurve Winkelsteine angeordnet, die in beide Wölbungsschalen eingreifen. Beim Wölben mit Backsteinen wird entweder ebenfalls im Hauptgewölbe an der Berührungsstelle ein »Kranz« hergestellt, gegen den sich das Nebengewölbe lehnt, oder es erfolgt die Verbindung beider Mauerschalen nach dem Prinzip der Naht, wobei je nach der Gewölbeart

an der unteren Gewölbeleibungsfläche entweder eine Kehle oder ein Grat entsteht; die obere Gewölbeffläche weist dann umgekehrt im ersten Fall einen Grat und im zweiten Fall eine Kehle auf. Abb. 279 zeigt bezüglich der Verbindung von Gewölbeschalen auf der linken Seite die Anordnung des Kranzes und auf der rechten den fischgrätenartigen (ährenartigen) Gratverband.

Bei Kehlen und Graten empfiehlt sich die Anordnung von Verstärkungsrippen entsprechend Abb. 280 bis 287. Größere Gewähr für die Haltbarkeit der Gewölbe bietet die Unterfangung der Gewölbeverbindungen mittels selbständiger Bogen, die womöglich zugleich als Gewölbewiderlager dienen und gleichfalls in Backsteinen oder in Werkstücken hergestellt sein können; die Abbildungen 288 bis 291 zeigen einige Beispiele hierfür.

**§ 56. Gewölbewiderlager.** (S. auch § 43, S. 102.) In Abb. 141, S. 103 ruht die untere Fläche des Gewölbeanfängers in der wagerechten Kämpferebene auf der Widerlagsmauer. Hier handelt es sich um ein »volles Gewölbe« in Quaderausführung auf einer Mauer, die nicht über die Kämpferfläche weiter empor geführt ist. In der Praxis tritt häufig — wie beispielsweise bei Kellerwölbungen — der Fall ein, daß die Gewölbewiderlagsmauern über den Kämpfer hinaus nach oben hin Fortsetzung erfahren. Dann müssen die Gewölbeanfänger entweder auf einem einspringenden Widerlager (s. Abb. 251, S. 123) oder auf einem zurückgeschafften (s. Abb. 253, S. 123 u. Abb. 299, S. 132) oder auf einem vorspringenden (vorkragenden) (Abb. 292) aufsitzen. Ein Herunterführen

Abb. 292 u. 293. Fortsetzung der Gewölbewiderlagsmauer über den Kämpfer aufwärts.

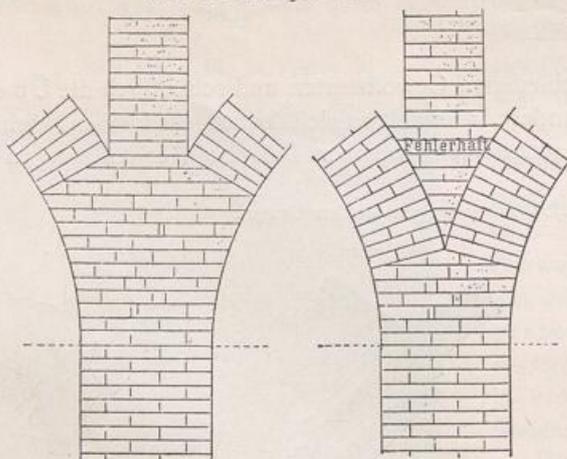


Abb. 294.  
Einspringendes Widerlager.

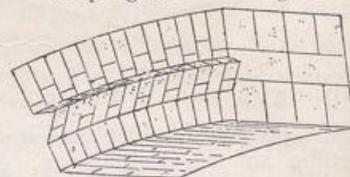
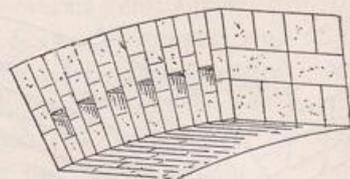


Abb. 295. Eingreifen leichter Gewölbe mittels »Zahnung«.



der Wölbung bis zur Kämpferlinie würde die Tragfähigkeit der oberen Mauer verringern (Abb. 293); auch würde die Last der oberen Mauer die Gewölbeanfänger hinwegdrücken. Für Widerlagvorsprünge in Backsteinmaterial empfiehlt sich die Anwendung von Formsteinen.

Vorspringende Widerlager bieten zugleich den Vorteil, die Widerlagsmauern zu verstärken und die Wölbungsspannweite zu verkleinern, wodurch dann auch die Schubkraft des Gewölbes verringert wird.

Die Anlage einspringender Widerlager (Abb. 251), für die bei Herstellung in Backsteinen sich ebenfalls Formsteine empfehlen, sollte nur bei dünnen, leichten Gewölben ausgeführt werden.

Beide Arten von Widerlagern werden nicht nur bei vollständigen Mauern, sondern auch bei Gurten in Haustein oder Mauerwerk angewendet, die zur Aufnahme von Gewölbeschub dienen. Abb. 294 u. 295 zeigen Widerlager in Gurtbogen; bei Abb. 294

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.

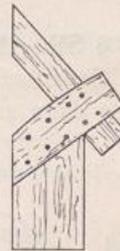
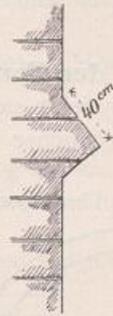


Abb. 298. Scharf ausgezogener Verputz an den Graten.



## 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 öfter 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.

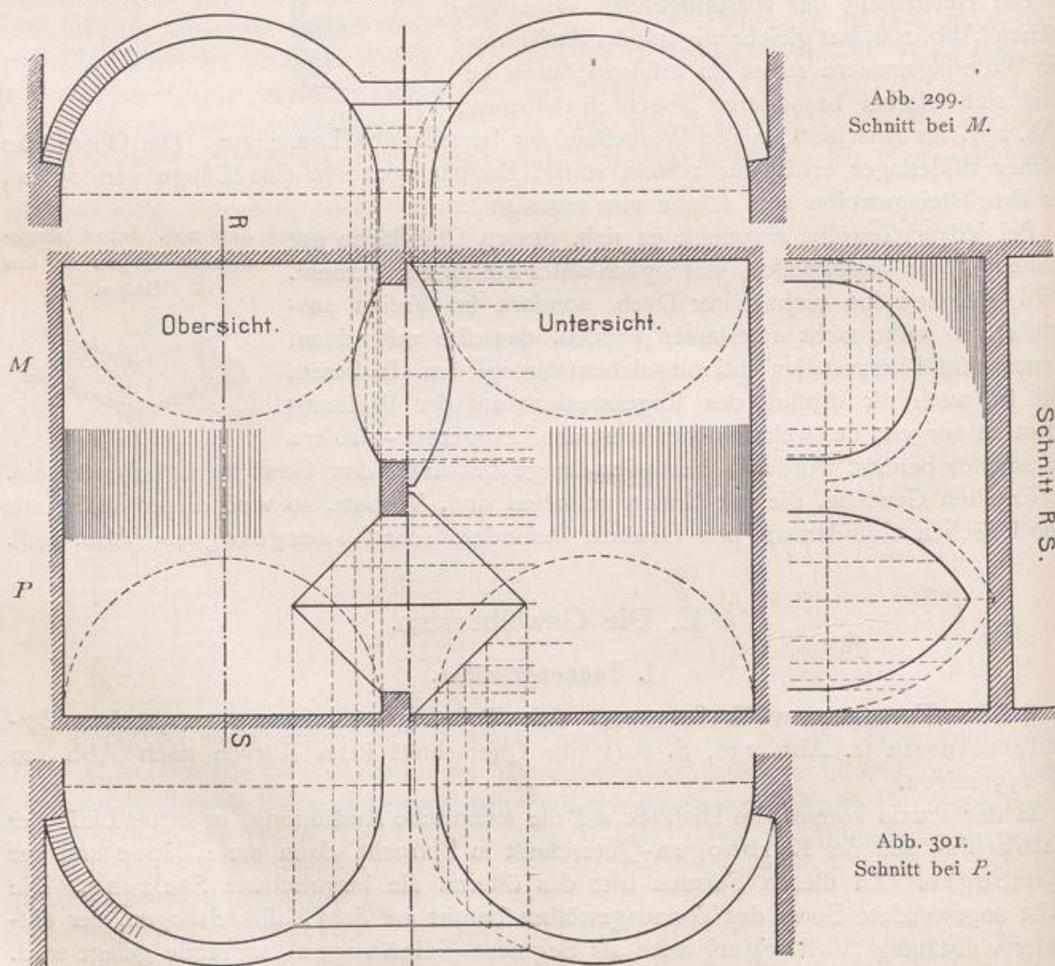
Bezüglich der Form der Gewölbeachse unterscheidet man gerade (s. Abb. 142, S. 103) und gebogene, und im Hinblick auf die Lage der Gewölbeachse: wagerechte und steigende Tonnengewölbe, sowie gerade-steigende und gebogen-steigende.

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.



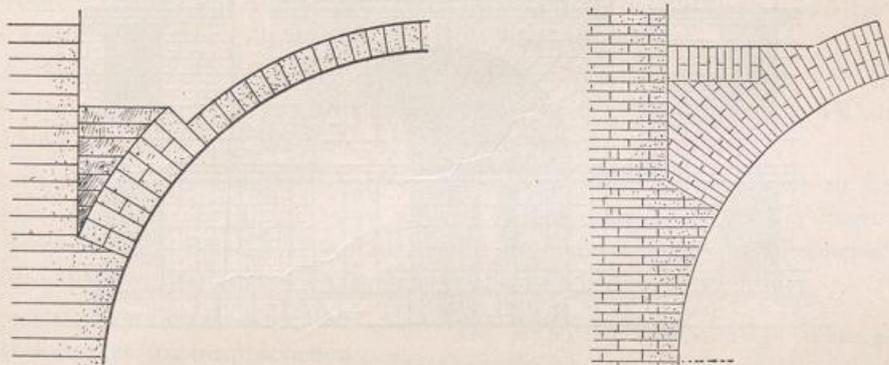
kürzere der beiden Lichtweiten gewölbt, um möglichst geringe Spannweite zu erhalten.  
Der Einfachheit wegen bezeichnet man die Anordnung von Tonnengewölben in Grund-  
rißzeichnungen durch einwärts umgeklappte Bogen an ihren Stirnenden, die zugleich  
den »Stich«, d. h. die Pfeilhöhe des Gewölbes angeben (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 Kämpferebene von 45 bis 50°) die Fugen sich öffnen. Während hierbei die Gewölbestücke *ab* und *de* auf der Kämpferebene 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) Verstärkungsgurten, die bei Verwendung

Abb. 305 u. 306. Schiefes Hausteintonnengewölbe.

Abb. 305. Ansicht.

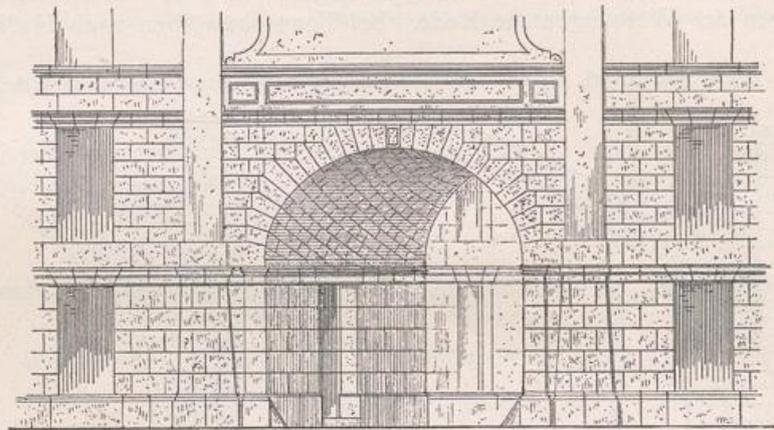
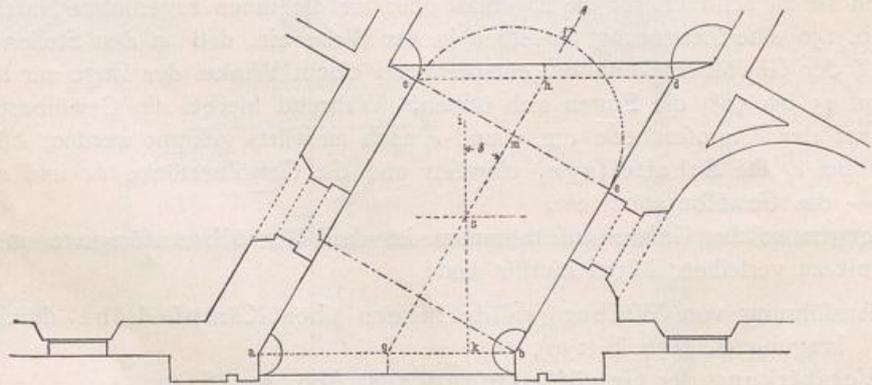


Abb. 306. Grundriß.



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.

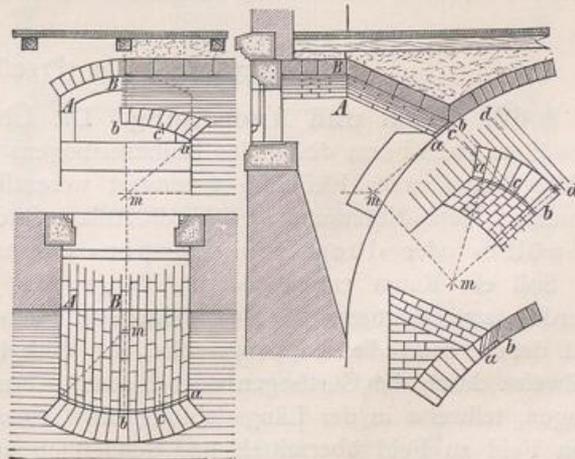


Abb. 309. Grundriß.

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

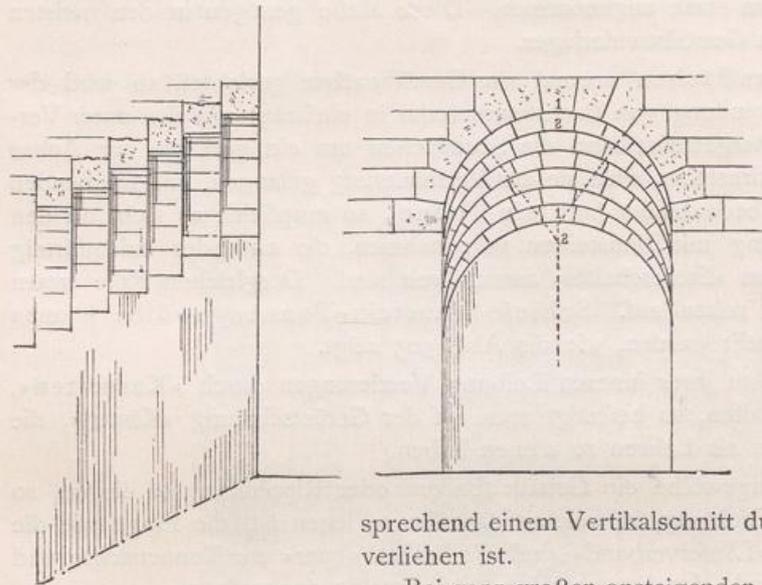
Die Scheitelrichtung dieser Stichkappen kann wagerecht oder schräg, steigend bzw. fallend, zur Haupttonne angenommen werden.

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

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



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« —

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.

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

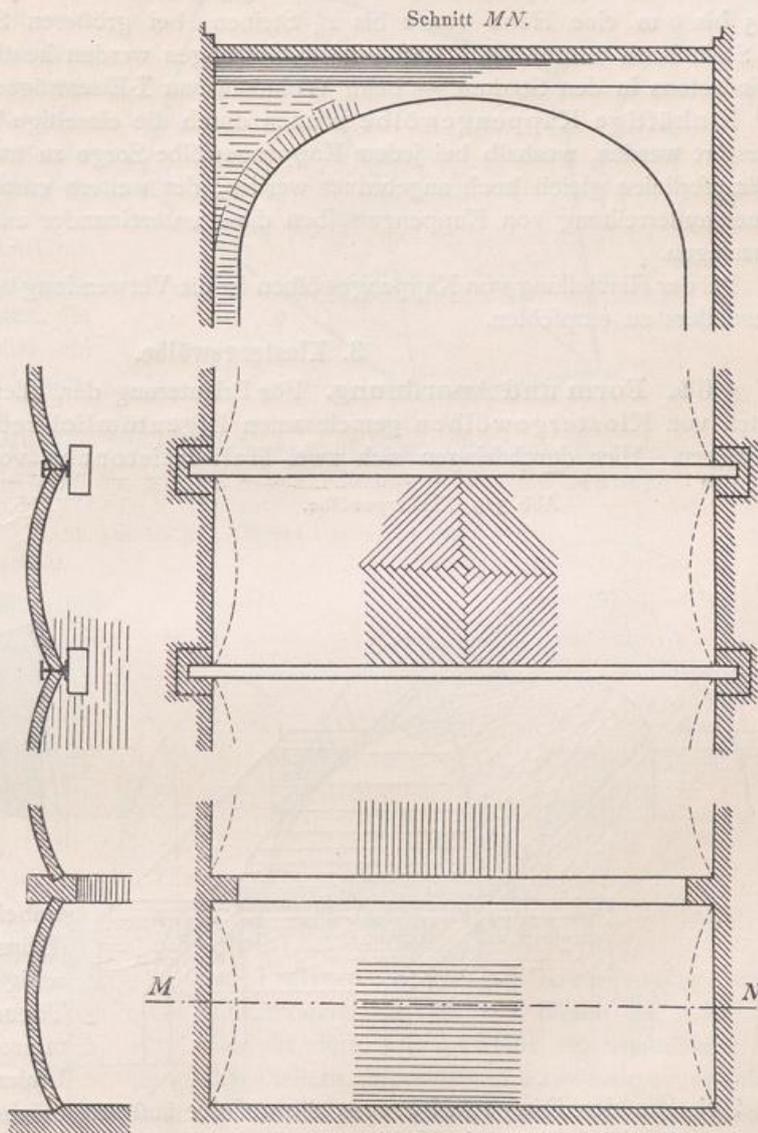
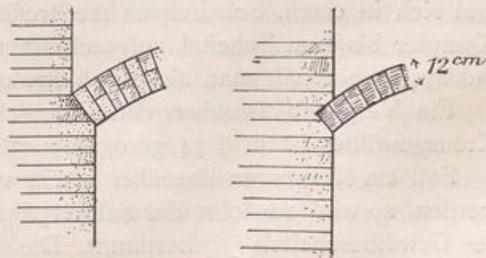


Abb. 317 u. 318. Widerlager der Kappengewölbe.

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



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.

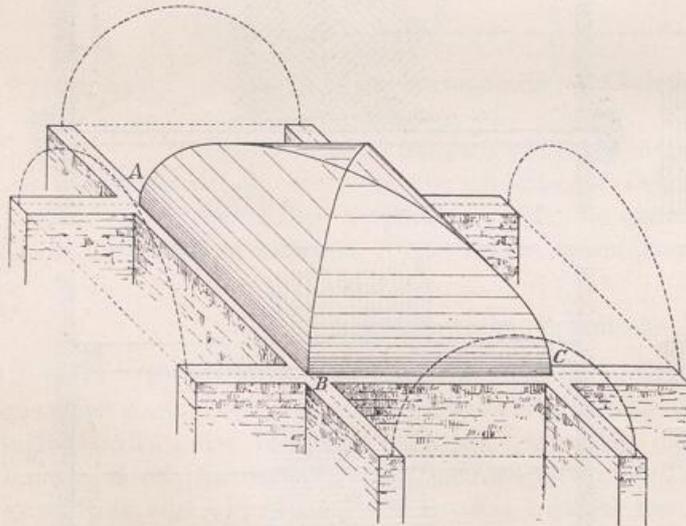
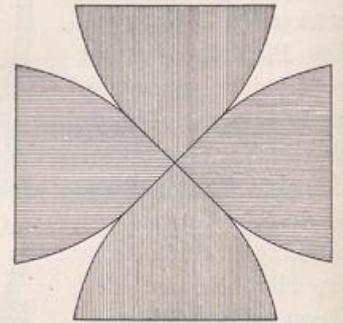


Abb. 320. Schablone der Klostergewölblflächen.



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

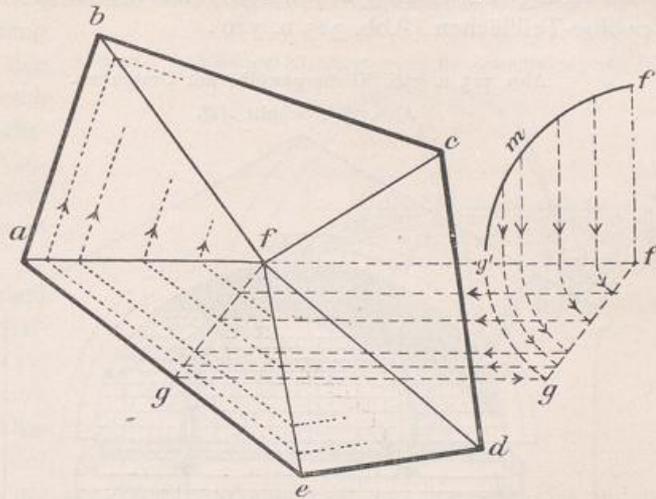
Zwischen den Diagonalkurven, die auf der äußeren Fläche der Gewölbeschale als Grate, auf der inneren als Kehlen erscheinen, befinden sich 4 Tonnenteile, aufsitzend auf den 4 Widerlagsmauern zwischen den Kämpfer-Durchdringungspunkten *A, B, C, D* und sich in einem Scheitelpunkte treffend. Denkt man sich 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 Gewölbegräte. 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.

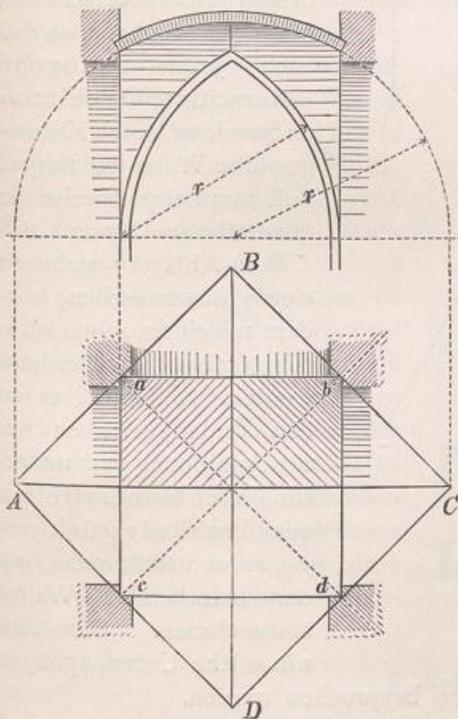
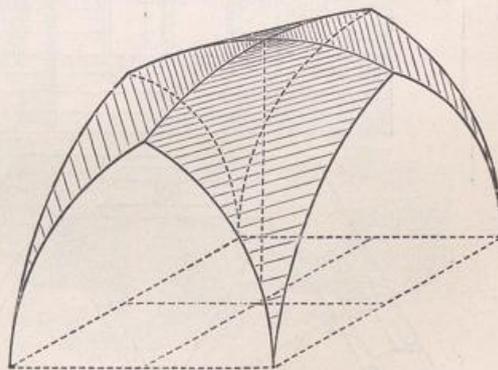


Abb. 323. Grundriß.



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.

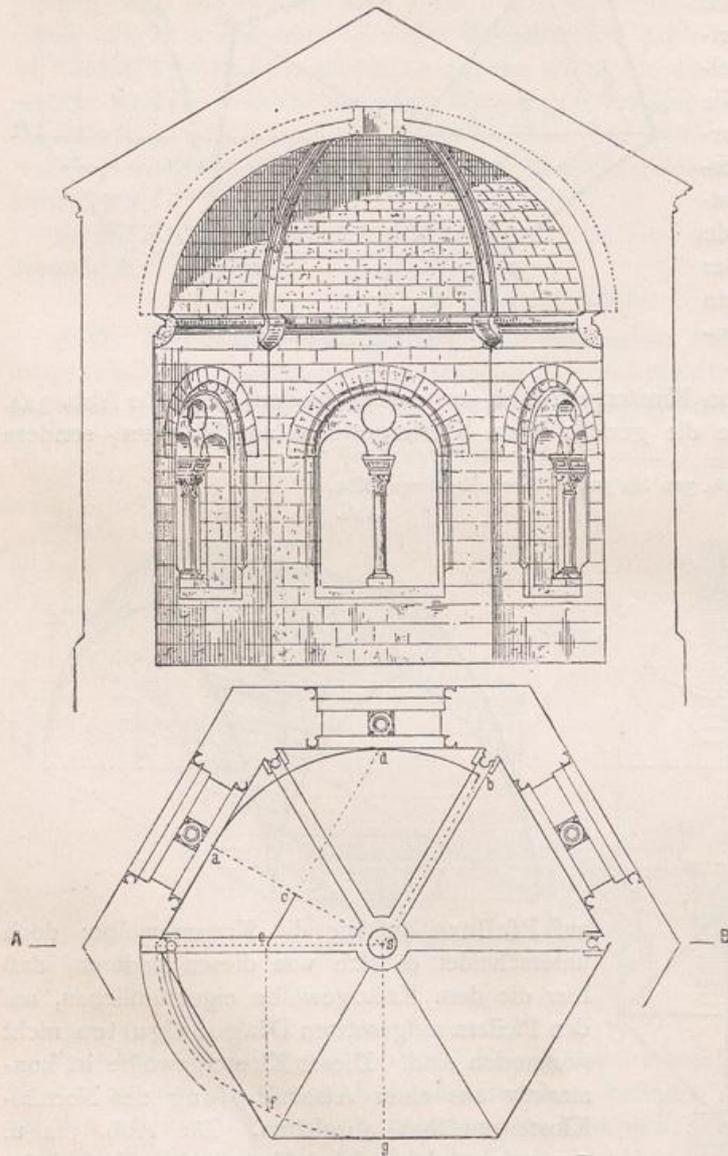


Abb. 326. Grundriß.

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

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

**§ 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

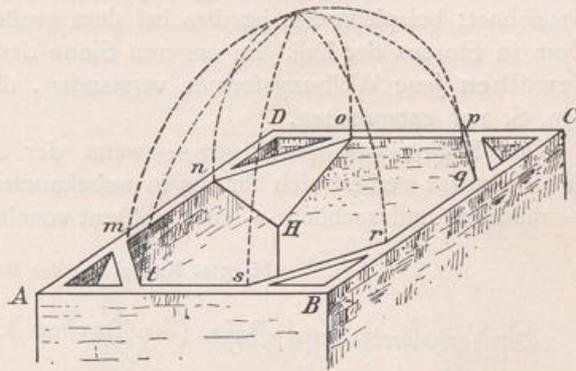
oder Backsteine an ihrem betreffenden Ende, auf die Tiefe ihrer Überbindung entsprechend zubeauen werden. Bei Verwendung von Hausteinen wendet man Winkelsteine an, die nach besonderen Schablonen vom Steinhauer zugerichtet werden.

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.

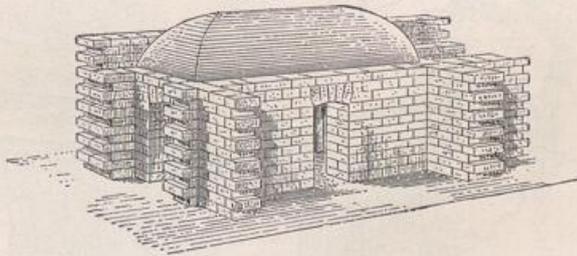


Abb. 329. Rechteckiger Grundriß.

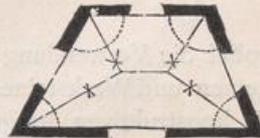


Abb. 330. Trapezförmiger Grundriß.

#### 5. Sphärische Gewölbe.

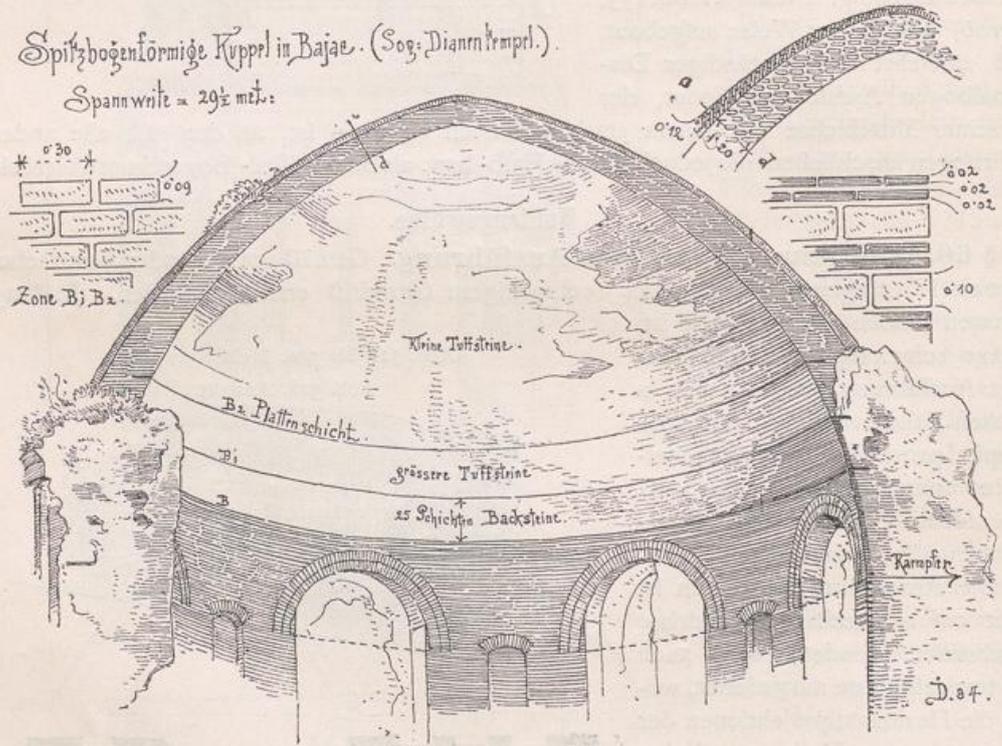
A. Überhöhte, volle und annähernd volle sphärische Gewölbe.

**§ 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.



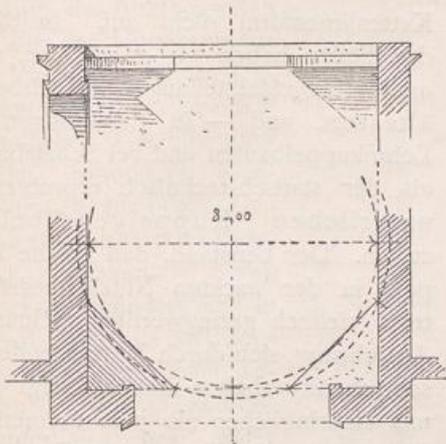
wobei die Verwendung von Lehm, Erdpech, Kalkmörtel, künstlichen Steinen, Kies, Bruchsteinen und Werksteinen mit ihren technischen Folgerungen ebenso eine Rolle spielte wie die konstruktiven Aufgaben: Umkleidung von Wand und Dächern (zugleich Raumdecken) schlichter Hütten aus Schilf oder Ästen mit Lehm,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

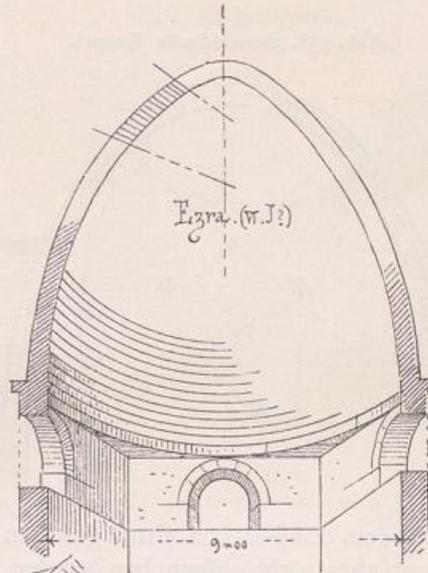
Abb. 332 bis 337. Kuppelgewölbe.

Abb. 332.



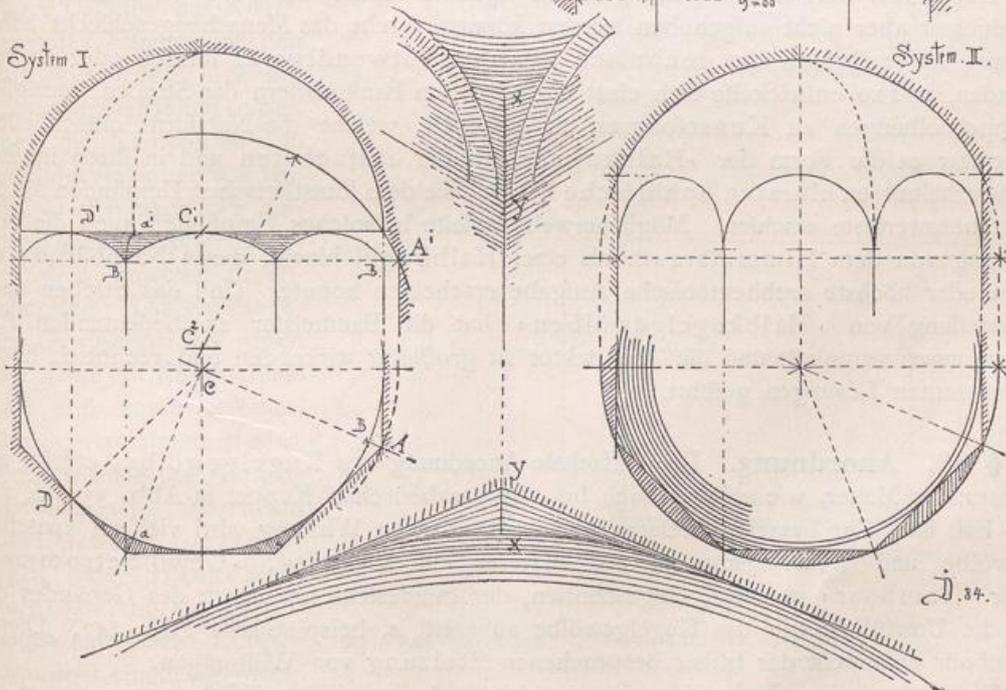
Chaqqa. (II J.)

Abb. 333.



System I.

System I.

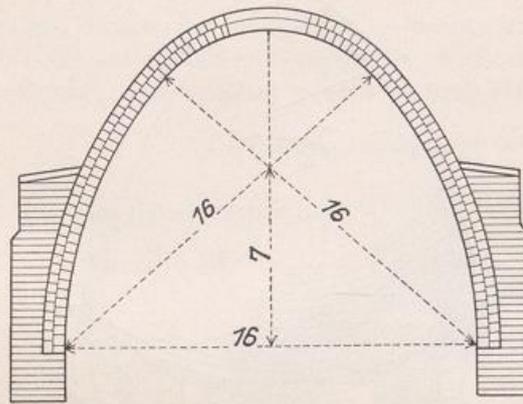


Bauweise zurückzuführen sein. Dieses Gewölbe ist in Backsteinen und Tuffsteinen hergestellt, die »nicht nach dem Zentrum der Wölbungslinie, sondern wagrecht geschichtet sind. Die ganze Oberfläche ist mit einem Mörtelguß, dem kleingeschlagene Backsteinbrocken beigemischt sind, 12 cm dick überzogen, und 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. 338<sup>25)</sup> 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. 14<sup>2</sup> 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-

<sup>25)</sup> 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. 340<sup>26)</sup> 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.

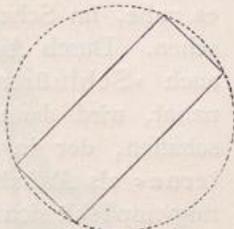
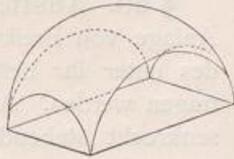


Abb. 340. Grundriß.

Abb. 341. Hängekuppel über quadratischem Raum.

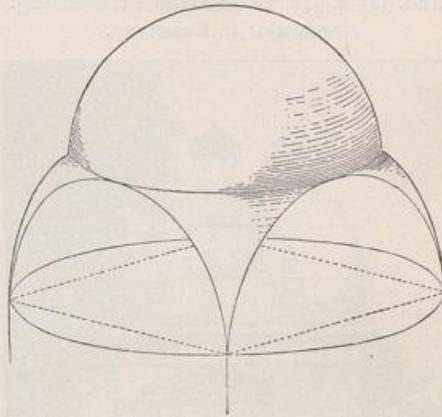


Abb. 342 bis 344. Hängekuppel über rechteckigem Raum.

Abb. 342. Längsschnitt.

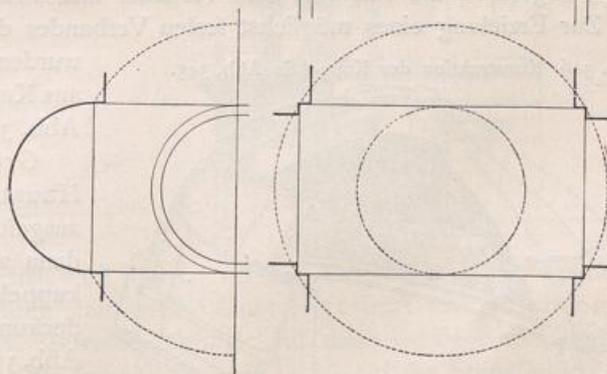
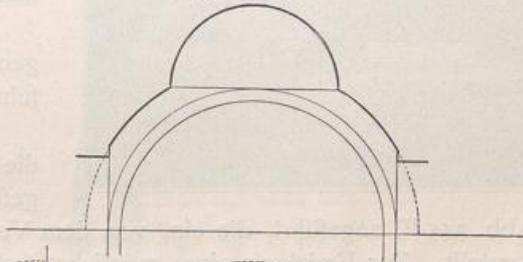


Abb. 343. Querschnitt.

Abb. 344. Grundriß.

<sup>26)</sup> 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.

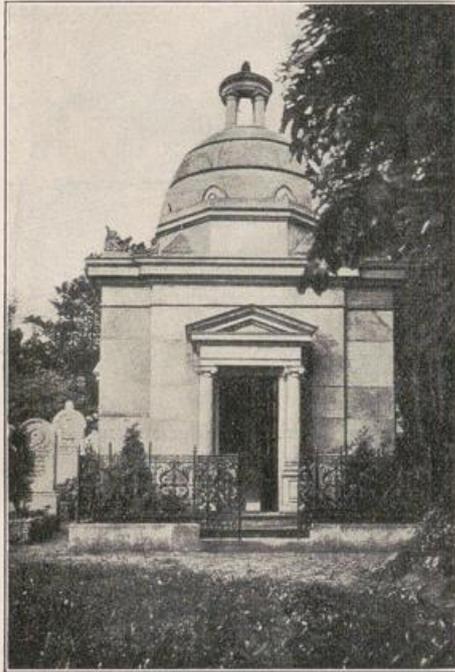
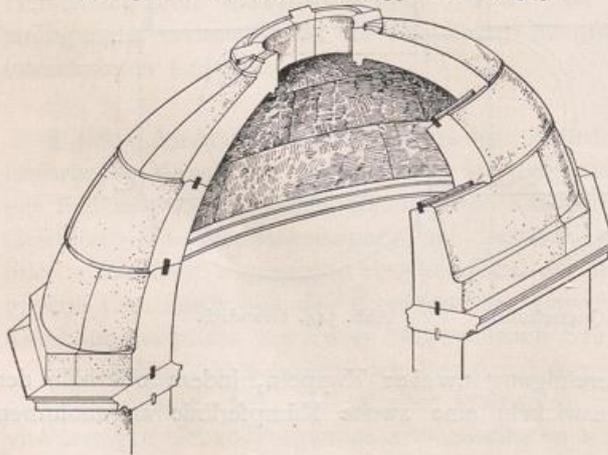


Abb. 345 <sup>27)</sup> angeführt, die ein, von dem Verfasser dieses Kapitels errichtetes Mausoleum darstellt. Zur Erzielung eines möglichst festen Verbandes der einzelnen Wölbeschichten

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



<sup>27)</sup> 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).

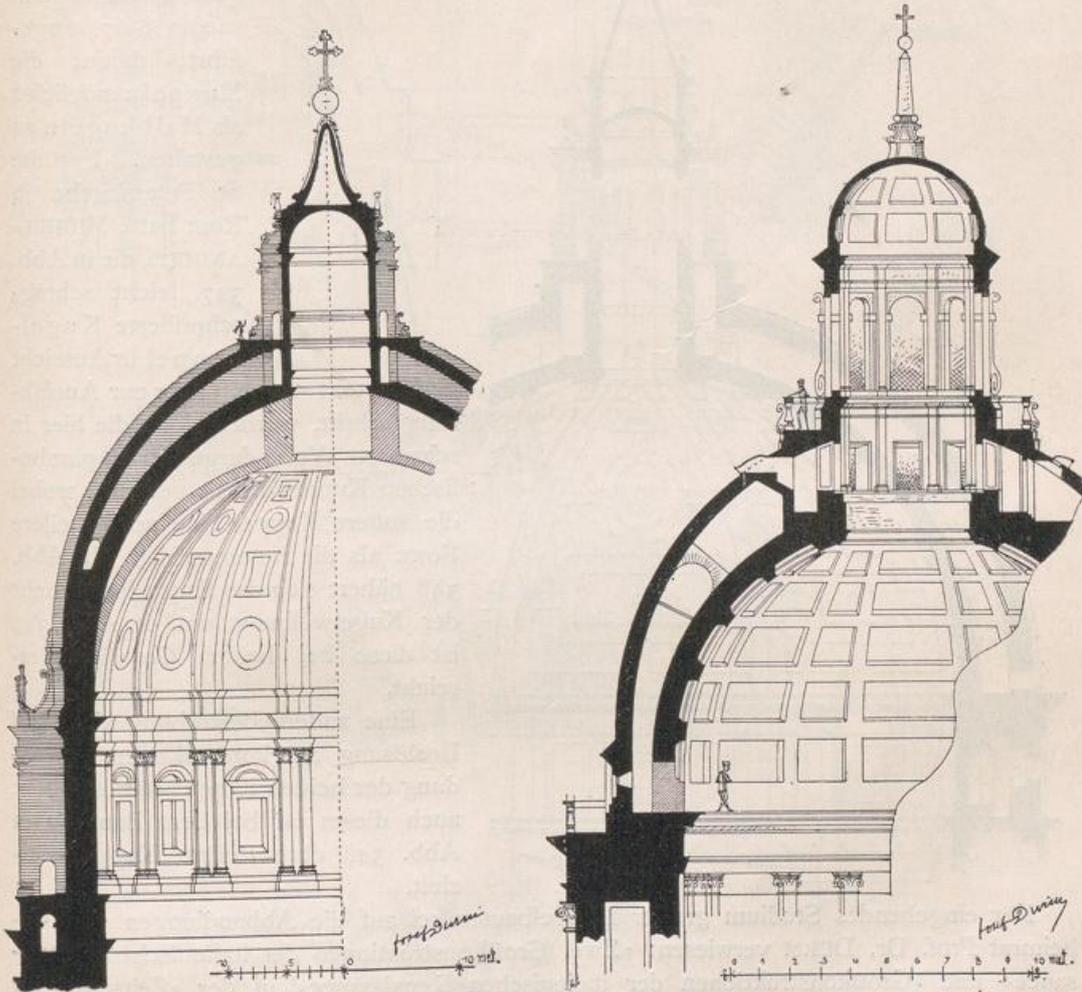
Große Kuppelgewölbe in Hausteinen sind in Frankreich ausgeführt worden, über denen dann als Schutzdächer große Holzkuppeln mit der nötigen Dachdeckung errichtet wurden (s. in den Abb. 351 bis 357 die beiden Figuren unten rechts und links). In Italien ist man schon früher bestrebt gewesen, gegen den Einfluß 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)<sup>28)</sup> ist dieses System praktisch vorzüglich verwertet.

<sup>28)</sup> 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.

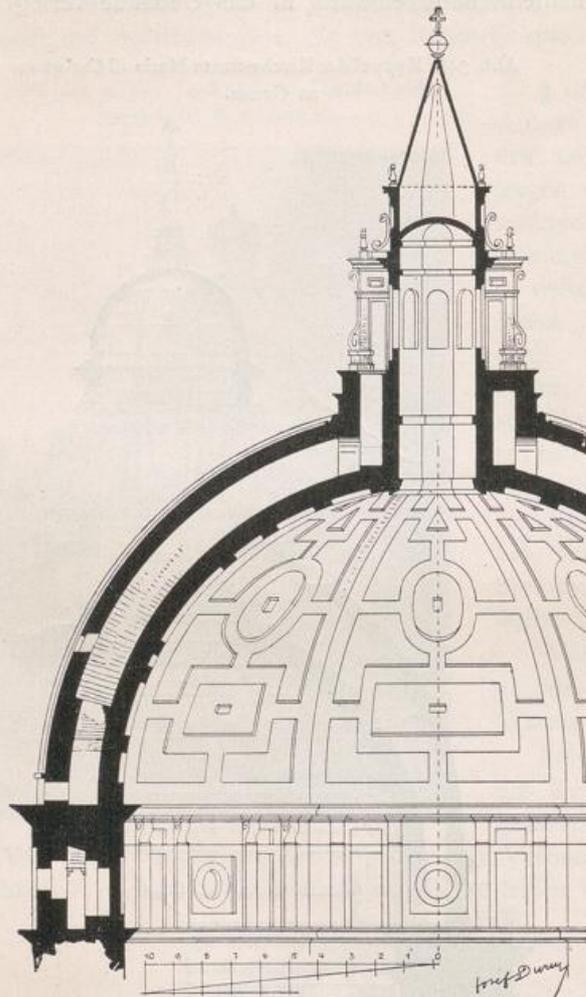
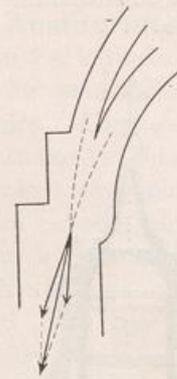


Abb. 350 Schubrichtung der Haupt-, sowie der Schutzkuppel.



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.

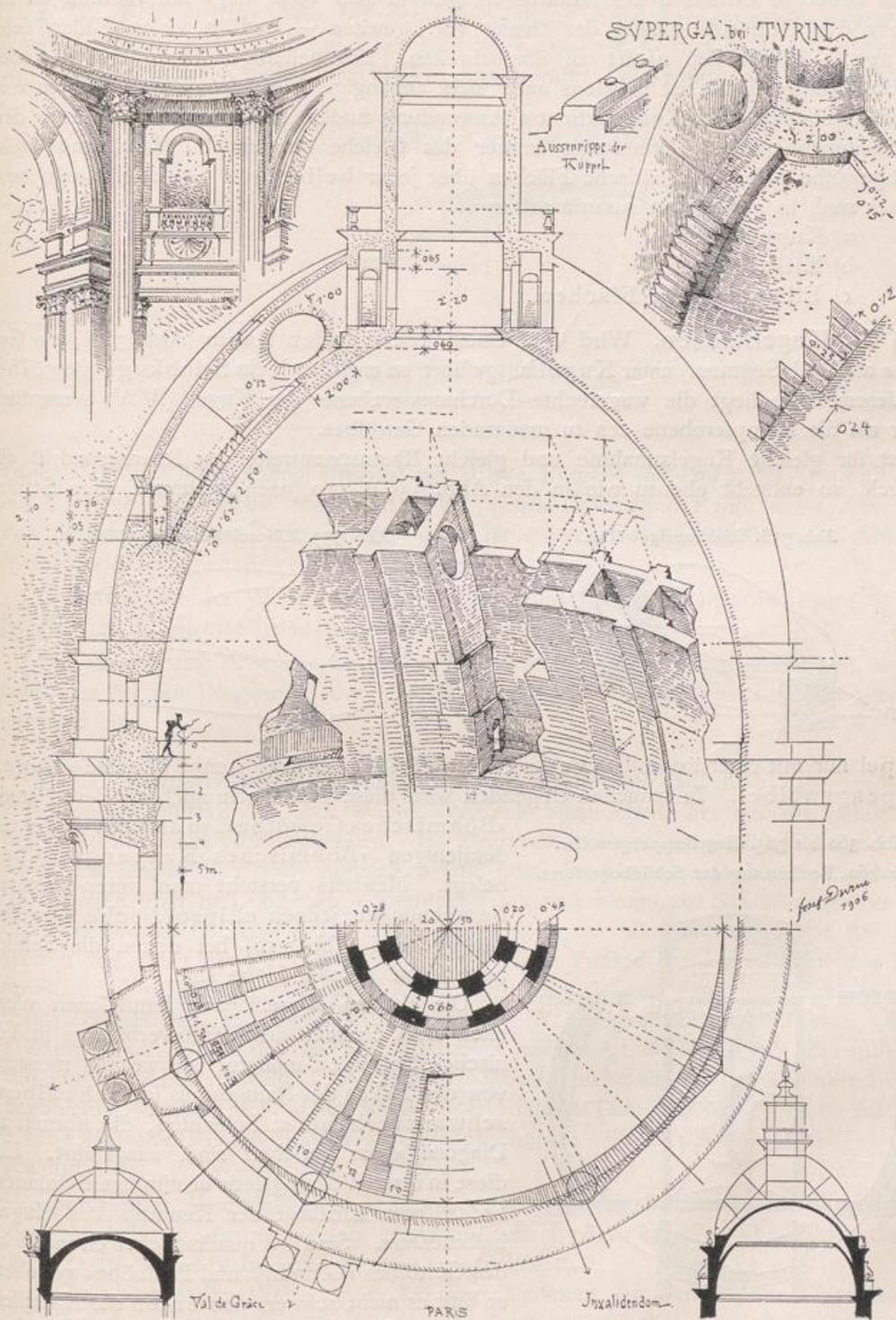
Für eingehendes Studium großer Kuppelbauten sei auf die Abhandlungen von Geheimrat Prof. Dr. DURM verwiesen: »Zwei Großkonstruktionen der italienischen Renaissance« und »Großkonstruktionen der italienischen Renaissance« in der »Zeitschrift für Bauwesen«, 1887 und 1902; ferner auf des gleichen Autors 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 Stichelgewölbe. 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. Stichelgewölbe.

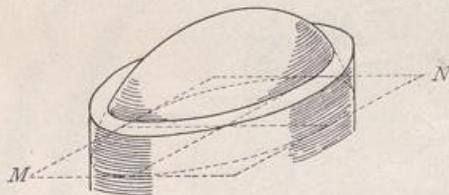
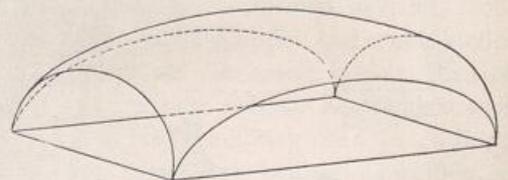


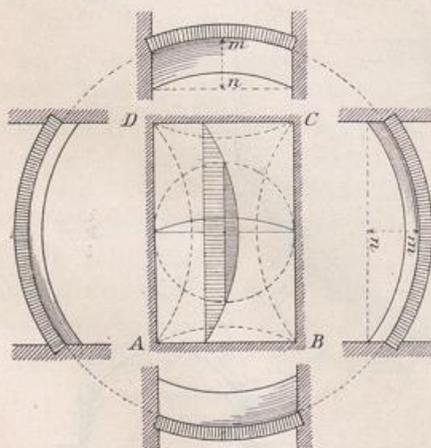
Abb. 359. Ellipsoidisches Gewölbe.



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.



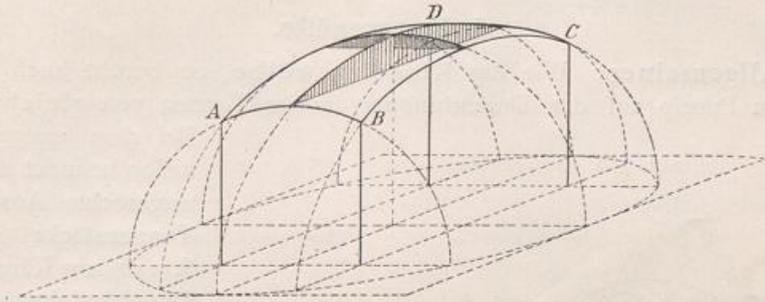
»Böhmisches Gewölbe«, in anderen wieder mit demjenigen »Böhmisches Kappengewölbe« belegt. Meistens versteht man unter letzteren Bezeichnungen jedoch ellipsoidische Gewölbe entsprechend Abb. 359, bei denen die Schildbogen von gleicher Höhe sind.

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.

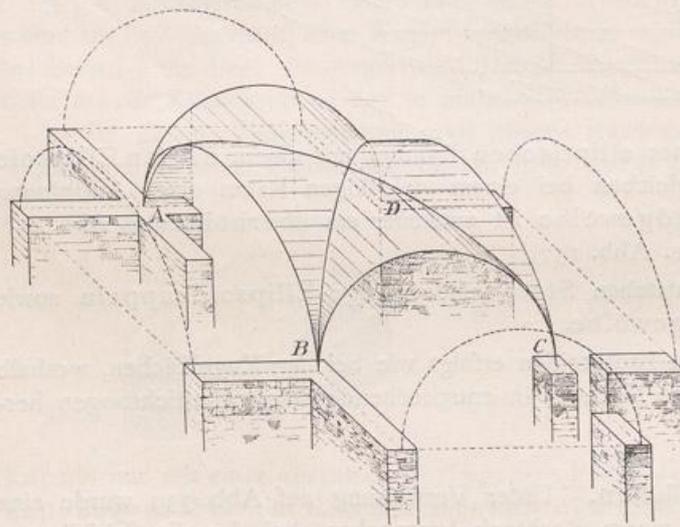
Die Pfeilhöhe derselben beträgt etwa  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{10}$  der Spannweite, die Gewölbstärke bis 3,5 m Spannweite  $\frac{1}{2}$  Stein, von 3,5 bis 5 m im oberen Teil  $\frac{1}{2}$  Stein und am Widerlager 1 Stein. Bei größeren Spannweiten sind Verstärkungsgurten in der Richtung der Raum-Diagonalen 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.

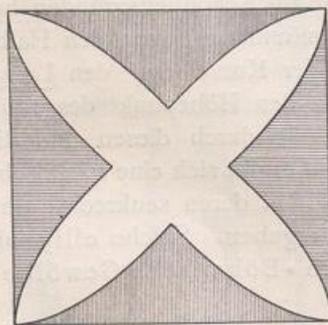
§ 74. Allgemeines. Wie das Klostergewölbe, so beruht auch das Kreuzgewölbe im Prinzip auf der Durchdringung zweier Tonnen von gleicher Pfeilhöhe.

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.

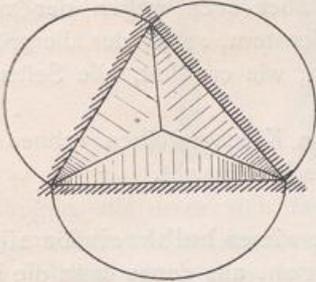


Abb. 369. Kreuzgewölbe über einem rechteckigen Raum.

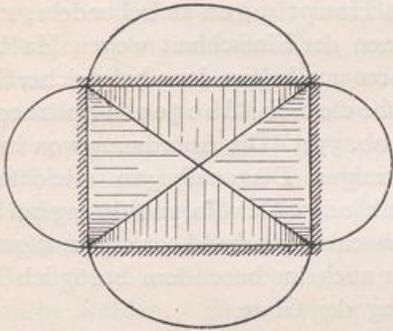


Abb. 370 u. 371. Kreuzgewölbe über einem vielseitigen Raum.

Abb. 370. Querschnitt.

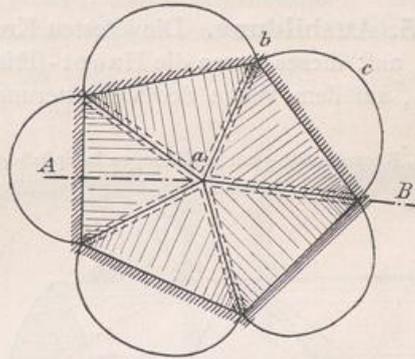
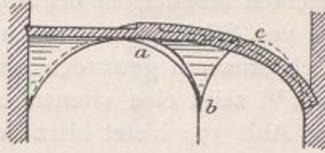
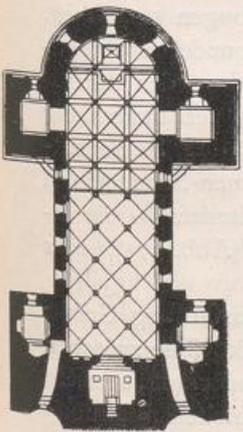


Abb. 371. Grundriß.

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.

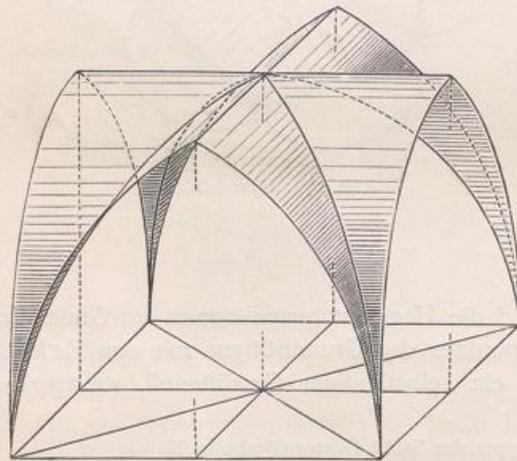
Was auf solcher Grundlage an großartiger Wirkung erzielt werden kann, hat im ersten Fall die Wölbekunst der Römer gezeigt, im zweiten Fall der gotische Baustil.

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. 372<sup>29)</sup> 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«

<sup>29)</sup> 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.

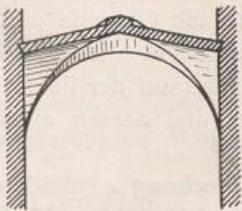


Abb. 376. Gerade fallender Stich.

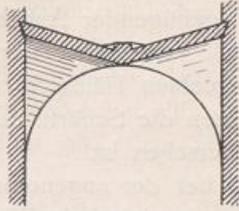
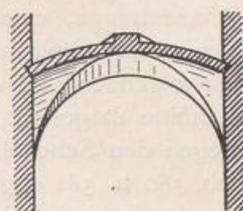


Abb. 377. Steigender Bogenstich.



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.

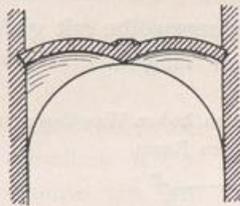
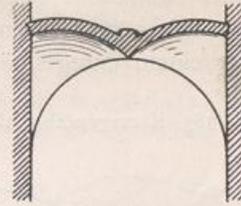


Abb. 379. Fallender Busen.



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.

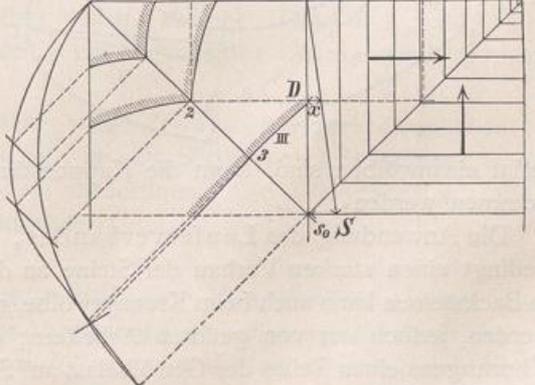
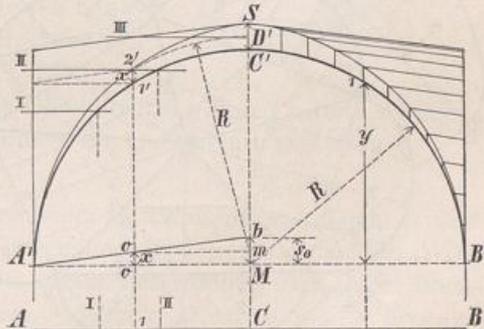


Abb. 381. Grundriß.

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.

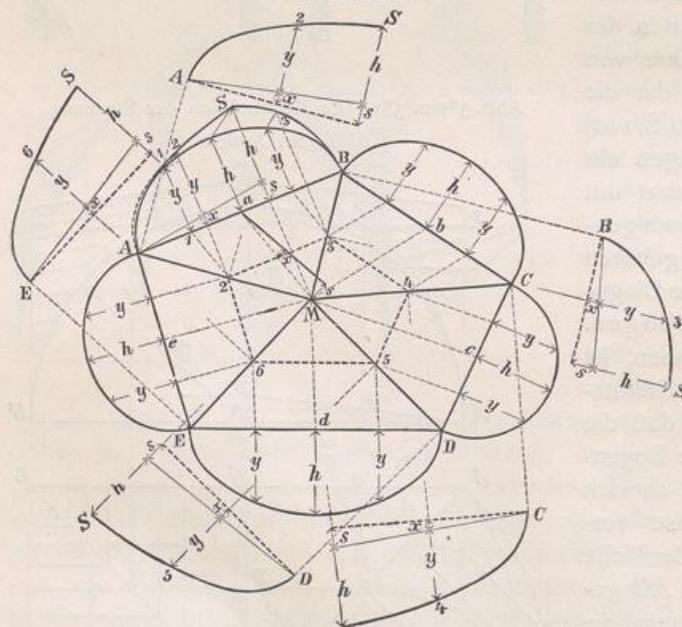
In Abb. 380 u. 381 ergibt sich bei der angenommenen Stechung  $s$  (gleich etwa  $\frac{1}{20}$  der Diagonalen-Spannweite) beim Horizontalschnitt III bereits kein erhabener Grat mehr, sondern eine, wenn auch sehr geringe Einsenkung, eine »Kehle«, die bei zunehmender Stechung wächst und sich auf immer 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.

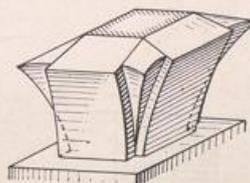
Bezüglich Wahl der Materialien und Verbandarten gibt das bisher über Wölbung von Tonnen- und sphärischen Gewölben Mitgeteilte die nötigen Aufschlüsse. Die Stärke der Gewölbeshalen pflegt man »bei einer Spannweite bis zu 6 m  $\frac{1}{2}$  Stein, bei einer Weite bis zu 9 m  $\frac{1}{2}$  Stein im Scheitel 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 Strebebogen (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.

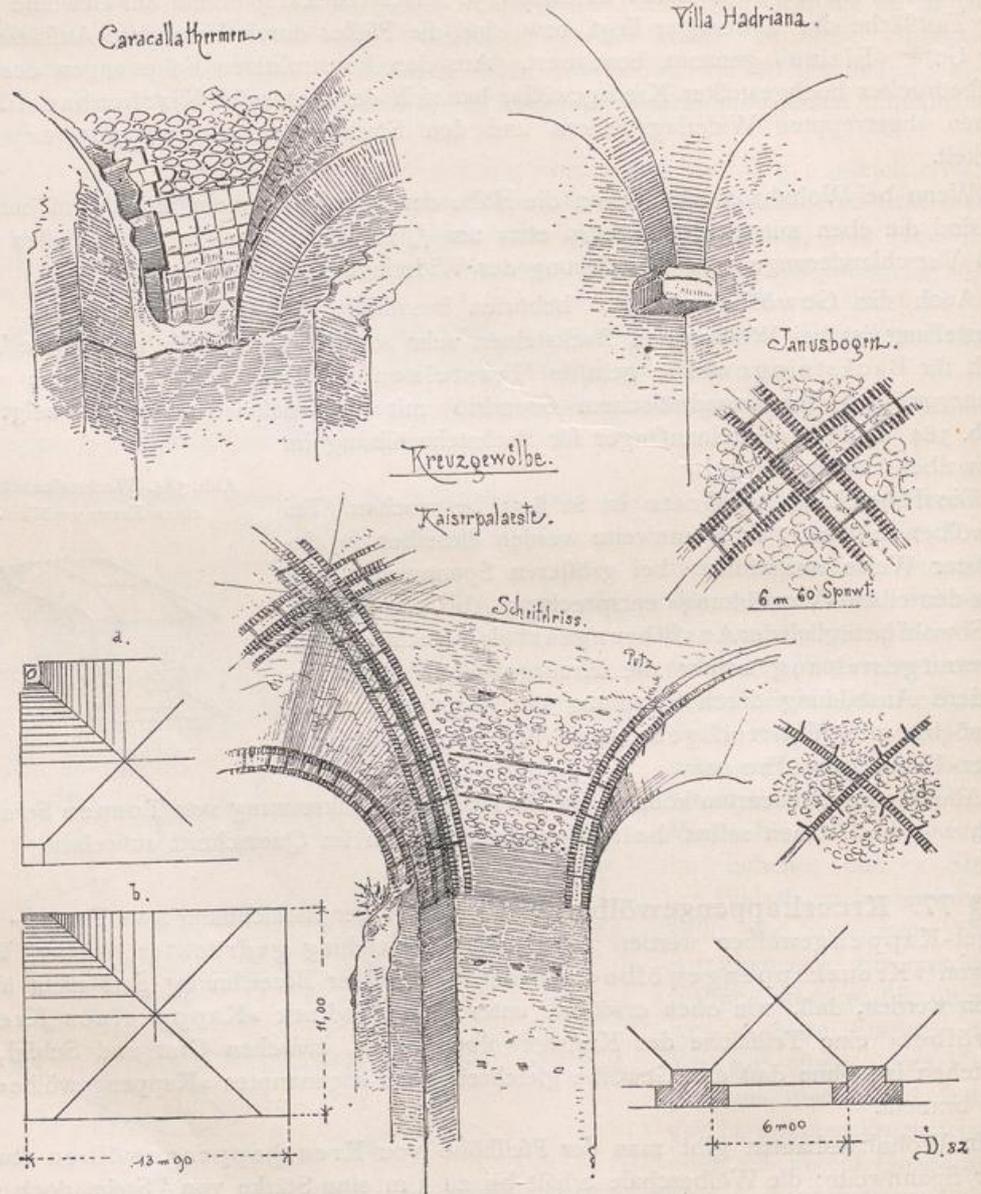
**§ 77. Kreuzkappengewölbe.** Entsprechend der Bezeichnung von Tonnen- und Kugel-Kappengewölben werden auch unter Anwendung gedrückter (flacher) Wölbungen »Kreuzkappengewölbe« gebildet. Bei dieser Bezeichnung darf nicht übersehen werden, daß, wie oben erwähnt, unter dem Ausdruck »Kappe eines Kreuzgewölbes« 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 Wölbungsmäuer der Kappen als Widerlager dienten

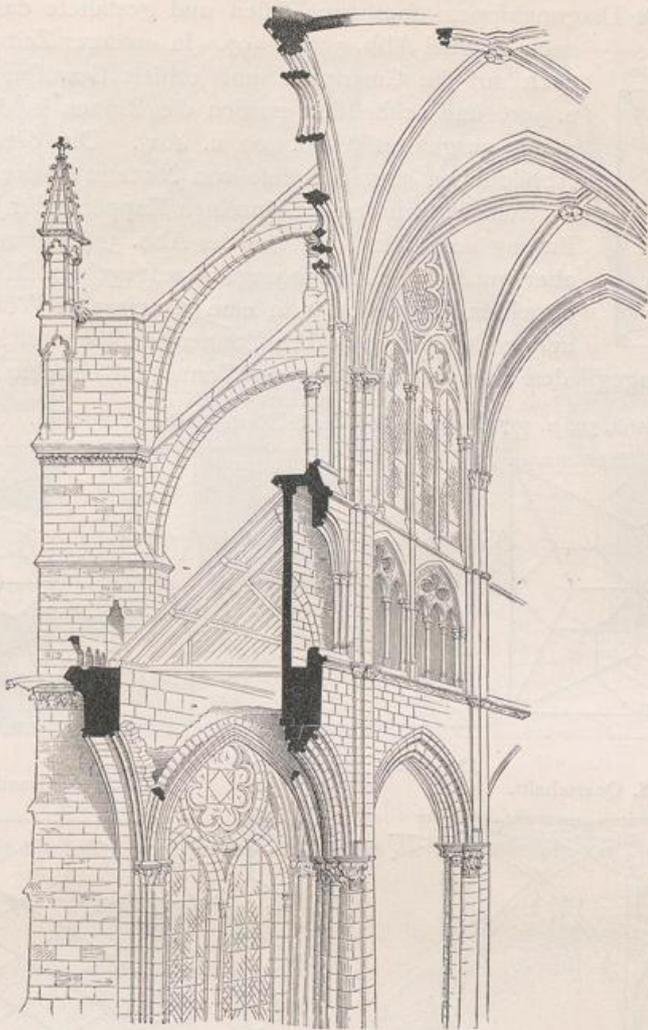
Abb. 385 bis 392. Römische Kreuzgewölbe.



(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.

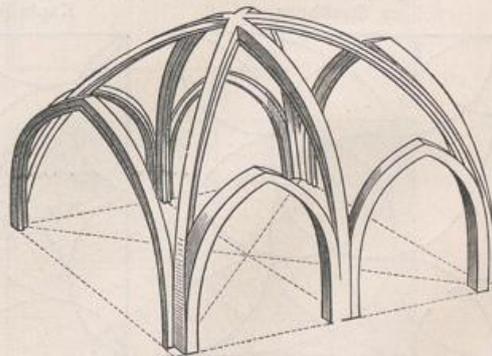


auch ein weiterer Schildbogen über der Kämpferhöhe anzuordnen. Solche Gliederung spielte im gotischen Baustil eine große Rolle und führte zu wirkungsvollen Gewölbeformen, bei denen die Nebenrippen schwächer gehalten waren als die Hauptrippen.

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. 395<sup>30)</sup> zeigt ein Beispiel hierfür. In der Folge ging man dazu über, sämtliche

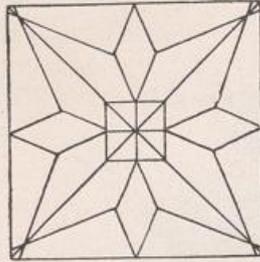
Abb. 394. Sechsteiliges Kreuzgewölbe.



<sup>30)</sup> 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.

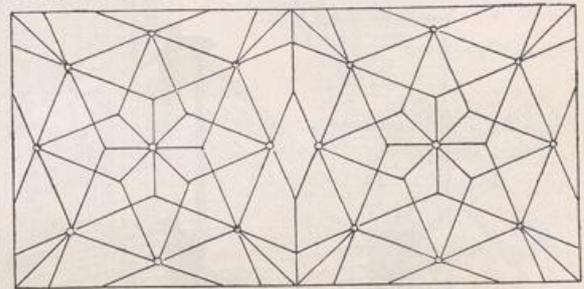
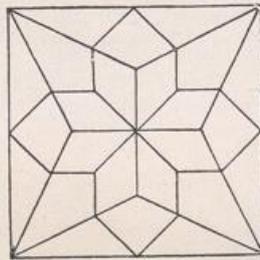


Abb. 398. Querschnitt.

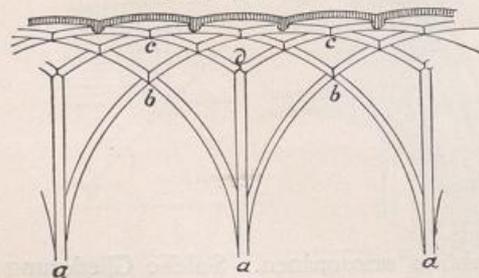


Abb. 398 u. 399. Netzgewölbe.

Abb. 399. Grundriß.

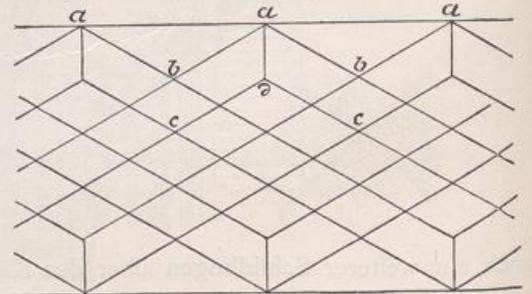


Abb. 400. Netzgewölbe im Münster zu Straßburg.

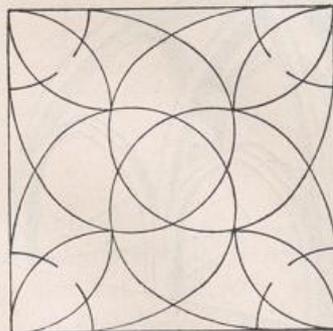
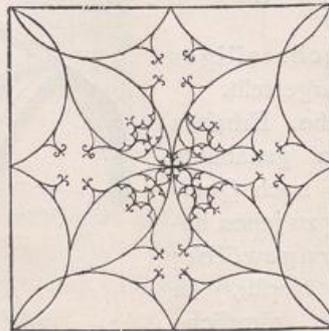


Abb. 401. Netzgewölbe in der Kapitalkirche in Köln.



Die Abb. 402 zeigt ein Netzgewölbe aus spätgotischer Zeit; in den Abb. 403 bis 406<sup>32)</sup> 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

<sup>32)</sup> 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.

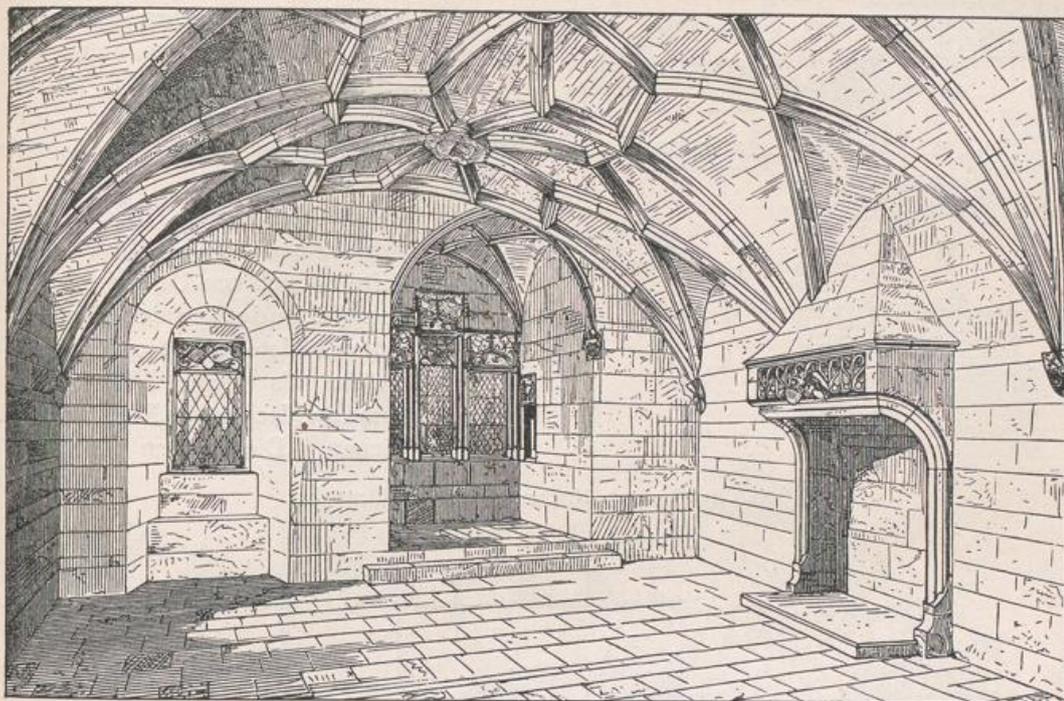
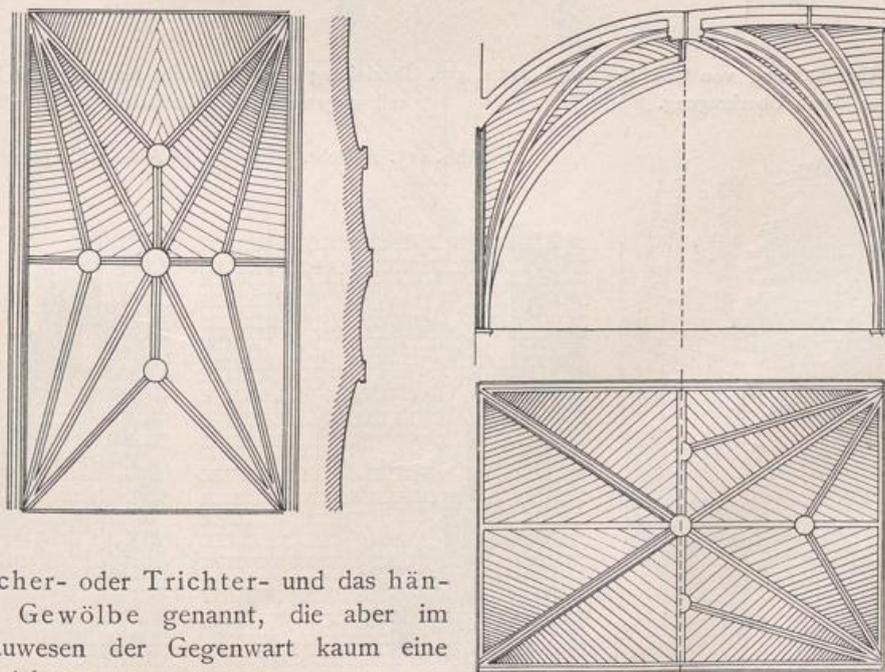


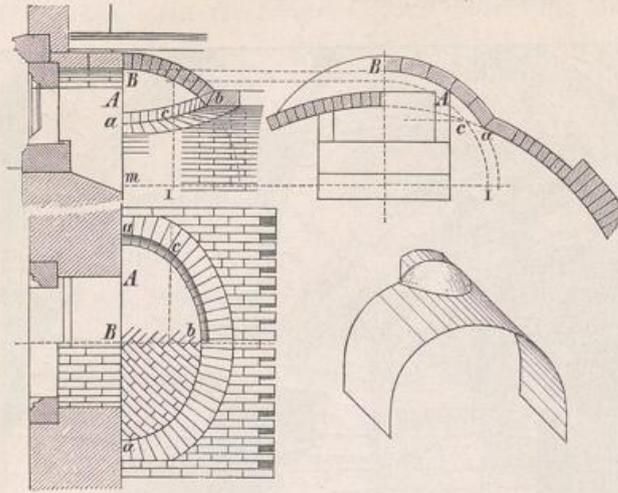
Abb. 403 bis 406. Verbandart des Mauerwerks der Gewölbekappen von Netzgewölben.



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.

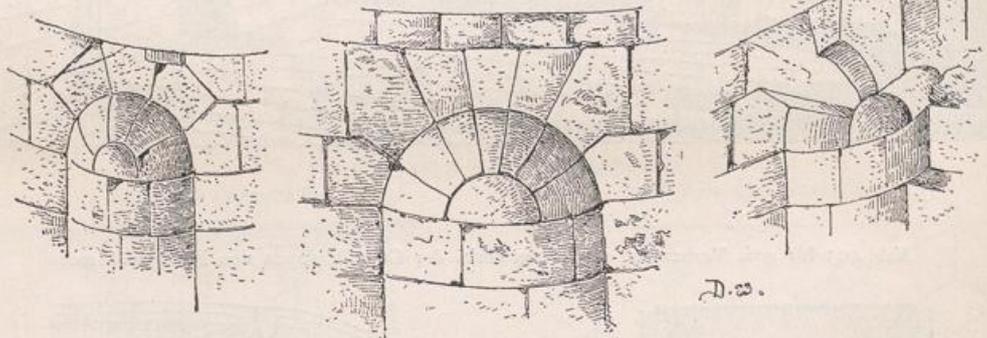


Abb. 414. Unterstützung von Gewölbewangen durch Überkragung.

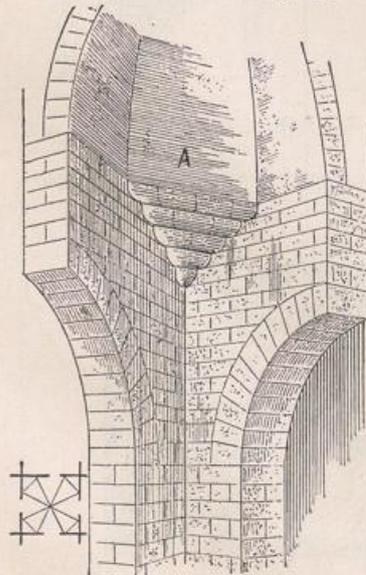
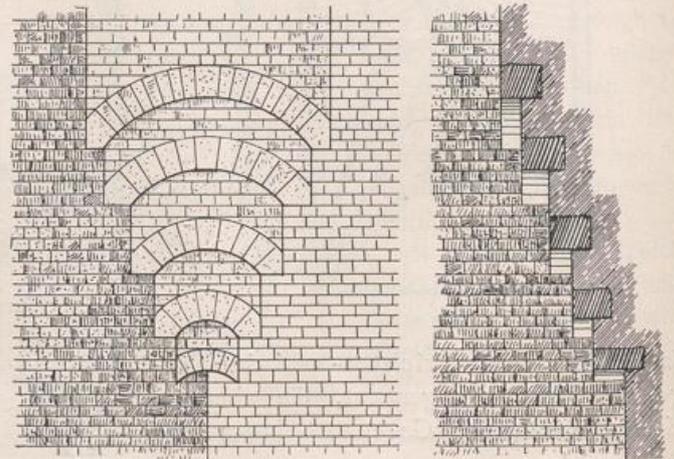


Abb. 415 u. 416. Überleitung vom Viereck ins Achteck durch Bogen mit wagerechter Scheitellinie.

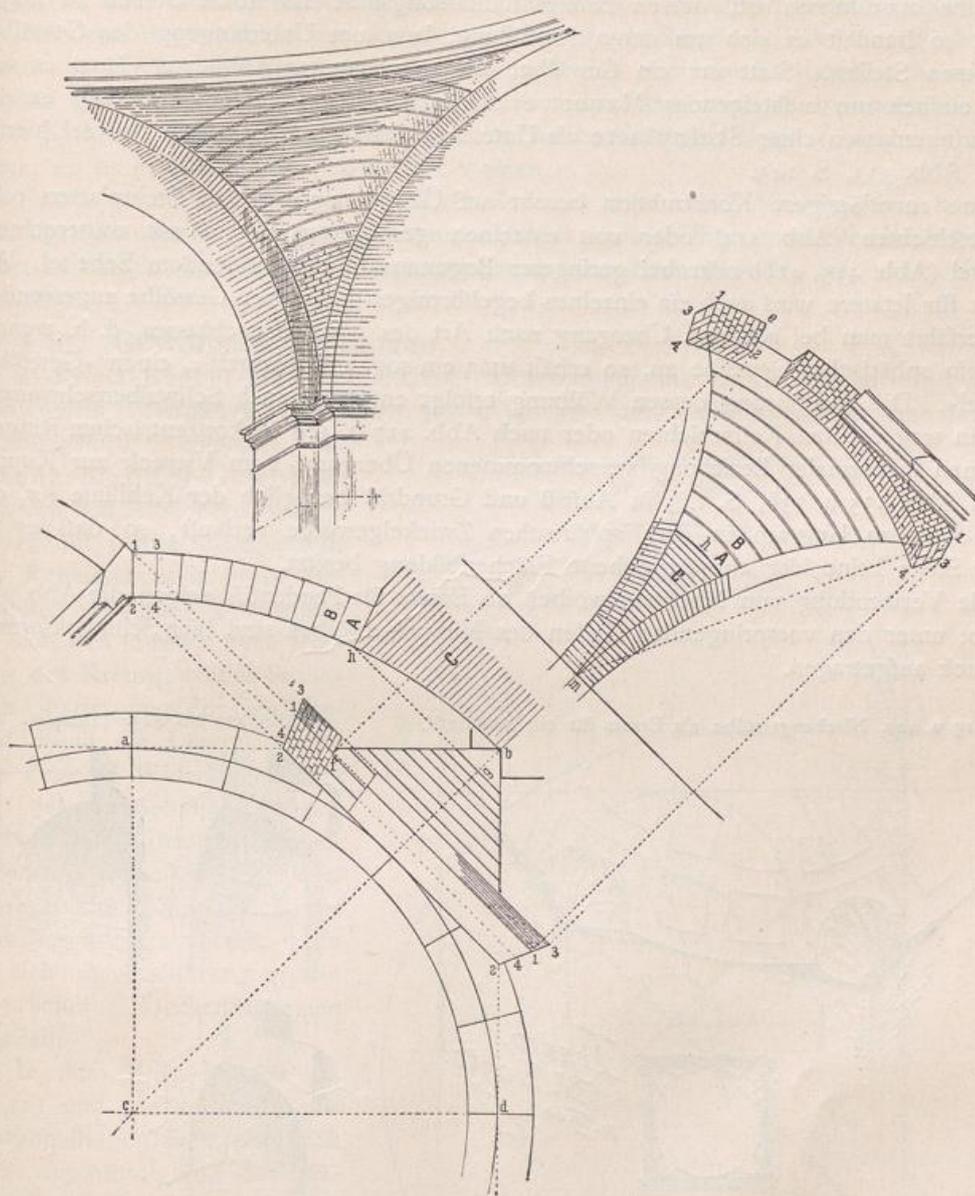
Abb. 415. Ansicht.

Abb. 416. Querschnitt.



bis 309, S. 135, und 261 bis 265, S. 125, dargestellten Stichkappen 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 »Kugelstichkappen« oder allgemein »sphärische Stichkappen« 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.

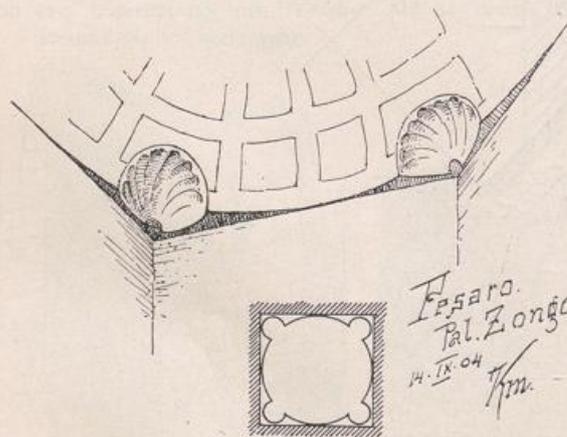
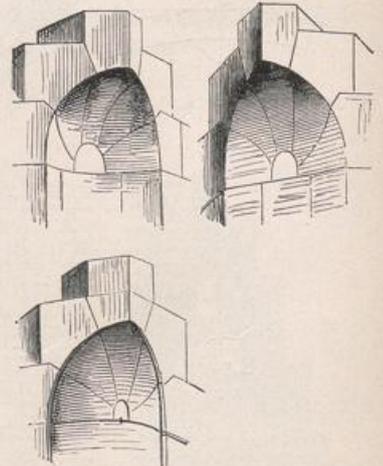


Abb. 421 bis 423. Trompen.



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.

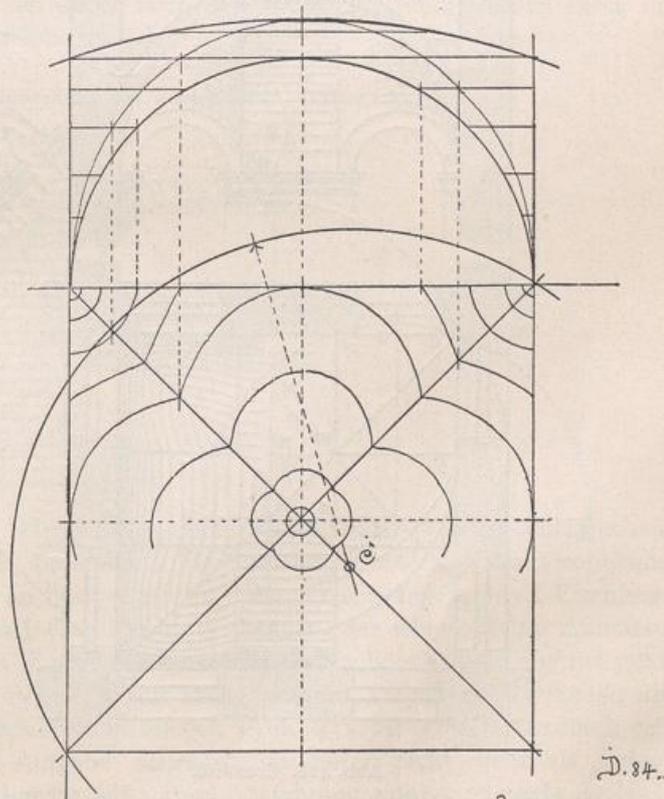
Ferner lassen sich zusammengesetzte Gewölbe auch durch Vereinigung von vollständigen Raumbdeckungs wölbungen bilden. Ein solches gemischtes Raumgewölbe entsteht beispielsweise durch die Verschmelzung eines Kreuzgewölbes mit einem Kuppelgewölbe.

### § 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.

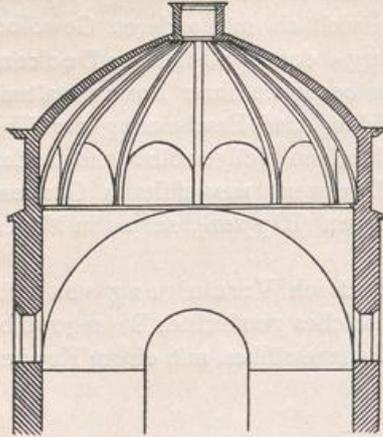


Kreuzgewölbe dessen Diagonalbogen der Teil einer Kreislinie.

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.

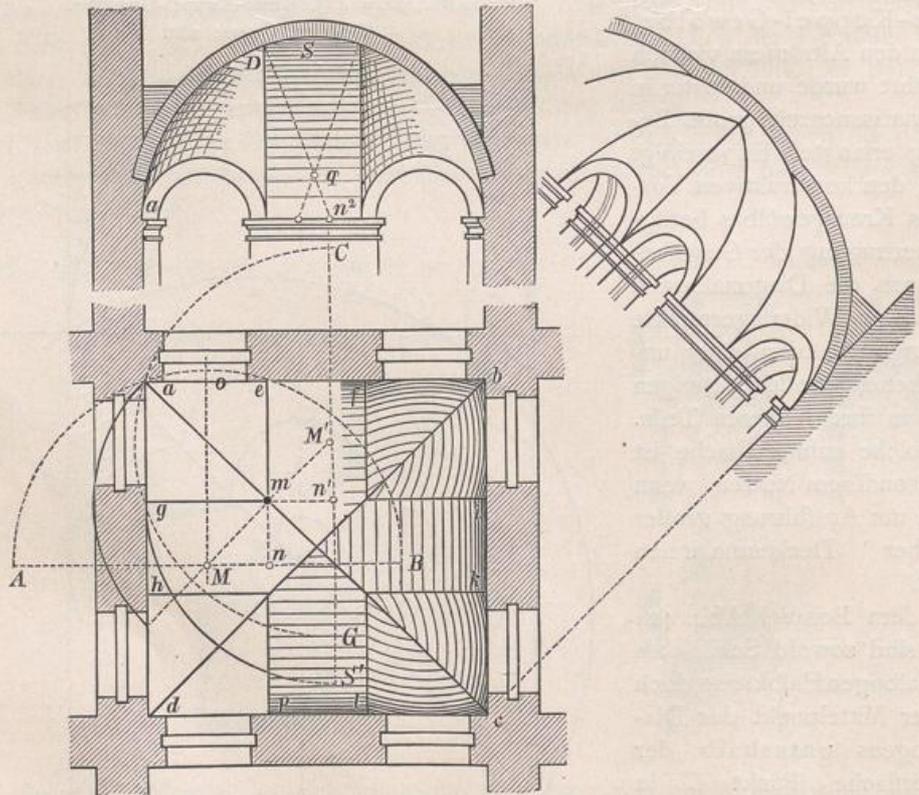


Abb. 428. Grundriß.

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).

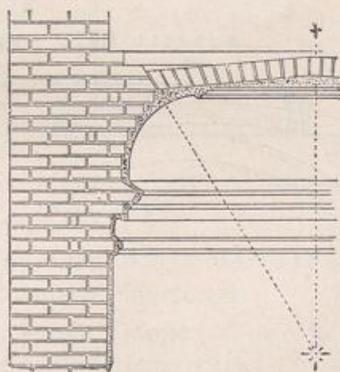
d) **Spiegelgewölbe.** Wir setzen die Betrachtung dieser Deckenform an den Schluß unserer Gewölbeabhandlung, weil sie in ihrer modernen Ausgestaltung den Übergang zu den Flachdecken bildet, die im III. Kapitel: »Holzkonstruktionen« besonders behandelt sind.

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.

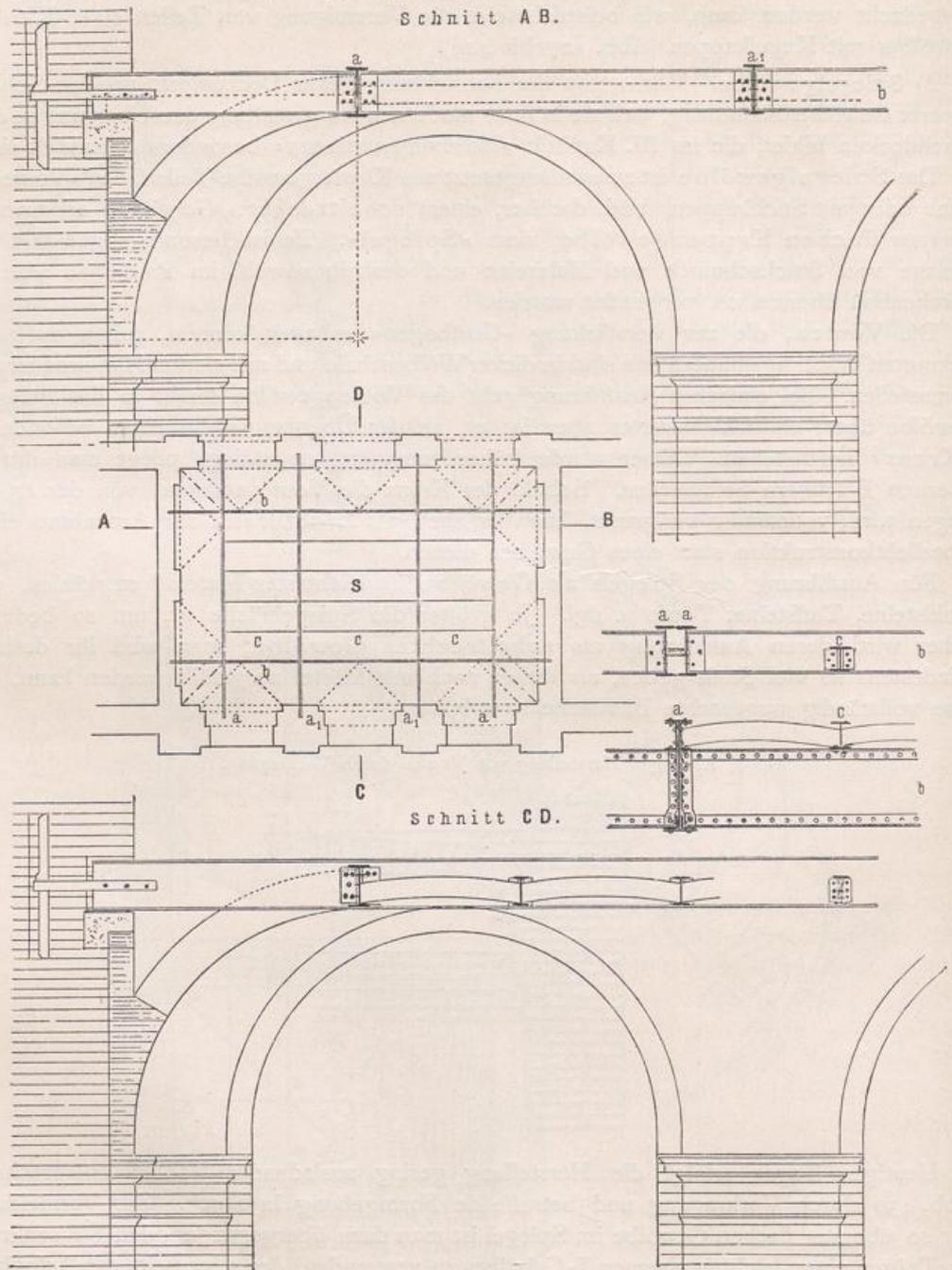
Für Ausführung des Spiegels als Gewölbe ist leichtestes Material zu wählen, wie Hohlsteine, Tuffsteine, Töpfe u. dgl. Je größer die Spiegelfläche ist, um so bedenklicher wird deren Ausführung als scheinrechtes Gewölbe; man wird ihr deshalb mindestens so viel Stich geben, als dieser noch mit Mörtel ausgefüllt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

geneigter Ebenen, so werden die einzelnen Glieder in den Gelenken gegeneinander in andere Winkel gebracht, bzw. es kommt die Wirbelsäule aus ihrer lotrechten Lage im Hüftgelenk oder sie krümmt sich in sich; in solchen Fällen tritt leicht Ermüdung der Muskeln oder Unfähigkeit der Bewegung ein.

Die Abb. 436 erläutert in schematischer Weise, welche konstruktiven Anlagen eine Aufwärtsbewegung von einer Ebene zu höher gelegenen Punkten ermöglichen. Es sind dieses: Rampen, Rampentreppen mit ganz niedrigen und sehr breiten Stufen, Stufentreppen bei einer Neigung von etwa  $20^\circ$  bis höchstens  $45^\circ$ , dann Leitertreppen, bei denen die Fußspitze unter die Fläche der nächst höheren Stufe zu liegen kommt, und Leitern, bei welchen nur ein Klettern unter Zuhilfenahme der Hände möglich ist. Alle vom Punkte  $M$  zu ziehenden Radien entsprechen in zusammenfassender Weise schematisch den Beinrichtungen, welche der Mensch inne zu halten hat, wenn er Steigungen bei verschiedenen Treppenneigungswinkeln bewältigen will. Der von  $M$  aus beschriebene Kreisbogen gibt hierbei in seinen einzelnen Teilen, bzw. in deren Tangenten, die den Radien entsprechende Neigung der Lauffläche an.

Abb. 436. Die verschiedenen konstruktiven Anlagen zur Ermöglichung einer Aufwärtsbewegung.

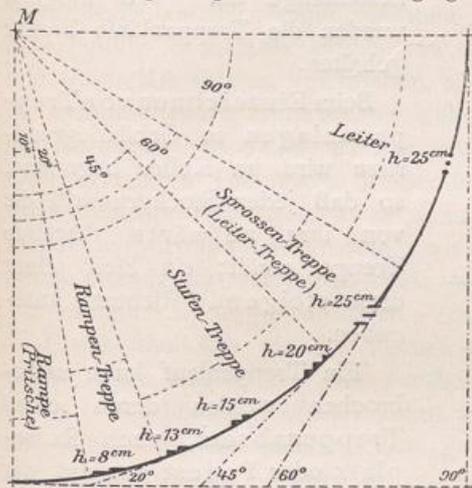
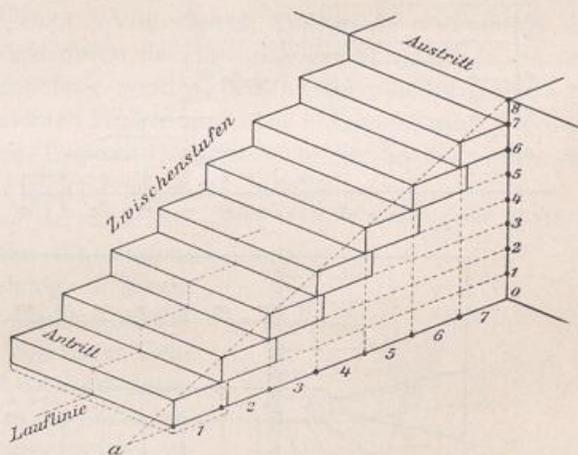


Abb. 437. Stufeneinteilung einer Treppe.



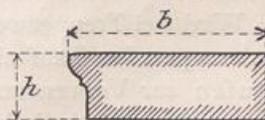
Aus Abb. 437 ist die Stufeneinteilung einer Treppe zu ersehen; zugleich sind hier verschiedene Einzelbezeichnungen eingetragen.

Bei jeglichem Neigungswinkel einer Treppe ( $\sphericalangle$  o a 8 in Abb. 437) muß das Verhältnis, gebildet aus Höhe ( $h$ ) einer Stufe und deren Breite ( $b$ ) — Steigung und Auftritt — ein dem menschlichen Körper angepaßtes Mittelmaß betragen.

Die Erfahrung hat ergeben, daß man brauchbare Treppen erhält, wenn man für deren Stufen annimmt:

$b + h = 47$  bis  $48$  cm, oder  $2h + b = 60$  bis  $64$  cm (etwa 63); je höher  $h$  wird, um so kürzer ist  $b$  zu bilden, und umgekehrt (s. Abb. 436).

Abb. 438. Stufenprofil.



$h$  Steigung,  $b$  Auftrittfläche.

Bei Anlagen von Treppen ist meistens deren Gesamthöhe gegeben und gilt es dann, Steigung und Auftritt der Stufen festzustellen. Wie die Abb. 437 zeigt, kommt bei dem »Austritt« nicht die Auftrittfläche sondern nur die Steigung in Betracht; man hat es somit in diesem Falle, wenn die Anzahl der Steigungen mit  $x$  bezeichnet wird, nur mit  $x - 1$  Aufritten zu tun.

Für bequeme Treppen geht man bezüglich der Stufenhöhe nicht unter 13 cm und nicht über 17 cm, dementsprechend betragen die Auftritte etwa zwischen 34 cm und 29 cm. Nach Kellern, Speichern und sonstigen wenig benutzten Räumen werden die Treppen vielfach auch steiler angenommen; flachere Treppen ermüden namentlich beim Abwärtsgehen.

Läßt sich bei einem hohen Gebäude im Hinblick auf die verschiedenen Stockhöhen das für den untersten Treppenlauf festgesetzte Steigungsverhältnis nicht bis hinauf einhalten, so ist es nach oben zu allmählich »kleiner« zu gestalten.

Als Mindestmaß einer Stufenlänge ist die Breite eines starken Menschen anzunehmen, doch ist bei unseren Wohnhäusern auch damit zu rechnen, daß die Treppensteiger

Abb. 439 u. 440. Zeichnerisches Feststellen der »Verziehung«.

Abb. 439. Aufriß.

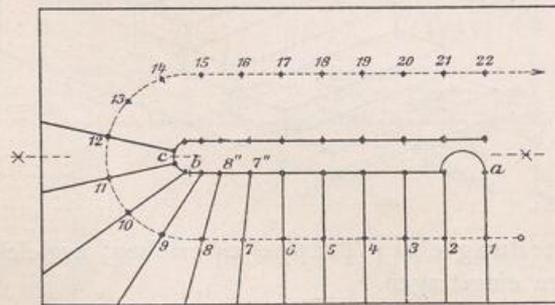
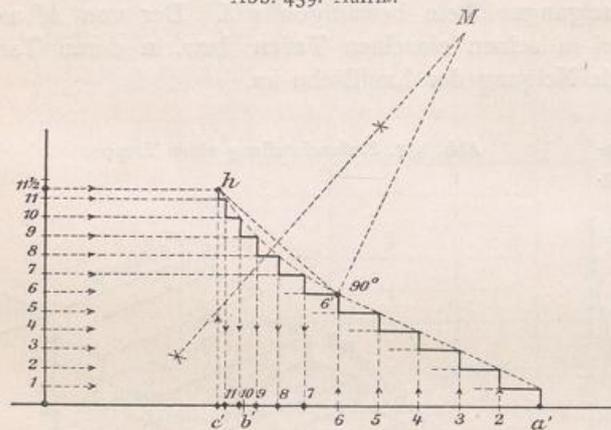


Abb. 440. Grundriß.

weite entsteht, je nach Umständen eine oder mehrere Schrittängen plus dem Maß des Auftritts betragen.

Wird bei Treppenwendungen der Übergang von einem geraden Treppenlauf zu einem andern geraden Lauf nicht durch ein Podest vermittelt, sondern kommen gewendelte Stufen zur Verwendung, so ist sowohl im Hinblick auf gute Begehbarkeit der Treppe als auch aus ästhetischen Gründen dafür Sorge zu tragen, daß der Übergang von geraden Stufen zu Wendelstufen nicht plötzlich erfolgt, sondern auf besonderen Stufen, die denselben allmählich vermitteln und von denen deshalb jede besonders für sich zu gestalten ist. Man nennt dieses Verfahren das Verziehen der Stufen; die Anwendung desselben ist um so notwendiger, je schmaler der Raum ist, der sich zwischen den beiden Treppenläufen befindet.

Gegenstände tragen können und des weiteren, daß wenn irgend tunlich sich auch zwei Personen auf einer Treppe ausweichen können. Man legt deshalb Diensttreppen nicht unter 0,9 m und Haupttreppen nicht unter 1,1 m Stufenlänge an. Wo möglich werden die Treppenläufe breiter gehalten.

Beim Einzeichnen von Treppenanlagen in Gebäudegrundrisse wird im Keller begonnen, so daß jeder Stockgrundriß die von ihm aufwärts führende Treppe erhält; ein Pfeil pflegt diese steigende Richtung anzugeben.

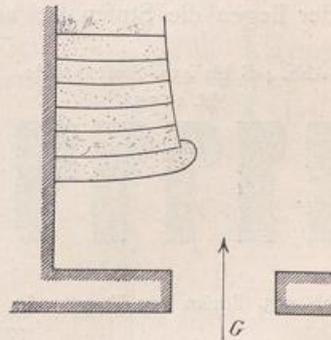
Ein Treppenlauf kann unterbrochen werden durch einen Treppenabsatz, auch Ruheplatz oder Podest genannt, der nicht schmaler als der Treppenlauf sein soll; die auf der Lauflinie gemessene Länge desselben muß, damit keine unangenehme plötzliche Änderung in der Schritt-

Die gebräuchlichste und zugleich zuverlässigste zeichnerische Art des Feststellens einer »Verziehung« schließt sich dem Grundgedanken der Abb. 436, S. 169 an. In Abb. 440 sei ein Treppenhaus im Grundriß gegeben und daselbst die Treppe mit 22 Steigungen bezüglich der Stufenauftritte in der Lauflinie eingeteilt. Es fällt die Stufe 11 mit ihrer Mittellinie in die Längsachse des Treppenhauses, welche im Punkte  $c$  die Horizontalprojektion der inneren Treppen-Profillinie schneidet. Der gering angenommene Abstand der beiden Treppenläufe zeigt bei der Wendelung einen durch den Punkt  $c$  gehenden Halbkreis.

Man wickelt nun die innere Treppengrundrißlinie  $abc$  im Aufriß von  $a'$  nach  $c'$  ab, errichtet auf ihrer Verlängerung ein Lot und trägt auf diesem von unten her die entsprechende Anzahl, hier  $11\frac{1}{2}$ , der Steigungsmaße auf.

Die Anzahl der regelmäßigen, d. h. nicht verzogenen, Tritte ist anzunehmen; hier sind es deren 6. Man verzeichnet diese im Aufriß, zieht die Treppenneigungsgerade durch die Stufenecken und errichtet auf ihr im Punkte  $6'$  eine Senkrechte. Punkt  $6'$  ist zugleich der Beginn für die gewendelte Steigung, deren Endpunkt  $h$  sich ergibt aus: der Durchschneidung eines Lotes auf  $a'c'$  in  $c'$  und dem Horizont durch den Höhenpunkt  $11\frac{1}{2}$ . Man verbindet jetzt die Punkte  $6'$  und  $h$  durch eine Gerade und halbiert diese durch eine ebensolche, die nun in Durchschneidung mit der vorhin erhaltenen Senkrechten auf der Steigungsrichtung der regelmäßigen Tritte, den Punkt  $M$  ergibt, der dem Punkte  $M$  in Abb. 436, S. 169 entspricht. Von diesem Punkte  $M$  wird durch  $h$  und  $6'$  ein Kreisbogen beschrieben, auf dem durch die Horizonte der Stufenhöhenpunkte die entsprechenden Stufenkanten gekennzeichnet werden, deren Horizontalprojektionen auf die abgewinkelte Linie  $a'c'$  die gewünschten Punkte angeben. Nunmehr muß letztere Linie mit ihren Teilpunkten wieder in die Treppen-Grundrißzeichnung an den früheren Platz zurückgewickelt werden, wo dann die gleichnamigen Punkte auf der inneren Profillinie und auf der Lauflinie durch Gerade zu verbinden sind, welche die Stufen-Vorderkanten in der gewünschten »Verziehung« angeben.

Abb. 441. Ausbauchung von Stufen.



Etwas ähnliches wie die Verziehung kommt in Betracht, wenn eine Treppe sich »seitlich« von einer Gehachse,  $G$  in Abb. 441, befindet. Man wird dann gut daran tun, mindestens die unterste Stufe gegen die Gehachse zu ausbauchen. Besser ist es, mehrere Stufen so auszubuchten, daß ihre Schweifung bei jeder, sich den regelmäßigen geraden Stufen nähernden Stufe an Ausladung abnimmt. Eine Vereinigung von »Verziehung« und »Ausbauchung« wird sich für viele Fälle empfehlen.

Abb. 441 zeigt dieselbe bei geringerer Verziehung und schwacher Ausbauchung.

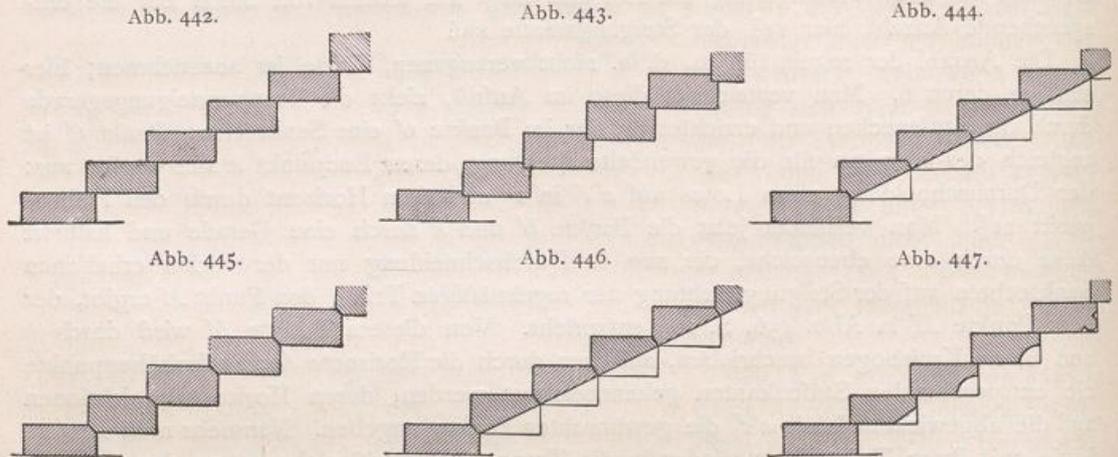
Im Hinblick auf den Ort, wo Treppen zur Verwendung kommen, unterscheidet man Anlagen im Freien und solche im Innern von Gebäuden; Beispiele der ersteren bringt das VII. Kapitel: »Bauformenlehre«. Die Besprechung über allgemeine Grundrißanordnung von Treppen in den Gebäuden findet im VI. Kapitel: »Gebäudelehre« statt.

**§ 83. Stufen.** Von den Gesteinsarten, welche für die Treppen unserer Gegenden Verwendung finden, sind in erster Linie die verschiedenen Sandsteine zu nennen, die sich für Stufen um so brauchbarer erweisen, je härter und feinkörniger sie sind; des weitern kommen — namentlich für Treppen im Freien, sowie für sehr viel zu begehende Treppen im Innern von Gebäuden — Granite in Betracht und für vornehm aussehende Treppen Marmorarten; doch werden auch sonst die verschiedensten Gesteinsarten

verwertet. Die Oberfläche der Stufen und Podeste ist aus verschiedenen Gründen in weitgehender Weise zu bearbeiten; da jedoch zu glatte Stufen, namentlich wenn sie aus Marmor hergestellt sind, für die Benutzung gefährlich sind, so ist derjenige Teil derselben, der am meisten begangen werden soll, entweder mit einem Teppichläufer abzudecken oder leicht aufzurauen.

Für Treppen, deren Stufen lediglich von vorne und von oben her sichtbar sein sollen, wird die hintere und untere Seite der Stufen rauh belassen; für auch von unten her sichtbare Treppenläufe sind die Stufen auf allen Längsflächen sauber zu bearbeiten.

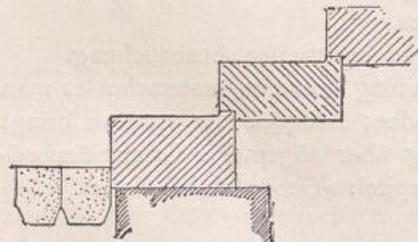
Abb. 442 bis 447. Stufenquerschnitte. M. 1 : 30.



In Abb. 442<sup>32)</sup> sind die Stufen an ihren beiden Kopfenden fest in Mauerwerk eingefügt gedacht; findet jedoch die Einmauerung nur an einem der Kopfenden statt, oder liegen die Stufen frei aufeinander, so empfiehlt es sich, sie aufeinander zu falzen (Abb. 443 u. 444) oder mindestens stumpf aufeinander zu stoßen (Abb. 445 u. 446). Des schöneren Aussehens wegen können die Stufen an der Untersicht, wie Abb. 447 zeigt, in verschiedener Weise je für sich ausgebildet werden oder man bringt die Untersicht aller Stufen in eine schräg ansteigende Fläche (Abb. 444 u. 446); ein solcher Treppenlauf wird als »ausgeschalt« bezeichnet.

Abb. 448 bis 452. Stufenprofile.  
M. 1 : 10.

Abb. 453. Stufen von Treppen im Freien.



Je steiler eine Treppe ist (s. Abb. 436, S. 169), um so mehr empfiehlt es sich, dem Fuß Gelegenheit zu geben, sich unter die nächste Stufe schieben zu können; zu diesem Zwecke werden die Vorderseiten der Stufen ausgehöhlt — sie erhalten »Profile« (Abb. 449 bis 452). Solche Profilierung wird auch vielfach lediglich als Schmuck der Treppe angeordnet und ist ihre Anwendung nicht nur auf die Vorderseite der Stufen beschränkt, sondern kann auch an freien Stufen-Kopfenden um diese herumgeführt werden. Dagegen läßt man die Profilierung an dem einzumauernden Kopfende sich »totlaufen«, da dieser Stufenkopf des besseren Auflagers und des besseren Verbandes mit der Mauer wegen stets einen vollen rechteckigen Querschnitt aufweisen

<sup>32)</sup> Die Abb. 442 bis 452 sind entnommen: dem »Handbuch der Architektur«, III. Teil, 3. Bd., 2. Heft, 1892: »Treppen und Rampen« von OTTO SCHMIDT und Geh. Baurat Prof. Dr. EDUARD SCHMIDT.

soll. Die Vorderkante der Stufe darf im Profil nicht zu scharf gehalten sein, da sie sonst bei starker Treppenbenutzung bald schadhafte wird.

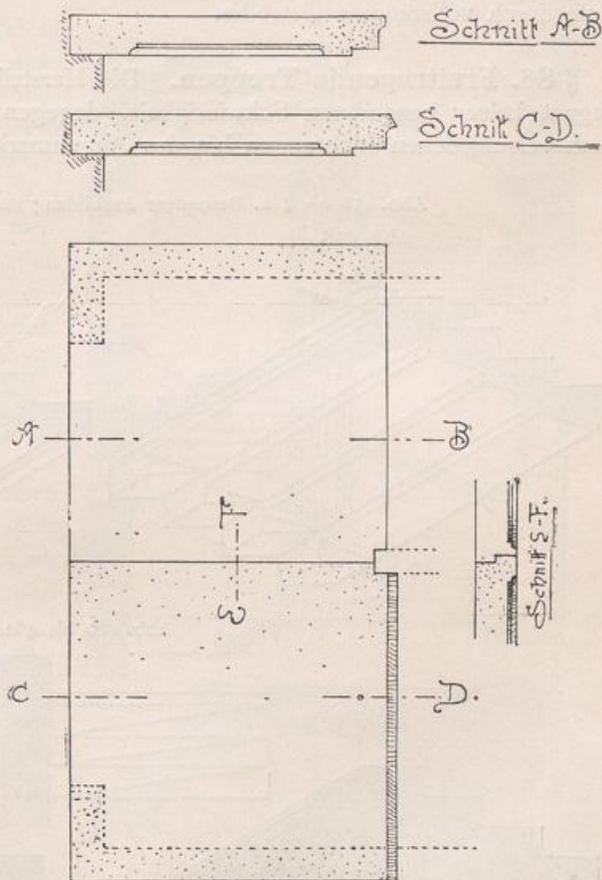
Bei Treppen im Freien ist auf Regenwasser und die Bildung von Eis Rücksicht zu nehmen; man formt daher, um ein Eindringen von Wasser in das Treppengefüge zu verhindern, entweder die Stufe nach Abb. 453<sup>33)</sup> mit leicht geneigter Wasserschräge oder man »versetzt« gewöhnliche Stufen mit leichter Neigung nach vorwärts.

**§ 84. Podeste und Austrittstufen.** Werden Podeste in Stein hergestellt, so bildet man sie entweder in einer Platte oder bei größeren Verhältnissen in zwei Platten, die durch Überfaltung miteinander verbunden werden (Abb. 456); an den beiden äußeren Enden binden die Platten in Mauerwerk ein. In dieser Abbildung, die das Podest einer zweiarmigen Treppe darstellt, ist der Podestteil bei *B* zugleich Stufe, während derjenige bei *D* der nächsthöheren Stufe einen schrägen Anschluß darbietet (entsprechend der Abb. 445 u. 446, S. 172). Die Unterseite der Podeste erhält vielfach Profilierung.

Wird das Podest einer Steintreppe in Holz ausgebildet, wie solches bei Mietshäusern häufig der Fall ist, so pflegt man wenigstens als vorderen Abschluß des Podestes eine quer durch das ganze Treppenhaus reichende »Austrittsstufe« in Stein anzuordnen, die ebenso wie die Vorderseite der Steinpodeste auszubilden ist.

Neuerdings werden die Podeste bei Steintreppen vielfach in **I-Eisenträgern** nebst Ausfüllung der wagerechten Fache mit Backsteingewölben als »preußische Kappen« oder mit Beton hergestellt.

Abb. 454 bis 457. Aus zwei Steinplatten bestehendes Podest.



**§ 85. Treppenläufe.** Bei allen Arten von Treppen — gerade, gebrochene, gewendelte und gemischte — bezeichnet man die Aufeinanderfolgen von Stufen von einem Treppenabsatz zum andern als Treppenläufe oder Treppenarme. Diese können nach folgenden Arten konstruiert sein:

1. untermauert und eingemauert — die Stufen ruhen an beiden Enden auf oder in Mauern bzw. Bogen aus Werkstücken oder Mauerwerk;

<sup>33)</sup> Die Abb. 453 bis 457 sind entnommen: THEODOR KRAUTH und FRANZ SALES MEYER, »Die Bau- und Kunstarbeiten des Steinhauers«, Leipzig 1896.

2. freitragend — das eine Ende der Stufen ist »untermauert«, das andere ist »frei« ausgebildet; die Last jeder oberen Stufe wird von der unter ihr befindlichen getragen;
3. mit Architrav — die Kopfenden der Stufen ruhen auf eisernen Trägern;
4. mit Zargen oder Wangen — an beiden Enden der Stufen befinden sich untermauerte Werkstücke in Stein, in welche die Stufen eingelassen sind.

Während die zuletzt genannte Art der Treppenunterfangung nur ab und zu bei Freitreppen, und im Innern von Gebäuden wohl auch bei Eingangsstufen, Verwendung findet, bedient man sich der andern genannten Konstruktionen in weitgehendster Weise; auch werden eiserne Träger heutigen Tages vielfach zur Unterstützung von Podesten und Austrittsstufen verwendet. In anderen Fällen unterfängt man Podeste, sowie auch Treppenläufe durch vollständige Gewölbe.

**§ 86. Freitragende Treppen.** Die Herstellung untermauerter Treppenläufe begegnet keiner besonderen Schwierigkeit, dagegen ist bei »freitragender« Anlage nach verschiedenen Richtungen hin das Augenmerk zu lenken.

Abb. 458 bis 462. Besondere Ausbildung ausgeschalteter Treppenstufen.

Abb. 458.

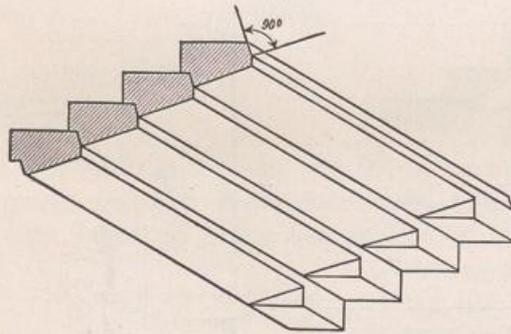


Abb. 459.

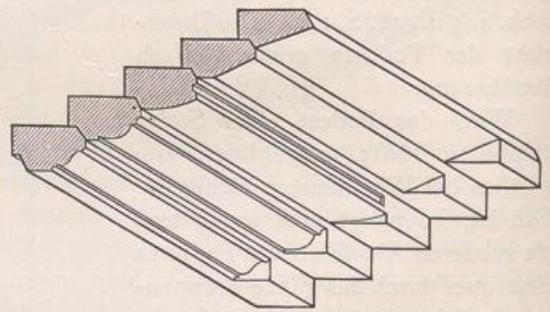
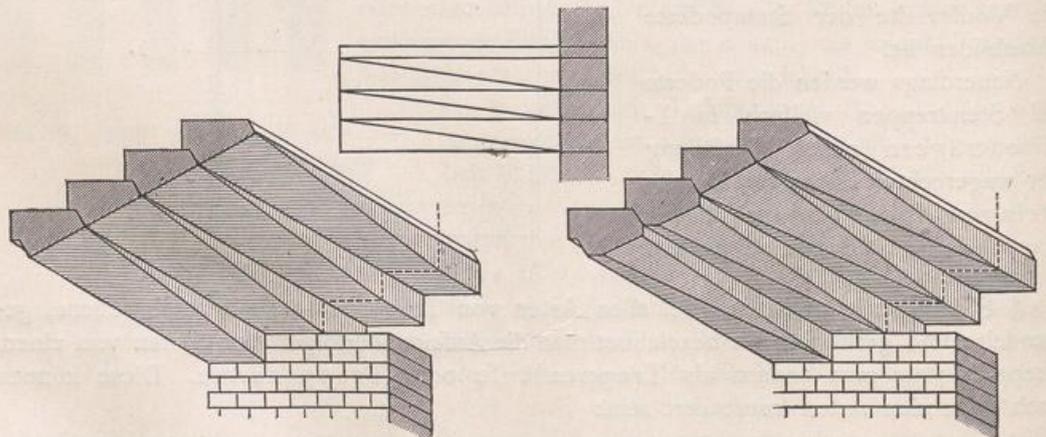


Abb. 460 bis 462.



Jede Stufe bildet gewissermaßen einen am einen Ende eingespannten Balken, der sein Eigengewicht samt einer gewissen Nutzlast zu tragen hat. Die Feststellung des Ausladungsmaßes einer Stufe hängt durchaus von der im betreffenden Falle gewählten Gesteinsart ab. Im allgemeinen hütet man sich nicht nur, die Stufen auf das Höchst-

maß ihrer Widerstandsfähigkeit in Anspruch zu nehmen, sondern man fügt die Stufen so fest aufeinander (s. Abb. 443 bis 446, S. 172), daß sie sich einesteils nicht verschieben können, anderenteils einen Teil ihrer Last nach unten zu auf die nächstfolgenden Stufen übertragen, so daß schließlich die unterste — gut zu untermauernde — Stufe eine Belastung vom ganzen Treppenlaufe erhält.

Das Einbinden der stets rechteckig auszubildenden Stufenköpfe in ein Mauerwerk erfolgt, wo tunlich, auf die Tiefe von einer Backsteinlänge.

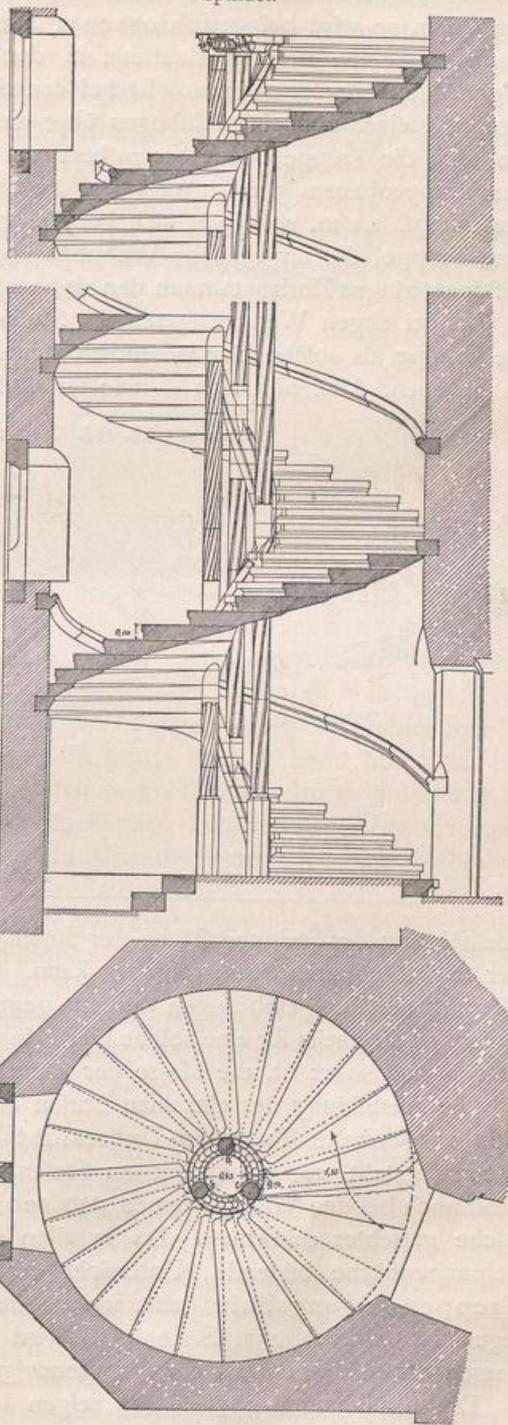
Beträgt die Ausladung von in gutem Sandsteinmaterial hergestellten Stufen nicht mehr als etwa 1,2 m, so kann bei gewöhnlicher Lastbeanspruchung in Wohnhäusern eine ausgeschaltete Treppe allen Anforderungen genügen. Soll jedoch etwa ein Kassenschrank auf solcher Treppe befördert werden, so wird es sich empfehlen, jeden Treppenlauf abzusprießen. Um von vornherein für alle Fälle Vorsorge zu treffen, verlangen verschiedene städtische Baupolizeordnungen eine Unterfangung der freien Stufenenden durch Eisenträger entsprechend § 85, Pos. 3.

Eine stärkere Ausbildung der einzelnen Stufen in der Steinmasse als es bei glatt ausgeschalteten Stufen der Fall ist, kann beispielsweise nach den in den Abb. 458 bis 464 dargestellten Weisen erfolgen.

Der Falz, in dem die Stufen sich aneinanderschließen (s. Abb. 458), besteht aus einem 2 bis 3 cm breiten Auflager und einem 3 bis 8 cm breiten Stoß, der stets rechtwinklig zur Treppen-Neigungslinie auszubilden ist.

**§ 87. Wendeltreppen.** Unter Verweisung auf Abb. 440, S. 170 war von Stufen die Rede, die durch ihre Anlage eine Wendung in der Gehrichtung des die Treppe Benutzenden vorbereiteten; dabei handelte es sich um eine zweiarmige Treppe mit geraden Läufen und Anordnung mehrerer »verzogener« Stufen beim Kehrpunkt der Treppenlauflinie. Erfolgt das Wenden der Lauflinie ununterbrochen, so daß die Horizontalprojektion der Lauflinie einen Kreis oder ein Oval ergibt, so erhält man eine »Wendeltreppe«, deren Stufen

Abb. 463 u. 464. Wendeltreppe mit durchbrochener Spindel.

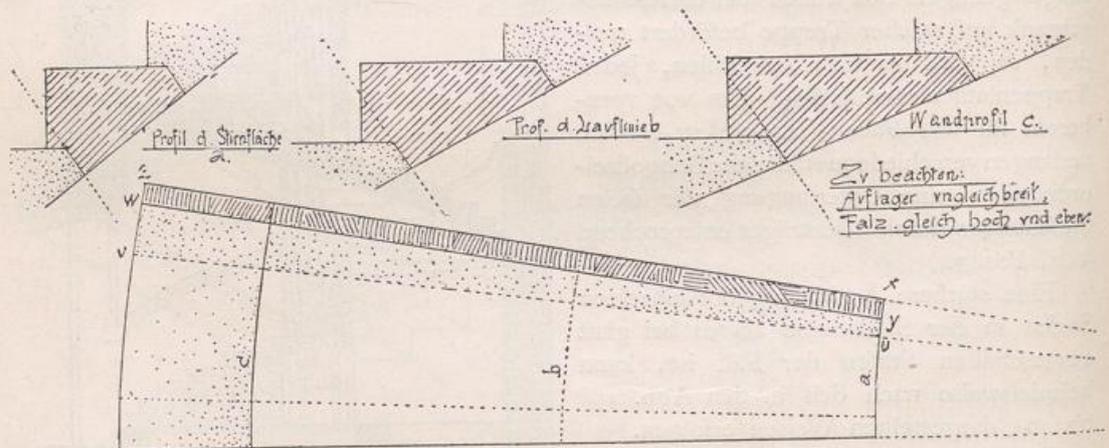


keilförmig gebildet sind und an ihrem innern Kopfe entweder um eine geschlossene oder um eine offene Zylinderfläche, hier »Spindel« genannt, sich schraubengewindeartig anschließen (Abb. 463 u. 464).<sup>34)</sup>

Beträgt bei kreisförmigen Wendeltreppen der innere Durchmesser des Treppenhauses etwa 2 m, so wird bei geschlossener Spindel dem die Treppe Besteigenden — auch wenn dieser die normale Lauflinie in der Mitte der Stufen einhält — die Anlage im allgemeinen eng erscheinen. Ist bei denselben Maßen die Spindel offen, so kann der Treppensteiger den einen Ellbogen über die innern Kopfenden der Stufen greifen lassen, wodurch die Treppe bequemer zu benutzen sein wird. Nimmt man für den Durchmesser des Treppenhauses 3 m an und für die Stufenlänge, abgesehen vom einzumauernden Stufenkopf, 1,1 m, so ergibt sich bei Anlage mit »Hohlspindel« (80 cm Durchmesser) eine Treppe, die für einfache Wohnhausverhältnisse sehr wohl genügt und im Hinblick auf den geringen Horizontalraum, den sie beansprucht, für viele Fälle empfohlen werden kann.

Da bei engen Wendeltreppen die Stufen an der Spindel sehr spitz werden, so ist die Treppe als solche hier wesentlich steiler als bei der Lauflinie und daher schwieriger zu begehen. Man hilft sich — wie für ähnliche Fälle schon besprochen wurde — durch

Abb. 465 bis 468. Treppenstufen mit ebenen Falzen.



Aushöhlung der Steigungsfläche der Stufen, so daß der Fuß sich unter die Vorderkante der nächst höheren Stufe schieben kann. Diese Aushöhlung kann in eine etwaige Profilierung der Stufe einbezogen werden; gegen den Mauerkopf der Stufe läßt man sie auslaufen, da einerseits für eine solche hier kein technisches Bedürfnis vorliegt und andererseits es wünschenswert ist, die Masse der Stufe nicht unnötigerweise zu schwächen.

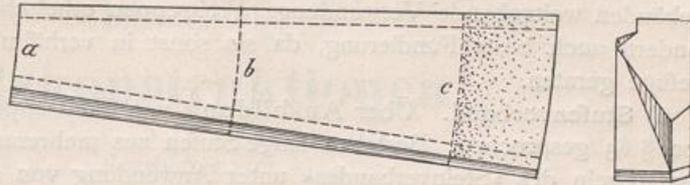
Die Ausbildung der einzelnen Stufen bietet einige Schwierigkeit, wenn es sich um eine ausgeschaltete Treppen-Untersicht handelt, welche eine windschiefe Schraubensfläche darstellt, sowie zugleich um Stufen, die mit Falz aneinander gefügt sind, dessen Stoß auch bei den Wendeltreppen stets senkrecht zum tangierenden Teil der Schraubensfläche gerichtet sein muß. Da in allen Querschnitten der Stufen die, einen Teil der Schraubensfläche bildende, Untersicht der ausgeschalteten Stufen gleichlaufend mit der Treppenneigungslinie geht, welche durch die vorderen Ecken der Stufen zu legen ist (s. Abb. 437, S. 169), so wird bei der Querschnittskonstruktion des Falzes dessen Stoßfläche normal zur Treppenneigungslinie angenommen.

Die Abbildungen 465 bis 473 zeigen zwei Beispiele. Im ersten Fall handelt es sich beim Falz um ebene Flächen; hier greift die obere Stufe in ungleicher Breite über

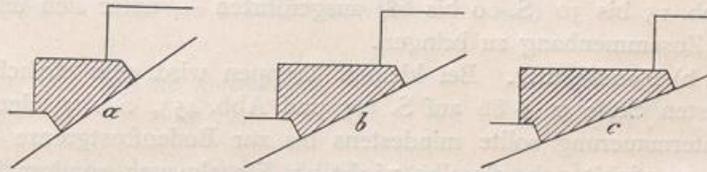
<sup>34)</sup> Entnommen: »Freiburg im Breisgau, die Stadt und ihre Bauten«, Freiburg i. B. 1898.

die untere — die Auflagerfläche des Falzes verbreitert sich gegen das Mauerende der Stufe zu. Im zweiten Fall ist beim Falz sowohl die Stoß- als auch die Auflagerfläche in sich durchgängig von gleicher Breite, dagegen erscheint der ganze Stoß im Anschluß an die windschiefe Fläche der Treppenuntersicht ebenfalls windschief. Bei beiden Konstruktionsarten geht man von dem Stufenquerschnitt in der Treppenlauflinie ( $\delta$ ) aus und bestimmt im Anschluß an die Maße in Grund- und Aufriß die Querschnitte an den beiden Kopfenden der Stufen ( $a$  u.  $c$ ); die Verbindungslinien der entsprechenden Querschnittspunkte liefern die gesuchten Kanten.

Abb. 469 bis 473. Treppenstufen mit windschiefen Falzen.



Bei solcher Ausbildung der unteren Treppenansicht als stetige Schraubenfläche, erhalten die Stufen am Mauerende eine sehr spitze Ausbildung, die sich vielfach für den Bestand der Stufen



Zu beachten: Auflager gleich breit; Falz gleich hoch, aber windschief.

als gefährlich erweist; man verzichtet deshalb des öfters auf die Stetigkeit der unteren Treppenansichtsfläche und zieht es vor, lieber den Stufen mehr Steinmasse zu belassen.

Die Ausbildung der inneren Stufenköpfe kann bei Wendeltreppen mit hohler Spindel wie bei geraden freitragenden Treppen erfolgen (s. § 83); doch können hier auch besondere Wangenstücke in Verbindung mit den Stufen ausgebildet werden (s. § 85 unter 4), die in früheren Zeiten oft Veranlassung zu weitgehenden künstlerischen Ausbildungen boten. Bei Anwendung eingestellter Säulen, wie in Abb. 463 u. 464, S. 175, entsteht eine Vereinigung der Systeme »feste« und »offene« Spindel.

Feste (geschlossene) Spindeln können entweder gemauert, oder für sich in Hausteinen hergestellt oder im Zusammenhang mit den Stufen ausgebildet werden. In letzterem Falle läßt sich der Anschluß der Stufen an die Spindel in 3 verschiedenen Arten ausbilden: entweder geht die Längsmittellinie der Stufen-Auftrittsfläche durch den Mittelpunkt der Spindel, oder es schließt sich deren Vorderkante, oder deren Hinterkante, direkt, bzw. in ihrer Fortsetzung, als Tangente an die Spindel an.

**§ 88. Bemerkungen zu Treppenhäusern mit Wendeltreppen.** Wendeltreppen werden vielfach in besonderen, nach außen an zwei oder drei Seiten vorspringenden Treppenhäusern (Treppentürmen) angelegt, bei denen — ebenso wie bei Treppenanlagen mit geraden Läufen — die Stockwerkpodeste meistens senkrecht übereinander zu liegen kommen. Zur Erhellung dieser Treppenhäuser mit Tageslicht können nur verhältnismäßig niedrige Fenster angeordnet werden, deren Bänke und Stürze im Mittelalter und in der Renaissancezeit (nördlich der Alpen) vorwiegend schräg, unter Einhaltung des Neigungswinkels der Treppenlauflinie, angenommen wurden. Sollen solche Fenster »Flügel« zum seitlichen Öffnen erhalten, so ist, entsprechend dem Grundgedanken bei der Konstruktion von »Kernbogen« (s. § 50, S. 118) Sorge zu tragen, daß im Mauerwerk die nötige Aussparung erfolgt.

Um die Fenster möglichst hoch zu gestalten, bedient man sich neuerdings zur Unterfangung jener Stufen, welche direkt über die Fensternischen zu liegen kommen, eiserner Hilfskonstruktionen.

**§ 89. Freitreppen.** In früheren Zeiten spielten die Freitreppen vor den Häusern eine bedeutende Rolle. Gegenwärtig werden sie in Stadtstraßen aus naheliegenden Gründen kaum mehr beliebt; doch finden dieselben auch zur Zeit bei freistehenden Gebäuden weitgehende Verwendung. Freitreppen erheischen nicht nur besten Verband, sondern auch beste Fundierung, da sie sonst in verhältnismäßig kurzer Zeit aus dem Gefüge geraten.

a) **Stufenverband.** Über Ausbildung von Freitreppenstufen ist im letzten Absatz von § 83 gesprochen. Bestehen lange Stufen aus mehreren Teilen, so sind letztere nach den Regeln des »Steinverbandes« unter Anwendung von »Verschränkung« anzuordnen, und empfiehlt es sich, dieselben — unter Berücksichtigung des im Anschluß an die Abb. 15 bis 30 (S. 66 bis 68) ausgeführten — unter sich und mit dem Gebäude selbst in Zusammenhang zu bringen.

b) **Fundierung.** Bei kleinen Treppen wird eine einfache Untermauerung der untersten Stufe (s. § 86 auf S. 175 und Abb. 453, S. 172) dem Zwecke genügen. Diese Untermauerung sollte mindestens bis zur Bodenfrostgrenze (etwa 1,2 m tief) erfolgen. Es empfiehlt sich, dieselbe nicht als Einzelmauer, sondern im Zusammenhang mit der hinter ihr befindlichen Gebäudemauer aufzuführen, sei es als Vorkragung von letzterer aus, sei es als Vorderwand eines seitlich geschlossenen Mauerschachtes, dessen Seitenwände mit der Hausmauer verbunden sind.

Haben die Stufen bedeutende Längen, so sind auch noch Querverbindungen der Schachtvorderwand mit der Gebäudegrundmauer, als besondere Sporen, erforderlich.

Anstatt auf »Mauern« oder »Wänden« können die Stufenköpfe bzw. ihre Stoßteile auch auf »Mauerbogen« ruhen, die sich, entsprechend der Abb. 207, S. 116, gegen die Hausmauer lehnen; die Fundamente solcher Unterstützungsbogen sind ganz besonders sorgfältig zu behandeln.