

B. Harres

Die Schule
des
Steinmetzen

Ed. Pohl's Verlag München

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294784

Arthur Wagenknecht
Bildhauer- und Steinmetzmeister
Bolkenhain/Schles.

W 1/3
244.

Arthur Wagenknecht
Bildhauer- und Steinmetzmeister
Bolkenhain/Schles.

Die
Schule des Steinmetzen.

Praktisches Hand- und Hilfsbuch für
Architekten u. Bauhandwerker, sowie
:: für Bau- und Gewerbeschulen. ::

Bearbeitet von

B. Harrex,

Weiland Baurat und Lehrer an der Technischen Schule (jetzt Technische
Hochschule) in Darmstadt.

Dritte vermehrte und verbesserte Auflage.

Bearbeitet und herausgegeben von

Architekt Eduard Harrex in Darmstadt.

Mit 368 Abbildungen, nach Zeichnungen der Verfasser.

München.

Ed. Pohl's Verlag.

1910.



II 5280

Akc. Nr. 4766/50

Heinrich Schiele, Graphische Kunstanstalt, Regensburg.

Vorwort zur ersten Auflage.

Indem ich die „Schule des Steinmetzen“, welche dem vorgeschriebenen beschränkten Umfange eines Hand- und Hilfsbuches für den Praktiker entsprechend bearbeitet werden mußte, demnach nicht als ein vollständiges Lehrbuch des Steinschnittes ans Licht zu treten ein Anrecht hat, vielmehr nur als ein brauchbarer und nützlicher Führer auf dem Werkplatze und für den angehenden Techniker gelten will, hiermit der nachsichtigen Beurteilung bewährter Fachmänner empfehle, übergebe ich das Werkchen dem praktischen Steinmetzen zugleich mit dem Wunsche, daß er darin das Bestreben des Verfassers erkennen möge, ihm durch faßliche Darstellung einer Auswahl derjenigen Steinkonstruktionen, welche die wesentlichsten Bestandteile der Kunst des Steinmetzen ausmachen, nach Kräften zu nützen.

Die Auswahl der gegebenen Beispiele mußte eine beschränkte, wird aber wohl ausreichend sein, den aufmerksamen Leser in den Stand zu setzen, die Musterrisse von Konstruktionen, welche hier nicht angeführt sind, selbständig zu entwerfen und die zur Ausführung derselben erforderlichen Schablonen herauszutragen.

D a r m s t a d t, im April 1857.

Der Verfasser.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die erste Auflage unserer „Schule des Steinmetzen“ hat, bei aller Mangelhaftigkeit, eine unsere Erwartung weit übertreffende gute Aufnahme gefunden, und es ist diese auch dem in dem Vorworte zur ersten Auflage versprochenen und mittlerweile erschienenen zweiten Teile der „Schule des Zimmermanns“ nicht vorenthalten worden.

Für diese Teilnahme, welche Fachgenossen, Bauhandwerker und Freunde der Baukunst unseren Leistungen auf dem Arbeitsfelde der Bautechnik zugewendet haben, zu lebhaftem Danke verpflichtet, glauben wir diesen Dank nicht besser betätigen zu können, als dadurch, daß wir bei jeder neuen Auflage eines von uns bearbeiteten Teiles

der „Schule der Baukunst“ das früher Gebotene nach bester Einsicht verbessern, und daß wir notwendige oder uns als wünschenswert bezeichnete Ergänzungen und Vermehrungen eintreten lassen.

Dem bereits nachgekommen zu sein, glauben wir das Zeugnis für uns zu haben. Wir geben uns der Erwartung hin, daß wohlwollende Freunde unserer „Schule der Baukunst“ dies auch an der vorliegenden und hiermit wohlwollender Beurteilung empfohlenen zweiten Auflage der „Schule des Steinmehrs“ nicht vermessen. Sie werden dieses Bändchen einer freundlichen Aufnahme nicht unwert erachten.

D a r m s t a d t , im Juli 1865.

Der Verfasser.

Vorwort zur dritten Auflage.

Es gereicht dem Herausgeber dieser neuen Auflage der „Schule des Steinmehrs“ zur besonderen Ehre und Freude, daß es ihm vergönnt war, nach über 40jähriger Pause die Neubearbeitung eines Werkes seines schon so lange dahingegangenen Vaters vorzunehmen; beweist dies doch, daß der Kern desselben auch für die Bedürfnisse der neueren Zeit noch ebenso zweckdienlich und belehrend erscheint, wie er es für frühere Zeiten war!

Nach Weglassung des ganz veralteten ersten Abschnittes war dem praktischen Inhalt des Werkes wenig hinzuzusetzen. Es erübrigte nur das Einsetzen einheitlicher Maße und die Ergänzung durch das Beispiel einer Wendeltreppe mit hohler Spindel, während zwei Abschnitte: „Von den Säulenordnungen“ und „Von den Gliederungen und Gesimsen“, neu hinzugefügt wurden.

Wir danken an dieser Stelle dem Entgegenkommen der Verlags-handlung, welches diese Erweiterung des Buches gestattete, und empfehlen dasselbe hiermit freundlicher Beurteilung und aufmerk-samer Betrachtung.

D a r m s t a d t , im Mai 1909.

Der Herausgeber der III. Auflage:

Eduard Harres, Architekt.

Inhalt.

	Seite
Erster Abschnitt. Von den Grundsätzen des Verbandes für Hausmauern und Stützpfiler	7
Stabilität 7. — Schwerpunkt 8.	
Zweiter Abschnitt. Von dem Bearbeiten, dem Transport und dem Verlegen der Haussteine	13
Das Aufbänken 13. — Das Bearbeiten 15. — Der Schlag 17. — Das Abboffiren oder Boffiren 18. — Das Flächen 19. — Das Kröneln 20. — Das Scharriren 21. — Das Stocken 21. — Das Zähneln 21. — Das Verlegen 24. — Der kleine Wolf 26. — Der große Wolf 27.	
Dritter Abschnitt. Von den Mauern	30
Ebene, gerade Mauern mit senkrechten Häuptern 30. — Quaderverbände von Mauern, welche ganz aus regelmäßig bearbeiteten Quadern bestehen 32. — Zweihäuptige Quaderverkleidung von Mauern, deren Kern aus Füllmauerwerk besteht 37. — Einhäuptige Quaderverkleidung 38. — Ebene Böschungsmauern 41. — Windschiefe Böschungsmauern 49. — Gerade cylindrische Mauern 53. — Schiefe cylindrische Mauern 55. — Kegelförmige Mauern 58. — Stützpfiler und Stützmauern 60.	
Vierter Abschnitt. Von den Mauerbogen	66
Mauerbogen bei geraden Mauern von gleicher Stärke 67. — Zeichnungsmethode der Kavalierverspektive 69. — Mauerbogen bei schiefen Böschungsmauern 73. — Mauerbogen bei cylindrischen Mauern 76.	
Fünfter Abschnitt. Von den Kernbogen	79
Kernbogen einer geraden Mauer mit gegebener Form des Spiegels 80. — Kernbogen einer geraden Mauer, bei welchem die erzeugenden Linien der Kernfläche gerade Linien sind 85. — Kernbogen mit horizontalem Abschluß der Kernfläche 88. — Kernbogen mit horizontalem Abschluß, welcher die Tangente senkrecht auf der Leibung stehender Ellipsen bildet 89.	
Sechster Abschnitt. Von den scheinrechten Bogen	93
Scheinrechte Bogen mit geradem Fugenschnitte 94. — Scheinrechte Bogen mit gebrochenem Fugenschnitte 97. — Scheinrechte Bogen mit Verkröpfungen 99. — Scheinrechte Bogen mit Spunden und Zapfen 101. — Scheinrechte Bogen über eine Thür- oder Fensteröffnung mit Anschlag und Geläufe 101.	
Siebenter Abschnitt. Von den Nischenbogen und Trompen.	103
Nischenbogen mit kugelförmiger Oberfläche 103. — Sphärischer Nischenbogen in der äußeren Ecke zweier gerader Mauern 107. — Konische Trompe an der durch eine gerade Linie abgestumpften Ecke zweier gerader Mauern 111. — Konische Trompe an der durch eine senkrechte cylindrische Fläche abgestumpften Ecke zweier gerader Mauern 114. — Konische Trompe an der inneren Ecke zweier geraden Mauern 116.	

- Achter Abschnitt. Von den Tonnengewölben 119**
 Horizontalschub der Gewölbe 120. — Gerades Tonnengewölbe mit freier Stirn 124. — Gerades Tonnengewölbe mit anschließenden Flügelmauern 127. — Schiefes Tonnengewölbe mit Lagerfugen, welche parallel mit den Widerlagern geführt sind, und besonderen Stirnbogen, deren Fugen senkrecht auf die Stirnfläche stehen 131. — Schiefes Tonnengewölbe, dessen durchlaufende Fugen annähernd senkrecht auf die Stirnfläche und normal auf die Leibungsfläche stehen 133. — Schiefe Tonnengewölbe 136.
- Neunter Abschnitt. Von den Klostergewölben 137**
 Einfaches Klostergewölbe über einem rechtwinkligen Raume 138. — Muldengewölbe über quadratem Raume mit achtheiligem Spiegel 144.
- Zehnter Abschnitt. Von den Kreuzgewölben 146**
 Kreuzgewölbe mit quadratem Grundriß und offenem Gurtbogen 147. — Anfänger für gemauerte Kreuzgewölbe auf Stützfeilern mit vortretenden Rissen für die Gurtbogen 150. — Anfänger für gemauerte Kreuzgewölbe auf Stützfeilern ohne Rissen 153. — Irreguläres Kreuzgewölbe 155. — Ermittlung des Schwerpunktes unregelmäßiger Vielecke 157.
- Elfter Abschnitt. Von den Kuppelgewölben 159**
 Sphärische Kuppel über kreisrundem Raume 159. — Hängelkuppel über quadratem Raume, durch senkrechte Mauern abgeschlossen 164. — Hängelkuppel über quadratem Raume, durch offene Gurtbogen abgeschlossen 166.
- Zwölfter Abschnitt. Von den Treppen 170**
 Verhältnis von Steigung und Auftritt 170. — Von den Freitreppen 171. — Versetzung der Stufen 174. — Bearbeitung der Stufen 177. — Freitreppen mit krummen Armen 179. — Herausragen krummer Wangen 183. — Innere Treppen 186. — Unterstützte Treppen mit geraden Armen 187. — Freitragende Treppe mit geraden Armen 190. — Krümmling 192. — Bearbeitung der Stufen mit einem Teile der Wange 196. — Wendeltreppe mit vollem Mönch 197. — Wendeltreppe mit hohler Spindel im alten Rathause zu Darmstadt 199.
- Dreizehnter Abschnitt. Von den Treppengewölben 201**
 Ansteigende Bogen und Gewölbe für Freitreppen 202. — Ansteigende Gewölbe für innere, von Mauern umschlossene Treppen 206. — Ansteigende Gewölbe für Treppen, welche an einer Seite sich an die Umfassungsmauern anschließen, an der anderen gegen das Treppenlicht frei sind 210.
- Vierzehnter Abschnitt. Von den Säulenordnungen 212**
 Einteilung der Ordnungen und Maßverhältnisse 212. — Die Dorische Ordnung der Griechen 213. — Die Ionische Ordnung der Griechen 216. — Die Korinthische Ordnung der Griechen 219. — Die Römische oder Kompositte Ordnung 222. — Die Toskanische Ordnung 223. — Höhenverhältnisse griechischer und römischer Säulenstellungen 226. — Säulenweiten 229. — Verzüngung und Anschwellung der Säulen 230.
- Fünfzehnter Abschnitt. Von den Gliederungen und Gesimsen 232**
 Die Platte 232. — Der Wulst 233. — Die Hohlkehle 233. — Der Karnies 234. — Der Stab 234. — Hauptgesimse 235. — Einfassungsgesimse 237. — Fußgesimse 238. —

Erster Abschnitt.

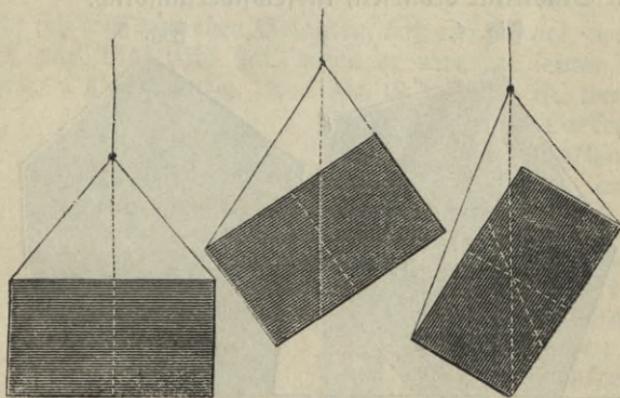
Von den Grundsätzen des Verbandes für Hausteinmauern und Stülpfeiler.

Stabilität. Nehmen wir an, daß Hausteine nicht durch Mörtel oder ein anderes Mittel untereinander verbunden werden, so sind die Hausteinkonstruktionen als eine Vereinigung fester Körper zu betrachten, welche sich nur dadurch erhalten, daß sie, durch ihre Form und Lage, den aus ihrer Schwere folgenden vereinigten Kräften Widerstand leisten. Die Schwere, eine stetige Kraft, deren Wirkung wir an allen Körpern wahrnehmen, wenn dieselben durch keinen Widerstand aufgehalten werden, steht bei festen Körpern verschiedener Art mit der Menge der Teile im Verhältnis, die in einem und demselben Raume enthalten sind, sodaß diejenigen Körper ein größeres Gewicht haben, deren Teile feiner und einander mehr genähert sind.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.



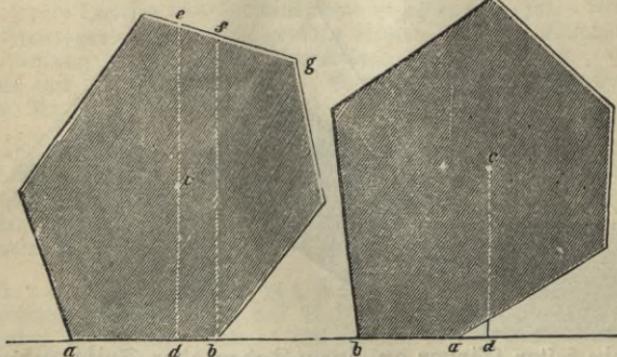
Wird ein fester Körper an einem Faden oder Seile aufgehängt, so spannt er das Seil oder den Faden in einer Richtung an, welche senkrecht auf dem Horizont oder auf der Oberfläche des Wassers steht. Der aufgehängte Körper nimmt dabei eine Lage an, daß die, in Beziehung auf eine den Körper in der Verlängerung des Fadens oder Seiles durchschneidende Linie, entgegengesetzten Teile des Körpers gleich schwer sind, sodaß diese Linie als eine Achse des Gleichgewichts zu betrachten ist. So oft nun der Aufhängepunkt verändert wird, eben-

so oft gibt die verlängerte Richtung des Fadens eine neue Achse, wie dies aus Fig. 1, 2 und 3 zu ersehen ist, welche einen und denselben Körper an drei verschiedenen Punkten aufgehängt so darstellen, daß in Fig. 1 die Achse für den ersten Aufhängepunkt, in Fig. 2 die Achsen für den ersten und zweiten Aufhängepunkt und in Fig. 3 die Achsen für den ersten, zweiten und dritten Aufhängepunkt punktiert eingezeichnet sind. Diese Achsen schneiden sich in einem und demselben Punkte, im Mittelpunkte der Masse des Körpers.

Die Eigenschaft dieses im Mittelpunkte des Körpers gelegenen Punktes, welcher *Schwerpunkt* genannt wird, besteht nun darin, daß, so oft ein Körper durch eine Kraft unterstützt wird, welche in der senkrechten Richtung, die dieser Punkt stets zu befolgen strebt, widersteht, der ganze Körper in Ruhe bleibt. Hiernach erklärt sich, daß die Bewegung eines aufgehängten Körpers aufhört, wenn sich der Schwerpunkt in der senkrechten Richtung des Fadens befindet; ebenso daß ein Körper auf einer Spitze, oder in einem einzigen Punkte unterstützt werden könnte, wenn diese Spitze oder dieser Punkt genau in der vertikalen Richtung läge, die vom Aufhängepunkt nach dem Schwerpunkt geht. Daß dieser Zustand des Gleichgewichts bei Bauwerken nicht in Betracht kommen kann, wo alle Teile, zum Widerstande gegen die auf sie wirkenden Kräfte, einer überflüssigen Kraft, eines hohen Grades von Stabilität bedürfen, ist selbstverständlich.

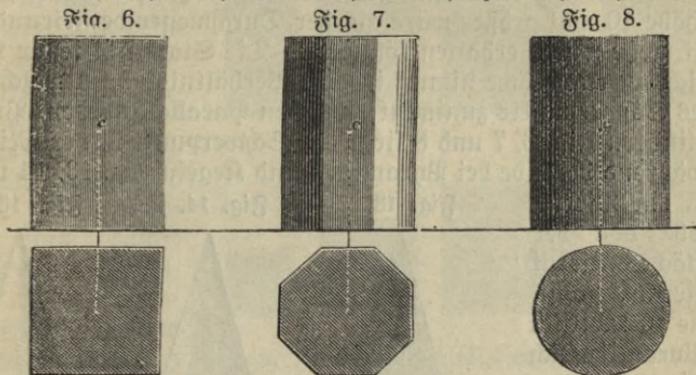
Fig. 4.

Fig. 5.



Setzt man einen unregelmäßigen Körper Fig. 4 auf eine horizontale Ebene, sodaß er mit einer seiner Flächen *ab* aufliegt und der aus dem Schwerpunkte gefällte Perpendikel *cd* nicht außerhalb seiner Basis fällt, so wird sich dieser Körper auf der unterstützenden Ebene mit einem Grade von Stabilität erhalten, welcher durch die Differenz der Teile *abf* und *bgf* ausgedrückt wird. Da *ecd* eine Achse des Gleichgewichts ist, so wird der zwischen *ade* enthaltene Teil dem zwischen *bde*

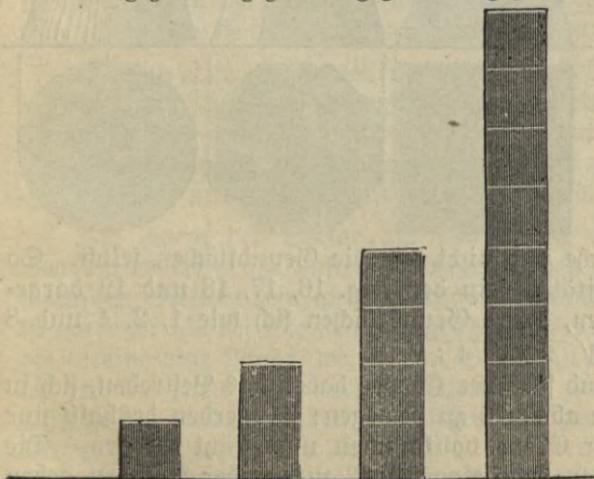
genau gleich und die Differenz, welche den Grad der Stabilität ausdrückt, wird hdef sein. Befände sich das Ende des Körpers genau an der Stelle, wo der aus dem Schwerpunkt gefällte Perpendikel hintrifft, so wäre der Körper im Gleichgewicht, wenn er nur auf einer Linie ruhte in deren Richtung der Punkt b liegt; allein die geringste Kraft würde ihn umwerfen, indem sie ihn um den Punkt b drehte. Fällt nach Fig. 5 der aus dem Schwerpunkt gefällte Perpendikel außerhalb der Basis, so kann der Körper nicht in seiner Lage bleiben und fällt nach der Seite, auf welcher der nicht unterstützte Schwerpunkt liegt.



Es ergibt sich aus dem eben Gesagten, daß ein Körper, von irgend einer Gestalt, alle Stabilität hat, deren er vermöge seiner Schwere

Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.

fähig ist, wenn keine einzige Senkrechte aus den Punkten seines Umfangs außerhalb seiner Basis fällt.



Parallelepipeden, Prismen und Zylinder nach Fig. 6, 7 und 8, deren Seitenflächen senkrecht auf der Basis stehen haben auf einer horizontalen Ebene die ganze Stabilität, die aus ihrer Form und Schwere folgen kann.

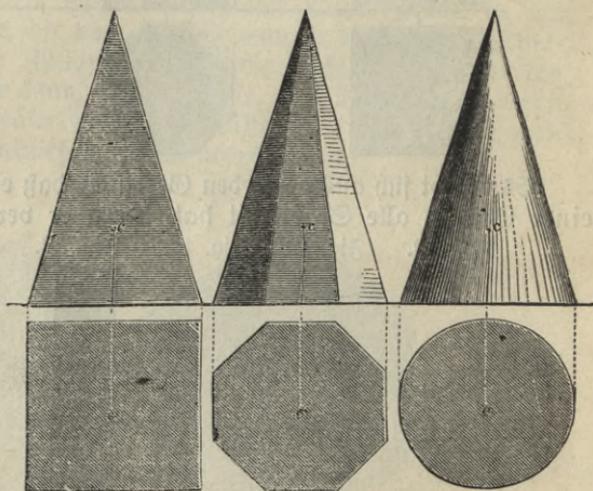
Da der Schwerpunkt dieser Körper in der Achse liegt, welche auf die Mitte der Basis trifft, so ergibt sich daraus ein ganz gleicher

Widerstand nach allen Richtungen. Die Stabilität der Prismen von gleichen Grundflächen vermindert sich aber in demselben Verhältnisse, als sie an Höhe zunehmen. Die in Fig. 9, 10, 11 und 12 dargestellten Parallelepipeden, deren Höhen sich wie 1, 2, 4, 8 verhalten, haben eine Stabilität, welche sich wie das Ganze, die Hälfte, ein Viertel und ein Achtel ihres Gewichts verhält; angenommen, daß diese Körper vollkommen regelmäßig und auf eine horizontale Ebene genau senkrecht gesetzt sind. Diese Verminderung der Stabilität nimmt mit vermehrter Höhe in der Wirklichkeit noch in größerem Maße zu, sodaß ein Prisma, dessen Höhe 40 mal größer wäre als der Durchmesser der Grundfläche, sich nicht mehr würde erhalten können. — Die Stabilität fester Körper von gleicher Grundfläche nimmt in dem Verhältniß ab, in welchem die Höhe des Schwerpunkts zunimmt. Bei den Parallelepipeden, Prismen und Zylindern Fig. 6, 7 und 8 liegt der Schwerpunkt in der Mitte der Achse, während derselbe bei Pyramiden und Kegeln Fig. 13, 14 und 15, nur um ein Viertel der Höhe von der Grundfläche entfernt ist. Hieraus folgt, daß die Stabilität einer Pyramide sich zu der eines Prismas von gleicher Grundfläche und Höhe verhält, wie 2 zu 1, das heißt, daß sie doppelt so groß ist.

Fig. 13.

Fig. 14.

Fig. 15.

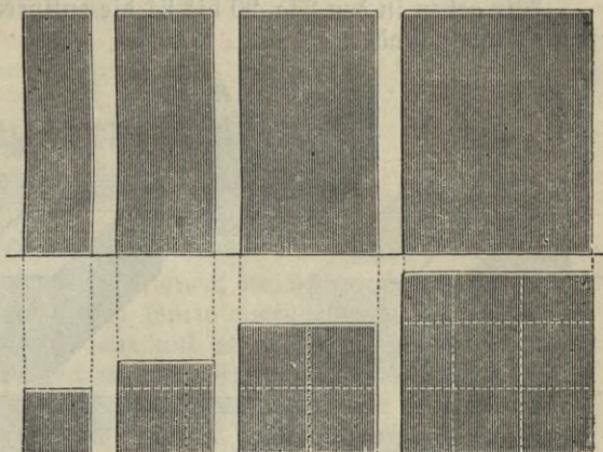


Der Widerstand fester Körper von gleicher Form und gleicher Höhe verhält sich wie der Durchmesser ihrer Grundfläche und nicht wie die Grundflächen selbst. So verhält sich die Stabilität der in den Fig. 16, 17, 18 und 19 dargestellten Parallelepipeden, deren Grundflächen sich wie 1, 2, 4 und 8 verhalten wie $\sqrt{1} : \sqrt{2} : \sqrt{4} : \sqrt{8}$.

Alle Teile fester und schwerer Körper haben das Bestreben, sich in einer senkrechten Linie abwärts zu bewegen; sie werden deshalb nur auf einer horizontalen Ebene vollkommen unterstützt werden. Die beste Form, die man den Hausteinen zu Mauern oder Pfeilern geben kann, wird sonach die eines senkrechten Parallelepipedes oder von Prismen sein. Werden Steine von dieser Form im Verbande und in

horizontalen Schichten aufeinander gesetzt, so wird die Wirkung der Schwere auf ihre Basis fallen, und es wird der Druck jedes Steins auf den anderen ihre Stabilität vermehren. Werden die Steine durch die Wirkung der

Schwere miteinander verbunden, so folgt daraus, daß je größer die Steine sind, desto größer ihre Stabilität und desto fester ihre Verbindung sein wird. Dabei muß jedoch vorausgesetzt werden, daß die Lager der Steine genau geebnet sind, damit sie überall gleichmäßig tragen. Denn je größer die Steine



find, desto mehr sind sie dem Zerbrechen ausgesetzt, wenn sich auf dem Lager Stellen vorfinden, welche nicht tragen. Es ist eine der wichtigsten Anforderungen an vollkommene Hausteinonstruktionen, daß die Steine, selbst, wenn sie ohne Mörtel oder Zement aufeinandergelegt werden, sich in der ganzen Ausdehnung ihrer Lagerflächen berühren und ebenso an den Stoßflächen genau zusammenpassen.

Da nun aber eine so vollkommene Bearbeitung der Steine, daß sie in allen Punkten der Lagerflächen sich gleichmäßig berühren, sehr schwer zu erreichen ist, so ist bei älteren Bauwerken die Erscheinung nicht selten, daß Steine, welche im Verhältnis zu ihrer Länge zu wenig Dicke haben, unter ihrer Last zerbrochen sind.

Die Form der Steine als Würfel ist zwar die geeignetste zu Werken, welche große Lasten zu tragen haben; aber es ist mit würfelförmigen Steinen kein guter Verband herzustellen und die Stabilität ist geringer als bei Steinen mit größerer Grundfläche. Haben dagegen die Steine eine Länge, welche viel größer ist als ihre Höhe, so haben die Steine zwar eine größere Stabilität und gestatten eine zweckmäßige Verbindung, aber sie besitzen weniger Kraft, dem Druck der Last zu widerstehen. Die Resultate angestellter Versuche stimmen darin überein, daß die Länge eines Steines von mittlerer Härte und Festigkeit auf das Doppelte bis Dreifache der Höhe, und deren Breite zwischen dem $1\frac{1}{2}$ - und Zweifachen der Höhe bestimmt werden kann.

Bei sehr harten und festen Steinen, welche bearbeitet mehr als 25 cm Dicke haben, kann man die Länge 4- bis 5mal, und ihre Breite 2- bis 3mal größer als die Höhe annehmen. Größere Dimensionen sind nur ausnahmsweise gestattet.

Wir geben in den Fig. 20 bis 24 die entsprechendsten Dimensionen von Gaussteinquadern.

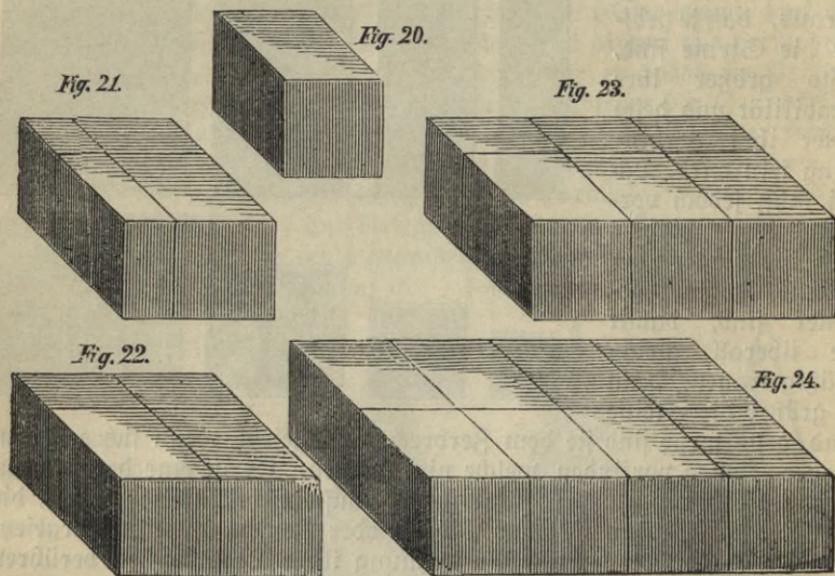


Fig. 20 ist die der größten Belastung entsprechende Würfelform für schwerbelastete Pfeiler. Bei Fig. 21 ist die Länge und Breite $1\frac{1}{2}$ mal so groß wie die Höhe, ein Verhältnis, durch welches eine größere Stabilität als beim Würfel erreicht wird, und zugleich ein besserer Verband der Steine zu Mauerwerk hergestellt werden kann. In Fig. 22 beträgt die Länge das Doppelte der Höhe und die Breite ist $1\frac{1}{2}$ mal größer; diese Abmessungen entsprechen den Sandsteinquadern von mittlerer Festigkeit und anderen Steinen von ähnlicher Festigkeit und nicht sehr großer Härte am besten. Fig. 23 gibt das Verhältnis für Steine von mittlerer Härte; die Länge beträgt das Dreifache der Höhe und die Breite das Doppelte. Für harte Steine, wie Granit, Marmor u. s. w., gibt Fig. 24 die entsprechenden Dimensionen; die Länge ist nämlich viermal und die Breite doppelt so groß wie die Höhe.

Zweiter Abschnitt.

Von dem Bearbeiten, dem Transport und dem Versetzen der Haussteine.

Die verschiedenen Manipulationen, welche bei der Bearbeitung der Haussteine vorkommen, durch Worte ausführlich lehren zu wollen, würde von geringem Nutzen sein, und es muß dies, sowie überhaupt alle Unterweisung in Dingen, zu deren Erlernung eine längere Übung und besondere Handgeschicklichkeit erforderlich ist, dem Werkplatz überlassen bleiben. Wir werden uns darauf beschränken, die Bearbeitung der Haussteine zu einfachen, rechtwinkelig begrenzten Quadern nur insoweit zu beschreiben, als es für denjenigen Kreis der Leser unseres Handbuchs, welcher die praktische Erlernung der Kunst des Steinmehrs nicht beabsichtigt, geradezu erforderlich ist, um das Verfahren im Allgemeinen und die dabei in Anwendung kommenden üblichen Werkzeuge kennen zu lernen. Wir werden bei unserer Beschreibung annehmen, daß die Haussteine als Quadern auf allen Seiten rechtwinkelig und eben bearbeitet werden sollen, und setzen dabei Sandstein voraus, welcher am leichtesten sich bearbeiten läßt.

Das Aufbänken.

Vor der Bearbeitung wird der Stein auf dem Werkplatze aufgehängt. Das Aufbänken besteht darin, daß man den Stein durch Unterlagen in die zur Bearbeitung geeignete Stellung und soviel über den Boden bringt, daß der Steinhauer die Arbeit stehend oder sitzend vornehmen kann. Zum Aufheben bedient sich der Arbeiter eines Hebels von Eisen, des sogenannten Hebeeisens, und der Winde. Das Hebeeisen, welches je nach der Größe und Schwere der Steine, in verschiedenen Längen und Stärken angewendet wird, ist wie das Pfahleisen nach oben verjüngt, hat aber an dem stärkeren Ende keine Spitze, sondern eine flache keilförmige Gestalt, wie aus Fig. 25, welche das Eisen von der Seite, und Fig. 26, welche dasselbe von vorne darstellt, zu ersehen ist. Dasselbe wird als einfacher Hebel nach Fig. 27 mit dem Stützpunkte a, dem Angriffspunkt der Last b und dem Angriffspunkt der Kraft c, oder als zweiarmiger Hebel nach Fig. 28, mit dem Stützpunkt a auf der Unterlage, dem Angriffspunkt der Last b und dem

Angriffspunkt der Kraft *c* angewendet. Kann mit einem langen Hebeeisen, wenn es nach Fig. 28 als zweiarmer Hebel gebraucht wird, schon eine beträchtliche Last gehoben werden, weil dabei die Arbeiter mit ihrem ganzen Gewichte von dem Angriffspunkt der Kraft *c* abwärts drückend wirken können, und zu der Kraft der Arbeiter noch das Gewicht des Hebeeisens von dem Stützpunkt *a* bis zu dem Angriffspunkte der Kraft *c* zugerechnet werden kann, so reicht es doch zum Heben sehr großer Lasten um deswillen nicht aus, weil das Eisen zu kurz ist und an demselben die dazu erforderliche Anzahl von Arbeitern keinen Platz findet.

Zum Heben sehr schwerer Steine wird die in Fig. 29 dargestellte Winde angewendet. In einem hölzernen Gehäuse befindet sich ein etwa 5 cm breiter und 2 cm dicker eiserner Stab, welcher oben mit einer eisernen Klaue versehen und unten nach außen zu einem Haken, welcher im rechten Winkel vortritt, umgebogen ist. Man hat Winden mit einfachem und solche mit doppeltem Getriebe. Bei den Winden mit

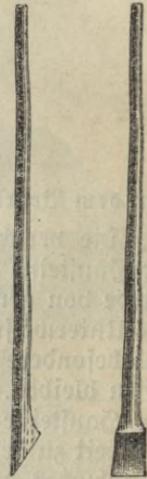
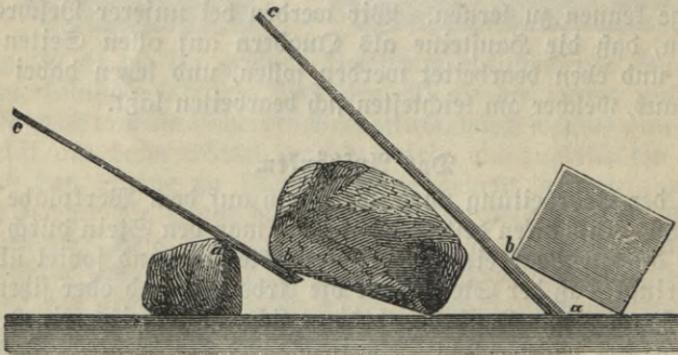


Fig. 28.

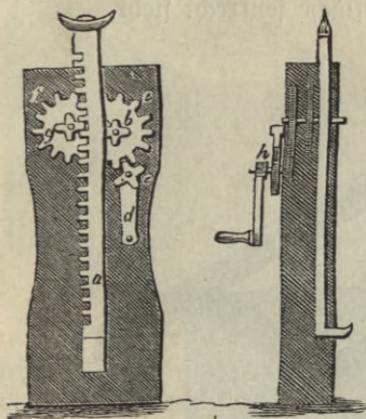
Fig. 27.



einfachem Getriebe wird die gezahnte Zugstange *a* durch ein Stirnrad *c* und ein Getriebrad *b*, welche durch eine Kurbel *d* in Bewegung gesetzt werden, gehoben. An Winden mit doppeltem Getriebe sind außer den angeführten zwei Rädern noch zwei andere angebracht, von denen das Rad *f* in das kleine Rad *b* eingreift und das Rad *g* erst zum Bewegen der Zugstange bestimmt ist. An beiden Winden ist außerhalb des Gehäuses, zur Verhütung des Zurücksinkens der gehobenen Last, ein Sperrrad *h* nebst Sperrhaken angebracht. Bei der Anwendung

der Winden werden die zu hebenden Steine zuerst mit dem unteren Haken gefaßt und durch das Aufwinden der Zugstange auf eine solche

Fig. 29.



Höhe gehoben, bis unter den, durch Unterlagen in seiner Lage erhaltenen Stein die am oberen Ende der Zugstange befindliche Klaue angefaßt werden kann. Durch Untersätze von Holz, welche zwischen der Klaue und dem zu hebenden Stein angebracht werden, kann die Hubhöhe nach Belieben vermehrt werden.

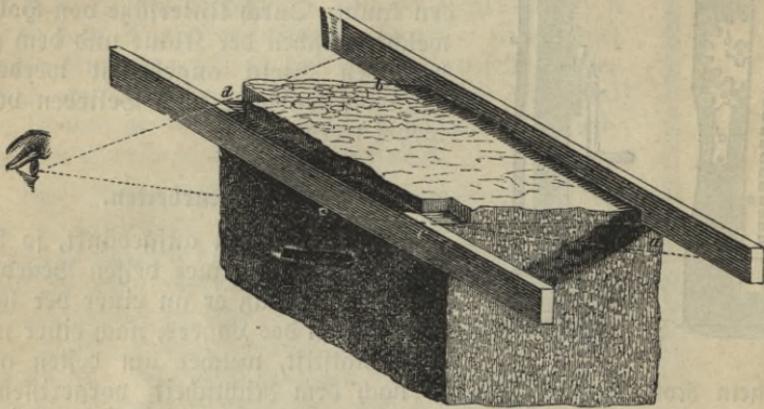
Das Bearbeiten.

Ist der Stein aufgebänkt, so beginnt der Steinhauer dessen Bearbeitung damit, daß er an einer der langen Seiten des Lagers, nach einer mit dem Rotstift, welcher am besten aus

faserigem Rotheisenstein besteht, nach dem Richtscheit vorgerissenen Linie, einen geraden Schlag macht. Der Schlag besteht aus einer schmalen Fläche von der Breite der Schneidbahn des dazu angewendeten Meißels, welcher auch Schlageisen genannt wird. Ein auf den Schlag gelegtes Richtscheit muß genau anschließen, und es dürfen unter dem Richtscheite keine Vertiefungen vorkommen. Ist der erste Schlag ganz geebnet, so wird ein Richtscheit darauf gestellt und auf der gegenüberliegenden langen Seite des Steins ein zweites Richtscheit so einvisiert, daß die Oberkante des angelegten, mit der Unterkante des auf den Schlag gestellten Richtscheites in eine Ebene fällt, wie dies aus Fig. 30 ersehen werden kann. Ist das angelegte Richtscheit richtig einvisiert, so wird an der Oberkante desselben eine Linie vorgerissen, nach welcher dann der zweite Schlag gemacht wird. Von den Enden der an den beiden langen Seiten eingearbeiteten Schläge werden nun nach angelegtem Richtscheite gerade Linien an den schmalen Seiten vorgerissen und nach diesen ebenfalls zwei Schläge bearbeitet. Diese vier Schläge liegen nun genau in einer Ebene und dienen dazu, daß bei der Bearbeitung der Lagerfläche des Steins die Richtigkeit der Arbeit dadurch geprüft werden kann, daß man das Richtscheit nach verschiedenen Richtungen über die zu bearbeitende Fläche führt und mit der Abarbeitung der Unebenheiten so lange fortfährt, bis das Richtscheit nach jeder Richtung genau auf zwei der ringsum gearbeiteten Schläge und auf der bearbeiteten Fläche aufliegt. Ist dieses der Fall, so bildet die bearbeitete Fläche eine Ebene.

Ist die Bearbeitung der ersten Lagerfläche beendet, so wird der Stein so umgekantet, daß ein Haupt der langen Seite nach oben zu liegen kommt und auf diesem an beiden Enden ein Schlag gemacht, welcher auf der zuerst bearbeiteten Lagerfläche senkrecht steht.

Fig. 30.

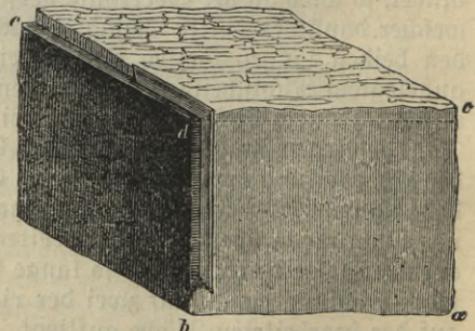


Die senkrechte Richtung der Schläge wird nach Fig. 31 durch ein Winkelleisen bestimmt, welches man mit dem langen Schenkel an der bereits bearbeiteten Lagerfläche anschlägt und nun nach dem kurzen Schenkel die Linie für den Schlag an dem zu bearbeitenden Haupte vorreißt.

Nachdem die zweite Fläche ganz wie die erste bearbeitet ist, wird zur Bildung einer rechtwinkligen körperlichen Ecke eine dritte Fläche bearbeitet, welche mit den beiden ersten rechtwinklig zusammenstößt.

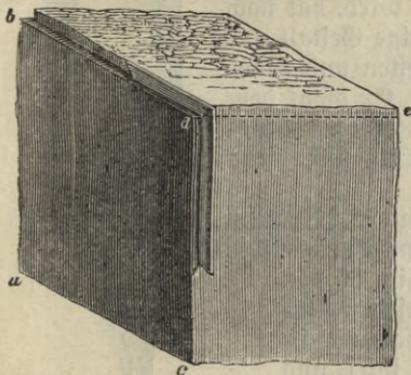
Fig. 31.

Die auf dieser dritten Fläche zu fertigenden Schläge müssen nach Fig. 32 rechtwinklig auf der zweiten Fläche stehen, zugleich aber auch in der Richtung der in ab angegebenen Begrenzungslinie liegen, so nach ebenfalls senkrecht auf der ersten stehen. Sind diese drei Flächen des Steins bearbeitet, so können dann, unter Anwendung des Winkels, die Abmessungen desselben nach der Länge, Breite und Höhe aufgetragen, und es kann darnach der Stein vollendet werden.



Wir haben angenommen, daß alle Flächen des Steins eben bearbeitet werden sollen. Dies ist jedoch nicht immer der Fall, vielmehr bleiben zuweilen einzelne Flächen zwischen den Schlägen rauh stehen.

Fig. 32.



Rauh stehen bleibende Teile nennt man Boffen und das rauhe Bearbeiten, wie es zur Erleichterung des Transports im Bruche vorgenommen wird, nennt man Boffieren.

Wird das angegebene Verfahren zur Bearbeitung rechteckiger Steine ausschließlich angewendet, so ist es dagegen nicht geeignet, wenn Steine in ihren Seitenflächen nach anderen Figuren bearbeitet werden sollen. Sind die zu bearbeitenden Flächen gekrümmt,

geradlinig gebrochen oder aus geraden und krummen Linien zusammengesetzt, so bedient man sich zur Bestimmung der Form der Seitenflächen der Lehrbretter oder Schablonen und nennt diese Art, nach Schablonen zu arbeiten, das Abbretten.

Die Schablonen sind die in natürlicher Größe gezeichneten, auf eine gegebene Ebene bezüglichen Seiten des Steins, welche, aus Blech, Holz oder Pappdeckel geschnitten, zur Bearbeitung so benutzt werden, daß man sie auf die entsprechende Fläche legt und mit Rotstein nach den Konturen auf den Stein nachzeichnet.

Die Bearbeitung der Seitenflächen der Steine ist, je nach der Genauigkeit oder den verschiedenen Anforderungen in Bezug auf das Ansehen sichtbarer Steinflächen, sehr verschieden. Die Benennung dieser verschiedenen Arten der Bearbeitung ist zum Teil französischen Ursprungs und erstreckt sich, wie dies auch bei den ursprünglich deutschen Benennungen der Fall ist, auf die dabei in Anwendung kommenden Werkzeuge, welche der Bearbeitung entsprechende Namen haben. Bei mancher Bearbeitung ist der Name der Arbeit von dem Werkzeuge entlehnt. Wir werden die verschiedenen Arten der Bearbeitung in Kürze beschreiben und dabei der dazu erforderlichen Werkzeuge gedenken.

a. Der Schlag ist, wie bereits erwähnt, ein schmaler, ebener Streifen, nach welchem der Steinhauer sich bei der Bearbeitung ebener Flächen richtet. Zur Herstellung dient das Schlageisen, welches in Fig. 33 von vorne gesehen und in Fig. 34 von der Seite gesehen dargestellt ist. Dieses Eisen ist 17—20 cm lang, etwa 2 cm im Quadrat stark und hat unten eine $2\frac{1}{2}$ —4 cm breite Schlagbahn. Es wird dieses

Eisen von dem Arbeiter mit der linken Hand unter einem stumpfen Winkel auf die zu bearbeitende Fläche aufgesetzt und vermittelst eines hölzernen Schlägels von der rechten zur linken Seite eingetrieben. Der hölzerne Schlägel, welcher Klöpffel oder Klippel genannt wird, hat nach Fig. 35 eine annähernd halbkugelförmige Gestalt und besteht nebst dem Stiele aus einem festen und zähen Holze am besten aus Weißbuchenholz. Er dient dem Steinhauer zum Treiben aller Meißel bei der Bearbeitung von Sandsteinen und anderen nicht sehr festen Steinarten.

Bei der Bearbeitung des Marmors, Granits und aller sehr festen Steine wird zum Treiben der eiserne Schlägel, welcher in Fig. 36 von der Seite und in Fig. 37 von oben gesehen dargestellt ist, angewendet. Der eiserne Hammer ist 10—12 cm lang, 4—5 cm im Quadrat stark, und hat zur Führung einen hölzernen Stiel von etwa 15 cm Länge.

Bei sehr festen Steinen werden schmale Schläge gefertigt, und es dient dazu das Weizeisen, welches, in Fig. 38 und 39 in der vorderen und Seitenansicht dargestellt, sich von dem Schlägeisen nur dadurch unterscheidet, daß es weniger stark ist, eine schmalere Schneidbahn hat, und nach dem Kopfe verjüngt ist. Es ist etwa 15 cm lang und 1½ cm im Quadrat stark. Die Schneidbahn wird um so schmaler, je fester der zu bearbeitende Stein ist.

b. Das Abhossieren oder Bossieren, worunter man die erste Bearbeitung des Steins aus dem Rohen versteht, wird mit zugespitzten Werkzeugen vorgekommen, welche zum Absprengen kleinerer oder größerer Steinstücke geeignet sind. Die Zweispitze, welche wir in Fig. 40 und 41 in der Ansicht und im Grundrisse dargestellt haben, wird mit zwei Händen als Hammer geführt. Der Hammer endigt zu beiden Seiten mit abwärts geneigten, vierkantig bearbeiteten Spitzen, ist im ganzen zirka 40 cm lang und hat einen nach oben verstärkten hölzernen Stiel von etwa

Fig. 33. Fig. 34.

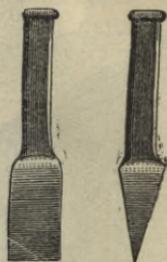


Fig. 35.

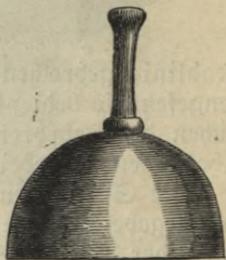
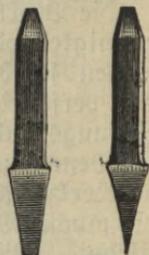


Fig. 36.



Fig. 37.

Fig. 38. Fig. 39.



30 cm Länge. Das Spizeisen geben wir in Fig. 42 in der auf den vier Seiten gleichen Ansicht, und in Fig. 43 im Grundrisse. Dieser Meißel, mit vierkantig bearbeiteter Spitze, ist 15 bis 25 cm lang

Fig. 40.

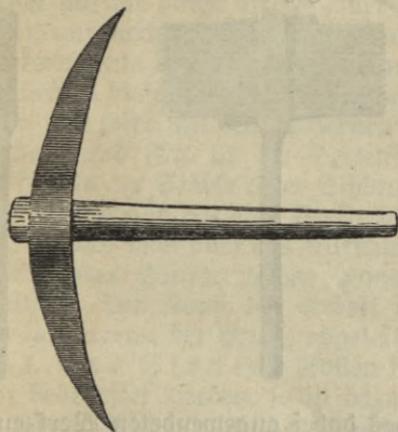


Fig. 41.



Fig. 42.



Fig. 43.

und etwa 2½ cm im Quadrat stark. Der verstärkte Kopf weist darauf hin, daß dieses Eisen mit dem hölzernen Klippel getrieben wird.

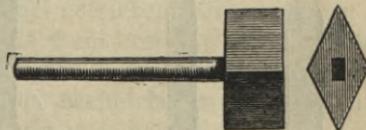
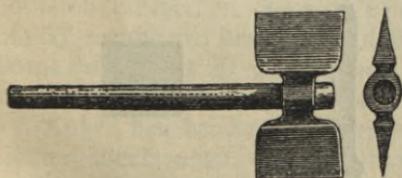
c. Das Flächen. Das Flächen besteht in einem unvollkommenen Ebenen der Steinflächen nach dem Vossieren. Es dient dazu die in Fig. 44 von der Seite und in Fig. 45 von vorne dargestellte Fläche. Die Fläche ist ein eiserner Hammer, welcher an beiden Enden Schneidbahnen hat. Der Hammer ist im ganzen 20 bis 25 cm lang, die Schneiden sind 8 bis 10 cm breit, und der nach dem Ohr des Hammers verstärkte hölzerne Stiel hat eine Länge von 30 bis 38 cm. Zur Bearbeitung des Granits und anderer sehr festen Steine wird die

Fig. 44.

Fig. 45.

Fig. 46.

Fig. 47.



in Fig. 46 von der Seite und in Fig. 47 von vorn dargestellte kleine Fläche angewendet, welche schmälere Schneidbahnen von 4 bis 6 cm Breite und einen hölzernen Stiel von etwa 25 cm Länge hat.

d. Das Kröneln. Das Kröneln ist eine Bearbeitung, welche, wie das Flächen, unmittelbar nach dem Bossieren vorgenommen wird. Es dient dazu das Kröneisen oder kurzweg die Krönel genannt. Die Krönel wird, wie die Fläche, als Hammer geführt und besteht nach Fig. 48 und 49 aus einem eisernen Stiel, woran oben ein Ohr angebracht ist, in welches senkrecht übereinander eine Anzahl schwache Spitzeisen, welche an beiden Enden zugespitzt sind, eingesteckt werden, die vermittelst eines Keils in dem Ohr zusammengetrieben und wieder gelöst werden können. Die Spitzeisen müssen eine gleiche Länge und Stärke haben, wenn die Bearbeitung regelmäßig werden soll.

Fig. 48.

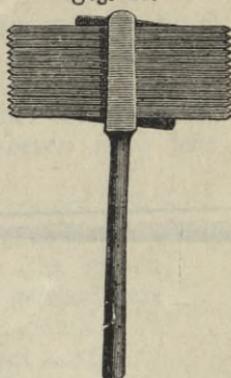


Fig. 49.



Der Name dieser Arbeit und des dabei angewendeten Werkzeugs stammt aus dem Französischen von greneler, körnen, körnig machen, und von la grenelle, dem französischen Namen des angeführten Werkzeugs.

Fig. 50.



Fig. 51.



Fig. 52.

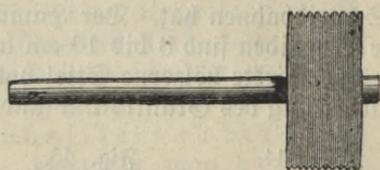


Fig. 54.



Fig. 55.



Fig. 56.



Fig. 57.



Fig. 58.

e. Das Scharrieren. Unter Scharrieren versteht man eine Bearbeitung der bereits gekrönelten oder geflächten Steinflächen, durch welche alle Unebenheiten vermittelst breiter paralleler Schläge, welche auf die ganze Breite einer Fläche durchgehen, beseitigt werden, sodaß nur noch die regelmäßig furchenartigen Streifen als kaum bemerkenswerte Unebenheiten vorkommen. Das Scharriereisen, welches zu dieser Bearbeitung dient, ist ein Meißel mit breiter Schneidbahn und wird mit dem hölzernen Klippel getrieben. Fig. 50 gibt die vordere und Fig. 51 die Seitenansicht eines Scharriereisens. Der Griff, von der Stärke eines Schlageisens, ist nur $7\frac{1}{2}$ bis 9 cm lang und die Schneidbahn hat eine Breite von 8 bis 10 cm. Bei dem Scharrieren, welches man auch das Aufschlagen nennt, werden die Schläge von Stirn- oder Hauptflächen immer senkrecht gegen die Lagerflächen geführt. Der Name der Arbeit ist französischen Ursprungs und ist von la charrue, der Pflug, abgeleitet.

f. Das Stocken. Sollen sehr feste Steine mit gekrönten Flächen bearbeitet werden, so ist dazu das Kröneleisen nicht anwendbar. Nach dem Bossieren mit dem Spitzeisen werden die stärkeren Erhöhungen vermittelst eines Hammers mit flacher, aber dabei rauher Schlagbahn zermalmt, und es wird dadurch zugleich das Körnige der Oberfläche hervorgebracht. Diese Bearbeitung wird das Stocken und der dabei angewendete Hammer der Stock- oder Kraushammer genannt. Fig. 52 stellt die Seitenansicht des Stockhammers und Fig. 53 den Grundriß einer Schlagbahn dar. Derselbe ist etwa 13 cm lang, $3\frac{1}{2}$ bis 5 cm im Quadrat stark und hat einen hölzernen Stiel von etwa 18 cm Länge, welcher bei der Arbeit mit beiden Händen gefaßt wird.

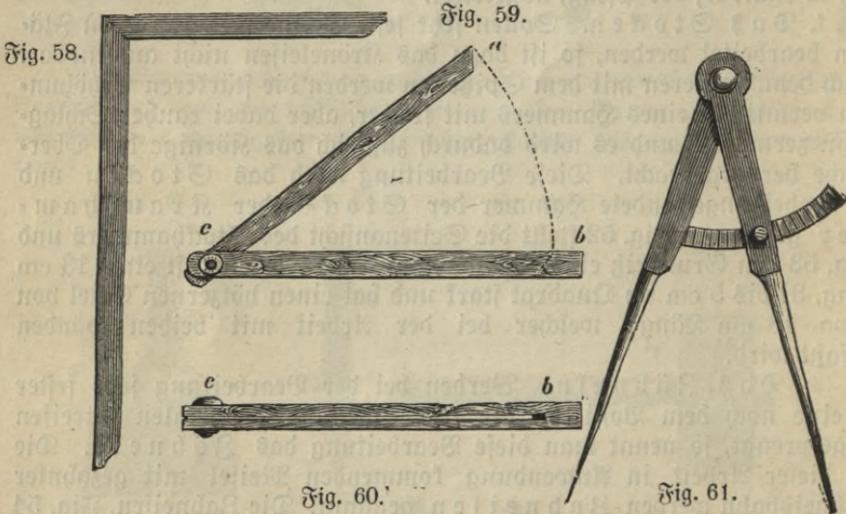
g. Das Zähneln. Werden bei der Bearbeitung sehr fester Steine nach dem Bossieren die Unebenheiten in schmalen Streifen abgesprengt, so nennt man diese Bearbeitung das Zähneln. Die zu dieser Arbeit in Anwendung kommenden Meißel mit gezahnter Schneidbahn werden Zahnreisen genannt. Die Zahnreisen, Fig. 54 und 55, welche mit dem eisernen Schlägel getrieben werden, haben eine Länge von 15 bis 20 cm und eine $2\frac{1}{2}$ bis 4 cm breite gezahnte Schneidbahn. Die Stärke derselben beträgt $1\frac{1}{2}$ bis 2 cm im Quadrat.

Außer den bei der Beschreibung der verschiedenen Arbeiten angeführten Werkzeugen, ist von den Meißeln noch das Nuthreisen zu erwähnen, welches dazu dient, schmale Nuthen, welche häufig zwischen Gesimsgliedern vorkommen, einzuarbeiten. Es ist dies ein 18 bis 20 cm langer Meißel mit schmaler Schneide, von dem wir in Fig. 56 die Vorderansicht und in Fig. 57 die Seitenansicht geben.

Zum Ab- und Antragen von Winkeln und Maßen sind erforderlich: 1) das Winkelmaß, 2) die Schmiege und 3) der Stangenzirkel.

Das Winkelmaß (Fig. 58) ist von gutem Eisen oder Stahl und hat zwei Schenkel von verschiedener Länge, welche normal aufeinander stehen.

Die Schmiege, Fig. 59 in der Vorderansicht und Fig. 60 im Grundriß dargestellt, besteht aus zwei Linealen a und b, welche in c durch einen Bolzen verbunden sind, um den beide Lineale beliebig gedreht werden können. Der längere Schenkel b hat einen Schlit, in welchen der kürzere Schenkel a hineingelegt werden kann. Da die Schmiege zum Ab- und Übertragen anderer als rechter Winkel dient, so muß an dem Kopfe des Bolzens c eine Schraubenmutter angebracht sein, durch welche die beiden Lineale fest zusammengehalten oder gelöst werden können. Fig. 61 stellt den Stangenzirkel mit geteilter kreisförmiger Zunge dar, welche vermittelst einer Schraube befestigt oder gelöst werden kann.



Die vorbeschriebenen Arten der Bearbeitung der Steine beziehen sich hauptsächlich auf die verschiedenen Grade der Vollendung in Bezug auf die Herstellung der Begrenzungsflächen oder Ebenen. Wir finden bei Haussteinbauwerken außerdem noch eine verschiedene Bearbeitung der sichtbaren Flächen einzelner Steine, in Bezug auf die Anforderungen der Schönheit, welche durch die Konstruktion gehoben, ja selbst bis zur Pracht gesteigert werden kann. Die Haussteinkonstruktionen werden entweder der Gesamtmasse untergeordnet, sodaß das Ganze wie aus einem Guße zu bestehen scheint, wie wir dies bei den Bauwerken der alten Griechen finden, oder es werden die einzelnen Teile,

mit Angabe ihrer Zusammensetzung zu einem Ganzen, besonders hervorgehoben, wie dies nach dem Beispiele der Römer und den wahrhaft prachtvollen Palästen in Florenz bis auf unsere Zeit die ausge dehnteste Anwendung gefunden hat. Als Beispiele der Steigerung vom Einfachen bis zum Prachtvollen in der Bearbeitung der sichtbaren Steinflächen geben wir die Fig. 62 bis 65, welche die Durchschnitte mit den entsprechenden Ansichten darstellen.

Bei der einfachsten Bearbeitung nach Fig. 62 werden die Begrenzungslinien des Steins nicht hervorgehoben, sodaß die Zusammensetzung der Art bearbeiteter Steine nur an den Fugen zu erkennen

Fig. 62.

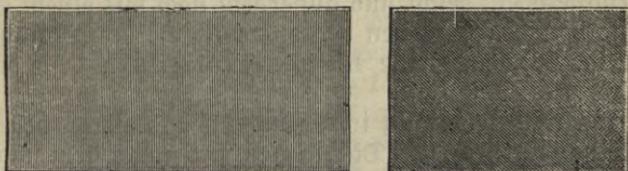


Fig. 63.

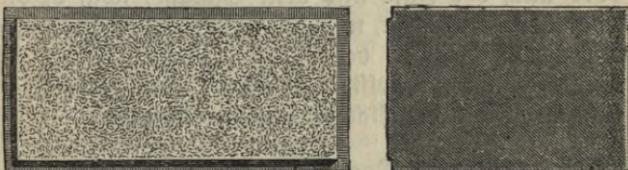


Fig. 64.

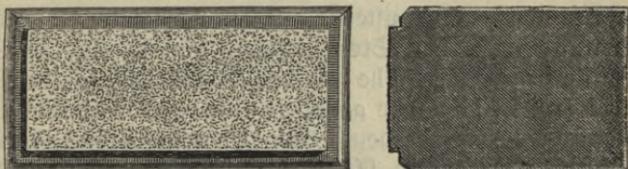
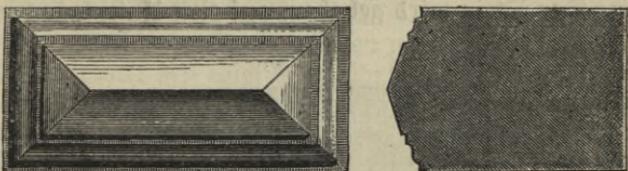


Fig. 65.



ist. Die Außenfläche wird scharriert oder geschliffen. Fig. 63 werden die Begrenzungslinien des Steins durch einen gleich breiten Schlag hervorgehoben und die Fläche innerhalb der Schläge wird gespitzt, gekröneln oder gestockt.

An sehr vielen Bauwerken der Römer zeigen sich die Steinflächen zwischen den Schlägen gar nicht bearbeitet, während die Steine an den Stoß- und Lagerflächen mit der größten Genauigkeit bearbeitet

und mit kaum sichtbaren Fugen versehen sind. Ohne Zweifel sollten die äußeren Flächen später bearbeitet werden, und daß es nicht geschah, hat seinen Grund darin, daß der Bau nicht zur Vollendung gekommen. Spätere Baumeister haben dies Verfahren für ein absichtlich stilgemäßes gehalten, und in der irrigen Meinung, daß roh und einfach gleichbedeutend sei, bei sonst reichen Bauwerken angewendet, denen sie den Charakter der Einfachheit geben wollten. Sie nannten die oft sehr künstliche, aber dabei rohe Bearbeitung *opus rusticum* oder bäuerisch Werk.

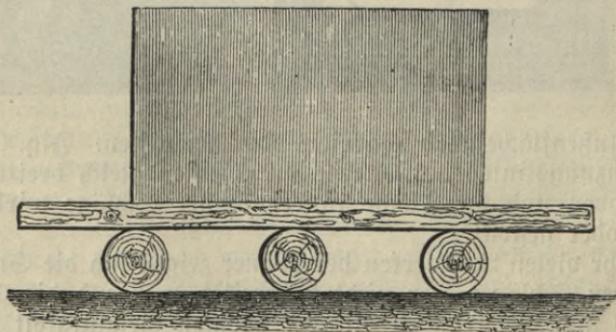
Bei der Bearbeitung nach Fig. 64 sind die Kanten des Steins schräg zurückgezogen, gefast und außerdem noch mit einem Schlag versehen. Die von den Schlägen begrenzte Fläche des Steinhauptes ist, wie bei Fig. 63, durch eine körnige Bearbeitung besonders ausgezeichnet.

Die reichste Behandlung in Bezug auf das Hervorheben der einzelnen Steine zeigt Fig. 65. Die Kanten sind außer dem scharfkantigen Schlage, oder auch der Fasse mit dem Schlage, noch besonders durch Gesimsglieder hervorgehoben, und die übrige Fläche des Steinhauptes ist mit gebrochenen Flächen bearbeitet und geschliffen. Wegen der Ähnlichkeit mit gefasteten Edelsteinen nennt man diese reiche Bearbeitung der sichtbaren Haussteinflächen das Facettieren.

Das Versehen.

Der Transport der Haussteine auf die Versehtelle richtet sich nach der Form und Größe der Steine, sowie danach, ob die Steine auf einem Gerüste in gleicher Höhe mit der Versehtelle fortbewegt werden können, oder frei in die Höhe gehoben und ohne weitere Unterrüstung auf ihr Lager gebracht werden. Der Transport auf Gerüsten wird am zweckmäßigsten nach Fig. 66 vermittelt untergelegter Walzen vorgenommen. Der Stein wird gehoben, auf eine Unterlage von Brettern

Fig. 66.



oder Bohlen gebracht und an den Ranten mit Stroh unterfüllt, damit er nicht beschädigt werden kann. Zur Fortbewegung des Steins werden nun nach und nach drei hölzerne Walzen in solcher Entfernung von einander untergelegt, daß der Stein, nachdem die hintere Walze abgelaufen ist, noch immer auf zwei Walzen ruht. Auf diesen zwei Walzen wird nun der Stein so weit fortbewegt, bis die freigewordene Walze wieder an der Vorderseite in der entsprechenden Entfernung untergelegt werden kann. Da die Fortbewegung stets normal auf den untergelegten Walzen erfolgt, so kann die Richtung derselben durch entsprechendes Unterlegen beliebig verändert werden.

Da nun aber der Transport auf Walzen nur langsam vor sich gehen kann, so bedient man sich bei größeren Entfernungen besonderer Transportwagen. Die aus Zimmerholz konstruierte und mit Brettern oder Bohlen bedeckte Pritsche dieser Transportwagen ruht auf vier Walzen oder niedrigen Rädern mit eisernen Achsen. An dem Pritschengestelle befinden sich vorn und an den Seiten starke eiserne Haken, an welchen starke Seile befestigt werden, vermittelst derer die Last durch eine entsprechende Anzahl von Arbeitern fortgezogen wird.

Zum Hochheben der Steine bedient man sich entweder der Flaschenzüge, der Krane oder anderer Hebemaschinen mit Getrieben, deren Beschreibung wir füglich übergehen können, weil deren Anfertigung und Gebrauch nicht zu den Arbeiten des Steinmehrs gehört. Die Befestigung der zu hebenden Steine dagegen wird dem Steinmehrer überlassen und gedenken wir deshalb hier der Ausmittlung der zur Befestigung geeigneten Stelle und der zum Hochwinden der Steine dienenden Werkzeuge.

Angenommen, daß ein hochgewundener Stein senkrecht über die Versetzstelle gebracht und ohne Veränderung seiner Lage nur senkrecht auf sein Lager herabgelassen werden soll, so wird die Befestigung des Steins an einer Stelle angebracht werden müssen, welche genau in der durch den Schwerpunkt des Steins geführten Senkrechten liegt, wenn der Stein in der Lage gedacht wird, welche er versetzt in der Konstruktion einzunehmen hat. Bei Quadrern mit horizontalen Lagerflächen wird nach Fig. 67 der Schwerpunkt der Lagerflächen derjenige Punkt sein, an welchem der Stein hochgehoben in horizontaler Lage bleibt, weil eine durch diesen Punkt geführte Senkrechte den Schwerpunkt des Körpers schneidet und zugleich senkrecht auf der Lagerfläche steht. Hat der Stein eine unregelmäßige Form und ist die Lagerfläche, auf welche er versetzt werden soll, nicht horizontal, so muß an dessen Hauptfläche der Punkt aufgesucht werden, durch welchen eine Senkrechte geführt und die nach Fig. 68 den Stein in zwei Hälften so teilt, daß die Begrenzungslinie a b der Lagerfläche den Neigungswinkel

Fig. 67.

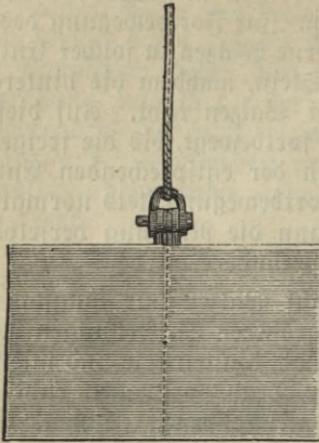
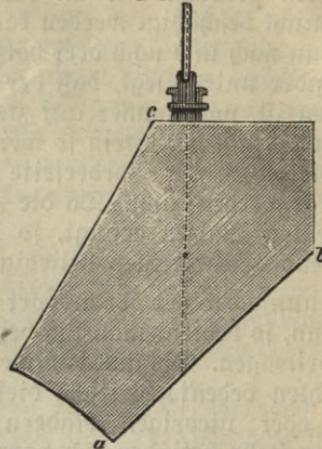


Fig. 68.



gegen die Senkrechte einschließt, welcher für die Lagerfläche des zu ver-
 setzenden Steins bestimmt ist. Ist diese Senkrechte auf dem Haupt des
 Steins vorgerissen, so wird der Aufhängepunkt *c* von der Oberkante
 auf die halbe Steinbreite rechtwinkelig auf das obere Lager ange-
 tragen. Zur Befestigung der Steine beim Hochwinden wird ein aus
 mehreren Stücken bestehender Eisendübel in den Stein vertieft einge-
 paßt, welcher die *Schere* oder der *Wolf* genannt wird.

Der in Fig. 69 dargestellte *Wolf* dient zum Hochwinden kleinerer
 Steine und wird deshalb auch der *kleine Wolf* genannt. An diesem

Fig. 69.

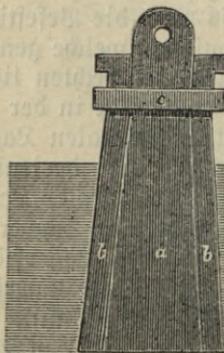
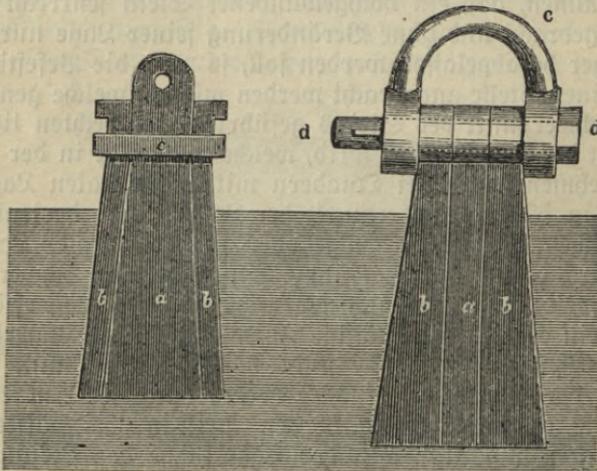


Fig. 70.



ist das Mittelstück a nach unten keilförmig verstärkt, während die Seitenstücke bb, welche sich an das Mittelstück anlegen und oben mit einem Umschluß versehen sind, eine gleiche Stärke haben. Das Mittelstück a hat oben ein Ohr, durch welches der Haken des Windetaues gesteckt wird. Der in Fig. 70 dargestellte große Wolf besteht aus dem gleichstarken Mittelstück a, den nach unten keilförmig verstärkten Seitenstücken bb, dem Bügel c und dem die genannten Teile untereinander verbindenden Bolzen d. Wie aus den Fig. 69 und 70 zu ersehen ist, besteht die Befestigung der Schere ganz einfach darin, daß in den Stein ein Loch, welches auch den Namen Scherloch oder Wolfsloch hat, eingearbeitet wird, in welches der eingebrachte Wolf genau paßt. Die Tiefe des Scherlochs richtet sich nach der Festigkeit und dem Gewichte der zu hebenden Steine, und es muß der Wolf um so tiefer eingreifen, je schwerer der Stein ist und je weniger fest er ist. Damit der Wolf genau anschließt, ist es erforderlich, daß die Maße für das Scherloch von bestimmter Tiefe von dem zusammengesetzten Wolfe entnommen und insbesondere die Anschlußflächen genau bearbeitet werden. Um den kleinen Wolf Fig. 69 in das Loch einbringen zu können, werden die beiden Seitenstücke in dem Umschluß oder Ringe soweit aufwärts geschoben, daß das Mittelstück a bis auf den Boden des Loches reichend eingesetzt werden kann, und erst nachdem das Mittelstück eingebracht ist, werden die beiden Seitenstücke bb gleichfalls bis auf den Boden des Scherloches herabgebracht. Durch das Nachtreiben des Umschlußrings c werden die gleichstarken Seitenstücke bb mit dem nach unten keilförmig verstärkten Mittelstücke a in Verbindung gebracht.

Der große Wolf Fig. 70 muß vor dem Einsetzen auseinander genommen werden. Ist der Bolzen d herausgezogen, so bringt man die beiden nach unten keilförmig verstärkten Seitenstücke bb einzeln in das Loch, schiebt dann das gleichstarke Mittelstück a zwischen beide, legt den Bügel c über diese Teile und führt den Bolzen d durch die genannten vier Stücke hindurch. Damit der Bolzen d nicht beim Zuge herauspringt, erhält er an der einen Seite bei d einen starken Kopf und an der anderen Seite bei e eine durchgesteckte Schließe. Zur sicheren Befestigung des Wolfs werden die Zwischenräume zwischen den Eisenteilen und den Wänden des Loches mit feinem, trockenem Sande ausgefüllt.

Verlegen der Steine. An antiken Bauwerken finden sich die Haupteine häufig ohne Mörtel verlegt, oder es ist der zwischen den Fugen befindliche Mörtel so dünn und fein, daß nur die Ungleichheiten der mit der größten Genauigkeit bearbeiteten Lagerflächen damit ausgefüllt sind, so daß die zwischen den Ungleichheiten befindlichen Teile sich unmittelbar aufeinander setzen. Bei Konstruktionen aus sehr

großen Steinen ist das Versetzen ohne Mörtel anwendbar, bei Bauwerken aus gehauenen Steinen von nicht sehr bedeutenden Größen kann dagegen die nötige Festigkeit und Stabilität nur durch die Anwendung des Mörtels oder Zements erreicht werden. Die erste Anforderung an Haussteinkonstruktionen ist die, daß die Lager und Fugen der Steine so bearbeitet sind, daß sie in allen Punkten genau aneinander schließen und dadurch eine feste und stabile Masse bilden, welche weder dem Setzen noch einem unregelmäßigen Drucke unterworfen ist. Nehmen wir die einfachste Haussteinkonstruktion, die gerade Quadermauer an, so müssen, der obigen Anforderung entsprechend, die Lager genau rechtwinkelig und eben bearbeitet sein, wenn die Steine gleichmäßig tragen sollen. Diese Sorgfalt der Bearbeitung der Lager wird leider bei vielen neuen Konstruktionen nicht als Hauptsache angesehen, vielmehr wird häufig die größte Sorgfalt auf die Bearbeitung der im Äußeren sichtbaren Formen verwendet, während die Lager und Fugen nachlässig und uneben bearbeitet und gegen das Haupt unter einem spitzen Winkel unterhauen werden. Um die Steine, deren Lagerflächen nicht parallel sind, zu versetzen, bringt man nun hölzerne Keile oder Zwischsteine unter die nach innen sich erweiternden Lager und füllt alsdann erst die Zwischenräume mit Mörtel aus. Die unausbleibliche Folge dieses schlechten Verfahrens, durch welches die ganze Last, welche gleichmäßig über die ganze Lagerfläche verteilt sein sollte, nur auf die Kanten, sowie auf die einzelnen durch Keile oder Zwischsteine unterstützten Punkte wirkt, ist das Absprengen der Steine an den Fugen und das Entstehen von Rissen und Spalten bis in das Innere der Konstruktion.

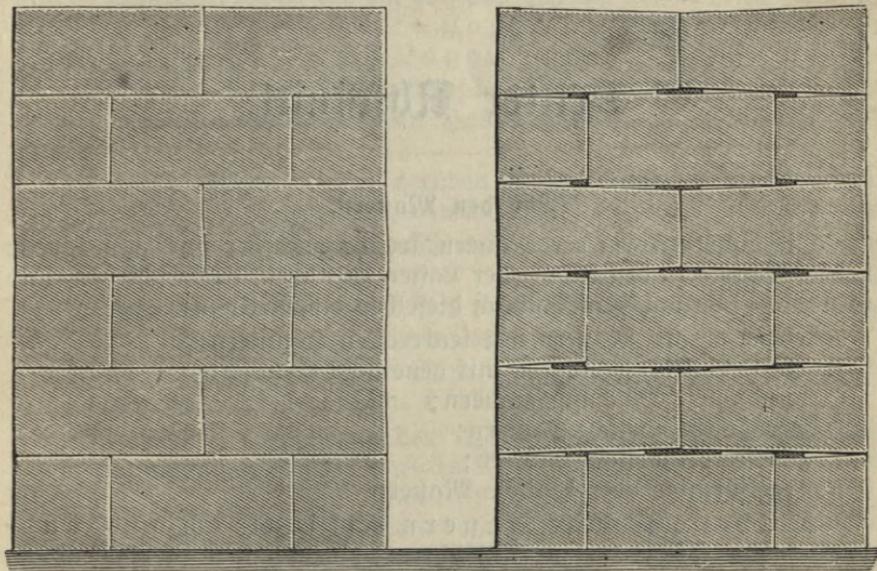
Vergleichen wir den Durchschnitt einer Quadermauer Fig. 71, bei welcher die Steine mit horizontal und eben bearbeiteten Lagern bearbeitet sind, mit Fig. 72, welche den Durchschnitt einer Quadermauer darstellt, bei welcher die Steine unterarbeitet sind und nur auf den Kanten, sowie auf den unter die Lager gebrachten Zwischsteinen ruhen, so werden wir auf den ersten Blick die Fehlerhaftigkeit der in Fig. 72 angenommenen Bearbeitung und Versetzung der Steine erkennen.

Nehmen wir nun an, daß Mauern oder Pfeiler aus Quadern nicht anders als in horizontalen Schichten ohne Unterfütterung der Lager, aufgeführt werden dürfen, so muß vorher, ehe man zum Versetzen der Steine schreitet, untersucht werden, ob die Lager und Fugen richtig bearbeitet sind. Sind die Lager gerade und eben mit dem Haupte im rechten Winkel bearbeitet, so verfährt man beim Versetzen auf die nachbeschriebene Weise. Man untersucht zuerst das Lager, worauf der Stein gesetzt werden soll, und macht es genau horizontal, dann bringt man den Stein vorläufig auf sein Lager, um mit dem Senkel, dem Winkel und der Sekwage zu untersuchen, ob, in dieser Stellung des

Steins, das Haupt, das Lager und die Fugen so zu liegen kommen, wie sie liegen sollen, oder ob ein Nacharbeiten erforderlich ist. Ist der Stein richtig befunden oder nach Erfordern zur Nacharbeitung das Nötige vorgezeichnet, so wird er wieder von seinem Lager gehoben. Nachdem man das Lager, worauf der Stein zu liegen kommt, sowie das untere Lager des Steins selbst, gereinigt und genezt hat, breitet man eine Lage von dünnem Mörtel aus sehr feinem Sand darüber aus, setzt den Stein in derselben Stellung, in welcher er vorher untersucht worden war, darauf und stößt ihn mit einer Handramme, damit er sich gehörig aufs Lager setzt und der überflüssige Mörtel aus den Fugen getrieben wird. Um den Stein auf das Mörtellager niederzulassen, kann man, nachdem der Mörtel ausgebreitet ist, an den vier Ecken hölzerne Setzkeile unterlegen und von diesen aus den Stein nach und nach niederlassen.

Fig. 71.

Fig. 72.



Wie bei dem Versehen der Quader auf horizontalen Lagern, so muß auch bei dem Versehen anderer Werkstücke der Stein vor dem Versehen in Bezug auf die Richtigkeit seiner Lager und Fugen genau geprüft, trocken auf das Lager, worauf er zu liegen kommt, gebracht, und darf erst alsdann auf Mörtel gesetzt werden, wenn er, trocken verlegt, genau die Lage eingenommen hat, welche er, in Mörtel verlegt, in der Konstruktion einnehmen soll. Bei dem zuweilen in Anwendung kommenden Verfahren, große Werkstücke trocken aufs Lager

zu legen und erst nach dem Versehen die Fugen mit dünnem Mörtel auszugießen, kann mit Sicherheit nicht darauf gerechnet werden, daß die Steine nach der ganzen Ausdehnung ihrer Lager gleichmäßig tragen, und es kann ebensowenig die Bindekraft des Mörtels, welcher, in dünnflüssigem Zustande zwischen die Fugen gebracht, beim Trocknen und Erhärten bedeutend schwindet, in Betracht gezogen werden.

Schwer belastete oder an sich schon sehr schwere Werkstücke ohne Mörtel zu versehen und zwischen die Lager schwache Platten gewalzten Bleies zu legen, verdient dem Ausgießen der Fugen vorgezogen zu werden. Die Unebenheiten der Steinlager pressen sich in die Bleiplatten, und es wird durch diese Zwischenlager das Absprengen der Steine an den Ranten verhindert.

Dritter Abschnitt.

Von den Mauern.

Die äußere Form der Mauern, welche entweder nur zum Zwecke haben, Räume zu begrenzen oder Lasten zu stützen, ist verschieden, und es werden hiernach gemeinüblich dieselben eingeteilt in:

- A. ebene gerade Mauern mit senkrechten Säuptern;
- B. ebene Böschungsmauern mit geneigten Säuptern;
- C. windschiefe Böschungsmauern;
- D. gerade cylindrische Mauern;
- E. schiefe cylindrische Mauern;
- F. kegelförmige oder konische Mauern.

A. Ebene gerade Mauern mit senkrechten Säuptern. Die Größe der zur Ausführung einer Mauer in Anwendung kommenden Quader ist einestheils durch die vorgeschriebene Form und Konstruktion eines Bauwerkes, andernteils aber auch durch die Mächtigkeit der in dem Steinbruche vorkommenden Steinbänke bedingt, sodaß in Bezug darauf allgemein gültige Regeln nicht aufgestellt werden können.

Über das Verhältnis der Länge und Breite der Steine zu ihrer Höhe haben wir uns bereits im allgemeinen ausgesprochen, doch kommen auch darin Abweichungen in der Praxis vor, welche weniger durch die zu berücksichtigende Festigkeit der Steine, als vielmehr dadurch

bedingt sind, daß die Hausteinkonstruktionen eines Bauwerks dazu beitragen sollen, dem Ganzen durch übereinstimmende oder sehr wechselnde Gestaltung der Einzelheiten einen gewissen Ausdruck zu verleihen.

In Bezug auf die bereits beschriebene Bearbeitung und das Versetzen der Quader für gerade Mauern erwähnen wir noch, daß es nicht gleichgültig ist, welche der beiden Lagerflächen nach unten zu liegen kommt. Bei lagerhaft brechenden Steinen, insbesondere bei den hauptsächlich zu Quadern verarbeitet werdenden Sandsteinen, ist das natürliche Lager, worauf die Steinbank im Bruch lagerte, am härtesten, und der Stein besitzt, auf dieses gelegt, die größte Festigkeit, die er vermöge seiner Beschaffenheit haben kann. Hierauf muß bei der Bearbeitung und dem Versetzen Rücksicht genommen und das natürliche Lager zu der unteren Lagerfläche angewendet werden. Die untere Lagerfläche einer Steinbank, welche sich bei der Bearbeitung als merklich fester zu erkennen gibt, wird das harte Lager, die obere Lagerfläche zur Unterscheidung das weiche Lager genannt.

Als Grundsätze des Verbandes für gerade Mauern fügen wir dem bereits im allgemeinen für den Hausteinverband Angeführten noch hinzu:

- 1) Die Steinschichten einer geraden Mauer müssen horizontal sein, weil der Druck, welchem sie zu widerstehen haben, senkrecht wirkt.
- 2) Die Lager der Steine müssen Ebenen sein, damit sie gleichmäßig tragen.
- 3) Die Steine müssen unter sich rechte Winkel bilden, sodaß die Stoßfugen senkrecht auf dem Lager stehen.
- 4) Alle Steine von derselben Schichte müssen zwischen zwei horizontalen Lagern die nämliche Höhe haben.

Die Steine, welche nach dem Borerwähnten rechtwinkelige Parallelepipede sein müssen, nehmen in der Richtung ihrer Länge bei dem Verbands eine verschiedene Lage ein und werden darnach auch verschieden benannt. Hat der Stein seiner Länge nach zwei parallele Außenseiten, sodaß seine Breite die Stärke der Mauer ausmacht, so wird er Läufer oder Strecker benannt; Halbstrecker, wenn er seiner Länge nach nur eine Außenseite hat und seiner Breite nach nicht die ganze Stärke der Mauer ausmacht. Macht der Stein seiner Länge nach die ganze Mauerstärke aus und hat seiner Breite nach zwei parallele Häupter, so heißt er Durchbinder; Halbbinder dagegen, wenn er nur mit einem Haupte die Außenseite bildet und seiner Länge nach für sich allein die Dicke der Mauer nicht ausmacht. Füllsteine werden die im Inneren der Mauer befindlichen Steine genannt, welche von keiner Seite sichtbar sind. Dem

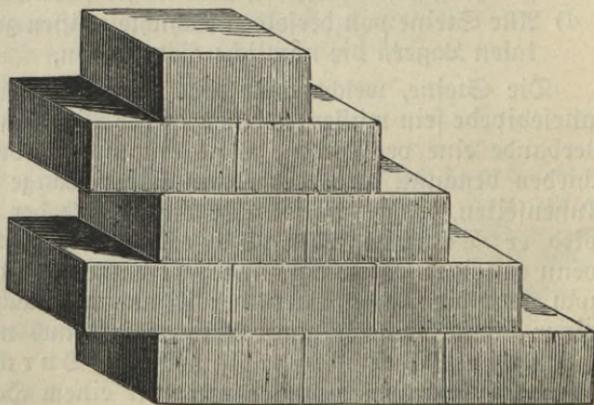
gewöhnlichen Sprachgebrauche nach fällt die Benennung Halb-
strecker und Halbbinder weg, und es werden Steine, welche
ihrer Länge nach eine sichtbare Außenseite haben, kurzweg Läufer
oder Strecker, und die Steine, welche ihrer Länge nach in das
Innere der Mauer eingreifen und nur nach ihrer Breite eine sichtbare
Außenseite haben, kurzweg Binder genannt. Wir werden in
unserer Betrachtung über den Verband der Mauern diese auf den
Werkplätzen übliche Bezeichnung der Steine nach ihrer abwechselnden
Richtung beibehalten.

Als Beispiele von Quaderverbänden führen wir an:

- 1) Den Quaderverband von Mauern, welche ganz aus Quadern
bestehen.
- 2) Die zweihäuptige Quaderverkleidung von Mauern, deren Kern
aus Füllmauerwerk besteht.
- 3) die einhäuptige Quaderverkleidung.

1) Quaderverbände von Mauern, welche ganz
aus regelmäßig bearbeiteten Quadern bestehen,
sind in Fig. 73 bis 78 dargestellt. Bei dem Verbande Fig. 73 besteht
die Mauer aus gleichgroßen Steinen, deren Breite die Dicke der Mauer
ausmacht. Bei diesem einfachen Verbande werden die Stoßfugen von
Schichte zu Schichte so verwechselt, daß sie auf die Steinmitte der vor-
hergelegten unteren und der darauf folgenden oberen Schichte treffen.
Derselbe Verband wird beibehalten, wenn die Mauer aus gleichgroßen
Steinen besteht

Fig. 73.

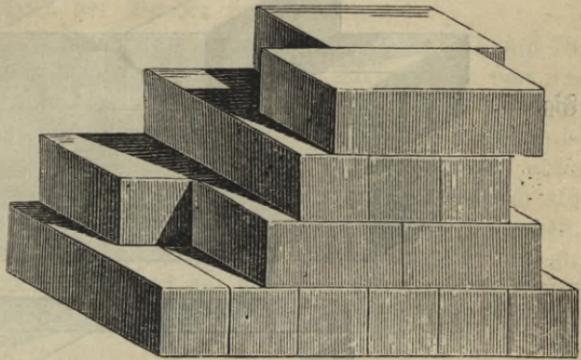


deren Länge die
Dicke der Mauer
ausmacht. Haben
die Steine einer
Mauer, welche nur
aus Binderschichten
besteht, eine un-
gleiche Breite, oder
im anderen Falle,
wenn sie nur aus
Läuferschichten be-
steht, eine ungleiche
Länge, so muß bei
der Verwechslung

der Stoßfugen darauf gesehen werden, daß bei den Binderschichten die
Decksteine mindestens auf eine Länge über die Stoßfugen greifen,

welche der Hälfte der Steinhöhe gleich ist, und daß bei Läufer-
schichten das über-
greifen der Decksteine
nicht weniger beträgt
als die Höhe dersel-
ben. Reicht die Breite
eines Steines nicht
aus zur Bildung der
Mauerdicke, sondern
sind dazu zwei oder
mehr Steine erforder-
lich, so muß bei

Fig. 74.



dem Verbande auf ein Verwechseln der Stoßfugen, sowohl der Länge als der Breite nach Rücksicht genommen und eine möglichst vollkommene Verbindung der beiden Mauerhäupter unter sich zu erreichen gesucht werden. Durch abwechselnde Binder- und Läufer-
schichten wird zwar eine gute Verbindung der Mauerhäupter unter sich erreicht, die Längenverbindung aber ist wegen des geringen Übergreifens der Läufer, welche nur die Hälfte der Binderbreite betragen kann, eine sehr geringe. Die Anwendung der Verbände mit Bindern und Läufern in jeder Schichte läßt ein größeres Übergreifen der Läufer zu und verdient in Bezug auf den Längenverband den Vorzug vor den Verbänden mit abwechselnden Läufer- und Binderschichten.

Einen Verband mit abwechselnden Läufer- und Binderschichten, von einer Mauer, deren Dicke zwei Steinbreiten beträgt, geben wir in Fig. 74. Auf eine Schichte von Durchbindern folgt eine Schichte von zwei Reihen Läufern, welche zusammen die Dicke der Mauer ausmachen; diese Läufer werden in den Stoßfugen sowohl unter sich, als auch in Bezug auf die Durchbinder der unteren Schichte verwechselt, und ebenso findet eine Verwechslung der Stoßfugen der darauf folgenden Durchbinder bezüglich der Läufer-
schichte, welche aus ungleich großen Steinen besteht, statt.

In Fig. 75 geben wir den Verband einer Mauer, bei welcher die Dicke ebenfalls durch die Breite zweier Läufer gebildet wird, es kommen aber in jeder Schichte Läufer und Binder vor. Zwischen je zwei Durchbindern befinden sich zwei Reihen Läufer. Die Stoßfugen der Läufer, welche eine ungleiche Länge haben, sind verwechselt und werden in der darauf folgenden Schichte abwechselnd durch Läufer und Durchbinder überdeckt. Vollkommener ist dieser Verband, wenn zwischen je zwei Durchbindern nur zwei Läufer gelegt werden, sodas

Fig. 75.

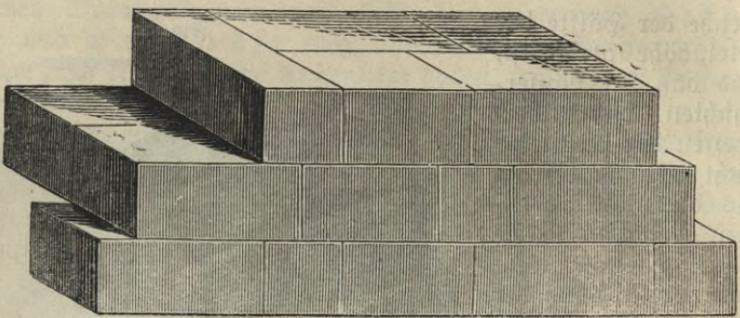


Fig. 76.

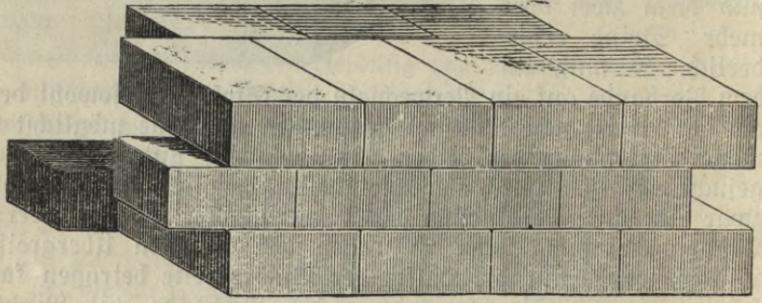


Fig. 77.

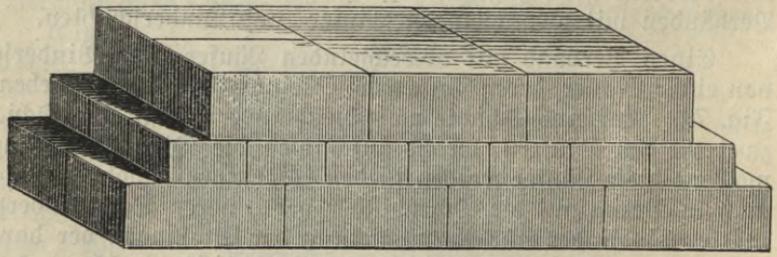
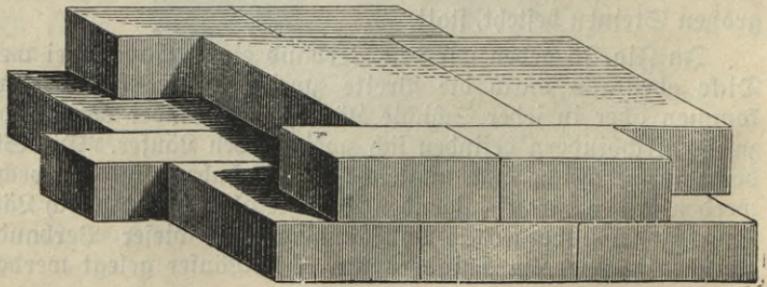


Fig. 78.



die Durchbinder auf die Mitte derselben treffen und bei den Läufern keine Stoßfugen unterhalb der Binder vorkommen.

Verbände ohne Durchbinder geben wir in den Fig. 76, 77 und 78. Bei Fig. 76 wird die Dicke der Mauer durch zwei Steinreihen von ungleicher Breite derart gebildet, daß in jeder Schichte die schmalen Steine an das eine und die breiten Steine auf das gegenüber befindliche andere Mauerhaupt gelegt werden, sodaß die Längefugen ohne Verwechslung durchgehen, die Stoßfugen aber, sowohl unter sich als auch in Bezug auf die obere und untere Schichte, verwechselt werden. Der Querverband wird dadurch hergestellt, daß, von Schichte zu Schichte regelmäßig abwechselnd, auf die schmalen Steinreihen breite Steinreihen folgen, welche die Längefugen der ersteren von Schichte zu Schichte überbinden.

In Fig. 77 geben wir ein Beispiel von dem Verband einer Mauer mit abwechselnden Schichten von verschiedener Höhe und Breite. Bei den hohen Schichten macht die Breite von zwei Steinen, und bei den niederen Schichten die Breite von drei Steinen die Dicke der Mauer aus. Die Länge der Steine in den hohen Schichten beträgt das Doppelte der Länge in den niederen Schichten. Die Stoßfugen der Schichten von gleicher Höhe gehen, sowohl der Länge als auch der Breite der Mauer nach, ohne Verwechslung durch, sind aber in den Schichten von ungleicher Höhe so verwechselt, daß alle Stoßfugen auf die Mitte der Steine in der darüber und darunter befindlichen Schichte treffen. Die Steine der hohen Schichten greifen als Binder über zwei Steine der niederen Schichten hinweg, sodaß dadurch die für sich als Läuerschichten angelegten hohen Schichten in ihrem Verbande bezüglich der niederen Schichten zu Binderschichten werden. Nehmen wir an, daß die Steine der niederen Schichten aus Durchbindern bestünden, so würden dadurch die Steine der hohen Schichten zu Läufern.

Fig. 78 gibt den Verband einer Mauer, deren Dicke durch drei Steinreihen in jeder Schichte gebildet wird. Die untere Schichte besteht aus zwei Reihen Läufern in den Mauerhäuptern, deren Breite gleich ist ihrer Höhe, und zwischen diesen Läufern befinden sich Füllsteine, deren Breite oder Länge das Dreifache ihrer Höhe beträgt, und deren Stoßfugen mit den Stoßfugen der Läufer verwechselt sind. Die obere Schichte hat ebenfalls Läufer in den Mauerhäuptern, doch haben diese die doppelte Höhe zur Breite, sodaß sie die unteren Läufer um ihre ganze Breite überdecken und für die Füllsteine nur einen Zwischenraum lassen, dessen Breite nicht mehr beträgt als die Höhe derselben. Durch regelmäßig von Schichte zu Schichte abwechselnde breite und schmale Läufer wird der Querverband, und durch eine Verwechslung der Stoßfugen der zu jeder Schichte gehörigen Steine unter

Fig. 80.

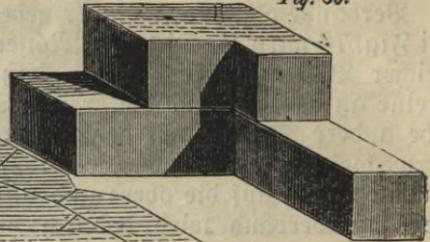


Fig. 79.

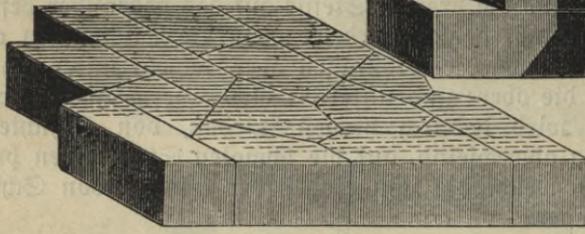


Fig. 82.

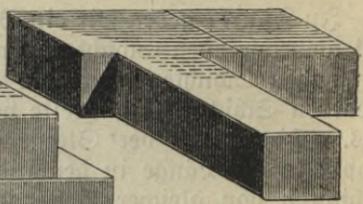


Fig. 81.

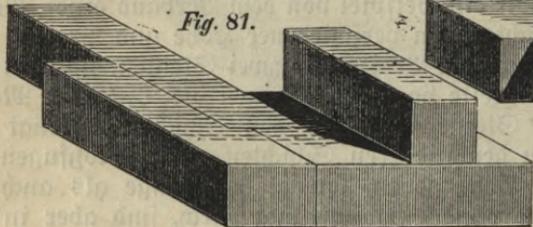


Fig. 84.

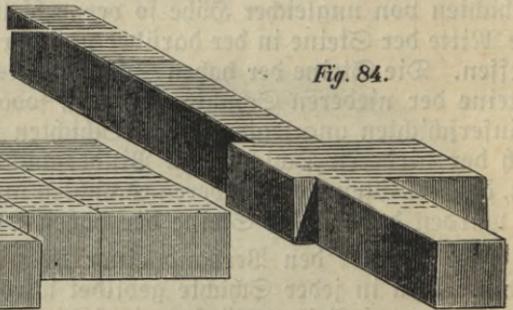


Fig. 83.

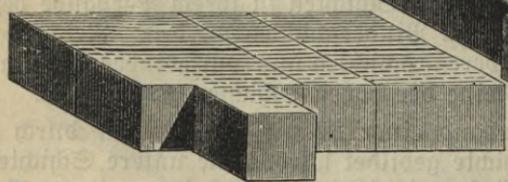


Fig. 86.

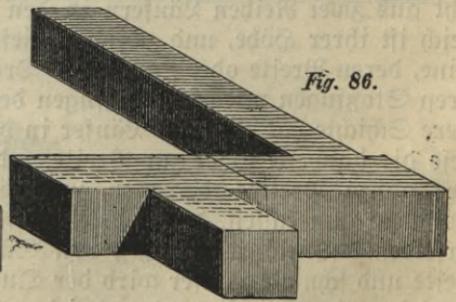
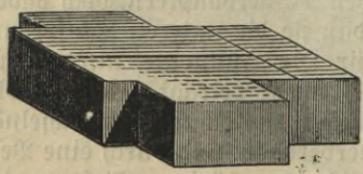


Fig. 85.



sich und gegen die Schichten ober- und unterhalb wird der Längenverband der Mauer auf eine sehr befriedigende Weise hergestellt.

Wir haben bei den angeführten Verbänden von Quadermauern angenommen, daß die Steine auch im Inneren der Mauer regelmäßig bearbeitet werden. Dies ist jedoch nicht immer der Fall und auch nicht geradezu erforderlich. Nach Fig. 79 kann der Verband von Mauern, deren Dicke mehr beträgt als das Doppelte der Steinbreite, aus Läufern und Bindern in jeder Schichte, ohne Durchbinder, und im Inneren aus Füllsteinen von mehr oder weniger unregelmäßiger Gestalt bestehen, wenn nur die Stoßfugen verwechselt werden. Die rechtwinkelige Bearbeitung der Stoßfugen vom Mauerhaupte aus darf nicht weniger breit sein, als die Steine hoch sind.

Wir haben bis jetzt nur bei den Quaderverbänden die einfache Mauer in Betracht gezogen. Treffen nun aber zwei Mauern so zusammen, daß sie die Mauerecke eines Bauwerkes bilden, so ist noch mit besonderer Sorgfalt auf die Eckverbindung Rücksicht zu nehmen, damit die Ecke mit den beiden Mauern auf das Innigste zusammenhängt. Man wählt deshalb zu Ecksteinen nur solche, welche eine größtmögliche Grundfläche haben, und gibt nach Fig. 80, welche den Eckverband einer Mauer darstellt, die nach beiden Seiten nur aus einfachen Läufer-schichten besteht, den Ecksteinen Flügel, mit denen sie in die beiden Mauern eingreifen. Die von einer Mauer in die andere überbindenden Flügel dürfen nicht nach beiden Richtungen gleich groß sein, damit eine genügende Verwechslung in den Stoßfugen der übereinanderliegenden Ecksteine stattfindet.

Den Eckverband einer Mauer, deren Dicke durch zwei Steinreihen gebildet wird, geben wir in Fig. 81, aus welcher die Anordnung des Flügels des äußeren und inneren Ecksteins ersehen werden kann. Die Anordnung der Flügel bei dem Zusammentreffen zweier Mauern ist in den Fig. 82 und 83 dargestellt und geben wir in Fig. 84 und 85 den Flügelverband, wenn drei Mauern sich an einer Stelle schneiden, sowie in Fig. 86 die Anordnung der Flügel, wenn zwei Mauern mit einer dritten an zwei verschiedenen Stellen zusammentreffen. Diese Figuren weiter erklären zu wollen, erscheint überflüssig, doch glauben wir die Bemerkung hinzufügen zu müssen, daß, wenn mehrere Mauern zusammentreffen, es unbedingt notwendig ist, den Schichten aller dieser Mauern eine gleiche Höhe zu geben, damit eine gleiche Anzahl von Lagerfugen entsteht und der Druck, welchem die Mauern zu widerstehen haben, sich auf alle Mauern gleichmäßig verteilt.

2) Zweihäuptige Quaderverkleidung von Mauern, deren Kern aus Füllmauerwerk besteht. Bilden die Quader nur als Verkleidung die Mauerhäupter einer Mauer, deren Kern aus Gußmörtel oder einem Mauerwerk aus

Bruch- oder Backsteinen besteht, so hat man darauf zu sehen, daß die beiderseitigen Quaderverkleidungen unter sich verbunden werden, was am vollkommensten nach Fig. 87 erreicht wird, wenn man in jeder Schichte abwechselnd Läufer und Durchbinder anbringt. Hat die Mauer eine so bedeutende Dicke, daß Durchbinder nicht angewendet werden können, so können Halbbinder genommen und dieselben von Schichte zu Schichte verwechselt werden, so daß die Binder des einen Mauerhauptes auf die Mitte der Läufer des gegenüber liegenden Mauerhauptes treffen und sich auf diese Weise von Schichte zu Schichte im Inneren der Mauer überbinden. Da das Füllmauerwerk sich mehr setzt, als dies bei der Quaderverkleidung der Fall ist, so muß das Füllmauerwerk gleichzeitig mit dem Verlegen der Quader hergestellt und auf die Höhe der Quader sorgfältig ausgeglichen werden.

Wir haben in Fig. 87 angenommen, daß an beiden Mauerhäuptern zwischen je zwei Bindern nur ein Läufer zu liegen komme; um aber an Durchbindern oder Bindern zu sparen, kann man zwischen je zwei Bindern zwei bis drei Läufer legen, wobei zwar die Läufer verschiedene Längen haben können, aber so geordnet werden müssen, daß die Stoßfugen von Schichte zu Schichte gedeckt sind, und daß die Steine ihrer Länge nach mindestens auf die halbe Höhe derselben über die Steine der darüber und darunter liegenden Schichte hinweggehen.

3) **Einhäuptige Quaderverkleidung.** Wie bei der zweihäuptigen Quaderverkleidung, so werden auch bei der einhäuptigen Quaderverkleidung am zweckmäßigsten solche Verbände angewendet, bei welchen in jeder Schichte Binder und Läufer vorkommen. In den Fig. 88 und 89 sind zwei Verbände dieser Art dargestellt, bei welchen in jeder Schichte Läufer von gleicher Länge mit Bindern von gleicher Breite in den entsprechenden Schichten regelmäßig abwechseln, und welche beide dadurch verändert werden können, daß man zwischen je zwei Bindern zwei bis drei Läufer anbringt, deren Stoßfugen entweder auf die Mitte der Binder treffen, oder wie bei den einfachen Läufern nach Fig. 88, auf beiden Seiten der Binder vorkommen.

Bei dem Verbands nach Fig. 88 wechseln hohe Schichten mit niederen, und es ist angenommen, daß die Steine der niederen Schichten eine größere Breite haben als die Steine der hohen Schichten, sodas die Läufer der ersteren bezüglich der letzteren schon als Binder zu betrachten sind, weil die Läufer der niederen Schichten über die Läufer der hohen Schichten hinaus in das Füllmauerwerk, welches der Deutlichkeit wegen in der Zeichnung weggelassen ist, eingreifen. Da angenommen werden kann, daß Steine von sehr verschiedener Höhe und Breite auch aus verschiedenen Brüchen bezogen werden, und da in der Regel Steine, welche in der Natur sehr verschieden an Mächtigkeit und Größe der Lagerfläche vorkommen, auch anders gefärbt sind, so kann

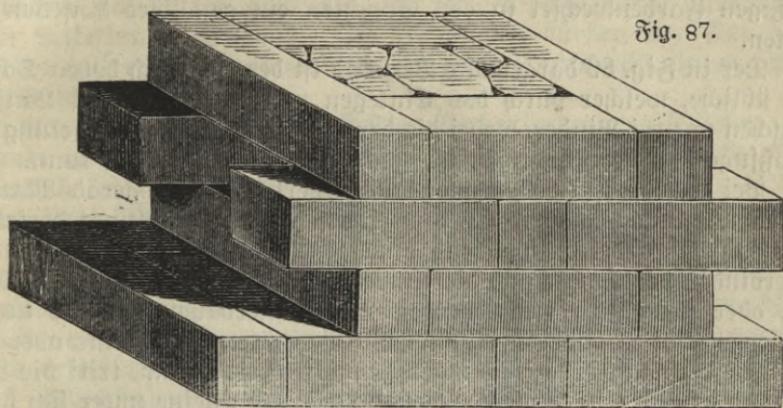


Fig. 87.

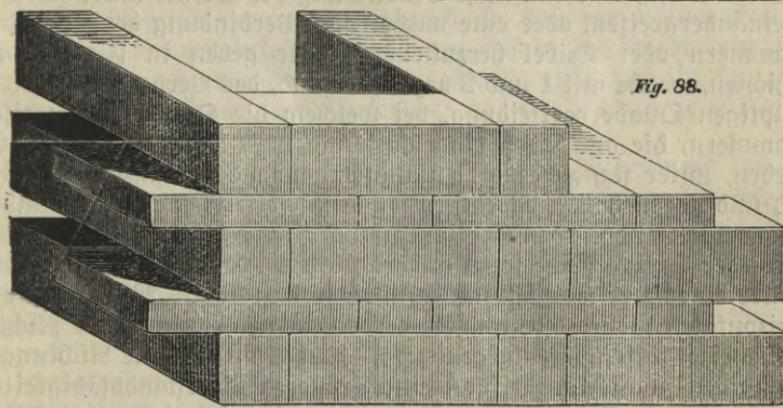


Fig. 88.

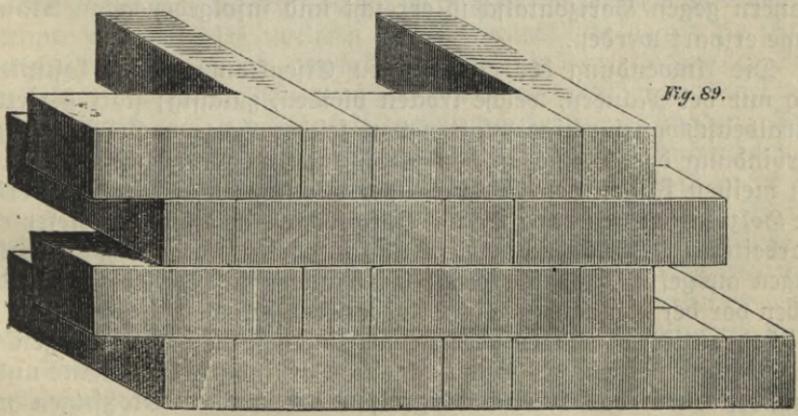


Fig. 89.

durch die Anwendung dieses Verbandes das Mauerwerk bei dem regelmäßigen Farbenwechsel in den Schichten ein gefälliges Ansehen erhalten.

Der in Fig. 89 dargestellte Verband ist der bei gleich hohen Schichten übliche, welcher durch das Einlegen von zwei oder drei Läufern zwischen je zwei Binder, wobei die bereits erwähnte Verwechslung der Stoßfugen zu berücksichtigen ist, leicht abgeändert werden kann.

Bei den bis jetzt betrachteten Quaderverbänden für gerade Mauern haben wir angenommen, daß nur eine senkrechte Belastung derselben stattfindet, und dementsprechend eine genügende Festigkeit durch das Überbinden der Steine und die Anwendung eines gut bindenden Mörtels oder Zements erreicht werde. Bei Wasserbauwerken und in den Fällen, wo durch Horizontalschub ein Verrücken der Steine oder das Ablösen der Quaderverkleidungen bewirkt werden kann, tritt die Notwendigkeit ein, eine künstliche Verbindung der Steine unter sich durch Zueinandergreifen, oder eine mechanische Verbindung derselben durch Klammern oder Dübel herzustellen. Wir geben in Fig. 90 zwei Schichten, welche mit 1 und 2 bezeichnet sind, des Verbandes einer einhäuptigen Quaderverkleidung, bei welchem die Quader durch eiserne Klammern, die am besten eingeleit und nach dem Verbleien geteert werden, unter sich zu einem zusammenhängenden Ganzen verbunden sind und gegen das Ausweichen, sowie um den Gesamtwiderstand der Längemauern gegen den Horizontalschub zu vergrößern, sind die Stoßfugen der Steine nach einem außerhalb der Mauer gelegenen Mittelpunkt eines Kreises zentrisch geführt, so daß sie als Wölbsteine eines horizontalen Bogens betrachtet werden können, welcher der Richtung des Horizontalschubs entgegenwirkt. Durch die zentrale Richtung der Stoßfugen nach Fig. 90 kann eine größere Widerstandsfähigkeit der Mauern gegen Horizontalschub erreicht und insofgedessen an Mauermaße erspart werden.

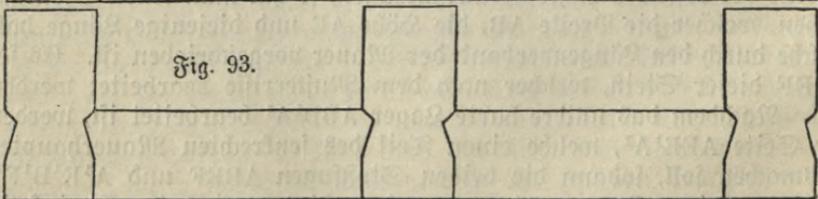
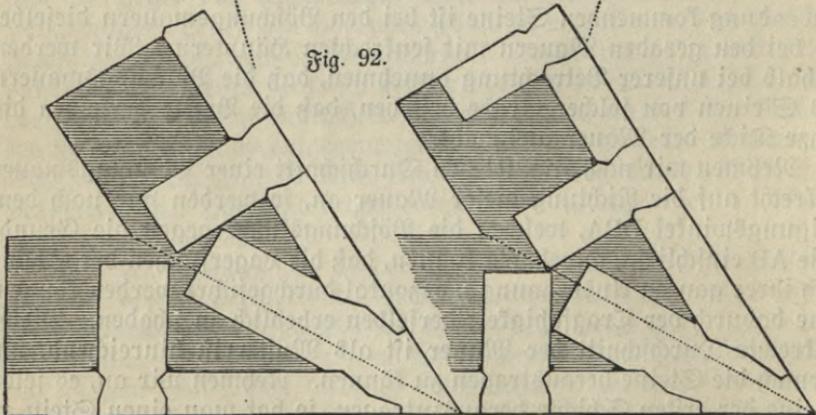
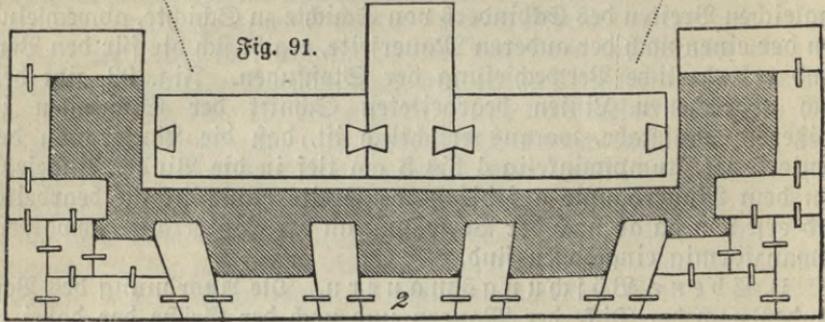
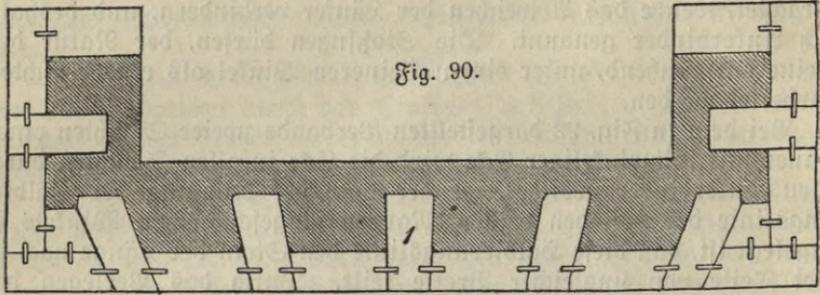
Die Anwendung der eingeleiteten Eisenklammern ist kostspielig und nur bei Mauern, welche trocken bleiben, zulässig; statt derselben schwalbenschwanzförmige Platten von festem Holze nach Fig. 91 zur Verbindung der Steine an den Stoßfugen anzuwenden, verdient in den meisten Fällen den Vorzug. Bei Mauern im Trockenen werden die Holzplatten von etwa $2\frac{1}{2}$ cm Dike trocken in die etwas tiefer eingearbeiteten Öffnungen eingelegt und mit feinem Sande zwischen den Fugen ausgefüllt und überdeckt; bei Mauern im Wasser können dieselben vor der Verwendung in Öl oder Teer gekocht und sodann in die mit hydraulischem Mörtel oder Zement ausgefüllten Vertiefungen fest eingetrieben werden. Es kann auch eine Verbindung der Steine untereinander durch das Zueinandergreifen der an den Stoßfugen nach gebrochenen Linien bearbeiteten Steinköpfe erreicht werden. Bei der

Anordnung derartiger Verbindungen werden die Binder als Anker betrachtet, welche das Abweichen der Läufer verhindern, und deshalb auch Ankerbinder genannt. Die Stoßfugen dürfen, der Natur der Steine entsprechend, unter einem kleineren Winkel als einem rechten bearbeitet werden.

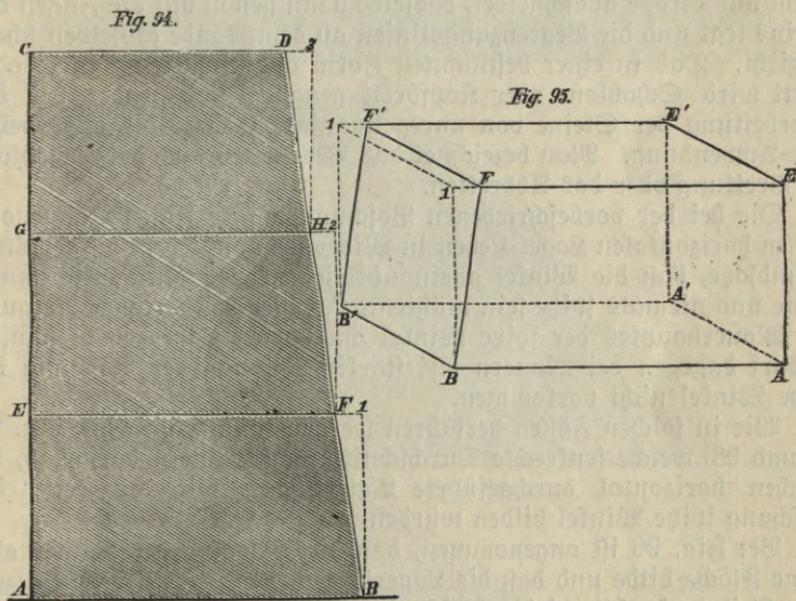
Bei dem in Fig. 92 dargestellten Verbands zweier Schichten einer Mauer mit spitzwinkliger Ecke wird die Ecke in allen Schichten durch einen Ankerbinder gebildet, welcher nach der Richtung der Halbierungslinie des von den beiden Mauern eingeschlossenen Winkels so eingelegt ist, daß diese Halbierungslinie den Stein der Länge nach in zwei Teile von ungleicher Breite teilt. Durch das Verlegen der ungleichen Breiten des Eckbinders von Schichte zu Schichte, abwechselnd von der einen nach der anderen Mauerseite, ergibt sich die für den Verband erforderliche Verwechslung der Stoßfugen. Fig. 93 gibt den nach gebrochenen Linien bearbeiteten Schnitt der Stoßfugen in größerem Maßstabe, woraus ersichtlich ist, daß die Läufer von der Hinterkante, stumpfwinkelig 4 bis 5 cm tief in die Binder eingesezt, von dem Mauerhaupte auf die halbe Breite rechtwinkelig bearbeitet und erst von da ab nach der Versetzung an der Hinterkante schwalbenschwanzförmig eingezogen sind.

B. Ebene Böschungsmauern. Die Anordnung des Verbandes nach der Dicke der Mauern und nach der Größe der dabei in Anwendung kommenden Steine ist bei den Böschungsmauern dieselbe, wie bei den geraden Mauern mit senkrechten Häuptern. Wir werden deshalb bei unserer Betrachtung annehmen, daß die Böschungsmauern aus Steinen von solcher Größe bestehen, daß die Breite derselben die ganze Dicke der Mauer ausmacht.

Nehmen wir nach Fig. 94 den Durchschnitt einer Böschungsmauer senkrecht auf die Richtung dieser Mauer an, so werden wir nach dem Neigungswinkel DBA , welchen die Böschungsfläche gegen die Grundlinie AB einschließt, annehmen können, daß die Lagerflächen der Steine nach ihrer ganzen Ausdehnung horizontal durchgeführt werden können, ohne dadurch der Tragfähigkeit derselben erheblich zu schaden. Dieser senkrechte Durchschnitt der Mauer ist als Musterriß hinreichend, um darnach die Steine herauszutragen zu können. Nehmen wir an, es seien Steine der ersten Schichte herauszutragen, so hat man einen Stein zu suchen, welcher die Breite AB , die Höhe AE und diejenige Länge hat, welche durch den Längenverband der Mauer vorgeschrieben ist. Es sei ABEF dieser Stein, welcher nach dem Musterrisse bearbeitet werden soll. Nachdem das untere harte Lager ABB^1A^1 bearbeitet ist, werden die Seite AEE^1A^1 , welche einen Teil des senkrechten Mauerhauptes ausmachen soll, sodann die beiden Stoßfugen ABEF und $\text{A}^1\text{E}^1\text{B}^1\text{F}^1$, welche auf dem Lager und gegen das hintere Haupt rechtwinkelig



stehen, und zuletzt das obere Lager EE^1 und FF^1 parallel mit dem unteren und in einer Entfernung AE , welche der Höhe der Schichte nach dem Musterrisse gleich ist, bearbeitet. Um die noch zu bearbeitende Böschungfläche zu erhalten, macht man AB Fig. 95 an jeder Unterkante der Stoßfugen gleich AB Fig. 94, welches die Breite des Lagers ergibt; aus den Punkten BB^1 Fig. 95 zieht man B^1B^1 winkelfrecht auf das Lager, an jeder Fuge, und macht die Entfernungen F^1F^1 Fig. 95 gleich der im Musterrisse Fig. 94 angegebenen Einziehung F^1 , der Böschung der ersten Schichte. Werden nun die geraden Linien BB^1 am unteren, FF^1 am oberen Lager und FB, B^1F^1 an den Stoßflächen vorgerissen, und es wird nach diesen Begrenzungslinien die geneigte Fläche eben bearbeitet, so hat der Stein die durch den Musterriß vorgeschriebene Gestalt.



Ebenso verfährt man, um die Steine der andern Schichten nach dem Musterrisse herauszutragen. Das angegebene Verfahren setzt das genaueste Übertragen der Maße von dem Musterrisse auf die Steinflächen voraus, und gibt, wenn das Vorzeichnen der Steine mehreren Arbeitern überlassen werden muß, Veranlassung zu ungenauer Bearbeitung derselben. Es ist weniger zeitraubend, und es wird die Bearbeitung der Steine übereinstimmender, wenn man, nachdem man die Breite des Lagers vorgezeichnet hat, die Neigung der Böschungfläche mittelst eines beweglichen Winkelmaßes angibt, mit welchem

man die Öffnung des Winkels ABD Fig. 94, den die Böschung gegen das Lager bildet, abnimmt, um ihn in Bezug auf das untere Lager an die Steine zu tragen. Wir haben dieses bewegliche Winkelmaß, welches Schmiege genannt wird, bereits bei den zur Bearbeitung der Steine erforderlichen Werkzeugen beschrieben und haben nur noch zu bemerken, daß bei der Anwendung desselben zum Übertragen der Böschungslinie der stärkere Schenkel desselben an das Lager angeschlossen und die schwächere Zunge nach dem Böschungswinkel gerichtet und sodann festgeschraubt wird.

Sind die Steine in großer Anzahl zu bearbeiten, so kann man auf eine einfachere und dabei schärfere Weise die vorgeschriebene Form auf die Fugen der Steine vorzeichnen, wenn man ein Stück Blech, ein Brett oder einen Pappdeckel nach der im Musterrisse vorgeschriebenen Form und Größe ausschneidet, dasselbe dann genau auf die Fugen des Steins legt und die Begrenzungslinien an dem Rande desselben scharf hinzieht. Das in einer bestimmten Form ausgeschnittene Blech oder Brett wird Schablone oder Kopfbrett genannt und findet bei der Bearbeitung der Steine von unregelmäßiger Gestalt die ausgedehnteste Anwendung. Man bezeichnet das Bearbeiten nach der Schablone als Brettung oder das Abbretten.

Die bei der vorherbeschriebenen Böschungsmauer Fig. 94 angenommenen horizontalen Lager stehen in Widerspruch mit dem aufgestellten Grundsatz, daß die Winkel aneinanderliegender Steinflächen immer rechte und niemals spitze sein müßten. Ist hier bei geringer Neigung des Mauerhauptes der spitze Winkel am harten Lager eher zulässig, so darf dagegen bei Mauern mit starker Neigung der Böschung der spitze Winkel nicht vorkommen.

Wie in solchen Fällen verfahren werden kann, zeigen die Fig. 96, 97 und 98, welche senkrechte Durchschnitte von Mauern darstellen, bei welchen horizontal durchgeführte Lagerflächen mit der Seite der Böschung spitze Winkel bilden würden.

Bei Fig. 96 ist angenommen, daß die Böschung der Mauer eine ebene Fläche bilde und daß die Lagerflächen zum Teil horizontal und zum Teil senkrecht auf die Fläche der Böschung gerichtet sind. Aus den Punkten F und D, welche die Kanten der Seiten auf der Böschungsfäche darstellen, werden die Geraden Ff und Dd senkrecht auf die Gerade BD der Böschung gezogen und diese Senkrechten unter sich, ungefähr 8 bis 10 cm, gleich gemacht. Zieht man nun von den Punkten f und d z. B. die Geraden ef und cd parallel mit BA, so drücken die gebrochenen Linien Ddc und Ffe die Lager der Schichten aus, welche von e nach f und von c nach d horizontal, von f nach F und von d nach D aber rechtwinkelig gegen die Fläche der Böschung gerichtet sind. Zur Beseitigung des spitzen Winkels, welcher von dem unteren

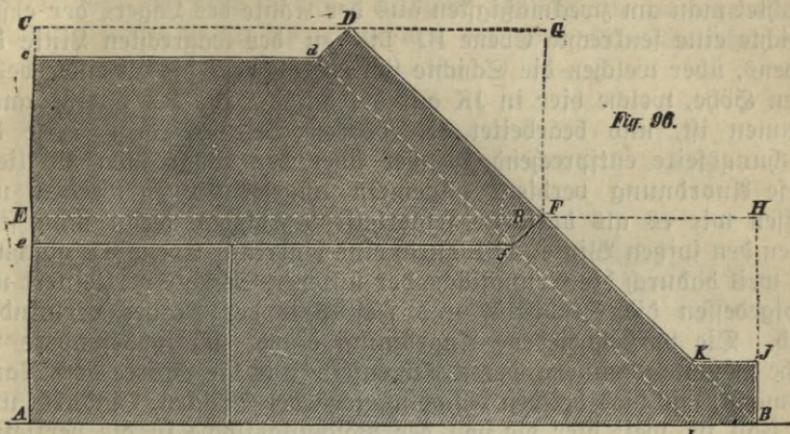


Fig. 96.

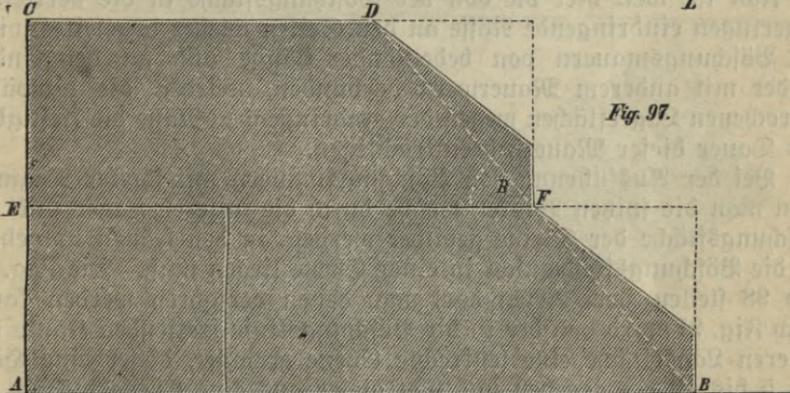


Fig. 97.

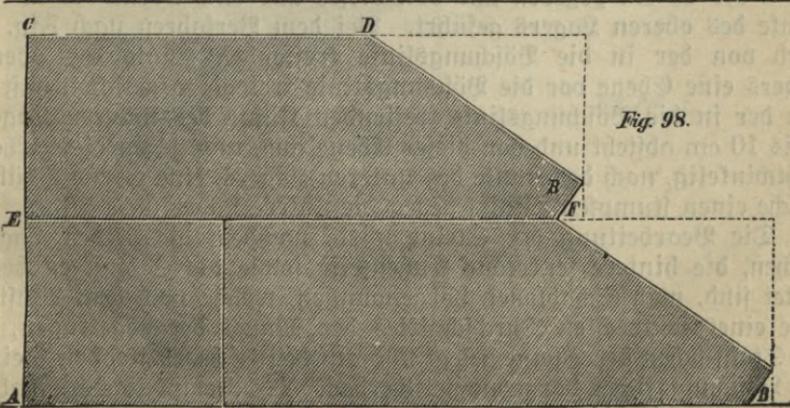


Fig. 98.

Lager AB und der Böschungseite der ersten Schichte gebildet wird, errichtet man am zweckmäßigsten aus der Kante des Lagers der ersten Schichte eine senkrechte Ebene BJ bis zu der wagrechten Linie des Bodens, über welchen die Schichte sich erhebt, oder bis zu einer beliebigen Höhe, welche hier in JK auf die halbe Höhe des Steins angenommen ist, und bearbeitet den oberen Teil KF dem Teile der Böschungseite entsprechend, welcher über der Wagrechten JK liegt. Diese Anordnung verdient allgemein angewendet zu werden, und müssen wir es als durchaus fehlerhaft bezeichnen, wenn man statt dessen den spitzen Winkel ABF durch eine senkrechte Ebene KL abschneidet, weil dadurch die Grundfläche der unteren Schichte verkleinert und infolgedessen die Stabilität und Festigkeit der Mauer vermindert wird. Die vorherbeschriebene Anordnung eignet sich insbesondere für solche Böschungsmauern, deren Außenseite nur die Stärke der Mauer ausmacht, wie dies bei den Flügelmauern der Brücken, Viadukte usw. der Fall ist, weil hier die von der Böschungfläche in die vertieften Lagerfugen eindringende Masse an den Seiten wieder abgeleitet wird. Bei Böschungsmauern von bedeutender Länge und an den Enden wieder mit anderem Mauerwerk verbunden, würden die einwärts gebrochenen Lagerflächen wegen der eindringenden Masse die Festigkeit und Dauer dieser Mauern beeinträchtigen.

Bei der Ausführung von Böschungsmauern mit starker Neigung kann man die spitzen Winkel, welche durch die unteren Lager und die Böschungfläche der Steine gebildet werden, in den Fällen umgehen, wo die Böschungfläche nicht in einer Ebene liegen muß. Die Fig. 97 und 98 stellen zwei Arten dar, nach denen verfahren werden kann. Nach Fig. 97 wird von der in die Böschungslinie treffenden Kante der unteren Lagerfläche eine senkrechte Ebene errichtet, dieser eine Höhe von 5 bis 10 cm gegeben und von dieser aus eine Ebene bis an die Kante des oberen Lagers geführt. Bei dem Verfahren nach Fig. 98 wird von der in die Böschungslinie treffenden Kante des oberen Lagers eine Ebene vor die Böschungslinie tretend so geführt, daß sie von der in die Böschungslinie treffenden Kante des unteren Lagers 7 bis 10 cm absteht und von dieser Ebene aus, und gegen diese Ebene rechtwinkelig, nach der Kante des unteren Lagers, eine Ebene geführt, welche einen stumpfen Winkel gegen die untere Lagerfläche bildet.

Die Bearbeitung der Steine wird, nachdem die beiden Lagerflächen, die hintere senkrechte Außenseite sowie die Stoßfugen bearbeitet sind, nach Schablonen vorgenommen, welche nach dem Musterriße eines senkrechten Durchschnittes der Mauer herausgetragen, an die Stoßflächen der Steine gelegt und auf den zu bearbeitenden Seiten der Böschungfläche vorgezeichnet werden. Man nennt solche Schablonen, nach welchen die Form der Steine an den Stoßfugen vorgezeichnet

wird, Kopfschablonen. Haben die Schichten einer Mauer gleiche Höhe, so kann man sich auch, da die Schablone nur auf die zu bearbeitende Böschungfläche Bezug hat, einer und derselben Schablone bedienen,

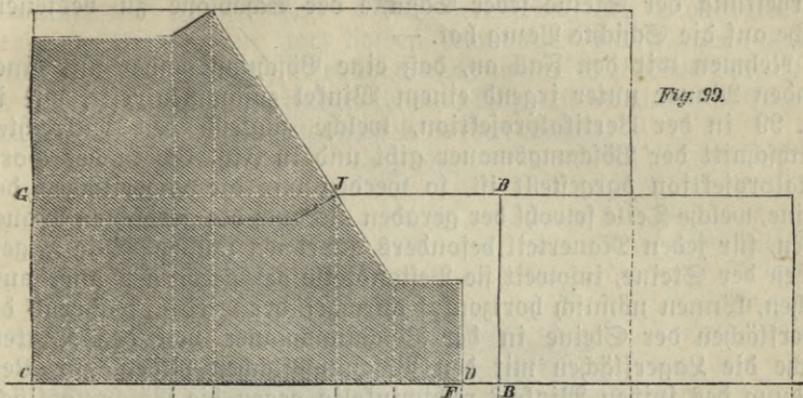


Fig. 99.

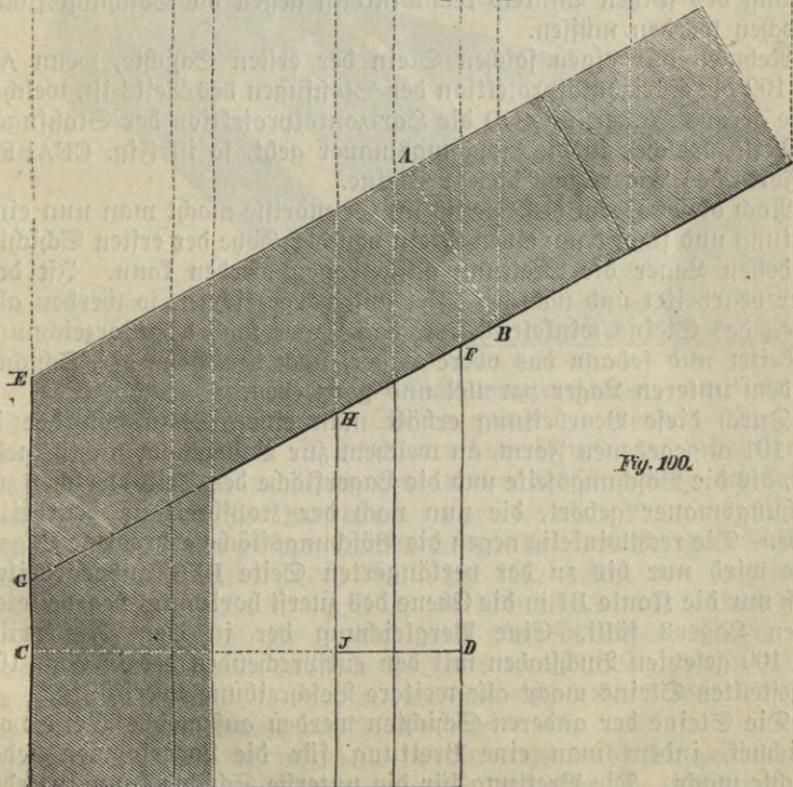


Fig. 100.

selbst wenn die Steine von ungleicher Breite sind; haben dagegen die Steinschichten verschiedene Höhen, so sind für die verschiedenen Schichten auch verschiedene Schablonen erforderlich, und man hat sich bei der Bearbeitung der Steine jeder Schichte der Schablone zu bedienen, welche auf die Schichte Bezug hat. —

Nehmen wir den Fall an, daß eine Böschungsmauer mit einer geraden Mauer unter irgend einem Winkel zusammentreffe, wie in Fig. 99 in der Vertikalprojektion, welche zugleich den senkrechten Durchschnitt der Böschungsmauer gibt und in Fig. 100 in der Horizontalprojektion dargestellt ist, so werden wir die Lagerflächen der Steine, welche Teile sowohl der geraden als auch der geböschten Mauer bilden, für jeden Mauerteil besonders anordnen müssen. Die Lagerflächen der Steine, insoweit sie Bestandteile der geraden Mauer ausmachen, können nämlich horizontal durchgeführt werden, während die Lagerflächen der Steine in der Böschungsmauer von den Kanten, welche die Lagerflächen mit den Böschungsflächen bilden, zur Vermeidung des spitzen Winkels rechtwinkelig gegen die Böschungsfläche gebrochen werden müssen.

Nehmen wir einen solchen Stein der ersten Schichte, wenn AB Fig. 100 die Horizontalprojektion der Stoßfugen des Teils ist, welcher in die gerade Mauer, und CD die Horizontalprojektion der Stoßfugen des Teils, welcher in die Böschungsmauer geht, so ist Fig. CEABFD die Form des Lagers von diesem Steine.

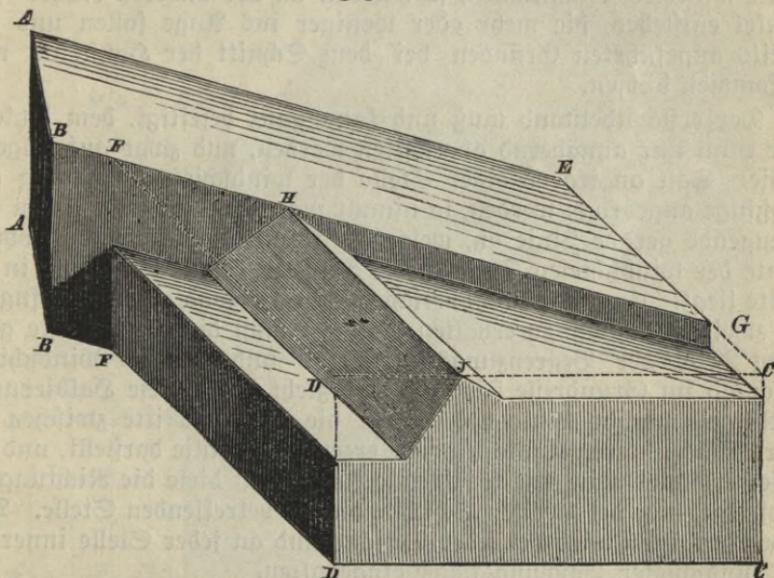
Nach dieser Form des Steins im Grundrisse macht man nun eine Brettung und sucht dann einen Stein von der Höhe der ersten Schichte, auf dessen Lager die Brettung aufgetragen werden kann. Ist das Lager bearbeitet und nach der Brettung vorgezeichnet, so werden alle Seiten des Steins winkelrecht auf das Lager nach der Vorzeichnung bearbeitet und sodann das obere Lager, nach der Höhe der Schichte, mit dem unteren Lager parallel und ganz eben.

Durch diese Bearbeitung erhält man einen Stein von der in Fig. 101 angegebenen Form, an welchem zur Vollendung nichts mehr fehlt, als die Böschungsseite und die Lagerfläche des Teils, welcher zur Böschungsmauer gehört, die nun nach der Kopfbrettung bearbeitet werden. Die rechtwinkelig gegen die Böschungsfläche gebrochene Lagerfläche wird nur bis zu der verlängerten Seite BFG ausgearbeitet, sodaß nur die Kante JH in die Ebene des zuerst horizontal bearbeiteten oberen Lagers fällt. Eine Vergleichung der in dem Musterrisse Fig. 100 gesetzten Buchstaben mit den entsprechenden des in Fig. 101 dargestellten Steins macht alle weitere Beschreibung überflüssig.

Die Steine der anderen Schichten werden auf gleiche Weise vorgezeichnet, indem man eine Brettung für die Lagerformen jeder Schichte macht. Die Brettung für die unterste Schichte kann zu jeder

der folgenden höheren Schichten benutzt werden, indem sie nur an dem Teile, welcher der Böschungsmauer entspricht, nach oben an Breite abnimmt, und ebenso, nach der Verwechslung der Stoßfugen, des Verbandes wegen, nur nach beiden Richtungen der Mauern länger oder kürzer wird, welche Veränderungen in der Schablone vorgezeichnet und darnach die Stoßfugen rechtwinkelig auf die äußeren Begrenzungslinien CE und EA angetragen werden können.

Fig. 101.



Es werden die Schablonen, welche man anfertigt, um auf die Lager der zu verzeichnenden Steine gelegt zu werden, Lager-schablonen genannt. Wir behalten diese Benennung bei und werden sie in vorkommenden Fällen ohne weitere Umschreibung anwenden.

C. Windschiefe Böschungsmauern. Nehmen wir an, daß eine Mauer, von gleicher Stärke an der Grundfläche, zwei verschiedene Böschungen habe, sodaß nach Fig. 102, welche den senkrechten Durchschnitt dieser Mauer darstellt, der Winkel ABC die Neigung der Böschung sei, welche sich an der Linie C'B' im Grundriß Fig. 103 endigt, und der Winkel ABD die Neigung der Böschung, welche sich an der Linie D'B'' endigt, so wird die Vereinigung dieser beiden Böschungen CBD'B'' eine windschiefe Fläche sein, welche aus einer geraden Linie erzeugt wird, die, indem sie immer wagrecht bleibt, zugleich auf den zwei geraden Linien hingleiten würde, welche die unter verschiedenen Winkeln geneigten ebenen Böschungsf lächen begrenzen. Diese

Linien sind in der Vertikalprojektion Fig. 102 durch BC und BD, und in der Horizontalprojektion Fig. 103 durch B'C' und B''D' dargestellt.

Da nun die Kanten der unteren und oberen Lager einer Steinschichte innerhalb der windschiefen Böschungsfäche nicht parallel unter sich sind, so würden die Stoßfugen eines Steines, wenn man sie winkelrecht mit einer der zwei Kanten der windschiefen Seite machen wollte, ebenfalls windschief sein, und wollte man die Stoßfugen nur mit einer Kante winkelrecht annehmen, so würden an der anderen Kante spitze Winkel entstehen, die mehr oder weniger ins Auge fallen und aus bereits angeführten Gründen bei dem Schnitt der Haussteine nicht vorkommen dürfen.

Der erste Übelstand muß und kann ganz beseitigt, dem letzteren aber kann nur annähernd abgeholfen werden, und zwar auf folgende Weise. Soll an irgend einer Stelle der windschiefen Böschung eine Stoßfuge angebracht werden, so nimmt man diese senkrecht gegen eine erzeugende gerade Linie an, welche zwischen der unteren und oberen Kante der windschiefen Seite in der betreffenden Steinschichte in der Mitte liegt. Um hiernach die Richtung GHJ irgend einer Stoßfuge in der zweiten Schichte zu erhalten, halbiert man die zur Schichte gehörigen Teile der Begrenzungslinien D'B'' und C'B' der windschiefen Böschung im Grundrisse Fig. 103 und zieht durch diese Halbierungspunkte die gerade Linie LM, welche die in der Mitte zwischen der oberen und unteren Kante liegende erzeugende Linie darstellt, und auf dieser errichtet man eine Senkrechte GHJ, so ist diese die Richtung der Stoßfuge, hier der zweiten Schichte, an der betreffenden Stelle. Dasselbe Verfahren wird bei jeder Schichte und an jeder Stelle innerhalb der windschiefen Böschungsfäche eingehalten.

Es muß bemerkt werden, daß die rechtwinkelig auf die mittleren horizontalen erzeugenden Linien gezogenen Stoßfugen nicht durch die ganze Mauerstärke durchgeführt werden dürfen, wenn man nicht an der senkrechten Mauerfläche spitzwinkelige Stoßfugen erhalten will. Es werden die auf die windschiefe Böschung bezüglichen Stoßfugen nur so weit über die obere Kante der Böschung eines Steines hinaus gezogen, daß die Breite HJ etwa gleich ist der halben Steinhöhe, und von J aus wird die Stoßfuge gebrochen und nach K winkelrecht gegen die senkrechte Fläche der Mauer, das heißt senkrecht gegen die gerade Linie AA' im Grundrisse Fig. 103 geführt. Beide Teile der gebrochenen Stoßfugen stehen senkrecht auf der Lagerfläche.

Bei dem Herausragen und Bearbeiten irgend eines in die windschiefe Böschung treffenden Steines, hier des in Fig. 104 dargestellten Steines der zweiten Schichte, welcher im Grundrisse Fig. 103 durch das Vieleck A'EFGJK nach seiner Grundform gegeben ist, wird wie

Fig. 102

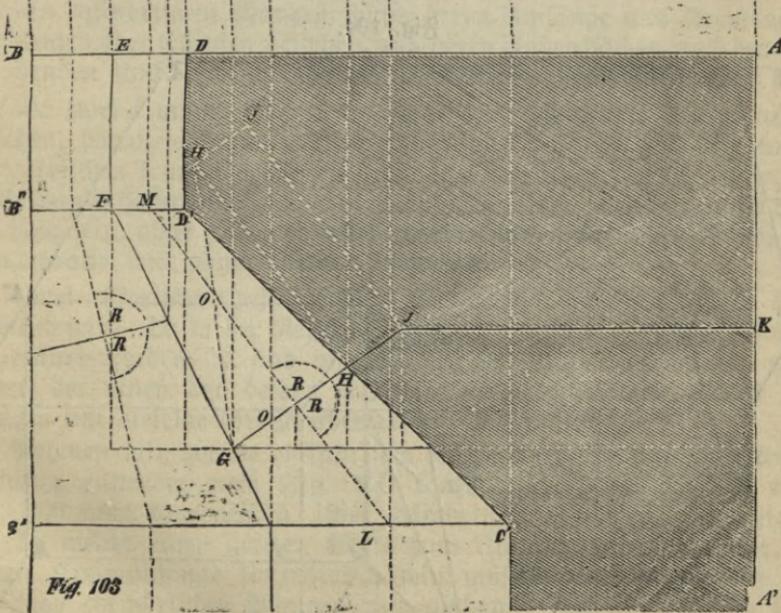
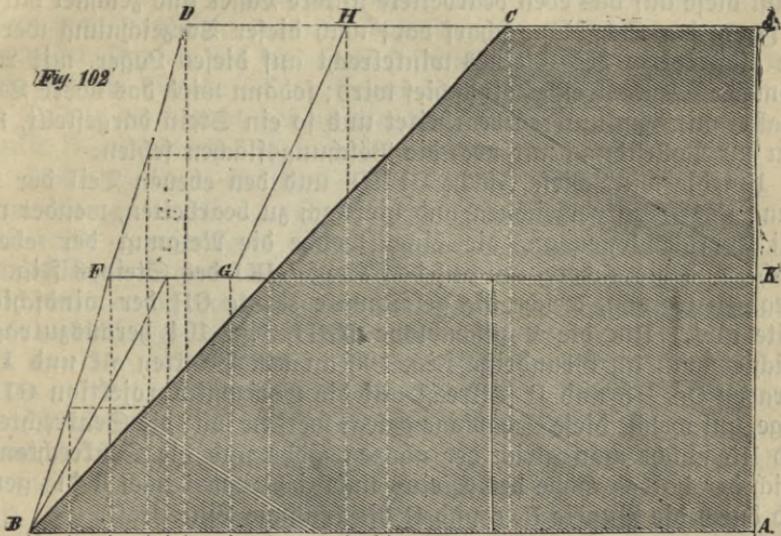
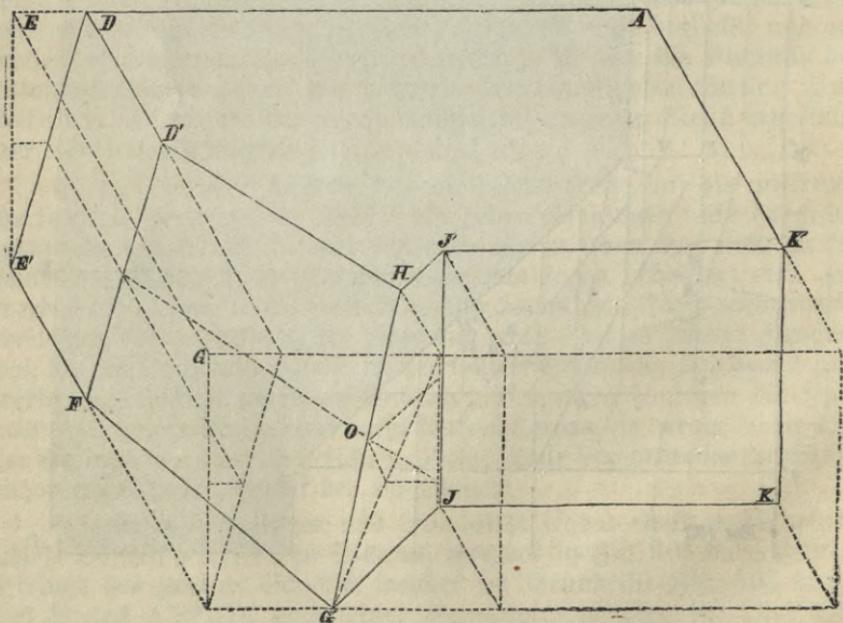


Fig. 103

folgt verfahren. Man nimmt nach dem Grundrisse Fig. 103 die Lager-
schablone, welche dem Vieleck $A'EFGJK$ vollkommen gleich ist, auf,
bringt diese auf das eben bearbeitete untere Lager und zeichnet darauf
die Form der Schablone scharf vor; nach dieser Vorzeichnung werden
nun alle Seiten des Steines winkelrecht auf dieses Lager, mit Aus-
nahme der Seite, welche windschief wird; sodann wird das obere Lager
parallel mit dem unteren bearbeitet und so ein Stein dargestellt, wel-
chem zur Vollendung nur noch die Böschungsflächen fehlen.

Um die windschiefe Fläche $GFHD'$ und den ebenen Teil der Bö-
schung $EFDD'$ zu verzeichnen und hiernach zu bearbeiten, wendet man
zwei Kopfschablonen an, die eine, welche die Neigung der ebenen
Fläche, und die andere, um auf den Kopf $GJKJ$ des Steines Fig. 104
gelegt zu werden, welche die gekrümmte Kante GH der windschiefen
Seite gibt. Um die Kopfschablone $JGHJ$ Fig. 104 herauszutragen,
errichtet man im Grundrisse Fig. 103 an den Punkten oH und J die
Geraden Oo , Hh und Ji senkrecht auf die Horizontalprojektion GJ der
Fuge, auf welche diese Schablone gelegt werden soll; die Senkrechten Ji
und Hh macht man gleich der ganzen Höhe und die Senkrechten Oo
gleich der halben Höhe des Steins und zieht von i nach h die gerade
und durch die Punkte H , o und G die krumme Linie HoG .

Fig. 104.



Ist der Stein auf den Stoßfugen vermittelt der Kopfschablonen vorgezeichnet, so zieht man auf das obere Lager die Gerade DD' winkelrecht auf die Kante AE , bearbeitet die obere Böschungseite und zieht dann auf derselben die Gerade $D'F$ parallel mit DE ; durch die Punkte $D'H$ zieht man die Gerade HD' und bearbeitet die windschiefe Seite, indem man sorgfältig darauf achtet, daß das Richtscheit zugleich auf den beiden Kanten ED' und GoH so hingeleitet, daß, indem das Richtscheit auf die Gerade GF zu liegen kommt, dasselbe die Kanten FD' und GoH so durchlaufe, daß es zugleich an dem Punkte H , wie an dem Punkte D' , ankommt.

Das angeführte Beispiel einer windschiefen Mauer wird für den aufmerksamen Leser genügen, von abweichenden Beispielen die Musterrisse anzufertigen und für die Bearbeitung der Steine die erforderlichen Lager- und Kopfschablonen herauszutragen. Kommen Fälle vor, wo mehrere Mauern von verschiedenen Böschungen, die man durch windschiefe Ebenen in Vereinigung zu bringen hat, den Boden nicht an einer und derselben geraden, sondern an mehreren gebrochenen Linien treffen, so hat man für jede Mauer von verschiedener Böschung einen Musterriß, welcher den senkrechten Durchschnitt der betreffenden Mauer darstellt, anzufertigen, im übrigen aber ganz so zu verfahren, wie in dem angeführten Beispiele angegeben ist.

D. Gerade cylindrische Mauern. Man versteht unter geraden cylindrischen Mauern solche, deren Umfänge aus Kreisbogen, Korbhogen oder Ellipsen bestehen und deren Außenflächen nach den entsprechenden Umfängen von der Grundfläche senkrecht aufgeführt sind.

Da zwei krumme Linien, welche überall gleichweit von einander abstehen, parallele krumme Linien genannt werden, und wir unter konzentrischen krummen Linien diejenigen verstehen, welche denselben Mittelpunkt haben, so können hiernach zwei Kreisumfänge nicht konzentrisch sein, ohne dabei parallel zu sein, und umgekehrt können sie nicht parallel sein, ohne konzentrisch zu sein.

Zwei elliptische Umfänge sind nie parallel, sie können aber konzentrisch sein. Da in der Regel elliptische Mauern von gleicher Stärke aufgeführt werden, so sind die Ellipsen der Umfänge, da die zwei Achsen der einen der beiden Ellipsen die gegenseitigen Achsen der anderen um dieselbe Größe übertreffen, halbähnlich.

Nehmen wir gerade cylindrische Mauern an, so sind die Kreisumfänge entweder nach Fig. 105 konzentrisch, oder sie sind nach Fig. 106 nicht konzentrisch. Bei cylindrischen Mauern von gleicher Stärke, welche einen ganzen Kreis zum Umfang haben, werden die beiden Kreisumfänge konzentrisch sein müssen, und es werden die Umfänge cylindrischer Mauern nur alsdann nicht konzentrisch sein

können, wenn sie aus einem Halbkreis und aus einem Segmente bestehen.

Fig. 105 stellt den Grundriß einer geraden Mauer mit zwei konzentrischen Kreisumfängen zur Hälfte dar. Bei dieser Mauer werden die Stoßfugen, welche nach dem gemeinsamen Mittelpunkte gezogen werden, gleichförmig sein, weil an jeder Stelle die Normallinien an einer krummen Linie auch normal an der anderen sind. Es wird sonach für die sämtlichen Steine einer Schichte nur eine Kopfschablone anzufertigen sein und haben alle Schichten einer Mauer eine gleiche Höhe, so gilt die eine Kopfschablone für alle Steine dieser Mauer.

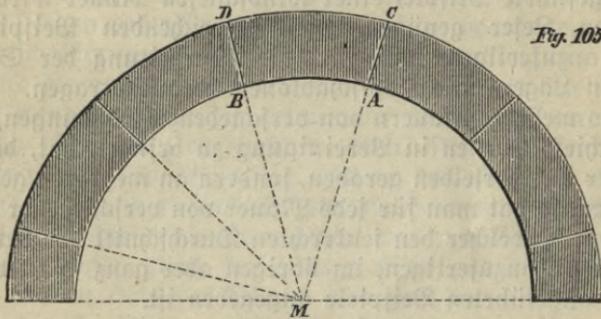


Fig. 105.

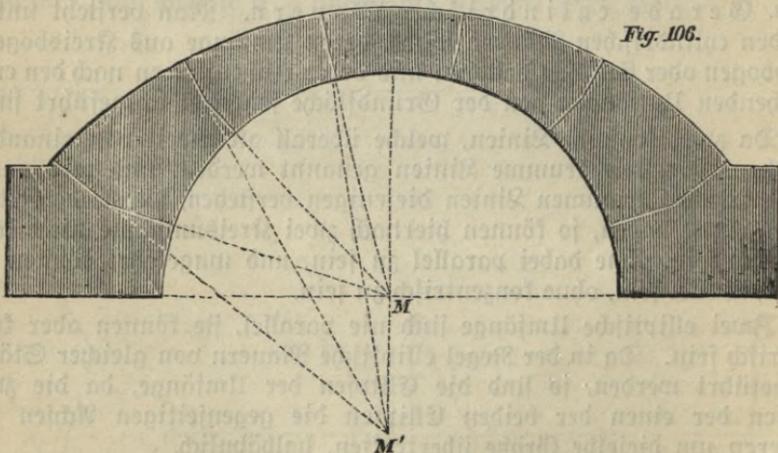


Fig. 106.

Um die Steine auf dem Lager vorzuzeichnen, braucht man nur eine Lagerschablone ABCD von einer solchen Länge AB anzufertigen, daß sie der größten Steinlänge in der entsprechenden Schichte gleichkommt, auf dieser dann die normalen Stoßfugen der Steine von verschiedener Länge aufzureißen und darnach beim Auflegen der größeren Schablone auf das Lager der kleineren Steine die entsprechenden Stoß-

fugen von den scharf zu markierenden Schnittpunkten an dem äußeren und inneren Umfang der Schablone aufzeichnen zu können.

Kommen Steine von verschiedener Länge und für verschiedene Längen in größerer Anzahl vor, so trägt man für jede Steinlänge besondere Lagerschablonen heraus.

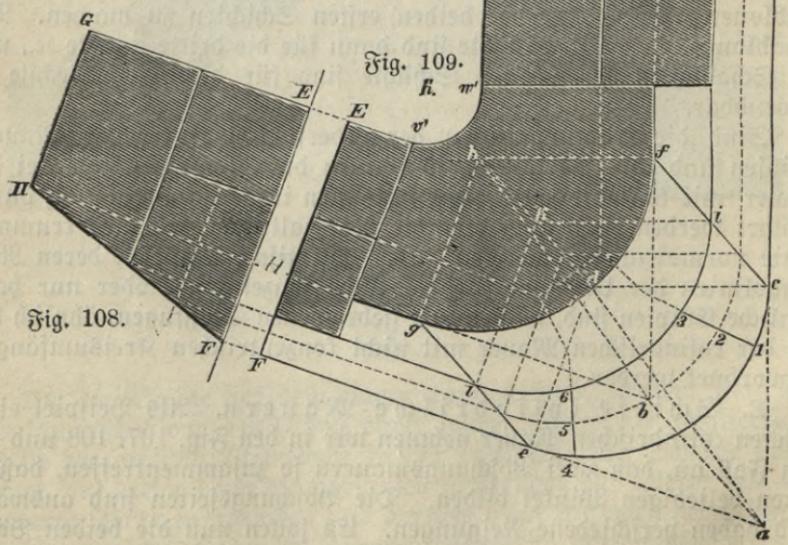
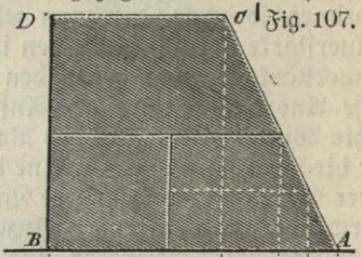
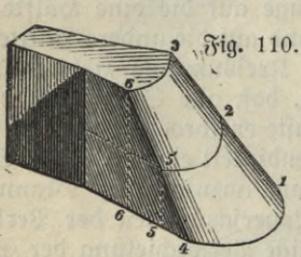
In Fig. 106 geben wir den Grundriß einer geraden cylindrischen Mauer, deren Kreisumfänge aus zwei verschiedenen Mittelpunkten beschrieben, demnach nicht konzentrisch sind. Wollte man in diesem Falle die Stoßfugen in gerader Richtung normal auf den inneren Kreisumfang durchführen, so würden an dem äußeren Kreisumfange spitze Winkel entstehen, und umgekehrt würden an dem inneren Kreisumfang spitze Winkel entstehen, wenn man die Stoßfugen normal auf den äußeren Kreisumfang in gerader Richtung durchführen wollte. Diesem Übelstand wird nun dadurch begegnet, daß man, wie aus Fig. 106 ersehen werden kann, die Stoßfugen in gebrochenen Linien anordnet, so zwar, daß man jede Stoßfuge auf die eine Hälfte der Mauerstärke normal gegen den inneren, und auf die andere Hälfte der Mauerstärke normal gegen den äußeren Kreisumfang zieht. Durch diese Anordnung wird der Anforderung, daß alle Steine unter sich rechte Winkel bilden, auf das Vollkommenste entsprochen; es tritt aber für die Bearbeitung der Steine die Notwendigkeit ein, für jeden Stein einer Schichte eine besondere Lagerschablone anzufertigen. Kann zur Verminderung der großen Anzahl von Lagerschablonen der Verband so angeordnet werden, daß eine regelmäßige Verwechslung der Stoßfugen von Schichte zu Schichte stattfindet, so hat man nur die Lagerschablonen aller Steine der beiden ersten Schichten zu machen. Die Schablonen der ersten Schichte sind dann für die dritte, fünfte *z.*, und die Schablonen der zweiten Schichte sind für die vierte, sechste *z.* anwendbar.

Sind die Richtungslinien der Oberflächen senkrechter Mauern Ellipsen und ihre Parallelen, so können die Stoßfugen, wie bei der Mauer mit konzentrischen Kreisumfängen in gerader Richtung durchgeführt werden, weil auch hier die Normallinien an einer krummen Linie normal an der anderen sind. Elliptische Mauern, deren Richtungslinien der Umfänge zwei ähnliche konzentrische oder nur halb-ähnliche Ellipsen sind, müssen mit gebrochenen Stoßfugen, ähnlich wie bei der cylindrischen Mauer mit nicht konzentrischen Kreisumfängen, angeordnet werden.

E. Schiefe cylindrische Mauern. Als Beispiel einer schiefen cylindrischen Mauer nehmen wir in den Fig. 107, 108 und 109 den Fall an, daß zwei Böschungsmauern so zusammentreffen, daß sie einen beliebigen Winkel bilden. Die Böschungsseiten sind auswärts und haben verschiedene Neigungen. Es sollen nun die beiden Bösch-

ungsseiten durch eine schiefe cylindrische Oberfläche in Verbindung gebracht werden, wenn die an der Grundfläche liegende Richtungslinie zugleich ein tangenter Kreisbogen an den unteren Begrenzungslinien der Böschungsseiten ist.

Die Fig. 107 stellt in ABCD den senkrechten Durchschnitt der einen Böschungsmauer und die Fig. 108 in EFGH den senkrechten Durchschnitt der anderen Böschungsmauer dar, deren Grundlinien in Fig. 109 durch Aa und aF, sowie die entsprechenden oberen Kanten durch Cb und bH im Grundrisse gegeben sind. Hiernach würden die Böschungsseiten dieser Mauern die scharfe Kante ab bilden. Sollen nun die Böschungsseiten durch eine Cylinderfläche in Verbindung gebracht werden, so hat man die gleichen Winkel AaF, CbH in zwei gleiche Teile durch die Geraden ad und bh zu teilen, welche parallel sind; auf der Geraden ad nimmt man den Punkt d so an, daß die von demselben auf die Geraden aA und AF gezogenen Senkrechten de



und de gleich sind dem Halbmesser der Grundfläche des schiefen Cylinders, dessen Oberfläche die Vereinigung der beiden Böschungsmauern bilden soll. Nun macht man die Gerade bh gleich ad und fällt von h die Senkrechten hf und hg gegen die Geraden Cb und bH; verbindet man die Punkte f und c, sowie g und e durch gerade Linien, so sind dies die Horizontalprojektionen der erzeugenden Tangentlinien der Böschungsseiten mit der cylindrischen Fläche. Diese zwei Geraden cf und es sind unter sich und mit der durch die Mittelpunkte d und h gezogenen Geraden, welche die Horizontalprojektion der Achse der cylindrischen Fläche ist, parallel. Um die Horizontalprojektionen der Kanten von den Schichten zu bekommen, zieht man nach den Durchschnitten Fig. 107 und 108 von den Punkten J und L die Fugen an den Böschungsseiten, bis diese in i und l Fig. 109 die Tangentlinien cf und eg treffen. Die von i parallel mit fh und von l parallel mit gh gezogenen Senkrechten werden die Achse dh in k schneiden, so daß k der Mittelpunkt des Kreisbogens ist, welcher die Kante der Schichte in der cylindrischen Fläche bildet. Die inneren senkrechten Seiten der Mauern werden durch eine gerade cylindrische Fläche vereinigt, deren Grundriß in dem aus dem Mittelpunkt h' beschriebenen Kreisbogen vw dargestellt ist.

Bei der Richtung der Stoßfugen, welche an der schiefen cylindrischen Fläche vorkommen, verfährt man, zur möglichsten Beseitigung von spitzen Winkeln, auf ähnliche Weise wie bei den windschiefen Mauern; es werden nämlich die Stoßfugen an den betreffenden Stellen normal gegen eine zwischen der oberen und unteren Kante angenommene mittlere Durchschnittslinie, dabei aber senkrecht auf das Lager geführt, wie dies in Fig. 109 angegeben ist, wo die mit 1, 2, 3 und 4, 5, 6 bezeichneten geraden Linien die Stoßfugen eines Steines der ersten Schichte darstellen, welcher mit seinem Haupte in die schiefe cylindrische Fläche fällt.

Da diese Anordnung nur auf den Fugenschnitt an der schiefen cylindrischen Fläche Bezug hat, so werden die Stoßfugen von dieser Fläche nicht in gerader Richtung durch die ganze Mauerstärke, sondern nur 8 bis 10 cm über die obere Steinkante, und von da gebrochen in normaler Richtung gegen die innere gerade Cylindersfläche geführt, wie dies an dem in Fig. 110 perspektivisch dargestellten Steine der unteren Schichte ersehen werden kann. Die mit 1, 2, 3 und 4, 5, 6 bezeichneten Schnittlinien der Stoßfugen, welche im Grundrisse Fig. 109 gerade Linien darstellen, sind als schräge Schnittlinien des Cylinders krumme Linien, und es muß dies bei dem Heraustragen der Kopfschablonen berücksichtigt werden. Wie diese krummen Linien herausgetragen werden, ist in Fig. 109 an der Fugenschnittlinie, welche mit 4, 5, 6 bezeichnet ist, angegeben, und ebenso an dem Steine

Fig. 110, sodaß wir eine weitere Beschreibung des Verfahrens für diejenigen Leser, welche mit Aufmerksamkeit uns bisher gefolgt sind, als überflüssig erachten.

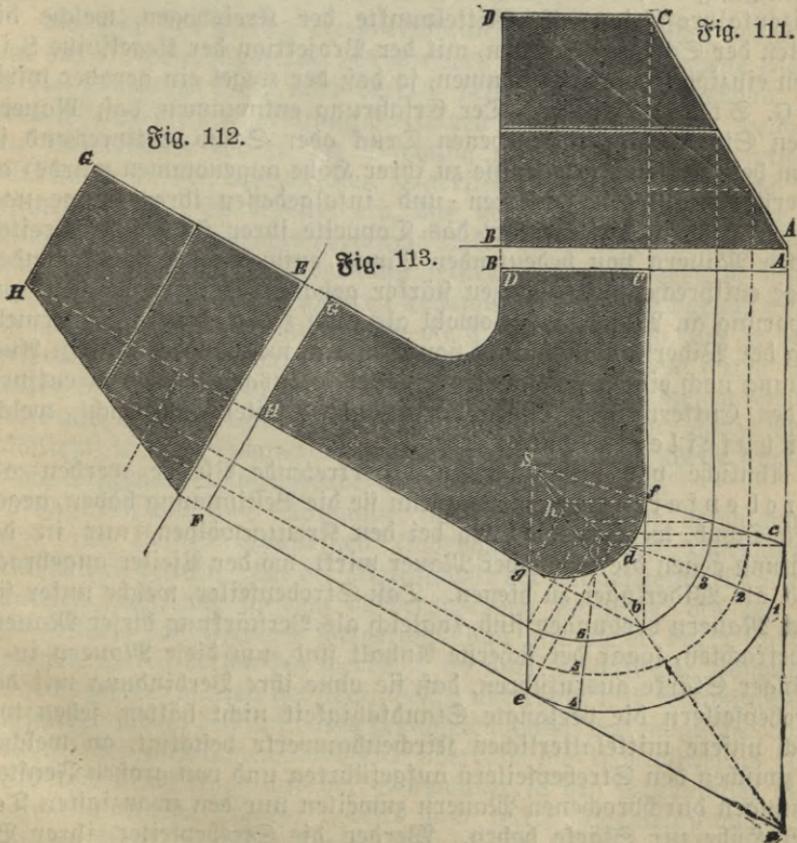
Bei der Bearbeitung der cylindrischen Seiten der Steine muß das Nichtschiefe nach der Richtung der erzeugenden Linien des Cylinders angelegt werden, sonach parallel mit der Tangentenlinie cf oder eg Fig. 109 der Böschungsseiten mit der cylindrischen Fläche. Es müssen deshalb an der vorgeschriebenen oberen und unteren Kante des zu bearbeitenden Steines, einzelne Punkte als Merkzeichen aus dem Grundrisse der Mauer entnommen, angegeben werden, um nach diesen das Nichtschiefe in verschiedenen Lagen über die zu bearbeitende Cylinderfläche anlegen zu können.

In dem besprochenen Beispiele einer schiefen cylindrischen Mauer haben wir die Böschungsseiten der beiden Mauern nach außen gerichtet angenommen, sodaß die verbindende cylindrische Oberfläche rund erhalten ist; sind dagegen die Böschungsseiten nach innen gerichtet, so wird die verbindende cylindrische Oberfläche der Mauer hohlrund. Da nun aber die Konstruktion solcher Mauern mit hohlrunden cylindrischen Flächen, sowohl in Bezug auf die Bestimmung der Kanten einzelner Schichten, als auch in Bezug auf die Anordnung der Stoßfugen für die einzelnen Steine, im Wesentlichen mit der beschriebenen Konstruktion von Mauern mit runderhabenen cylindrischen Flächen übereinstimmt, so glauben wir die Anführung eines Beispiels von einer schiefen Mauer mit hohlrunden cylindrischen Flächen füglich umgehen zu können.

F. Kegelförmige Mauern. Die in den Fig. 111, 112 und 113 dargestellten Projektionen zweier Böschungsmauern, welche ähnlich wie die in den Fig. 107, 108 und 109 dargestellten zusammentreffen, unterscheiden sich von den letztgenannten nur dadurch, daß die Vereinigung der Böschungsflächen durch eine kegelförmige Fläche, statt durch eine schiefe cylindrische, gebildet wird. Eine kegelförmige Fläche entsteht bei der Vereinigung von Böschungsflächen in all' den Fällen, wo der Durchmesser des Kreisbogens, welchen die obere Kante der Mauer an der Vereinigung bildet, kleiner ist, als der Durchmesser des Kreisbogens, welchen die untere Kante der Mauer derselben Vereinigung an der Grundfläche bildet.

Um das Verhältnis, welches unter den Halbmessern der zwischen der oberen und der unteren Mauerkante vorkommenden Schichten bestehen soll, zu finden, damit die kegelförmige Fläche sich mit den Böschungsflächen so vereinigt, daß diese Böschungsebenen an der kegelförmigen Fläche tangential sind, teilt man, wie bei der Cylindermauer, die Winkel AaF und $Cb'H$ durch die Geraden ad und bh in zwei gleiche Teile; hierauf nimmt man auf diesen geraden Linien die Punkte d

und h so an, daß die von d nach Ac senkrecht gezogene Linie cd gleich ist dem Halbmesser, welchen der Kreisbogen an der Grundfläche erhalten soll, und die von h nach Cf senkrecht gezogene Linie hf gleich ist dem Halbmesser des Bogens an der oberen Kante der Mauer. Die von d senkrecht nach eF gezogene Linie de wird gleich der Linie cd, und die von K senkrecht nach gH gezogene Linie hg wird ebenso gleich fg sein. Die von c nach f, sowie von e nach g gezogenen geraden Linien, welche die Tangentenlinien der Böschungflächen und der kegelförmigen, rund erhabenen Fläche darstellen, schneiden sich, nach oben verlängert, in dem Punkte S, welcher die Spitze des Kegels ist. Eine durch die Mittelpunkte d und k der Kreisbogen der unteren und oberen Mauerkante gezogene gerade Linie dh wird, nach oben verlängert, die Tangentenlinien ebenfalls in dem Punkte S schneiden, sodaß diese Linie die Achse des Kegels darstellt, in welcher die Mittelpunkte aller



Kreisbogen gelegen sind, welche die Kanten der einzelnen Schichten darstellen sollen. Bei runderhabenen Kegelflächen werden, wie in dem angeführten Beispiele, die Halbmesser nach oben abnehmen, wogegen bei höhlrunden Kegelflächen — wie sie bei Mauern vorkommen, deren Böschungen nach innen gerichtet sind — sie von der Grundfläche aus nach oben zunehmen, sodaß die Spitze des Kegels unterhalb der Grundfläche gelegen ist.

Die in den Fig. 111, 112 und 113 gegebenen Musterrisse lassen den Unterschied der kegelförmigen Mauer von der schiefen cylindrischen genügend erkennen, und das um so mehr, weil wir dieselben Buchstaben, wie in den Fig. 107, 108 und 109, auf deren Beschreibung wir verweisen, beibehalten haben.

Treffen Böschungsmauern, welche gleiche Böschungen haben, unter irgend einem Winkel zusammen, so wird die Achse der kegelförmigen Vereinigung dieser Böschungen senkrecht, und es fallen dann in der Horizontalprojektion alle Mittelpunkte der Kreisbogen, welche die Kanten der Schichte vorstellen, mit der Projektion der Kegelspitze S in einem einzigen Punkte zusammen, so daß der Kegel ein gerader wird.

G. St ü ꝑ f e i l e r. Der Erfahrung entnommen, daß Mauern (deren Stärke einem gegebenen Druck oder Schub entsprechend in einem bestimmten Verhältnisse zu ihrer Höhe angenommen wurde) an Widerstandsfähigkeit verlieren und infolgedessen ihrer Länge nach umbiegen, wenn diese letztere das Doppelte ihrer Höhe überschreitet, werden Mauern von bedeutender Länge, entweder der zunehmenden Länge entsprechend, im ganzen stärker gehalten, oder es werden, zur Ersparung an Mauermaße sowohl als auch zur wesentlichen Vermehrung der Widerstandsfähigkeit von Mauern, welche ihrer ganzen Ausdehnung nach einem schiefwirkenden Drucke ausgesetzt sind, in entsprechenden Entfernungen außen vortretende Pfeiler angebracht, welche St ü ꝑ f e i l e r genannt werden.

Ähnliche vor die Mauerflucht vortretende Pfeiler werden als St r e b e p f e i l e r bezeichnet, wenn sie die Bestimmung haben, gegen einen Schub, welcher, wie etwa bei den Kreuzgewölben, nur in der Richtung gegen die Stelle der Mauer wirkt, wo der Pfeiler angebracht wird, als Widerlager zu dienen. Daß Strebepfeiler, welche unter sich durch Mauern verbunden sind, zugleich als Verstärkung dieser Mauern zu betrachten, sogar der sicherste Anhalt sind, um diese Mauern in so geringer Stärke auszuführen, daß sie ohne ihre Verbindung mit den Strebepfeilern die verlangte Standfähigkeit nicht hätten, sehen wir durch unsere mittelalterlichen Kirchenbauwerke bestätigt, an welchen die zwischen den Strebepfeilern angeführten und von großen Fensteröffnungen durchbrochenen Mauern zuweilen nur den zwanzigsten Teil ihrer Höhe zur Stärke haben. Werden die Strebepfeiler, ihrer Be-

stimmung als Widerlager entsprechend, senkrecht und mit durchgehenden horizontalen Lagern aufgeführt, sodaß sie in der Konstruktion durchaus nicht verschieden sind von den geraden Mauern und Pfeilern, so bieten dagegen die Stülp Pfeiler, welche, zur Verstärkung von Stützmauern angebracht, die ihrer ganzen Ausdehnung nach dem Druck und Schub Widerstand entgegenzusetzen bestimmt sind, sonach von oben nach unten an Stärke zunehmen müssen, Gelegenheit zu mannigfacher Anordnung der in die Böschungsläche der Pfeiler treffenden, oder von dieser aus in die Mauer eingreifenden Steinschichten. Einige Beispiele sind in den Fig. 114, 115 und 116 dargestellt, welche die Durchschnitte von Stützmauern gleicher Stärke und Höhe mit den Seitenansichten der damit verbundenen und stark geböschten Stülp Pfeiler geben.

Bei Fig. 114 greifen die horizontalen Quaderschichten durch normal auf die Böschungsläche des Pfeilers gerichtete gebrochene Flächen in die Böschung über, nach bereits bekanntem Hakenverband. Es werden durch diese Anordnung die spitzen Winkel vermieden, welche an den Unterkanten der in die Böschung greifenden Steine entstehen würden, wenn die horizontalen Lagerflächen bis zur Böschung fortgeführt wären. Es leuchtet ein, daß gegen ein Verrücken der Böschungsteine der aufwärts gerichtete Haken der vorhergehenden Schicht einen um so größeren Widerstand leistet, je breiter derselbe und je größer die Belastung der unteren Hakensteine durch die darauf folgenden Schichten ist. Je länger also die Hakensteine sind, um so besser entspricht diese Anordnung den Anforderungen eines guten Verbandes der Stülp Pfeiler mit den Stützmauern. Aus diesem Grunde greift auch die Deckplatte, welche die Stützmauer auf ihre ganze Breite abschließt, in die Böschung über und belastet auf diese Weise die letzte in die Stützmauer eingreifende Schicht der Hakensteine.

Fig. 115 stellt eine Stützmauer mit Stülp Pfeiler dar, deren Hauptmasse aus kleinen Haupteinen (moëllons) oder aus zugerichteten Bruchsteinen besteht. Bei der Kleinlichkeit der Mauersteine können die Schichten nicht, wie in dem vorhergehenden Beispiele, bis zur Böschungsläche des Pfeilers fortgeführt und mit dieser durch aufrecht gerichtete Haken verbunden werden. Es wird deshalb die Böschungsläche durch Deckplatten gebildet, welche unterhalb mit rechtwinkligen Stoßfugen sich an den aufwärts gerichteten Haken des möglichst langen Sockelsteines anstemmen, während oberhalb die rechtwinkelige Fuge der Platte durch einen aus der Stützmauer in den Stülp Pfeiler übergreifenden starken Quader gedeckt und durch die Belastung dieses Quaders sowie durch die darauf folgende Deckplatte der Stützmauer festgehalten wird. Reicht bei hohen Stülp Pfeilern die Länge einer Deckplatte zur Herstellung der ganzen Böschungsläche nicht aus, so werden

Fig. 114.

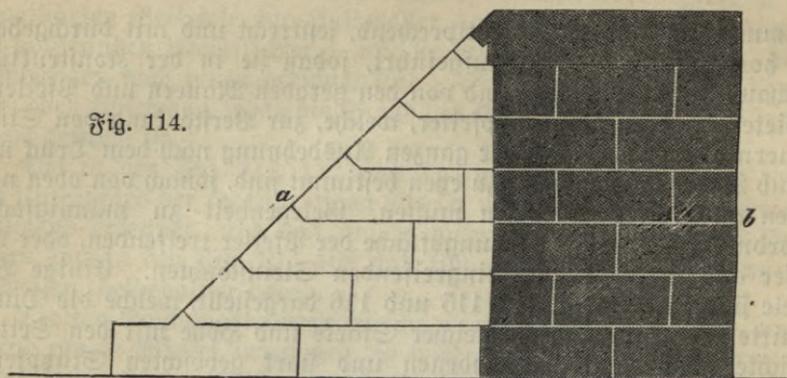


Fig. 115.

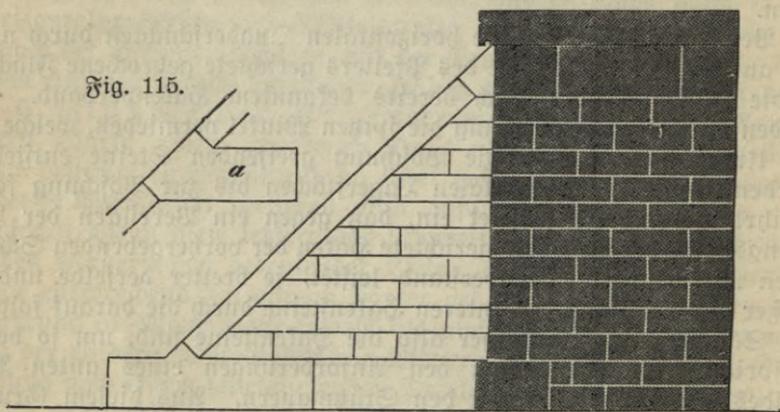
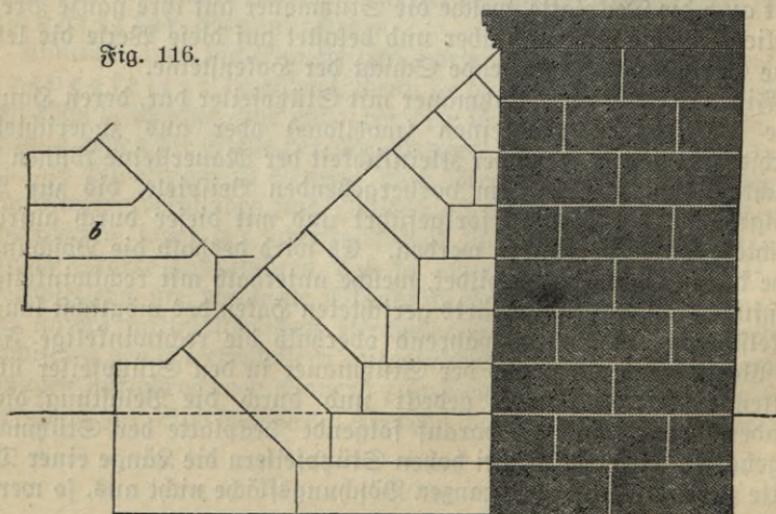


Fig. 116.



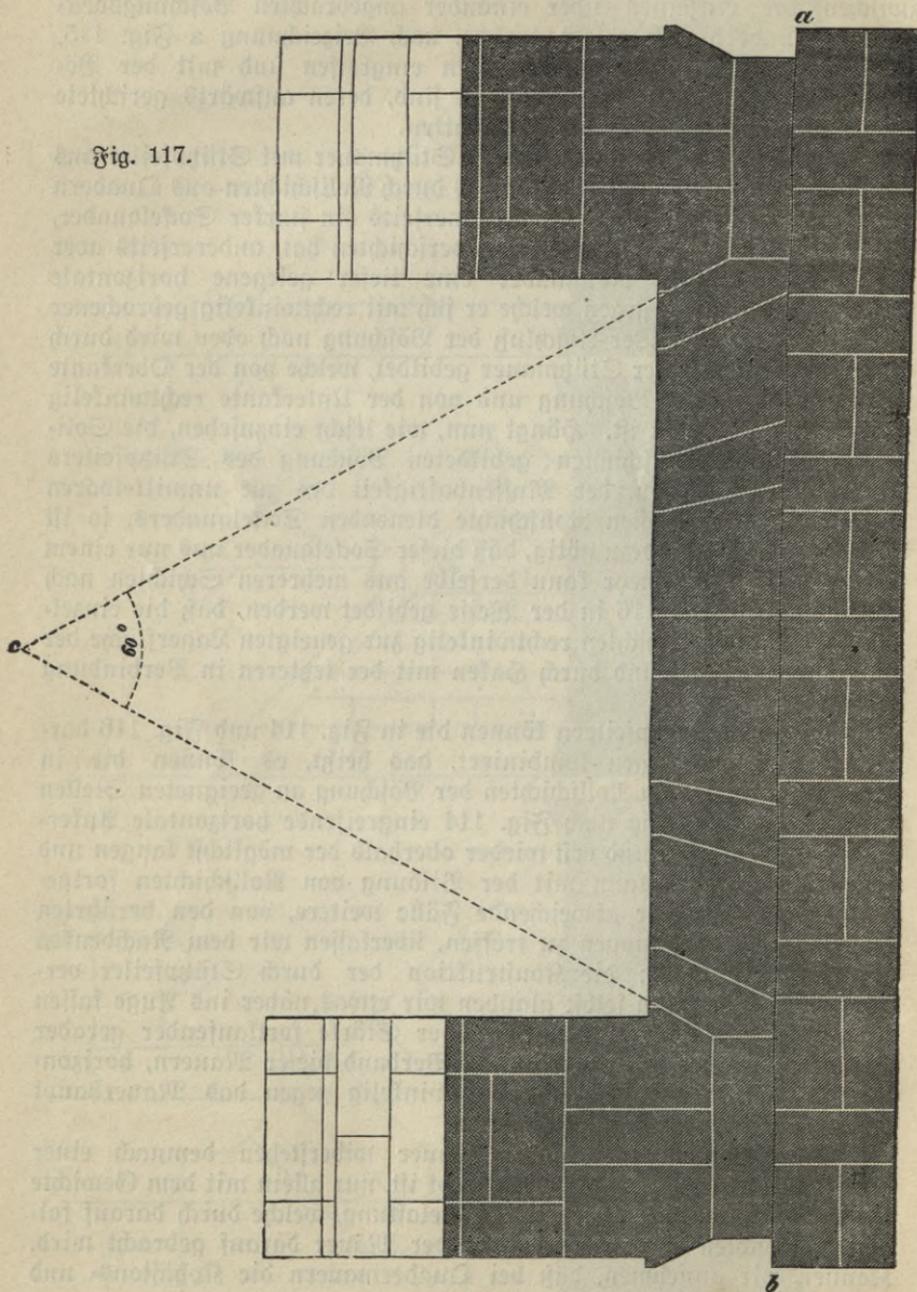
zwischen die einzelnen über einander angebrachten Böschungsschichten Quaderbinder gelegt, welche, nach Bezeichnung a Fig. 115, möglichst lang in die Mauer-schichten eingreifen und mit der Böschungsfäche durch Haken verbunden sind, deren aufwärts gerichtete Breite gleich ist der Dicke der Deckplatten.

Bei der in Fig. 116 dargestellten Stützmauer mit Stützpfiler aus Quadern ist die Böschung des Pfeilers durch Kollschichten aus Quadern hergestellt, zu deren Unterstüzung einerseits ein starker Sockelquader, welcher die Höhe von mehreren Quaderschichten hat, andererseits aber für jeden einzelnen Kollquader eine tiefer gelegene horizontale Quaderschichte dient, gegen welche er sich mit rechtwinkelig gebrochener Stoßfläche stemmt. Der Abschluß der Böschung nach oben wird durch eine Quaderschichte der Stützmauer gebildet, welche von der Oberkante in der Richtung der Böschung und von der Unterkante rechtwinkelig zur Böschung geführt ist. Hängt nun, wie leicht einzusehen, die Solidität der aus Kollschichten gebildeten Böschung des Stützpfilers hauptsächlich ab von der Massenhaftigkeit des zur unmittelbaren Unterstüzung der ersten Kollschichte dienenden Sockelquaders, so ist es deshalb nicht geradezu nötig, daß dieser Sockelquader aus nur einem Steine bestehe, vielmehr kann derselbe aus mehreren Schichten nach Bezeichnung b Fig. 116 in der Weise gebildet werden, daß die einzelnen horizontalen Schichten rechtwinkelig zur geneigten Lagerfläche der Kollschichte geführt und durch Haken mit der letzteren in Verbindung gebracht werden.

Bei hohen Stützpfilern können die in Fig. 114 und Fig. 116 dargestellten Anordnungen kombiniert, das heißt, es können die in Fig. 116 dargestellten Kollschichten der Böschung an geeigneten Stellen durch in die Böschung nach Fig. 114 eingreifende horizontale Ankerbinder unterbrochen und erst wieder oberhalb der möglichst langen und hohen Ankerbinder kann mit der Bildung von Kollschichten fortgefahren werden. Für abweichende Fälle weitere, von den berührten verschiedene Anordnungen zu treffen, überlassen wir dem Nachdenken aufmerksamer Leser; die Konstruktion der durch Stützpfiler verstärkten Stützmauern selbst glauben wir etwas näher ins Auge fassen zu müssen. Bei der Bestimmung der Stärke fortlaufender gerader Mauern wird der allgemein übliche Verband dieser Mauern, horizontal durchgeführte Lager- und rechtwinkelig gegen das Mauerhaupt geführte Stoßflächen, angenommen.

Die Schichten einer solchen Mauer widerstehen demnach einer Kraft, welche sie zu verschieben bestrebt ist, nur allein mit dem Gewichte ihrer Masse und mit der weiteren Belastung, welche durch darauf folgende Schichten beim Höherführen der Mauer darauf gebracht wird. Können wir annehmen, daß bei Quadermauern die Kohäsions- und

Fig. 117.



Adhäsionskraft des Mörtels, dem Eigengewicht der damit verbundenen Steine gegenüber, nicht hoch in Anschlag gebracht werden kann, sondern das Gewicht der Steinmasse vielmehr hauptsächlich entscheidet, so würde eine Kraft, welche ein Verschieben der Mauer bewirkt, an der obersten Schicht den geringsten, nur durch das Gewicht der Masse dieser Schicht ausgedrückten Widerstand finden, und der Widerstand der Mauer nach unten im selben Verhältnis zunehmen, wie die Belastung durch die oberen Schichten zunimmt. Dies zugegeben, kann demnach eine Verstärkung fortlaufender gerader Mauern gegen die Wirkung des Verschiebens nur durch eine Vermehrung des Gewichtes der Gesamtmauermasse erreicht werden.

Betrachten wir dagegen eine gerade, aber durch Stützpfiler verstärkte Stützmauer, so muß sich durch eine entsprechende Konstruktion einer solchen Mauer eine vermehrte Widerstandsfähigkeit erreichen lassen, ohne die Masse vergrößern zu müssen; ja, es muß in der Konstruktion des zwischen zwei Stützpilelern eingeschlossenen Teils der geraden Stützmauer das Mittel gesucht werden, an Mauermasse zu sparen und zugleich die Widerstandsfähigkeit dieser Mauer zu erhöhen. Bei aufmerksamer Betrachtung des in Fig. 117 dargestellten Grundrisses der Mauer- und Pfeiler-Schichten nach a—b der in Fig. 114 gegebenen Stützmauer und der beiden Stützpileler, und denken wir uns die oberen Schichten weggenommen, sonach die dargestellte Schicht als die letzte, werden wir aus der eingezeichneten Konstruktion der nach außen gerichteten Hälfte der Mauer- und Pfeiler-Schichten erkennen, daß der Widerstand dieser Schichten nicht mehr allein in dem Gewicht der Masse zu suchen ist, sondern daß durch die veränderte zentrische Richtung der Stoßfugen bei der äußeren Hälfte der Schichten ein weiterer Widerstand geschaffen wurde, welcher darin besteht, daß die zu diesem Teile der Schichten gehörigen Steine, welche zusammen einen liegenden Scheitbogen bilden, zum Teil zerdrückt werden müßten, bevor ein Verschieben eintreten könnte. Der auf die äußere Bogenschicht wirkende Schub wird auf deren beide Widerlager, die Stützpileler, übertragen, und es werden diese Pfeiler dadurch zu Strebepfeilern. Vergleichen wir die rückwirkende Festigkeit irgend eines Haussteines mit seinem Gewichte, so wird es uns schwer zu begreifen sein, daß der Widerstand der nur zur halben Stärke nach a—b Fig. 117 angenommenen Bogenschicht gegen einen Schub ein größerer sein muß als der Widerstand der Mauer in ihrer ganzen Stärke, wenn, bei dem üblichen Verbande, die Stoßfugen aller Steine rechtwinkelig gegen das entsprechende Mauerhaupt gerichtet sind.

Vierter Abschnitt.

Von den Mauerbogen.

Kommen in einer Mauer Durchbrechungen vor, zu deren Überdeckung ein einzelner horizontal über die Maueröffnung gelegter Stein entweder nicht vorhanden ist, oder die nötige Stärke nicht hat, um die über der Durchbrechung fortgesetzte Mauer oder eine andere Belastung zu tragen, so tritt die Notwendigkeit ein, die Überdeckung der Mauerdurchbrechung aus mehreren Steinen bestehen zu lassen, welche eine solche Lage gegen einander haben, daß die darauf wirkende Belastung auf die Mauern, welche die Durchbrechung seitlich abschließen, übertragen wird. Man begreift derartige Konstruktionen, welche zur Überdeckung von Mauerdurchbrechungen dienen, unter dem Namen der Mauerbogen, zur Unterscheidung ähnlicher Konstruktionen, welche die Decke eines Raumes bilden und Gewölbe genannt werden.

Da die Mauerbogen einen Bestandteil der Mauern ausmachen, so müssen die Bogensteine mit den Mauersteinen der horizontalen Schichten entweder durch gebrochene Lagerflächen in Verbindung gebracht oder bei ihrem Anschluß an die Mauersteine so geschnitten werden, daß keine spitzen Winkel entstehen. Die Außenseite der Mauerbogen nach unten, welche Leibung des Bogens genannt wird, kann eine ebene oder eine hohlrunde cylindrische Fläche sein; die erzeugenden Linien dieser Flächen werden aber immer horizontal angenommen. Die Richtungslinie der Bogenfläche kann irgend eine regelmäßige krumme Linie sein und stellt den senkrechten Durchschnitt derselben dar.

Ist diese Richtungs- oder Bogenlinie der Halbkreis, so wird der Bogen ein **voller Bogen** genannt; ist die Bogenlinie eine halbe Ellipse oder eine gedrückte Bogenlinie, deren große Achse horizontal ist, oder ein Kreisbogen, welcher kleiner ist als der Halbkreis, so heißt der Bogen ein **gedrückter Bogen**, und ein **überhöhter Bogen**, wenn die senkrechte Achse der Bogenlinie größer ist als die Hälfte der horizontalen Achse.

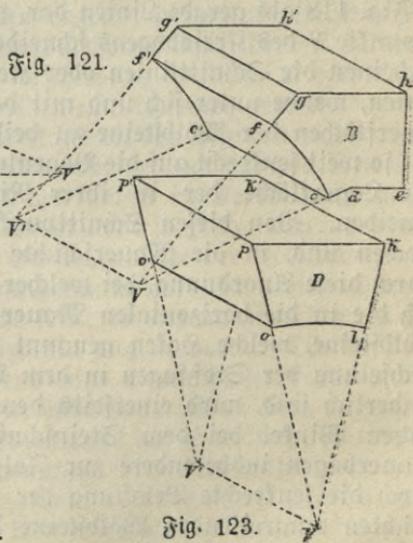
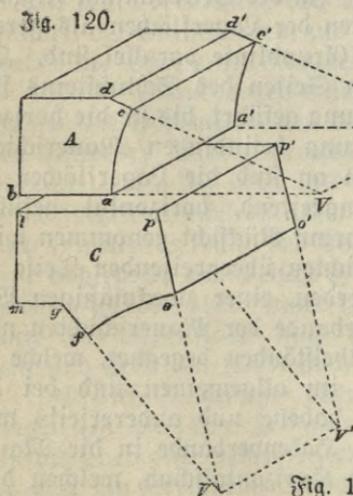
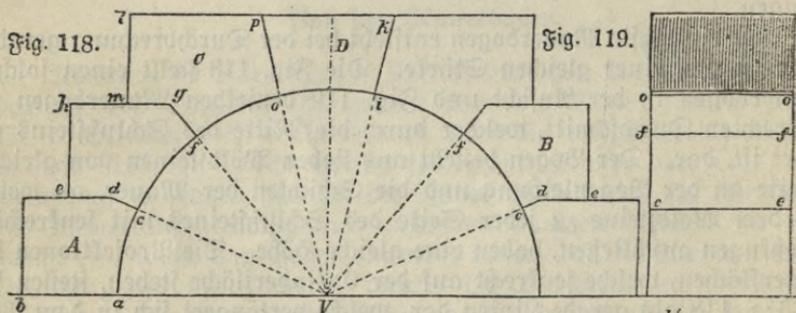
Die Lagerflächen der keilförmigen Wölbsteine müssen ebene Flächen und normal auf die Leibung des Bogens gerichtet sein, mit Ausnahme der schieftrechten Bogen, welchen wir später unsere Aufmerk-

samkeit zuwenden werden. Ist der Bogen ein Halbkreis oder ein Segment, so werden die senkrecht auf der Cylinderfläche stehenden ebenen Lagerflächen der Wölbsteine, gehörig verlängert, die Achsenlinie des Bogens schneiden.

Wir werden bei unserer Betrachtung der nach krummen Linien gewölbten Mauerbögen die üblichste Wölblinie, den Halbkreis, annehmen, und überlassen es dem Scharfsinne der Leser, die gegebenen Beispiele auf Mauerbögen, welche nach anderen Bogenlinien gewölbt werden, nach den gegebenen Umständen verändert in Anwendung zu bringen.

Der einfachste Mauerbogen entsteht bei der Durchbrechung gerader Mauern von einer gleichen Stärke. Die Fig. 118 stellt einen solchen Mauerbogen in der Ansicht und Fig. 119 denselben Mauerbogen im senkrechten Durchschnitte, welcher durch die Mitte des Schlußsteins geführt ist, dar. Der Bogen besteht aus sieben Wölbsteinen von gleicher Breite an der Bogenleibung und die Schichten der Mauer, an welche sich drei Wölbsteine zu jeder Seite des Schlußsteines mit senkrechten Stoßfugen anschließen, haben eine gleiche Höhe. Die Projektionen der Lagerflächen, welche senkrecht auf der Cylinderfläche stehen, stellen sich in Fig. 118 als gerade Linien dar, welche verlängert sich in dem Mittelpunkte V des Kreisbogens schneiden. In der Seitenansicht Fig. 119 erscheinen die Schnittlinien oder Ranten der Lagerflächen als gerade Linien, welche unter sich und mit der Grundlinie parallel sind. Die Lagerflächen der Wölbsteine zu beiden Seiten des Schlußsteins sind nur so weit senkrecht auf die Bogenleibung geführt, bis sie die horizontale Lagerfläche der in ihrer Richtung befindlichen Mauer-schichte schneiden. Von diesen Schnittpunkten an sind die Lagerflächen gebrochen und, in die Mauer-schichte eingreifend, horizontal geführt. Durch diese Anordnung, bei welcher darauf Rücksicht genommen wird, daß die in die horizontalen Mauer-schichten übergreifenden Teile der Wölbsteine, welche Haken genannt werden, einer zweckmäßigen Ver-wechselung der Stoßfugen in dem Ver-bande der Mauer-schichten nicht hinderlich sind, wird einerseits den Übelständen begegnet, welche die spitzen Winkel bei dem Steinschnitt im allgemeinen und bei den Mauerbögen insbesondere zur Folge haben, und andererseits wird durch die senkrechte Belastung der im Hakenverbande in die Mauer-schichten eingreifenden Wölbsteine der Horizontal-schub, welchen diese Steine auf ihre Widerlager äußern würden, wenn sie nicht mit teilweise horizontalen Lagern in die Mauer-schichte verbunden wären, aufgehoben. Aus dem zuletzt angeführten Grunde wird die Tragfähigkeit des Mauerbogens dadurch nicht beeinträchtigt, daß die Breite der Lagerflächen, welche senkrecht auf die Bogenleibung gerichtet sind, vom Schlußsteine abwärts geringer wird.

Der angeführte Gafenverband der Wölbsteine und die durch gleich hohe Mauer-schichten bedingte Abnahme der Breite von den normalen Lagerflächen der an der Bogenleibung gleich starken Wölbsteine sind wesentliche Unterscheidungsmerkmale der Mauerbogen von den Gewölben, bei welchen eine Verbindung der Wölbsteine mit Mauer-schichten nicht ohne nachtheilige Folgen angebracht werden kann, und bei welchen die Lagerflächen ohne Biegung senkrecht auf die Bogenleibung durchgeführt werden und vom Schlußsteine abwärts an Breite zunehmen müssen.



Zur Bearbeitung der Wölbsteine, deren Stoß- und Lagerflächen senkrecht auf dem Mauerhaupte stehen, sind nur so viel Kopfschablonen nach dem Musterrisse Fig. 118 herauszutragen, als in dem Mauerbogen Steine von verschiedener Form vorkommen. Wir haben die Steine des Mauerbogens, zu deren Bearbeitung die Kopfschablonen

herausgetragen werden müssen, mit A,B,C,D bezeichnet; die Steine der anderen Seite des Bogens sind mit den Steinen A,B,C identisch und können nach den entsprechenden Schablonen der ersteren vorgezeichnet und bearbeitet werden.

In den Fig. 120, 121, 122 und 123 sind die mit den nämlichen Buchstaben, wie in dem Musterrisse, bezeichneten Wölbsteine A, B, C, D perspektivisch dargestellt, und es ist bei diesen Darstellungen durch punktierte Linien angedeutet, wie der Steinhauer durch das Auflegen zweier Richtscheite auf die Lagerflächen die Richtigkeit seiner nach der Kopfschablone gefertigten Arbeit prüfen kann. Werden nämlich zwei Richtscheite über beide Lagerflächen geführt, sei es an den Ranten eines Hauptes oder in gleicher Entfernung von den Ranten und mit diesen parallel, so werden sie nur alsdann in einer solchen Entfernung von der Leibungsfläche des Steines schneiden, welche gleich ist dem Halbmesser des Bogens, wenn der Zentriwinkel der beiden Lagerflächen richtig bearbeitet ist.

Wir ergreifen diese Gelegenheit, um auf die für technische Zeichnungen besonders geeignete Methode, nach welcher die Wölbsteine perspektivisch dargestellt sind, besonders aufmerksam zu machen. Die Regeln dieser Zeichenmethode, welche man Kavalierverspektive nennt, sind sehr einfach und in Kürze folgende:

1) Sind Linien und Flächen eines darzustellenden Gegenstandes parallel mit der Vertikalebene, so werden sie vollkommen identisch mit den Vertikalprojektionen, also nach unmittelbarem Abgreifen ihrer wahren Dimensionen vorgezeichnet.

2) Sämtliche Linien, welche senkrecht zur Vertikalebene gerichtet sind, also rechte Winkel bilden gegen die mit der Vertikalebene parallelen Linien oder Flächen, werden untereinander parallel gezogen, wobei die Richtung beliebig ist und so angenommen werden kann, wie es das deutliche Hervorheben einzelner Flächen wünschenswert erscheinen läßt. Auf diese Linien werden die wirklichen Abmessungen nach der Breite, wie sie aus den Projektionen des darzustellenden Gegenstandes unmittelbar entnommen werden können, aufgetragen.

3) Gerade Linien, welche nicht senkrecht gegen die Projektionsebene gerichtet sind, werden als Hypothenusen eines rechtwinkligen Dreiecks so vorgezeichnet, daß man die senkrechten Entfernungen ihrer Endpunkte von der Projektion abnimmt und als Katheten desselben Dreiecks an die parallelen Linien, welche Senkrechte darstellen, anträgt.

4) Krumme Linien werden so verzeichnet, daß man dieselben durch senkrecht gegen die Vertikalebene gerichtete gerade Linien schneidet und sodann die Entfernung der Schnittpunkte an die untereinander parallelen geraden Linien, welche Senkrechte darstellen, anträgt.

Als Beispiele der Darstellung nach der Methode der Cavalierperspektive nehmen wir an, daß ein Würfel, eine achtseitige Pyramide und ein Cylinder verzeichnet werden sollen, deren Projektionen in den Fig. 124 bis 129 gegeben sind.

Die mit der Projektionsebene parallele vordere Seite des Würfels Fig. 130 wird nach der Vertikalprojektion Fig. 124 gezeichnet; sodann wird von dem Fußpunkte b der senkrechten Kante bb' , unter beliebigem Winkel v , die gerade Linie bd gezogen und mit dieser parallel die Linien $b'd'a'c$. Trägt man nun an diese parallelen Linien die aus der Horizontalprojektion zu entnehmenden Kanten ac und bd an, verbindet cc' und dd' durch gerade Linien, so werden diese Linien parallel mit den gegenüberliegenden sein und die Kanten des Würfels darstellen, dessen Dimensionen genau dieselben sind, wie in den Projektionen desselben Fig. 124 und 125. Es leuchtet ein, daß es nicht geradezu erforderlich ist, bei der Darstellung eines Würfels die gegen die Projektionsebene senkrechten Kanten desselben mit dem Zirkel anzutragen, es genügt vielmehr, nur die eine Kante bd anzutragen, von d eine Senkrechte bis zur Parallelen $b'd'$, und von dem Durchschnittspunkte d' eine mit $a'b'$ parallele Linie bis zur Linie $a'c'$ zu ziehen, um zu demselben Resultate zu gelangen.

Betrachten wir die Projektionen der achtseitigen Pyramide Fig. 126 und 127, so werden wir finden, daß wir bei der perspektiven Darstellung derselben von der Vertikalprojektion nicht ausgehen können, weil keine der Seiten parallel mit der Projektionsebene und zugleich senkrecht ist. Wir werden die Grundfläche perspektivisch zu zeichnen, auf dieser die Senkrechte, in welcher die Spitze liegt, zu errichten und von dem in dieser Senkrechten gelegenen Punkte i , dessen Entfernung von der Grundfläche aus der Vertikalprojektion Fig. 122 zu entnehmen ist, nach den Ecken der Grundfigur die Kanten zu ziehen haben. Da die Grundfläche der Pyramide ein regelmäßiges Achteck bildet, bei welchem je zwei gegenüberliegende Seiten parallel sind und auf je zwei in entgegengesetzter Richtung parallelen Seiten senkrecht stehen, außerdem auch die verlängerten Linien dieser Seiten bis zu ihren Durchschnitten ein Quadrat bilden, so gehen wir bei der perspektiven Darstellung der Grundfläche von diesem Quadrate aus. Tragen wir die eine Seite des Quadrates vw an und an dieser die Seite des Achteckes ab , ziehen von v und w , sowie auch von a und b , nach einem beliebigen Winkel V Parallele; machen wir wy gleich vw und ziehen von y eine Parallele zu vw bis zu dem Punkte x , wo diese die von v gezogene Parallele zu yw schneidet, so haben wir die Perspektive des Quadrates $vwxy$ und in ab und ef zwei Seiten des Achtecks. Werden nun an die Parallelen vx und wy die Seiten cd und hg von den Punkten v und w aus nach denselben Maßen angetragen, wie die

Fig. 124.

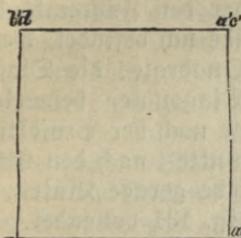


Fig. 126.

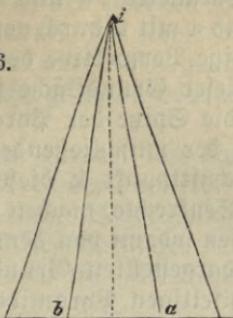


Fig. 128.

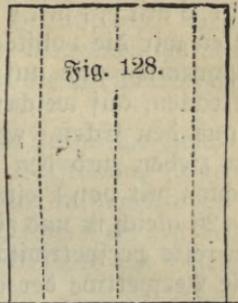


Fig. 125.

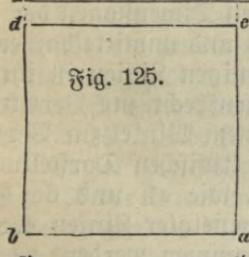


Fig. 127.

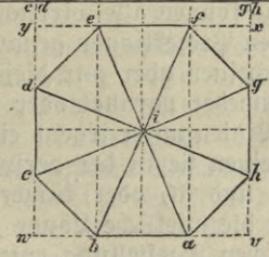


Fig. 129.

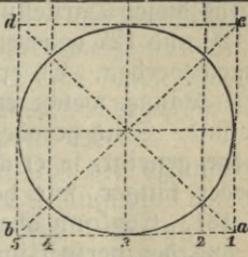


Fig. 130.

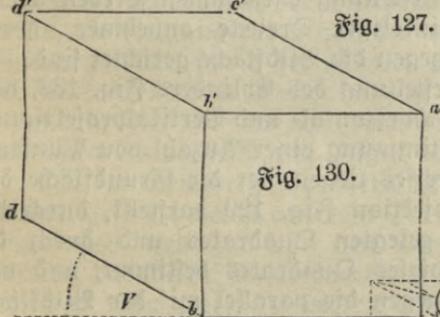


Fig. 132.

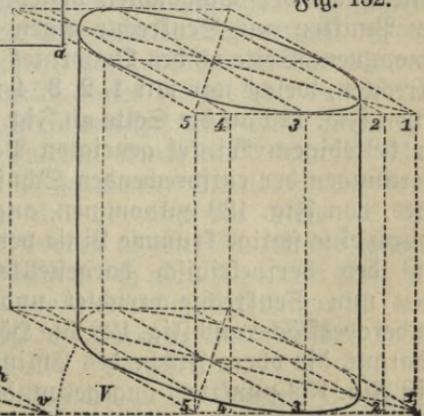
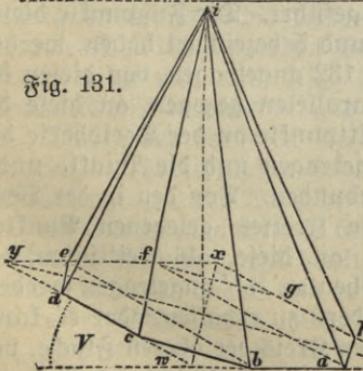


Fig. 131.



Seiten ab und ef an den Parallelen vw und xy und sodann die Punkte b mit e , d mit f , c mit g und a mit h durch gerade Linien verbunden, so erhalten wir die vollständige Perspektive der achteitigen Grundfläche der Pyramide und auf dieser Grundfläche ferner den Fußpunkt der Senkrechten, auf welcher die Spitze der Pyramide sich befindet, wenn wir aus den Ecken $vwxy$ der umschließenden Quadrates die Diagonalen ziehen und den Schnittpunkt k dieser Diagonalen bemerken. Errichten wir von k eine Senkrechte, machen diese nach der Projektion Fig. 126 gleich ik und ziehen sodann von dem Punkte i nach den Ecken der bereits perspektivisch dargestellten Grundfläche gerade Linien, so ist die Perspektive der achteitigen Pyramide Fig. 131 vollendet.

Aus dieser Darstellung können alle wirklichen Dimensionen der in Fig. 126 und 127 gegebenen Projektionen genau und unmittelbar entnommen werden. Es erscheinen aber nur diejenigen Linien in ihrer wahren Länge, welche entweder parallel oder senkrecht zur Vertikalebene sind. Sind gerade Linien unter irgend einem Winkel zur Vertikalebene geneigt, so erscheinen sie in der perspektivischen Darstellung entweder länger, wie bc und df , oder kürzer, wie ah und de der Fig. 131. Es kann aber die wirkliche Länge geneigter Linien ebenfalls aus der perspektivischen Darstellung entnommen werden, wenn wir sie als Hypothenuse rechtwinkliger Dreiecke annehmen, deren Katheten parallel und senkrecht gegen die Bildfläche gerichtet sind.

Bei der perspektivischen Darstellung des Cylinders Fig. 132, von dem in den Fig. 128 und 129 die Horizontal- und Vertikalprojektionen gegeben sind, haben wir zur Bestimmung einer Anzahl von Punkten, welche in der Peripherie des Kreises liegen, der die Grundfläche des Cylinders in der Horizontalprojektion Fig. 129 darstellt, durch die Tangenten des um den Kreis gelegten Quadrates und durch die Schnittpunkte der Diagonalen dieses Quadrates bestimmt, und von diesen Punkten aus Senkrechte gegen die parallel mit der Bildfläche angenommene Seite ab des Quadrates geführt. Die Fußpunkte dieser Senkrechten, welche wir mit 1, 2, 3, 4 und 5 bezeichnet haben, werden nun von Fig. 129 an die Seite ab Fig. 132 angetragen, von diesen die unter beliebigem Winkel geneigten Parallelen gezogen, an diese die Entfernungen der entsprechenden Schnittpunkte an der Peripherie des Kreises, von Fig. 129 entnommen, angetragen und die Punkte unter sich durch eine stetige krumme Linie verbunden. Von den in der Peripherie des perspektivisch dargestellten Kreises gelegenen Punkten können nun Senkrechte errichtet und an diese, als Leitlinien der Cylinderoberfläche aus Fig. 128, die Höhen aa' , bb' angetragen werden, um daraus die obere Fläche des Cylinders zu erhalten, oder es kann, wie in Fig. 132 punktiert angegeben, der Kreis der oberen Fläche, von der an der Bildfläche gelegenen Linie $a'b'$ aus, welche parallel mit

der Grundlinie ab und in der gegebenen Höhe angetragen wird, ganz ebenso verzeichnet werden, wie der Kreis der Grundfläche. Senkrechte Tangentlinien an die unter sich gleichen Begrenzungslinien der unteren und oberen Fläche gezogen, vollenden die perspektivische Darstellung des Cylinders.

An obigen Beispielen glauben wir die für technische Zeichnungen besonders geeignete Methode der perspektiven Darstellung so genügend erklärt zu haben, daß deren Anwendung dem aufmerksamen Leser keine großen Schwierigkeiten darbieten kann, sofern er mit dem geometrischen Zeichnen vertraut ist. Wir kehren deshalb zur Betrachtung der Mauerbögen zurück.

Nehmen wir an, es sei eine Mauer, deren eine Hauptaußenfläche senkrecht, die zweite Hauptaußenfläche aber zur Horizontal- und Vertikalebene geneigt, nach dieser Seite demnach eine schiefe Böschungsmauer ist, durchbrochen, und es soll diese Mauerdurchbrechung vermittelt eines cylindrischen Mauerbogens überwölbt werden.

Es sei Fig. 133 die vordere Ansicht, Fig. 134 der Grundriß und Fig. 135 der Querdurchschnitt in der Mitte des Schlußsteins von diesem Mauerbogen. — Außer der vorderen Ansicht Fig. 133 muß die obere Stärke der Mauer nach der Durchschnitlinie in der Mitte des Schlußsteins, die Neigung der parallelen oberen und unteren Kante in der Böschungsfäche, sowie der Winkel, unter welchem diese Kanten gegen die hintere senkrechte Mauer geneigt sind, gegeben sein, um daraus den Grundriß Fig. 134 und den Querdurchschnitt Fig. 135 mit den in der geneigten Ebene sichtbaren Fugen vollständig konstruieren zu können.

Ist im Grundriß die obere Mauerstärke wv , sowie die untere Mauerstärke xy , welche aus dem Querdurchschnitte entnommen werden, angetragen, und sind von den Punkten w und y die oberen und unteren parallelen Mauerkanten an der Böschungsfäche gezogen, so bestimmt man zuerst die beiden horizontalen Lagerfugen in der Böschung, indem man die senkrechten Abstände der in dem Querdurchschnitte Fig. 135 liegenden Punkte dieser Fugen von der senkrechten Ebene entnimmt, nach Fig. 134 überträgt, und durch diese Punkte Parallele mit der oberen und unteren Kante der Böschung führt.

Die in der vorderen Ansicht gegebenen Schnittpunkte von den Kanten der horizontalen Lager und der nach der Achse des Bogens geführten Lager der Wölbsteine werden in dem Grundrisse sowohl wie in dem Querdurchschnitte so bestimmt, daß man sich durch diese Punkte senkrechte Ebenen gelegt denkt, deren Durchschnitlinien an der Böschung unter einander und mit der Durchschnitlinie der durch die Mitte des Schlußsteins gelegten Ebene parallel sind.

Nehmen wir an, es sei der Punkt p zu bestimmen, so würde eine durch diesen Punkt gelegte Ebene die Böschung in r an der Oberkante

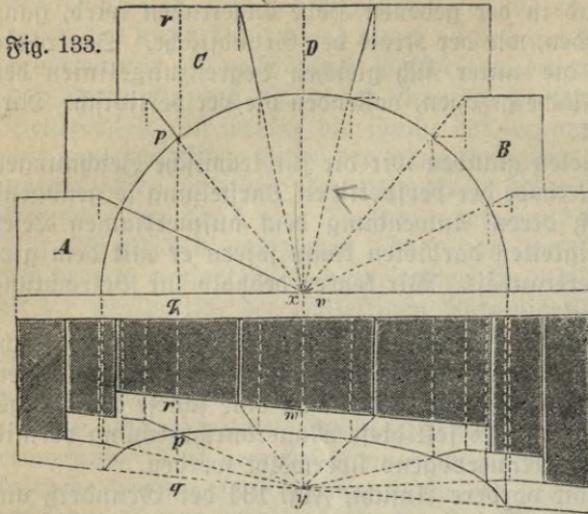


Fig. 133.

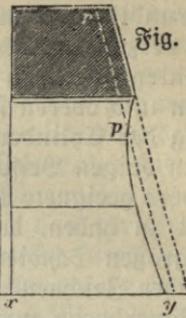


Fig. 135.

Fig. 134.

Fig. 136.

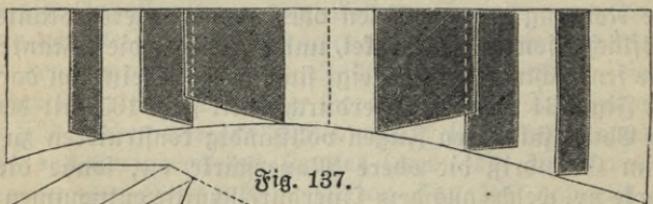


Fig. 137.

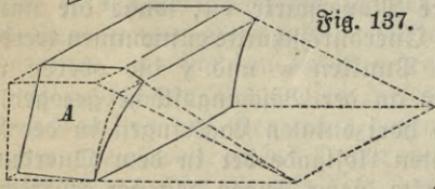


Fig. 138

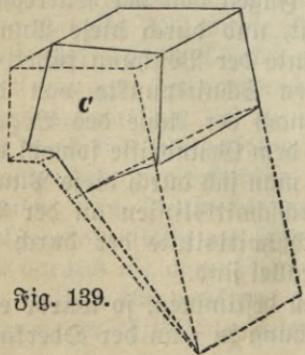


Fig. 139.

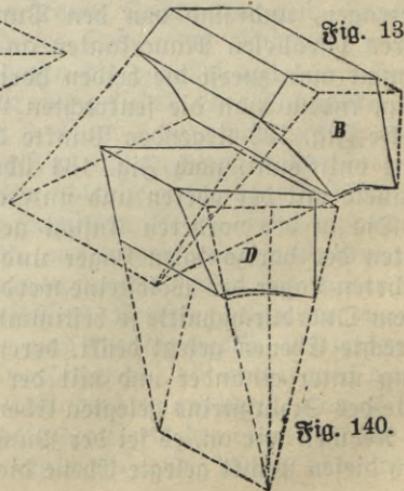


Fig. 140.

und in a an der Unterkante schneiden, und es würde der Punkt p im Grundriß in dem Durchschnitte dieser Linie mit der ersten horizontalen Lagerfuge liegen.

Derselbe Punkt p wird im Querdurchschnitt bestimmt, indem man den Abstand des Schnittpunktes r an der Oberkante der Böschung von der hinteren senkrechten Mauer an das obere Lager im Querschnitte Fig. 135 von v nach r, und ebenso den Abstand des Schnittpunktes q an der Unterkante der Böschung von der hinteren senkrechten Mauer an das untere Lager im Querschnitte Fig. 135 von x nach q anträgt und die Durchschnittslinie vq zieht. Wo diese Durchschnittslinie die Fuge des ersten Lagers schneidet, da befindet sich der Schnittpunkt p.

Wie der Punkt p bestimmt wurde, so können alle an der Böschung gelegenen Schnittpunkte bestimmt werden.

Fig. 136 stellt die in die Horizontalebene umgelegte cylindrische Gewölbfläche mit den an den entsprechenden Fugen ebenfalls umgelegten Lagerjablonen der Gewölbsteine dar. Es sind diese Lagerjablonen bei der Bearbeitung der Wölbsteine nicht geradezu erforderlich, und es werden dieselben überhaupt nur in den Fällen herausgetragen, wo bei der Begrenzung der Lagerflächen krumme Linien vorkommen, wie bei höhlrunden oder runderhabenen Mauerflächen.

Da bei dem in Rede stehenden Mauerbogen alle Wölbsteine ein senkrechtcs Mauerhaupt haben, so werden nach diesem aus dem Musterriße, welcher der vorderen Ansicht Fig. 133 identisch ist, die Kopfablonen herausgetragen.

Das senkrechte Mauerhaupt der Wölbsteine wird zuerst bearbeitet, darauf die Kopfablone gelegt und nach dieser der Stein vorgezeichnet. Nach dieser Vorzeichnung werden sowohl alle Lagerflächen, als auch die cylindrische Fläche rechtwinkelig bearbeitet. Diese rechtwinkelige Bearbeitung wird aber nur alsdann mit der nötigen Genauigkeit ausgeführt werden können, wenn jeder Stein nach seiner größten Länge, welche aus dem Grundrisse entnommen werden muß, zuerst mit zwei parallelen senkrechten Häuptern bearbeitet wird, an welche beiden, nach der Richtung einer vorher genau bearbeiteten Lagerfläche, die zu bearbeitenden anderen Lagerflächen nach der Kopfablone vorgezeichnet und, von den beiderseitigen Vorzeichnungen als Richtlinien aus, nach dem Richtscheite gearbeitet werden. Sind die Lagerflächen bearbeitet, so wird der Stein dadurch vollendet, daß das Haupt, welches in die Böschung fällt, nach den vorgezeichneten Ranten der Lagerfläche abgearbeitet wird. Die Ranten der Lagerfläche eines Steines werden aus dem Grundrisse Fig. 134 oder aus dem Durchschnitte Fig. 135 entnommen und von dem hinteren, senkrechten Haupte aus angetragen.

Wir haben in den Fig. 137 bis 140 die Hälfte der Wölbsteine perspektivisch so dargestellt, daß die Gesamtgröße der Steine vor der Bearbeitung, sowie die durch die Bearbeitung der in die Böschungsfäche treffenden Häupter wegfallenden Teile punktiert eingezeichnet sind. Da wir die in den Fig. 133 bis 136 angenommenen Bezeichnungen beibehalten haben, so werden die perspektivischen Darstellungen ohne weitere Beschreibung deutlich genug sein, um daraus die vorherbeschriebene Art der Bearbeitung entnehmen und verstehen zu können.

Den angeführten Beispielen von Mauerbogen noch andere folgen zu lassen, welche bei Mauern mit ebenen Außenflächen vorkommen können, sich von den beschriebenen aber durch nichts als durch eine veränderte Richtung der Wölbachse unterscheiden, halten wir für nicht gerechtfertigt.

Wir nehmen als Beispiel eines Mauerbogens, dessen Wölbsteine hohlrunde und runderhabene Häupter haben, an, daß der Bogen sich in einer cylindrischen Mauer befinde, welche zu beiden Seiten von senkrechten konzentrisch-cylindrischen Flächen begrenzt ist. Die Achse des Mauerbogens ist senkrecht gegen die Vertikalebene angenommen und normal gegen die konzentrischen Kreise, welche in der Horizontalprojektion Fig. 142 die konzentrischen Cylinderflächen darstellen, sodas sie verlängert den Mittelpunkt dieser Kreise trifft.

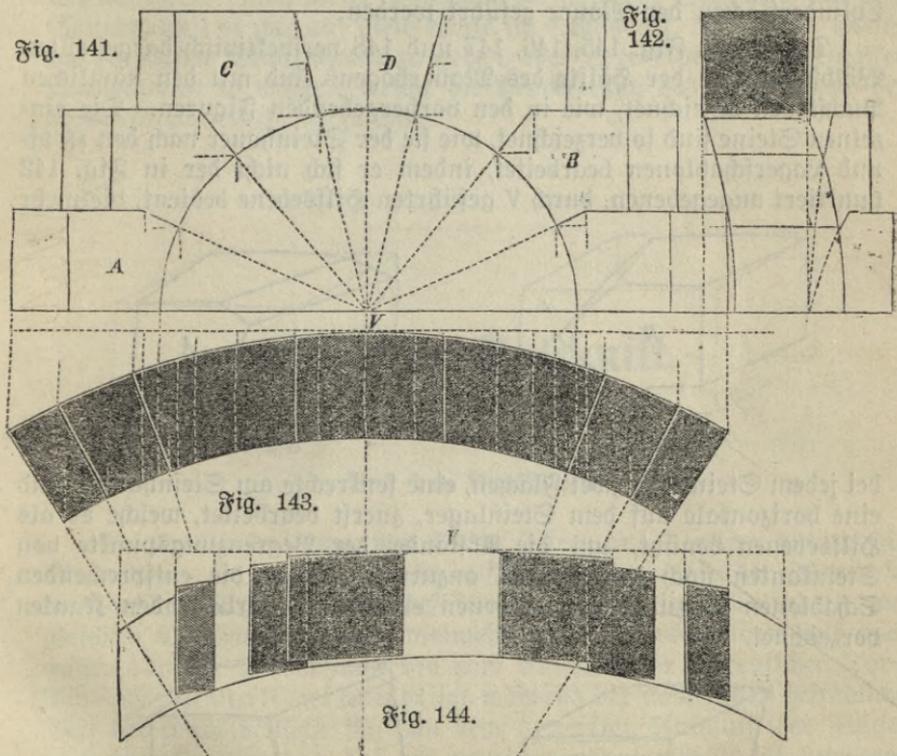
Fig. 141 sei die vordere Ansicht, Fig. 142 der Grundriß, Fig. 143 der Querdurchschnitt durch die Mitte des Schlußsteins von dem Mauerbogen. Die Fig. 144 stellt die umgelegte Cylinderfläche des Bogens mit den ebenfalls umgelegten Lagerschablonen der einzelnen Wölbsteine dar.

Es ist klar, daß die Fugen der Wölbsteine, welche in der Ansicht Fig. 141, da die Ebenen der Lagerflächen senkrecht zur Vertikalebene angenommen sind, als gerade Linien erscheinen, als Durchschnitte von ebenen Flächen mit Cylinderflächen krumme Linien sein müssen, wie aus dem Querdurchschnitt Fig. 143 zu ersehen ist.

Um diese gekrümmten Linien im Querdurchschnitte zu verzeichnen, nimmt man außer den beiden Endpunkten einer Fugenlinie in der Ansicht Fig. 141 noch einen mittleren Punkt an. Diese drei an der betreffenden Cylinderfläche der Mauer gelegenen Punkte werden auf die in dem vorigen Beispiele erwähnte Weise bestimmt, indem man sie als Schnittpunkte zweier Ebenen betrachtet, von denen die eine horizontal, die andere aber senkrecht die Cylinderfläche schneidet.

Um die cylindrische Bogenfläche nach Fig. 144 aufzulegen und an dieser die Lagerschablonen mit den gekrümmten Fugenlinien richtig zu verzeichnen, denkt man sich die Cylinderfläche nach hinten verlängert und durch eine mit der Vertikalebene parallele, durch V gelegte Ebene geschnitten, deren Horizontalprojektion in Fig. 144 durch die punk-

tierte, durch den Punkt V geführte Horizontale dargestellt ist. Man legt nun, indem man — von der Schnittlinie der durch die Mitte des Schlußsteins geführten Ebene aus — zu beiden Seiten die Breite der Steine an der Leibung des Bogens anträgt und von den Teilpunkten Senkrechte gegen die durch V geführte Vertikalebene zieht, die verlängerte Cylinderfläche in die Horizontalebene auf, und bestimmt in derselben diejenigen Punkte, welche den entsprechenden Begrenzungen des durch die senkrechte Cylinderfläche geschnittenen Teiles angehören, indem man die senkrechten Abstände dieser Punkte von der durch V gelegten senkrechten Hilfsebene aus Fig. 142 entnimmt. Bei dem Heraustragen der Lagerschablonen werden die in Fig. 141 angenommenen Punkte zum Verzeichnen der krummen Fugen an den cylindrischen Mauerflächen nach demselben Verfahren bestimmt.



Da bei der Anwendung des Hafenerverbandes die Wölbsteine, mit Ausnahme des Schlußsteins, mit gebrochenen Lagerflächen in die horizontalen Schichten der Mauer eingreifen, sonach zugleich Bestandteile dieser Schichten bilden, so müssen die senkrechten Stoßfugen bei dem Anschluß der Wölbsteine, nach den allgemeinen Anforderungen

des Mauerverbandes in Bezug auf die Vermeidung spitzer Winkel, normal zu den senkrechten Cylinderflächen der Mauer geführt werden. Da wir in unserem Beispiele angenommen haben, daß die Breite der Mauersteine die ganze Stärke der Mauer ausmache, so sind, dieser Annahme entsprechend, die zentrischen Stoßfugen ohne Brechung durchgeführt, sodaß in Fig. 142 die geraden Linien, welche die Horizontalprojektion dieser Fugen darstellen, nach den punktierten Linien verlängert, sich in dem Mittelpunkte der konzentrischen Kreise schneiden würden.

Wird die Stärke einer Mauer durch die Breite von zwei oder mehr Steinen gebildet, so können die Stoßfugen der Wölbsteine bei dem Anschluß der Steinreihen für jede Steinreihe besonders in Abfäßen gebrochen abgesetzt, müssen aber dabei an jedem Abfaß normal zu den Cylinderflächen der Mauer geführt werden.

Die in den Fig. 145, 146, 147 und 148 perspektivisch dargestellten Wölbsteine von der Hälfte des Mauerbogens sind mit den nämlichen Buchstaben bezeichnet, wie in den vorhergehenden Figuren. Die einzelnen Steine sind so verzeichnet, wie sie der Steinhauer nach den Kopf- und Lager-schablonen bearbeitet, indem er sich nicht der in Fig. 142 punktiert angegebenen, durch V geführten Hilfsebene bedient, vielmehr

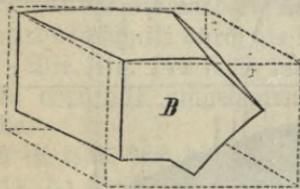


Fig. 145.

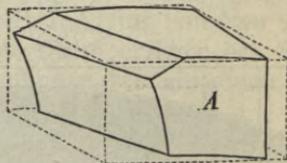


Fig. 146.

bei jedem Steine sich zwei Flächen, eine senkrechte am Steinhaupte und eine horizontale auf dem Steinlager, zuerst bearbeitet, welche er als Hilfsebenen benützt, um die Abstände der Begrenzungspunkte von Steinkanten nach dem Winkel anzutragen, oder die entsprechenden Schablonen aufzulegen, nach denen er die zu bearbeitenden Kanten vorzeichnet.

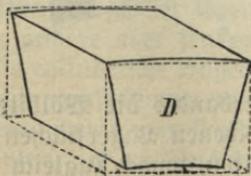


Fig. 147.

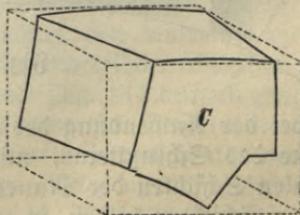


Fig. 148.

Ob er die als Hilfsebenen bearbeiteten Ebenen benützen und als Steinflächen stehen lassen kann, hängt von der Form des zu bearbeitenden Steines ab; wo sich dazu Gelegenheit bietet, wird er mindestens eine der Hilfsebenen so annehmen, daß sie zugleich eine Fläche des Steins bildet, oder daß die Bearbeitung der Hilfsebenen als Vorarbeit benutzt werden kann, wie dies bei Steinen mit vielkantig gebrochenen oder runderhabenen Flächen der Fall ist.

Wir haben, im Sinne des praktischen Steinmehrs, bei der perspektivischen Darstellung der Steine dieselben vor der Bearbeitung als Parallelepipede oder vierseitige Prismen von solcher Größe angenommen, daß die Flächen derselben entweder mit den zu bearbeitenden Steinflächen zusammenfallen oder den Stein an seinen äußersten Kanten schneiden. Nach dieser Annahme verfährt der Steinmehrer aus dem Grunde, weil er nur auf diese Weise im Stande ist, dem rohen Steine die geringsten Dimensionen zu geben, oder Steine von den geringsten Dimensionen zu wählen, welche die Bearbeitung des Steins nach der vorgeschriebenen Form zulassen.

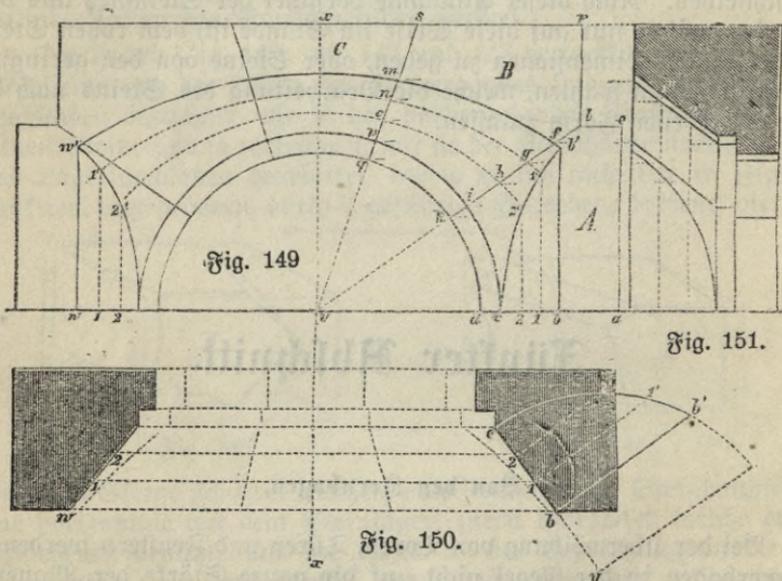
Fünfter Abschnitt.

Von den Kernbogen.

Bei der Überwölbung von Toren, Türen und Fenstern werden die Mauerbogen in der Regel nicht auf die ganze Stärke der Mauer so durchgeführt, daß die Gewölbefläche die Fläche eines Cylinders von gleichem Durchmesser bildet, vielmehr ist die Gewölbefläche nur nach außen von der Mauerfläche bis zum Anschluß der beweglichen Tor-, Tür- oder Fensterflügel cylindrisch, während der nach innen befindliche Teil der Gewölbefläche sich von dem bemerkten Anschluß der Flügel nach innen so erweitert, daß die um eine senkrechte Achse sich bewegenden Flügel nach innen unter beliebigem Winkel geöffnet werden können, ohne daß sie den Mauerbogen berühren. Es werden derartige Bogen mit nach innen sich erweiternden Gewölbeflächen, welche meist aus mehreren Flächen bestehen, die nach irgend einem System in

Zusammenhang gebracht sind, Kernbogen genannt. Die Bedingungen, nach denen jene Flächen erzeugt werden können, sind so verschieden, daß eine große Anzahl von möglichen Kernbogen gedacht werden kann, von denen wir übrigens nur wenige und zwar diejenigen betrachten wollen, welche bei geraden Mauern um deswillen angewendet zu werden verdienen, weil sie den üblichen Anforderungen vollkommen entsprechen und dabei in der Ausführung keine Schwierigkeiten darbieten.

Fig. 149 stellt die innere Ansicht, Fig. 150 den Grundriß und Fig. 151 den Querschnitt durch die Mitte des Schlüsselsteins von einem Kernbogen dar, bei welchem folgende Bedingungen gestellt sind, nach denen die nach innen sich erweiternde Gewölbefläche erzeugt werden soll:



Die Gewölbefläche soll sich an die senkrechte Leibung der nach innen stumpfwinkligen Mauer so anschließen, daß der oberhalb der horizontalen Gewölbeachse befindliche Teil dieser Leibung, welcher Spiegel genannt wird, einen Teil einer Kreisfläche bilde, damit die Form dieses Spiegels genau mit der Gestalt des oberen Teils von dem Flügel übereinstimme, welcher, nach innen geöffnet, sich an die Leibung des Bogens legen soll. Der Durchschnitt einer durch die Mitte des Schlüsselsteins gelegten senkrechten Ebene soll eine gerade Linie sein, welche gegen die Horizontalebene unter demselben Winkel geneigt ist,

unter welchem die Horizontalprojektionen der Leibungen gegen die Vertikalebene geneigt sind. Ferner sollen die Durchschnitte der nach innen sich erweiternden Gewölbefläche mit senkrechten Ebenen, welche unter sich und mit der Projektionsebene parallel sind, Kreisbogen sein, welche durch je drei Punkte, nämlich die Durchschnittspunkte jener Ebenen mit den kreisförmigen Begrenzungen der beiderseitigen Spiegel der Leibung und der geraden Linie, welche als Scheitellinie der Gewölbefläche angenommen ist, bestimmt werden.

Nach diesen Bedingungen wird die nach innen sich erweiternde Gewölbefläche eine unregelmäßig kegelförmige sein. Fig. 149 stellt die vordere Ansicht, Fig. 150 den Grundriß und Fig. 151 einen senkrechten Querdurchschnitt durch die Mitte des Schlüsselsteines von diesem, den obigen Bedingungen entsprechenden Kernbogen dar. Fig. 152 und 153 sind die Schablonen der Lagerfläche der Wölbsteine A, B, C, welche in den Figuren 154, 155 und 156 perspektivisch dargestellt und mit denselben Buchstaben wie in Fig. 149 bezeichnet sind.

Fig. 152.

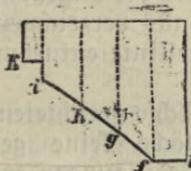
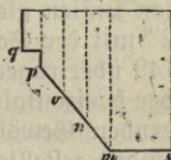


Fig. 153.



Die Mittelpunkte der Kreisbogen, welche an der kegelförmigen Gewölbefläche als die Durchschnitte senkrechter und mit der Projektionsebene paralleler Ebenen erscheinen, befinden sich in einer durch die Achse des Gewölbes geführten, zur Horizontal- und Vertikalebene senkrechten Ebene, deren Projektion in den Fig. 149 und 150 die punktierte Durchschnittslinie xx darstellt.

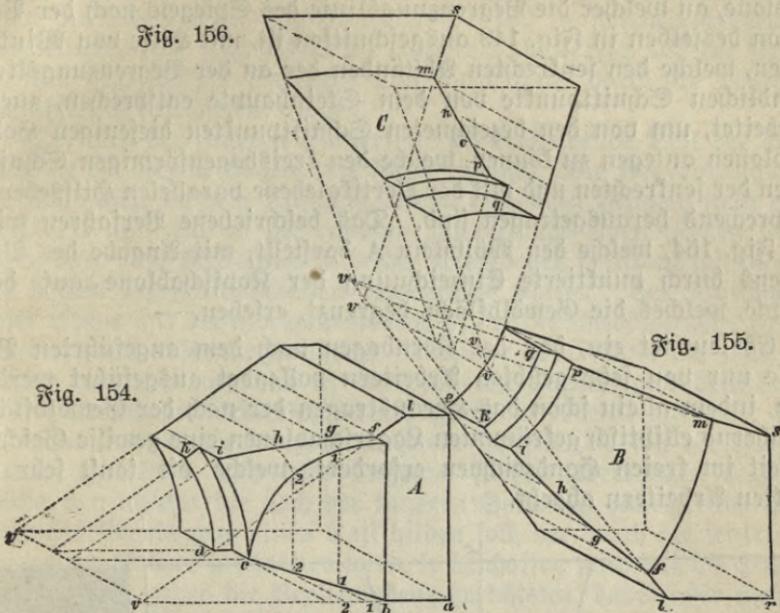
Um den Spiegel zu erhalten, welcher dem geöffneten Flügel zum Anschlag dient, und welcher nach den gestellten Bedingungen in seiner Begrenzung an der Bogenleibung identisch sein muß mit dem oberen Teile des anschlagenden Flügels, denken wir uns nach Fig. 150 die Spiegelfläche um die Grundlinie bc als Achse in die Horizontalebene umgelegt. In der verlängerten Linie bc befindet sich der Mittelpunkt y des Kreisbogens, dessen Halbmesser cy gleich ist dem Halbmesser des Flügels cv . Beschreiben wir aus dem Mittelpunkte y den Kreisbogen und errichten von c eine Senkrechte, so stellt diese Senkrechte die Kante des Spiegels dar und der Schnittpunkt q ist die obere Begrenzung dieser Kante, sonach einer der drei Punkte, durch welche der äußere Kreisbogen bestimmt wird. Da die beiden Spiegel identisch

sind, so kann zur Verzeichnung des äußeren Bogens $b'w'$ aus dem Grundrisse Fig. 150 cb' entnommen und in der Ansicht Fig. 149 an die senkrechten Kanten des Spiegels ww' und bb' angetragen werden. Der dritte Punkt, welcher in der Senkrechten xx liegt, wird dadurch bestimmt, daß wir von dem Scheitelpunkte des Halbkreises, welcher die innere Begrenzung der sich nach innen erweiternden Gewölbefläche darstellt, die Abmessung bc , welche gleich ist der Abmessung vw , nach z antragen. Wie der Mittelpunkt des Kreisbogens gefunden wird, in dessen Peripherie die Punkte $b'wx$ sich befinden, müssen wir als bekannt annehmen.

Denken wir uns nun mehrere senkrechte Ebenen, hier zwei, parallel mit der Vertikalebene durch die Gewölbefläche gelegt, deren Horizontalprojektionen die punktierten Linien in Fig. 150 sind, so werden die Durchschnitte dieser Ebenen an dem Spiegel die parallel mit bb' gezogenen Senkrechten $11'$, $22'$ und in Fig. 149 die mit denselben Zahlen bezeichneten Senkrechten sein. Die Schnittpunkte dieser senkrechten Hilfsebenen an der geneigten Scheitellinie ergeben sich aus dem Querdurchschnitte Fig. 151, wenn wir die angenommenen Hilfsebenen nach den punktierten Linien gleichfalls verzeichnen und deren Durchschnittpunkte $1''$ $2''$ mit der Scheitellinie entnehmen und in die vordere Ansicht Fig. 149 übertragen.

Daß die nach der horizontalen Achse gerichteten Fugen an der nach außen sich erweiternden Gewölbefläche keine geraden Linien sein können, ist, nach der den gestellten Bedingungen entsprechenden Erzeugung der Gewölbefläche, leicht zu begreifen. Die Krümmung der Fugen wird bestimmt nach den Punkten, wo in der Ansicht Fig. 149 die kreisförmigen Durchschnitte der parallel mit der Projektionsebene angenommenen Hilfsebenen die geraden Linien schneiden, welche die Projektionen der geneigten Lagerflächen darstellen. Wie diese Punkte aus der Vertikalprojektion Fig. 149 in die Horizontalprojektion Fig. 150 übertragen und wie mit Hilfe dieser beiden Projektionen die Lager- und Kopfschablonen herausgetragen werden, bedarf nach den bereits besprochenen Aufgaben keiner weiteren Ausführung.

In Bezug auf die Bearbeitung der in den Fig. 154, 155 und 156 perspektivisch dargestellten Wölbsteine ist zu bemerken, daß zu jedem Steine zwei Kopfschablonen erforderlich sind und daß zu einer genauen Bearbeitung der unregelmäßig kegelförmigen Flächen der Steine außer den Lagerschablonen auch noch zwei Hohl-schablonen herausgetragen werden müssen, welche als Kantenlinie über zwei Punkte des äußeren und inneren Kreisbogens, die in einer senkrecht gegen die Vertikalebene und zugleich gegen die horizontale Achse des Gewölbes geführten Ebene liegen, angelegt, genau die Form angeben, welche an dieser Stelle die Fuge eines Steines haben müßte. Das Heraus-

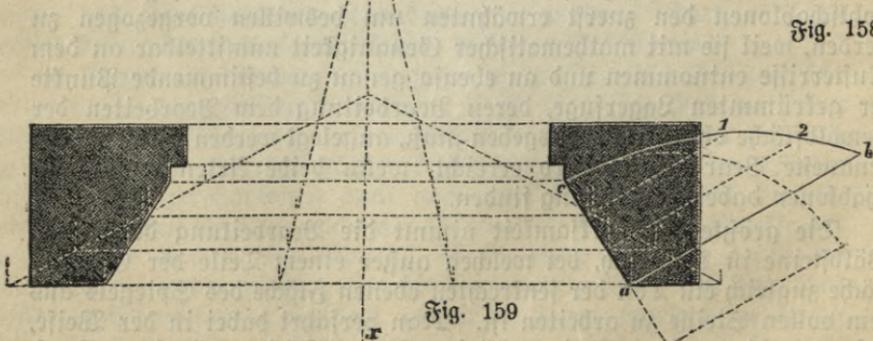
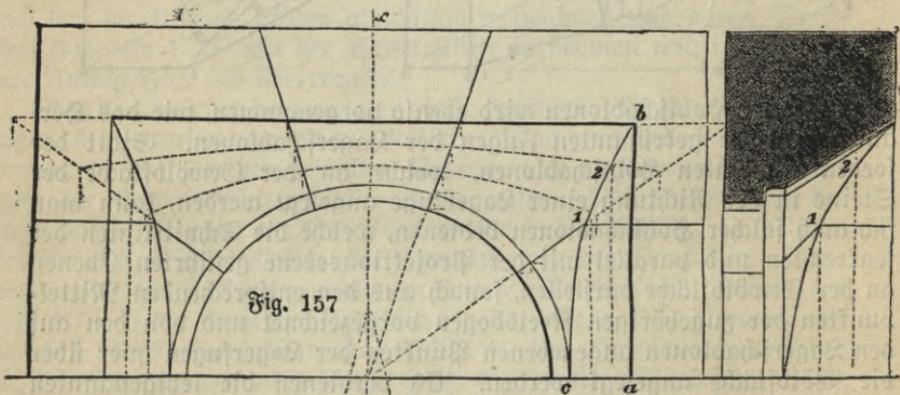


tragen dieser Hohlshablonen wird ebenso vorgenommen, wie das Heraustragen der gekrümmten Fugen der Lagershablonen. Statt der soeben erwähnten Hohlshablonen, welche an der Gewölbfläche der Steine in der Richtung einer Lagerfuge angelegt werden, kann man sich auch solcher Hohlshablonen bedienen, welche die Schnittlinien der senkrechten und parallel mit der Projektionsebene geführten Ebenen an der Gewölbfläche darstellen, sonach aus den entsprechenden Mittelpunkten der zugehörigen Kreisbogen vorgezeichnet und von den auf den Lagershablonen angegebenen Punkten der Lagerfugen quer über die Wölbfläche angelegt werden. Es verdienen die letztgenannten Hohlshablonen den zuerst erwähnten um deswillen vorgezogen zu werden, weil sie mit mathematischer Genauigkeit unmittelbar an dem Musterrisse entnommen und an ebenso genau zu bestimmende Punkte der gekrümmten Lagerfuge, deren Bearbeitung dem Bearbeiten der Gewölbfläche ohnehin vorausgehen muß, angelegt werden können. Die genaueste Bearbeitung wird erreicht, wenn beide Arten von Hohlshablonen dabei Anwendung finden.

Die größte Aufmerksamkeit nimmt die Bearbeitung derjenigen Wölbsteine in Anspruch, bei welchen außer einem Teile der Gewölbfläche zugleich ein Teil der senkrechten ebenen Fläche des Spiegels aus dem vollen Steine zu arbeiten ist. Man verfährt dabei in der Weise, daß man die zu dem Stein gehörige Spiegelfläche nach einer Kopf-

schablone, an welcher die Begrenzungslinie des Spiegels nach der Projektion desselben in Fig. 149 ausgeschnitten ist, mit Hilfe von Winkelmaßen, welche den senkrechten Abständen der an der Begrenzungslinie befindlichen Schnittpunkte von dem Steinhaupte entsprechen, zuerst bearbeitet, um von den bezeichneten Schnittpunkten diejenigen Hohl-schablonen anlegen zu können, welche den kreisbogenförmigen Schnittlinien der senkrechten und mit der Vertikalebene parallelen Hilfsebenen entsprechend herausgetragen sind. Das beschriebene Verfahren wird aus Fig. 154, welche den Wölbstein A darstellt, mit Angabe des Verfahrens durch punktierte Einzeichnung der Kopfschablone auf dem Haupte, welches die Gewölbfläche begrenzt, ersehen. —

Es leuchtet ein, daß der Kernbogen nach dem angeführten Beispiele nur von sehr geübten Arbeitern vollendet ausgeführt werden kann, indem allein schon das Heraustragen der nach der Gewölbfläche annähernd elliptisch gekrümmten Lagerschablonen eine gewisse Geschicklichkeit im freien Handzeichnen erfordert, welche oft sonst sehr geschickten Arbeitern abgeht.



Einen Kernbogen, welcher in der Ausführung weniger Schwierigkeiten darbietet, stellen die Fig. 157 bis 159 in seinen verschiedenen Projektionen dar. Fig. 157 ist die vordere Ansicht, Fig. 158 der Grundriß und Fig. 159 der senkrechte Querdurchschnitt durch die Mitte des Schlußsteins von diesem Bogen. —

Der nach der inneren Mauerseite sich erweiternde Teil der Wölbfläche ist bei diesem Bogen, wie folgt, erzeugt. Die Begrenzungslinie der Wölbfläche an dem Anschluß des zu öffnenden Flügels stellt einen Halbkreis und jene an der inneren Mauerfläche einen flachen Kreisbogen dar. Die Mittelpunkte beider Kreisbogen befinden sich in einer auf beiden Projektionsebenen senkrechten Ebene. Der Durchschnitt dieser Ebene mit der Horizontalebene bildet die Gewölbeachse, in welcher die Ebenen der Lagerflächen sämtlicher Wölbsteine sich schneiden. Denken wir uns nun den in der vorderen Mauerflucht befindlichen flachen Kreisbogen beiderseits verlängert, bis er eine durch die Achse des Gewölbes gelegte horizontale Ebene schneidet, so soll die von dem inneren Halbkreis und dem äußeren flachen Kreisbogen begrenzte Fläche, von welcher die nach der inneren Seite sich erweiternde Wölbfläche des Kernbogens einen Teil bilden soll, der durch die senkrechten Spiegel der Mauer geschnitten wird, so beschaffen sein, daß die Schnitte aller senkrecht gegen die Vertikalebene gerichteten, dabei aber nach der Achse des Gewölbes geführten Ebenen gerade Linien sind.

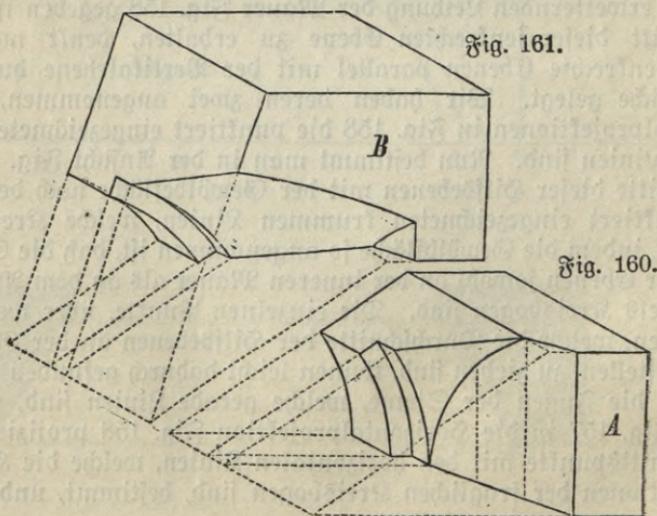
Um den Spiegel, welcher dem geöffneten Tor- oder Türflügel zum Anschlage dient, zu erhalten, muß man sich die kegelartige Gewölbfläche durch eine senkrechte Ebene in der Richtung zur Achse des Gewölbes geschnitten denken, welche durch die Projektion der nach innen sich erweiternden Leibung der Mauer Fig. 158 gegeben ist. Um den Schnitt dieser senkrechten Ebene zu erhalten, denkt man sich mehrere senkrechte Ebenen parallel mit der Vertikalebene durch die Gewölbfläche gelegt. Wir haben deren zwei angenommen, deren Horizontalprojektionen in Fig. 158 die punktiert eingezeichneten horizontalen Linien sind. Nun bestimmt man in der Ansicht Fig. 157 die Durchschnitte dieser Hilfsebenen mit der Gewölbfläche nach den ebenfalls punktiert eingezeichneten krummen Linien, welche Kreisbogen darstellen, indem die Gewölbfläche so angenommen ist, daß die Schnitte senkrechter Ebenen sowohl an der inneren Mauer als an dem Anschlage des Flügels Kreisbogen sind. Die einzelnen Punkte, über welche die Kreisbogen, welche die Durchschnitte der Hilfsebenen an der Gewölbfläche darstellen, zu ziehen sind, können leicht dadurch gefunden werden, daß man die Fugen der Steine, welche gerade Linien sind, aus der Ansicht Fig. 157 in die Horizontalprojektion Fig. 158 projiziert, ihre Durchschnittspunkte mit den horizontalen Linien, welche die Horizontalprojektionen der fraglichen Kreisbogen sind, bestimmt, und sodann

diese Schnittpunkte in die Vertikalprojektion Fig. 157 überträgt. Mit Hilfe der über diese Schnittpunkte gezogenen Kreisbogen und des im Grundrisse Fig. 158 umgelegten Spiegels, an welchem die Durchschnitte der Hilfsebenen senkrechte Linien bilden, welche in der Vertikalprojektion ebenfalls senkrecht sind und die entsprechenden Kreisbogen schneiden, ist das Heraustragen des Spiegels leicht auszuführen. Die Verzeichnung des durch die Mitte des Schlusssteins angenommenen senkrechten Querdurchschnitts Fig. 159 ergibt sich bei der Annahme, daß alle Fugenschnitte an der kegelartigen Gewölbefläche gerade Linien sind, aus den Fig. 157 und 158 ohne Schwierigkeit.

Bei der Bearbeitung der Wölbsteine sind nur die äußeren und inneren Kopfschablonen herauszutragen, nach denen die beiden Häupter bearbeitet und von diesen aus die, nur durch gerade Linien begrenzten, Lagerflächen nach Winkel und Richtsheit bearbeitet und an diese die in die Wölbfläche fallenden Fugen vorgezeichnet werden können.

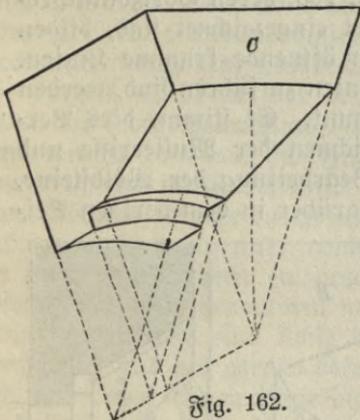
Wir haben deshalb die Lagererschablonen nicht besonders gezeichnet und geben in den Fig. 160, 161 und 162 die perspektivische Darstellung der Wölbsteine von der Hälfte des Bogens, mit Angabe der senkrechten Linien, welche der Steinhauer mit dem Winkel, von dem Haupte aus, an die Lagerflächen vorzeichnet und an diese Punkte anträgt, nach denen er die Fugenlinien zu ziehen hat.

Sohlschablonen, welche die Durchschnitte der Hilfsebenen an der Wölbfläche darstellen, sind zur Bearbeitung der Steinflächen, welche Teile der Wölbfläche bilden sollen, durchaus nicht erforderlich, indem alle Schnitte an diesen Flächen, welche senkrecht gegen die Vertikal-ebene und zugleich nach der Achse der Wölbung geführt werden, gerade



Linien bilden. Wird das Richtscheit über die Bogenlinie des inneren Steinhauptes und die Bogenlinie, welche den Anschlag des Flügels bildet, so geführt, daß es bei der Fortbewegung immer gegen die Achse der Wölbung geneigt ist, so ist die darnach bearbeitete Fläche richtig, wenn das Richtscheit an die Fläche genau anschließt.

Aus dem Angeführten ist zu entnehmen, daß die Ausführung des Kernbogens, dessen sich nach innen erweiternde Wölbfläche durch eine gesetzmäßige Fortbewegung gerader Linien erzeugt wird, mit viel weniger Schwierigkeiten verbunden ist, als die Ausführung des Kernbogens nach den Bedingungen, welche der Erzeugung der Wölbfläche nach dem vorhergehenden Beispiele zu Grunde gelegt sind. Bemerken müssen wir aber, daß der gedrückte Kreisbogen, welcher die innere



Begrenzung des zuletzt beschriebenen Kernbogens bildet, nicht beliebig angenommen werden kann. Es muß in jedem einzelnen Falle vor der Bearbeitung untersucht werden, ob der Tor- oder Türflügel bis zu seinem Anschluß an den Spiegel geöffnet werden kann. Die Untersuchung besteht einfach darin, daß man im Grundriß Fig. 158 an der verlängerten Mauerlinie den Mittelpunkt eines Kreisbogens anträgt, welcher denselben Halbmesser hat, wie der zu öffnende Flügel, und von diesem Mittelpunkte aus den Kreisbogen zieht. Befindet sich

der Kreisbogen noch innerhalb des umgelegten Spiegels, so kann der Flügel geöffnet werden, ohne an der Wölbfläche zu streifen; geht dagegen der Kreisbogen über die nach außen sich öffnende Kurve der Schmiege hinaus, so steht die Wölbfläche dem Öffnen des Flügels im Wege. Im letzteren Falle muß der innere gedrückte Kreisbogen um so viel flacher angenommen werden, daß der nach diesem flacheren Bogen herausgetragene Spiegel sich nach oben so erweitert, wie es erforderlich ist, um innerhalb desselben den Kreisbogen des Anschlages für den Flügel beschreiben zu können.

Da die erforderliche Höhe des Spiegels veränderlich ist, wie sich die Stärke der Mauer verändert, so ist es erklärlich, daß darüber nicht feste Regeln aufgestellt werden können, durch deren Anwendung die oben erwähnte Untersuchung zu umgehen wäre.

Nehmen wir an, daß, anstatt des vorderen flachen Bogens eine gerade horizontale Linie angenommen, im übrigen aber beibehalten wird, daß die Erzeugung der Wölbfläche ganz nach denselben Bedingungen geschehe, wie bei dem zuletzt beschriebenen und in den Fig. 157

bis 162 dargestellten Kernbogen, so wird unter allen Umständen das Öffnen der Tor- oder Türflügel von der kreisförmigen Gestalt des Bogens, welcher demselben zum Anschläge dient, erfolgen können, ohne daß der Flügel die Wölbfläche in irgend einem Punkte schneidet.

Die Fig. 163 stellt die vordere Ansicht, Fig. 164 den Grundriß und Fig. 165 den senkrechten Querdurchschnitt eines Kernbogens dar, welcher in Bezug auf die Erzeugung der Wölbfläche den in dem vorher besprochenen Beispiele gestellten Bedingungen entspricht und sich von diesem nur darin unterscheidet, daß zur inneren Begrenzung der Wölbfläche statt des flachen Bogens eine gerade horizontale Linie angenommen ist. Die zum Herausstragen des Spiegels erforderlichen Durchschnitte der, parallel mit der Vertikalprojektionsebene angenommen, senkrechten Hilfsebenen in der Ansicht Fig. 163, deren Horizontalprojektionen im Grundriß Fig. 164 punktiert eingezeichnet sind, bilden keine Kreisbogen, sondern sich nach unten öffnende krumme Linien. Die Punkte, über welche diese krummen Linien zu führen sind, werden wie in der vorhergehenden Aufgabe bestimmt. Es stimmt dies Verfahren, sowohl in Bezug auf das Vorzeichnen der Musterrisse und Schablonen, als auch in Bezug auf die Bearbeitung der Wölbsteine, so vollständig überein mit dem, was wir darüber in dem vorigen Bei-

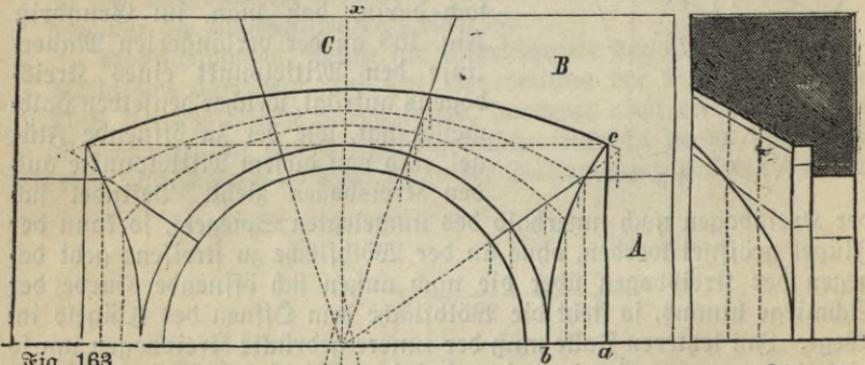


Fig. 163

Fig. 156

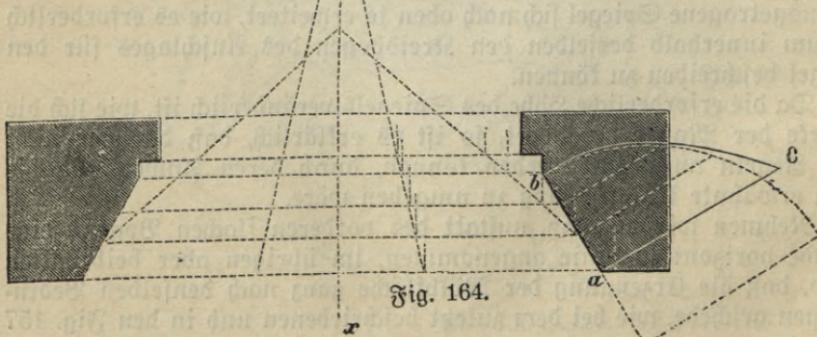


Fig. 164.

spiele mitzuteilen für nötig erachtet haben, daß wir eine weitere Erläuterung der obigen Darstellungen des fraglichen Kernbogens glauben unterlassen zu können.

Der vorher beschriebene und in den Fig. 163, 164 und 165 dargestellte Kernbogen mit Segmentabschluß der Kernbogenleibung hat mit den Kernbogen mit horizontalem Abschluß, welche wir in den vorangegangenen Beispielen betrachtet haben, das gemein, daß die körperlichen Winkel der Leibung gegen die Mauerflucht, von der Scheitellinie aus gegen den Spiegel der Mauer, immer stumpfer werden, daß sonach im selben Verhältnisse die Leibungsfläche bezüglich deren Beleuchtung gegen die beiderseitigen Spiegel an Schärfe abnimmt. Bildet nun der Kernbogen, mit seiner Leibungsfläche in die Fronte gewendet, einen durch gegliederte oder sonst hervorgehobene Umschließung ausgezeichneten Teil einer Gebäudeansicht, bei welcher auch die übrigen Durchbrechungen horizontal überdeckt sind, so muß die Leibungsfläche des Kernbogens derart gebildet werden, daß der horizontale Abschluß derselben bei jeder Beleuchtung scharf hervortritt. Dies wird erreicht, wenn wir bei dem nach den Fig. 166, 167 und 168 in der Ansicht, im Grundriß und im Durchschnitt dargestellten Kernbogen mit horizontalem Abschluß, die Leibungsfläche so gebildet annehmen, daß von den senkrechten Spiegeln aus, welche Viertellipsen sind, in zentrischer, den Fugenschnittlinien entsprechender Richtung, ebenfalls senkrechte Viertellipsen angenommen werden, als erzeugende Linien der Leibungsfläche, deren eine Achse die Länge der einem Teilpunkte entsprechenden und als gerade betrachteten Fugenschnittlinie im Grundrisse, und deren andere Achse die Länge der die senkrechte Entfernung der beiden Endpunkte der Fugenschnittlinie bezeichnenden Linie im Aufrisse ist. Es werden demnach die Viertellipsen, deren Peripherie eine erzeugende Linie der Leibungsfläche darstellen soll, an jedem Teilpunkte senkrecht auf der entsprechenden zentrischen Fugenschnittlinie der Leibungsfläche gedacht. Nach dieser Annahme würde eine, über die horizontale Begrenzungslinie der Leibung geführte horizontale Ebene gegen die senkrechten Viertellipsen, deren Peripherie in der Leibung liegt, eine Tangentialebene sein, und es würde auf diese Weise eine annähernd gleiche Schärfe der Beleuchtung durch die annähernd gleich spitzen körperlichen Winkel der Leibungsfläche gegen die Mauerflucht erreicht.

Die Fugenschnittlinien selbst können keine vollkommenen Viertellipsen sein und weichen um so mehr von der Form der Ellipse ab, je mehr sie sich dem Widerlager nähern. Die Lagerschablonen werden an dem Musterrisse Fig. 166 nach den Durchschnittslinien senkrechter Ebenen an der Leibungsfläche herausgetragen, welche die Peripherie der senkrecht und zentrisch von dem entsprechenden Teilpunkte angenommenen Viertellipsen schneiden. Zu dem Ende muß zu jeder

Fugenschnittlinie die über beide Endpunkte senkrecht errichtete Viertelsellipse genau gezeichnet und auf den Musterriß so aufgetragen werden, daß an derselben die Schnittpunkte der senkrechten Ebenen, deren Durchschnittslinie an der Leibung gesucht wird, scharf vorgezeichnet sind. Werden nun die Durchschnittspunkte der senkrechten Ebenen an den im Musterrisse vorgezeichneten Viertelsellipsen unter sich durch eine stetige krumme Linie in Verbindung gebracht, so erhalten wir die Durchschnittslinien dieser senkrechten Ebenen mit der Bogenleibung an den entsprechenden Stellen.

Es ist selbstverständlich, daß zur genauen Bearbeitung der an sich schon schwierig herauszutragenden Bogensteine, außer den Kopf- und Ragerschablonen, für jeden Stein noch besondere Hohlschablonen zur Bearbeitung der Leibungsfläche erforderlich sind. Diese Hohlschablonen können zweierlei Art sein und zwar haben sie entweder die Form der Durchschnittslinien der angenommenen senkrechten Ebenen mit der Bogenleibung und ihre Anwendung an der betreffenden Stelle ist beiderseits an den Bogenschablonen vorgezeichnet, oder sie haben, was den Arbeiter sicherer leitet, die annähernd — in der Mitte des Schlußsteins sogar ganz genaue — elliptische Form von den Durchschnittslinien von senkrecht gegen die Leibung, dabei aber zentrisch geführten Ebenen von der Form einer Viertelsellipse, deren Anwendung zur Bildung der Bogenleibung vorgeschrieben ist.

Was das Zeichnen der Ellipsen betrifft, so wird dabei am zweckmäßigsten die auf dem Werkplatze unter dem Namen der Vermittelung bekannte Methode in Anwendung gebracht, durch welche die Durchschnittspunkte der senkrechten Ebenen genau bezeichnet werden. Bei dieser Methode wird die halbe Ellipse als die Projektion eines an einer geneigten Ebene liegenden Halbkreises angenommen, dessen Durchmesser gleich ist der großen Achse und dessen größte Entfernung von dieser Achse gleich ist der Pfeilhöhe oder kleinen Achse. Nach dieser, in dem Nachfolgenden näher erörtert werdenden Methode sind die in den Fig. 169, 170, 171 und 172 gegebenen Viertelsellipsen konstruiert, welche in dem Musterrisse Fig. 166 vorkommen, und zwar stellt Fig. 169 die Viertelsellipse des Spiegels, Fig. 170 die Viertelsellipse über der Schnittlinie der Fig. 167, Fig. 171 die Viertelsellipse über der Schnittlinie gh und Fig. 172 die Viertelsellipse über der Scheitellinie kl Fig. 167 und Fig. 168 dar.

Nehmen wir zur Erläuterung der Methode der Vermittelung in Fig. 173 die gerade Linie ab als große Achse an und beschreiben darüber einen Halbkreis, errichten über dem Mittelpunkte c dieses Halbkreises eine Senkrechte cd und tragen an diese in c' die kleine Achse an, so wird c den senkrechten Abstand angeben, bis zu welchem der größere

Halbkreis, um die Grundlinie ab bewegt, geneigt gedacht wird. Nehmen wir nun an dem kleineren Halbkreise beliebige Teilpunkte f, k, l u. j. w. an und ziehen über diese Punkte Radien bis zu dem größeren Halbkreise, ziehen sodann von den inneren Teilpunkten horizontale und von den äußeren Schnittpunkten der entsprechenden Radien senkrechte

Fig. 166.

Fig. 167.

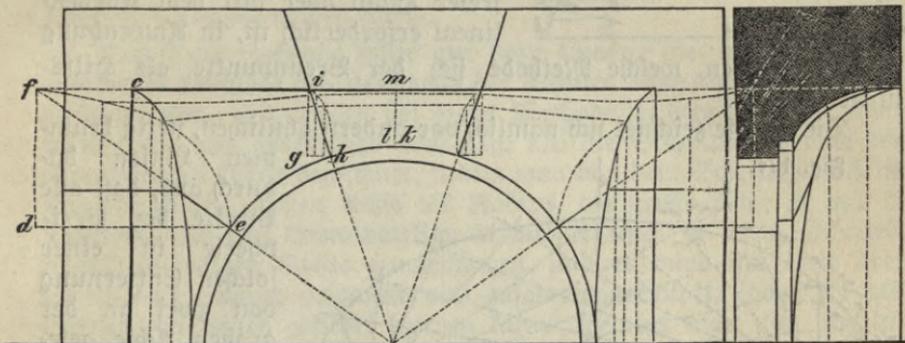


Fig. 168.

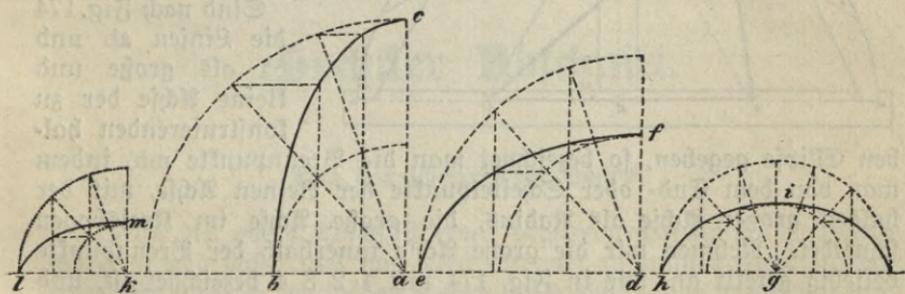
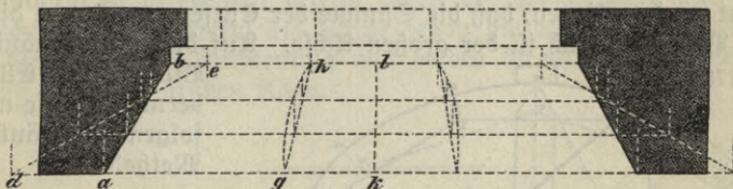


Fig. 172.

Fig. 169.

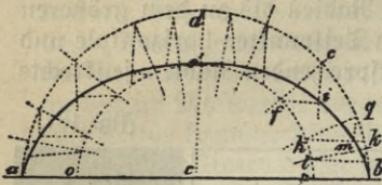
Fig. 170.

Fig. 171.

Linien, so liegen die Schnittpunkte dieser Linien in der Peripherie der gesuchten Ellipse, welche, wie in Fig. 173 angegeben, aus freier Hand, oder mit Anwendung eines Kurvenlineals unter sich stetig verbunden, gezeichnet wird.

Auf dem Werkplaz im Großen kann mit Benützung der Schnittpunkte nach der ersten Methode, die

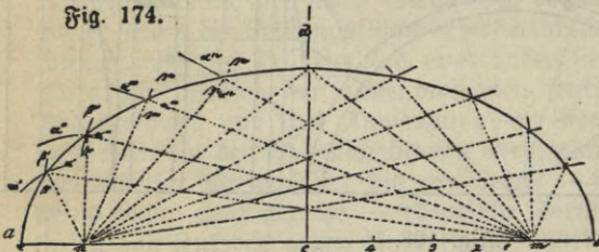
Fig. 173.



sicherste und in der Ausführung bequemste Methode, bei welcher die Ellipse ganz genau vorgezeichnet wird, ohne daß dabei eine Nachhilfe aus freier Hand oder mit dem Kurvenlineal erforderlich ist, in Anwendung gebracht werden, welche Methode sich der Brennpunkte als Hilfsmittel bedient.

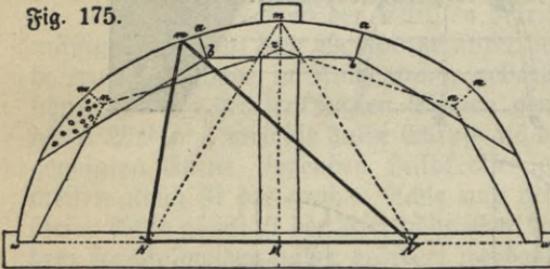
Die Ellipse zeichnet sich nämlich vor andern ähnlichen, stetig krummen Linien dadurch aus, daß alle Punkte der Peripherie in einer solchen Entfernung von zwei an der großen Achse gelegenen Punkten, welche Brennpunkte

Fig. 174.



genannt werden, liegen, daß die Summe der Entfernungen von diesen beiden Punkten gleich ist der großen Achse. Auf dieser gesetzmäßigen

Fig. 175.



Bildung der Ellipse beruht nun die nachfolgend erläuterte Methode.

Sind nach Fig. 174 die Linien ab und cd als große und kleine Achse der zu konstruierenden halben Ellipse gegeben, so bezeichnet man die Brennpunkte mn , indem man von dem End- oder Scheitelpunkte der kleinen Achse, mit der halben großen Achse als Radius, die große Achse im Kreisbogen schneidet. Nehmen wir die große Achse innerhalb der Brennpunkte beliebig geteilt an, wie in Fig. 174 mit 1 2 3 4 bezeichnet ist, und beschreiben mit dem einen Brennpunkte m einen Kreisbogen mit dem Halbmesser gleich dem Teile $a 1$ der großen Achse, und aus dem andern Brennpunkte n einen Kreisbogen mit dem Halbmesser gleich dem andern Teile $1 b$ der großen Achse, so wird der Schnittpunkt beider Kreisbogen in der Peripherie der Ellipse liegen, denn seine Entfernung von den beiden Brennpunkten ist gleich der großen Achse. Wie

genannt werden, liegen, daß die Summe der Entfernungen von diesen beiden Punkten gleich ist der großen Achse. Auf dieser gesetzmäßigen Bildung der Ellipse beruht nun die nachfolgend erläuterte Methode.

der eine Punkt der Ellipse für den Teilpunkt 1 bestimmt wurde, so werden auch die den andern Teilpunkten entsprechenden Punkte der Ellipse durch die Schnittpunkte von je zwei Kreisbogen bestimmt, von denen der Halbmesser des einen dem von a nach dem Teilpunkte gelegenen Abschnitte der großen Achse, und der Halbmesser des andern, dem von b nach demselben Teilpunkte gelegenen Abschnitte der großen Achse gleich angenommen wird.

Das Vorhergehende sollte nur dazu dienen, die nachfolgend zu erörternde Methode des Zeichnens der Ellipsen ohne weitere Nachhilfe zu begründen. Es werden bei dieser Methode zu dem Zeichnen einer Ellipse auf dem Werkplaz nach Fig. 175 die Brennpunkte nach der vorerwähnten Weise bezeichnet, indem man von dem Scheitelpunkte m, mit der halben großen Achse als Radius, die große Achse M und N schneidet. In den Brennpunkten M und N und in dem Scheitelpunkte m werden Stifte eingeschlagen, und es wird um diese drei Stifte eine Schnur gespannt und zusammengeknüpft, sodas sie als Schnur ohne Ende geführt werden kann. Bewegt man nun den im Scheitelpunkte angebrachten Stift, oder etwa einen Bleistift, Rotstift oder Kreide, unter stetem Anspannen der Schnur, um die an den beiden Brennpunkten befestigten Stifte gegen die große Achse nach beiden Seiten hin, so beschreibt die Spitze genau die verlangte Ellipse, denn die Summe ihrer Entfernung von beiden Brennpunkten blieb stets genau gleich der großen Achse.

Sechster Abschnitt.

Von den scheinrechten Bogen.

Wenn der obere Abschluß einer Mauerdurchbrechung horizontal und eben und dabei aus mehreren Steinen zusammengesetzt ist, von denen nur zwei an den beiden Enden durch die Mauer unterstützt werden, so erhält er, zur Unterscheidung von dem horizontalen Abschluß einer Mauerdurchbrechung, welche nur aus einem einzigen Steine besteht und Sturz genannt wird, den Namen *scheinrechter Bogen*.

Der scheinrechte Bogen muß wie jeder Mauerbogen aus einer ungeraden Anzahl von Wölbsteinen bestehen, und wegen der Regelmäßigkeit der Abbreitung erhalten die Wölbsteine an der horizontalen

Leibung des Bogens eine gleiche Breite. Die Anzahl der Wölbsteine richtet sich nach der Breite der Öffnung zwischen den Pfeilern und nach den Abmessungen der Haussteine, welche zur Herstellung des Bogens zu Gebote stehen.

Nehmen wir an, daß ein scheinrechtler Bogen der auf denselben wirkenden Belastung nicht zu widerstehen im Stande sei und von dem Schlußsteine abwärts eingebogen werde, so würden sich die Fugen der beiden Wölbsteine an dem Schlußsteine nach unten, die Fugen der beiden Wölbsteine aber, welche sich an die Widerlager schließen, nach oben öffnen, während die Lager der übrigen Wölbsteine zwischen den Bogenanfängen und auf beiden Seiten des Schlußsteins geschlossen blieben.

Hieraus folgt, daß man zur Sicherung der scheinrechten Bogen die Fugenschnitte von den Widerlagern aus gegen den Schlußstein verlängern muß, und daß man die Bogenanfänger durch horizontale Saken mit den angrenzenden Mauer-schichten in Verbindung zu bringen hat.

Die Richtung der Fugenschnitte kann auf sehr verschiedene Weise angeordnet werden.

Bei scheinrechten Bogen von geringer Spannweite und aus einer kleinen Anzahl von Wölbsteinen bestehend, wird allgemein die bei den übrigen Mauerbogen übliche Anordnung der Fugenschnitte beibehalten, nach welcher alle Fugenschnitte nach einem und demselben Punkte gerichtet sind, welcher bei dem scheinrechten Bogen in der durch die Mitte des Bogens geführten Senkrechten gelegen und die Spitze eines über die horizontale Bogenleibung errichteten gleichseitigen Dreiecks ist. Der Zentriwinkel des Bogens, welcher nach dieser Anordnung 60 Grade beträgt, kann ohne Beeinträchtigung der Festigkeit nicht kleiner angenommen werden.

Wir geben in den Figuren 176 und 177 zwei Beispiele von scheinrechten Bogen, deren Fugenschnitte nach dem Mittelpunkte eines Bogens von 60 Graden gerichtet sind.

Bei dem Bogen Fig. 176 ist die Höhe des Schlußsteines und der anderen Wölbsteine gleich und — der Höhe von zwei Mauer-schichten entsprechend — so angenommen, daß die Leibung des Bogens mit der unteren Lagerfuge der Widerlager in einer Horizontalebene liegt. Die Wölbsteine haben an der Bogenleibung AB eine gleiche Breite und sind zur Vermeidung spitzer Winkel, an der Leibungsfläche sowohl als auch an der Lagerfuge der Widerlager, von dieser aus auf die gleiche Breite von 5 bis 8 cm senkrecht geschnitten. Von den Punkten a, b, c, d, e und f der rechtwinkelig auf die Bogenleibung geführten Sakenschnitte sind die Fugenschnitte der Wölbsteine auf den Mittelpunkt X eines Bogens von 60 Graden gerichtet und mit Ausnahme der Widerlagerfugen auf die ganze Höhe des Bogens von b nach h',

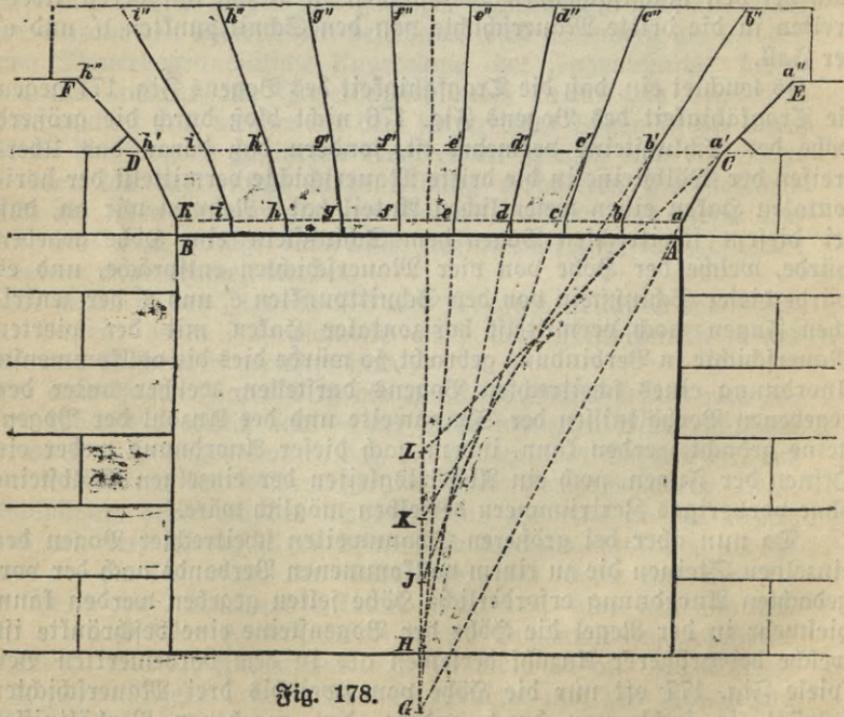
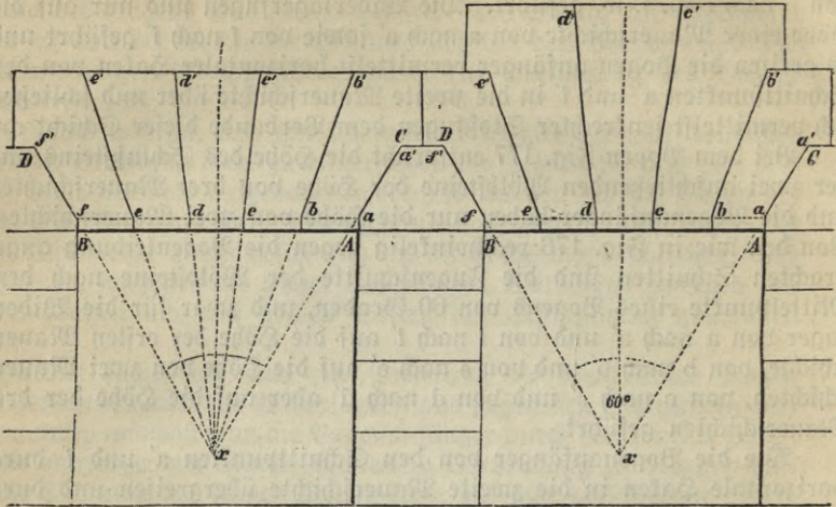
von c nach c' u. f. w. geführt. Die Widerlagerfugen sind nur auf die Höhe einer Mauer-*schichte* von a nach a' sowie von f nach f' geführt und es greifen die Bogenanfänger vermittelt horizontaler *Haken* von den Schnittpunkten a' und f' in die zweite Mauer-*schichte* über und schließen sich vermittelt senkrechter Stoßfugen dem Verbande dieser *Schicht* an.

Bei dem Bogen Fig. 177 entspricht die Höhe des Schlußsteins und der zwei anschließenden Wölbsteine der Höhe von drei Mauer-*schichten* und die Bogenanfänger haben nur die Höhe von zwei Mauer-*schichten*. Von den wie in Fig. 176 rechtwinkelig gegen die Bogenleibung angebrachten Schnitten sind die Fugenschnitte der Wölbsteine nach dem Mittelpunkte eines Bogens von 60 Graden, und zwar für die Widerlager von a nach a' und von f nach f' auf die Höhe der ersten Mauer-*schichte*, von b nach b' und von e nach e' auf die Höhe von zwei Mauer-*schichten*, von c nach c' und von d nach d' aber auf die Höhe der drei Mauer-*schichten* geführt.

Wie die Bogenanfänger von den Schnittpunkten a' und f' durch horizontale *Haken* in die zweite Mauer-*schichte* übergreifen und durch senkrechte Stoßfugen sich dem Mauerverbande anschließen, so ist dies auch bei den nächstfolgenden Wölbsteinen in Bezug auf deren Übergreifen in die dritte Mauer-*schichte* von den Schnittpunkten b' und e' der Fall.

Es leuchtet ein, daß die Tragfähigkeit des Bogens Fig. 177 gegen die Tragfähigkeit des Bogens Fig. 176 nicht bloß durch die größere Höhe des Schlußsteins vermehrt ist, sondern daß daran das Übergreifen der Wölbsteine in die dritte Mauer-*schichte* vermittelt der horizontalen *Haken* einen wesentlichen Anteil hat. Nehmen wir an, daß bei diesem scheitrechten Bogen dem Schlußstein eine Höhe gegeben würde, welche der Höhe von vier Mauer-*schichten* entspräche, und es würde dieser Schlußstein von den Schnittpunkten c' und d' der zentrischen Fugen noch vermittelt horizontaler *Haken* mit der vierten Mauer-*schichte* in Verbindung gebracht, so würde dies die vollkommenste Anordnung eines scheitrechten Bogens darstellen, welcher unter den gegebenen Verhältnissen der Spannweite und der Anzahl der Bogensteine gedacht werden kann, indem nach dieser Anordnung weder ein Öffnen der Fugen, noch ein Abwärtzgleiten der einzelnen Wölbsteine ohne vorheriges Zertrümmern derselben möglich wäre.

Da nun aber bei größeren Spannweiten scheitrechter Bogen den einzelnen Steinen die zu einem vollkommenen Verbande nach der vorgedachten Anordnung erforderliche Höhe selten gegeben werden kann, vielmehr in der Regel die Höhe der Bogensteine eine beschränkte ist, welche bei größerer Anzahl derselben als in dem vorbemerkten Beispiele Fig. 177 oft nur die Höhe von zwei bis drei Mauer-*schichten* beträgt, so sucht man durch andere, den gegebenen Verhältnissen



entsprechende Anordnungen die nötige Festigkeit scheitrechter Bogen zu erlangen.

Wir geben in Fig. 178 ein Beispiel von einem scheitrechten Bogen, welcher bei einer Spannweite von neun gleich breiten Steinen in der Leibung im ganzen nur eine Höhe von drei Mauer-schichten hat. Bei diesem Bogen sind die Fugen der Wölbsteine von den rechtwinkligen Schnitten an der Leibung nur auf ein Drittel seiner Höhe nach einem und demselben Punkte G geführt, von da an aber, nach oben sich erweiternd, nach den höher gelegenen Punkten H, J, K und L nach folgendem Verfahren gezogen:

Nachdem man die Leibung in neun gleiche Teile geteilt und durch die Teilungspunkte a, b, c, d, e, f, g, h, i, k zur Vermeidung der spitzen Winkel an der Leibung der senkrechten Schnitte bis zu der punktiert angegebenen, mit AB parallelen Linie gezogen, so werden von diesen Schnitten bis zu der ebenfalls punktiert eingezeichneten Linie, welche mit AB parallel und und in einer Entfernung gezogen worden, welche mindestens der Höhe der ersten Mauer-schichte des Widerlagers gleich ist, die Fugen aa' bb' dd' ee', ff', gg' hh' ii und kk, nach dem gemeinsamen Mittelpunkte G, welcher unter Umständen tiefer als der Mittelpunkt eines Bogens von 60 Graden gelegen sein kann, geführt. Hier-auf nimmt man den Punkt L beliebig, und zwar in der Regel um die halbe Spannweite AB des Bogens höher als G gelegen an, von welchem aus die Fugen a'a" und k'k" der Wölb-lager bis zur dritten Mauer-schichte gezogen werden. Die Entfernung LG teilt man nun in so viele gleiche Teile — hier vier — als Steine zwischen einem Wider-lager und dem Schlußsteine sind, und zieht von k' die Fugen b'b" und i'i"; von J die Fugen c'c" und h'h"; von H die Fugen d'd" und g'g" und durch G die Fugen e'e" und f'f" des Schlußsteins, welche gleich-förmig und eben sind und in ihrer Richtung dem gemeinsamen Mittel-punkte des Fugenschnittes von dem unteren Teile des Bogens mit doppelten Fugen entsprechen.

Es sei hier ein für allemal bemerkt, daß bei allen Bogen, mag die Anordnung des Fugenschnittes für die übrigen Wölbsteine gebogene oder gebrochene Fugen vorschreiben, die Fugen der Schlußsteine gleich-förmig und eben sein müssen. Denn in der Ausführung wird die Öffnung, welche nach dem Versetzen der Steine für den Schlußstein frei bleibt, niemals genau der Form entsprechen, welche der Schluß-stein nach dem Konstruktions- oder Musterriß haben soll. Man ist deshalb genötigt, das Maß des Schlußsteins erst genau an Ort und Stelle zu nehmen, wenn die übrigen Bogensteine versetzt sind, und da er genau an seine Stelle passen und zum festen Anschließen aller Bogensteine in die Öffnung eingetrieben werden muß, so würde ein

genaues Bearbeiten und ebenso ein Eintreiben bis zum festen Anschluß aller Steinfugen des Bogens nicht zu erreichen sein, wenn die Fugen nicht gleichförmig und eben wären.

Damit die in unserem Beispiele Fig. 178 über zwei Mauer-schichten geführten gebogenen Fugen der Widerlager $aa'a''$ und $kk'k''$ die horizontalen Lagerfugen der zweiten Mauer-schicht nicht mit spitzen Winkeln schneiden, erhalten die Widerlagersteine dieser beiden Schichten einwärts gerichtete Haken, welche rechtwinkelig auf die oberen Fugenschnitte $a'a''$ und $k'k''$ geführt werden. Die Bogenanfänger bilden zugleich Hakensteine.

Dem vorher angeführten Beispiele eines schieb-rechten Bogens mit sogenannten doppelten Fugen lassen wir in Fig. 179 ein zweites nach-folgen, bei welchem die gebogenen Fugen nur nach zwei verschiedenen

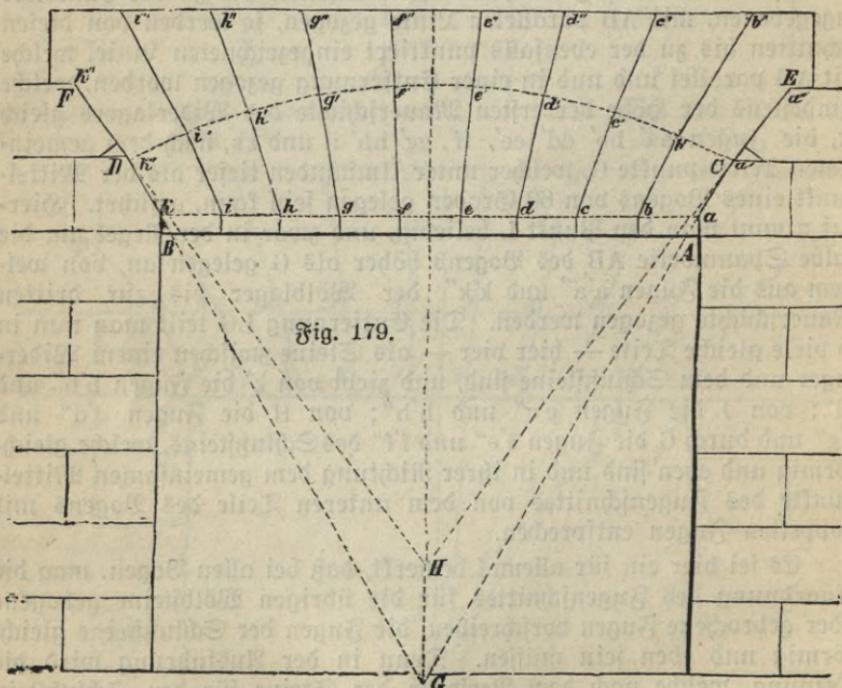


Fig. 179.

Mittelpunkten geführt werden. Bei dem unteren Teil des Bogens werden die Fugen von den rechtwinkelligen Schnitten an der Leibung nach dem Mittelpunkte G eines Bogens von 60 Grad so weit geführt, bis sie ein aus dem Mittelpunkte über die Schnittpunkte k und k' der ersten Mauer-schicht mit den Fugen der Widerlager beschriebenes Segment schneiden. Von diesen Schnittpunkten werden nun nach einem

beliebig anzunehmenden Punkte H, welcher mindestens um $\frac{1}{4}$ der Bogenweite senkrecht über dem Mittelpunkte G gelegen ist, die Schnittfugen für den oberen Teil des Bogens geführt. Die Fugen der Widerlager sind, wie in dem vorhergehenden Beispiele, nur über die zwei ersten Mauerschichten gezogen und die Bogenanfänger, welche wie die übrigen Bogensteine auf die Höhe von drei Mauerschichten angenommen sind, bilden Sakensteine.

Die in den letztbesprochenen Beispielen angeführte Anordnung von doppelten Fugenschnitten mit Sakenverband bei den Bogenanfängern kann in den Fällen, wo es nicht möglich ist, die Fugen gegen den Schlußstein höher als an den Widerlagern zu führen, keine Anwendung finden.

Wir geben in Fig. 180 und 181 zwei Beispiele von scheitrechten Bogen, deren Wölbsteine eine gleiche Höhe haben, bei welchen an Stelle des Höherführens der Fugen, gegen den Schlußstein hin, die Festigkeit der Bogen durch ein Ineingreifen der Wölbsteine dergestalt gewahrt ist, daß jeder einzelne Stein außer seinem Anschluß, vermittelst der nach einer und derselben Achse geführten Lagerfugen, auf dem vorher versetzten Steine eine horizontale Auflage erhält.

Es ist angenommen, daß die Entfernung zwischen der Bogenleibung AB und der Parallelen dd die größte Höhe sei, welche den Bogen gegeben werden kann.

Fig. 180 stellt die Anordnung eines Fugenschnittes aus ineinandergreifenden Steinen dar, welche man mit dem Namen der Bogenkonstruktion mit Verkröpfungen bezeichnet. Man zieht, nachdem die rechtwinkligen Schnitte der Wölbsteine an der Bogenleibung vorgezeichnet sind, in gleicher Entfernung von AB und dd eine horizontale, und führt bis zu dieser, von der Spitze C eines über AB errichteten gleichseitigen Dreiecks aus, über die Oberkanten der winkelrechten Fugenschnitte die zentrischen Fugen, wobei man an der Oberkante dd die Punkte bezeichnet, wo diese verlängert dieselben schneiden. Hierauf trägt man auf die horizontale Mittellinie, von den Schnittpunkten der zentrischen Fugen, und zwar vom Schlußsteine abwärts gegen die beiden Widerlager in gleichen Abmessungen, welche höchstens den achten Teil der Bogenhöhe betragen, weitere Schnittpunkte an, von denen aus die zweiten Fugen bis zur Oberkante dd, und zwar ebenfalls von dem Punkte C aus, gezogen werden. Nach den außen sichtbaren verkröpften Fugen werden die Bogensteine sowie die Widerlager von den beiden Hauptern des Bogens aus bis auf den vierten Teil der Breite der Bogensteine bearbeitet, während im Inneren diese Steine auf die Hälfte ihrer Breite, und zwar ohne die äußere Verkröpfung, nach der Richtung der über die oberen Schnittpunkte der rechtwinkelig gegen die

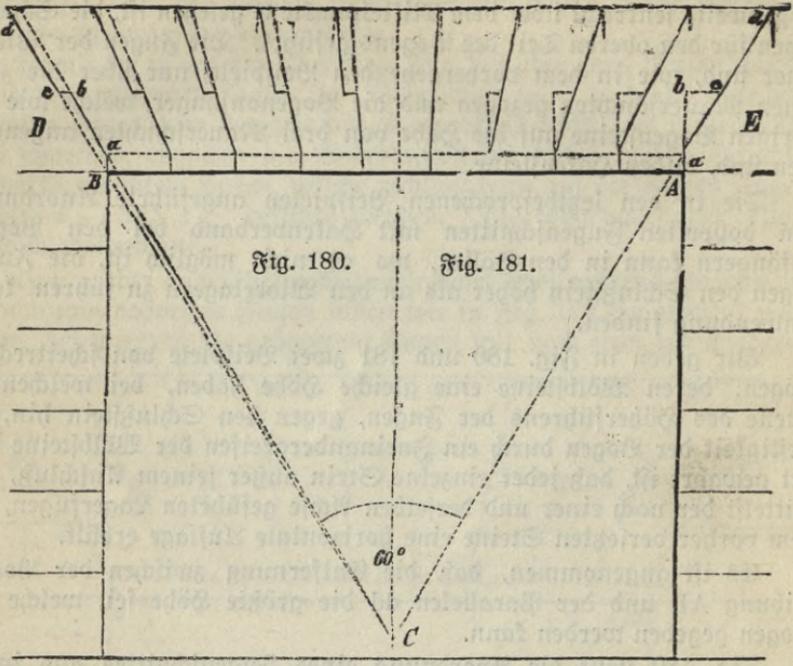


Fig. 180.

Fig. 181.

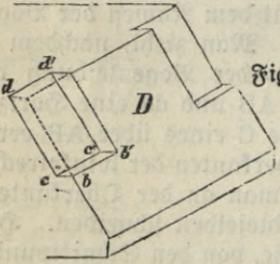


Fig. 182.

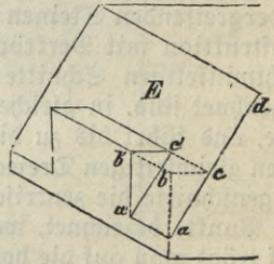
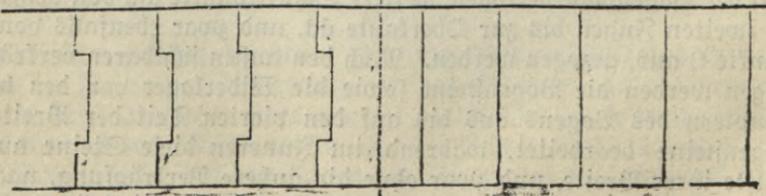


Fig. 183.

Fig. 184.

Fig. 185.



Leibung angebrachten Schnitte geführten Fugen, auf ihre ganze Höhe bearbeitet werden.

Aus dem Grundrisse Fig. 182 und dem perspektivisch dargestellten Widerlager Fig. 184 wird diese Bogenkonstruktion mit Verkröpfungen mit genügender Deutlichkeit zu ersehen sein.

Fig. 181 stellt die Anordnung eines Fugenschnittes für einen scheitrechten Bogen von denselben Dimensionen wie in dem vorher besprochenen Beispiele dar, bei welchem die Fugen außen ohne Verkröpfung nach dem Punkte C geführt sind, nach innen aber ist eine Zusammensetzung der Bogensteine mit Spunten und Zapfen angebracht. Die Spunten und Zapfen, welche von der Bogenleibung senkrecht bis zur halben Bogenhöhe und von da horizontal bis zu den zentralischen Fugen geführt werden, machen, wie die Verkröpfungen im vorher besprochenen Beispiele, die halbe Mauerdicke aus. Das in Fig. 185 perspektivisch dargestellte Widerlager zeigt den angearbeiteten Zapfen dieses Steines, zu welchem in das anschließende Lager des Bogenanfängers die entsprechende Nuth ausgearbeitet werden muß. Auf der dem Schlusse zu gewendeten Lagerseite des Anfängers befindet sich der Zapfen, auf welchem der nächstfolgende Bogenstein vermittelt der entsprechenden Nuth ruht, und ebenso werden die darauf folgenden Steine durch Zapfen und Nuthe untereinander verbunden, mit Ausnahme des Schlußsteins, welcher gleichförmige und ebene Lagerfugen erhält. Wie aus dem Grundrisse Fig. 183 zu ersehen, erscheinen die rechtwinkligen Fugenschnitte wie an den Hauptern ohne Verkröpfungen, und es ist die innere Zusammensetzung durch Zapfen und Nuthe an keiner der Außenseiten zu bemerken.

Nachdem wir für die Anordnung der Fugenschnitte scheitrecter Bogen die üblichen Verfahungsarten mitgeteilt haben, erscheint es uns überflüssig in Bezug auf die verschiedenen Mauern, bei welchen scheitrecte Bogen vorkommen können, noch besondere Beispiele den bereits in dem Abschnitte „über die Mauerbogen“ zur Sprache gebrachten hinzuzufügen, indem das Heraustragen der Schablonen, sowie die hiernach vorzunehmende Bearbeitung der Steine, bei den scheitrecten Bogen weniger Schwierigkeit darbietet, als dies bei den übrigen Mauerbogen der Fall ist.

Wir beschränken uns darauf, in den Fig. 186 bis 189 einen scheitrecten Bogen über einer Thür- oder Fensteröffnung zu geben, bei welchem die rechtwinklige Leibung ab gegen das äußere Mauerhaupt, nach innen ein Anschlag bc mit dem Falze cd, und das nach innen erweiterte Geläufe de, wie dies an den Pfeilern im Grundrisse Fig. 187 angegeben, auch an den Bogensteinen fortgeführt sind, sodaß der senkrechte Schnitt des Bogens genau dem horizontalen Schnitte der Pfeiler entspricht.

Die Fugen der Bogensteine sind von der Leibung auf die Breite des Anschlags bc im rechten Winkel und von da nach dem gemeinsamen Mittelpunkte x eines Bogens von 60 Grad geführt. Zur Bearbeitung der Steine ist nur das Herausstragen der Stirnschablonen nach

Fig. 186.

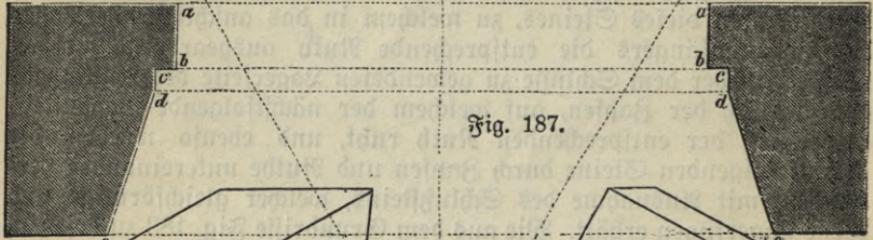
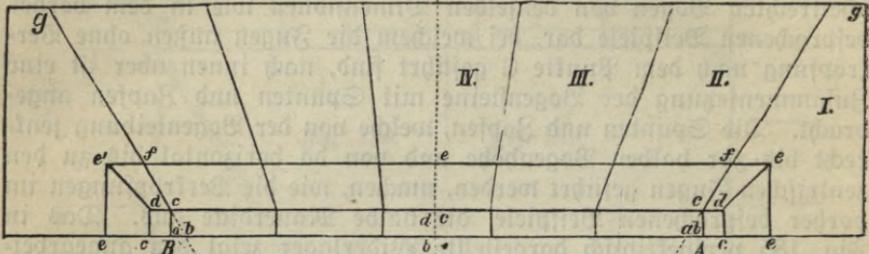


Fig. 187.

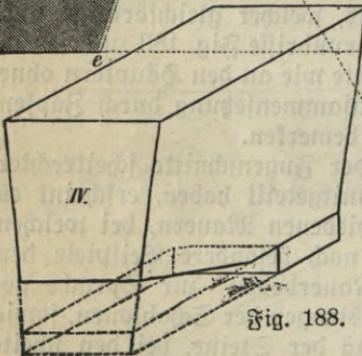


Fig. 188.

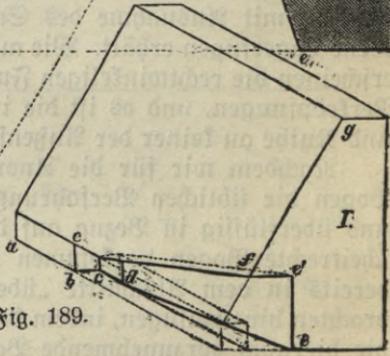


Fig. 189.

dem Musterrisse Fig. 186 erforderlich, nach welchem die Lagerfugen bearbeitet und an diese sodann die Schnittlinien für die weitere Bearbeitung der unteren Flächen, welche das Geläufe, den Falz und den Anschlag bilden, vorgerissen werden. Wir haben in Fig. 188 den Schlußstein IV. und in Fig. 189 den Anfänger I. des Bogens in perspektivischer Zeichnung dargestellt und dabei diejenigen Teile, welche bei der ersten Bearbeitung stehen bleiben und erst durch die zweite Bearbeitung entfernt werden, punktiert angegeben.

Siebenter Abschnitt.

Von den Nischenbogen und Trompen.

Kommen in irgend einer Mauer Ausschnitte im Halbkreis oder nach einer beliebigen krummen Linie im Grundriß gebildet vor, welche oberhalb durch einen sphärischen oder sphäroidischen Bogen abgeschlossen werden, so begreift man sowohl die Ausschnitte der Mauer im ganzen, als auch die zur Überdeckung der Ausschnitte in Anwendung kommenden Mauerbogen für sich unter dem Namen *Nische*. Da nun aber auch durch cylindrische Mauern begrenzte Ausbauten vorkommen, welche, durch sphärische, sphäroidische oder ellipsoidische Halbgewölbe oberhalb abgeschlossen, ebenfalls Nischen genannt werden, so halten wir es zur Unterscheidung für zweckmäßig, die sphärischen Abchlüsse von Mauerausschnitten als *Nischenbogen* zu bezeichnen.

Das Nischengewölbe besteht aus horizontalen Schichten; der Nischenbogen dagegen muß zur Erhaltung seiner Festigkeit aus geneigten Schichten bestehen, deren Fugen sich in einem gemeinsamen Mittelpunkte schneiden. Die Wölblfläche eines Nischenbogens wird dadurch entstanden gedacht, daß die halbe Fläche des Mauerausschnittes in der Horizontalebene des Bogenanfängers um die Halbierungslinie der Fläche als Drehachse im Halbkreis bewegt wird. Dieser Annahme entsprechend, werden die Schnitte senkrechter und zugleich rechtwinkelig gegen die Achse geführt werdender Ebenen an der Wölblfläche der Bogen Halbkreise bilden, mag der Mauerausschnitt in horizontaler Richtung aus einem Kreisbogen, einer Ellipse oder irgend einer anderen krummen Linie bestehen.

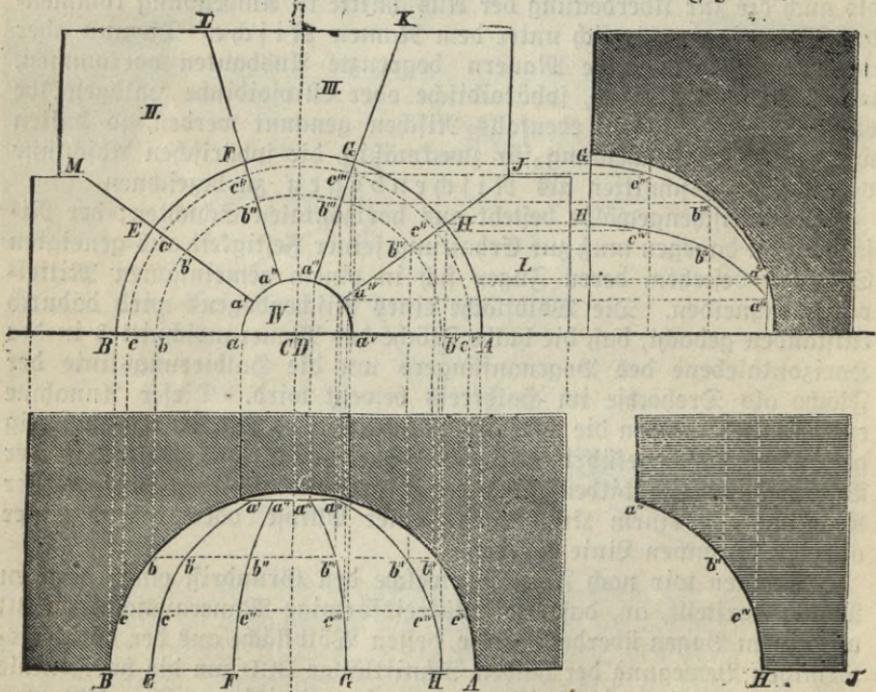
Nehmen wir nach Fig. 192, welche den Grundriß einer geraden Mauer darstellt, an, daß der halbkreisförmige Mauerausschnitt ABC mit einem Bogen überdeckt werde, dessen Wölblfläche aus der halbkreisförmigen Bewegung der halben Schnittlänge BCD um die horizontale Achse CD gebildet sei. Teilt man nun den Kreisbogen Fig. 190, welcher die Vertikalprojektion des kugelförmigen Bogens darstellt, in die gleich großen Teile BE, EF, FG, GH und HA und zieht von diesen Teilungspunkten gerade Linien nach dessen Mittelpunkt D, so stellen diese Linien die Fugenschnitte der Gewölbsteine dar. Da nun aber die Fugenschnitte, bis zu dem Mittelpunkte D verlängert, spitze Winkel

bilden würden, so stumpft man die Steine in der Nähe des Mittelpunktes nach einem Vertikalkreise ab, dessen Halbmesser Da mindestens die Hälfte der Steinbreite BE an dem Nischenbogen beträgt. Der durch diese Abstumpfung entstehende cylindrische Raum wird durch einen Stein ausgefüllt, welcher das Auge des Nischenbogens genannt wird. Durch die Verlängerung der über die Teilungspunkte E, F, G und H geführten Fugen, bis zu den horizontalen Fugen der anschließenden Mauerschichten, wird der Musterriß Fig. 190 vollendet. Dabei können die von den Schnittpunkten J und M senkrecht geschnittenen Wölbsteine auch als Sakensteine gebildet werden.

Es leuchtet ein, daß die Schablonen, welche zur Verzeichnung der Kanten der Steine an der Wölbfläche dienen, unter sich gleich und Teile des im Grundrisse für den Mauerausschnitt angenommenen

Fig. 190.

Fig. 191.



II Fig. 192.

Fig. 193.

Kreisbogens ABC sind. Es können sonach an den sämtlichen, nach ihren entsprechenden Kopfschablonen, welche von dem Musterrisse Fig. 190 herausgetragen werden, bearbeiteten Wölbsteinen die Kanten der Bogenflächen nach einer und derselben Schablone, welche in Fig. 193

für die Lagerfuge des Bogenanfängers gegeben ist, vorgezeichnet werden.

Denken wir uns den Nischenbogen durch senkrechte und parallel mit der Mauerlinie AB im Grundriß Fig. 192 geführte Ebenen geschnitten, so werden die Durchschnittslinien dieser Ebenen an der Wölbfläche Fig. 190 ebenfalls Kreisbogen sein. Wie aus den Schnittpunkten dieser senkrechten Ebenen mit den Lagerfugen im Aufriß Fig. 190 die Fugenschnitte im Grundriße Fig. 192 und im senkrechten Durchschnitte des Nischenbogens Fig. 191 verzeichnet werden, wird aus den Zeichnungen ohne weitere Erklärung ersichtlich sein, außerdem aber dienen die Schnittlinien der angenommenen senkrechten Hilfsebenen dazu, um nach den an den Lagerstaplonen verzeichneten Schnittpunkten derselben, bei der Bearbeitung des den Bogensteinen zugehörigen Theiles der sphärischen Bogenfläche, Hohlstaplonen anlegen zu können, welche nach den Kreisbogen der senkrechten Durchschnitte herausgetragen werden.

Bei der perspektivischen Darstellung der einzelnen Wölbsteine in Fig. 194 bis 197 sind die zum Heraustragen und Bearbeiten derselben erforderlichen Hilfslinien punktiert angegeben und es haben die Steine dieselbe Bezeichnung wie in dem Musterrisse Fig. 190.

In dem vorher besprochenen Beispiele eines Nischenbogens in einer geraden Mauer haben wir angenommen, daß der Bogen aus einer ungeraden Anzahl von Wölbsteinen gebildet werde, welche, bis zu dem Auge geführt, nur aus einem Stücke bestehen. Bei großen Nischenbogen aber, welche aus einer größeren Anzahl von Bogensteinen zusammengesetzt werden, bei deren Abmessungen in der Theilung des Bogens an der Mauerflucht man sich einestheils nach der Stärke der vorhandenen Steine, andernteils aber auch darnach zu richten hat, daß die Mehrzahl der Bogensteine entweder vermittelst horizontaler Saken in die angrenzenden Mauerstaplonen übergreifen oder doch durch senkrechte Stoßfugen sich an die Mauerstaplonen anschließen, werden die Bogenstaplonen in der Richtung der Fugen aus mehreren Bogensteinen gebildet.

Wollte man die Fugen von allen Theilungspunkten der Bogenstaplonen an dem äußeren Bogen bis zu dem Auge in gerader Richtung durchführen, so würden die Steine dieser Staplonen nach dem Auge hin eine sehr geringe Stärke erhalten, wodurch die Festigkeit des Bogens beeinträchtigt würde. Man wird deshalb bei der Anordnung des Fugenschnittes darauf zu sehen haben, daß die Lagerfugen der aus mehreren Steinen bestehenden Wölbstaplonen nicht von jedem Theilungspunkte des äußeren Bogens bis zum Auge geführt, vielmehr an den Stoßfugen der Bogenleibung so verwechselt werden, daß die Anzahl der Wölbstaplonen nach dem Auge hin abnimmt.

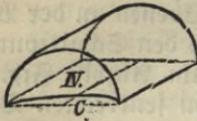


Fig. 194.

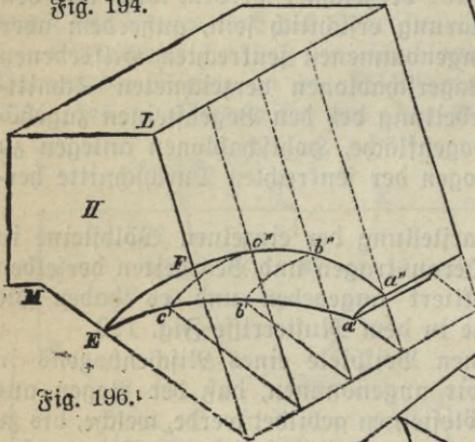


Fig. 196.

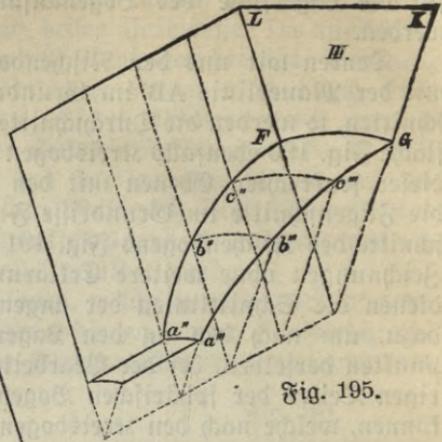


Fig. 195.

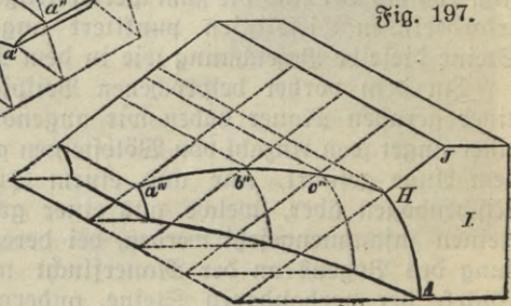
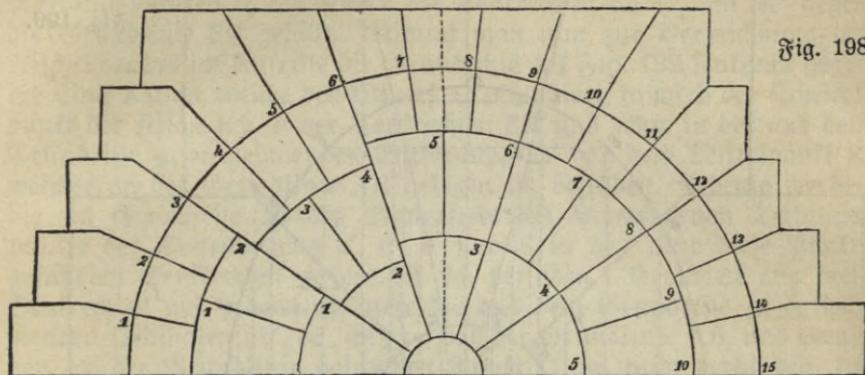


Fig. 197.

Wir geben als Beispiel in Fig. 198 die Ansicht eines Nischenbogens, bei welchem die Lagerfugen der von dem äußeren Bogen nach dem Auge zweifach getheilten Schichten so verwechselt sind, daß der an dem äußeren Bogen aus 15 Schichten bestehende Bogen in der Mitte aus zehn und bei seinem Anschluß an das Auge nur aus fünf Schichten zusammengesetzt ist. Da nach dieser Anordnung die Fugen von drei zu drei Teilungspunkten des äußeren Bogens bis zu dem Auge geführt sind, wodurch gewissermaßen Hauptschichten gebildet werden, innerhalb welcher die Verwechslung der Lagerfugen stattfindet, so können nun, zur Vermehrung der Festigkeit des Bogens, von Hauptschichte zu Hauptschichte auch die Stoßfugen so verwechselt werden, wie wir dies in der einen Hälfte der Bogenansicht Fig. 198 eingezeichnet haben.

Wir übergehen die verschiedenen Fälle, wo Nischen in anderen als geraden Mauern vorkommen können, und erwähnen nur noch die sphä-

rische Nische in Mauerecken, wo sie einen überragenden Bogen, eine sogenannte Trompe bildet.



Nehmen wir an, es seien die geraden Linien AE und BE in Fig. 200 die Grundrisse der äußeren Seiten der geraden Mauern, welche die Ecke bilden, in welcher eine sphärische Nische angebracht werden soll. Um den Musterriß der Nische zu erhalten, nimmt man die Spitze E des Winkels AEB als Horizontalprojektion des Mittelpunktes der sphärischen Fläche an, welche die Gewölbfläche der Nische bilden soll, und beschreibt mit einem Halbmesser EC, welcher dem Halbmesser der sphärischen Fläche entspricht, einen unbestimmten Kreisbogen. Der in dem Winkel AEB enthaltene Teil CG dieses Bogens ist die Horizontalprojektion des Nischenbogens und zugleich der Grundriß der hohlrunden cylindrischen Mauerseite, an welcher der Nischenbogen angebracht ist. Aus demselben Mittelpunkte E und mit einem Halbmesser, welcher um die Stärke der Mauer größer ist als EC, beschreibt man den Bogen, welcher den Grundriß der inneren Seite der geraden cylindrischen Mauer darstellt. Errichtet man an den Mittelpunkt E eine Senkrechte aE auf die Gerade EC, bis sie den zuerst beschriebenen Kreisbogen in a schneidet, so ist der Punkt a der Scheitel der Nische, indem der Bogen aC die Herabziehung oder Umlegung der Nische auf die Mauerseite darstellt, deren Grundriß die Gerade EB ist. Der Seitenbogen auf der Seite der anderen Mauer, deren Grundriß die Gerade EA ist, ist dem Bogen aC vollkommen gleich. Hat man an dem Seitenbogen die Teilung nach der beabsichtigten Anzahl von Bogensteinen von dem Scheitelpunkt a abwärts so angetragen, daß man den Bogen in die doppelte Anzahl Teile, als Steinhäupter an der Hälfte des Nischenbogens vorkommen, mehr einteilt und diesen letzteren Teil vom Scheitelpunkte abwärts als halbe Schlußsteinbreite anträgt, während man die ganze Steinbreite vom

Fig. 199.

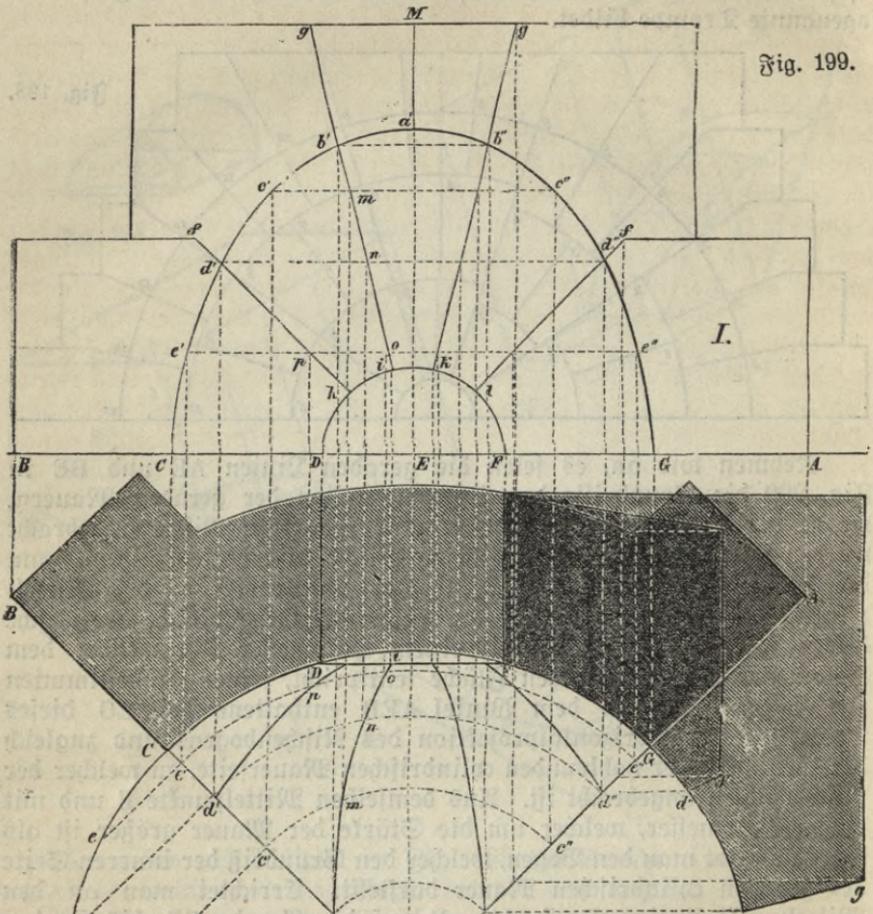
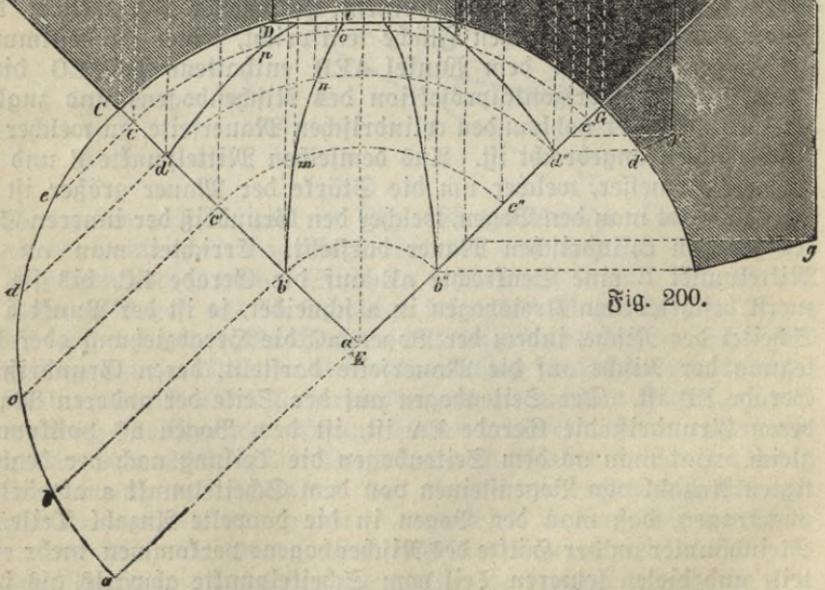


Fig. 200.



Schlußsteine abwärts durch je zwei Teile bezeichnet, so werden von den Teilungspunkten b, c, d und e die Senkrechten bb', cc', dd', ee' gegen die Grundlinie EC gefällt. Nimmt man nun zur Verzeichnung des Nischenbogens im Aufrisse die Grundlinie AB Fig. 199 senkrecht gegen die Linie EM an, welche den Winkel AEB halbiert, so wird der Scheitelpunkt der Nische sich in der Senkrechten EM und zwar in der aus dem Grundrisse zu entnehmenden Entfernung aa' von dem Mittelpunkt E , welcher an der Grundlinie AB gelegen ist, befinden. Ebenso werden die im Grundrisse an der Mauerseite EB angetragenen Teilungspunkte des Seitenbogens b', c', d' und e' in den über diese Punkte geführten Senkrechten gegen AB sich befinden. Errichten wir diese Senkrechten und tragen an diese die aus dem Grundrisse zu entnehmenden Ordinaten bb', cc', dd', ee' von der Grundlinie AB , und ebenso den an der Grundlinie gelegenen Punkt C an, und verbinden die Punkte a', b', c', d', e' und C durch eine krumme Linie, welche genau eine halbe Ellipse darstellt, so erhalten wir die Vertikalprojektion des Durchschnitts der Mauerseite AE mit der Gewölbfläche der Nische. Die Vertikalprojektion des Durchschnitts der Mauerseite AE mit der Gewölbfläche der Nische ist genau dieselbe wie an der Mauerseite BE und wird ebenfalls durch das Antragen der aus dem Grundriß umgelegten Seitenbogen aC zu entnehmenden Ordinaten an die Senkrechten bestimmt, welche von den im Grundrisse angegebenen Schnittpunkten b'', c'', d'' und e'' gegen die Grundlinien AB im Aufriß errichtet werden.

Denken wir uns im Aufriß Fig. 199 über die Teilungspunkte mit der Grundlinie AB parallele horizontale Ebenen geführt, so werden die Durchschnittslinien mit der Gewölbfläche der Nische Kreisbogen sein, welche im Grundrisse Fig. 200 aus dem Punkte E , welcher die Projektion der senkrechten Achse ist, in welcher die Mittelpunkte der Kreisbogen sich befinden, mit den Halbmessern Eb', Ec', Ed' und Ee' beschrieben werden. Wie aus den Schnittpunkten dieser Kreisbogen im Grundrisse die Teilungspunkte an der Mauerseite AE bestimmt und von diesen aus die Senkrechten gegen die Grundlinie AB im Aufriß geführt werden, so werden von den Durchschnittspunkten der über die Teilungspunkte im Aufriß geführten horizontalen Linien, welche die Projektionen der angenommenen horizontalen Ebenen sind, mit den zentrischen Fugen an der Gewölbfläche der Nische durch Senkrechte bis zu den entsprechenden Kreisbogen im Grundrisse die Punkte bezeichnet, über welche die krummen Linien gezogen werden, welche die Fugenschnitte an der Gewölbfläche darstellen, wie dies aus den Musterrissen, an welchen die gleichen Schnittpunkte mit denselben Buchstaben bezeichnet sind, ersehen werden kann.

Um die Schablonen der Fugenschnitte für die Gewölbsteine zu erhalten, denkt man sich im Grundriß Fig. 200 die Lagerflächen um die Linie EM als Achse bis zur Horizontalebene des Bogenanfängers umgelegt. Die Schnittlinien an der Gewölbfläche werden einen Teil des aus dem Mittelpunkte E mit dem Halbmesser EG beschriebenen Kreisbogens bilden, dessen Größe für die einem Fugenschnitte zugehörigen Schablonen gefunden wird, wenn wir von dem entsprechenden Schnittpunkte an der Mauerseite eine Senkrechte gegen die Achse EM errichten und bis zu dem erwähnten Kreisbogen führen. Die übrigen Schnittlinien der Lagerschablonen, welche für die über die Teilungspunkte b" und im Aufriß Fig. 199 geführten Fugenschnitte im Grundriße Fig. 200 herausgetragen sind, werden dadurch bestimmt, daß man im Grundriß über die Schnittpunkte, welche aus dem Aufriße durch Senkrechte an die entsprechenden Mauerseiten angetragen werden, Senkrechte gegen die Achse EM führt, an diese die aus dem Aufriße zu entnehmenden Abstände dieser Punkte von dem Mittelpunkt C, welcher die Projektion der Achse ist, anträgt und die auf diese Art gefundenen Schnittpunkte auf die geeignete Weise durch gerade Linien oder Kurven untereinander verbindet.

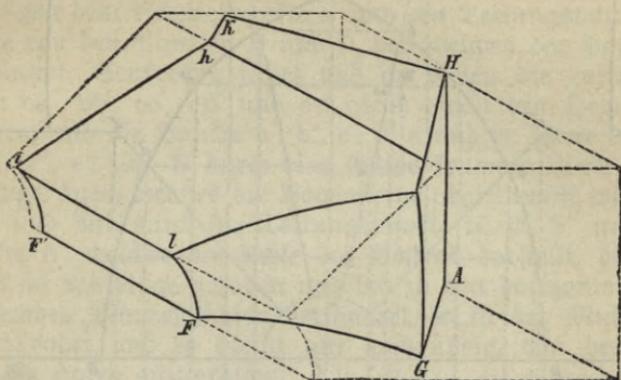
Bei der Bearbeitung der Bogensteine wird so verfahren, daß man sie zuerst nach den aus dem Musterrisse Fig. 199 entnommenen Kopfschablonen, ohne Berücksichtigung der nach anderer Richtung abweichenden Formen, ausviert und nachher die Kanten der Bogenflächen und der Säupter durch das Auflegen der Fugenschnittschablonen und nach den aus dem Grundriß Fig. 200 zu entnehmenden Abmessungen der Säupter verzeichnet.

Wäre hiernach der mit I bezeichnete Bogenstein zu bearbeiten, so nimmt man aus dem Musterrisse Fig. 199 die Kopfschablone HA G F l d" f auf und wählt einen Stein, der diese Schablone fassen kann und zugleich die aus dem Grundriße Fig. 200 zu entnehmende Länge gleich rs hat. Nach der Kopfschablone viert man den Stein Fig. 201 so aus, daß er die punktiert umschriebene Form erhält. Hierauf legt man die aus dem Grundriße abzutragende Lagerschablone auf das untere Lager, auf das obere Lager aber die ebenfalls im Grundriße auf vorbeschriebene Art herausgetragene Lagerschablone für dasselbe, und der Stein ist so verzeichnet, daß er, nach der Verzeichnung bearbeitet, die durch seine Lage vorgeschriebene Form A G F F H f d" l i h erhält. Bei dem Auflegen der Lagerschablonen muß darauf gesehen werden, daß man an den bereits bearbeiteten Kanten genau die Punkte bezeichnet, wo die Spitzen der Schablonen zusammenfallen müssen.

Bildet in dem vorher besprochenen Beispiele die Gewölbfläche des überragenden Bogens eine sphärische Nische, so können unter anderen

Umständen die Gewölbflächen derartiger Bogen nach sehr verschiedenen Bedingungen erzeugt gedacht werden.

Fig. 201.



Angenommen, es soll die Ecke, welche zwei gerade Mauern bilden, durch eine senkrechte Ebene bis auf eine gewisse Höhe abgestumpft und von da der obere Teil der bis zur Ecke fortgeführten Mauer durch einen überragenden konischen Kernbogen nach den Figuren 202 und 203 gestützt werden. Die Geraden AC und CE Fig. 203 seien die Grundrisse der äußeren Seiten zweier geraden Mauern, welche die Ecke bilden, und die Gerade BD sei der Grundriß der Vertikalebene, durch welche die Ecke abgestumpft wird, so stellt das Dreieck BCD den Grundriß der Wölbung dar. Da wir angenommen haben, daß die Gerade BD senkrecht sei gegen die Linie CM, welche den Winkel UCE halbiert, so werden die Seitenbogen BC und CD unter sich gleich sein. Beschreibt man über den Seiten BC und CD mit gleichem Halbmesser Kreisbogen, bis sie die Senkrechten, welche von dem Endpunkte C gegen die Seiten AC und CE errichtet werden, in a schneiden, so stellen diese Bogen die Seitenbogen der Wölbung dar, von welchen die Geraden BC und CD die Grundrisse sind. Diese Seitenbogen sind als Richtungslinien einer horizontalen cylindrischen Fläche angenommen, deren erzeugende Linien mit der Geraden BD parallel sind, und diese cylindrische Fläche bildet die innere Fläche des Wölbgebogens über dem Dreieck BCD. Teilt man nun die Seitenbogen nach der Anzahl der Wölbsteinhäupter, welche der Bogen enthalten soll, fällt von den Teilungspunkten Senkrechte auf die Seiten BC und CD, welche die Grundrisse dieser Seitenbogen darstellen, und zieht von den Fußpunkten dieser Senkrechten mit BD Parallelen, so stellen diese Parallelen die über die Teilungspunkte geführten erzeugenden Linien der cylindrischen Fläche der Wölbung dar.

Fig. 202.

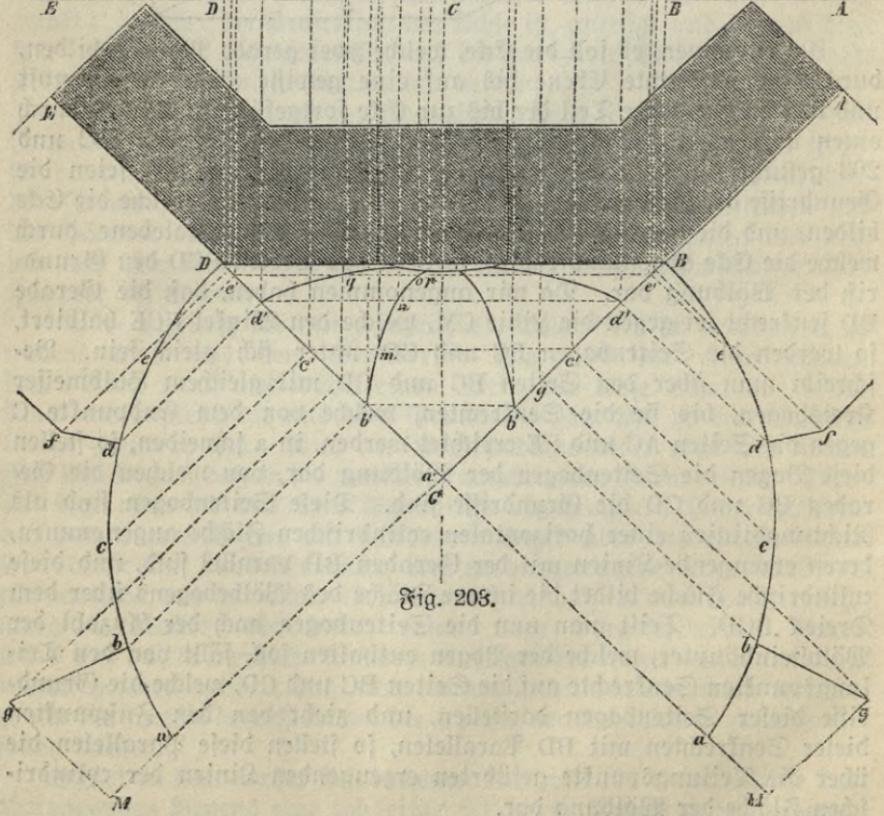
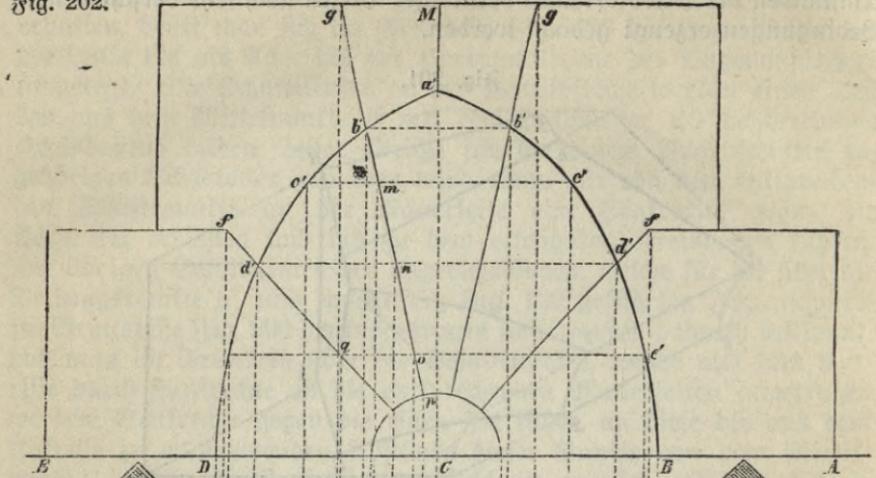


Fig. 203.

Nimmt man nun als Grundlinie der Vertikalprojektion die Linie AE senkrecht auf der Linie CM an, welche den Winkel der Mauerseiten ACE halbiert, so erhält man die Vertikalprojektion der Seitenbogen, wenn man von dem Scheitelpunkte a' und den Teilungspunkten b', c', d', e' sowie von den Punkten B und D, von welchen der Bogen seinen Anfang nimmt, Senkrechte führt und an diesen die entsprechenden Ordinaten aa', bb', cc', dd' und ee' gleich macht den Ordinaten der Seitenbogen, und die Punkte a', b', c', d' e und D, sowie die Punkte a'', b'', c'', d'', e'' und B durch eine stetige krumme Linie verbindet. Ist das Auge, durch welches die Bogensteine abgestumpft werden, vorgezeichnet, und sind durch die Teilungspunkte b', d', b'' und d'' nach dem Punkte C', welcher die Achse des Bogens darstellt, die geraden Linien bis an das Auge gezogen und bis zu den horizontalen Fugen der anstoßenden Mauer-schichten verlängert, so ist der Musterriß des Bogens vollendet und es bleibt nur noch übrig, von den Schnittpunkten f die Haken anzuordnen.

Um die Horizontalprojektionen der Fugenschnitte an der Bogenfläche zu erhalten, zieht man über die Teilungspunkte der Seitenbogen gerade Linien parallel mit der Grundlinie AE, welche dieselben erzeugenden Linien der Wölbfläche darstellen, die wir im Grundriße über dieselben Punkte parallel mit der Grundlinie BD gezogen haben. Werden nun aus den Punkten, wo die im Aufrisse angenommenen erzeugenden Linien die Fugen schneiden, Senkrechte bis zu den entsprechenden erzeugenden Linien im Grundriß geführt, und es werden durch die Schnittpunkte dieser Senkrechten stetige krumme Linien gezogen, so stellen diese die Schnittlinien der Fugen an der Wölbfläche im Grundriße dar. Da dieses Verfahren in Fig. 202 und 203 durch punktierte Linien angegeben ist, so erscheint eine weitere Auseinandersetzung überflüssig.

Dieser Art von Bogen wird die nötige Festigkeit dadurch gegeben, daß man die Lager der Haken sowohl, als auch die Fugen der Wölbsteine, nach der Ausdehnung der Wölbung durch die ganze Mauerstärke, auf welcher der Bogen ruht, hindurchführt.

Zur Verzeichnung der Bogensteine bedient man sich am besten der Ausbierungsmethode, bei welcher der Stein zuerst in seiner ganzen Höhe nach einer Grundrißschablone, sodann nach einer der Stirnschablonen und zuletzt nach den Lagerschablonen bearbeitet wird. Zur Bearbeitung der senkrechten, in das Mauerhaupt fallenden Flächen dienen die Schablonen, welche wir im Grundriße mit den Seitenbogen herausgetragen haben. Das Heraustragen der Lagerschablonen, deren Länge aus dem Musterrisse im Aufrisse Fig. 202, und deren Breite von dem hinteren Mauerhaupt aus, dessen Grundriß Fig. 203 als Richtungslinie dient, entnommen wird, bietet so wenig Schwierigkeit

dar, daß wir das dabei in Anwendung kommende Verfahren mit Stillschweigen übergehen und das Auffinden desselben dem Nachdenken des aufmerksamen Lesers um so mehr überlassen zu können glauben, als dazu die bereits besprochenen Beispiele von Mauerbogen Anhaltspunkte zur Genüge darbieten.

Nehmen wir den Fall an, daß die Seiten zweier geraden Mauern, welche eine Ecke bilden, bis auf eine gewisse Höhe durch eine senkrechte cylindrische Fläche abgestumpft und oberhalb durch einen überragenden konischen Kernbogen gestützt werden sollen, so wird die innere Fläche der Bogenwölbung eine ringförmige sein. Es seien die Geraden AC und CE in Fig. 205 die Grundrisse der äußeren Seiten zweier geraden Mauern, welche die Ecke bilden, und der tangente Kreisbogen BD sei der Grundriß der cylindrischen Mauer, nach welcher die Ecke abgestumpft werden soll, und welcher zugleich die Grundlinie darstellt, von welcher der konische Kernbogen sich erhebt.

Die Seitenbogen werden, wie in dem vorhergehenden Beispiele, beliebig, jedoch des besseren Ansehens wegen so angenommen, daß die Scheitelhöhe zu dem im Grundrisse Fig. 205 umgelegten Bogen größer ist, als die Ca zugehörige Grundlinie BC oder CD. Sind die Seitenbogen nach der beabsichtigten Anzahl von Bogensteinen eingeteilt, wobei man außer den Teilungspunkten für die Fugenschnitte noch andere Teilungspunkte bezeichnen kann, welche zur genaueren Verzeichnung der Seitenbogen im Aufrisse Fig. 204 dienen, so werden von den Teilungspunkten Senkrechte gegen die entsprechenden Grundlinien BC und CD geführt. Da diese Grundlinien zugleich die Grundrisse der Mauerseiten sind, welche den konischen Bogen schneiden, so stellen die Fußpunkte der von den Teilungspunkten der Seitenbogen gegen deren Grundlinien geführten Senkrechten zugleich die an den entsprechenden Mauerseiten gelegenen Teilungspunkte der Seitenbogen dar. Nehmen wir nun für den Aufriß Fig. 204 die Grundlinie AE senkrecht auf der Linie CM an, welche den von den beiden Mauerseiten eingeschlossenen Winkel ACE halbiert, führen von den im Grundriß an die Mauerseiten angetragenen Teilungspunkten Senkrechte und tragen an diese von der Grundlinie AE die aus dem Grundrisse zu entnehmenden Ordinaten aa' , bb' , cc' , dd' und ee' an, so erhalten wir die Teilungspunkte im Aufriß, über welche die gezogenen krummen Linien die Vertikalprojektionen der Seitenbogen darstellen. Nachdem man das Auge des Bogens bestimmt, von den Teilungspunkten b' , c' , d' und d'' die Fugen der Bogensteine gezogen, und von den Schnittpunkten beiderseits die Hafensverbände angeordnet hat, ist der Musterriß des konischen Bogens im Aufrisse vollendet. Um die Fugenschnitte an der Wölbfläche im Grundrisse Fig. 205 zu verzeichnen, denkt man sich über die Schnittpunkte der Seitenbogen im Aufriß Fig. 204 mit

Fig. 204.

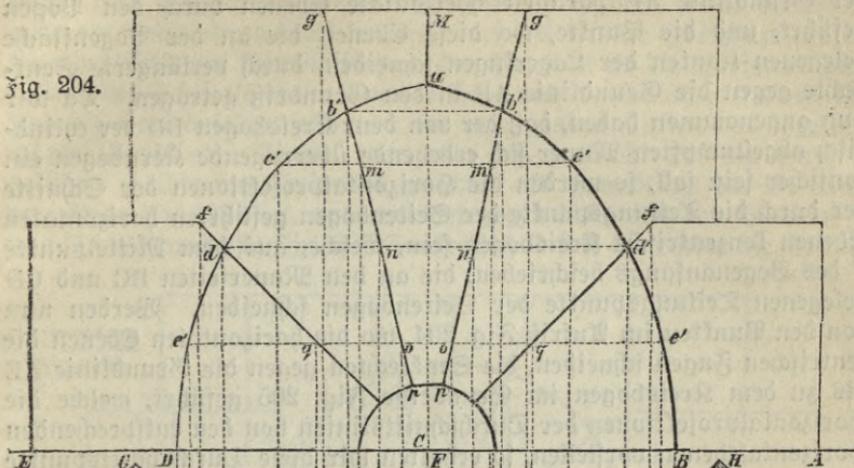
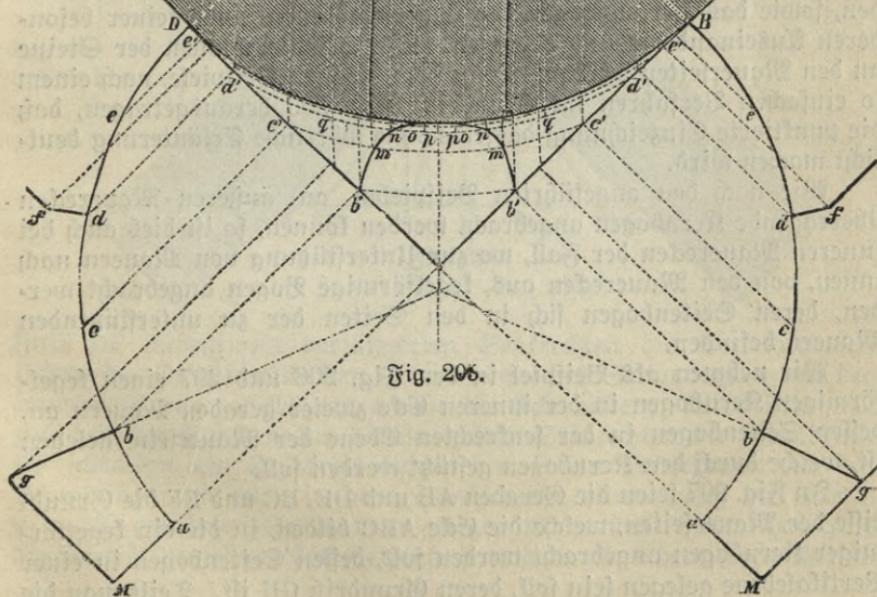


Fig. 206.



der Grundlinie AE parallele horizontale Ebenen durch den Bogen geführt, und die Punkte, wo diese Ebenen die an der Bogenfläche gelegenen Kanten der Lagerfugen schneiden, durch verlängerte Senkrechte gegen die Grundlinie AE in den Grundriß getragen. Da wir nun angenommen haben, daß der von dem Kreisbogen BD der cylindrisch abgestumpften Mauer sich erhebende überragende Kernbogen ein konischer sein soll, so werden die Horizontalprojektionen der Schnitte der durch die Teilungspunkte der Seitenbogen geführten horizontalen Ebenen konzentrische Kreisbogen sein, welche, aus dem Mittelpunkte F des Bogenanfangs beschrieben, die an den Mauerseiten BC und CD gelegenen Teilungspunkte der Seitenbogen schneiden. Werden nun von den Punkten im Aufriß Fig. 204, wo die horizontalen Ebenen die zentrischen Fugen schneiden, die Senkrechten gegen die Grundlinie AE bis zu dem Kreisbogen im Grundriße Fig. 205 geführt, welche die Horizontalprojektionen der Durchschnittslinien von den entsprechenden Horizontalebene vorstellen, so erhalten wir diese Durchschnittspunkte im Grundriß. Werden die zusammengehörigen Durchschnittspunkte für je eine Fugenkante im Aufriß, im Grundriße durch krumme Linien unter sich verbunden, so stellen diese krummen Linien die Horizontalprojektionen der Fugenkanten an der Lagerfläche dar.

Das Verzeichnen der Bogensteine, welche sowohl nach der Richtung der zentrischen Lagerflächen, als auch nach den horizontalen Lagerflächen der Haken auf die ganze Stärke der Mauer durchgeführt werden, sowie das Heraustragen der Lagerablonen, wird keiner besonderen Auseinandersetzung bedürfen. Die Stirnschablonen der Steine an den Mauerseiten werden, wie in dem vorigen Beispiele, nach einem so einfachen Verfahren im Grundriße Fig. 205 herausgetragen, daß die punktierte Einzeichnung daselbe ohne wörtliche Erläuterung deutlich machen wird.

Wie nach den angeführten Beispielen an äußeren Mauerecken überragende Kernbogen angebracht werden können, so ist dies auch bei inneren Mauerecken der Fall, wo zur Unterstützung von Mauern nach innen, von den Mauerecken aus, kegelförmige Bogen angebracht werden, deren Seitenbogen sich in den Seiten der zu unterstützenden Mauern befinden.

Wir nehmen als Beispiel in den Fig. 206 und 207 einen kegelförmigen Kernbogen in der inneren Ecke zweier geraden Mauern an, dessen Seitenbogen in der senkrechten Ebene der Mauerseite gelegen ist, welche durch den Kernbogen gestützt werden soll.

In Fig. 207 seien die Geraden AB und DE, BC und EF die Grundrisse der Mauerseiten, welche die Ecke ABC bilden, in die ein kegelförmiger Kernbogen angebracht werden soll, dessen Seitenbogen in einer Vertikalebene gelegen sein soll, deren Grundriß GH ist. Teilt man die

Linie GH Fig. 207 in zwei gleiche Teile und zieht von dem Teilungspunkt nach der Ecke B eine gerade Linie, so ist diese Linie, welche in unserem Beispiele zugleich senkrecht auf GH ist, die Horizontalprojektion der Achse der Gewölbfläche. Der Punkt B ist die Horizontalprojektion des Scheitels dieser Gewölbfläche, und die Geraden GB und HB sind die Horizontalprojektionen der erzeugenden Linien des kegelförmigen Gewölbes. Nimmt man nun DF, senkrecht auf die durch B geführte Halbierungslinie BM gerichtet, als Grundlinie der Vertikalprojektion Fig. 206 an, und errichtet gegen diese aus den Punkten G und H im Grundrisse Fig. 207 Senkrechte, so sind diese über die Grund-

Fig. 206.

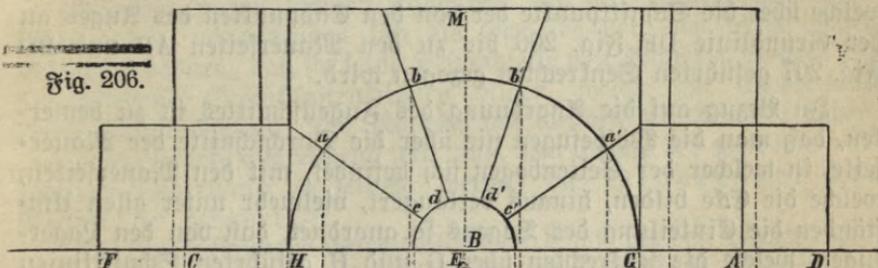
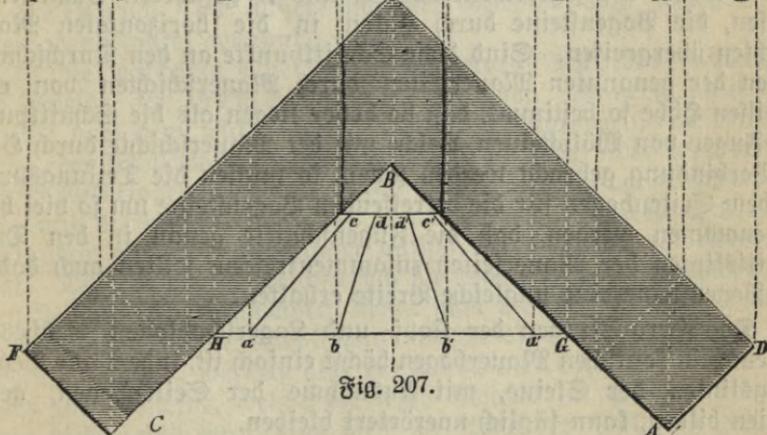


Fig. 207.



linie DF unbestimmt verlängerten Senkrechten die Vertikalprojektion der Durchschnitte der Vertikalebene des Seitenbogens mit den inneren Seiten der Mauer, welche die Ecke bilden. Wird über GH, zwischen den Punkten, wo die bemerkten Senkrechten die Grundlinie DF schneiden, ein Halbkreis beschrieben, dessen Mittelpunkt in der Grundlinie und zwar in dem Durchschnitte einer durch die Ecke B Fig. 207 geführten Senkrechten gelegen ist, so stellt dieser Halbkreis die Vertikalprojektion des Seitenbogens dar. Aus demselben Mittel-

punkte wird das Auge beschrieben, durch welches die Bogensteine abgestumpft werden. Sind von den Teilungspunkten des Seitenbogens Fig. 206, welche nach der Anzahl der Bogensteine in gleichen Abständen angetragen werden, die Fugenschnitte nach dem Mittelpunkt B bis an das Auge in geraden Linien gezogen, so erhalten wir die Fugenschnitte im Grundrisse, wenn wir von den Teilungspunkten des Seitenbogens Senkrechte bis zur Linie GH im Grundriß fällen, und von den Schnittpunkten dieser Senkrechten gerade Linien nach dem Punkte B führen, welcher den Scheitelpunkt der kegelförmigen Wölbung darstellt. Die Horizontalprojektion des Auges, bis zu welchem die Fugenschnitte gezogen werden, bildet eine gerade, mit der Linie GH parallele Linie, welche über die Schnittpunkte der von den Endpunkten des Auges an der Grundlinie DF Fig. 206 bis zu den Mauerseiten AB und BC Fig. 207 geführten Senkrechten gezogen wird.

In Bezug auf die Anordnung des Fugenschnittes ist zu bemerken, daß man die Wölbefugen nie über die Durchschnitte der Mauerseite, in welcher der Seitenbogen sich befindet, mit den Mauerseiten, welche die Ecke bilden, hinaus verlängert, vielmehr unter allen Umständen die Einteilung des Bogens so anordnet, daß von den Lagerfugen, welche die senkrechten über G und H geführten Schnittlinien treffen, die Bogensteine durch Haken in die horizontalen Mauer-schichten übergreifen. Sind diese Schnittpunkte an den Durchschnittslinien der genannten Mauerseiten durch Mauer-schichten von einer gewissen Höhe so bestimmt, daß sie höher liegen als die Schnittpunkte der Fugen von Wölbsteinen, welche mit der Mauer-schichte durch Haken in Verbindung gebracht werden sollen, so müssen die Teilungspunkte an dem Seitenbogen für die betreffenden Bogensteine um so viel höher angenommen werden, daß die Fugenschnitte genau in den Durch-schnittslinien der Mauerseiten zusammentreffen, sollten auch dadurch die Bogensteine eine ungleiche Breite erhalten.

Das Herausstragen der Kopf- und Lager-schablonen, welches bei diesem rein konischen Mauerbogen höchst einfach ist, indem alle Begrenzungslinien der Steine, mit Ausnahme der Seitenbogen, gerade Linien bilden, kann füglich unerörtert bleiben.

Achter Abschnitt.

Von den Tonnengewölben.

Wie wir in dem vierten Abschnitte, von den Mauerbogen, angeführt haben, unterscheiden sich die Gewölbe von den Mauerbogen wesentlich dadurch, daß sie keine Bestandteile von Mauern, sondern für sich bestehende Steinkonstruktionen bilden, welche zur Überdeckung freier Räume dienen. Die Mauern, auf welchen die Gewölbe ruhen, und deren Stärke ausreichend sein muß, dem Drucke der Gewölbe vollkommen Widerstand zu leisten, werden die Widerlager der Gewölbe genannt.

Die innere sichtbare Gewölbefläche wird, wie bei den Mauerbogen, die Leibung, die äußere sichtbare Gewölbefläche dagegen der Rücken oder Mantel genannt.

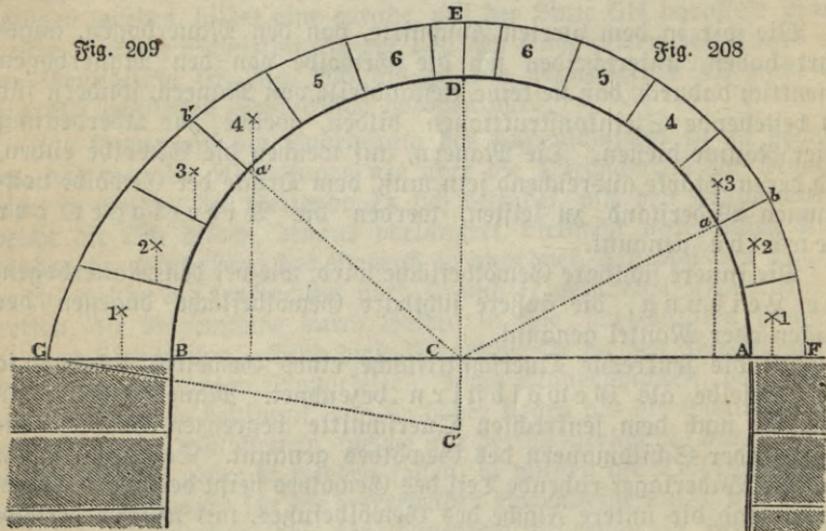
Ist die senkrechte Querschnittsfläche eines Gewölbes sichtbar, so wird dieselbe als Gewölbstirn bezeichnet. Mauern, welche ein Gewölbe nach dem senkrechten Querschnitte begrenzen, werden die Stirn- oder Schildmauern des Gewölbes genannt. Der unmittelbar auf dem Widerlager ruhende Teil des Gewölbes heißt der Gewölbefuß, und die untere Fläche des Gewölbefußes, mit welcher derselbe unmittelbar auf dem Widerlager aufsitzt, wird die Gewölbesohle genannt. Die Linien, in welchen sich die Sohlen eines Gewölbes mit dessen Leibungsfläche schneiden, nennt man die Kämpferlinien desselben. Diejenigen Gewölbesteine, welche die erste Schichte des Gewölbefußes bilden, werden als Gewölbeanfänger, und diejenigen Gewölbesteine, welche die letzte Schichte im Scheitel des Gewölbes bilden und durch eine über die Achse der Wölbung geführte senkrechte Ebene ihrer Höhe nach halbiert werden, als Schlußsteine des Gewölbes bezeichnet.

Über den Druck, welchen Hausteingewölbe auf ihre Widerlager äußern, haben wir uns in der „Schule des Maurers“, und zwar im neunten Abschnitt, welcher von den Gewölben handelt, so ausführlich ausgesprochen, als dies bei dem beschränkten Umfange dieses Handbuchs zulässig war. Indem wir zur Vermeidung von Wiederholungen auf diesen Abschnitt der „Schule des Maurers“ hinweisen, entnehmen

wir daraus nur dasjenige, was auf das allgemein übliche Verfahren Bezug hat, die Haussteingewölbe, sowohl zur Vermehrung ihrer Festigkeit, als auch zur Verminderung des Horizontalschubs, welchen dieselben auf ihre Widerlager äußern, vom Schlußsteine abwärts bis zu ihrer Sohle zu verstärken.

Der Horizontalschub von Gewölben von gleicher Pfeilhöhe ist verschieden, wenn die Gewölbstärke vom Schlusse abwärts bis zum Widerlager verschieden ist.

Fig. 208 stellt die Hälfte des senkrechten Querschnitts eines Gewölbes von gleicher Stärke im vollen Bogen, und Fig. 209 die Hälfte



des senkrechten Querschnitts eines Gewölbes im vollen Bogen von gleicher Spannweite dar, bei welchem die am Schlusse dem vorigen gleiche Stärke des Gewölbes nach den Widerlagern so zunimmt, daß die äußere Wölblinie aus einem Kreisbogen besteht, dessen Mittelpunkt C um $\frac{1}{4}$ der Pfeilhöhe tiefer als der Mittelpunkt C' des inneren Bogens gelegen ist. Beide Gewölbe bestehen aus einer gleichen Anzahl von unter sich an der inneren Bogenleibung gleich breiten Wölbsteinen, deren Lagerfugen bei beiden Gewölben in gleicher Höhe aus gleichen Zentriwinkeln entsprechen. Der horizontale Druck eines jeden Gewölbstücks auf den darunter befindlichen Gewölbstein, sowie der horizontale Druck des ganzen Gewölbes auf die Widerlager, ist dem horizontalen Druck desselben Gewölbstücks oder ganzen Gewölbes gegen eine durch den Scheitel gezogen gedachte senkrechte Fuge gleich, wenn alle Gewölbsteine im Gleichgewicht sind. Der horizontale Druck

eines Gewölbes gegen die senkrechte Fuge im Scheitel wird im Verhältnisse des senkrechten Drucks stehen, welchen die in ihrem Schwerpunkte nicht unterstützten Wölbsteine gegen die darunter befindliche Fuge äußern. Der senkrechte Druck eines jeden Gewölbstücks, vom Scheitel an gerechnet, gegen die darunter befindliche Fuge, ist aber dem Gewichte dieses Gewölbstücks gleich, und es wird demnach, wie ein größeres Gewölbstück vom Scheitel abwärts einen größeren, senkrechten Druck äußert, auch das größere Gewölbstück in demselben Verhältnisse einen größeren horizontalen Druck gegen die darunter befindliche Fuge und von da auf die Widerlager äußern.

Denken wir uns, wie in Fig. 208 und 209 punktiert eingezeichnet, durch die Schwerpunkte der Gewölbsteine von den Anfängern aufwärts senkrechte Linien gezogen, so wirkt das Gewicht derselben in diesen Linien senkrecht nach unten, und es werden nur diejenigen Steine keinen Horizontaldruck gegen die durch den Scheitel geführte senkrechte Ebene äußern, welche in ihren Schwerpunkten unterstützt sind, das heißt, durch deren Schwerpunkte geführte Vertikallinien noch die Lagerflächen der darunter befindlichen Steinschichten treffen. Nun ist dies bei dem in Fig. 208 dargestellten Gewölbe von gleicher Stärke nur bei den zwei untersten Wölbsteinen der Fall, und schon bei dem dritten Wölbsteine trifft die durch den Schwerpunkt gezogene Vertikallinie über die Vorderkante der Lagerfuge ab des darunter befindlichen Steins, und es ist von da an bis zum Scheitel das Gewölbstück als ein solches zu betrachten, welches gegen die durch den Scheitel geführte senkrechte Ebene einen Horizontaldruck, und gegen die darunter befindlichen Wölbsteine einen Vertikaldruck äußert. Nun ist aber, wie bereits erwähnt, der Horizontaldruck eines Gewölbstückes gegen die durch den Scheitel geführte senkrechte Ebene, welche als Fuge gedacht werden kann, dem Horizontaldrucke desselben Gewölbstückes auf die darunter befindlichen Widerlager gleich und kann durch das Gewicht dieses Gewölbstückes, hier von 4½ Wölbsteinen, ausgedrückt werden. Bei dem in Fig. 209 dargestellten Gewölbe, dessen Stärke vom Scheitel bis zur Sohle beinahe um das Doppelte zunimmt, sind die drei unteren Wölbsteine in ihren Schwerpunkten unterstützt, indem die durch die Schwerpunkte dieser drei Wölbsteine gezogenen Vertikallinien auf die Lagerflächen der darunter befindlichen Wölbsteine treffen. Erst bei dem vierten Wölbsteine, von der Sohle aufwärts, trifft die durch den Schwerpunkt gezogene Vertikallinie vor die Lagerfuge des darunter befindlichen Wölbsteins, sodaß dieser Wölbstein nur durch den Druck der darüber befindlichen Wölbsteine in seiner Lage erhalten wird. Da nun das Gewölbstück, welches gegen die Widerlager und gegen den Scheitel einen Horizontaldruck äußert, vom vierten Wölbsteine aufwärts bis zum Scheitel bei dem verstärkten Gewölbe

Fig. 209 nur aus $3\frac{1}{2}$ Wölbsteinen, bei dem gleich starken Gewölbe Fig. 208 dagegen aus $4\frac{1}{2}$ Wölbsteinen besteht, und da außerdem dieser Horizontaldruck dem Gewichte des den Druck äußernden Gewölbstückes gleich ist, so wird sich der Horizontaldruck des ganzen Gewölbes von gleicher Spannweite Fig. 208, und dementsprechend die Stärke der Widerlager für dieses Gewölbe zu dem Horizontaldruck des Gewölbes Fig. 209, welches nach der Sohle verstärkt ist, und ebenso die Stärke der Widerlager für dasselbe verhalten, wie sich das Gewicht von 9 der gleich starken Wölbsteine zu dem Gewicht von 7 der nach unten an Stärke zunehmenden Wölbsteine verhält.

Die in ihren Schwerpunkten unterstützten Wölbsteine sind als Teile der Gewölbe zu betrachten, welche die Widerlager nur senkrecht belasten, während die oberen, in ihren Schwerpunkten nicht unterstützten Wölbsteine auf die geneigten Lagerflächen der ersteren einen senkrechten Druck und zugleich einen horizontalen Schub äußern.

Die Lagerfuge zwischen dem oberen, den Horizontalschub bewirkenden, und dem unteren, diesen Horizontalschub auf die Widerlager übertragenden Teil der Gewölbe bildet nun den schwächsten Teil derselben; denn bei einem Nachgeben der Widerlager tritt eine Trennung der Gewölbe in der Weise ein, daß diese Lagerfugen sich nach außen öffnen. Es werden diese Lagerfugen, welche in Fig. 208 mit *ab* und in Fig. 209 mit *a'b'* bezeichnet sind, die Trennungsfugen, und die Winkel *a* und *b*, welche die nach der Richtung dieser Fugen gezogenen Radien einschließen, die Zentrwinkel der Trennungsfugen genannt. Haben wir uns überzeugt, daß der Horizontalschub der Gewölbe von gleicher Spannweite und gleicher Pfeilhöhe und bei gleicher Stärke im Schlußsteine verschieden ist, je nachdem ein Gewölbe entweder vom Schlußsteine bis zum Widerlager eine gleiche Stärke behalten, oder von Schlußsteine abwärts nach den Widerlagern verstärkt worden, und zunimmt mit der Größe des Gewölbstückes, dessen Wölbsteine in ihren Schwerpunkten nicht unterstützt sind, so werden wir ebenso die weitere Verschiedenheit des Horizontalschubes der Gewölbe von gleicher Spannweite, aber ungleicher Pfeilhöhe bestätigt finden. Die Resultate aller Versuche über den Schub von Gewölben stimmen mit der Erfahrung in der Ausführung darin überein, daß ein Gewölbe mit überhöhter Bogenlinie weniger stark auf seine Widerlager schiebt, als ein halbkreisförmiges, das halbkreisförmige geringer als ein gedrücktes, und das scheinrechte Gewölbe am stärksten, wenn die Spannweite der Gewölbe eine gleiche ist.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über die Gewölbe gehen wir zur Betrachtung derjenigen Gattung von Gewölben über, welche den Inhalt dieses Abschnittes bilden sollen.

Tonnengewölbe werden alle diejenigen Gewölbe genannt, deren Oberfläche entweder durch die Fortbewegung der einmal angenommenen Bogenlinie nach der Richtung der Achse gebildet gedacht werden kann, und bei welchen außerdem die Lagerfugen parallel sind mit der Achse und den Widerlagern, oder es wird deren Wölbfläche dadurch erzeugt gedacht, daß die horizontalen Kämpferlinien als erzeugende Linien über die Bogenlinien, welche den senkrechten Querschnitt darstellen, mit Beibehaltung ihrer horizontalen Richtung geführt werden.

Die unter sich und mit den Widerlagern parallelen Lagerfugen an der Leibung der Tonnengewölbe müssen zugleich normal auf die Bogenlinie gerichtet sein. Bildet die Bogenlinie einen Halbkreis oder ein Kreissegment, so schneiden sich hiernach alle an der Bogenlinie der Leibung normalen Fugen in der gemeinsamen Achse der Wölbung. Bildet die Bogenlinie der Wölbung einen aus mehreren Mittelpunkten beschriebenen Korbbogen, so schneiden die an dem zugehörigen Kreisbogenstücke normalen Fugen nach so vielen Achsen, als zur Beschreibung der Kernbogenlinie Mittelpunkte angenommen sind. Bei elliptischen Bogen ist die Richtung der Fugen für jeden Teilungspunkt eine solche, daß die von einem Teilungspunkte gezogene Fuge genau den Winkel halbiert, welchen die von diesem Teilungspunkte nach den Brennpunkten der Ellipse gezogenen geraden Linien, welche die Leitstrahlen der Ellipse genannt werden, einschließen.

Da das Tonnengewölbe mit seinen unter sich und mit den Widerlagern parallelen Lagerfugen nach seiner ganzen Ausdehnung einen gleichen Horizontalschub auf seine Widerlager äußert, sonach auch eine Belastung dieser Gewölbe selbst, wenn sie ungleich wirkt, durch die unter sich parallelen Wölbflächen auf die Widerlager gleichmäßig verteilt wird, so eignet sich dieses in seiner Zusammensetzung höchst einfache Gewölbe ganz besonders zur Überwölbung von Flüssen als Brücke, oder zur Überwölbung von Tälern als Viadukt. Da sowohl bei den Brücken als auch bei den Viadukten die beiden Gewölbstirnen sichtbar und im Fugenschnitte ähnlich wie die Mauerbogen derart behandelt sind, daß die Wölbsteine der Gewölbstirnen sich an die horizontalen Schichten der anschließenden Stirnmauern anschließen, so werden bei diesen Bauwerken allgemein üblich die Tonnengewölbe Bogen genannt.

Man unterscheidet gerade und schiefe Tonnengewölbe. Gerade Gewölbe nennt man diejenigen Gewölbe, deren sichtbare Stirnen senkrecht gegen die Widerlager gerichtet sind, wogegen Gewölbe, deren sichtbare Stirnen durch Ebenen begrenzt werden, welche gegen die Widerlager unter einem schiefen Winkel gerichtet sind, als schiefe Gewölbe bezeichnet werden.

Wir hatten bei dem, was wir über die Tonnengewölbe im allgemeinen bis jetzt angeführt haben, hauptsächlich das gerade Gewölbe im Auge, und es hat namentlich die erwähnte Anwendung des einfachen Fugenschnittes nur auf dieses Gewölbe Bezug. Bei dem schiefen Gewölbe würden durch die Beibehaltung der unter sich und mit den Widerlagern parallelen Lagerfugen an den Stirnspitze Winkel entstehen. Zur Vermeidung dieser spitzen Winkel von den für die Erhaltung der Festigkeit der Gewölbe so wichtigen Gewölbefirsten werden nun die Lagerfugen bei den schiefen Gewölben von der allgemeinen Annahme abweichend und zwar auf verschiedene Weise angeordnet. Wir werden der Besprechung einiger Beispiele von geraden Gewölben die Erwähnung der gebräuchlichsten Anordnungen des Fugenschnittes von schiefen Gewölben nachfolgen lassen.

Als Beispiel eines einfachen geraden Gewölbes geben wir in Fig. 210 bis 213 einen Brückenbogen im vollen Birkel. Fig. 210 stellt den senkrechten Querschnitt des Gewölbes, Fig. 211 die vordere Ansicht der Bogenstirn mit der anschließenden Stirnmauer, beides zur Hälfte, Fig. 212 den Horizontalabschnitt der Sohle mit der Ansicht der Leibung, und Fig. 213 den Längenschnitt durch die Mitte des Schlußsteines mit der Ansicht der Leibung dar.

Wie aus dem senkrechten Querschnitt Fig. 210 zu ersehen, hat das Gewölbe an der Sohle eine Stärke, welche etwa das Doppelte der Stärke des Gewölbes im Schlusse beträgt, und es bildet die Wölblinie des Mantels ebenfalls einen Kreisbogen, dessen Mittelpunkt in der durch die Mitte geführten Senkrechten, aber tiefer als der Mittelpunkt C der Leibung, gelegen ist. Die Schichten haben an der Leibung eine gleiche Breite und es sind die Lagerfugen von den Teilungspunkten nach der Achse der Leibung, welche in C als Mittelpunkt des Kreisbogens derselben dargestellt ist, gezogen, sodaß dadurch gegen den Mantel hin die Wölbsteine an der Hinterkante der harten Lager durch spitze Winkel, an der Hinterkante der weichen Lager dagegen durch stumpfe Winkel begrenzt werden. Sind die spitzen Winkel der Wölbsteine den Anforderungen eines richtigen Steinschnittes nicht ganz entsprechend, so wird durch dieselben die Festigkeit des Gewölbes doch um deswillen nicht geradezu beeinträchtigt, weil die stärkste Zusammenpressung der Wölbsteine von der Brechungsfuge abwärts gegen die Leibung des Gewölbes stattfindet. Die in unserem Beispiele angenommenen Kreisbogen finden nur in den Fällen Anwendung, wo keine Hintermauerung der Gewölbe durch erhöhte Widerlager stattfindet. Werden die Gewölbe hintermauert, so läßt man die hinter die vorgeschriebenen Lagerfugen heraustretenden Boffen stehen, und es wird die Hintermauerung von der höchsten Stelle des Gewölbes nach beiden Seiten hin, bis hinter die erhöhten Widerlager, entweder nach einem

Fig. 210.

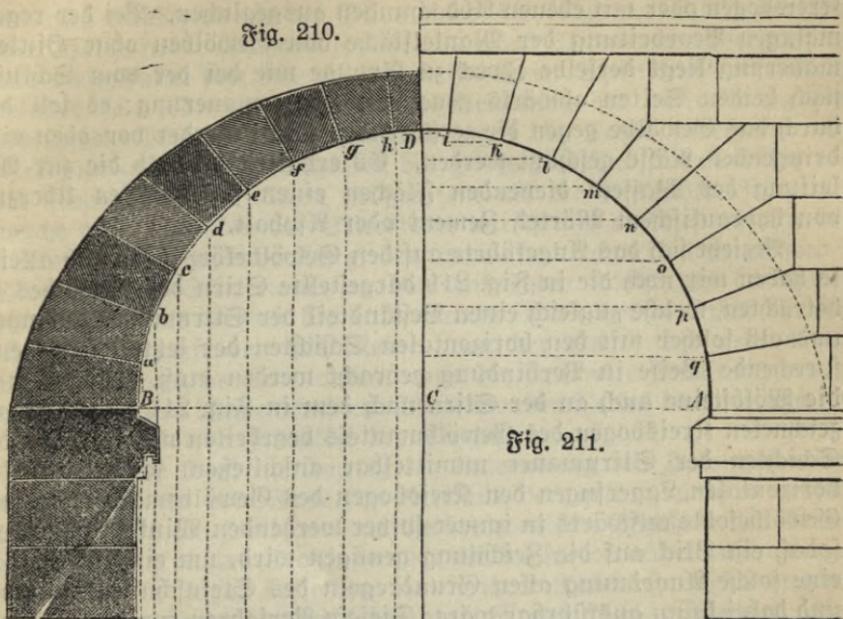


Fig. 211.

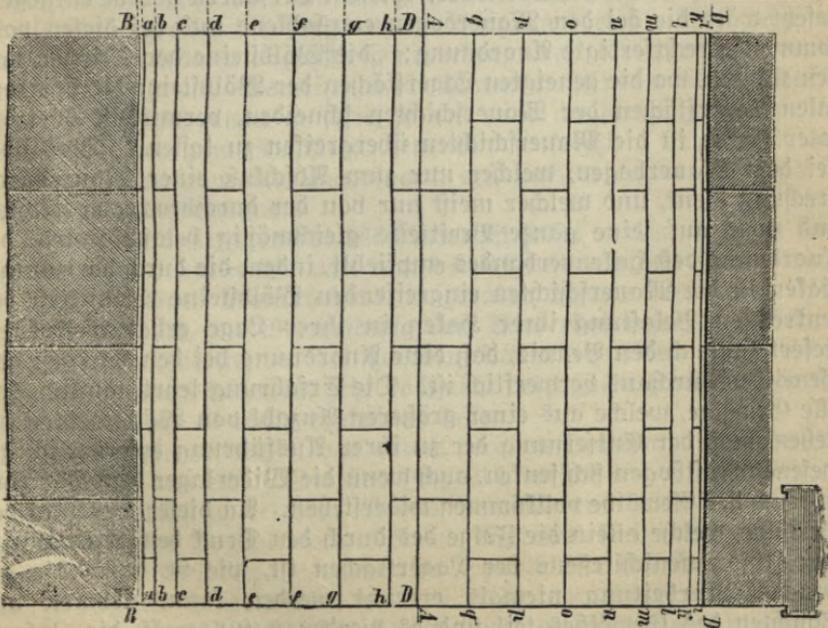


Fig. 212.

Fig. 213.

Kreisbogen oder mit ebenen Abdachungen ausgeglichen. Bei der regelmässigen Bearbeitung der Mantelfläche von Gewölben ohne Hintermauerung liegt derselbe Zweck zu Grunde wie bei der vom Schlusse nach beiden Seiten abwärts geneigten Hintermauerung; es soll dadurch das Gewölbe gegen die zerstörenden Einflüsse der von oben eindringenden Nässe geschützt werden. Es erhalten deshalb die zur Ableitung des Wassers dienenden Flächen einen fugendichten Überzug von hydraulischem Mörtel, Zement oder Asphalt.

Bezieht sich das Angeführte auf den Gewölbekörper für sich allein, so haben wir noch die in Fig. 211 dargestellte Stirn des Gewölbes zu betrachten, welche zugleich einen Bestandteil der Stirnmauer ausmacht und als solcher mit den horizontalen Schichten der letzteren auf entsprechende Weise in Verbindung gebracht werden muß. Wollte man die Wölbsteine auch an der Stirn nach dem in Fig. 211 punktiert gezeichneten Kreisbogen des Gewölbmantels bearbeiten und an diese die Schichten der Stirnmauer unmittelbar anschließen, so würden die horizontalen Lagerfugen den Kreisbogen des Gewölbemantels an der Gewölbsohle aufwärts in immer spitzer werdenden Winkeln schneiden, sodaß ein Blick auf die Zeichnung genügen wird, um einzusehen, daß eine solche Anordnung allen Grundregeln des Steinschnittes zuwider und dabei kaum ausführbar wäre. Diesem Verfahren gerade entgegengesetzt wäre die bei den Mauerbogen empfohlene und bei diesen vollkommen gerechtfertigte Anordnung: „die Wölbsteine der Stirnen von den Kanten, wo die geneigten Lagerflächen der Wölbsteine die horizontalen Lagerflächen der Mauerschichten schneiden, vermittelt horizontaler Haken in die Mauerschichten übergreifen zu lassen.“ Was aber bei dem Mauerbogen, welcher nur zum Abschluß einer Mauerdurchbrechung dient, und welcher meist nur von der durchbrochenen Mauer, und zwar auf seine ganze Breitseite gleichmäßig belastet wird, die Anordnung des Hakenverbandes empfiehlt, indem die durch horizontale Haken in die Mauerschichten eingreifenden Wölbsteine vermittelt der senkrechten Belastung ihrer Haken in ihrer Lage erhalten werden, liefert zugleich den Beweis, daß diese Anordnung bei den Stirnen von Gewölben durchaus verwerflich ist. Die Erfahrung lehrt nämlich, daß alle Gewölbe, welche aus einer größeren Anzahl von Wölbjochschichten bestehen, nach der Entfernung der zu ihrer Ausführung erforderlich gewesen Rüstbogen sich senken, auch wenn die Widerlager dem Horizontalschub der Gewölbe vollkommen widerstehen. In dieser Senkung der Gewölbe, welche allein die Folge des durch den Druck bewirkten innigsten Zusammenschließens der Lagerflächen ist, wie sie durch die genaueste Bearbeitung niemals erreicht werden kann, nehmen alle Schichten des Gewölbes teil und es werden naturgemäß die Zusammenpressungen vom Scheitel gegen die Sohle zunehmen. Denken wir

uns nun die Steine von der Stirn eines Gewölbes vermittelt horizontaler Haken in die horizontalen Schichten der Stirnmauer übergreifend und diese Haken von den darüber befindlichen Steinschichten senkrecht belastet, so wird auch die senkrechte Belastung der hakenförmig eingreifenden Wölbsteine vom Scheitel gegen die Sohle zunehmen. Es wird nun in den meisten Fällen der Horizontalschub der Gewölbe auf die geneigten Lagerflächen größer sein als die senkrechte Belastung, welche auf die Haken der Stirnsteine wirkt, und es wird infolge der stärkeren Zusammenpressung der geneigten Lagerflächen entweder Trennung der Stirnmauer an den senkrechten Stoßfugen der Haken bewirkt, oder es werden die hakenförmig in die horizontalen Mauer-schichten eingreifenden Wölbsteine, von der Kante der gebrochenen Lagerfläche aus, brechen müssen, wenn die senkrechte Belastung des in die horizontalen Mauer-schichten übergreifenden Teiles derselben größer ist, als die relative Festigkeit der Steine.

Nach dem Vorbemerkten ist die Anwendung des Hakenverbandes an den Stirnen von Gewölben durchaus verwerflich, und es müssen zum Anschluß der Wölbsteine an die horizontalen Schichten der Stirnmauer die senkrechten Stoßfugen der Wölbsteine da angebracht werden, wo das harte Lager derselben die in ihrer Richtung vorkommenden horizontalen Lager der anschließenden Mauer-schichte schneiden. Auf diese Weise greifen die horizontalen Schichten über die Wölbsteine und dürfen erst alsdann angegeschlossen werden, wenn die Senkung des Gewölbes erfolgt ist. Damit nun die Mauer-schichten an die entsprechenden Wölbsteine genau anschließen, so wird an den letzteren die Bearbeitung der zum Anschluß dienenden senkrechten Stoßfugen, und ebenso der horizontalen Lagerfugen, erst nach erfolgter Senkung des Gewölbes vorgenommen.

Das Heraustragen der Wölbsteine ist selbst an den Stirnen höchst einfach und durch nichts von dem bereits besprochenen Heraus-tragen der Steine eines Mauerbogens in gerader Mauer verschieden. Wir werden deshalb, zur Vermeidung von Wiederholungen, das Heraus-tragen von Wölbsteinen bei geraden Tonnengewölben nur alsdann besprechen, wenn dabei bis jetzt noch nicht betrachtete Stein-formen vorkommen, welche es nötig erscheinen lassen.

Ein zweites Beispiel von einem geraden Brückenbogen geben wir in Fig. 214 und 215. Wie aus Fig. 214, welche die Stirnansicht zur Hälfte darstellt, zu ersehen ist, das Gewölbe ein flaches Stichbogen-gewölbe, dessen Bogenlinie aus einem Mittelpunkt C mit einem Halb-messer AC beschrieben ist, welcher der Spannweite des Gewölbes gleich ist, so daß der Centriwinkel von den Widerlagern aus 60 Grade hat. Es stellt demnach Fig. 214 das flachste Gewölbe dar, welches mit Sicher-heit in Hausteinen ausführbar ist.

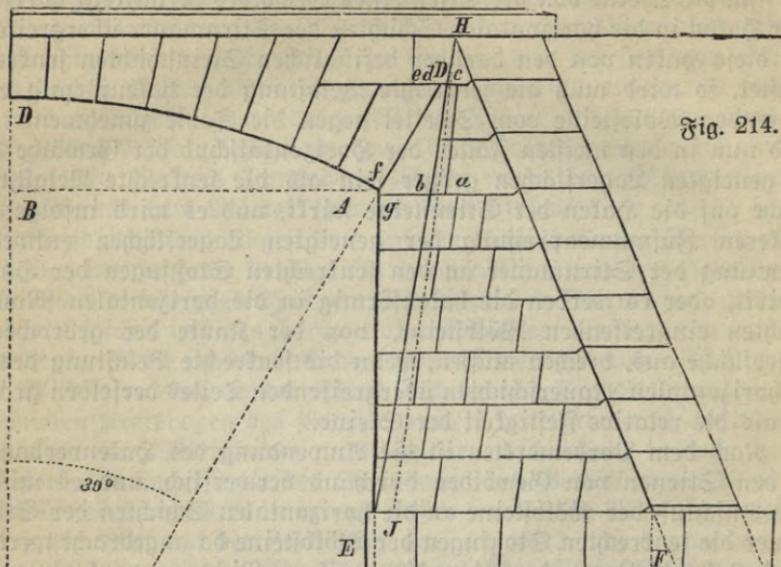


Fig. 214.

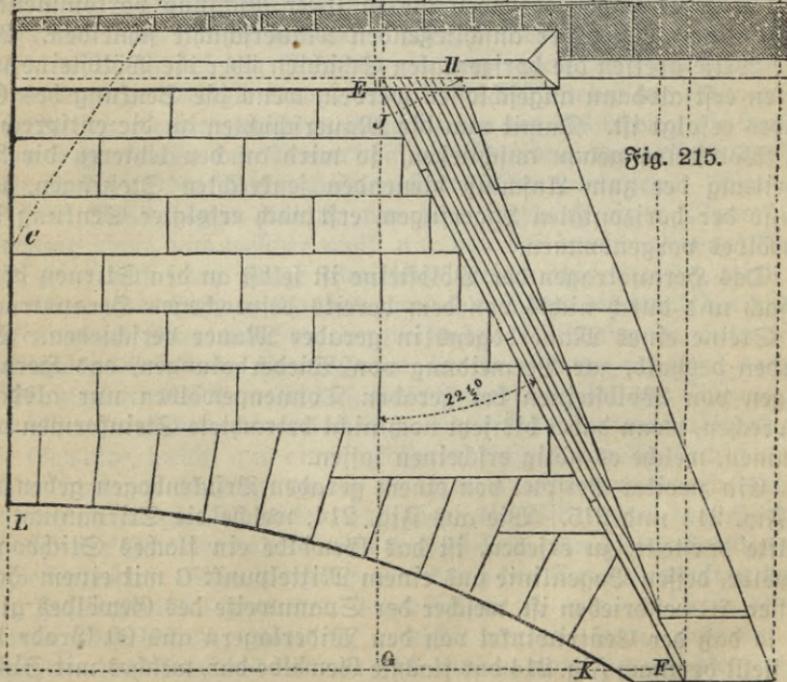
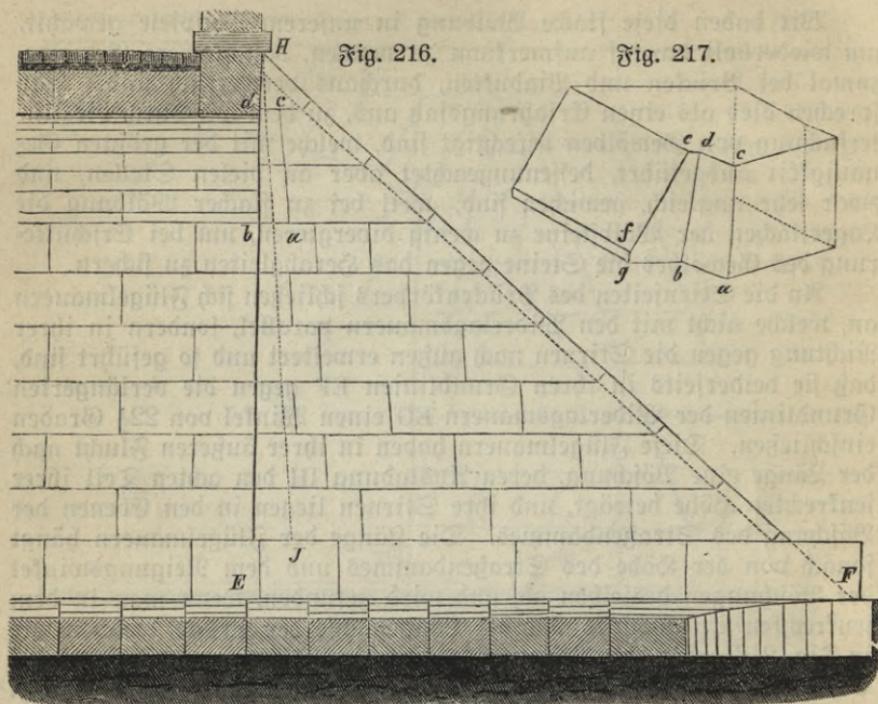


Fig. 215.

Wir haben diese flache Wölbung in unserem Beispiele gewählt, um wiederholt darauf aufmerksam zu machen, daß flachere Gewölbe, zumal bei Brücken und Viadukten, durchaus verwerflich sind. Wir sprechen dies als einen Erfahrungssatz aus, zu dem wir durch die Untersuchung von Gewölben berechtigt sind, welche mit der größten Genauigkeit ausgeführt, dessenungeachtet aber an vielen Stellen, und zwar sehr ungleich, gewichen sind, weil bei zu flacher Wölbung die Lagerflächen der Wölbsteine zu wenig divergieren, um bei Erschütterung des Gewölbes die Steine gegen das Herabgleiten zu sichern.

An die Stirnseiten des Brückenkörpers schließen sich Flügelmauern an, welche nicht mit den Widerlagsmauern parallel, sondern in ihrer Richtung gegen die Stirnen nach außen erweitert und so geführt sind, daß sie beiderseits in ihren Grundlinien EF gegen die verlängerten Grundlinien der Widerlagsmauern EG einen Winkel von $22\frac{1}{2}$ Graden einschließen. Diese Flügelmauern haben in ihrer äußeren Flucht nach der Länge eine Böschung, deren Ausladung IH den achten Teil ihrer senkrechten Höhe beträgt, und ihre Stirnen liegen in den Ebenen der Böschung des Straßendamms. Die Länge der Flügelmauern hängt sonach von der Höhe des Straßendamms und dem Neigungswinkel der Böschungen desselben ab, und wird gefunden, wenn man in dem senkrechten Durchschnitt nach der Längachse der Brücke, welchen wir in Fig. 216 geben, den Neigungswinkel der Böschung anträgt und die Böschungseite FH bis zur Grundlinie der Flügelmauer führt. Trägt man die Entfernung EF aus Fig. 216 an die im Grundrisse Fig. 215 punktiert eingezeichnete verlängerte Grundlinie der Widerlagsmauern von E nach G an und zieht sodann über G eine Parallele mit der Stirnmauer, bis sie die Grundlinie der Flügelmauer in F schneidet, so haben wir in EF die gesuchte Länge der Flügelmauer, zu welcher der Vorsprung des Sockels noch hinzugerechnet wird. Die Linie FH, Fig. 215, stellt die in der Böschungsebene des Straßenkörpers befindliche Kante des Mauerhauptes dar, mit welcher die Kante der Rückseite parallel ist. Da die Stirnseiten der Flügelmauern in den Böschungsebenen des Straßenkörpers liegen, so werden die Fugenschnitte der Mauer-schichten an diesen Stirnflächen parallel mit den erzeugenden Linien der Böschungsebenen angenommen, damit die Schnittlinien gerade und horizontale Linien sind. Gegen die horizontalen Fugen der Mauer-schichten sind die Fugen der Steine, welche Teile der Stirnseite bilden, zur Vermeidung spitzer Winkel rechtwinkelig gegen die geneigte Stirnfläche geschnitten, so daß die gebrochenen Lagerfugen einen Hakenverband an den Stirnseiten der Flügelmauern herstellen. Die Stirnmauern sind mit den Flügelmauern aufs innigste zu verbinden und es darf beim Anschluß der Flügelmauern nach der Linie EH durchaus keine Stoßfuge vorkommen. Wir geben in Fig. 217 die perspektivische



Ansicht eines Widerlagersteins in der Gewölbefirn, welcher zugleich mit einem Winkel in die anschließende Flügelmauer übergreift, wie dies bei allen in der Richtung der Linie EH vorkommenden Steinen und zwar mit Berücksichtigung eines zweckmäßigen Längenverbandes durch wechselnde Stoßfugen, sowohl nach der Richtung der Flügelmauer als auch nach der Richtung der Widerlags- und Stirnmauer, beobachtet werden muß. Wir haben in unserm Beispiele von einer Brücke mit Flügelmauern angenommen, daß das Flutbett ebenfalls aus Haussteinen konstruiert und durch Quaderschichten gebildet sei, welche an beiden Enden durch Flachbogen abgeschlossen werden. Aus Fig. 215, welche den Grundriß einer Flügelmauer mit der Hälfte des von zwei Flügelmauern seitlich begrenzten Flutbettes darstellt, wird die Anordnung des letzteren zur Genüge ersehen werden können.

Indem wir hiermit unsere Betrachtung über gerade Brückenbogen schließen und uns zu den schiefen Brücken, deren Stirnen nicht rechtwinklig gegen die mit den Widerlagern parallelen Achsen gerichtet sind, wenden, gedenken wir in Kürze einer früher beinahe allgemein im Gebrauche gewesenen Anordnung des Fugenschnittes schiefer Gewölbe, welche zur Zeit nur noch ausnahmsweise Geltung hat. Es ist dies die

Beibehaltung des Fugenschnittes von den Widerlagern aus wie bei geraden Gewölben, so daß der Grundbogen senkrecht gegen die Widerlager, und der aus der Einteilung des Grundbogens sich ergebende Fugenschnitt parallel mit den Widerlagern angenommen wird. Zur Vermeidung der bei Durchführung dieses Fugenschnitts entstehenden spitzen Winkel an den Gewölbefirn wurde nun der Stirnbogen für sich, als Grundbogen betrachtet, besonders eingeteilt, und mit normal auf die Bogenlinie des Stirnbogens gerichteten Fugen in senkrecht auf die Stirnfläche gerichteten Ebenen geschnitten. Wo die senkrecht auf die Stirnflächen gerichteten Fugen mit den in ihrer Richtung zunächst vorkommenden Fugen des geraden Gewölbes zusammentrafen, suchte man durch eine schickliche Anordnung der Stoßfugen einen Verband durch Verwechseln derselben von einem Teil der verschieden geschnittenen Gewölbe in den andern zu erreichen.

Fig. 218a, 218b und 218c stellen eine derartige Anordnung des Fugenschnittes von einem schiefen Gewölbe dar, und zwar ist Fig. 218a der Grundbogen des Gewölbeteils, welcher nach der angegebenen Teilung mit der Gewölbeachse parallele Fugen hat; Fig. 218b ist der Grundriß des Stirnbogens mit senkrecht gegen die Stirnmauer gerichteten Fugen, nebst Angabe der Stoßfugen bei dem Zusammentreffen der Lagerfugen des Stirnbogens und des Tonnengewölbes; Fig. 218c ist der Grundbogen an der schiefen Gewölbefirn, mit der Ansicht der Leibung des Gewölbes, aus welcher gleichfalls die Anordnung der genannten Stoßfugen zu ersehen ist.

Bei dieser Anordnung bilden die Leibungsflächen mit den Lagerflächen der schief über die Cylinderfläche des Gewölbes geführten Wölbsteine der Stirnbogen spitze Winkel. Da nun außerdem die Bearbeitung sowohl wie das Versetzen dieser Stirnbogensteine überaus schwierig ist, auch bei dem ungleichen Senken zweier so heterogenen Bestandteile des Gewölbes, bei einigermaßen bedeutender Spannweite, unfehlbar an den Anschlußstellen derselben Trennungen entstehen, so erklärt sich daraus die so selten und nur in sehr wenigen Fällen gerechtfertigte Anwendung dieser Konstruktion.

Das vollkommenste schiefe Gewölbe wäre ein solches, dessen durchlaufende Fugenflächen in jedem Punkte senkrecht auf der Stirnfläche und zugleich normal auf der Leibungsfläche stünden. Es würden die Wölbjichten eines solchen Gewölbes am gleichmäßigsten der Belastung widerstehen. Diese vollkommene Konstruktion schiefer Gewölbe kann jedoch nicht in allen gegebenen Fällen erreicht werden, zumal wenn die Breite der Gewölbe im Verhältnis zu ihrer Spannweite eine so geringe ist, daß nur wenige Wölbjichten unmittelbar auf die Widerlager treffen.

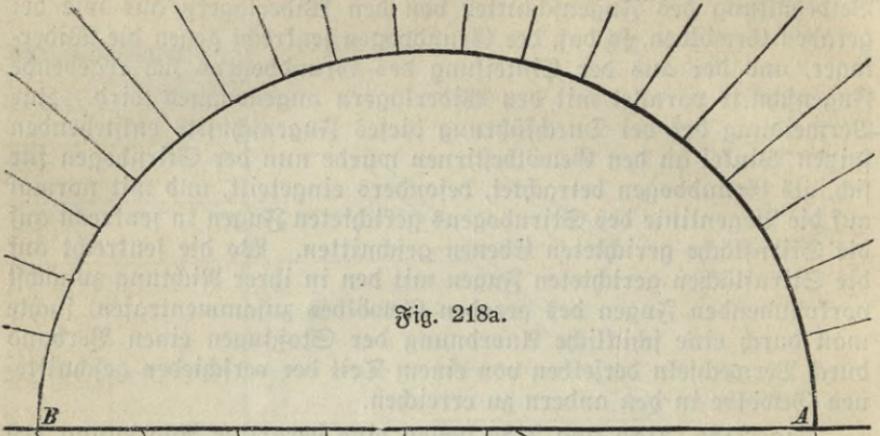


Fig. 218a.

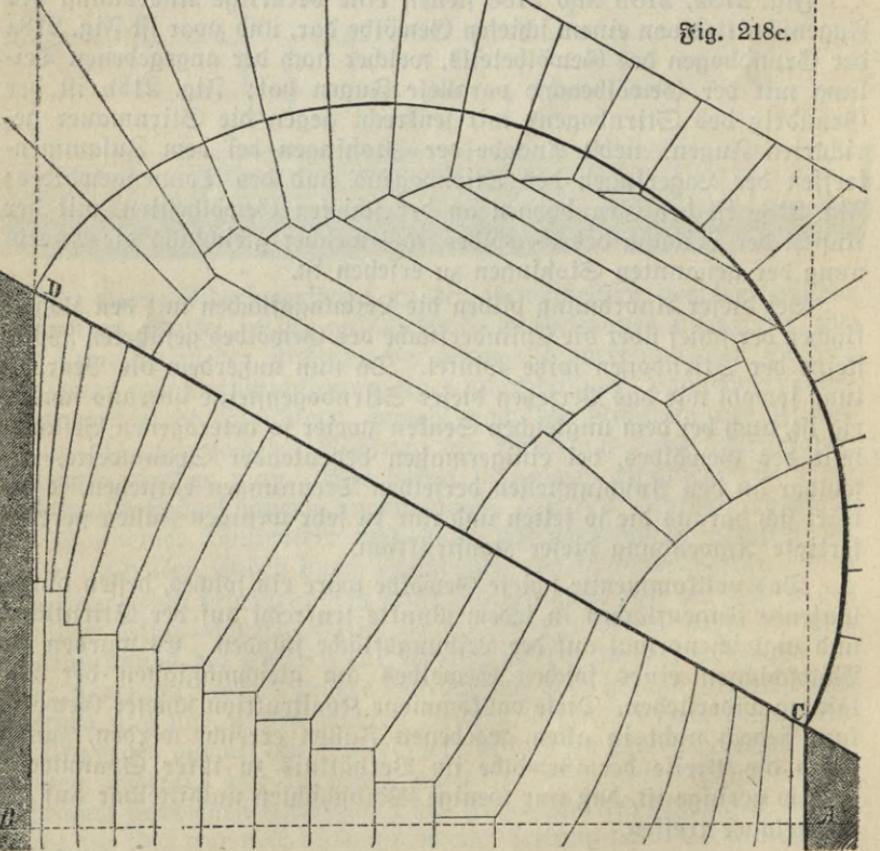


Fig. 218c.

Fig. 218b.

Wir geben in Fig. 218 die Ansicht und in Fig. 219 den Grundriß eines schiefen Gewölbes, bei welchem die Lagerfugen zwar von der senkrechten Richtung abweichen, dabei aber so geführt sind, daß an beiden Stirnen die eine Hälfte der Wölbchichten unmittelbar auf den Widerlagern des nicht sehr breiten Gewölbes ruhen. Die unbedeutende Abweichung der Fugenrichtung gegen die Stirnfläche vom rechten Winkel ist weniger nachtheilig für die Festigkeit des Gewölbes, als wenn bei genau rechtwinkliger Führung derselben eine geringere Anzahl von Wölbchichten sich von den Widerlagern erhoben hätte. Die Stoßfugen, welche parallel mit den Stirnbogen angenommen sind, bilden bei allen Wölbsteinen, sowie bei den Widerlagssteinen für jede Schichte, genau Teile des parallel mit den Stirnen angenommenen Grundbogens. In der mit den Widerlagern parallelen Achse des Gewölbes befinden sich die Mittelpunkte C, C', C'' u. s. w. für die verschiedenen Stoßfugen. Die Widerlagersteine greifen, da sie sowohl die Lager- als auch die Stoßflächen für die anschließenden Schichten enthalten, in das Gewölbe ein und werden Reiter genannt. An den stumpfwinkligen Seiten der Widerlager haben die Widerlagersteine die gewöhnliche Form der Widerlagersteine von geraden Gewölben, auf welchen die Lagerfugen der Gewölbeansänger rechtwinklig gegen die Stirn gearbeitet sind; die übrigen Widerlagersteine bilden die in die Gewölbläche eingreifenden Reiter. Fig. 220 stellt einen Widerlagerstein an der stumpfwinkligen Seite der Widerlager und den zunächst diesem befindlichen Reiter dar. Einen Schlußstein der Stirnbogen geben wir in Fig. 221. Die Schnittlinien der gewundenen Schichten bilden Kurven und die Lagerflächen, welche von allen Punkten der Fugen normal auf die durch diese Punkte geführten Grundbogen gerichtet sein müssen, sind windschiefe Flächen. Um die Schnittlinien sowie die wirklichen Breiten der Schichten zu erhalten, muß man die Gewölbläche abwickeln, das heißt: man muß die wirkliche Größe derselben auf einer unebenen Horizontalfäche ausgebreitet verzeichnen. Trägt man nun die Schnittpunkte der Fugen an den beiden Stirnseiten sowohl, als auch jene, welche in die Kämpferlinien der Widerlager fallen, genau an und verbindet die zusammengehörigen Endpunkte der Fugen durch gerade Linien, so erhält man die Fugenschnitte an der Leibung sowie die verschiedenen Breiten der Schichten. Die Fugenschnittlinien an der Abwicklung sind zwar nicht ganz genau gerade Linien; die Krümmung derselben ist aber bei flachen Gewölben so unbedeutend, daß man die geraden Linien ohne Nachteil als die Fugenschnittlinien annehmen kann. Nach den Schnittlinien der Abwicklung ist es leicht, dieselben in den Musterriß überzutragen und zu verzeichnen. Sind die Fugenschnitte an dem Musterrisse Fig. 218 verzeichnet, so können aus diesem, und aus der im Grundrisse Fig. 219 ein-

gezeichneten Länge der Steine, die einzelnen Steine herausgetragen werden. Immerhin ist die Ausführung schiefer Gewölbe mit gewun-

Fig. 220.

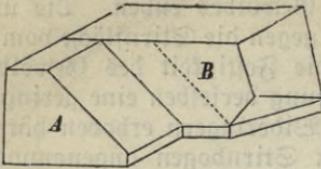


Fig. 221.

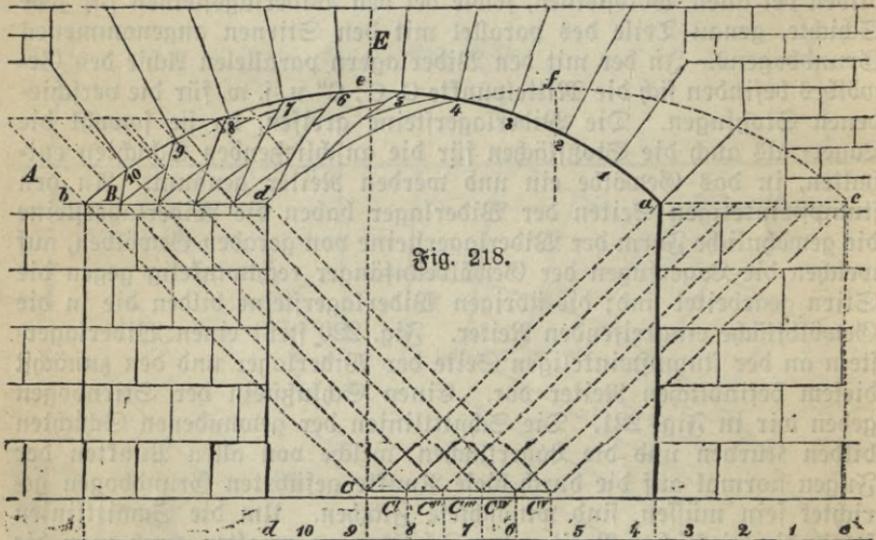
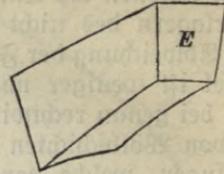


Fig. 218.

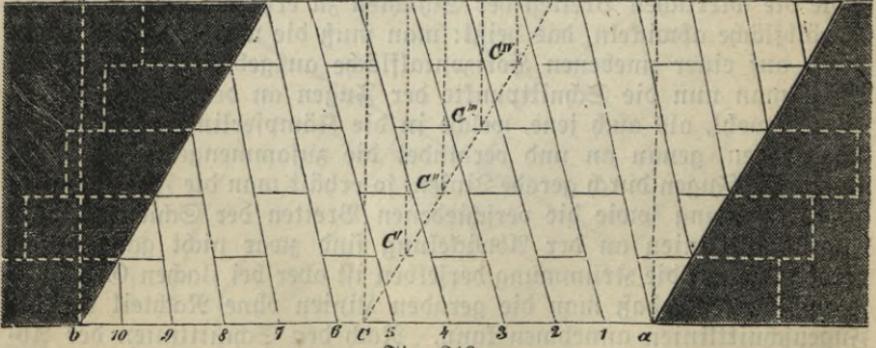


Fig. 219.

denen Schichten schwierig. Bei schiefer Gewölben, deren Grundbogen ein Halbkreis oder eine Ellipse ist, bilden die Fugenschnitte in der Ab-

wickelung der Gewölbfläche keine geraden Linien. Diese krummen Linien werden durch Berechnung bestimmt, nach Gleichungen, welche für jede besondere Form der Gewölbe besonders entwickelt werden müssen.

Da die mathematische Lösung solcher Aufgaben nicht als Gegenstand eines praktischen Handbuches betrachtet werden kann, so verweisen wir auf umfassende Werke über die so wichtige Konstruktion schiefer Gewölbe, von denen wir „Seider, Theorie schiefer Gewölbe, Wien, 1846“ und „F. Washforth, praktische Anweisung zur Konstruktion schiefer Brücken, Weimar, 1851“ besonders empfehlen.

Weit geringere Schwierigkeit, als die letzterwähnten schiefen Gewölbe mit gewundenen Schichten, bieten die Zonen- oder Gurtgewölbe in der Ausführung dar. Ein solches Gewölbe besteht seiner Breite nach aus mehreren Tonnengewölben, welche nebeneinander gereiht und nach gleichen Grundbogen gewölbt werden. Diese einzelnen Gurten oder Zonen bilden sowohl in der Horizontalebene der Widerlager, als auch in jedem senkrechten Querschnitte gegen die Stirnen, Abtreppungen gegeneinander. Wo diese Abtreppungen stattfinden dürfen, wie dies namentlich beim Brückenbau der Fall ist, wo die Ansicht der Gewölbfläche keinen Schönheitsforderungen Genüge zu leisten hat, verdienen diese Gewölbe in Betracht ihrer Einfachheit und der Leichtigkeit in der Ausführung, vor den in den vorhergehenden Beispielen erwähnten Konstruktionen unbedingt den Vorzug.

Die Fig. 222 gibt die Ansicht und 223 den Grundriß eines solchen Stichbogengewölbes, welches aus vier gleichbreiten Zonen besteht. Zur Vermeidung spitzwinkliger Ecken an den Stirnmauern sind die Widerlager an den Stirnen bei *a* und *d* auf die Breite der Stirnzonen, von deren in die schiefen Kämpferlinien treffenden Hinterkanten aus, rechtwinkelig gegen die Stirn senkrecht abgestutzt. Diese Art von schiefen Gewölben ist so einfach, daß nach Ansicht der Darstellung eines solchen in den Fig. 222 und 223 jede weitere Auseinandersetzung überflüssig erscheint. Da die einzelnen Zonen jede für sich und unabhängig von den andern gewölbt werden, so ist auch nicht geradezu erforderlich, daß ihre Widerlager sich in einer und derselben Horizontalebene befinden. Es können sonach die für jede einzelne Zone in einer Horizontalebene liegenden Widerlager von Zone zu Zone an- oder absteigend angeordnet, und vermittelst dieser Anordnung ohne alle Schwierigkeit an- oder absteigende schiefe Gewölbe hergestellt werden.

Neunter Abschnitt.

Von den Klostergewölben.

Denkt man sich zwei Tonnengewölbe derart zur Überwölbung eines Rechtecks ABCD nach Fig. 211 im Grundrisse, daß das eine über den Mauern AB und CD und das andere über den Mauern AD und BC angebracht sei, und daß ferner diese zwei Tonnengewölbe sich so durchschneiden, daß die Diagonalen AC und BD die Horizontalprojektionen ihres Durchschnittes sind und die Entstehungslinien der Wölbflächen in derselben Horizontalebene liegen, so entsteht aus dem Zusammentreffen dieser beiden Tonnengewölbe eine Gewölbart, welche man allgemein *Klostergewölbe* nennt.

Sind die Durchmesser der sich schneidenden Tonnengewölbe gleich, so sind es die Grundbogen derselben auch; sind alle diese Durchmesser ungleich, so sind es die Grundbogen ebenfalls. Einer der Grundbogen kann willkürlich gegeben sein, der andere aber hängt von dem gegebenen und von der Bedingung ab, daß die Horizontalprojektion des Durchschnittes der beiden Tonnengewölbe die Diagonalen des Rechtecks sind, über welchem das Gewölbe angebracht ist.

Die Teile der Tonnengewölbe, welche in ihrer Zusammensetzung die Klostergewölbe bilden, werden *Wangen* genannt, und es werden nach diesen charakteristischen Bestandteilen alle Gewölbe, welche nur aus Wangen von Tonnengewölben bestehen, deren Horizontalprojektionen ihrer Durchschnitte in einem Punkte zusammentreffen, zu den Klostergewölben gezählt. Hiernach kann ein Klostergewölbe über Mauern errichtet werden, deren Grundrisse nach den inneren Seiten des zu überwölbenden Raumes ein regelmäßiges Vieleck von einer beliebigen Anzahl Seiten bilden.

Welches nun das Vieleck des Grundrisses von dem Raume, welcher durch ein Klostergewölbe überwölbt werden soll, sein mag, so müssen die Horizontalprojektionen der jedesmal in einer Horizontalebene liegenden Fugen dieses Gewölbes ähnliche Vielecke bilden, die ineinander liegen und deren Seiten parallel sind mit den Widerlagern. Bei der Kuppel, welche nach dem Angeführten als ein Klostergewölbe zu betrachten ist über einem Raume, dessen Umfangsmauern im Grundriß

einen Kreis bilden, erscheinen die Horizontalprojektionen der Fugen als konzentrische Kreise.

Als Beispiel eines einfachen Klostergewölbes nehmen wir an, das Rechteck ABCD Fig. 225 sei der Grundriß der inneren Mauerseiten des Raumes, welcher mit einem Klostergewölbe überwölbt werden soll, und der Halbkreis KLM sei der Grundbogen des über den entgegengesetzten Seiten AB und DC zu errichtenden Tonnengewölbes. Wie bereits bekannt, sind die Diagonalen AC und BD die Horizontalprojektionen der Durchschnitte der beiden Tonnengewölbe, aus welchen das Klostergewölbe besteht. Aus dieser Annahme und aus der weiteren Bedingung, daß die Horizontalprojektionen der Fugen ähnliche Rechtecke bilden müssen, die ineinander liegen und deren Seiten parallel mit den entsprechenden Widerlagern sind, ergibt sich die Verzeichnung des Musterrisses. Hat man nämlich den Grundbogen KLM Fig. 224 in so viele gleiche Teile geteilt, als das Gewölbe Schichten enthalten soll, und die Diagonalen AC und BD durch die Scheitelwinkel des Rechtecks ABCD gezogen, so fällt man durch Senkrechte auf die Grundlinie KM die Horizontalprojektionen der Fugen an der Bogenleibung des Tonnengewölbes, dessen Grundbogen KLM ist, welche Projektionen zwischen den von den Diagonalen AC und BD gebildeten Scheitelwinkeln AJB enthalten sind; sodann verbindet man die Punkte, wo diese Horizontalprojektionen die Diagonalen AC und BD treffen, durch gerade Linien, welche mit den Geraden AD und BC parallel sind, und verlängert diese unbestimmt, jenseits der Geraden DC. Diese Teile dieser letzteren geraden Linien, welche innerhalb der Scheitelwinkel EJD und BJC liegen, sind die Horizontalprojektionen der Fugen an der Bogenleibung des zweiten Tonnengewölbes. Zieht man nun die Grundlinie SU Fig. 226 parallel mit der Seite DC im Grundriß, und macht über dieser die Ordinaten $a'b'$, $c'd'$, $e'f'$, $l'l'$ beziehungsweise gleich den Ordinaten ab , cd , ef IL des Bogens KLM, und zieht durch die Punkte S, b, d, f, T und U eine stetige krumme Linie, so ist dieselbe der Grundbogen des zweiten Tonnengewölbes. Da wir zum Grundbogen des ersten Tonnengewölbes den Halbkreis angenommen haben, so wird der Grundbogen des zweiten Tonnengewölbes eine halbe Ellipse sein, welche in der Ausführung nach dem bekannten Verfahren mittelst einer Schnur genau verzeichnet werden kann.

Zieht man hierauf in Fig. 226 durch die Punkte b, d, f u. s. w., welche die Vertikalprojektion der Fugen an der Leibung des zweiten Tonnengewölbes sind, Normale an die Ellipse STU, so erhält man die Fugenschnitte des zweiten Tonnengewölbes.

Ist der Rücken OPQ des ersten Gewölbes bestimmt, so erhält man den Rücken xyzw des zweiten, wenn man die Fugenschnitte an dem

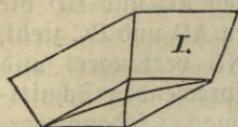


Fig. 227.

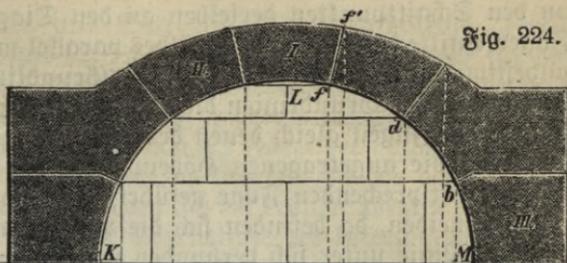


Fig. 224.

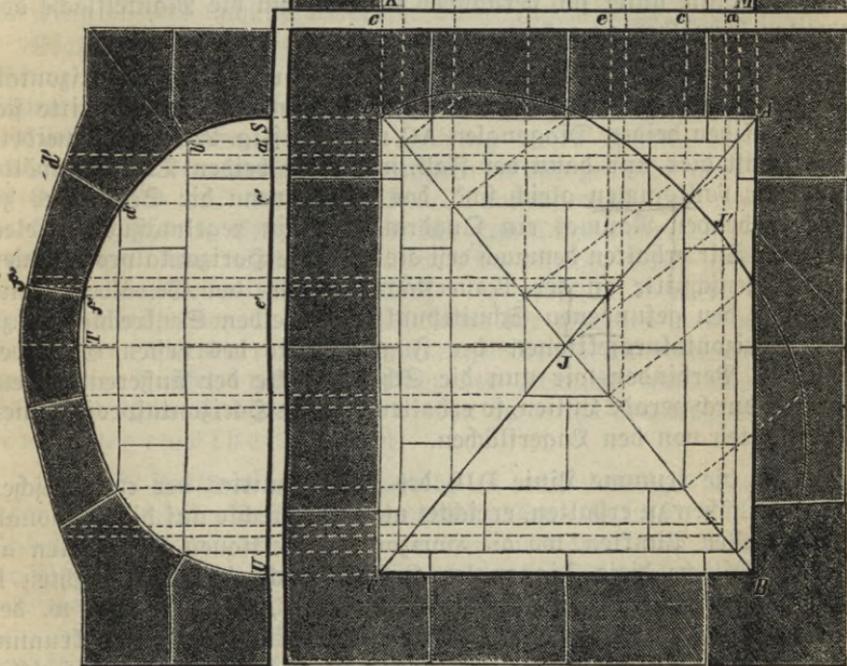


Fig. 226.

Fig. 225.

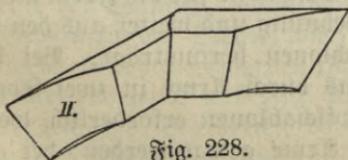


Fig. 228.

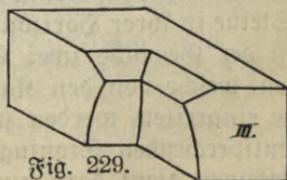


Fig. 229.

Rücken des ersteren in den Grundriß auf dieselbe Weise anträgt und an den Schnittpunkten derselben an den Diagonalen AC und BD die Fugenschnitte des anderen Gewölbes parallel mit den AD und BC zieht, unbestimmt als Senkrechte auf die Grundlinie NU verlängert und oberhalb dieser Grundlinien die Ordinaten der entsprechenden Schnittpunkte der Fugen gleich denen des ersten Bogens macht; sodann werden über die angetragenen Höhenpunkte der Ordinaten Horizontale bis zur entsprechenden Fuge geführt, und wo diese Horizontalen die Fuge schneiden, da befinden sich die Punkte, welche durch eine stetige krumme Linie unter sich verbunden werden, um die Mantelfläche des zweiten Gewölbes zu erhalten.

Es ergibt sich aus dem angegebenen Verfahren, daß die Horizontalprojektionen der Kanten von den Endpunkten der Fugenschnitte sich nicht auf den beiden Diagonalen AC und BD Fig. 225 durchschneiden, und es ist dies nur dann der Fall, wenn die beiden Tonnengewölbe einander vollkommen gleich sind, das heißt, wenn die Seiten des zu überwölbenden Raumes ein Quadrat oder ein regelmäßiges Vieleck bilden. Wir erhalten demnach erst alsdann die Horizontalprojektionen der Fugenschnitte an der Mauerfläche des zweiten Gewölbes, wenn wir von den gefundenen Schnittpunkten desselben Senkrechte bis zu den Horizontalprojektionen der Fugenschnitte des ersten Gewölbes führen. Verbinden wir nun die Schnittpunkte der äußeren Fugenschnitte durch gerade Linien, so erhalten wir die Horizontalprojektionen der Kanten von den Lagerflächen.

Um die krumme Linie DJB des Durchschnittes der cylindrischen Gewölbflächen zu erhalten, errichtet man Senkrechte auf die Diagonale CD an allen Punkten, wo die Horizontalprojektionen der Kanten an der Wölbfläche diese Diagonalen treffen, macht diese Senkrechten beziehungsweise gleich den Ordinaten $a'b'$, $c'd'$, $e'f'$, $l'l'$ u. s. w. des Bogens MLK, und zieht durch ihre Endpunkte eine stetige krumme Linie, welche nun die verlangte krumme Linie DJB des Durchschnittes der beiden Cylinderflächen in der Richtung der Diagonale BD darstellt.

Zum Verzeichnen der Wölbsteine bedient man sich der Abvierung, indem man aus dem Grundriß eine Schablone für die Form und Größe der Steine in ihrer Horizontalausdehnung und weiter aus den Grundbogen der Gewölbe zwei Kopfschablonen heraus trägt. Bei Winkelsteinen, welche von den Kanten aus durch Arme in zwei Tonnengewölbe eingreifen, werden zwei Kopfschablonen erforderlich, welche an die entsprechenden Stoßfugen der Arme gelegt werden; bei geraden Wölbsteinen dient dazu nur eine Kopfschablone, welche zur Verzeichnung an beiden Stoßfugen angelegt wird.

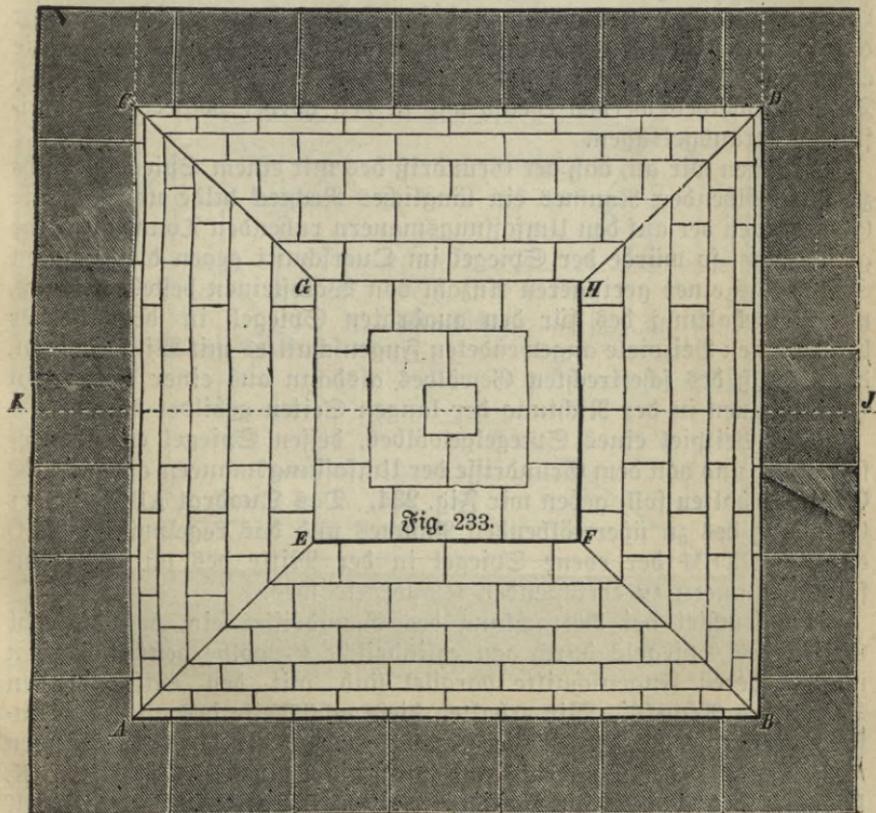
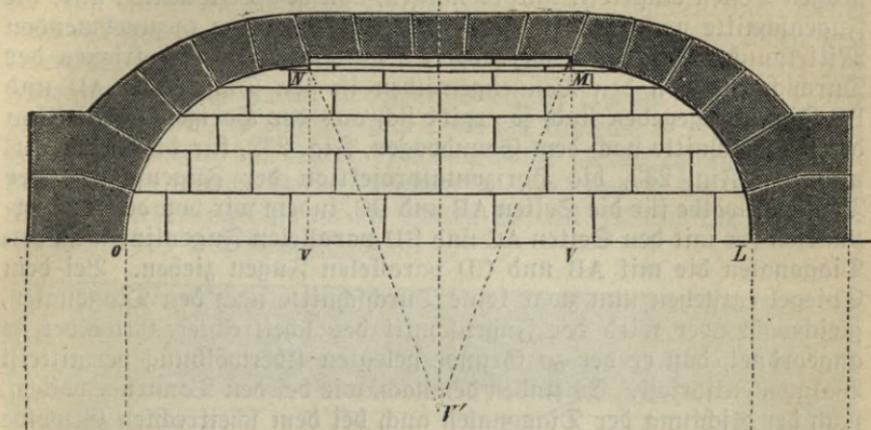
Über das Verzeichnen und Bearbeiten der Winkelsteine, deren Form aus Fig. 227, 228 und 229, welche drei dieser Wölbsteine für die erste Schichte, die dritte Schichte und im Schlusse darstellen, ersehen werden kann, eine besondere Erklärung zu geben, erscheint überflüssig, da sich die Form dieser Winkelsteine von der Form der geraden Schichtsteine nur dadurch unterscheidet, daß die inneren Flächen der Leibung nicht durchgearbeitet werden, sondern sich im rechten Winkel schneiden, wobei sich in der Bearbeitung die Schnittlinie der beiden Flächen von selbst ergibt, und nicht besonders herausgetragen zu werden braucht.

Sind die aneinanderstoßenden Seiten eines Rechtecks von einander sehr verschieden, so würde für die langen Seiten ein sehr gedrückter Bogen entstehen, und die Gratbogen der Diagonalbogen würden noch gedrückter erscheinen. Zur Vermeidung dieses Übelstandes wendet man ein von dem vorher besprochenen Klostergewölbe abweichendes Klostergewölbe an, das aus einem Tonnengewölbe in der Mitte, welches die schmale Seite des Rechtecks zum Durchmesser hat, und aus zwei Walmen von demselben Durchmesser besteht, welche letztere von den schmalen Seiten als Widerlager so errichtet werden, daß die Horizontalprojektionen der Durchschnitte der Walmen mit dem über die langen Seiten errichteten Tonnengewölbe gerade Linien bilden, welche die Winkel, wo die Seiten des Rechtecks zusammenstoßen, halbieren. Zur Unterscheidung werden derartige Klostergewölbe als *M u l d e n g e w ö l b e* bezeichnet.

Fig. 230 stellt ein solches Gewölbe im rechtwinkligen Querschnitt gegen die Langseiten und Fig. 231 dasselbe Gewölbe im Grundrisse dar. Nach der Annahme, daß die Horizontalprojektionen der Durchschnitte der Walmen mit dem Tonnengewölbe die rechten Winkel der Mauerecke halbieren, wird der Grundbogen der Walmen derselbe sein, wie der des Tonnengewölbes, sodaß die Fugenschnitte der Kappe in der Horizontalprojektion von den Schnittpunkten der Fugenschnitte des Tonnengewölbes an den Horizontalprojektionen der Durchschnitte DI, CI und AF, BF parallel mit den schmalen Seiten AB und CD gezogen werden. Der Musterriß des Tonnengewölbes entspricht zur Hälfte genau dem Musterrisse der Walmen, sodaß von dem ersteren die Stirnschablonen für die Stoßfugen der Steine, wie für das Tonnengewölbe so auch für die Walmen, entnommen werden können. Das Verzeichnen des Musterrisses erklärt sich leicht aus Fig. 230, sodaß darüber, sowie über das Heraustragen und Bearbeiten der Grat- und Winkelsteine, weitere Bemerkungen überflüssig erscheinen.

Zuweilen werden große Räume nach einem Klostergewölbe so überwölbt, daß die Walmen im Scheitel eine Öffnung in der Decke oder eine horizontale Decke selbst umschließen, sodaß die Walmen gewisser-

Fig. 232.



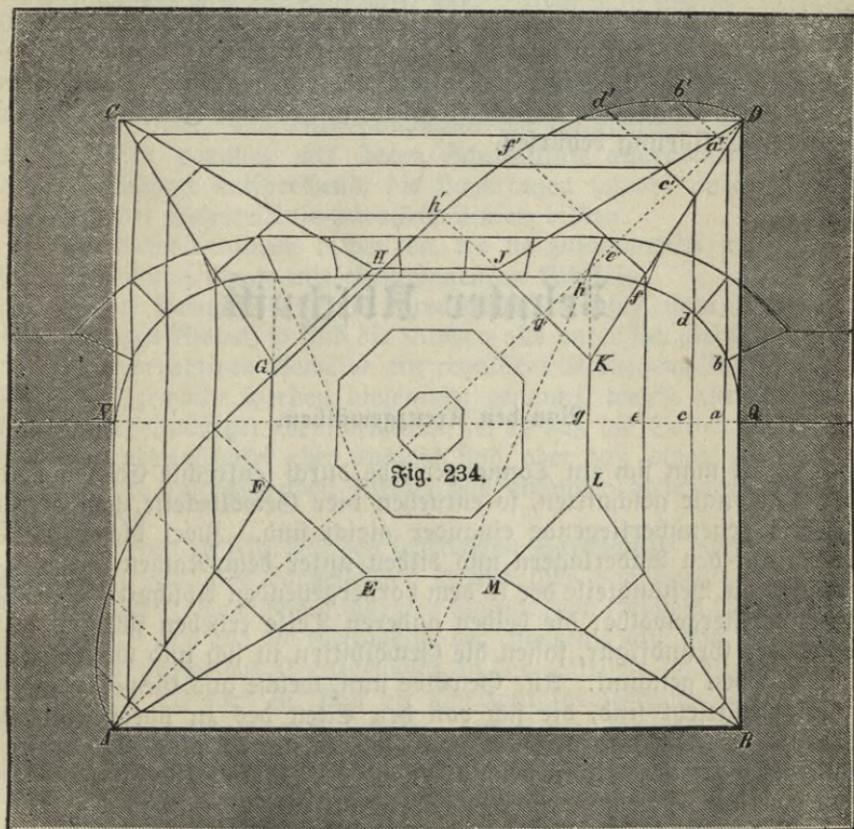
Gewölbe bildet, muß die Linie MN in eine ungerade Anzahl von gleich großen Teilen eingeteilt und es müssen, von den Teilpunkten aus, die Fugenschnitte nach dem für das schiebrechte Gewölbe anzunehmenden Mittelpunkt V' gezogen werden. Da die Horizontalprojektionen der Durchschnitte von den Tonnengewölben in den Diagonalen AD und BC Fig. 233 gegeben sind, so ergibt sich aus der Horizontalprojektion der Fugenschnitte nach dem Grundbogen, Fig. 232, für die Seiten AC und BD, Fig. 233, die Horizontalprojektion der Fugenschnitte der Tonnengewölbe für die Seiten AB und BC, indem wir von den Schnittpunkten der mit den Seiten AC und BD parallelen Fugenlinien an den Diagonalen die mit AB und CD parallelen Fugen ziehen. Bei dem Spiegel entstehen nun zwar keine Durchschnitte nach den Diagonalen, gleichwohl aber wird der Fugenschnitt des schiebrechten Gewölbes so angeordnet, daß er der zu Grunde gelegten Überwölbung vermitteltst Walmen entspricht. Es finden demnach, wie bei den Tonnengewölben, nach der Richtung der Diagonalen auch bei dem schiebrechten Gewölbe Winkelsteine ihre Anwendung und der Schluß des Gewölbes erfolgt durch einen einzigen Schlußstein von quadrater Grundform. Die elliptischen Bogen der Diagonalschnitte von den viertelkreisförmigen Tonnengewölben werden ebenso wie in den vorher besprochenen Beispielen herausgetragen.

Nehmen wir an, daß der Grundriß des mit einem Spiegelgewölbe zu überwölbenden Raumes ein längliches Rechteck bilde und daß die Grundbogen der auf den Umfassungsmauern ruhenden Tonnengewölbe gleich seien, so würde der Spiegel im Querschnitt gegen die schmalen Seiten aus einer geringeren Anzahl von Wölbsteinen bestehen, sodaß, mit Beibehaltung des für den quadraten Spiegel in dem vorher besprochenen Beispiele angewendeten Fugenschnittes mit Winkelsteinen, der Schluß des schiebrechten Gewölbes alsdann aus einer Reihe von Schlußsteinen in der Richtung der langen Seiten gebildet würde.

Als Beispiel eines Spiegelgewölbes, dessen Spiegel eine vorgeschriebene und von dem Grundriße der Umfassungsmauern abweichende Gestalt erhalten soll, geben wir Fig. 234. Das Quadrat ABCD ist der Grundriß des zu überwölbenden Raumes und das regelmäßige Achteck EFGHIKLM der ebene Spiegel in der Mitte des auf den Umfassungsmauern zu errichtenden Klostergewölbes.

Es leuchtet bei Betrachtung des Grundrisses ein, daß die acht Seiten des Spiegels durch acht cylindrische Gewölbe gestützt werden müssen, deren Fugenschnitte parallel sind mit den entsprechenden Seiten des Achtecks. Wir erhalten diese acht Teile des auf den Umfassungsmauern ruhenden Klostergewölbes, wenn wir durch die Spitzen A, B, C und D des Quadrats und durch die Spitzen E, F, G, H, I, K, L und M des Achtecks die Geraden AE, AF, BL, BM, CG, CH, DI, DK

ziehen, welche die Horizontalprojektionen der Durchschnitte mit den von den Umfassungsmauern errichteten Tonnengewölben sind. Denkt man sich jetzt diese Reihe Durchschnitte in den ersteren Gewölben und betrachtet sie zu zwei und zwei als Richtungslinien von cylindrischen Flächen, die durch gerade horizontale Linien erzeugt werden, welche parallel sind mit der zugehörigen Seite des Achtecks, so erhält man an den vier Winkeln der ersten Tonnengewölbe gleiche cylindrisch abgestufte Seiten, welche an den Spitzen A, B, C und D des Quadrates ABCD entstehen und sich an die Seiten EF, GH, IK und LM des Achtecks E F G H I K L M anschließen.



Set man nun eine Grundlinie NO parallel mit einer der Seiten des Quadrates angenommen, gegen diese den Grundbogen angetragen, den Musterriß des Gewölbes für die vier Seiten vollendet, und nach diesem, in bereits bekannter Weise, die Fugenschnitte im Grundrisse

parallel mit den Seiten des Quadrates gezogen, so ergeben sich die Fugenschnitte an den cylindrischen abgestutzten Seiten, indem sie aus geraden Linien bestehen, welche, von den Schnittpunkten der Fugen der ersteren Gewölbe mit den Seiten der Dreiecke, die die Horizontalprojektionen der senkrechten Durchschnitte sind, parallel mit der entsprechenden Seite des Achtecks gezogen werden.

Wir haben den Grundbogen für die cylindrischen abgestutzten Seiten nach der Diagonale AD als Grundlinie eingezeichnet und uns zur Verzeichnung desselben des bereits durch die vorher besprochenen Beispiele bekannten Verfahrens bedient, bei welchem von dem Grundbogen des ersten Gewölbes die senkrechten Abstände der Teilungspunkte als Ordinaten entnommen und an die Senkrechten, in welchen die Teilungspunkte des Grundbogens vom anschließenden Gewölbe sich befinden, angetragen werden. Da wir die entsprechenden Ordinaten mit gleichen Buchstaben bezeichnet haben, so wird die Zeichnung keiner weiteren Erklärung bedürfen.

Behnter Abschnitt.

Von den Kreuzgewölben.

Denkt man sich ein Tonnengewölbe durch senkrechte Ebenen nach der Diagonale geschnitten, so entstehen vier Gewölbeteile, von denen je zwei gegenüberliegende einander gleich sind. Zwei dieser Teile ruhen auf den Widerlagern und bilden unter dem Namen Gewölbewangen die Bestandteile der in dem vorhergehenden Abschnitte betrachteten Klostergewölbe; die beiden anderen Teile erheben sich von den Ecken der Grundfigur, fassen die Gewölbstirn in sich und werden Gewölbekappen genannt. Alle Gewölbe nun, welche aus Gewölbekappen zusammengesetzt sind, die sich von den Ecken des zu überwölbenden Raumes erheben und deren Stirnen sich an die Umfangsmauern anschließen oder vermittelt besonderer offener Stirnbogen abgeschlossen sind, werden **Kreuzgewölbe** genannt.

Wie bei den **Klostergewölben**, so ist auch bei den **Kreuzgewölben** der Grundbogen des einen Tonnengewölbes abhängig von dem Grundbogen des andern.

Ein Kreuzgewölbe besteht aus so vielen Gewölbekappen, als die Grundfigur des zu überwölbenden Raumes Seiten hat. Alle Ge-

wölbekappen entstehen auf der nämlichen Horizontalebene. Die Horizontalprojektionen der Achsen der Tonnengewölbe, von denen die Kappen Bestandteile ausmachen, schneiden sich alle in einem Punkte, welcher zugleich der Schwerpunkt der Grundfigur ist, und die Horizontalprojektionen des Durchschnitts zweier aneinanderschließenden Kappen ist eine gerade Linie, welche durch den Punkt, wo alle Horizontalprojektionen der Achsen der Tonnengewölbekappen sich treffen, und durch die Spitze des Winkels, welcher sich durch die Seiten der Umfangsmauern oder Bogen bildet, gezogen wird.

Nach dieser Annahme haben die Stirnbogen der Kappen eines Kreuzgewölbes eine gleiche Scheitelhöhe. Zieht man von den Scheitelpunkten der Stirnbogen gerade Linien nach dem gemeinsamen Durchschnittspunkte der Kappen, welcher senkrecht über dem Schwerpunkte der Grundfigur gelegen ist, so stellen diese Linien die Scheitellinien der Kappen dar. Die Entstehungslinie der cylindrischen Fläche einer Kappe wird parallel mit deren Scheitellinie angenommen, sodaß, dieser Annahme entsprechend, die Lagerfugen sowohl unter sich als auch mit der Scheitellinie parallele Linien bilden.

Die Gewölbekappen bilden da, wo sie zusammentreffen, an der Gewölbeleibung Grate mit einspringenden Winkeln.

Ist die Grundfigur eines Kreuzgewölbes ein Quadrat oder ein regelmäßiges Vieleck, so sind die Kappen alle unter sich gleich und man nennt ein derartiges Gewölbe ein reguläres Kreuzgewölbe. Irreguläre Kreuzgewölbe werden diejenigen genannt, welche zur Überwölbung unregelmäßiger Grundfiguren, sei es daß die Seiten gleich, die einschließenden Winkel aber ungleich sind, oder daß sowohl die Seiten als auch die anschließenden Winkel von einander abweichen, Anwendung finden.

Wir geben in Fig. 235 den senkrechten Durchschnitt nach der Linie EF des in Fig. 236 dargestellten Grundrisses von einem regulären Kreuzgewölbe über einem quadraten Raume, von welchem die Geraden AB, CD, AC und BD die Grundrisse der inneren Seite von den Gurtbogen sind, welche das Kreuzgewölbe an den Stirnen abschließen. Die Diagonalen AD und BC sind die Horizontalprojektionen der Durchschnitte der beiden Tonnengewölbe, aus deren Kappen das Kreuzgewölbe gebildet wird. Hat man den Grundbogen UWX in so viele gleiche Teile geteilt, als man Wölbschichten angenommen, von den Teilungspunkten Senkrechte gegen die parallel zur Seite CD gezogene Grundlinie UW gefällt und diese Senkrechten unbestimmt verlängert, so stellen dieselben innerhalb der Diagonalen die Fugenschnitte der Kappen ABI und CDI dar. Zieht man, wo diese Schnitte die Diagonalen AD und BC treffen, parallel mit der Achse FE des anderen Tonnengewölbes gerade Linien bis zu den Seiten AC und BD, so sind

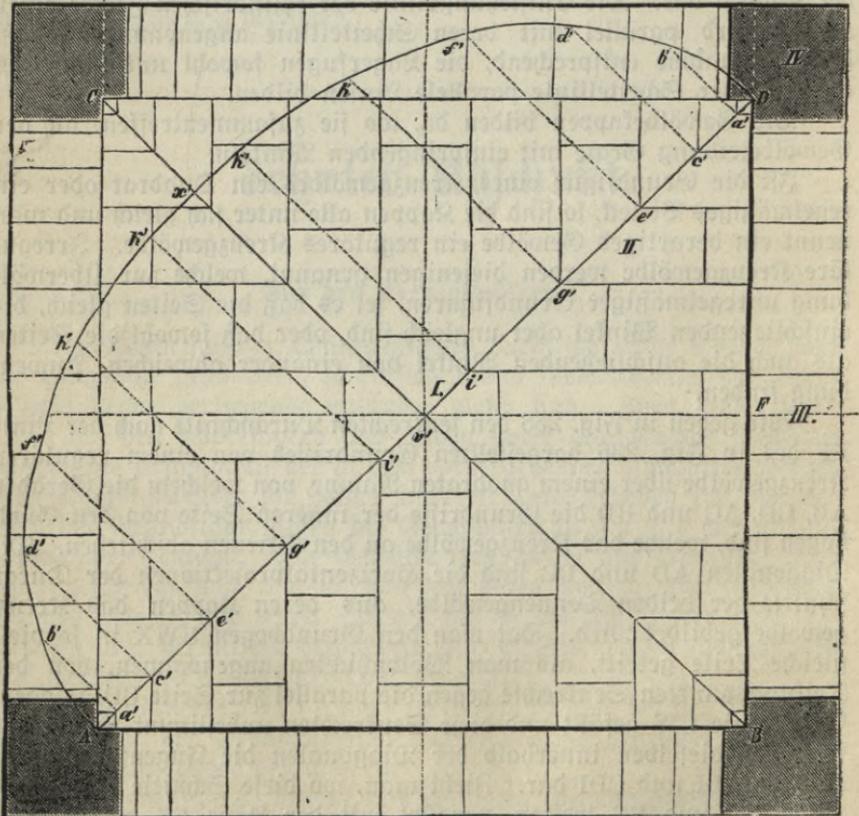
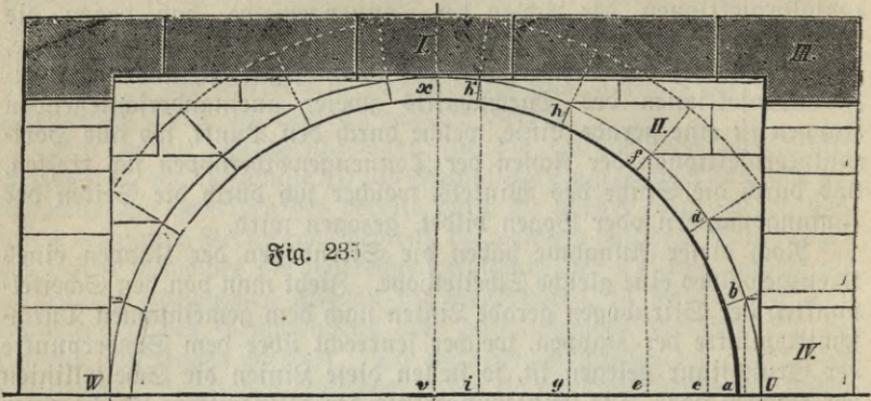


Fig. 236.

diese die Fugenschnitte der Kappen, welche Teile dieses Tonnengewölbes bilden. Da die vier Seiten gleich sind, so sind es auch die Grundbogen der Kappen, sodaß der in Fig. 235 dargestellte Musterriß des über den Seiten AC und BD errichteten Tonnengewölbes auch als Musterriß des über den Seiten AB und CD errichteten Tonnengewölbes betrachtet werden kann.

Da wir zum Grundbogen einen aus V beschriebenen Halbkreis angenommen haben, welcher die Vertikalprojektion der Achse des über den Seiten AC und BD errichteten Tonnengewölbes darstellt, so würden die Gratbogen nach den Diagonalen AD und BC halbe Ellipsen bilden. Wir erhalten diese Gratbogen, wenn wir von den Schnittpunkten der Fugen an den Diagonalen Senkrechte errichten und an diesen die Ordinaten $a'b'$ gleich machen den Ordinaten des Grundbogens ab , ebenso $c'd'$ gleich cd u. s. w., und sodann über die Punkte $b'd'f'h'$ u. s. w. eine stetige krumme Linie ziehen.

Die Gratlinien der Lagerflächen, welche sich in den über die Diagonale geführten senkrechten Ebenen schneiden, sind nicht normal auf den Gratbogen gerichtet, ihre Richtung ist vielmehr derart, daß sie alle verlängert in dem Durchschnitte I der beiden Gewölbachsen zusammentreffen. Die in der Richtung der Gewölbegrate vorkommenden Wölbsteine greifen vermittelt Haken oder Winkel in die sich schneidenden Kappen ein, und der Schlußstein verbindet vermittelt eingreifender Haken nach der Richtung der vier Schlußsteinschichten die zunächst anschließenden Gratsteine unter sich zu einem zusammenhängenden Gewölbekörper. Alle in einer Gewölbekappe vorkommenden Stoßfugen werden rechtwinkelig gegen die unter sich und mit der Scheitellinie parallelen Lagerfugen geschnitten.

Wir haben in unserem Beispiele angenommen, daß die das reguläre Kreuzgewölbe an den Stirnseiten abschließenden Gurtbogen zwar an der Bogenleibung vor die Gewölbefläche treten, jedoch derart mit dem Gewölbe verbunden sind, daß die Lagerflächen der Gurtbogensteine mit den Lagerflächen der in gleicher Höhe vorkommenden Wölbsteine in einer Ebene liegen, und daß die Gurtbogensteine mit wechselnden Stoßfugen in die anstoßenden Gewölbekappen übergreifen und mit diesen verbunden sind.

Wie die Kreuzgewölbesteine herausgetragen und bearbeitet werden, kann nach dem, was bereits an anderen Orten über das Heraustragen und Bearbeiten ähnlicher Steinformen angeführt worden, füglich der Einsicht des aufmerksamen Lesers überlassen werden. Es wird genügen, durch perspektivische Darstellung einzelner Gewölbsteine in Fig. 237 bis 240 auf deren Verzeichnen und Bearbeiten hinzuweisen. Fig. 237 gibt den mit I im Grund- und Aufsicht bezeichneten Schlußstein des Kreuzgewölbes; Fig. 238 stellt den mit II bezeichneten

Gratstein vor; Fig. 239 den Schlußstein eines Gurtbogens mit seinem in das Kreuzgewölbe eingreifenden Teil, welcher mit III bezeichnet ist, und in Fig. 240 ist ein Gewölbeanfänger gegeben, welcher zugleich den Anfänger zweier Gurtbogen bildet.

Beim Hochbauwesen kommt es häufig vor, daß die Kreuzgewölbe sowohl, als auch die zum Abschluß derselben dienenden Gurtbogen, aus Backsteinen gemauert werden, und daß nur die Anfänger der Bogen und Kreuzgewölbe aus Hausteinen bestehen. Die Höhe eines derartigen Kreuzgewölbeanfängers hängt von der Stärke des Kreuzgewölbes ab, indem die Lagerflächen derjenigen Teile des Anfängers, welche die von den Kämpferpunkten sich erhebenden Gewölbeanfänger bilden, eine Breite haben müssen, welche der Stärke des Kreuzgewölbes gleich ist, um von diesen Lagerflächen aus die Mauerung der Rippen beginnen zu können. Die Form derartiger Kreuzgewölbeanfänger richtet sich nun einestheils nach der erwähnten Anforderung in Bezug auf die Mauerung der Gewölbe, andernteils aber auch nach der Form der Stützpfiler und der entsprechenden Anordnung der Gurtbogen.

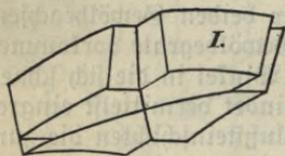


Fig. 237.

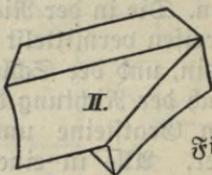


Fig. 238.

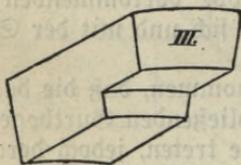


Fig. 239.

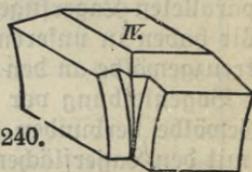
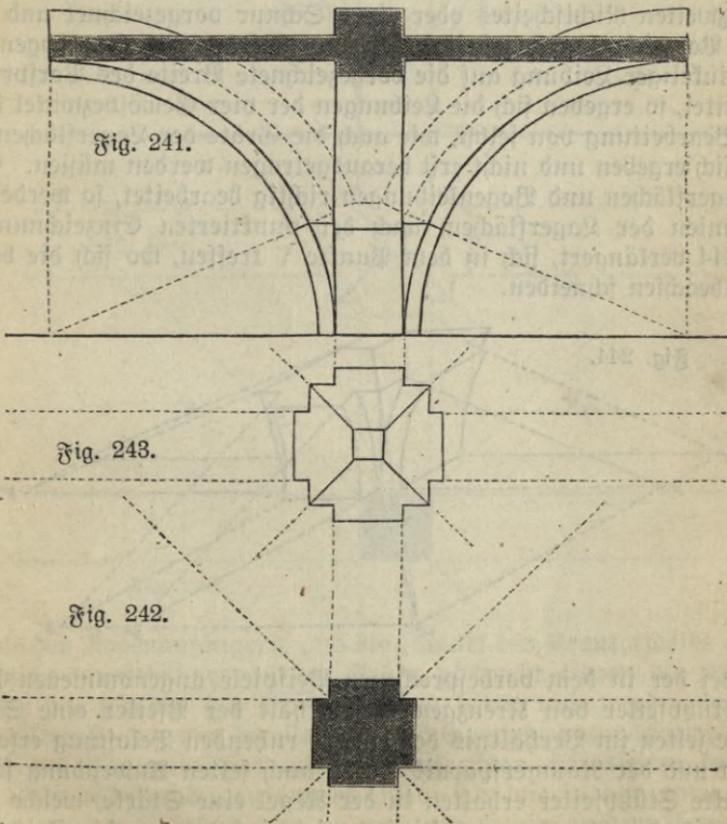


Fig. 240.

Nehmen wir an, der Stützpfiler eines Kreuzgewölbes, Fig. 241, sei im Grundriß, Fig. 242, so gebildet, daß an den vier Seiten des quadratischen Kernes Nischen angebracht sind, deren Vorsprung gleich ist dem Vorsprung der Gurtbogen an der Leibung des Gewölbes. Mit Beibehaltung eines gleichen Vorsprungs der Gurtbogen werden die Leibungen der Gurten und der anschließenden Rippen in der Ansicht Fig. 241, welche zugleich einen Durchschnitt im Scheitel darstellt, konzentrische Kreise bilden. Beschreiben wir nun einen Kreisbogen, welcher nach der einmal bestimmten Stärke des Kreuzgewölbes nach der punktierten Einzeichnung in Fig. 241 den Mantel desselben dar-

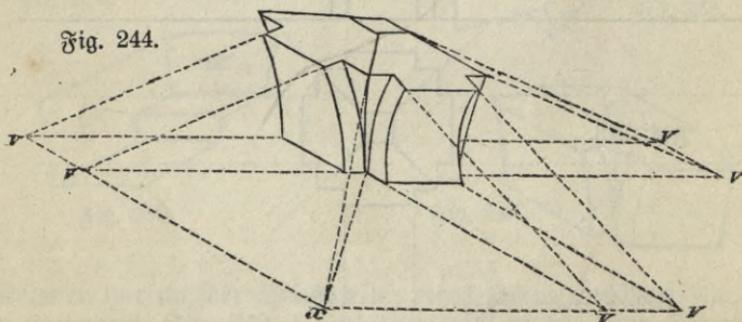
stellt, bis er die senkrechte Stirnseite schneidet, so bezeichnet uns der Schnittpunkt die Stelle, über welche die Lagerfläche gezogen werden muß, wenn sie die der Stärke des Gewölbes entsprechende Auflage darbieten soll. Die über den gefundenen Punkt nach den entsprechenden Gewölbeansen geführten Lagerflächen werden zugleich als Lagerflächen für die Gurtbogen durchgeführt, durch deren Stärke, welche ebenfalls punktiert eingezeichnet ist, ihre Ausdehnung bestimmt wird. Da wir hier ein reguläres Kreuzgewölbe angenommen haben, so werden die Lagerflächen für die vier Gurtbogen, welche sich von demselben Gewölbeansänger erheben, einen gleichen Zentrwinkel einschließen. Die Lagerflächen des Gewölbeansängers, welcher in Fig. 243 im Grundriß dargestellt ist, schneiden sich nach der Richtung



der Diagonalen, welche die Horizontalprojektionen der senkrechten Ebenen darstellen, in welchen die Gewölbekappen zusammentreffen,

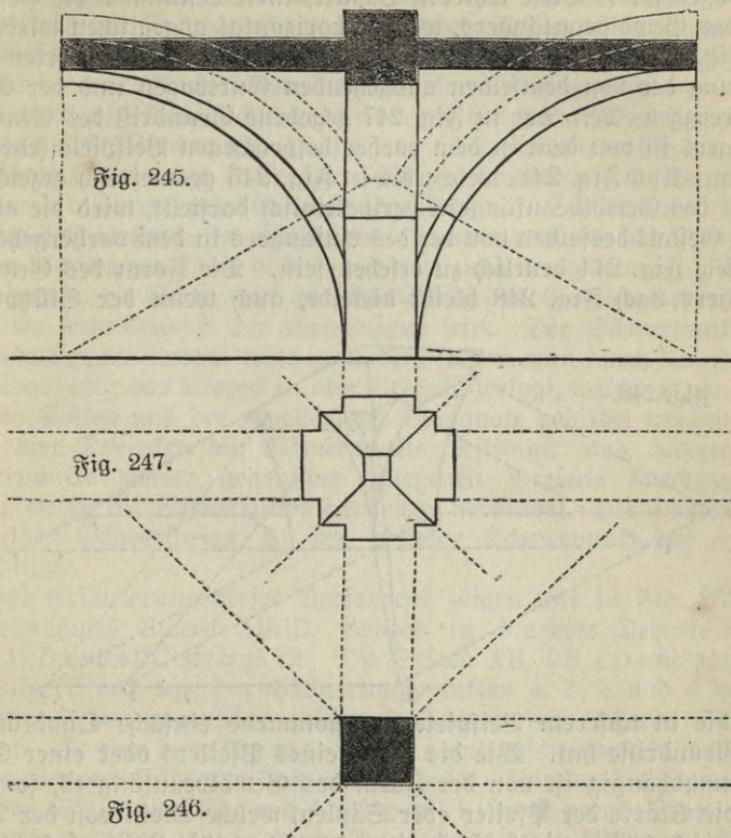
und bilden bis zu der horizontalen Abstumpfung, welche durch die oberen Kanten der Lagerfugen für die Gurtbogen begrenzt wird, Gräte mit vorstehenden Winkeln.

Die Form des Kreuzgewölbeansängers wird aus der perspektivischen Darstellung desselben in Fig. 244 deutlich ersehen werden können. Wir haben bei dieser perspektivischen Darstellung in punktierten Linien angegeben, wie die Lagerflächen bei der Bearbeitung durch das Anlegen von Richtscheiten versehen und in Bezug auf ihre Richtigkeit geprüft werden. Werden bei der Bearbeitung auf die untere Lagerfläche Richtscheite nach den vorgezeichneten Linien der Gurtbogen angelegt und nach diesen Richtscheiten die Mittelpunkte V für die in die Stirnseite treffenden Bogen durch Stifte bezeichnet, so können von diesen Mittelpunkten aus die Bogenlinien vermittelst eines zweiten Richtscheites oder einer Schnur vorgezeichnet und nach dieser Vorzeichnung bearbeitet werden. Werden die Gurtbogen mit rechtwinkliger Leibung auf die vorgezeichnete Breite des Vorsprungs bearbeitet, so ergeben sich die Leibungen der vier Gewölbezwickel durch diese Bearbeitung von selbst, wie auch die Gräte der Lagerflächen von selbst sich ergeben und nicht erst herausgetragen werden müssen. Sind die Lagerflächen und Bogenleibungen richtig bearbeitet, so werden die Gratlinien der Lagerflächen, nach der punktierten Einzeichnung in Fig. 244 verlängert, sich in dem Punkte V treffen, wo sich die beiden Gewölbeansänger schneiden.



Bei der in dem vorbesprochenen Beispiele angenommenen Form der Stützpfiler von Kreuzgewölben erhält der Pfeiler eine Stärke, wie sie selten im Verhältnis der darauf ruhenden Belastung erforderlich ist und der Raumsparnis wegen auch selten Anwendung findet. Viereckte Stützpfiler erhalten in der Regel eine Stärke, welche durch die Breite der Gurtbogen bestimmt wird, indem man die Seiten des Quadrates, das der Pfeiler zur Grundfigur hat, gleich macht der Breite der Gurtbogen.

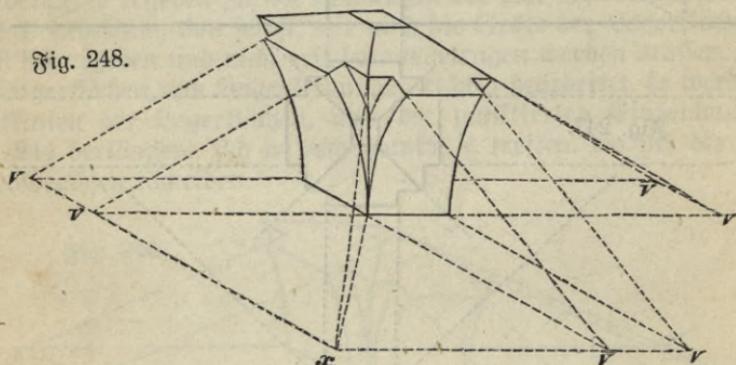
Wir geben in Fig. 245, 246 und 247 ein Kreuzgewölbe mit quadratem Stützfeiler, jedoch mit Beibehaltung vorspringender Gurtbogen. Wie aus Fig. 245, welche die Ansicht und zugleich den Durchschnitt im Scheitel eines solchen Kreuzgewölbes darstellt, ersichtlich ist, entwickeln sich die Gurtbogenvorsprünge erst über der quadraten



Sohle des Bogenanfängers, und die Zwickel der Kreuzgewölbe erheben sich nicht unmittelbar von der Sohle, vielmehr liegen die Kämpferpunkte der Rippen des Kreuzgewölbes höher und werden durch die Schnittpunkte der von der Leibung der Gurtbogen zurückgesetzten Leibung des Kreuzgewölbes mit den senkrechten Stirnseiten bestimmt. Die Höhe des Gewölbeanfängers ergibt sich, wie in dem vorigen Beispiele, aus der Stärke des Kreuzgewölbes, welche an dem Grundbogen nach der punktierten Einzeichnung ebenso wie die Stärke der Gurtbogen in konzentrischen Kreisen angetragen wird. Von den Schnitt-

punkten der Kreise, welche die Mantelflächen der Kreuzgewölbekappen darstellen, mit den Senkrechten, welche die Projektionen der Stirnseiten sind, werden die Lagerfugen nach den entsprechenden Gewölbeachsen gezogen und rückwärts bis zu den Schnittpunkten der Kreisbogen verlängert, welche die Projektionen der Mantelflächen von den Gurtbogen sind. Diese letzteren Schnittpunkte bestimmen die Gesamthöhe des Gewölbeanfängers, welcher horizontal abgeglichen wird.

Fig. 246 gibt den Grundriß des Pfeilers mit punktirter Einzeichnung der von demselben ausgehenden Gurtbogen und der Gräte der Kreuzgewölbe. Der in Fig. 247 gegebene Grundriß des Gewölbeanfängers ist von dem in dem vorher besprochenen Beispiele sehr verschieden. Aus Fig. 248, welche die in Fig. 245 geometrisch gezeichnete Ansicht des Gewölbeanfängers perspektivisch darstellt, wird die abweichende Gestalt desselben von der des Anfängers in dem vorhergehenden Beispiele Fig. 244 deutlich zu ersehen sein. Die Form des Gewölbeanfängers nach Fig. 248 bleibt dieselbe, auch wenn der Stützpfiler



nicht die in unserem Beispiele angenommene einfache Quadratform zum Grundrisse hat. Wie die Form eines Pfeilers oder einer Säule ganz unabhängig ist von der Form des Gewölbeanfängers, so ist es auch die Stärke der Pfeiler oder Säulen, welche allein von der Tragfähigkeit des Materials abhängt, aus welchem die Stütze besteht, und in den meisten Fällen durch die Benützung der Räumlichkeit sowohl als auch durch Anforderungen bezüglich der schönen Form bedingt wird. Dies gilt jedoch nur in Bezug auf den Stamm oder den Schaft der Pfeiler oder der Säulen, auf welchen die Kreuzgewölbe ruhen. Das Kapitäl der Säulen, sowie der Kämpfer der Pfeiler richtet sich nach der Form der Grundfläche des Gewölbeanfängers, welcher durch das Kapitäl oder den Kämpfer der Stütze, dessen ebene Fläche die Sohle des Gewölbeanfängers bildet, nach seiner ganzen Ausdehnung unterstützt sein muß. Die Übergänge der vielseitigen oder runden

Schäfte in das quadratische Kapitäl können auf sehr mannigfaltige Weise gestaltet werden. Das romanische Würfelskapitäl mit quadrater Abakusplatte möchte als die zweckentsprechendste Grundform von Kapitälern zu betrachten sein, wenn Rundsäulen die Stützen von Kreuzgewölben bilden.

Die Figuren 249, 250 und 251 legen wir der Betrachtung eines unregelmäßigen Kreuzgewölbes zu Grunde. Nehmen wir die geraden Linien AB, BD, DC und AC des unregelmäßigen Vierecks in Fig. 250 als die inneren Mauerseiten des mit einem Kreuzgewölbe zu überdeckenden Raumes an, so haben wir vorerst den Punkt E zu bestimmen, in welchem die Geraden AE, BE, DE und CE schneiden, welche die Horizontalprojektionen der senkrechten Ebenen darstellen, in denen die Rippen der Tonnengewölbe zusammentreffen. Dieser Punkt E, in welchem sich zugleich die Achsen der Tonnengewölbe schneiden, von welchen die Rippen Teile bilden, soll nun, nach der allgemein gültigen Anforderung in Bezug auf die Stabilität des Gewölbekörpers, zugleich der Schwerpunkt der Grundfigur sein. Der Schwerpunkt des unregelmäßigen Vierecks wird gefunden, indem man durch das Ziehen der Diagonalen das Viereck in vier Dreiecke zerlegt, welche je von zwei äußeren Seiten und der zugehörigen Diagonale gebildet werden, von diesen vier Dreiecken die Schwerpunkte bestimmt und sodann die Schwerpunkte zweier gegenüber gelegenen Dreiecke durch gerade Linien, welche die Schwerlinien darstellen, verbindet. Der Durchschnitt der beiden Schwerlinien ist der gesuchte Schwerpunkt der ganzen Grundfigur.

Zur Erläuterung dieses Verfahrens zeigen wir in Fig. 252 ein unregelmäßiges Viereck ABCD, welches in die vier Dreiecke ABD, ABC, ACD und ADC zerlegt ist. Die Seiten AB, CB, CD und AD werden halbiert, und von den Halbierungspunkten a, b, c und d gerade Linien nach den gegenüber gelegenen Spitzen der äußeren Dreiecke gezogen. Wo nun diese Geraden in e, f, g und h schneiden, da befinden sich die Schwerpunkte der äußeren Dreiecke. Werden die gegenüberstehenden Schwerpunkte, e mit f und g mit h, durch gerade Linien verbunden, so erhalten wir in deren Durchschnitt i den Schwerpunkt der ganzen Grundfigur.

Nehmen wir nun zur Betrachtung der Fig. 250 zurück, welche in dem unregelmäßigen Viereck ABCD den Grundriß eines Raumes darstellt, über welchem ein Kreuzgewölbe errichtet werden soll, und nehmen wir an, der Punkt E sei der ermittelte Schwerpunkt der Grundfigur des Kreuzgewölbes, so werden die von dem Punkte E nach den Ecken gezogenen geraden Linien AE, BE, CE und DE die Horizontalprojektionen der senkrechten Ebenen darstellen, in welchen die Rippen zusammentreffen. Halbieren wir ferner die Seiten der Grundfigur

Fig. 249.

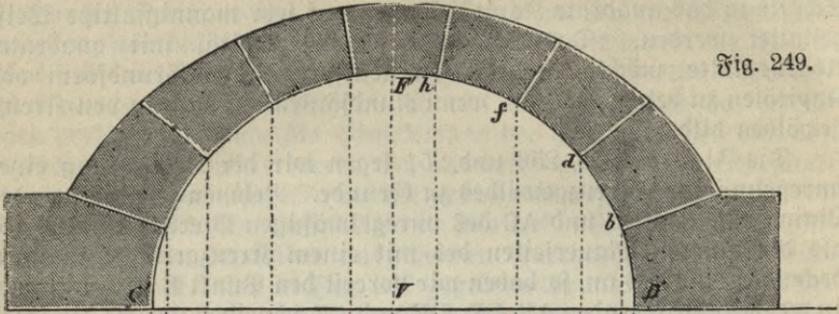


Fig. 250.

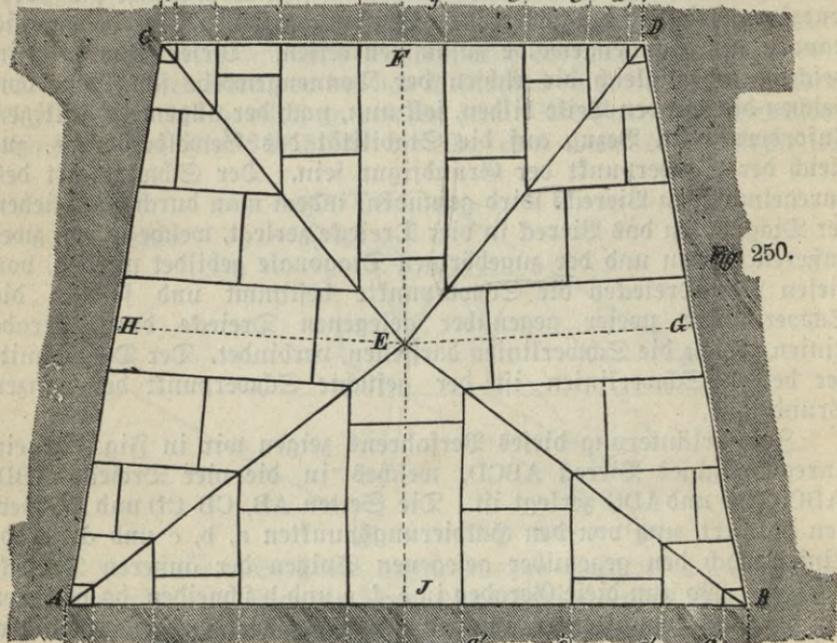
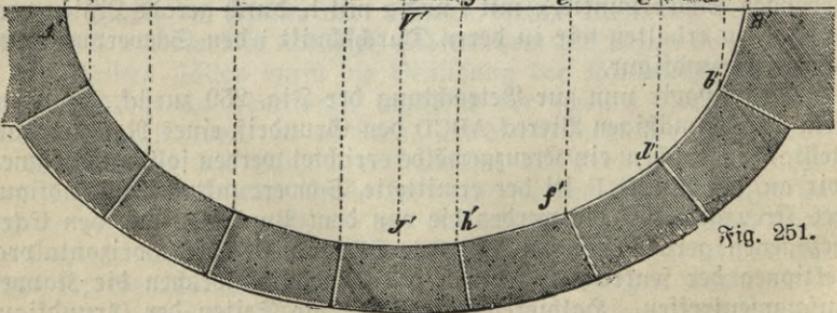
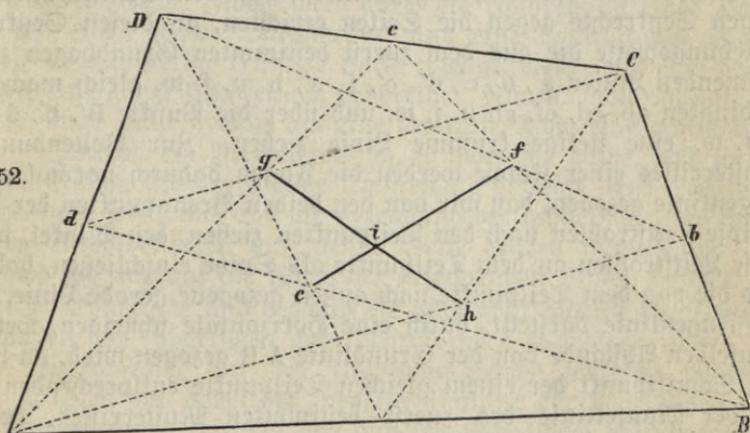


Fig. 251.



und ziehen von den Teilpunkten F, G, H und J nach dem Punkte E die geraden Linien FE, GE HE und EJ, so werden diese die Scheitellinien der Kappen sein. Gesezt nun, es sei der Grundbogen der Kappe DEC als Halbkreis bestimmt, so ergeben sich aus dieser Annahme die Grundbogen der übrigen Kappen. Ziehen wir Fig. 249 die Grundlinie D'C' parallel mit der Seite DC Fig. 250, ziehen aus dem senkrecht über dem Halbierungspunkte F gelegenen Punkte V als Mittelpunkt einen Halbkreis D'C' gleich CD, und teilen diesen Halbkreis, welcher den Grundbogen der Kappe DCE darstellt, in so viel gleiche Teile, als die Kappen Schichten enthalten sollen, so wird der Musterriß des Stirnbogens vollendet sein, wenn wir von den Teilpunkten die zentrischen Fugen bis zur Mantellinie ziehen. Wir erhalten nun die Teilpunkte der Stirnbogen im Grundriß, wenn wir von den Teilpunkten des Grundbogens im Aufriß Fig. 149 Senkrechte zur Grundlinie D'C' führen und diese Senkrechten bis zur Seite CD Fig. 250 verlängern. Ziehen wir nun von diesen Schnittpunkten an der Seite CD Parallele mit der Scheitellinie EF bis zu den Diagonalen EC und ED, so stellen diese Parallelen

Fig. 252.



die Fugenschnitte der Kappe CDE nach dem angenommenen Grundbogen C'D'F' Fig. 249 dar. Ziehen wir von den Schnittpunkten an der Diagonale CE Parallele mit der Scheitellinie EH der Kappe ACE, so sind dies die Fugenschnitte von der einen Hälfte dieser Kappe, mit welchen die Fugenschnitte der anderen Hälfte parallel gezogen werden, und zwar nach den von dem Scheitelpunkte H gegen A an die Seite AC in gleichen Abständen anzutragenden Schnittpunkten, wie sie durch die Fugen von H nach C sich ergeben haben. Ebenso werden von den Schnittpunkten an der Diagonale DE die Fugen der einen Hälfte EGD von der Kappe BDE parallel mit der Scheitellinie EG, die Fu-

gen der anderen Hälfte BEG angetragen. Aus den Schnittpunkten der Fugen an den Diagonalen AE und BE werden nun die Fugen der Kappe ABE parallel mit der Scheitellinie EJ gezogen, und es ist alsdann der Grundriß des Kreuzgewölbes in Bezug auf den Fugenschnitt der Wölbflächen vollendet. Die Anordnung der Stoßfugen für die einzelnen Wölbsteine richtet sich darnach, daß die in der Richtung der Gräte vorkommenden Steine vermittelt Winkel oder Haken in die Schichten der, an den Gräten zusammentreffenden Kappen ebenso übergreifen, wie dies bei dem regelmäßigen Kreuzgewölbe vorkommt.

Zur Vermeidung spitzer Winkel werden die Stoßfugen senkrecht gegen die mit den entsprechenden Scheitellinien parallelen Lagerfugen gezogen. Da bei jedem Kreuzgewölbe von dem einmal bestimmten Grundbogen einer Kappe die Grundbogen der übrigen Kappen abhängig sind, so werden in unserem Beispiele, wo wir den Grundbogen der Kappe DCE als Halbkreis angenommen haben, die Grundbogen der Kappen ACE, ABE und BDE halbe Ellipsen bilden. Wir erhalten diese Grundbogen, wenn wir, wie in Fig. 251, welche den Grundbogen der Kappe ABE darstellt, angegeben ist, von den Schnittpunkten der Fugen Senkrechte gegen die Seiten errichten, an diesen Senkrechten beziehungsweise die aus dem zuerst bestimmten Grundbogen zu entnehmenden Linien a' , b' , c' , d' , e' , f' , g' , h' u. s. w. gleich machen den Ordinaten ab , cd , ef , gh u. s. w. und über die Punkte B' , b' , d' , e' , f' u. s. w. eine stetige krumme Linie ziehen. Zur Vollendung des Musterrisses einer Kappe werden die Fugen dadurch normal auf die Bogenlinie gezogen, daß wir von den beiden Brennpunkten der halben Ellipse Leitstrahlen nach den Teilpunkten ziehen, den Winkel, welchen diese Leitstrahlen an dem Teilpunkte als Spitze einschließen, halbieren und die von dem Teilpunkte nach außen gezogene gerade Linie, welche die Fugenlinie darstellt, durch eine Horizontale schneiden, welche in demselben Abstände von der Grundlinie A'B gezogen wird, an welcher der Schnittpunkt der einem gleichen Teilpunkte entsprechenden Fuge, an der Mantellinie des zuerst bestimmten Musterrisses, von der Grundlinie C'D' entfernt ist.

Es leuchtet ein, daß bei der Ausführung unregelmäßiger Kreuzgewölbe sowohl die Grundbogen als auch die entsprechenden Musterrisse einer jeden Kappe herausgetragen werden müssen; ebenso, daß zum Heraustragen der Stirnschablonen, nach welchen die Wölbsteine von den rechtwinkligen Stoßfugen aus bearbeitet werden, für jede Kappe der Grundbogen nach einem senkrechten Durchschnitt einer rechtwinklig gegen die Scheitellinie geführten Ebene herausgetragen werden muß.

Weitere Beispiele von unregelmäßigen Kreuzgewölben anzuführen, halten wir bei dem vorgeschriebenen beschränkten Umfange

unseres Handbuches für nicht gerechtfertigt, und schließen wir unseren Abschnitt in der Erwartung, daß der aufmerksame und einsichtsvolle Leser in der Kenntnis der Regeln des Steinschnittes bereits so weit vorgeschritten sein werde, schwierigere Aufgaben, als die von uns der Betrachtung der Kreuzgewölbe zu Grunde gelegten, mit Leichtigkeit zu lösen.

Elfter Abschnitt.

Von den Kuppelgewölben.

Die Wölbflächen der Kuppelgewölbe sind sphärisch oder sphäroidisch. Eine sphärische Fläche wird durch die Umdrehung eines Halbkreises um einen seiner Durchmesser, und eine sphäroidische Fläche durch irgend eine stetige krumme Linie erzeugt, welche um eine vertikale Achse eine ganze Umdrehung beschreibt. Nimmt man an, daß die stetige krumme Linie, welche um eine vertikale Achse eine ganze Umdrehung beschreibt, ein Viertelkreis sei, so wäre die halbe, nach unten hohlrunde Fläche, die durch diese Umdrehung erzeugt wird, ebenfalls eine sphärische, sodasß wir uns die Erzeugung der sphärischen und sphäroidischen Gewölbeflächen auf gleiche Weise denken können und der Unterschied sich nur auf die Form der erzeugenden Linien bezieht.

Die zweckmäßigste und deshalb die allgemein gültige Anordnung der Schichten von sphärischen und sphäroidischen Gewölben ist die, sie zwischen horizontale, auf der Umdrehungsachse senkrecht stehende Ebenen zu legen und dabei die normale Richtung der Lagerfugen auf die erzeugende Linie, wie bei den anderen Gewölben, beizubehalten. Die Schnitte der senkrecht gegen die Umdrehungsachse geführten Ebenen werden demnach sowohl an den sphärischen als auch an den sphäroidischen Gewölben Kreise sein. Hieraus ergibt sich, daß die Vertikalprojektionen der Fugen eines sphärischen oder eines sphäroidischen Gewölbes gerade, mit der Grundlinie parallele Linien, und daß die Horizontalprojektionen der nämlichen Fugen Kreise sind. Dies vorausgesetzt, gehen wir zur Erklärung des Verfahrens über, nach welchem die Musterrisse vorgezeichnet werden.

Es sei Fig. 254 der Grundriß von der Hälfte eines sphärischen Gewölbes, durch eine Vertikalebene geschnitten, welche durch den

Mittelpunkt des Gewölbes geführt ist, sodaß AA und BB die Durchschnitte der Mauer darstellen, auf welcher das Gewölbe ruht, und Fig. 253 sei die Vertikalprojektion dieses Gewölbes, ebenfalls durch eine senkrechte Ebene gegen die horizontale Auflage desselben, welche in der Grundlinie A' B' dargestellt ist, durch die Mitte geschnitten. Der Viertelkreis OB'P, Fig. 253, erzeugt durch seine Umdrehung um die Vertikale OF die innere Gewölbeßfläche und der Halbmesser OB dieses Viertelkreises ist dem Halbmesser OC des Kreises Fig. 254 gleich, welcher die Horizontalprojektion des auf dem Anfang des Gewölbes liegenden Kreises ist.

Die Hälfte des Gewölbebogens, Fig. 253, wird nun in so viel gleiche Teile geteilt, als das Gewölbe Schichten enthalten soll, indem man an dem Scheitel einen halben Teil vorbehält, welcher die Hälfte des Schlußsteines von dem Gewölbe ist. Durch die Teilpunkte b, d und f zieht man die Normalen an die Bogenlinie, welche die Durchschnitte der Fugen mit der Vertikalebene sind, die durch den Mittelpunkt des Gewölbes und parallel mit der Vertikalprojektionsebene geführt ist, und durch die nämlichen Teilpunkte zieht man mit der Grundlinie A' B' Parallelen, bis sie die gegenüber befindliche andere Hälfte des Bogens schneiden, welche nun die Vertikalprojektionen der Fugenschnitte an der Gewölbeßfläche sind. Die Horizontalprojektionen der Fugenschnitte an der sphärischen Gewölbeßfläche sind in dem Fig. 254 nur zur Hälfte dargestellten Grundrisse des Gewölbes Halbkreise, deren Halbmesser wir erhalten, wenn wir von den Teilpunkten b, d und f des in der senkrechten Durchschnittebene gelegenen Gewölbebogens Senkrechte auf die Grundlinie A' B' fällen und diese Senkrechten verlängern, bis sie die Linie AB, welche die Horizontalprojektion der senkrechten Durchschnittebene ist, schneiden und aus dem Punkte O als Mittelpunkt mit den Halbmessern Ob', Od', Of' Halbkreise beschreiben, welche die verlangten Horizontalprojektionen der Fugenschnitte sind. Die Horizontalprojektionen der Fugenschnitte an der Mantelseite werden nach demselben Verfahren gefunden, wenn einmal in dem Musterrisse, Fig. 253, die Bogenlinie für die Mantelfläche bestimmt ist. Die Stoßfugen der Wölbesteine erscheinen in der Horizontalprojektion als gerade Linien, welche von den Teilpunkten nach dem Punkte T, welcher die Horizontalprojektion der senkrechten Achse darstellt, gezogen werden. In der Vertikalprojektion erscheinen diese Stoßfugen als krumme Linien, welche nach demselben Verfahren verzeichnet werden, welches wir in dem Abschnitte über die Nischen angegeben haben. Die allgemeine Methode für das Verzeichnen und Bearbeiten der Gewölbesteine von sphärischen Gewölben ist nun folgende. Nehmen wir an, es sei ein Gewölbeste in der ersten Schicht zu verzeichnen, und es sei dies der sowohl in Fig. 253 als auch in Fig. 254

Fig. 253.

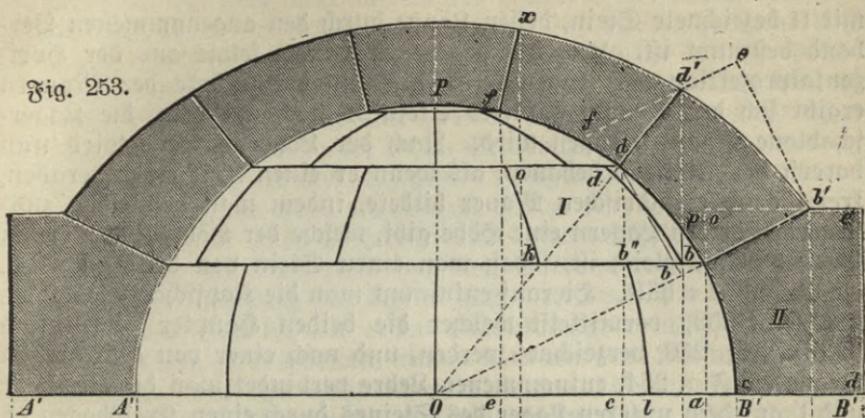


Fig. 254.

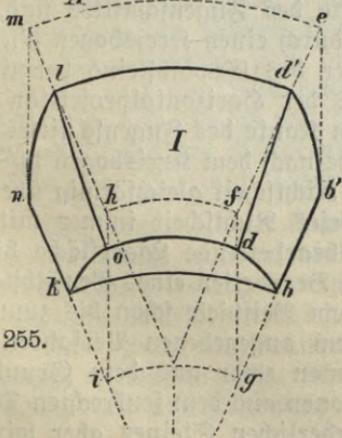
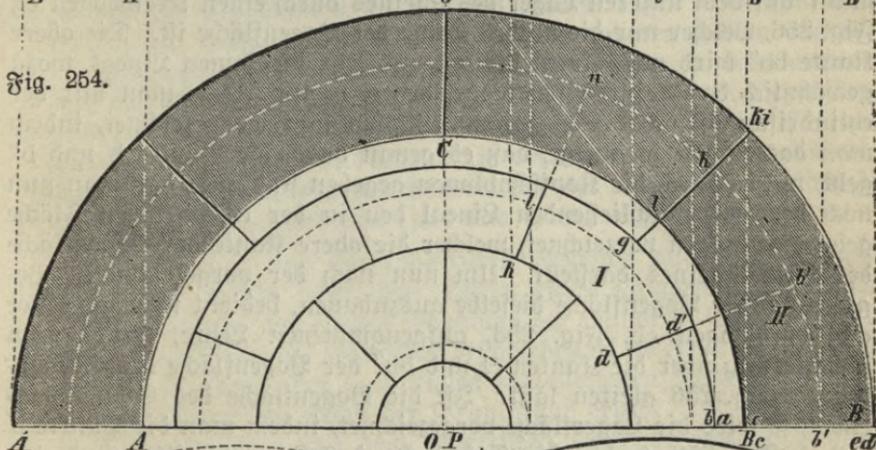


Fig. 255.

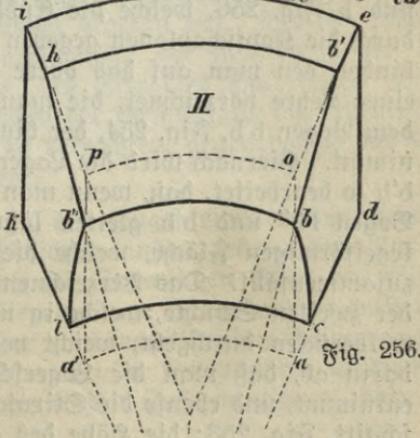


Fig. 256.

mit II bezeichnete Stein, dessen Länge durch den angenommenen Verband bestimmt ist. Aus der gegebenen Länge, sowie aus der Horizontalprojektion der Fugenschnittlinie und der Stärke der Mauern ergibt sich der Grundriß dieses Steines, nach welchem die Lagerschablone herausgetragen wird. Nach der Lagerschablone wird nun vorerst der Stein so behauen, als wenn er einen Teil einer geraden, kreisförmig cylindrischen Mauer bildete, indem man demselben zwischen den beiden Lagern eine Höhe gibt, welche der Höhe der ersten Gewölbfläche gleich ist, sodaß man einen Stein von der Form aa', op, dk und ei erhält. Hiernach entnimmt man die Kopfschablone cdbb'e aus Fig. 253, vermittelt welcher die beiden Häupter cdbb'e und lb'hik, Fig. 256, verzeichnet werden, und nach einer von dem großen Bogen cb, Fig. 254, entnommenen Lehre verbindet man die Punkte c und l' auf dem unteren Lager des Steines durch einen Kreisbogen cl, Fig. 256, welcher nur die untere Kante der Bogenfläche ist. Die obere Kante bb'' wird nach einem breiten und sehr biegsamen Lineal, wozu gewöhnlich das Winkeleisen dient, dessen breite Fläche man mit der cylindrischen Fläche aa'op zusammenfallen läßt, vorgezeichnet, indem man das Lineal so anlegt, daß es genau durch die Punkte b und b'' geht, welche durch die Kopfschablonen gegeben sind, und daß man nun nach dem fest anschließenden Lineal den in der cylindrischen Fläche gelegenen Bogen vorzeichnet, welcher die obere Kante der Bogenfläche des Gewölbsteines darstellt. Um nun nach der vorgezeichneten Begrenzung der Bogenfläche dieselbe auszuhauen, bedient man sich einer an dem Bogen cb, Fig. 253, aufgenommenen Lehre, welche man gleichförmig über die Kanten cl und bb'' der Bogenfläche des Gewölbsteines Fig. 256 gleiten läßt. Ist die Bogenfläche des Steins vollendet, so wird die Lagerfläche vorgezeichnet, indem man die Punkte b' und h Fig. 256, welche die Endpunkte des Fugenschnittes sind, der durch die Kopfschablonen gegeben ist, durch einen Kreisbogen b'h verbindet, den man auf das obere Lager des Gewölbsteines vermittelt einer Lehre vorzeichnet, die man aus der Horizontalprojektion nach dem Bogen b'h, Fig. 254, der hinteren Kante des Fugenschnittes aufnimmt. Hiernach wird die Lagerfläche nach dem Kreisbogen bb'' und b'h so bearbeitet, daß, wenn man ein Richtscheit gleichförmig über die Bogen bb'' und b'h gleiten läßt, dieses Richtscheit immer mit der kegelförmigen Fläche, welche die zu bearbeitende Lagerfläche bildet, zusammenfällt. Das Verzeichnen und Bearbeiten eines Gewölbsteines der zweiten Schichte, welche in unserem Beispiele schon bis zum Gewölberücken durchgeht, weicht von dem angegebenen Verfahren nur darin ab, daß man die Lagerschablonen zwar aus dem Grundrisse entnimmt, und ebenso die Stirnschablonen aus dem senkrechten Durchschnitt, Fig. 253; die Höhe des erforderlichen Steines aber wird so

bestimmt, daß man über die äußere Kante d' der oberen Lagerfläche und über die innere Kante b der unteren Lagerfläche Horizontale zieht und die senkrechte Entfernung dieser Horizontalen als die Höhe des Steines annimmt. Bei der perspektivischen Darstellung des mit I bezeichneten Gewölbsteines der zweiten Schichte sind die Begrenzungslinien des Steines nach der ersten Bearbeitung als Stein einer cylindrischen Mauer punktiert angegeben, sodaß er die Form $geb'himm$ hat, als wenn auch die obere Lagerfläche bis zu dem Bogen em bearbeitet werden müßte. Dies ist jedoch nicht erforderlich, vielmehr wird der Rücken nach den vermittelst der Kopfschablone vorgezeichneten krummen Linien und nach den von d' nach l und von b' nach n gezogenen Kreisbogen schon bei der ersten Bearbeitung berücksichtigt. Um den Rücken richtig zu bearbeiten, nimmt man von dem Musterrisse Fig. 253 eine Lehre nach dem entsprechenden Bogen $d'b'$ auf, die man gleichförmig auf den Kanten $d'l$ und $b'n$ gleiten läßt. Der Umsicht der Steinhauer muß es hier, wie in so vielen anderen Fällen, wo es die Rücksicht auf Sparsamkeit erfordert, nicht mehr zu bearbeiten, als was durchaus notwendig ist, und zur Darstellung eines Gegenstandes in bestimmter Form und Größe mit der möglich geringsten Steinmasse auszureichen, überlassen bleiben, die angegebene allgemeine Methode des Heraustragens und des Bearbeitens der Steine je nach den Umständen zur Ersparnis von Zeit und Stein abzuändern.

Denken wir uns ein sphärisches Gewölbe durch Vertikalebene geschnitten, welche über den Seiten eines Quadrats oder Vielecks errichtet werden, das in den Grundriß der krummen Entstehungslinie der inneren Fläche des Gewölbes beschrieben ist, so erhalten wir in dem von dem Quadrat oder dem Vieleck umschlossenen Teile ein Gewölbe, welches sich von den Ecken der Grundfigur erhebt, und welchem man, zur Unterscheidung von dem sphärischen Gewölbe mit horizontalem Widerlager, den Namen Hängekuppel gegeben hat. Bei den sphärischen Hängekuppeln sind die Durchschnitte der inneren Seiten der Mauern mit der Leibungsfläche des Gewölbes Halbkreise. Diese Halbkreise sind als die von den Ecken der Grundfigur sich erhebenden Kämpferlinien der Hängekuppel zu betrachten, gegen welche das Gewölbe einen Horizontalschub äußert.

Die zweckmäßigste Anordnung des Fugenschnittes der Hängekuppeln besteht in horizontalen Schichten, indem jede andere Anordnung dadurch fehlerhaft wird, daß die körperlichen Ecken der Wölbsteine spitze Winkel einschließen. Regelmäßige Hängekuppeln entstehen nur dann, wenn die Grundrisse der zu überwölbenden Räume regelmäßige Vielecke bilden. Wir werden bei der Betrachtung der Hängekuppeln den am häufigsten vorkommenden Fall annehmen, daß die

Grundrisse der inneren Mauerseiten des zu überwölbenden Raumes ein Quadrat bilden.

Es sei das Rechteck ABCD Fig. 258 die Hälfte des Quadrats, welches durch die Grundrisse der inneren Seiten der Mauern des zu überwölbenden Raumes gebildet wird, und der Punkt O die Horizontalprojektion des Mittelpunktes der inneren Fläche des sphärischen Gewölbes. Um nun den Musterriß des Gewölbes dem gegebenen Grundrisse entsprechend zu verzeichnen, entnehmen wir das einzuhaltende Verfahren leicht aus der vorhergegangenen Definition der Hängekuppeln.

Nehmen wir die Grundlinie FG des Musterrisses, Fig. 257, parallel mit AC und BD an und betrachten die Gerade FG als die Vertikalprojektion der Horizontalebene, in welcher die vier Kämpferpunkte gelegen sind, von denen die sphärische Hängekuppel sich erhebt, so wird der Durchschnitt O' an dieser Geraden, wo eine von dem Mittelpunkt O im Grundrisse Fig. 257 gegen FG gefällte Senkrechte diese Gerade schneidet, die Vertikalprojektion des Mittelpunktes der inneren Fläche des sphärischen Gewölbes sein. Verlängert man die Seite AB unbestimmt gegen den Punkt N, und die Seite CD unbestimmt gegen den Punkt O, beschreibt sodann aus dem Punkte O mit dem Halbmesser $OF=OG$ den Halbkreis FGH, so ist dieser Halbkreis die Vertikalprojektion von dem Durchschnitte der Mauerseite, von welcher die gerade Linie BD Fig. 259 der Grundriß ist mit der inneren Fläche des sphärischen Gewölbes. Den Bogen OPN des ganzen sphärischen Gewölbes, dessen Durchmesser gleich ist der Diagonale des Quadrates von dem zu überwölbenden Raume, erhalten wir, wenn wir aus demselben Mittelpunkt O mit dem Halbmesser OE gleich der halben Diagonale OD Fig. 258 einen Halbkreis beschreiben, welcher die Gerade FO in dem Punkte O und die Gerade GN in dem Punkte N schneidet. Diese Punkte O und N sind die Scheitelpunkte der Durchschnitte von den über den Seiten CD und AB errichteten senkrechten Ebenen mit der inneren Fläche des sphärischen Gewölbes, und liegen mit dem Scheitelpunkte H des Halbkreises FGH in einer Horizontalebene. Fig. FGHOPN ist nun die Vertikalprojektion von der Hälfte der inneren Fläche der Hängekuppel.

Wird nun noch die Rückenlinie nach der angenommenen Stärke des Gewölbes bis zur Höhe der Umfassungsmauern gezogen, deren Stärke sich ergibt, wenn man die auf der Grundlinie FG senkrecht stehenden äußeren Seiten der Mauern im Grundriß Fig. 258 bis zur gegebenen Höhe verlängert, so bleibt nur noch zur Vollendung des Musterrisses die Horizontal- und Vertikalprojektion des Fugenschnittes übrig. Um diese Projektion zu erhalten, teilt man vorerst den halben Bogen E'OP des ganzen sphärischen Gewölbes in so viel gleiche Teile,

als das Gewölbe Schichten erhalten soll, und zieht aus den Teilpunkten a, b, c, d und e zu der Grundlinie FG Parallele, und es sind die innerhalb der Senkrechten FO und GN befindlichen, sowie die von dem Bogen OPN eingeschlossenen Teile dieser Parallelen die Vertikalprojektionen von den Fugen der horizontalen Wölb-schichten an der Wölbfläche des sphärischen Gewölbes. Fällt man aus denselben Teilpunkten a, b, c, d und e Senkrechte gegen die Grundlinie FG , welche, beliebig verlängert, die mit der Grundlinie parallele Linie CA in den Punkten a', b', c', d' und e' treffen, beschreibt sodann aus dem Punkte

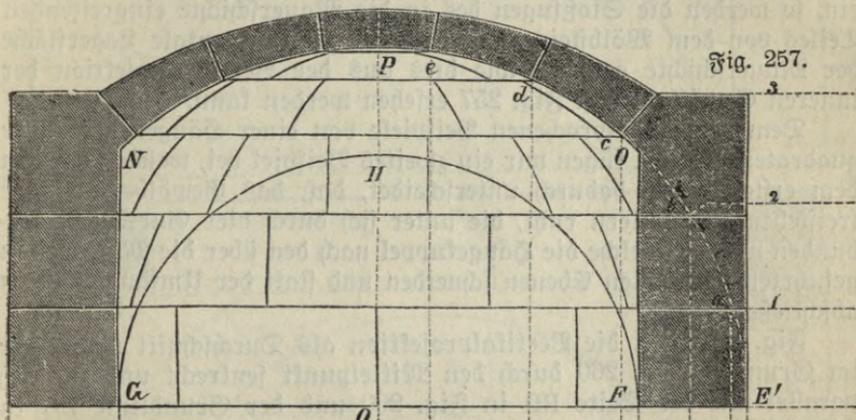


Fig. 257.

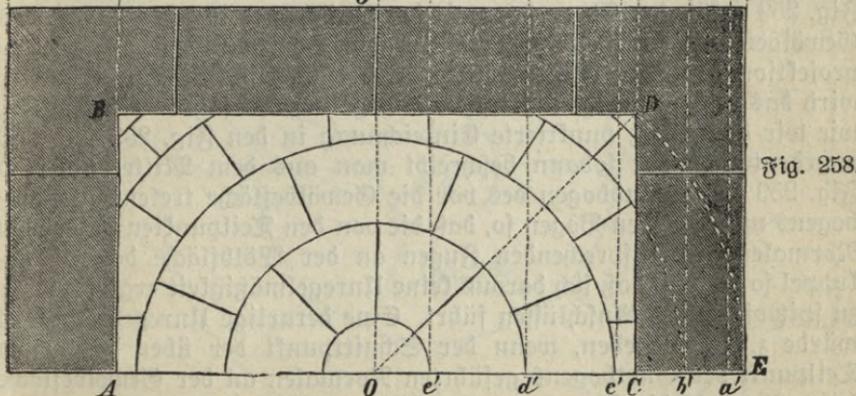


Fig. 258.

O als Mittelpunkt und mit den Halbmessern Oa', Ob', Oc', Od' und Oe' Kreisbogen, so sind die Teile dieser Kreisbogen, welche sich innerhalb der Mauerseiten AB, CD und BD befinden, die Horizontalprojektionen der Lagerfugen der über die Teilungspunkte geführten horizontalen Schichten der Hängekuppel. Werden nun von den Teilungspunkten a, b, c, d und e die Fugen von a der ersten Schichte horizontal,

der zweiten Schichte von b normal bis zur horizontalen Fuge der Mauer-schichte, und von c, d und e normal bis zur Rückenlinie gezogen, so ist der Musterriß der einen Hälfte vollendet, welchem die andere Hälfte genau entspricht.

Die Anordnung der Stoßfugen von den Wölbsteinen bleibt dieselbe wie bei den Kuppelgewölben. Es müssen dieselben ebene Flächen bilden, welche senkrecht gegen die Grundfläche und zugleich zentrisch gegen die durch den Mittelpunkt O gehende Drehachse geführt werden. Greifen Wölbsteine in die Schichten der senkrechten Umfassungsmauern ein, so werden die Stoßfugen des in die Mauer-schichte eingreifenden Theiles von dem Wölbsteine senkrecht auf die horizontale Lagerfläche der Mauer-schichte geführt, wie dies aus der Vertikalprojektion der inneren Gewölbeansicht Fig. 257 ersehen werden kann.

Dem vorher besprochenen Beispiele von einer Hängekuppel über quadratem Raume fügen wir ein zweites Beispiel bei, welches sich von dem ersteren nur dadurch unterscheidet, daß das Gewölbe auf vier freistehenden Pfeilern ruht, die unter sich durch vier Gurtbogen verbunden werden, welche die Hängekuppel nach den über die Mauerseiten geführten senkrechten Ebenen schneiden und statt der Umfangsmauern abschließen.

Fig. 259 stellt die Vertikalprojektion als Durchschnitt nach einer im Grundriß Fig. 260 durch den Mittelpunkt senkrecht und zugleich parallel mit der Seite BD in Fig. 260 und der Grundlinie EG in Fig. 259 geführten Ebene dar, mit der Ansicht der inneren Fläche des Gewölbes und der Gurtbogen. Um die Horizontal- und Vertikalprojektion von dem Fugenschnitte an der Gewölbfläche zu erhalten, wird das in dem vorigen Beispiele angegebene Verfahren eingehalten, wie wir dies durch punktierte Einzeichnung in den Fig. 259 und 260 angedeutet haben; sodann beschreibt man aus dem Mittelpunkte O Fig. 259 den Grundbogen des vor die Gewölbfläche tretenden Gurtbogens und teilt den Bogen so, daß die von den Teilpunkten gezogenen Normalen die entsprechenden Fugen an der Wölbfläche der Hängekuppel so treffen, daß sich daraus keine Unregelmäßigkeit ergibt, welche zu spitzwinkligen Anschlüssen führt. Eine derartige Unregelmäßigkeit würde z. B. entstehen, wenn der Schnittpunkt der über den ersten Teilpunkt des Gurtbogens geführten Normalen an der Gewölbfläche höher läge als die über den ersten Teilpunkt a des Hauptbogens von dem Kuppelgewölbe EP geführte horizontale Fuge. Man führt deshalb von dem Schnittpunkte der über den ersten Teilpunkt a des Hauptbogens geführten Horizontalen mit dem Stirnbogen FGH, als erstem Teilpunkt für den Gurtbogen, die diesem Gurtbogen zugehörige normale Fuge, und teilt von dieser Fuge an die übrigen Wölbsteine ein, auch wenn sie durch diese Teilung eine ungleiche Breite erhalten.

Fig. 259.

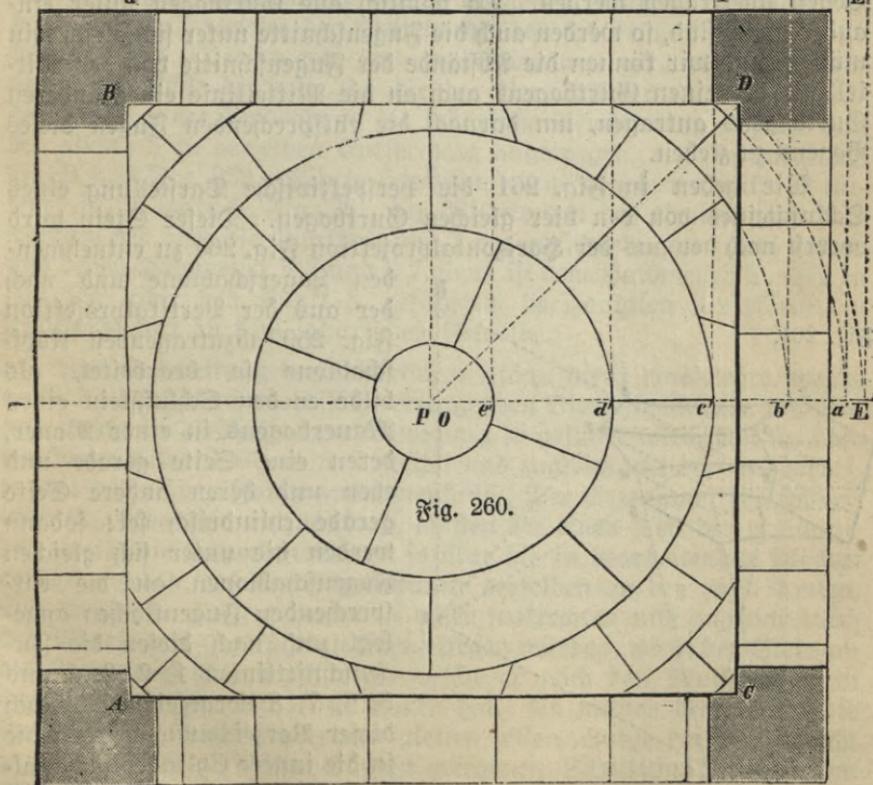
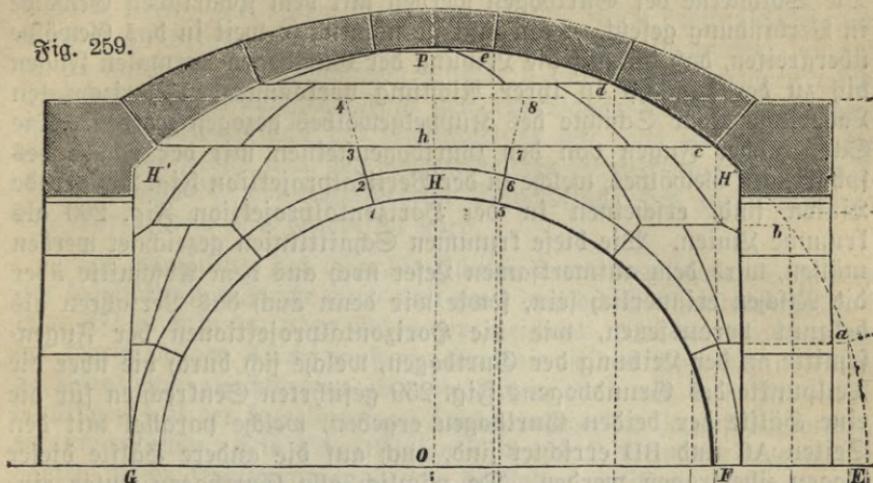
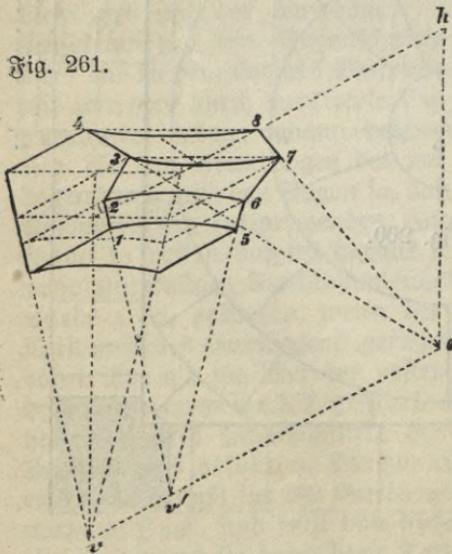


Fig. 260.

Die Wölbsteine der Gurtbogen werden mit dem sphärischen Gewölbe in Verbindung gesetzt. Man läßt sie nämlich so weit in das Gewölbe übergreifen, daß die auf die Leibung der Gurtbogen normalen Fugen bis zu der zunächst in ihrer Richtung vorkommenden horizontalen Lagerfuge einer Schichte des Kuppelgewölbes gezogen werden. Die Schnitte der Fugen von den Gurtbogensteinen mit der Fläche des sphärischen Gewölbes, welche in der Vertikalprojektion Fig. 259 gerade Linien sind, erscheinen in der Horizontalprojektion Fig. 260 als krumme Linien. Wie diese krummen Schnittlinien gezeichnet werden müssen, wird dem aufmerksamen Leser noch aus dem Abschnitte über die Nischen erinnerlich sein, sowie wir denn auch das Verfahren als bekannt voraussetzen, wie die Horizontalprojektionen der Fugenschnitte an der Leibung der Gurtbogen, welche sich durch die über die Teilpunkte des Grundbogens Fig. 259 geführten Senkrechten für die eine Hälfte der beiden Gurtbogen ergeben, welche parallel mit den Seiten AC und BD errichtet sind, auch auf die andere Hälfte dieser Bogen übertragen werden. Da nämlich alle Gurtbogen unter einander gleich sind, so werden auch die Fugenschnitte unter sich gleich sein müssen, und wir können die Abstände der Fugenschnitte von der Mittellinie des einen Gurtbogens auch an die Mittellinie eines anderen Gurtbogens antragen, um darnach die entsprechenden Fugen dieses Bogens zu ziehen.

Wir geben in Fig. 261 die perspektivische Darstellung eines Schlußsteines von den vier gleichen Gurtbogen. Dieser Stein wird vorerst nach der aus der Horizontalprojektion Fig. 260 zu entnehmenden

Fig. 261.



den Lagerschablone und nach der aus der Vertikalprojektion Fig. 259 abzutragenden Kopfschablone so bearbeitet, als bilde er den Schlußstein eines Mauerbogens in einer Mauer, deren eine Seite gerade und deren andere Seite gerade cylindrisch sei; sodann werden die unter sich gleichen Fugenschablonen an die entsprechenden Fugenflächen angelegt und nach diesen die Fugenschnittlinien 1, 2, 3, 4 und 5, 6, 7, 8 vorgezeichnet. Nach dieser Vorzeichnung werden die in die innere Cylinderfläche fallenden Punkte 3 und 7 unter sich durch eine krumme Linie ver-

bunden, welche nach einem biegsamen Lineal, dessen breite Fläche man an die cylindrische Fläche anschließen läßt und es so anlegt, daß es genau durch die vorgezeichneten Punkte 3 und 7 geht, gezogen wird. Dieser in der cylindrischen Fuge gelegene Bogen 3, 7 stellt die obere Kante der Gewölbfläche des Schlußsteines dar, von welcher aus die kegelförmige Fläche nach den vorgezeichneten Schnittlinien 3, 4 und 7, 8, sowie auch die hohlkugelförmige Gewölbfläche bis zur Oberkante des Gurtbogens 6, 2 bearbeitet wird.

Die Bogenlinie des über die Punkte 4 und 8 geführten Schnittes der kegelförmigen Fläche wird nach einer aus der Horizontalprojektion Fig. 260 zu entnehmenden Lehre vorgezeichnet. Bei der Bearbeitung der kegelförmigen Fläche muß ein über die beiden Bogenschnittlinien geführtes und gleichförmig über die Bogen 3, 7 und 4, 8 gleitendes Richtscheit mit der kegelförmigen Fläche, welche die Lagerfläche bildet, zusammenfallen. Die Schnittlinien 3, 4 und 7, 8, welche erzeugende Linien dieser kegelförmigen Fläche darstellen, müssen, verlängert in dem Punkte O, welcher der Mittelpunkt des sphärischen Gewölbes ist, sich schneiden. Denken wir uns an die durch O geführte Senkrechte, welche die Achse darstellt, um die der Vertikalkreis OE'P, Fig. 259, durch eine ganze Umdrehung die sphärische Gewölbfläche erzeugt hat, den Punkt h in Fig. 259 geführte Horizontalebene von dem Punkte O entfernt ist, so wäre h, Fig. 261, der Mittelpunkt des Kreisbogens, von welchem der über die Punkte 3 und 7 vorgezeichnete einen Teil bildet, und dessen Halbmesser h 3 und h 7 gleich ist dem Halbmesser h c des in Fig. 259 über den Punkt h geführten horizontalen kreisförmigen Fugenschnittes an dem sphärischen Gewölbe.

Zur Bearbeitung der sphärischen Fläche dient eine Lehre, welche einen Teil des die Gewölbfläche erzeugenden Viertelkreises OE'P bildet, und welche in gleichförmiger Bewegung so geführt wird, daß sie über die Bogenlinien 2, 6 und 3, 7 gleitet und zugleich mit der zu bearbeitenden sphärischen Fläche zusammenfällt. Der Erzeugung der sphärischen Gewölbfläche entsprechend, müssen die einen Teil der erzeugenden Kreislinie bildenden Lehren so über die zu bearbeitenden Flächen geführt werden, daß die Schnittpunkte derselben an den zwei Kanten, über welche sie gleiten, genau in einer senkrechten und zugleich durch den Mittelpunkt O geführten Ebene liegen würden, wenn der Stein an die Stelle versetzt gedacht wird, welche er nach den Musterrissen in Fig. 259 und Fig. 260 einzunehmen hat. Es müssen deshalb an die Kanten, über welche die Lehren gleiten sollen, einige der in senkrecht gegen die Achse geführten Ebenen gelegenen Schnittpunkte an diesen Kanten vorher scharf bezeichnet werden.

Nach dem, was wir in Bezug auf das Heraustragen und das Bearbeiten des in Fig. 261 dargestellten Schlußsteines von einem der Gurtbogen der Hängekuppel zu erwähnen Veranlassung nahmen, wird es keine Schwierigkeit darbieten, bei dem Heraustragen und Bearbeiten der anderen Gurtbogensteine, welche ebenfalls zugleich Bestandteile des sphärischen Gewölbes ausmachen, das geeignete Verfahren einzuhalten. Der obere Teil des Gewölbes, welcher von dem Teilpunkte c an ununterbrochen fortlaufenden horizontalen Schichten besteht und Calotte genannt wird, kann als eine gewöhnliche Kuppel betrachtet werden, deren erzeugende Linie der halbe Segmentbogen c h P ist.

Zwölfter Abschnitt.

Von den Treppen.

Man versteht unter Treppen die Anlage einer Anzahl von senkrechten Stufen mit horizontalen Absätzen, welche dazu dienen, um auf denselben in höher liegende Räume aufwärts, und in tiefer liegende Räume abwärts schreitend gelangen zu können. Alle Treppen müssen nun das miteinander gemein haben, daß das Auf- und Abwärts-schreiten mit möglichster Bequemlichkeit, d. h. so geschehen kann, daß dabei der menschliche Körper nicht außergewöhnlich angestrengt wird. Nach dieser Anforderung muß die senkrechte Höhe der Stufen, welche *Steigung*, zur Breite derselben, welche *Auftritt* genannt wird, in einem gewissen Verhältnisse stehen, entsprechend dem gewöhnlichen Schritte eines Menschen beim Ersteigen einer schiefen Ebene. Da man nun beim Ersteigen schiefer Ebenen um so weniger vorwärts schreitet, je größer der Neigungswinkel derselben ist, so kann man die Höhe der in der schiefen Ebene gedachten Stufen nicht vermehren, ohne daß die Breite der Stufen sich nach umgekehrtem arithmetischem Verhältnisse ändert; mit andern Worten: wenn man die Steigung um eine gewisse Größe vermehrt, so wird man den Auftritt um dieselbe Größe vermindern müssen, und ebenso umgekehrt, wenn man den Auftritt um eine gewisse Größe vermehrt, so wird man die Steigung um dieselbe Größe vermindern müssen. Nehmen wir an, es sei eine Treppe bequem, wenn die Stufen bei 15 cm Steigung einen Auftritt von 30 cm haben, so werden andere Stufen von 18 cm Steigung einen entsprechenden Auftritt von 27 cm erhalten; wäre dagegen die Steigung nur 13 cm, so würde der entsprechende Auftritt 32 cm betragen müssen.

Das angeführte Verhältnis zwischen Steigung und Auftritt entspricht der auf vielen Werkplätzen gültigen Annahme, daß die Summe der Abmessungen beider 45 cm gleich sein soll.

Auch wird das gegenseitige Verhältnis von Steigung und Auftritt so angenommen, daß das Doppelte der Steigung zum einfachen Auftritt addiert 60 cm beträgt. Wäre demnach die Steigung 15 cm, so wäre der entsprechende Auftritt $60 - 15 \times 2 = 30$ cm, wie bei der ersteren Annahme, wo Steigung und Auftritt zusammen 45 cm betragen sollen. Stimmt bei einer Steigung von 15 cm die Breite des Auftrittes nach beiden Verfahrungsarten überein, so ist dies bei veränderter Steigung nicht der Fall.

Unter Zugrundelegung der Zahl 60, von welcher das Doppelte der Steigung abgezogen die Breite des Auftrittes angibt, wird bei geringerer Höhe der Steigung die Breite des Auftrittes größer, bei größerer Höhe der Steigung die Breite des Auftrittes aber geringer als unter Zugrundelegung der Zahl 45, von welcher die einfache Steigung abgezogen die Breite des Auftrittes angibt. Das zuerst erwähnte Verfahren, nach welchem das gegenseitige Verhältnis von Steigung und Auftritt so angenommen wird, daß die Summe der beiden Abmessungen 45 cm beträgt, verdient erfahrungsgemäß den Vorzug.

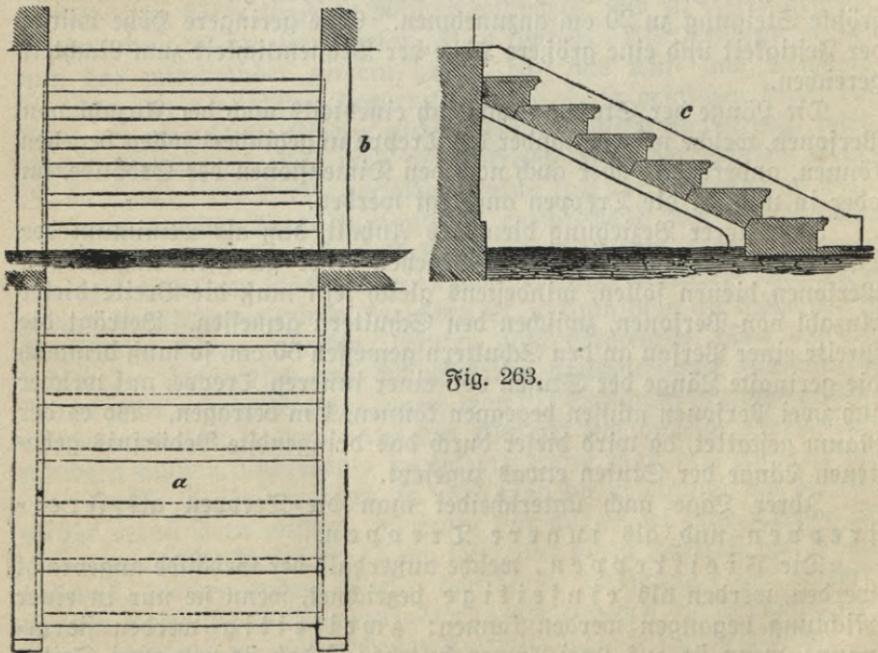
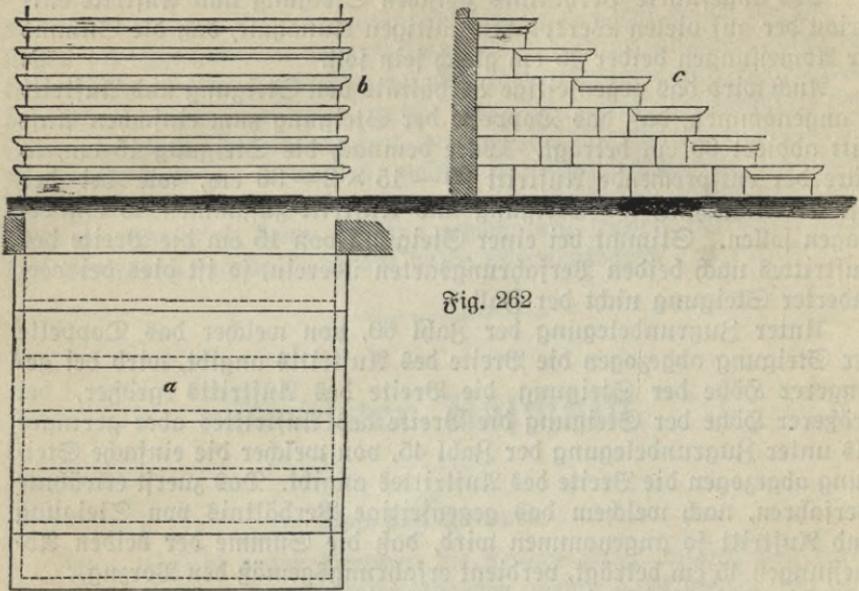
Die geringste Steigung ist bei Steintreppen zu 10 cm und die größte Steigung zu 20 cm anzunehmen. Eine geringere Höhe würde der Festigkeit und eine größere Höhe der Bequemlichkeit zum Nachteil gereichen.

Die Länge der Stufen richtet sich einestheils nach der Anzahl von Personen, welche nebeneinander die Treppe ungehindert sollen begehen können, andernteils aber auch nach den Dimensionen der Gebäude, an oder in welchen die Treppen angelegt werden.

In ersterer Beziehung dient als Anhalt, daß als Minimum der Länge von Stufen, welche zum Begehen einer gewissen Anzahl von Personen dienen sollen, mindestens gleich sein muß die Breite dieser Anzahl von Personen, zwischen den Schultern gemessen. Beträgt die Breite einer Person an den Schultern gemessen 50 cm, so muß demnach die geringste Länge der Stufen von einer inneren Treppe, auf welcher sich zwei Personen müssen begegnen können, 1 m betragen. Wo es der Raum gestattet, da wird dieser durch das dringendste Bedürfnis gebotenen Länge der Stufen etwas zugefügt.

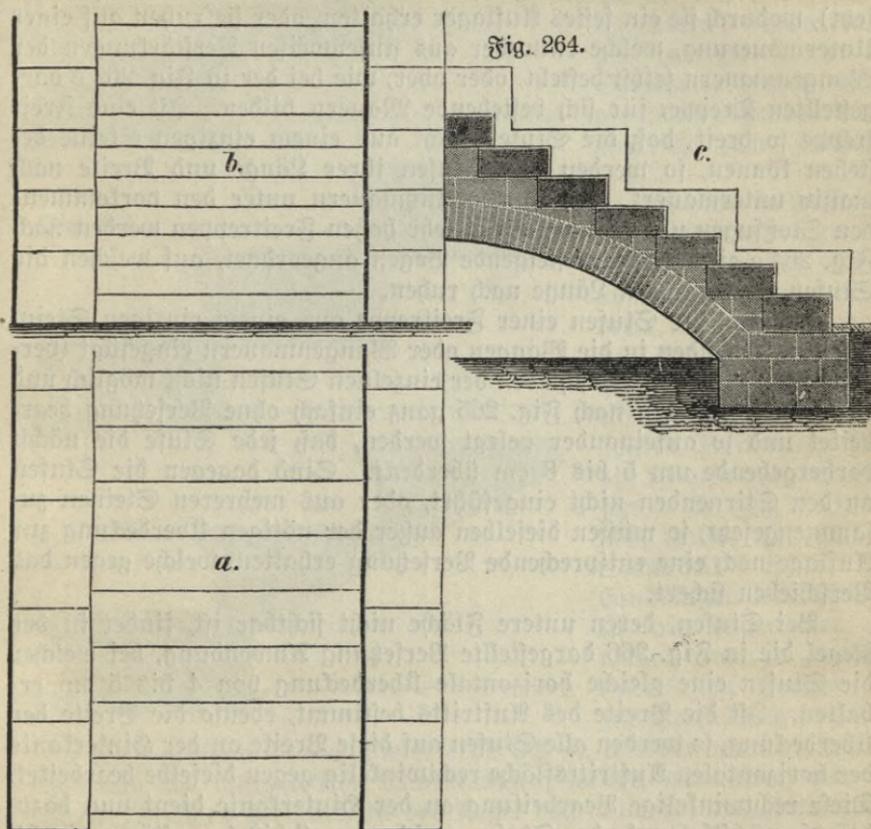
Ihrer Lage nach unterscheidet man die Treppen als Freitreppen und als innere Treppen.

Die Freitreppen, welche außerhalb der Gebäude angebracht werden, werden als einseitige bezeichnet, wenn sie nur in einer Richtung begangen werden können; zweiseitig werden sie genannt, wenn sie aus zwei Armen bestehen, sodas sie von zwei Seiten



bestiegen werden können, und dreiseitige Freitreppen sind solche, welche derart angelegt sind, daß sie von drei Seiten bestiegen werden können.

Die Arme einer Freitreppe, worunter man eine ununterbrochene Reihenfolge von Treppenstufen versteht, welche sich zwischen dem An- und Austritt, oder zwischen dem Austritt und einem Bodeste (Ruheplatz) befinden, werden auf verschiedene Weise abgeschlossen.



Die beiden Enden der Stufen können nach Fig. 262, welche in a den Grundriß, in b die vordere Ansicht und in c die Seitenansicht einer einarmigen Treppe darstellt, frei und sichtbar bleiben, oder sie können nach Fig. 263, welche in a den Grundriß, in b die vordere Ansicht und in c den Durchschnitt darstellt, durch zwei Steine, sogenannte Wangen, eingerahmt sein, welche nach dem Neigungswinkel der Treppe aufgestellt und in welche die Kopfenden der Stufen eingefügt werden, oder sie werden nach Fig. 264, welche in a den Grundriß, in b die vor-

dere Ansicht und in c den senkrechten Durchschnitt darstellt, zwischen zwei, meist geraden und parallelen Mauern, welche Wangen- oder Postamentmauern genannt werden, aufgeführt.

Die unterste Stufe einer Freitreppe ruht ihrer ganzen Länge nach auf einer Fundamentmauer, und die übrigen Stufen, von denen jede die zunächst folgende um 5 bis 10 cm unterstüßt, sind mit ihren Stirnenden entweder in die Wangen oder Wangenmauern eingefügt (versetzt), wodurch sie ein festes Auflager erhalten, oder sie ruhen auf einer Untermauerung, welche entweder aus stufenweisen Verstärkungen der Wangenmauern selbst besteht, oder aber, wie bei der in Fig. 262 c dargestellten Treppe, für sich bestehende Mauern bilden. Ist eine Freitreppe so breit, daß die Stufen nicht aus einem einzigen Steine bestehen können, so werden alle Stufen ihrer Länge und Breite nach massiv untermauert, oder durch Stützmauern unter den vorkommenden Stoßfugen unterfangen. Bei sehr hohen Freitreppen werden nach Fig. 264 c einhüftige, ansteigende Bogen angeordnet, auf welchen die Stufen ihrer ganzen Länge nach ruhen.

Bestehen die Stufen einer Freitreppe aus einem einzigen Stein, dessen Stirnenden in die Wangen oder Wangenmauern eingefügt (versetzt) sind, so ist ein Verschieben der einzelnen Stufen nicht möglich und es können dieselben nach Fig. 265 ganz einfach ohne Versetzung bearbeitet und so aufeinander gelegt werden, daß jede Stufe die nächst vorhergehende um 5 bis 8 cm überdeckt. Sind dagegen die Stufen an den Stirnenden nicht eingeführt, oder aus mehreren Steinen zusammengesetzt, so müssen dieselben außer der nötigen Überdeckung zur Auflage noch eine entsprechende Versetzung erhalten, welche gegen das Verschieben sichert.

Bei Stufen, deren untere Fläche nicht sichtbar ist, findet in der Regel die in Fig. 266 dargestellte Versetzung Anwendung, bei welcher die Stufen eine gleiche horizontale Überdeckung von 4 bis 5 cm erhalten. Ist die Breite des Auftritts bestimmt, ebenso die Breite der Überdeckung, so werden alle Stufen auf diese Breite an der Hinterkante der horizontalen Auftrittsfläche rechtwinkelig gegen dieselbe bearbeitet. Diese rechtwinkelige Bearbeitung an der Hinterkante dient nun dazu, daß die nächstfolgende der Stufen, welche man 3 bis 4 cm stärker macht, als es der gegebene Auftritt vorschreibt, sich mit der rechtwinkelig auf das untere Lager eingearbeiteten Stoßfläche der parallel mit dem Auftritte und von der Unterkante der vorgezeichneten Steigung eingearbeiteten Überdeckung anschließe. Dementsprechend wird die rechtwinkelige Bearbeitung an der Hinterkante des Auftrittes nur auf solche Breite vorgenommen, wie es zum Anschluß der rechtwinkelligen Stoßfläche der abwärts gerichteten Verstärkung von der nachfolgenden Stufe erforderlich ist.

Fig. 267 stellt eine übliche Verletzung von Stufen dar, deren untere Fläche sichtbar ist. Bei dieser rechtwinkelig gegen die untere

Fig. 265.

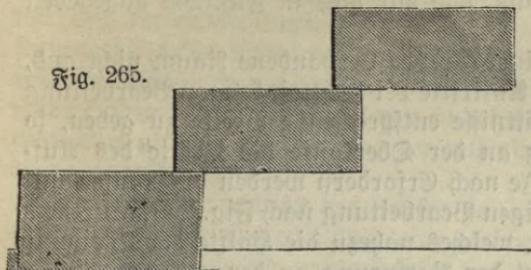


Fig. 266.

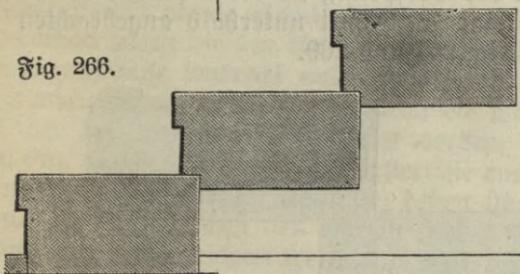
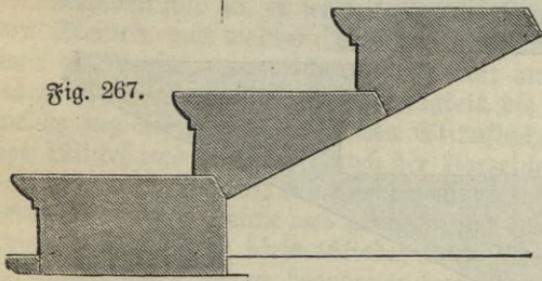


Fig. 267.



Fläche der Stufen geführten Verletzung kann die horizontale Überdeckung auf die geringe Breite von 2 bis 3 cm angeordnet werden, weil die geneigte Fläche der Verletzung einer Stufe der nächstfolgenden Stufe zugleich zum Auflager dient.

Die vorerwähnten üblichen Überdeckungen und Verletzungen der Stufen von Freitreppen verhindern nicht das Eindringen des Wassers in die horizontalen Fugen der Überdeckung. Bei unbedeckten Freitreppen sollte die Anordnung der Stufen nach Fig. 268 und 269, welche eine größere Sicherheit gegen das Eindringen des Wassers in die Lagerfugen gewährt, um so weniger unterlassen werden, als zur Herstellung der Stufen keine größere Steinmasse erforderlich ist, wie bei den in Fig. 265, 266 und 267 dargestellten Anordnungen, welche, wenngleich nur für innere Treppen geeignet, in der Regel doch auch bei den Freitreppen Anwendung finden.

Die Treppenstufen können in der vorderen Ansicht auf verschiedene Weise profiliert werden. Gestattet es der zur Anlage einer Treppe erforderliche Raum, dem Auftritte eine solche Breite zu geben, daß das zum bequemen Ersteigen der Treppe entsprechende Verhältnis durch eine rechtwinkelige Bearbeitung der vorderen Fläche, welche den Auftritt bildet, erreicht wird, so ergibt sich daraus das in Fig. 265 dargestellte einfache Normalprofil einer Steintreppe, welches ohne Veränderung des gegenseitigen Verhältnisses von Steigung und Auftritt zur

Die Treppenstufen können in der vorderen Ansicht auf verschiedene Weise profiliert werden. Gestattet es der zur Anlage einer Treppe erforderliche Raum, dem Auftritte eine solche Breite zu geben, daß das zum bequemen Ersteigen der Treppe entsprechende Verhältnis durch eine rechtwinkelige Bearbeitung der vorderen Fläche, welche den Auftritt bildet, erreicht wird, so ergibt sich daraus das in Fig. 265 dargestellte einfache Normalprofil einer Steintreppe, welches ohne Veränderung des gegenseitigen Verhältnisses von Steigung und Auftritt zur

Berschönerung der vorderen Ansicht der Treppe, durch Einarbeitung von Gliedern innerhalb der senkrechten Platte der Steigung, mehr oder weniger bereichert werden kann, wie wir dies in Fig. 268 angegeben haben.

Reicht der zur Anlage einer Treppe vorhandene Raum nicht aus, bei gegebener Steigung dem Auftritte bei rechtwinkliger Bearbeitung die dem gegenseitigen Verhältnisse entsprechende Breite zu geben, so kann durch einen Vorsprung an der Oberkante die Breite des Auftrittes vergrößert werden. Je nach Erfordern werden die Stufen mit Weibehaltung der rechtwinkligen Bearbeitung nach Fig. 269 mit einem vortretenden Bande besäumt, welches nahezu die Hälfte der Steigung zur Breite hat, oder es bildet der Vorsprung an der vorderen oberen Kante einen Viertelstab oder eine Welle mit unterhalb angebrachten Plättchen oder Leisten nach Fig. 267 und 269.

Fig. 268.

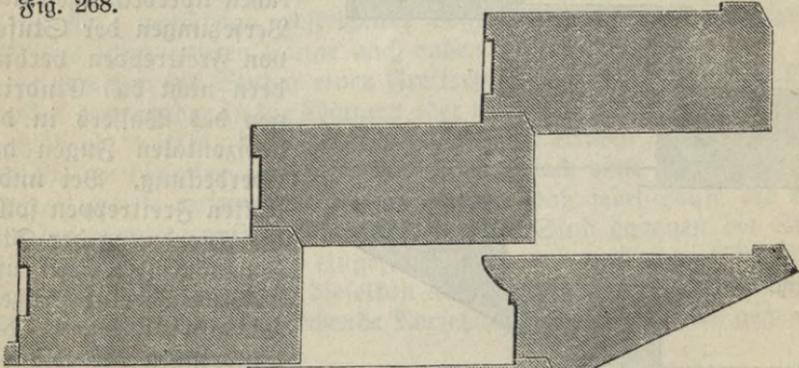
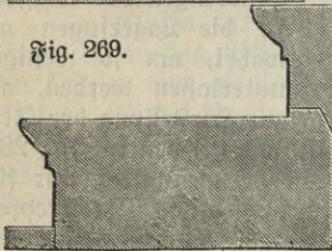


Fig. 269.



Die untersten Stufen der Freitreppen ruhen mit horizontalen Lagern ihrer ganzen Breite nach auf Fundamentmauern und erhalten stets eine größere Höhe als die übrigen Stufen, damit die Lagerfugen durch Platten, welche vor den Treppen angebracht werden, durch anschließende Pflasterung oder durch den natürlichen Boden bedeckt werden. Werden Platten vor dem Antritt einer Treppe angebracht, wie dies in Fig. 266, 267, 268 und 269 angenommen ist, so erhalten die

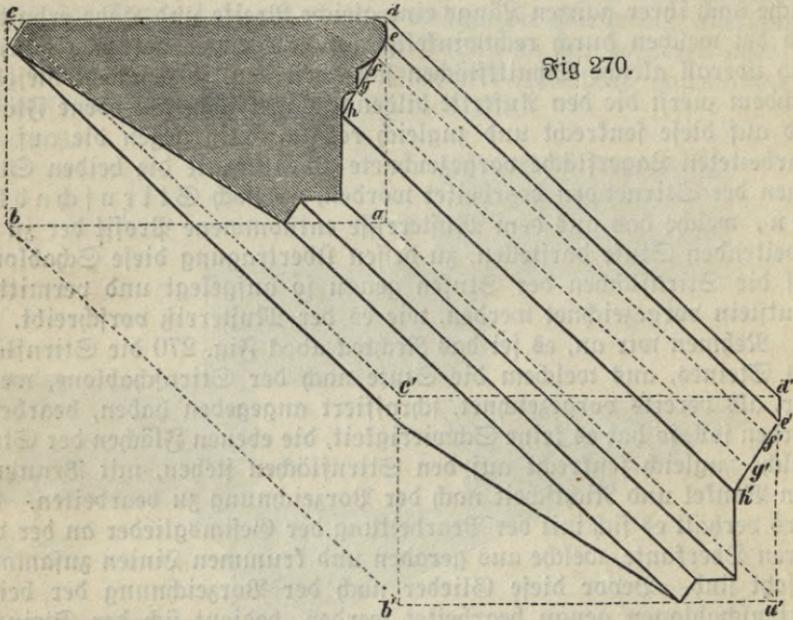
Fundamentmauern einen Vorsprung, auf welchem die anschließenden Platten ihr Auflager erhalten, und hat man in diesen Fällen die Verstärkung der ersten Stufe nach der Dicke der Platten zu richten. Befinden sich keine Platten vor den untersten Stufen, so erhält nach Fig. 267 die Fundamentmauer keinen Vorsprung, damit der anschließende Boden sich gleichmäßig und ungehindert setzen kann, und es genügt eine geringe Verstärkung der untersten Stufen zur Deckung von deren Lagerfugen.

Was die Bearbeitung der Stufen von geraden Freitreppen betrifft, welche nach ihrer ganzen Länge eine gleiche Breite und Höhe erhalten, und bei welchen durch rechtwinkelig auf das Lager geführte Ebenen auch überall gleiche Schnittflächen sich darstellen, so geschieht dieselbe, nachdem zuerst die den Auftritt bildende Lagerfläche als ebene Fläche, und auf diese senkrecht und zugleich rechtwinkelig gegen die auf der bearbeiteten Lagerfläche vorgezeichnete Vorderkante die beiden Stoßfugen der Stirnenden bearbeitet worden, — nach *Stirnjablonen*, welche das aus dem Musterrisse entnommene Profil der zu bearbeitenden Stufe darstellen, zu dessen Übertragung diese Schablonen auf die Stirnflächen der Stufen genau so aufgelegt und vermitteltst Blutstein vorgezeichnet werden, wie es der Musterriß vorschreibt.

Nehmen wir an, es sei das Rechteck *abcd* Fig. 270 die Stirnfläche des Steines, aus welchem die Stufe nach der Stirnschablone, welche wir, als bereits vorgezeichnet, schraffiert angegeben haben, bearbeitet werden soll, so hat es keine Schwierigkeit, die ebenen Flächen der Stufe, welche zugleich senkrecht auf den Stirnflächen stehen, mit Benutzung von Winkel und Richtscheit nach der Vorzeichnung zu bearbeiten. Anders verhält es sich mit der Bearbeitung der Gesimsglieder an der vorderen Oberkante, welche aus geraden und krummen Linien zusammengesetzt sind. Bevor diese Glieder nach der Vorzeichnung der beiden Stirnschablonen genau bearbeitet werden, bedient sich der Steinmetz der Auswierung derselben in der Weise, daß er vorerst den Stein in der Richtung der Gesimsglieder nach ebenen Flächen bearbeitet, welche an den Stirnseiten durch gerade Linien so vorgezeichnet werden, daß diese Linien die vorgezeichneten Gesimsprofile an einem Punkt oder an mehreren Punkten schneiden, wie wir in unserem Beispiele Fig. 270 angegeben haben, wo die senkrecht auf das obere Lager über *d* geführte Ebene den Viertelstab in dem Punkte *e* und die an diese geführte geneigte Ebene den Viertelstab in *f*, die Vorderkante des Leistchens in *g* und die senkrechte Platte der Steigung in *h* schneidet. Sind diese Bierungsflächen rechtwinkelig auf die Stirnseiten bearbeitet, so werden an diesen die zusammengehörigen Schnittpunkte *ee'*, *ff'*, *gg'*, *hh'* durch gerade Linien, welche nach dem Richtscheit vorgerissen werden, verbunden, und es dienen diese vorgezeichneten Linien als Richtungs-

linien bei der nunmehr erfolgenden Ausarbeitung der Glieder nach den vorgezeichneten Stirnschablonen.

Sind die Gesimsglieder einfach und es haben die zu bearbeitenden Steine keine bedeutende Länge, so genügt in der Regel die Vorzeichnung nach den Stirnschablonen zur Bearbeitung der Glieder nach Winkel und Richtigkeit; bei zusammengesetzteren Gliedern aber und zumal bei bedeutender Länge der Steine, wo bei dem geübtesten Auge und der geschicktesten Handführung des Arbeiters Ungenauigkeiten in der Bearbeitung entstehen, ist es durchaus erforderlich, Hohlshablonen



herauszutragen und nach diesen von den Vierungsflächen aus das Profil in kurzen Entfernungen einzubeizen, so daß der Arbeiter die zu bearbeitende Form der Glieder vor Augen hat.

Wir haben bisher nur die Stufen von geraden Freitreppen betrachtet, welche nach ihrer ganzen Länge eine gleiche Breite haben, und werden nun noch die Stufen von Freitreppen mit krummen Armen zu betrachten haben, bei welchen die der Grundrißform der Treppe entsprechend gewundenen Stufen ungleich breit sind.

Nehmen wir an, es sei Fig. 271 der Grundriß von einem Treppenarm, welcher nach einem aus dem Punkte G als Mittelpunkt beschriebenen Kreisbogen gekrümmt ist, so daß bei gleicher Länge der Stufen die innere Wange AB und die innere Wange CD im Grundrisse durch konzentrische Kreise begrenzt erscheinen. Da bei dieser Treppe die

Projektionen der Vorderseiten der Stufen nicht parallel angenommen werden können, vielmehr eine konvergierende Richtung erhalten, welche von den Teilpunkten durch den gemeinschaftlichen Mittelpunkt G geht, so erklärt sich daraus, daß das für die Treppenanlage ermittelte Verhältnis zwischen Steigung und Auftritt bei dieser Treppe, wie bei allen gewundenen Treppen überhaupt, nur nach einer Richtung daselbe sein kann. Es wird allgemein angenommen, daß die bequemste Erstiegung gewundener Treppen in der Mitte der Treppenarme stattfinden soll. Dem entsprechend erhalten wir die Projektionen der Vorderseiten der Stufen im Grundrisse Fig. 271, wenn wir aus dem Mittelpunkte G den punktiert eingezeichneten Kreisbogen beschreiben, welcher den Treppenarm in seiner Breite halbiert, an diesen Kreisbogen die ermittelte Breite der Stufen antragen und von den Teilungspunkten innerhalb der Wangen gerade Linien nach dem Mittelpunkte G ziehen. Die für alle Stufen gleiche Breite der horizontalen Überdeckung wird nun von den Teilungspunkten für die Vorderseiten der Stufen rückwärts angetragen und durch parallel mit den entsprechenden Vorderseiten gezogene gerade Linien im Grundrisse verzeichnet. Das in den meisten Lehrbüchern angeführte Verfahren, die horizontale Überdeckung der Stufen nicht parallel mit den Vorderseiten derselben, sondern von den Teilungspunkten an der Halbierungslinie des Treppenarmes ebenfalls zentrisch nach dem Mittelpunkte der Treppenwindung zu ziehen, müssen wir als ungerechtfertigt, ja geradezu als fehlerhaft bezeichnen, indem die zur Herstellung der Stufen erforderlichen Steine eine größere Breite erhalten müssen, ohne durch diese größere Breite an Tragfähigkeit zu gewinnen. Erhalten die Treppen Wangen, so entsteht durch die centrische Führung der horizontalen Überdeckung der Stufen der weitere Nachteil, daß die äußeren Wangen CD Fig. 277 nach ihrem senkrechten Durchschnitt in denselben Verhältnisse an Höhe zunehmen müssen, als die Breite der aufzunehmenden Stufen zunimmt. Wir nehmen als Regel an, daß die horizontale Überdeckung der Stufen auf die ganze Länge derselben eine gleiche Breite erhält, bestehe die Treppe aus geraden oder krummen Armen. In Bezug auf die gegen das Verschieben der Stufen angebrachte Versetzung ist die Annahme einer gleichen Breite der von der Hinterkante der horizontalen Überdeckung normal gegen die bearbeitete untere Fläche der Stufen zu führenden Stoßfläche bei gewundenen Treppen um deswillen nicht anwendbar, weil die Schnittfugen dieser Stoßflächen zugleich horizontal sein sollen. Die Stoßflächen der Versetzung, welche an allen Punkten gegen die untere Schraubenfläche der Stufen normal geführt werden, sind bei gewundenen Treppen windschiefe Flächen von ungleicher Breite. Die Schnittlinien dieser windschiefen Flächen an der unteren Schraubenfläche der Stufen werden nach folgendem Ver-

Fig. 271.

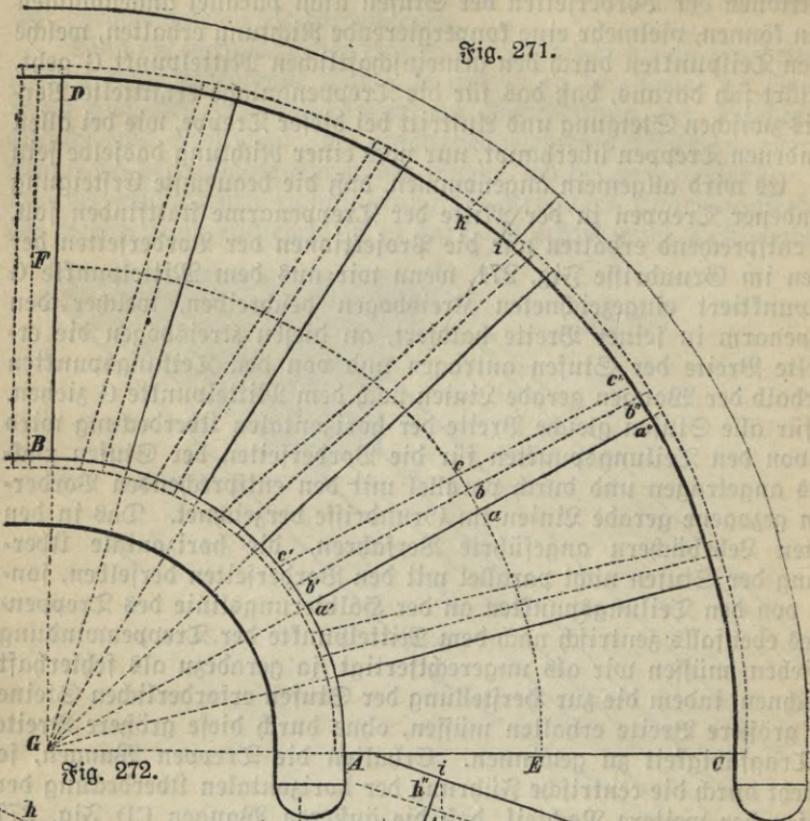


Fig. 272.

Fig. 274.

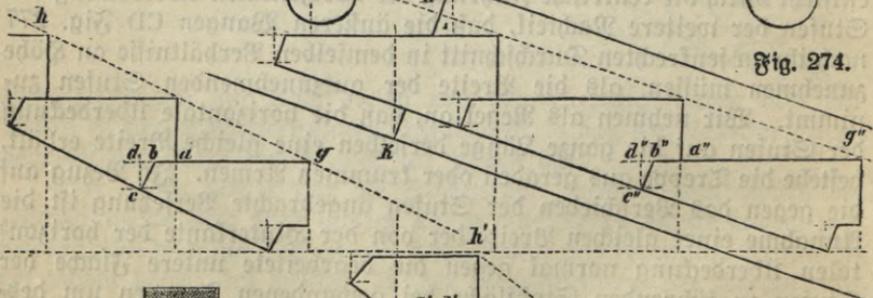
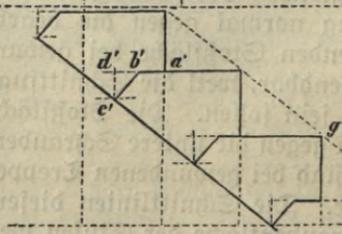
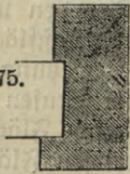


Fig. 278.

Fig. 275.



fahren herausgetragen, zu dessen Erläuterung die Fig. 272, 273 und 274 dienen. Wie die dem ermittelten Verhältnis von Steigung und Auftritt entsprechende Breite der Stufen, ebenso die Breite der Überdeckung an dem Kreisbogen EF, Fig. 271, angetragen wurde, welcher die Stufen ihrer Länge nach halbiert, ebenso gehen wir bei der Bestimmung des senkrechten Durchschnitts der Stufen von dem Durchschnitte einer senkrechten Cylinderfläche aus, welche die Stufen nach dem Kreisbogen EF, welcher als die Horizontalprojektion dieser Cylinderfläche betrachtet wird, in ihrer Mitte schneidet. Denken wir uns die Schnittpunkte der über den Kreisbogen EF geführten senkrechten Cylinderfläche an den Oberkanten der gleich breiten und ebenso gleich hohen Stufen durch eine stetige krumme Linie verbunden, so wird diese krumme Linie eine Schraubenlinie sein, welche an der aufgewickelten Cylinderfläche nach Fig. 272, welche den vollendeten Durchschnitt einiger Stufen nach der aufgewickelten Cylinderfläche, deren Horizontalprojektion der Kreisbogen EF in Fig. 271 ist, darstellt, sich als eine gerade Linie darstellen, welche wir in Fig. 272 punktiert eingezeichnet haben, und es wird die Durchschnittslinie derselben Cylinderfläche an der unteren Fläche der Stufen in dieser Aufwicklung ebenfalls eine gerade und zwar eine mit der über die Vorderkanten der Stufen gezogenen gh parallele Linie sein. Haben wir nach Fig. 272 den Durchschnitt der Stufen nach dem vorher für den Kreisbogen EF bestimmten Verhältnisse von Auftritt und Steigung angetragen und ebenso für jede Stufe die gleiche Breite ab der horizontalen Überdeckung, von den Hinterkanten b der horizontalen Überdeckung die Stoßfugen der Überdeckung senkrecht gegen die über die Vorderkanten der Stufen gezogene gerade Linie gh geführt und die gleiche Breite bc angetragen, so wird durch eine über G mit gh parallel gezogene gerade Linie der Musterriß der Stufen in Bezug auf den normalen mittleren Durchschnitt nach dem Kreisbogen EF Fig. 271 vollendet.

Die Stirnenden der Stufen an der cylindrischen Fläche der inneren Wange Fig. 273, sowie die Stirnenden an der cylindrischen Fläche der äußeren Wange Fig. 274 werden nun ebenfalls nach den aus dem Grundrisse Fig. 271 zu entnehmenden Breiten der entsprechenden aufgewickelten Cylinderflächen und mit Beibehaltung der gleichen Höhe der Stufen und der gleichen Breite der horizontalen Überdeckung herausgetragen. Die Stoßfugen der Versetzung $b'c'$, Fig. 273, und $b''c''$, Fig. 274, werden senkrecht gegen die über die entsprechenden Vorderkanten der Stufen gezogenen geraden Linien gezogen, und es erhalten die Stoßflächen eine sowohl unter sich als gegen die Stoßfläche im mittleren Durchschnitt Fig. 272 verschiedene Breite, welche dadurch bestimmt wird, daß man aus dem mittleren Durchschnitt Fig. 272 die senkrechte Entfernung dc des Schnittpunktes c der Stoßfuge an der

unteren Fläche der Stufen von der Austrittsfläche entnimmt, an die Profile der beiden Stirnenden anträgt und in dieser Entfernung horizontale Linien zieht. Die Schnittpunkte c' und c'' dieser Horizontalen mit den vorgezeichneten Stoßfugen $b'c'$ Fig. 273 und $b''c''$ Fig. 274 bezeichnen die entsprechenden Kanten dieser Fugen, über welche die mit $g'h'$ und $g''h''$ parallelen Linien gezogen werden, nach denen die Stirnenden der Stufen an der unteren Fläche zu bearbeiten sind. Die über die drei Schnittpunkte c , c' und c'' geführte Schnittlinie der Stoßfuge mit der unteren Schraubenfläche der Stufen kann keine gerade Linie sein, ihre Krümmung ist aber so unbedeutend, daß in der Regel diese drei genannten Punkte ausreichend sind, um mittelst eines darüber geführten Kurvenlineals dieselbe vorzuzeichnen. Die Wangen, in welche die Stirnenden der Stufen eingelassen werden, müssen eine entsprechende Stärke erhalten. Ihre Breite hängt von der Festigkeit der Steine ab, kann aber füglich bei Freitreppen nicht unter 20 bis 25 cm betragen, und ihre Höhe, im rechten Winkel gegen die Oberkante gemessen, beträgt das $2\frac{1}{2}$ - bis Dreifache der Höhe von den eingesetzten Stufen. Wir haben in Fig. 274, welche das Profil der Stufen bei ihrem Anschluß an die äußere Wange darstellt, die zugehörige Wange in ihrer Aufwicklung eingezeichnet, woraus die übliche Anordnung ersichtlich ist, die Stufen genau in die Mitte der Wangen einzulassen, sodaß die obere Fläche derselben von den Vorderkanten der Stufen ebensoweit absteht, wie die untere Fläche von den Hinterkanten der Stufen. Man vermehrt die Tragfähigkeit der Wangen und gibt den Stufen ein größeres Auflager dadurch, daß man den Wangen unterhalb der Auflage der Stufen nach Fig. 275, welche den rechtwinkligen Durchschnitt der äußeren Wangen nach der in Fig. 274 eingezeichneten Stoßfuge ik darstellt, eine größere Breite gibt.

Je länger die von den Wangen zu unterstützenden Stufen sind, um so breiter wird der vorerwähnte Vorsprung angenommen, welcher das Auflager der Stufen vergrößert, ohne die benüzbare obere Breite der Treppe zu vermindern. Krumme Wangen können selten aus einem Steine gearbeitet werden. Bestehen dieselben aus mehreren Stücken, deren Größe von dem dazu vorhandenen Materiale abhängig ist, so dient es zu großer Erleichterung bei deren Bearbeitung, wenn man allen Stücken eine gleiche Größe gibt, weil in diesem Falle die für ein Stück herausgetragenen Schablonen auch für die übrigen Stücke anwendbar sind. Bei der Bestimmung der Stoßfugenfläche der aneinander stoßenden Stücke nimmt man am zweckmäßigsten an, daß die Stoßfugenfläche eine Ebene sei, normal gegen die Schraubenlinie geführt, welche der Mittelpunkt des Querschnitts der Wange beschreibt, indem durch diese als Ebene leicht zu bearbeitende Schnittfläche die allzu spitzen Winkel an den Kanten vermieden werden.

Zum Einzeichnen dieser Stoßfugen in die Horizontalprojektion (den Grundriß oder Grundschlag) der Wangen, und zum Auftragen der Schablonen, welche zur Anfertigung der Wangenstücke aus dem möglichst Kleinen erforderlich sind, dient das folgende Verfahren. Man trägt Fig. 276 im Grundriße die Wange von unbestimmter Länge auf, zieht eine mit der Grundlinie GH der Vertikalprojektion parallele Sehne AB und entwirft einen Teil der Wange in der Vertikalprojektion Fig. 277. Da die Sehne AB parallel mit der Grundlinie GH angenommen ist, so liegen die Punkte lm und $l'm'$, in welchen die inneren und äußeren Kanten sich schneiden, in der die Sehne AB halbierenden Senkrechten CD. Trägt man nun von dem Halbierungspunkt J des senkrechten Durchschnittes der Wange die Vertikalprojektion einer Tangente an die mittlere Schraubenlinie, und denkt man sich in dem Punkte J die Stoßfugenebene die Wangen schneidend, so wird der Schnitt eine durch den Punkt J gehende und senkrecht auf der Tangente HJ stehende gerade Linie sein. Indem wir die mit 9, 10 und 11, 12 bezeichneten Schnittpunkte dieser Ebene an den Kanten durch Senkrechte in die Horizontalprojektion tragen, erhalten wir die Horizontalprojektion des Schnittes an dieser Stelle. Nun sind aber die Horizontalprojektionen aller normal gegen die mittlere Schraubenlinie der Wangen geführten Schnitte genau dieselben und wir können, ist einmal die Länge eines Wangenstückes bestimmt, die in Fig. 276 gefundene Horizontalprojektion überall da antragen, wo sie der Länge des Wangenstückes entsprechend hingehört, wie dies in Fig. 276 in 1, 2, 3, 4 und 5, 6, 7, 8 angegeben ist.

Werden die im Grundriß Fig. 276 angetragenen Stoßfugen 1, 2, 3, 4 und 5, 6, 7, 8 des Wangenstückes von einer bestimmten Länge durch Senkrechte gegen die Grundlinie GH an die entsprechenden Kanten der Vertikalprojektion des Wangenstückes von unbestimmter Länge Fig. 277 aufwärts angetragen und gezeichnet, so ist die Vertikalprojektion dieses Wangenstückes vollendet.

Nimmt man an, es werde die Vertikalprojektionsebene durch zwei auf ihr senkrecht stehende und mit der Neigungslinie der Treppe an der Wangenseite parallele Ebenen geschnitten, deren Schnittlinien mit der Projektionsebene die Linien KL und MN in Fig. 277 sind, so stellen die Projektionen des Wangenstückes auf diesen Ebenen, welche mit Hilfe der Horizontalprojektion desselben, Fig. 276, leicht herauszutragen sind, indem wir uns diese Ebenen in die Vertikalprojektionsebene niederklappen, die Schablonen dar, nach welchen sowohl die obere als auch die untere Fläche des Wangenstückes vorgezeichnet werden kann. Mit Hilfe der unter sich gleichen Schablonen V und W kann nun das Wangenstück aus einem parallel-epipedischen Steine gearbeitet werden, dessen Länge, Höhe und Breite aus der Vertikalprojek-

Fig. 277.

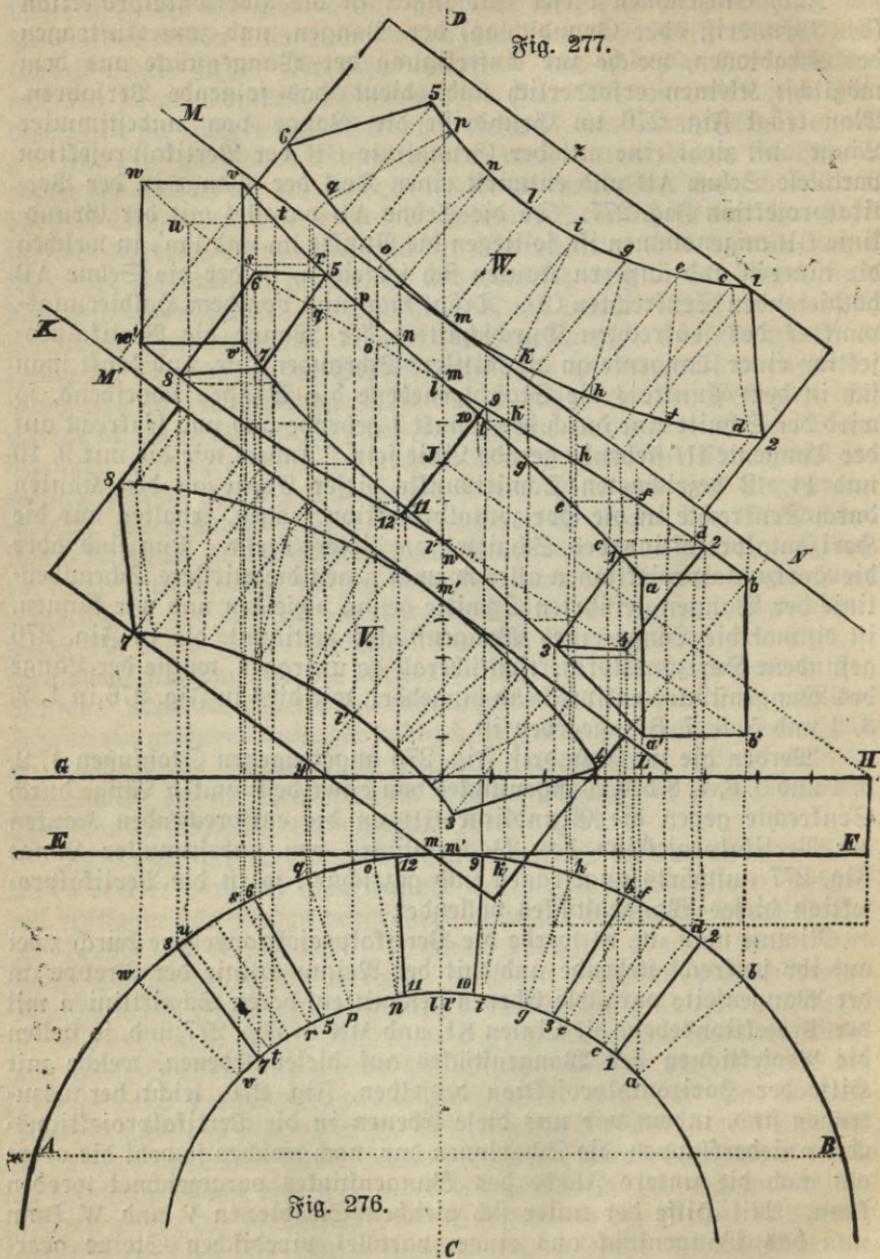
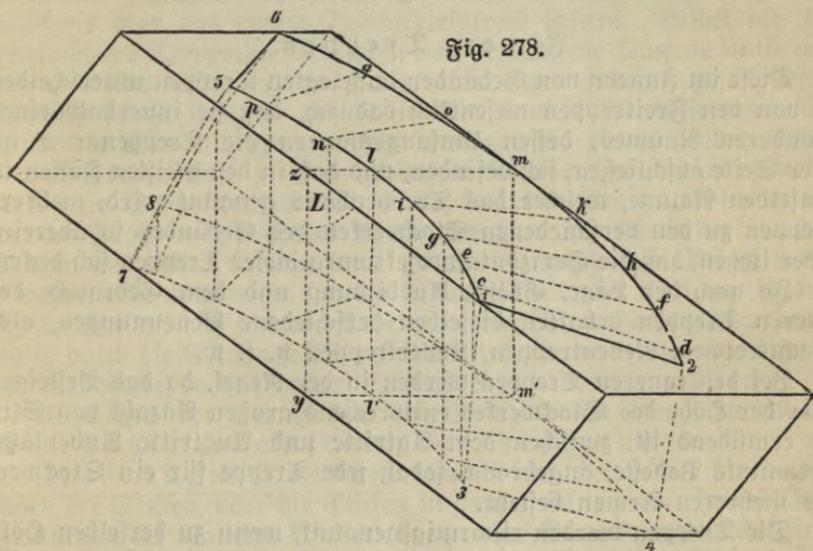


Fig. 276.

tion des Wangenstückes und den fraglichen Schablonen entnommen werden kann. Die Länge des Steines erhalten wir, wenn wir von dem Punkte *b* der Schablone *W*, Fig. 277, eine Senkrechte gegen die Linie *KL* führen, bis sie diese in *M'* schneidet. Die Linie *LM'* ist die gesuchte Länge des Steines.

Ist der parallel-epipedische Stein, Fig. 278, nach den gegebenen Dimensionen bearbeitet, so sind nun die Schablonen richtig auf dessen obere und untere Fläche zu legen, um nach diesen vorzeichnen zu können. Beim Anlegen der Schablonen bedient man sich der Schmiege,



indem man dieselbe nach dem Winkel *L*, welchen die Tangente gegen die Senkrechte *CD*, Fig. 277, einschließt, stellt, — diesen Winkel von dem Punkte *z*, Fig. 279, wo die verlängerte Senkrechte *lm* die Kante schneidet, an die senkrechte Fläche überträgt und von dem Punkte *z* mit dem Winkel eine Senkrechte auf die obere Fläche vorzeichnet. Legt man nun die Schablone *W* so auf die obere Fläche, daß sich die Linien *lmz* decken und die Punkte *l'm* und *6* zugleich die entsprechenden Kanten schneiden, so liegt dieselbe behufs der Vorzeichnung richtig. Die auf die vordere Fläche gezogene Senkrechte *mm'* dient nun dazu, die untere Schablone *V* richtig anzulegen, indem man von dem Schnittpunkte *m* an der Unterkante des Steines auf die untere Fläche desselben eine Senkrechte zieht und die Schablone wieder so auflegt, daß sich die Linien *l'm'y* decken und die Punkte *4*, *m'* und *7* die entsprechenden Kanten schneiden.

Nach den auf der oberen und unteren Fläche vorgezeichneten Schablonen wird nun ein Cylinderstück bearbeitet, dessen erzeugende Linien parallel sind mit den auf der vorderen Fläche mit der Schmiege vorgezeichneten Senkrecchten, und nach dessen Bearbeitung wird das Wangenstück durch das Bearbeiten der ebenen Stoßfugen 1, 2, 3, 4 und 5, 6, 7, 8 insoweit vollendet, daß nur noch die aufzunehmenden Stufenenden einzuarbeiten sind. Aus der Betrachtung der Fig. 278 wird das vorbeschriebene Verfahren bezüglich des Herausstragens der Schablonen für cylindrische Wangen und deren richtiges Auslegen deutlich genug hervorgehen, um davon Anwendung machen zu können.

Innere Treppen.

Diese im Innern von Gebäuden angelegten Treppen unterscheiden sich von den Freitreppen wesentlich dadurch, daß sie innerhalb eines besonderen Raumes, dessen Umfangsmauern die Treppenarme an einer Seite abschließen, sich befinden, und daß in den meisten Fällen in demselben Raume, welcher das Treppenhaus genannt wird, mehrere Treppen zu den verschiedenen Stockwerken des Gebäudes so übereinander liegen, daß die Horizontalprojektionen dieser Treppen sich decken.

Je nach der Lage, Größe, Ausbildung und dem Gebrauche der inneren Treppen erhalten dieselben verschiedene Benennungen, als: Prachttreppen, Nebentreppen, Kellertreppen u. s. w.

Bei den inneren Treppen werden in der Regel, da das Besteigen einer der Höhe des Stockwerkes entsprechend großen Anzahl von Stufen ermüdend ist, zwischen dem Antritte und Austritte Ruheplätze, sogenannte Podeste, angebracht, sodaß jede Treppe für ein Stockwerk aus mehreren Armen besteht.

Die Treppen werden einarmig genannt, wenn zu derselben Höhe nur ein Arm in einer Richtung führt, auch wenn diese Treppen für ein Stockwerk aus mehreren Armen bestehen. Mehrarmige Treppen sind solche, bei denen mehrere Treppenarme in verschiedener Richtung zu derselben Höhe führen.

Nach der Front und Richtung der Treppenarme, welche bei inneren Treppen zumeist bedingt wird durch den zur Anlage derselben vorhandenen Raum, unterscheidet man gerade aufgehende, gerade gebrochene und gewundene Treppen. Eine Treppe ist gerade aufgehend, wenn die Arme derselben in einer geraden Richtung liegen, sodaß die Begrenzungslinien derselben in der Horizontalprojektion ununterbrochen gerade und parallele Linien sind.

Besteht eine Treppe aus geraden Armen, die Richtung der einzelnen Arme aber, von denen jeder einzelne nur für sich seiner Breite nach durch gerade und parallele Linien begrenzt wird, ist eine verschiedene, sodaß sie entweder sich an den Umfangswänden des Treppen-

haus'es hinziehen, oder vom Podeste nach entgegengesetzter Richtung führen, so wird sie gerade gebrochene Treppe genannt. Haben die Treppen krumme Arme, oder es werden bei geraden Armen die Stufen so angeordnet, daß sie an dem einen Ende eine geringere Breite erhalten als am anderen, wodurch die Richtungslinie für das Begehen verändert wird, so werden die Treppen gewundene Treppen genannt.

Beträgt die Windung einen Viertelskreis,, so wird die Treppe eine viertelsgewundene genannt. Halbgewundene oder dreiviertelsgewundene Treppen sind solche, bei denen die Windung aus einem Halbkreis oder aus einem Dreiviertelkreis besteht. Bildet die Begrenzung der Treppe im Grundriß eine geschlossene krumme Linie und es findet eine Windung im Kreise oder einer anderen geschlossenen krummen Linie statt, so erhält sie den Namen Wendeltreppe. Erhalten die Wendeltreppen innere Wangen, die einen hohlen Raum — das Treppenlicht — von geringem Durchmesser umschließen, so werden sie Wendeltreppen mit hohler Spindel genannt; befindet sich aber im Inneren kein hohler Raum, sodaß an die Stelle der inneren Wangen ein voller Pfosten tritt, welcher Spindel oder Mönch heißt, in welchem die Stufen mit ihrem schmalen Ende ein Auflager finden, oder welcher an das schmale Ende jeder einzelnen Stufe angearbeitet und so durch die Stufen selbst gebildet wird, so nennt man die Treppe eine Wendeltreppe mit voller Spindel oder mit vollem Mönch.

Abgesehen von der Form, unterscheidet man die Treppen als unterstützte und als freitragende Treppen.

Unterstützte Treppen sind solche, bei denen die beiden Enden der Stufen, oder die Stufen in ganzer Länge, oder deren Wangen, durch volle Mauern, Pfeiler, Bogen oder Gewölbe unterstützt sind.

Freitragende Treppen werden diejenigen Treppen genannt, bei welchen die Stufen nur an einem Ende unterstützt oder befestigt sind, am anderen Ende aber sich frei tragen. Nur die unterste Stufe ruht ihrer ganzen Länge und Breite nach auf dem Fundamente, die anderen Stufen werden von den nächstvorhergehenden nur auf die Breite der horizontalen Überdeckung und die Stoßfläche der Versetzung unterstützt.

Die durch volle Mauern, Pfeiler, Bogen oder Gewölbe unterstützten inneren Treppen sind von den ähnlich unterstützten Freitreppen in nichts unterschieden, sodaß es überflüssig erscheint, derselben hier besonders zu gedenken.

Bei den inneren Treppen ist darauf zu sehen, daß durch die Unterstützung der inneren Enden der Stufen der Treppenraum nicht dunkel und unfreundlich wird. Dieser Anforderung entspricht die in Fig. 279 im Grundriß und Fig. 280 in der Ansicht dargestellte Anordnung einer

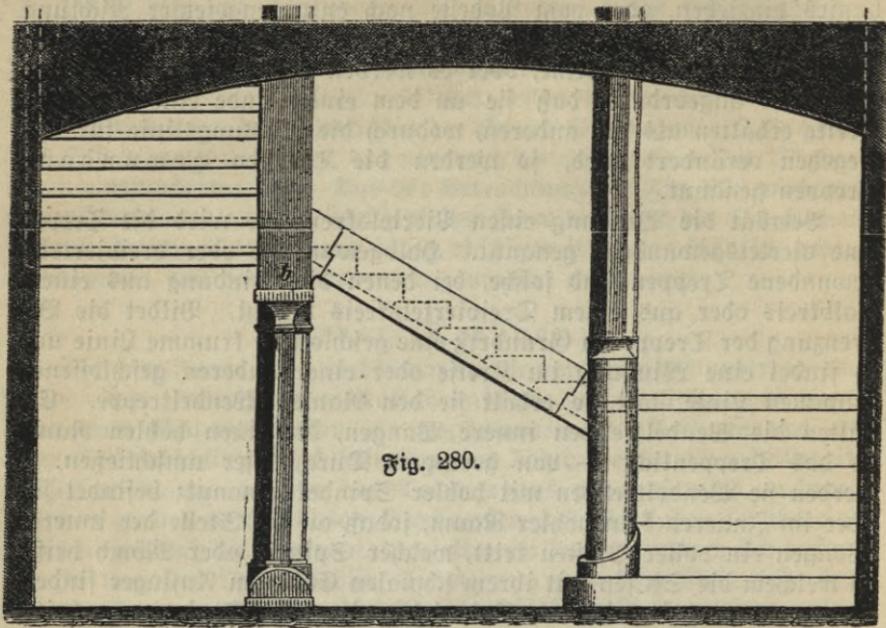


Fig. 280.

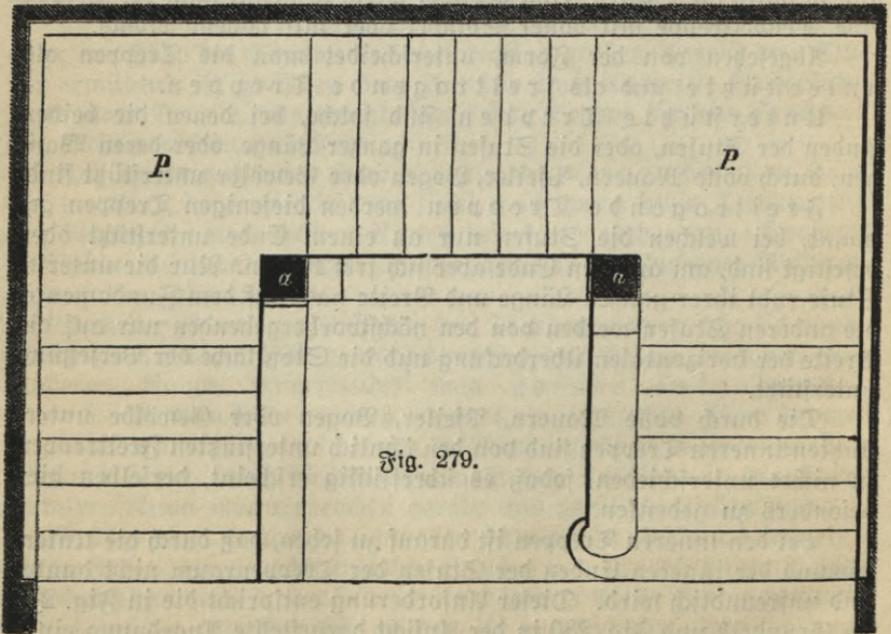


Fig. 279.

aus drei Armen, welche sich an die Umfassungsmauern anschließen, bestehenden, gerade gebrochenen Treppe mit 2 Podesten. In den Ecken des Treppenlichtes sind zwei Stützpfiler aa angebracht, auf welchen Aufsätze von der in Fig. 281 dargestellten Form ruhen, zwischen denen die inneren Wangen eingespannt sind. Die inneren Enden der Stufen werden in die Wangen sowohl als auch in die unmittelbar auf den Stützpfilern ruhenden geraden Aufsätze eingelassen, wie dies bei den Freitreppen erwähnt wurde und bei allen Steintreppen mit Wangen der Fall ist, indem die Treppenwangen im allgemeinen dazu dienen, einestheils das Verschieben der Stufen zu verhindern, anderntheils aber, und dies hauptsächlich, um die Stufen an ihren Enden zu unterstützen. Gegen die auf den Stützpfilern aa angebrachten Aufsätze b, welche sowohl für den aufsteigenden als auch für den niedersteigenden Treppenarm die Anfänge sind, stoßen die geraden Wangen-

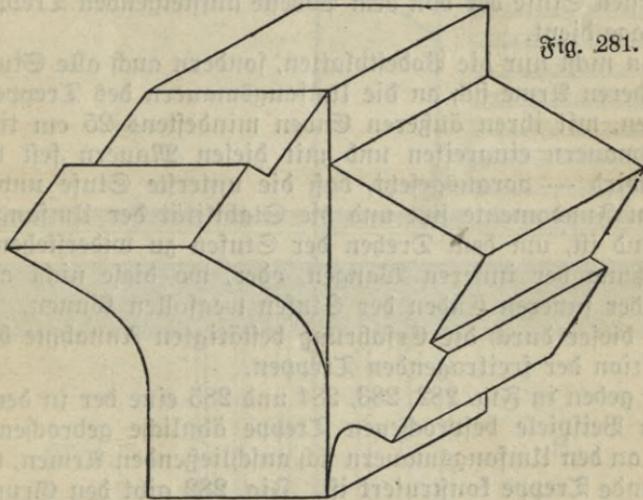


Fig. 281.

stücke mit rechtwinkelig auf ihrer Oberkante stehenden Fugenflächen stumpf an. Damit jedoch die zwischen die Aufsätze zweier Stützpfiler eingespannten geraden Wangenstücke ein festes Auflager erhalten, welches dieselben gegen das Herabgleiten sichert, werden die Stoßfugen, mit Beibehaltung des rechten Winkels gegen die Ober- und Unterkante, auf die Hälfte ihrer Höhe mit einem Haken versehen, sodas diese Fugen gebrochen erscheinen. Statt dieses Hakenverbandes die Stoßfugen nach einem unterhalb der bezüglichen Wangen gelegenen Punkte als Mittelpunkt eines scheinbaren Bogens zentrisch zu führen, findet bei Wangen von solcher Länge, das jede einzelne Wange aus mehreren Stücken zusammengefügt werden muß, allgemeine Anwen-

dung, bietet aber bei solchen Wangen, welche aus einem Stück bestehen, keine Vorteile dar vor dem in unserem Beispiele angeführten Sakenverbande.

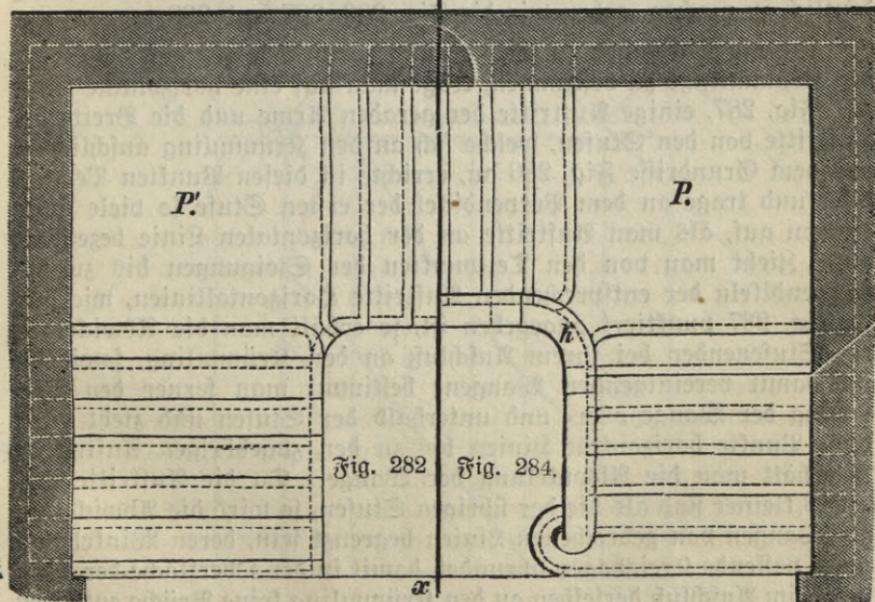
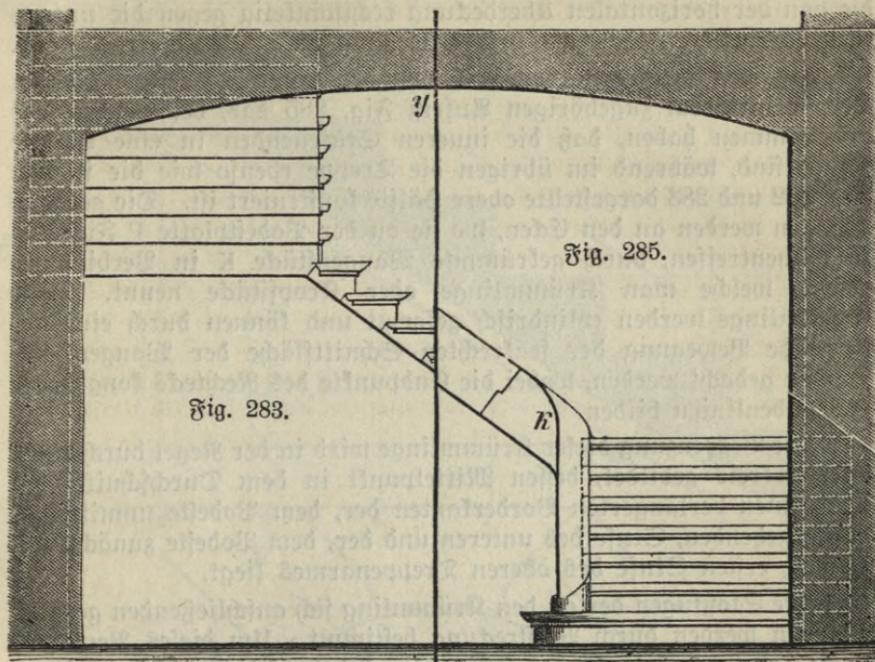
Die äußeren Wangen werden am zweckmäßigsten auf mindestens die Hälfte ihrer Breite in die Umfangsmauern eingesetzt und vor dem Einsetzen der Stufen vermauert, und es werden die Stufen ebenfalls in dieselben eingelassen, sodaß sie an ihren beiden Enden gegen das Drehen durch die übergreifenden Wangen gesichert sind.

Die Podeste P und P', Fig. 279, bestehen aus freiliegenden Platten, welche mit zwei Seiten in die Umfangsmauern eingreifen und mit der inneren freien Ecke auf den Untersätzen der Wangen ruhen, in welche sie, wie die Stufen in die Wangen, eingesetzt sind. Da die eine der freien Seiten von der letzten Stufe des abwärts gerichteten Treppenarmes unterstüzt wird — so liegt nur die hintere Seite frei, welche der untersten Stufe des von dem Podeste aufsteigenden Treppenarmes zur Auflage dient.

Wenn nicht nur die Podestplatten, sondern auch alle Stufen einer Treppe, deren Arme sich an die Umfangsmauern des Treppenraumes anschließen, mit ihren äußeren Enden mindestens 25 cm tief in die Umfangsmauern eingreifen und mit diesen Mauern fest verpannt sind, so wird — vorausgesetzt, daß die unterste Stufe unverrückbar auf ihrem Fundamente sitzt und die Stabilität der Umfangsmauern ausreichend ist, um dem Drehen der Stufen zu widerstehen — eine Unterstüzung der inneren Wangen, oder, wo diese nicht angebracht werden, der inneren Enden der Stufen wegfallen können.

Auf dieser durch die Erfahrung bestätigten Annahme beruht die Konstruktion der freitragenden Treppen.

Wir geben in Fig. 282, 283, 284 und 285 eine der in dem vorhergehenden Beispiele besprochenen Treppe ähnliche gebrochene Treppe mit drei an den Umfangsmauern sich anschließenden Armen, welche als freitragende Treppe konstruiert ist. Fig. 282 gibt den Grundriß von der oberen Hälfte dieser Treppe mit dem zugehörigen Aufrisse, Fig. 283, bei welcher die inneren Enden der Stufen in keine Wangen versetzt sind, sondern sich ganz frei tragen, sodaß die benutzbare Breite der Treppe noch durch den auch an den Stufenenden angebrachten Vorsprung eines Gesimsgliedes vermehrt ist. Die sämtlichen Stufen dieser Treppe sind mit den äußeren Enden, wie dies punktiert eingezeichnet ist, um etwa den fünften Teil ihrer Länge in die Umfassungsmauern eingelassen, und ebenso tief greift die Podestplatte P', Fig. 282, mit zwei ihrer Seiten in die Umfangsmauern ein. Die Stufen haben eine horizontale Überdeckung von der dem Vorsprunge des Gesimsgliedes an der Oberkante entsprechenden Breite, sodaß das an den inneren Enden der Stufen sich wiederkehrende Gesimsglied durch



die von der horizontalen Überdeckung rechtwinkelig gegen die untere, eben bearbeitete Fläche geführte Versetzung nicht durchschnitten wird.

Fig. 284 stellt den Grundriß von der unteren Hälfte derselben Treppe mit dem zugehörigen Aufsriß Fig. 285 dar, bei welcher wir angenommen haben, daß die inneren Stufenenden in eine Wange gefügt sind, während im übrigen die Treppe ebenso wie die in den Fig. 282 und 283 dargestellte obere Hälfte konstruiert ist. Die geraden Wangen werden an den Ecken, wo sie an der Bodestplatte P Fig. 284 zusammentreffen, durch gekrümmte Wangenstücke K in Verbindung gesetzt, welche man Krümmlinge oder Kropfstücke nennt. Diese Krümmlinge werden cylindrisch geformt und können durch eine ansteigende Bewegung der senkrechten Schnittfläche der Wangen entstanden gedacht werden, wobei die Endpunkte des Rechtecks kongruente Schraubenlinien bilden.

Die Begrenzung dieser Krümmlinge wird in der Regel durch einen Viertelskreis gebildet, dessen Mittelpunkt in dem Durchschnitte der nach innen verlängerten Vorderkanten der, dem Bodeste unmittelbar vorhergehenden, Stufe des unteren und der, dem Bodeste zunächst folgenden, ersten Stufe des oberen Treppenarmes liegt.

Die Stoßfugen der an den Krümmling sich anschließenden geraden Wangen werden durch Verstreckung bestimmt. Um dieses Verfahren sowie das Heraustragen des Krümmlings behufs dessen Ausarbeitung deutlich zu machen, geben wir die Fig. 286, 287 und 288.

Um die Stoßfugen zu zeichnen und durch diese zugleich die Größe des Krümmlings zu bestimmen, trage man auf eine horizontale Linie AB, Fig. 287, einige Auftritte der geraden Arme und die Breite der Auftritte von den Stufen, welche sich an den Krümmling anschließen, aus dem Grundrisse Fig. 286 an, errichte in diesen Punkten Perpendikel und trage an dem Perpendikel der ersten Stufe so viele Steigungen auf, als man Auftritte an der horizontalen Linie bezeichnet hat. Zieht man von den Teilpunkten der Steigungen bis zu den Perpendikeln der entsprechenden Auftritte Horizontallinien, wie dies in Fig. 287 punktiert angegeben ist, so erhält man die Abwicklung der Stufenenden bei ihrem Anschluß an den Krümmling, sowie die sich damit vereinigenden Wangen; bestimmt man ferner den Vorsprung der Wange ober- und unterhalb der Stufen und zieht durch diese Punkte horizontale Linien bis zu den zugehörigen Auftritten, so erhält man die Abwicklung der Wange. Da die Auftritte 6, 7 und 8 kleiner sind als die der übrigen Stufen, so wird die Abwicklung der Wangen von gebrochenen Linien begrenzt sein, deren Winkel man durch passende Kreisbogen abrundet, damit in der Oberfläche der Wangen beim Anschluß derselben an den Krümmling keine Brüche entstehen.

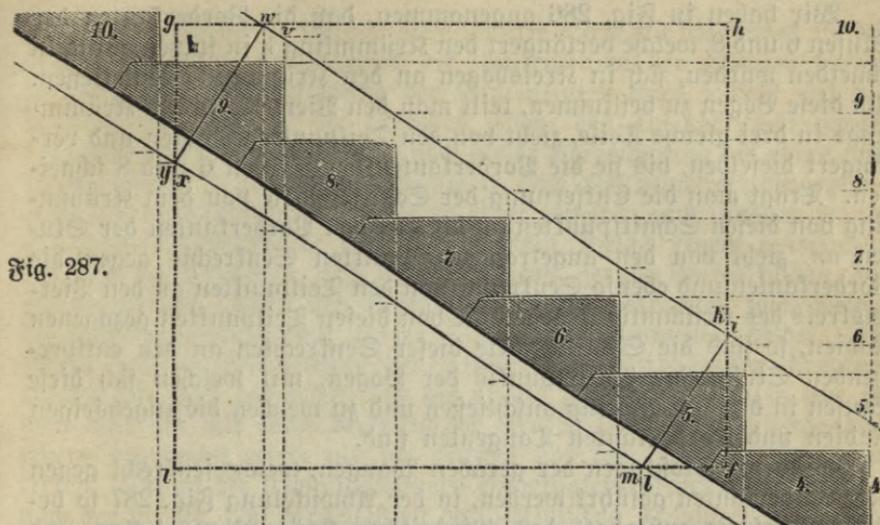


Fig. 287.

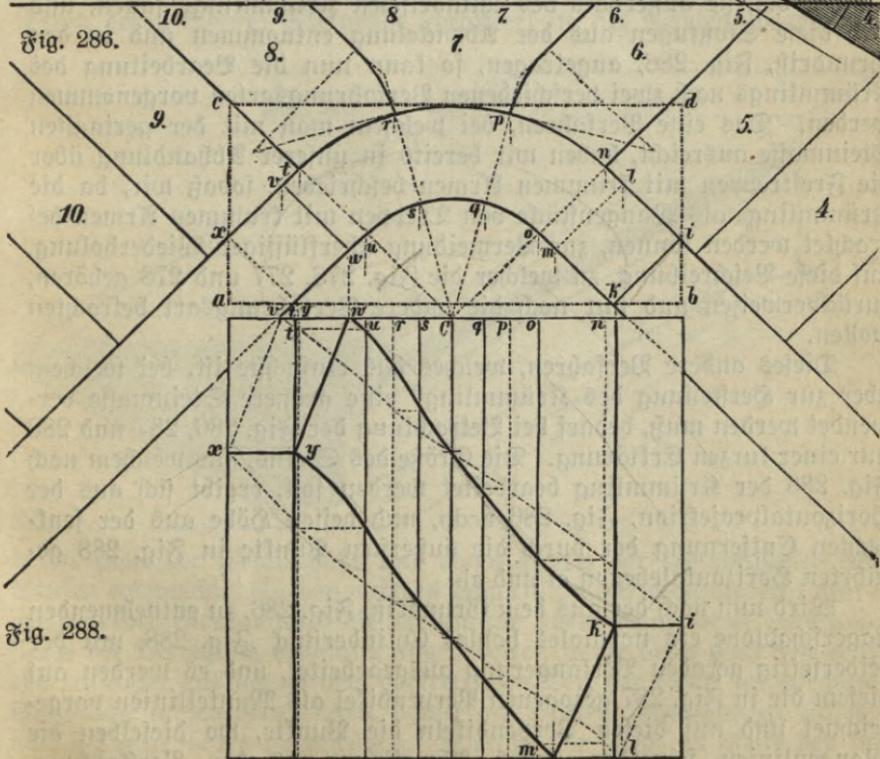


Fig. 288.

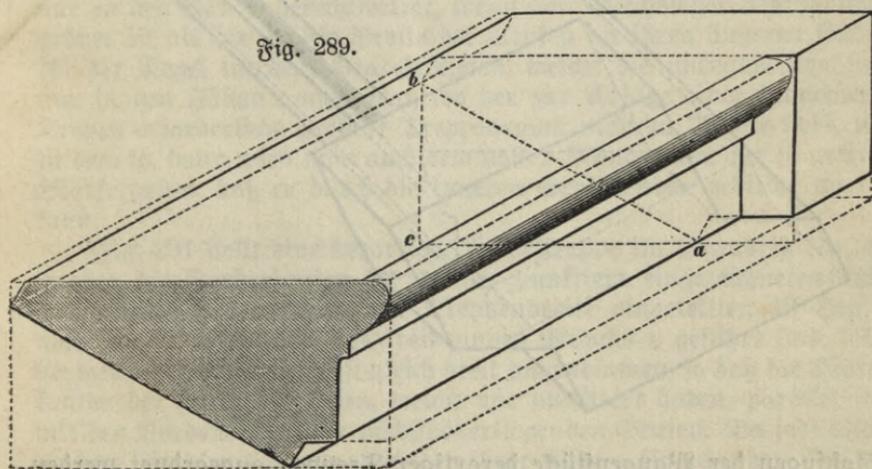
Wir haben in Fig. 286 angenommen, daß die Vorderkanten der Stufen 6 und 8, welche verlängert den Krümmling k in spitzen Winkeln schneiden würden, sich in Kreisbogen an den Krümmling anschließen. Um diese Bogen zu bestimmen, teilt man den Viertelkreis des Krümmlings in drei gleiche Teile, zieht von den Teilpunkten Radien und verlängert dieselben, bis sie die Vorderkanten der Stufen 6 und 8 schneiden. Trägt man die Entfernung der Schnittpunkte von dem Krümmling von diesen Schnittpunkten an die geraden Vorderkanten der Stufen an, zieht von den angetragenen Punkten Senkrechte gegen die Vorderkanten und ebenso Senkrechte von den Teilpunkten an den Viertelkreis des Krümmlings gegen die von diesen Teilpunkten gezogenen Radien, so sind die Schnittpunkte dieser Senkrechten an den entsprechenden Stufen die Mittelpunkte der Bogen, mit welchen sich diese Stufen in den Krümmling anschließen und zu welchen die zugehörigen Radien und Vorderkanten Tangenten sind.

Sind die Stoßfugen der geraden Wangen, welche senkrecht gegen deren Oberkanten geführt werden, in der Abwicklung Fig. 287 so bestimmt, daß sie außerhalb des cylindrischen Krümmings fallen, und sind diese Stoßfugen aus der Abwicklung entnommen und in den Grundriß, Fig. 286, angetragen, so kann nun die Bearbeitung des Krümmings nach zwei verschiedenen Verfahrungsarten vorgenommen werden. Das eine Verfahren, bei welchem man mit der geringsten Steinmasse ausreicht, haben wir bereits in unserer Abhandlung über die Freitreppen mit krummen Armen beschrieben, sodaß wir, da die Krümmlinge als Wangenstücke von Treppen mit krummen Armen betrachtet werden können, zur Vermeidung überflüssiger Wiederholung, auf diese Beschreibung, zu welcher die Fig. 276, 277 und 278 gehören, zurückverweisen und nur noch die andere Verfahrungsart betrachten wollen.

Dieses andere Verfahren, welches das einfachste ist, bei welchem aber zur Herstellung des Krümmings eine größere Steinmasse verwendet werden muß, bedarf bei Betrachtung der Fig. 286, 287 und 288 nur einer kurzen Erklärung. Die Größe des Steins, aus welchem nach Fig. 288 der Krümmling bearbeitet werden soll, ergibt sich aus der Horizontalprojektion, Fig. 286 $acdb$, und dessen Höhe aus der senkrechten Entfernung der durch die äußersten Punkte in Fig. 288 geführten Horizontalebene ef und gh .

Wird nun nach der aus dem Grundriß, Fig. 286, zu entnehmenden Lagerschablone ein normales hohles Cylinderstück Fig. 288, mit der beiderseitig geraden Verlängerung ausgearbeitet, und es werden auf diesem die in Fig. 287 gezogenen Perpendikel als Mantellinien vorgezeichnet und auf diesen Perpendikeln die Punkte, wo dieselben die Wangenlinien schneiden, durch Abmessung aus der Verstreckung,

Fig. 287, bestimmt, so werden diese Punkte durch ein biegsames Lineal zusammengezogen und darnach die Kantenlinien der Wangen vorgezeichnet. Diese Vorzeichnung der Kantenlinien wird sowohl auf der konvexen als auch auf der konkaven Fläche des Cylinderstücks vorgenommen, und es wird alsdann nach dieser Vorzeichnung die obere und untere Fläche so bearbeitet, daß die in Fig. 288 punktiert eingezeichneten Verbindungslinien zweier zu einer äußeren und inneren Kante gelegenen Schnittpunkte von Perpendikeln, welche einem entrischen Schnitte im Grundriß, Fig. 286, zugehören, gerade Linien bilden, die als erzeugende Linien der Schraubenfläche zu betrachten sind, welche die zugehörige obere oder untere Fläche des Krümmings bildet. In Bezug auf die Bearbeitung der Stufen von freitragenden Treppen müssen wir noch bemerken, daß die untere Fläche der Stufen nur so weit nach der mit der Oberkante der Stufen parallelen ansteigenden Ebene bearbeitet wird, als die Stufen vor die Umfassungsmauern treten. Die in die Umfassungsmauern eingefügten Stufenenden werden nach der in Fig. 289 dargestellten perspektivischen Ansicht einer solchen Stufe, deren inneres Stirnende schraffiert ist, als Rechtecke bearbeitet,

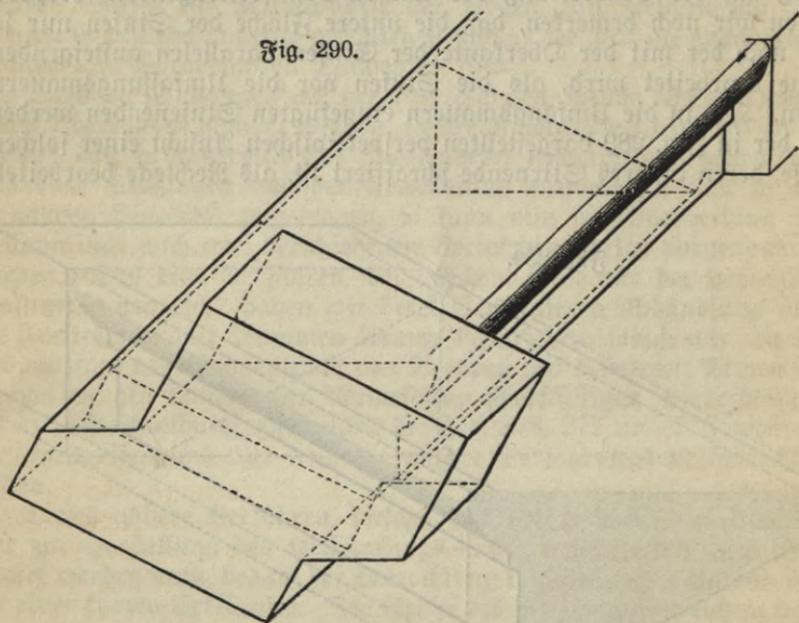


deren Höhe der Gesamthöhe und deren Breite der Gesamtbreite der Stufen entspricht. An der unteren Lagerfläche der rechtwinkelig bearbeiteten Stufenenden wird die horizontale Überdeckung sowie die Stoßfläche der Verjüngung ebenfalls angearbeitet, sowie denn auch von dem oberen Lager aus die an dem vortretenden Teil der Stufe angebrachte Stoßfläche angearbeitet wird, damit die Stufen ihrer ganzen Länge nach sich gegenseitig unterstützen. Wie auf der vorderen Seite des in die Umfassungsmauern eingefügten Stufenendes die durch das Profil

des freiliegenden Theiles nicht gedeckte Fläche als zur Ansicht der Umfangsmauer gehörig bearbeitet wird, so ist dies auch auf der hinteren Seite der Fall, wo die sichtbare senkrechte Fläche das Dreieck abc bildet.

Bei den inneren freitragenden Treppen mit Wangen kommt es zuweilen vor, daß die Wangen nicht durch besondere für sich bestehende Steine gebildet werden, sondern daß dieselben Bestandteile der Stufen bilden und aus so vielen Stücken bestehen, als die Treppe Stufen hat. Jede Stufe ist mit dem ihr zugehörigen Teile der Wange aus einem Stücke gearbeitet.

Aus der perspektivischen Ansicht, Fig. 290, einer Stufe mit dem dazu gehörigen Teile der mit der Stufe aus einem einzigen Steine bestehenden Wange wird ersehen werden können, wie die gebrochenen



Stoßfugen der Wangenstücke derartiger Treppen angeordnet werden, ebenso daß die Ausführung nur mit einem bedeutenden Aufwand von Material ermöglicht werden kann, indem jede Stufe aus einem Steine bestehen muß, welcher ein um das zugehörige Wangenstück beschriebenes Rechteck zum senkrechten Durchschnitte hat. Bei Treppen mit geraden Armen wäre diese Verschwendung an Material und Arbeit nicht zu rechtfertigen, wohl aber bei gewundenen Treppen mit krummen Armen, wo zuweilen die Windung einen hohlen Raum von geringem Durchmesser umschließt.

Wird die gewundene Treppe dadurch, daß die Windung aus einem vollen Kreis oder einer anderen geschlossenen Kurve besteht, zur *Wendeltreppe*, so umschließt entweder die innere Wange einen hohlen Raum, oder es fehlt ein innerer hohler Raum und es tritt an die Stelle der inneren Wange ein voller Pfosten, welcher entweder durch die Enden der Stufen gebildet wird, oder es ist ein besonderer Pfosten, in welchen die Enden der Stufen eingeseßt sind.

Der volle Pfosten wird *Spindel*, oder *Mönch* und die innere Wange einer um einen hohlen Raum angelegten Wendeltreppe wird die *hohle Spindel* oder der *hohle Mönch* genannt. Hieraus geht hervor, was wir unter einer Treppe mit hohler Spindel und unter einer Treppe mit vollem Mönch zu verstehen haben.

Bei den Treppen mit hohler Spindel wird in der Regel die Spindel nicht für sich als eine besondere Wange aufgestellt, sondern es wird die Spindel mit an das innere Ende der Stufen, ähnlich wie wir dies in Fig. 291 für Treppen mit voller Spindel angegeben haben, angearbeitet. Die vollen Mönche als besondere Pfosten aufzustellen und in diese die inneren schmalen Enden der Wendelstufen ähnlich einzufügen, wie dies bei den Treppen mit aufgestellten Wangen geschieht, gehört bei Steintreppen zu den Seltenheiten und erscheint überhaupt nur in den Fällen gerechtfertigt, wenn der Durchmesser des Mönches größer ist als die größte Breite der Stufen an ihren äußeren Enden. In der Regel werden Wendeltreppen, welche die unbequemsten sind, nur in den Fällen angeordnet, wo der zur Anlage einer bequemeren Treppe erforderliche größere Treppenraum nicht zu Gebote steht, und ist dem so, dann wird man auch dem vollen Mönche eine nur so geringe Stärke geben, daß er durch die inneren Stufenenden gebildet werden kann.

Fig. 291 stellt eine derartige Wendeltreppe im Grundriß dar, bei welcher die Vorderkanten der an der punktiert eingezeichneten Windungslinie in der Hälfte der Treppenbreite eingetheilten 12 Stufen nach dem Mittelpunkte des kreisrunden Mönchs *a* geführt sind. Die horizontale Überdeckung ist gleich breit angenommen, so daß die Hinterkanten der unteren Stufen, welche wir punktiert haben, parallel sind mit den Vorderkanten der nächsthöherliegenden Stufen. Da jede Stufe an dem schmalen Ende zugleich den ihrer Höhe entsprechenden Teil des cylindrischen Mönchs bildet, wie aus Fig. 292, welche die perspektivische Ansicht einer Stufe von der Rückseite gibt, und aus Fig. 293, welche die vordere Ansicht zweier aufeinander gelegten Stufen darstellt, zu ersehen ist, so können außerdem noch die mit ihren äußeren breiten Enden in die Umfangsmauern eingesetzten Stufen als unverschiebbar betrachtet werden und bedürfen deshalb einer besonderen Verankerung an der Hinterkante der horizontalen Überdeckung nicht. Daß die in

Fig. 292.

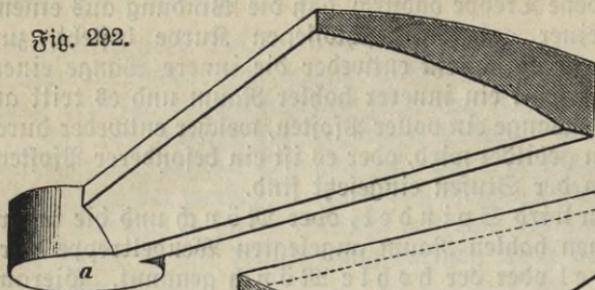


Fig. 293.

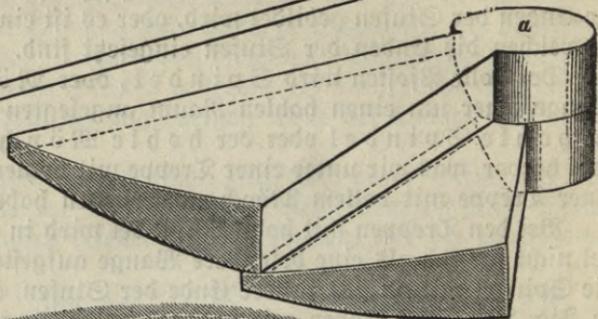
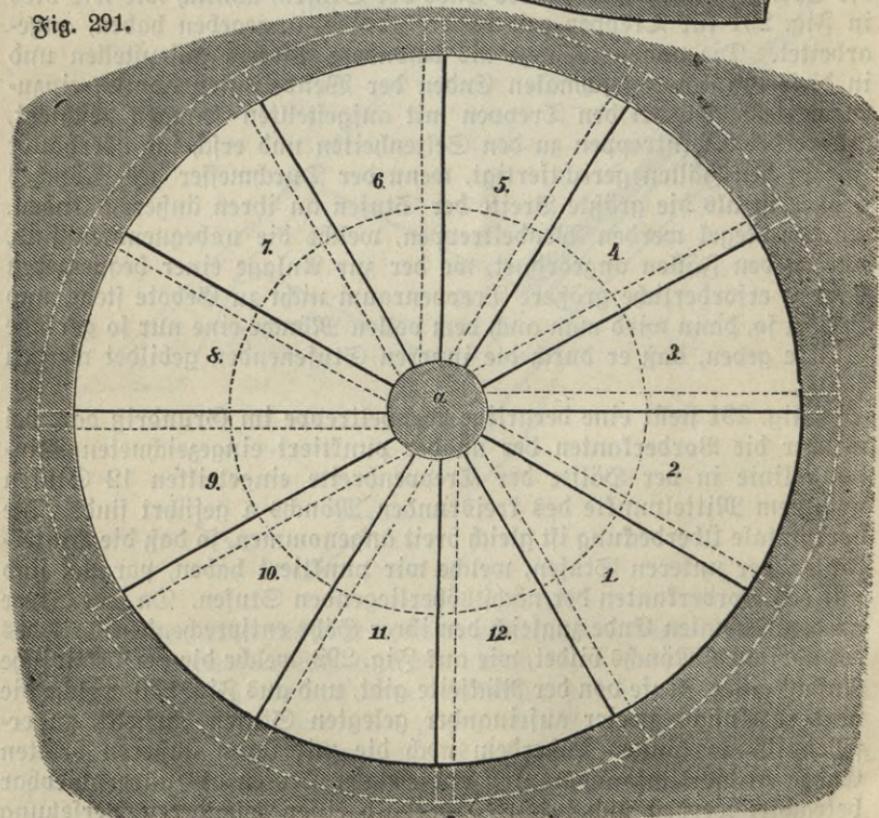


Fig. 291.

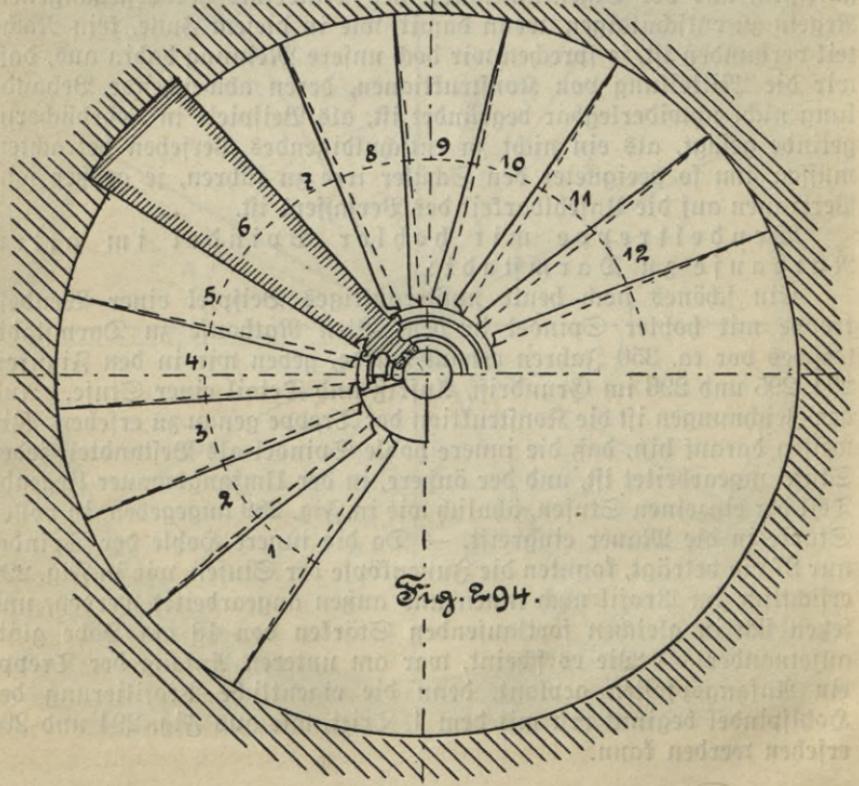
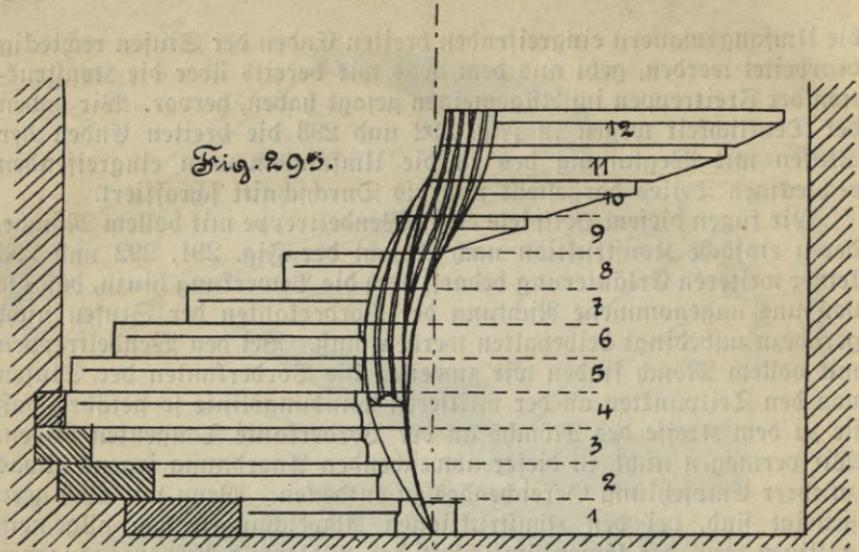


die Umfangsmauern eingreifenden breiten Enden der Stufen rechteckig bearbeitet werden, geht aus dem, was wir bereits über die Konstruktion der Freitreppen im Allgemeinen gesagt haben, hervor. Wir haben der Deutlichkeit wegen in Fig. 292 und 293 die breiten Enden der Stufen mit Weglassung des in die Umfangsmauern eingreifenden rechteckigen Teiles dargestellt und als Durchschnitt schraffiert.

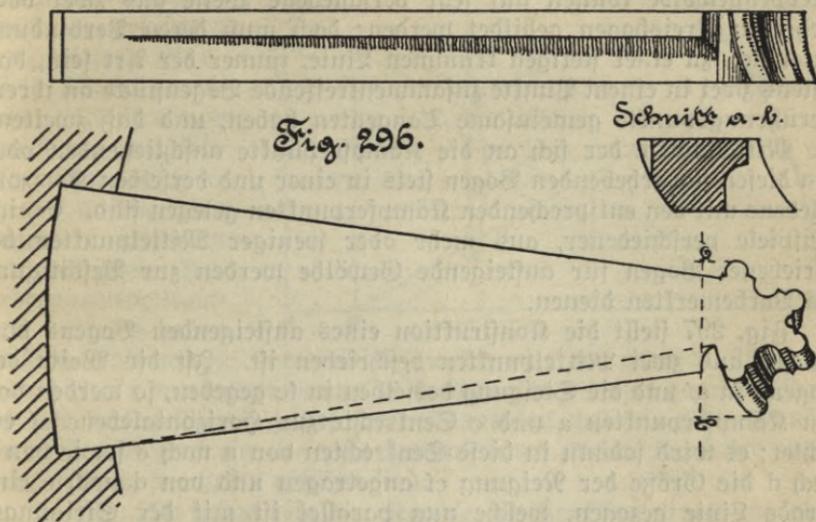
Wir fügen diesem Beispiele einer Wendeltreppe mit vollem Mönche, deren einfache Konstruktion nach Ansicht der Fig. 291, 292 und 293 keiner weiteren Erläuterung bedarf, noch die Bemerkung hinzu, daß die von uns angenommene Richtung der Vorderkanten der Stufen nicht geradezu unbedingt beibehalten werden muß. Bei den Wendeltreppen mit vollem Mönch finden wir zuweilen die Vorderkanten der Stufen von den Teilpunkten an der mittleren Bindungslinie so geführt, daß sie zu dem Kreise des Mönchs an der Vorderkante Tangenten bilden. Wir vermögen nicht, in dieser abweichenden Anordnung irgend etwas zu ihrer Empfehlung Vereicherndes zu entdecken. Wenn wir auch gern geneigt sind, bei den Konstruktionen Abweichungen von allgemein gültigen, aus der Eigentümlichkeit des Materials hervorgegangenen Regeln zu entschuldigen, wenn damit, wie in diesem Falle, kein Nachteil verbunden ist, so sprechen wir doch unsere Meinung dahin aus, daß wir die Mitteilung von Konstruktionen, deren abweichende Behandlung nicht unwiderlegbar begründet ist, als Beispiele in Lehrbüchern, gelinde gesagt, als ein nicht zu entschuldigendes Versehen betrachten müssen, um so geeigneter den Schüler irre zu führen, je größer sein Vertrauen auf die Unfehlbarkeit des Verfassers ist.

Wendeltreppe mit hohler Spindel im alten Rathause zu Darmstadt:

Ein schönes noch heute mustergültiges Beispiel einer Wendeltreppe mit hohler Spindel in dem alten Rathause zu Darmstadt, welches vor ca. 350 Jahren erbaut wurde, geben wir in den Figuren 294, 295 und 296 im Grundriß, Aufriß und Detail einer Stufe. Aus den Zeichnungen ist die Konstruktion der Treppe genau zu ersehen. Wir weisen darauf hin, daß die innere hohle Spindel als Bestandteil jeder Stufe angearbeitet ist, und der äußere, in der Umfangsmauer liegende Teil der einzelnen Stufen, ähnlich wie in Fig. 289 angegeben, in voller Stärke in die Mauer eingreift. — Da die innere Hohle der Spindel nur 27 cm beträgt, konnten die Innenköpfe der Stufen, wie in Fig. 296 ersichtlich, im Profil nach innen und außen angearbeitet werden, und setzen sich in gleichen fortlaufenden Stärken von 18 cm Höhe glatt aufeinander. — Wie es scheint, war am unteren Anfang der Treppe ein Anfangspfosten geplant, denn die eigentliche Profilierung der Hohlspindel beginnt erst mit dem 4. Tritt, wie aus Fig. 294 und 295 ersehen werden kann.



Die Treppe geht durch die drei Stockwerke des Hauses bis zum Glockenturm in 62 Stufen in ganz gleichmäßig profilierter Bearbeitung und bietet einen eigenartig schönen und künstlerischen Anblick.



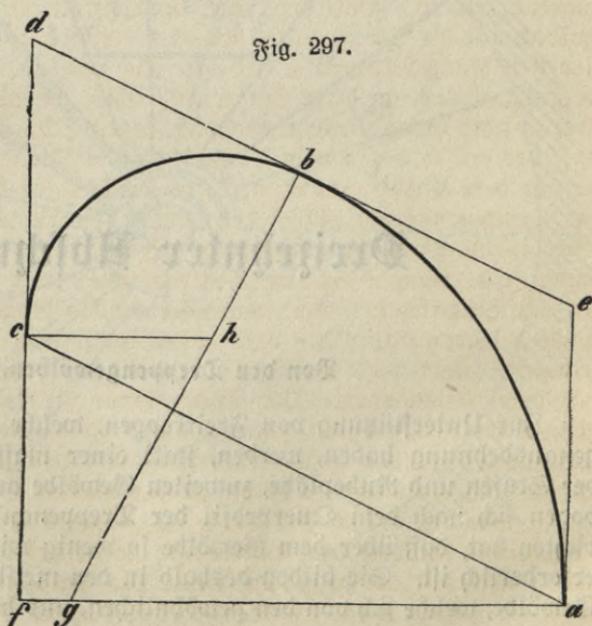
Dreizehnter Abschnitt.

Von den Treppengewölben.

Zur Unterstützung von Freitreppen, welche eine bedeutende Längenausdehnung haben, werden, statt einer massiven Untermauerung der Stufen und Ruheplätze, zuweilen Gewölbe angelegt, deren Grundbogen sich nach dem Querprofil der Treppenanlage in der Weise zu richten hat, daß über dem Gewölbe so wenig wie möglich Mauerwerk erforderlich ist. Sie bilden deshalb in den meisten Fällen ansteigende Gewölbe, welche sich von den gewöhnlichen, uns bereits bekannten Ton-

nengewölben dadurch unterscheiden, daß die beiden Sohlen der Gewölbeschenkel sich nicht in einer und derselben Horizontalebene, sondern in verschiedenen Höhen befinden. Die Grundbogen dieser ansteigenden Treppengewölbe können auf sehr verschiedene Weise aus zwei oder mehreren Kreisbogen gebildet werden; doch muß deren Verbindung unter sich, zu einer stetigen krummen Linie, immer der Art sein, daß erstens zwei in einem Punkte zusammentreffende Bogenstücke an ihrem Berührungspunkte gemeinsame Tangenten haben, und daß zweitens die Mittelpunkte der sich an die Kämpferpunkte anschließenden oder von diesen sich erhebenden Bogen stets in einer und derselben Horizontalebene mit den entsprechenden Kämpferpunkten gelegen sind. Einige Beispiele verschiedener, aus mehr oder weniger Mittelpunkten beschriebener Bogen für ansteigende Gewölbe werden zur Bestätigung des Vorbermerkten dienen.

Fig. 297 stellt die Konstruktion eines ansteigenden Bogens dar, welcher aus zwei Mittelpunkten beschrieben ist. Ist die Weite des Bogens in af und die Steigung desselben in fc gegeben, so werden von den Kämpferpunkten a und c Senkrechte zur Horizontalebene af errichtet; es wird sodann in diese Senkrechten von a nach e sowie von c nach d die Größe der Neigung cf angetragen und von d nach e eine gerade Linie gezogen, welche nun parallel ist mit der Steigungslinie ab . Wird nun die ansteigende Linie ed halbiert und es wird von dem Halbierungspunkte b eine Senkrechte gegen die Linie errichtet, welche verlängert die horizontale Grundlinie af in g schneidet, so ist der Schnittpunkt g der Mittelpunkt des sich von dem Kämpferpunkte a bis zu dem Halbierungspunkte b der Linie de erhebenden Bogens. Der Mittelpunkt des von dem höher gelegenen Kämpferpunkte c sich erhebenden und bei b sich vereinigenden Bogens befindet sich



höher gelegenen Kämpferpunkte c sich erhebenden und bei b sich vereinigenden Bogens befindet sich

Mittelpunkt des mit dem Halbmesser ic beschriebenen und bis zur verlängerten Seite hi nach d geführten Bogens cd , und endlich bezeichnet h den Mittelpunkt des letzten, mit dem Halbmesser $dh=ch$ von d nach e geführten Bogens.

Bei näherer Betrachtung werden wir finden, daß die vorbeschriebene Konstruktion eines aus vier Mittelpunkten beschriebenen ansteigenden Bogens den gestellten Anforderungen nicht weniger entspricht, als die in Fig. 297 dargestellte Konstruktion eines nur aus zwei Mittelpunkten beschriebenen ansteigenden Bogens. Es haben nämlich immer je zwei sich vereinigende Bogen gemeinsame Tangenten, indem die Mittelpunkte derselben an einer und derselben Geraden liegen, welche von dem Vereinigungspunkte normal gegen beide Bogen geführt ist, und es liegen ferner die Mittelpunkte der von den Kämpferpunkten sich erhebenden Kreisbogen in einer den Kämpferpunkten entsprechenden Horizontalebene.

Fig. 299 gibt die Anordnung der Fugenschnittlinien eines ansteigenden Treppengewölbes, von dessen Grundbogen in Fig. 300 die Konstruktion angegeben ist. Die Richtung der Fugenschnittlinien eines jeden Bogens wird, den allgemeinen Anforderungen des Steinschnittes entsprechend, normal zur Tangente der Teilpunkte sein müssen; demnach werden die in einem Bogenstücke vorkommenden Lagerfugen, wie dies aus Fig. 299 zu ersehen ist, von ihren Teilpunkten nach dem Mittelpunkte des Bogens gezogen, von welchem sie einen Teil ausmachen.

Die in Fig. 300 dargestellte Konstruktion des aus drei Mittelpunkten beschriebenen ansteigenden Bogens ist folgende. Es ist ar als die Weite und ad als die Steigung des Bogens angenommen. An die von den Kämpferpunkten a und d errichteten Senkrechten wird die Steigung rd von d nach e und von a nach f angetragen und es wird durch die Verbindung der Punkte e und f vermittelt der geraden Linie ef das Parallelogramm $adef$ hergestellt, dessen Seite ef von dem ansteigenden Bogen in dem Punkte b getroffen wird, dessen Entfernung von f gleich ist der Senkrechten af , oder der Steigung. Eine von dem Punkte b gegen die Gerade ef errichtete und verlängerte Senkrechte bezeichnet in ihrem Schnittpunkte g mit der durch den Kämpferpunkt a geführten Horizontalen ar den Mittelpunkt des von a sich erhebenden und bis zu b geführten Bogens. Der an der Geraden bg gelegene Mittelpunkt h des eingeschriebenen vollen Kreises, von welchem ein Teil den Bogen bc ausmacht, wird gefunden, indem die Hälfte der Entfernung der beiden Schnittpunkte t und s , welche an der Linie bg entstehen, durch die Steigungslinie da und die über den Kämpferpunkt d gezogene Horizontale dg , von t abwärts nach h angetragen wird. Der mit dem Halbmesser bh beschriebene volle Kreisbogen schneidet die

von dem Mittelpunkt h des vollen Kreises, über den Mittelpunkt i des von d sich erhebenden Bogens gezogenen geraden Linie. Es empfiehlt sich die vorbeschriebene und in Fig. 300 dargestellte Konstruktion eines, aus drei Mittelpunkten beschriebenen, ansteigenden Bogens, nach welchem die Wölbung des in Fig. 299 dargestellten ansteigenden Treppengewölbes angenommen wurde, wegen der schönen Form nicht weniger, als wegen der durch die Verhältnisse der Bogenstücke gegen einander erleichterten Anordnung des Fugenschnittes der Gewölbe.

Die im Inneren der Gebäude vorkommenden feuersicheren oder schwerbelasteten Steintreppen ruhen gleichfalls auf ansteigenden, die unmittelbare Unterstützung der Treppenstufen bildenden Gewölben. Die Konstruktion dieser inneren ansteigenden Treppengewölbe kann überaus verschieden sein und wird hauptsächlich bedingt durch die Form und die Ausdehnung des Treppenraumes, sowie dadurch, ob die Treppenarme auf beiden Seiten von Mauern eingeschlossen sind oder nur an einer Seite sich an die Umfangsmauern des Treppenraumes anschließen, an der anderen Seite aber dem freien Raume des Treppenlichtes zugewendet sind.

Als Beispiel eines ansteigenden Gewölbes, zur Unterstützung einer feuersicheren Treppe, welche in einem quadraten Raume in vier Armen um einen ebenfalls quadraten Pfeiler als gewundene Treppe angelegt ist, geben wir die Fig. 301 und 302. Aus dem nur zur Hälfte gezeichneten Grundrisse Fig. 302 sehen wir, daß die Richtung der punktiert angegebenen Stufen nach der Achse des ebenfalls nur zur Hälfte gegebenen Pfeilers geführt ist und daß das unterstützende ansteigende Tonnengewölbe ein eigentümliches Gewölbe bildet, von welchem die in der Richtung der centrischen Treppenstufen an dem inneren Mauerpfeiler und an der äußeren Mauer befindlichen Kämpferpunkte zusammengehörige sind, demnach in gleicher Höhe liegen. Da hiernach die an der äußeren Umfangsmauer gelegenen Kämpferpunkte A und B beziehungsweise in gleicher Höhe sich befinden, wie die, an dem inneren Pfeiler gelegenen, zugehörigen Kämpferpunkte C und D , so ergeben sich daraus, wie aus Fig. 302 zu ersehen, — welche den Durchschnitt dieses vierarmigen, ansteigenden Gewölbes nach der im Grundriß Fig. 302 eingezeichneten Durchschnittslinie H, W, U darstellt, — ganz verschiedene Ansteigungen für die zu einem und demselben Arme gehörigen Kämpferlinien AB und CD . Die Grundbogen, welche in der Richtung der eingezeichneten Treppenstufen angenommen und bei der Ausführung aufgestellt werden müssen, haben, bei gleicher Pfeilhöhe mit dem nach der senkrechten Richtung gegen die Mauern, nach der Linie 1—2 Fig. 302 halbkreisförmig angenommenen Grundbogen, unter jeder Stufe eine andere Gestalt, wie dies aus dem, nach der Methode der Vergatterung herausgetragenen, für die Kehle der nach AC sich schnei-

fläche des Gewölbes, welche den Treppenstufen zur unmittelbaren Unterstützung dient, ist nach der Richtung dieser Stufen horizontal gebildet und sonach als Schraubenfläche zu betrachten.

Da wir zur Bezeichnung der zum Verständnis wesentlichsten Teile des in Fig. 301 und Fig. 302 dargestellten ansteigenden Treppengewölbes im Grund- und Aufrisse dieselben Buchstaben eingeschrieben haben, so bedarf diese Darstellung wohl keiner weiteren Erläuterung für den uns bis hierher mit Aufmerksamkeit gefolgten Leser, und wir können auf die Betrachtung eines zweiten Beispiels von einem ansteigenden Treppengewölbe übergehen, welches zur Unterstützung einer auf beiden Seiten von Mauern eingeschlossenen feuersicheren Treppe dient.

Fig. 303 stellt den senkrechten Durchschnitt und Fig. 304 den Grundriß eines Gewölbes dar, welches zur unmittelbaren Unterstützung der Stufen einer Treppe dient, deren Umfangsmauern kreisrund sind, und welche nach Innen durch einen kreisrunden, sonach cylindrischen Mauerpfeiler abgeschlossen ist. Die Treppe ist sonach eine Wendeltreppe mit vollem Mönch und die Richtung der Stufen ist selbstverständlich centrisch gegen die Achse des Mauerpfeilers. Das zur unmittelbaren Unterstützung dieser Wendeltreppe angebrachte Gewölbe bildet ein ringförmiges, ansteigendes Tonnengewölbe von gleicher Steigung mit den Treppenstufen, und die Mantelfläche desselben, auf welche die Stufen unmittelbar versetzt werden sollen, muß eine Schraubenfläche sein, deren horizontale erzeugende Linien bei ihrer Fortbewegung um die gemeinsame Achse des Mauerpfeilers sich in gleichem Maße erheben wie die Vorderkanten der Treppenstufen, welche ebenfalls als erzeugende Linien einer Schraubenfläche gedacht werden. Die Leibungsfläche des Gewölbes wird erzeugt durch eine gleichmäßige und in demselben Verhältnis wie die Treppenstufen ansteigende Fortbewegung des Grundbogens um die gemeinsame Achse des Mauerpfeilers. Die Teilpunkte für den Fugenschnitt des Gewölbes werden bei dieser Fortbewegung Schraubenlinien bilden, welche im Grundriß Kreisbogen sind, und die Bogenflächen werden kegelförmige Schraubenflächen sein.

Nach diesen Voraussetzungen wird es, bei aufmerkamer Betrachtung des Fig. 303 im Durchschnitt und Fig. 304 im Grundriß zur Hälfte dargestellten ringförmigen, ansteigenden Tonnengewölbes, nicht schwierig sein, wenn man sich der im vorhergehenden Abschnitte vorkommenden krummen Treppenwangen erinnert, sich von der Konstruktion dieses Gewölbes ein klares Bild zu vergegenwärtigen, und nach diesem alsdann die Mittel aufzusuchen, welche bei der Ausführung zum Heraustragen und beim Bearbeiten der Wölbsteine in Anwendung zu bringen sind. In Kürze sei hier das einzuhaltende Verfahren erwähnt. Sind die Wölbsteine im Grundschlag nach dem Längenverbande

eingeteilt, so wird für einen zu bearbeitenden Stein die Grundschablone herausgetragen; sodann wird, nach dem in dem vorhergehenden Abschnitt in Fig. 276, 277 und 278 dargestellten und näher erläuterten Verfahren, die Richtung der Stoßfugen rechtwinkelig gegen Fig. 303.

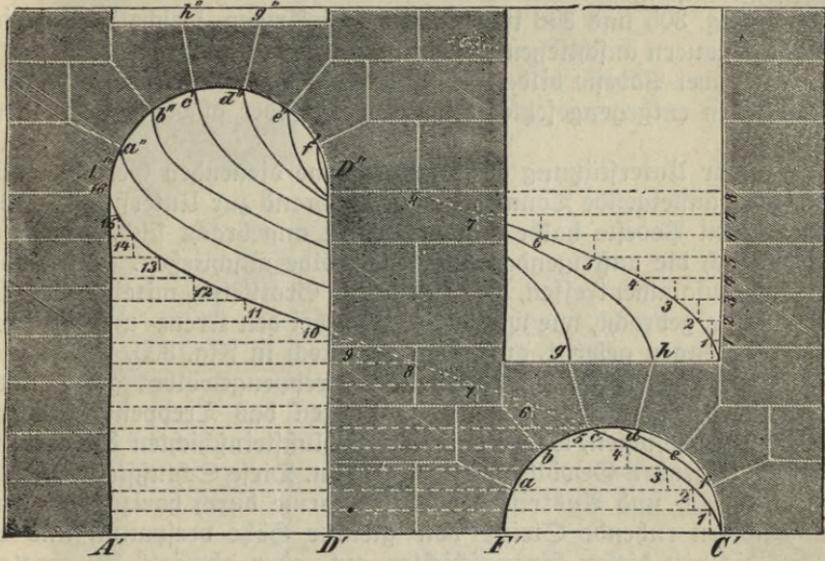
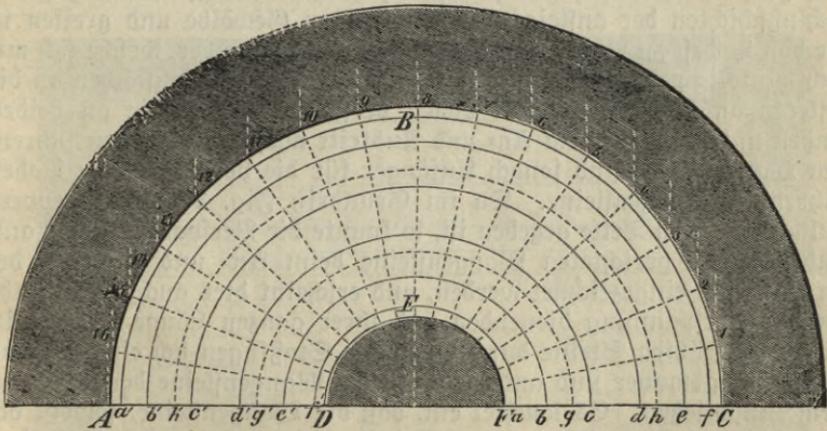


Fig. 304.



die verstärkte Steigung an der betreffenden Schicht bestimmt und sodann die Kopfschablone angewendet, welche dem Steine, nach dem Musterrisse im Aufriß Fig. 304, zukommt.

Bei schwer belasteten Treppen, deren Arme sich an die Umfangsmauern des Treppenraumes anschließen, zwischen sich aber ein freies Treppenlicht haben, können die zu ihrer Unterstüzung anzulegenden Gewölbe nur aus einem Gewölbeschenkel bestehen und bilden sonach einhüftige ansteigende Gewölbe.

In Fig. 305 und 306 ist eine aus drei Armen, welche sich an die Umfangsmauern anschließen, bestehende gerade gebrochene Treppe dargestellt. Zwei Podeste bilden den Übergang von einem Treppenarme nach dem in entgegengesetzter Richtung auf- oder abwärts führenden andern.

Die zur Unterstüzung der Treppenarme dienenden Gewölbe sind einhüftige ansteigende Tonnengewölbe, während zur Unterstüzung der horizontalen Podeste halbe Klostergewölbe angebracht sind, an deren Stirnen sich die ansteigenden Tonnengewölbe anschließen. Wo beide Gewölbe zusammentreffen, sind sie durch Gratsteine miteinander in Verbindung gebracht, wie wir dies bereits bei den Kreuz- und Klostergewölben kennen gelernt, außerdem aber noch in Fig. 305, welche den Durchschnitt des Fig. 306 dargestellten Treppengewölbes gibt, angezeigt haben. Die Treppenarme sind gegen das Treppenlicht durch Wangen abgeschlossen, welche durch die Schlußsteinschichten der einhüftigen ansteigenden Gewölbe gebildet werden. Diese Schlußsteinschichten sind beim An- und Austritt der Treppenarme durch horizontale, auf den Mauern ruhende Steine von gleicher Höhe verspannt, und es bilden die von diesen Spannschichten auf- oder abwärts gerechneten Wangensteine der nach den Podesten führenden Treppenarme zugleich Schlußschichten der ansteigenden einhüftigen Gewölbe und greifen in die von Podest zu Podest führenden Wangensteine über, welche sich mit rechtwinkelig gebrochenen und nach innen versetzten Stoßflächen an die ersteren anschließen und mit diesen verspannt sind. Die an beiden Enden unterstüzten, vom An- und Austritt nach den Podesten führenden Wangensteine sind sonach Anfänger für die von Podest zu Podest führenden Wangensteine. Da im Grundriß Fig. 306 die Treppenanlage nur zum Teile gegeben ist, so konnte die Verspannung der auf- und abwärts gerichteten Wangensteine beim An- und Austritt der Treppe nicht eingezeichnet werden, und erscheint dies auch unnötig, da die zur Verspannung dienenden und ihrer ganzen Länge und Breite nach unterstüzten Steine durch senkrechte Stoßfugen sich einerseits an die Umfangsmauer und anderseits an die Wangensteine der Treppenarme anschließen. Es leuchtet ein, daß die Wangensteine, sowohl der vom An- und Austritt nach den Podesten als auch der von Podest zu Podest führenden Treppenarme, aus mehreren Steinen bestehen können. Diese Steine werden alsdann nach Art eines scheidrechten Bogens, jedoch mit gebrochenen und unter sich durch die uns bekannte

Verjüngung verbundenen Stoßflächen, zusammengesetzt, und gehen von Anfängern aus, welche beim An- und Austritt sowohl als auch bei den Podesten ihre Unterstützung erhalten. Der in dem vorigen Abschnitt

Fig. 305.

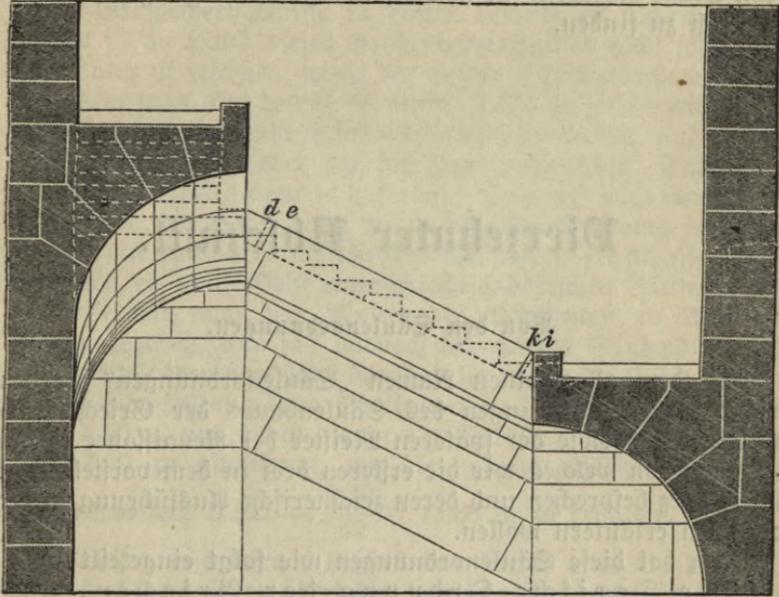


Fig. 306.

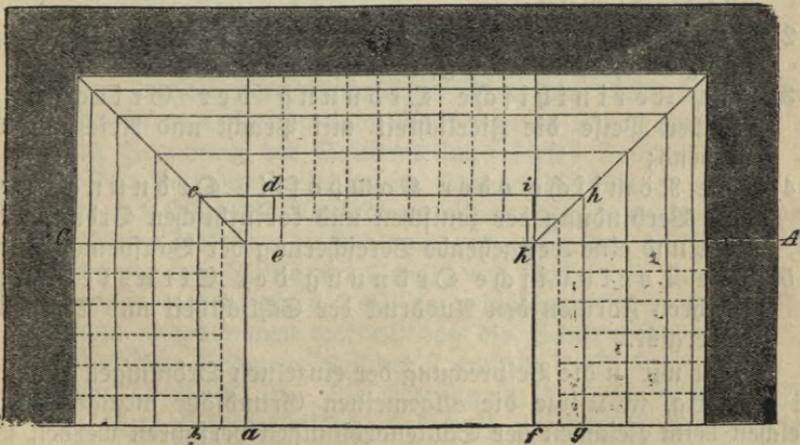


Fig. 281 dargestellte Anfänger für die Wangensteine einer dreiar-
migen, unter den Podesten durch Pfeiler unterstützten Treppe wird zur

Veranschaulichung genügen und deshalb eine weitere Darstellung ähnlicher Anfänger überflüssig sein.

Wie schließen unsere Betrachtung mit dem Wunsche, daß die gegebenen wenigen Beispiele genügen mögen, um den aufmerksamen Leser in den Stand zu setzen, für abweichende Fälle die geeignetste Konstruktion selbst zu finden.

Vierzehnter Abschnitt.

Von den Säulenordnungen.

Mit dem allgemeinen Namen „Säulenordnungen“ werden die verschiedenen Darstellungen des Säulenbaues der Griechen, Römer und Etrusker, sowie der späteren Meister der Renaissance in Italien bezeichnet, von welchen wir die ersteren drei in dem vorstehenden Abschnitte kurz besprechen und deren zeichnerische Ausführung in einigen Beispielen erläutern wollen.

Man hat diese Säulenordnungen wie folgt eingeteilt:

- 1) Die Dorische Ordnung der Griechen, welche in ihren Formen und Abmessungen ein Bild des Gedrungenen und Starren darbietet;
- 2) Die Ionische Ordnung der Griechen, für reichere und zierliche Ausstattung;
- 3) Die Korinthische Ordnung der Griechen, in gleicher Weise die Zierlichkeit mit Pracht und Reichtum verbindend;
- 4) Die Römische oder Komposite Ordnung, welche eine Verbindung der ionischen und korinthischen Ordnung darstellt und eine weitgehende Bereicherung der Bauformen zuläßt;
- 5) Die Toskanische Ordnung der Etrusker, welche in ihren Formen den Ausdruck der Schlichtheit und Einfachheit wiedergibt.

Bevor wir in die Besprechung der einzelnen Ordnungen eintreten, ist es nötig, in Kürze die allgemeinen Grundsätze anzugeben, nach welchen beim Zeichnen der Säulenordnungen verfahren werden muß.

Vor allem ist zur genauen Bestimmung der Einzelverhältnisse ein Maßstab erforderlich, von welchem die Abmessungen derselben abzu-

nehmen sind. Für diesen Maßstab dient als Grundlage der untere Säulendurchmesser (U. D.), oder der halbe untere Säulendurchmesser (modul), von welchen der erstere in 60, der letztere in 30 gleiche Teile (partes) geteilt wird. Mit diesen partes hat man nun die Abmessungen der einzelnen Glieder und Teile einer Säulenstellung festgestellt und deren Größenverhältnisse in einem besonderen Schema niedergelegt. Es ist an Hand dieses Größenverzeichnisses nicht schwer, eine Säulenstellung zu zeichnen, wenn der untere Säulendurchmesser gegeben ist, indem man nur den U. D. in 60 Teile zu teilen hat, um den Maßstab für die betreffende Säulenstellung zu erhalten, und nach den Angaben der Vorlagen oder der hierüber aufgestellten Tabellen die Einzelheiten derselben in partes aufträgt. Dagegen wird man für den Fall, daß nur die Höhe einer zu zeichnenden Ordnung im ganzen gegeben ist, ein rückwärts schließendes Verfahren einzuhalten haben. Angenommen, es sei die Höhe einer griechisch-dorischen Säulenordnung mit dem Gebälke nach dem Muster des Parthenon zu Athen mit 8,00 Meter gegeben, und soll darnach der untere Säulendurchmesser (U. D.) ermittelt werden: Nach der Tabelle I über die Größenverhältnisse der Säulenstellung vom Parthenon zu Athen hätte man diese Höhe von 8,00 m nur durch die in der Tabelle angegebene Gesamthöhe von 7,50 zu dividieren, um die gesuchte Größe des unteren Säulendurchmessers U. D. = $\frac{8,00}{7,50} = 1,066$ m zu erhalten.

Wir müssen uns darauf beschränken, dieses eine Beispiel anzuführen, und es dem Leser überlassen, weitere Aufgaben an Hand der zu gebenden Tabellen selbstständig zur Lösung zu bringen. —

Die Dorische Ordnung der Griechen.

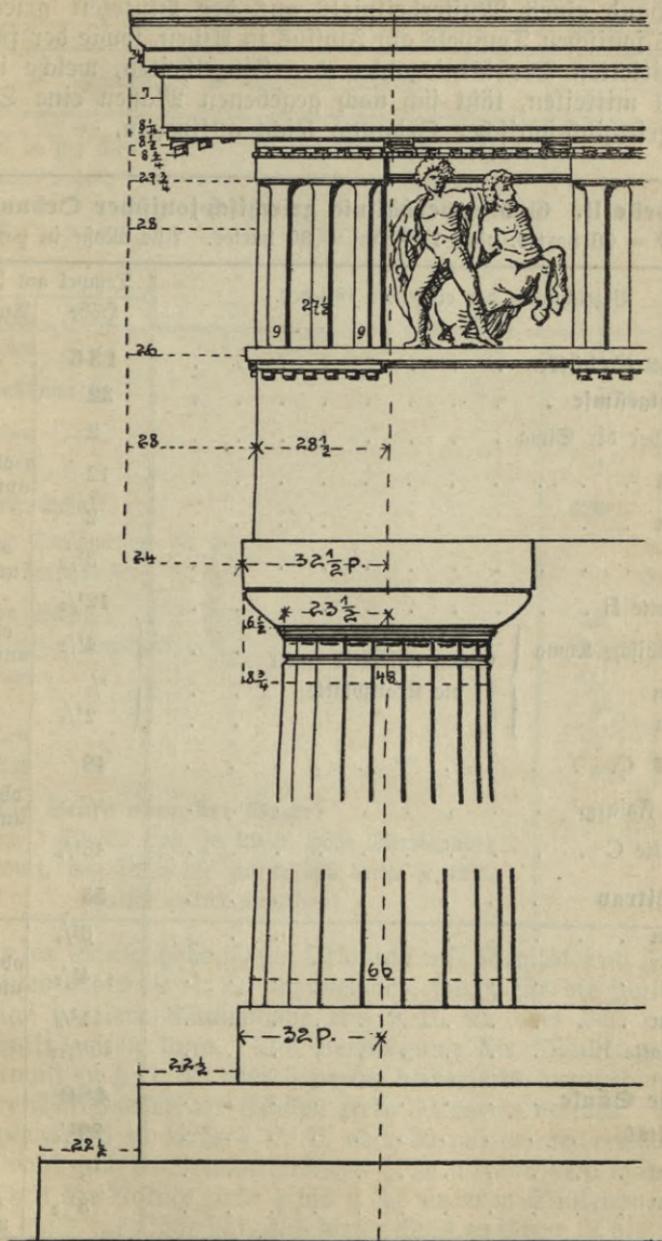
In dem vorstehenden Verzeichnis über die Größenverhältnisse griechisch-dorischer Ordnung vom Parthenon zu Athen geben wir ein Muster zur Zeichnung der Säulenstellung dieses Tempelbaues. Ist man nach den Angaben desselben im Stande, die Säule nebst Gebälk und Sockel nach Höhe und Ausladung aufzutragen, so erübrigt es noch, die Einzelheiten derselben zu studieren, und geben wir in Fig. 307 die Detailzeichnung von Säule mit Gebälk und Sockel des Parthenon zu Athen, woraus die einzelnen Teile zu entnehmen sind. — Im allgemeinen kann angenommen werden, daß die Säulenhöhe mit Gebälk griechisch-dorischer Ordnung zwischen 7. und 8. U. D. beträgt, also im Durchschnitt 7,5 U. D. ist. Die Verjüngung der Säulen von unten nach oben beträgt beiderseits je 6 bis $6\frac{1}{2}$ partes, sodaß der untere Durchmesser der Säulen mit 60 partes und der obere mit 47 bis 48 partes anzunehmen ist.

Tabelle I. Größenverhältnis griechisch-dorischer Ordnung.

UD = 60 partes, oder 1 Modul = 30 partes. Alle Maße in partes.

Bezeichnung der einzelnen Glieder	Parthenon zu Athen	
	Höhe	Ausladung
A. Das Gebälke	120	56 ¹ / ₂
1. Kranzgesims	26	56 ¹ / ₂
Saum über der Sima	1	56 ¹ / ₂
Sima	8	56 ¹ / ₂
Saum der Hängeplatte	2 ¹ / ₄	53
Stäbchen darunter	2	51
Hängeplatte	12 ² / ₄	49 ¹ / ₂
2. Fries	49 ¹ / ₂	48 ¹ / ₄
Plättchen über den Tropfen	2 ¹ / ₄	48 ¹ / ₄
Tropfen	2	48
Ansteigen der Tropfen nach hinten	(3 ¹ / ₂)	—
Platte hinter den Tropfen	6 ³ / ₄	28 ³ / ₄
Bekrönung der Triglyphen	5	28 ³ / ₄
Der Ecktriglyph	48 ¹ / ₄	28 ¹ / ₂
Breite des Triglyphen		27 ¹ / ₂
Die zwischenliegenden Metopen	39 ¹ / ₄	25 ¹ / ₂
Breite der Metopen		4 2
3. Architrav	44 ¹ / ₂	30 ¹ / ₂
Krönungsplatte des Architravs	3 ³ / ₄	30 ¹ / ₂
Plättchen über den Tropfen	2 ¹ / ₂	30 ¹ / ₄
Tropfen	1 ¹ / ₂	30
Hauptplatte	36 ³ / ₄	28 ¹ / ₂
B. Die Säule	330	—
1. Das Kapitäl	28	32 ¹ / ₂
Der Abakus (die Platte)	11 ¹ / ₂	32 ¹ / ₂
Der Echinus	8 ³ / ₄	oben 31 ³ / ₄ unten 25 ¹ / ₂
Die Nischen (5 Stück)	2 ¹ / ₄	oben 26 unten 24 ³ / ₄
Der Hals	5 ¹ / ₂	33 ³ / ₄
Der Einschnitt ist 1 ¹ / ₂ hoch und geht auf 23 Ausladung.		
2. Der Schaft.		
Höhe des Schaftes	302	—
Unterer Durchmesser		6 0
Oberer Durchmesser		4 7
C. Der Unterbau	52	77
Erste Stufe	18	32
Zweite Stufe	17	54 ¹ / ₂
Dritte Stufe	17	77

Fig. 307.



Die Ionische Ordnung der Griechen.

An Hand eines Musterbeispiels aus der Blütezeit griechischer Kunst, des ionischen Tempels am Mlyffus in Athen, sowie der für dasselbe ermittelten Verhältniszahlen der Einzelheiten, welche wir in Tabelle II mittheilen, läßt sich nach gegebenen Maßen eine Säulenstellung griechisch-ionischer Ordnung leicht auftragen. —

Tabelle II. Größenverhältnis griechisch-ionischer Ordnung.

U D = 60 partes, oder 1 Modul = 30 partes. Alle Maße in partes.

Bezeichnung der einzelnen Glieder.	Tempel am Mlyffus		
	Höhe	Ausladung	
A. Das Gebälfe	136	71	
1. Hauptgesimse	32	71	
Saum über der Sima	2	71	
Sima A	12	oben 71 unten 59 ¹ / ₂	
Blättchen	2	59 ¹ / ₂	
Kyma	3 ¹ / ₂	oben 59 unten 56	
Kranzplatte B	12 ¹ / ₂	55 ¹ / ₂	
Das Lesbische Kyma	} Gehen aufwärts unter die Kranzplatte	} oben 44 unten 39 ¹ / ₂	
Blättchen			4 ¹ / ₂
Stäbchen			1 ¹ / ₃
	2 ¹ / ₃	32 ³ / ₄	
2. Fries C.	49	28 ³ / ₄	
Schräge Fase	1 ¹ / ₂	oben 28 ³ / ₄ unten 33 ¹ / ₄	
Friesplatte C	48 ¹ / ₂	28 ³ / ₄	
3. Architrav	55	33 ¹ / ₄	
Blättchen	3 ¹ / ₄	33 ¹ / ₄	
Kyma	4 ¹ / ₂	oben 32 ³ / ₄ unten 29 ¹ / ₄	
Stäbchen	1 ¹ / ₃	28	
Hauptplatte E	45 ¹¹ / ₁₂	28 ³ / ₄	
B. Die Säule	480	—	
1. Kapitäl	29¹/₄	33	
Blättchen	1 ¹ / ₄	24	
Kyma F	3 ¹ / ₂	oben 32 unten 31	

Tabelle II. Größenverhältnis griechisch-jonischer Ordnung.

U D = 60 partes oder 1 Modul = 30 partes. Alle Maße in partes.

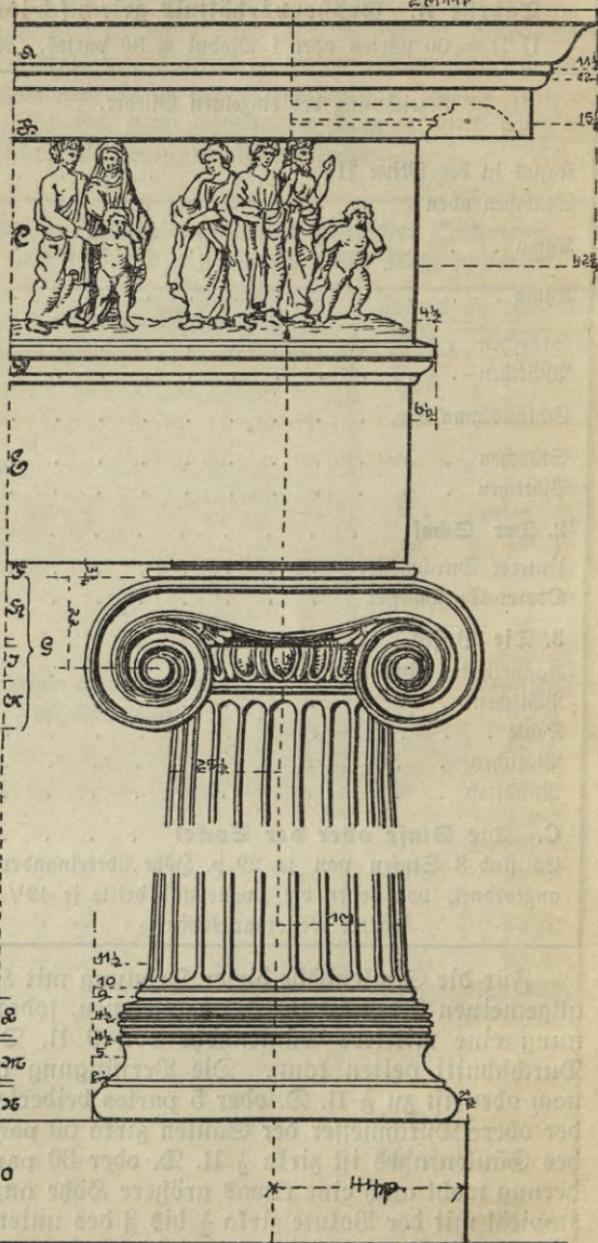
Bezeichnung der einzelnen Glieder.	Tempel am Abfluss	
	Höhe	Ausladung
Kanal in der Mitte H	15	28 ¹ / ₂
Stäbchen oben	1	30
Rhyma	² / ₃	oben 28 ¹ / ₂ unten 30
Rhyma	² / ₃	oben 30 unten 28 ¹ / ₂
Stäbchen	1	30
Plättchen	1 ¹ / ₄	29 ¹ / ₄
Schinushyma J	7 ¹ / ₂	oben 90 unten 28 ¹ / ₂
Stäbchen	2	28
Plättchen	1	25 ³ / ₄
2. Der Schaft	420³/₄	—
Unterer Durchmesser	60	
Oberer Durchmesser	50	
3. Die Basis	30	41 ¹ / ₂
Kannelierter Rundstab L	10	37
Plättchen	¹ / ₂	37
Kehle	9 ³ / ₄	36
Plättchen	¹ / ₂	39
Rundstab	9 ¹ / ₄	41 ¹ / ₂
C. Die Stufe oder der Sockel	29	44
Es sind 3 Stufen von je 29 p. Höhe übereinander angeordnet, von denen die zweite und dritte je 42 ¹ / ₂ partes weiter ausladen!		

Für die Säulenhöhe dieser Ordnung mit Kapitäl und Fuß ist im allgemeinen 8 bis 10 U. D. anzunehmen, sodas für die jonische Ordnung eine mittlere Säulenhöhe von 9 U. D. oder 540 partes als Durchschnitt gelten kann. Die Verjüngung der Säulen von unten nach oben ist zu $\frac{1}{3}$ U. D. oder 5 partes beiderseits anzunehmen, sodas der obere Durchmesser der Säulen zirka 50 partes beträgt. Als Höhe des Säulenfußes ist zirka $\frac{1}{2}$ U. D. oder 30 partes, bei reicherer Gliederung wohl auch eine etwas größere Höhe anzuordnen, während das Kapitäl mit der Volute zirka $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ des unteren Säulendurchmessers ohne den Hals zur Höhe hat, und dieser Hals zwischen 12 bis 15 partes hoch zu nehmen ist. —

Fig. 308.

2M11P

Wir geben in Fig. 308 das Beispiel einer griechisch-jonischen Säulenstellung mit Gebälk vom Tempel am Illyssus bei Athen, aus welchem die Einzelheiten leicht zu übersehen und nach den Maßen der Tabelle II zu übertragen sind. Bezüglich des Zeichnens des Kapitäls ist hier noch zu bemerken, daß die einzelnen Bogenstücke, aus welchen die Windungen der Voluten zusammengesetzt sind, unmerklich ineinander übergehen müssen. Dies wird durch eine Konstruktion ziemlich annähernd bewirkt, wie solche in „C. Busch, Baustyle“ (vierter Abschnitt) für die Kapitäle des Tempels am Illyssus angegeben ist, auf welche wir hiermit besonders hinweisen.



Die Korinthische Ordnung der Griechen.

Es sind aus der Blütezeit griechischer Kunst nur wenige Überreste korinthischer Bauten auf uns gekommen, von welchen wir das Beispiel des Choragischen Monuments des Nysikrates bei Athen (errichtet zur Ehrung eines Siegers im Chorgefang) hier besonders anführen wollen.

Die vorstehende Tabelle III gibt die Größenverhältnisse des zierlichen Bauwerks, dessen Zeichnung in größerem Maßstabe an Hand der in Fig. 309 und 310 gegebenen Übersichts- und Detailzeichnungen leicht ausführbar ist.

Tabelle III. Größenverhältnis griechisch-korinthischer Ordnung.		
U D = 60 partes, 1 Modul = 30 partes. Alle Maße in partes.		
Bezeichnung der einzelnen Glieder	Choragisches Monument des Nysikrates in Athen	
	Höhe	Ausladung
A. Das Gebälke	140¹/₂	75
1. Hauptgesimse	50	75
Blättchen	2	75
Echinushyma	3	oben 74 unten 71
Kranzplatte B	12	71
Lesbisches Kyma	4 ¹ / ₂	oben 49 unten 45
Unterschneidung der Kranzleiste	3 ¹ / ₂	69 ¹ / ₂
Blättchen	1 ¹ / ₂	44
Kyma C	4	39 ³ / ₄
Fase	1/2	oben 39 unten 39 ³ / ₄
Platte	4	39 ³ / ₄
Platte hinter den Zahnschnitten D	14 ¹ / ₄	32 ¹ / ₂
Zahnschnitte E	14 ¹ / ₄	39
Breite der Zähne		9
Breite der Zwischenräume		6 ¹ / ₄
Echinushyma F	5	oben 34 ¹ / ₂ unten 29 ¹ / ₂
Stäbchen G	2 ¹ / ₄	31
2. Fries H.	39¹/₂	29 ¹ / ₄

Tabelle III. Größenverhältnis griechisch-chorinthischer Ordnung.

U D = 60 partes, 1 Modul = 30 partes. Alle Maße in partes.

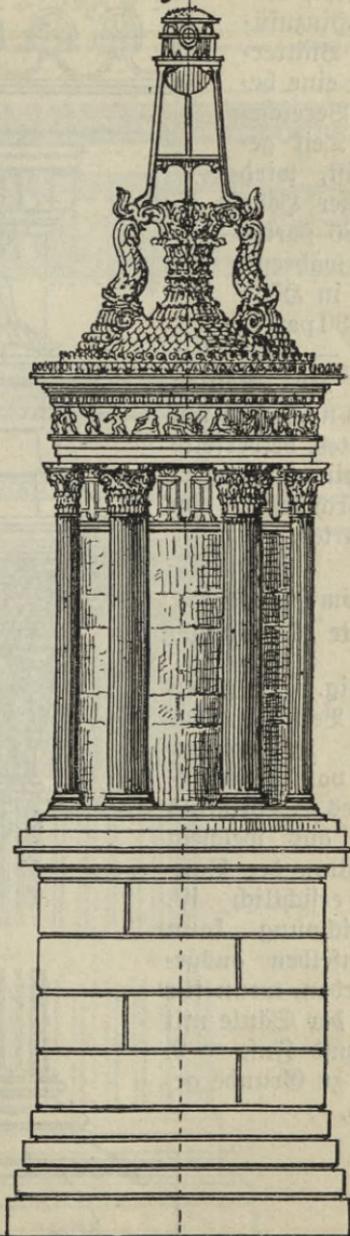
Bezeichnung der einzelnen Glieder	Choragisches Monument des Pnykates in Athen	
	Höhe	Ausladung
3. Architrav	51	33 ¹ / ₂
Plättchen	2 ¹ / ₂	33 ¹ / ₂
Lesbisches Kyma J	4 ¹ / ₂	oben 32 ¹ / ₄ unten 28 ¹ / ₂
Stäbchen	1 ¹ / ₄	29 ¹ / ₂
Erste Platte der Architravs K	14 ¹ / ₄	oben 28 ¹ / ₂ unten 29
Zweite Platte der Architravs L	14 ¹ / ₄	oben 28 ¹ / ₃ unten 29 ¹ / ₄
Dritte Platte der Architravs M	14 ¹ / ₄	oben 28 ¹¹ / ₁₂ unten 29 ¹ / ₄
B. Die Säule	598¹/₂	—
1. Das Kapitäl	83	32 ¹ / ₄
Viertelstab } des Abakus	3	oben 31 ¹ / ₂ unten 29 ¹ / ₂
Plättchen }	1	29 ¹ / ₂
Viertelkehle }	7 ¹ / ₂	oben 29 ¹ / ₂ unten 26
Plättchen	4 ¹ / ₂	26
Blattwerk des Kapitäls	70	—
2. Der Schaft	494¹/₂	oben 25 unten 30
3. Die Basis	21	45
Stühl P	4 ¹ / ₂	oben 35 ¹ / ₂ unten 38 ¹ / ₂
Plättchen	1	39
Einziehung Q	7	oben 39 unten 41 ¹ / ₂
Plättchen	1	41 ¹ / ₂
Rundstab R	7 ¹ / ₂	45
C. Die Plinthe	34	73
Ablauf S	12 ¹ / ₃	oben 45 ¹ / ₂ unten 55
Plättchen	1	55
Rundstab T	4	oben 55 unten 51
Sockel U	16 ¹ / ₂	73

Wir geben in Fig. 309 eine Gesamtansicht des Choragischen Monuments des Lyfikrates. — über einem quadraten Unterbau, der nach unten in 4 Stufen sich erweitert, erhebt sich auf kreisrundem Grundriß das von 6 korinthischen Halbsäulenstellungen umgrenzte schlanke Monument, dessen Abschluß ein reichverzierter halbkugelförmiger Marmorblock bildet, der den Untersatz eines Dreifußes trägt. Eine weitere Bereicherung des Erscheinens ist dem Bauwerk dadurch gegeben, daß das Gesimse durch dicht beieinanderstehende Stirnziegel geschmückt ist.

In Fig. 310 haben wir die Einzelheiten der Säulenstellung in größerem Maßstabe dargestellt, und kann hier nach mit Benützung der Tabelle III die Zeichnung leicht erfolgen.

Wir bemerken noch bezüglich der Hauptmaße korinthischer Ordnung, daß die Säulenhöhe mit Kapitäl und Fuß für dieselbe zwischen 9 und 10 U. D. beträgt, so daß eine mittlere Höhe von 570 bis 580 partes. angenom-

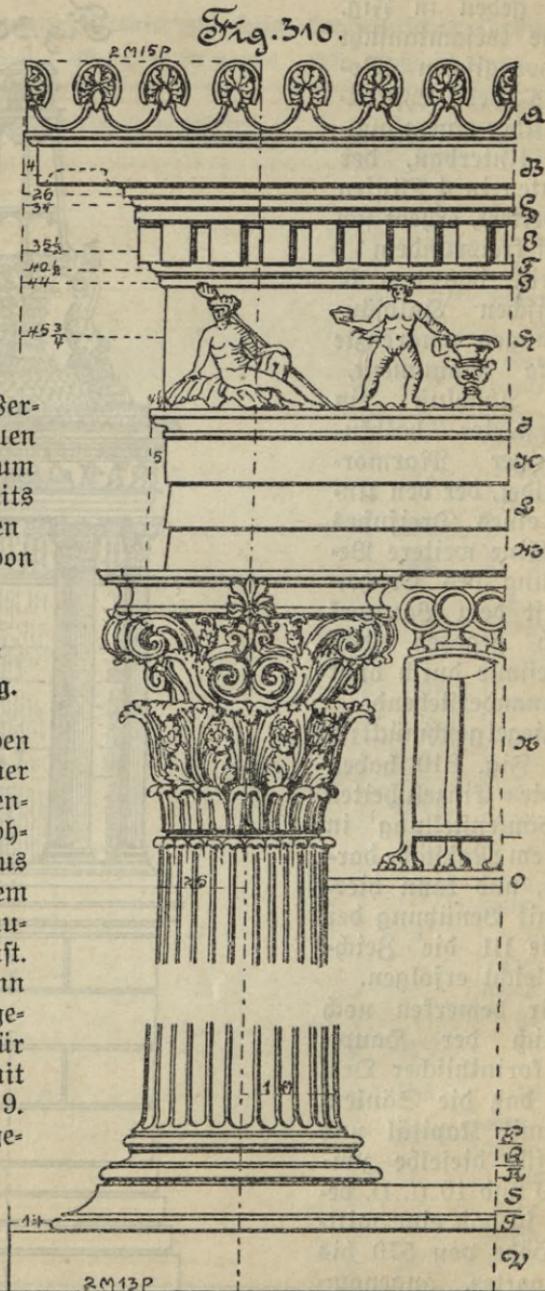
Fig. 309.



men werden kann. Das Kapitäl, dem durch Hinzufügung der Blätterstellungen eine bedeutende Verdiekung zu Teil geworden ist, wird sich in einer Höhe von 70—85 partes bewegen, während die Basis in Höhe von 21—30 partes verbleibt. — Eine Verjüngung der Säulen von unten nach oben um $4\frac{1}{2}$ —5 partes, beiderseits ergibt einen oberen Säulendurchmesser von 50—51 partes. —

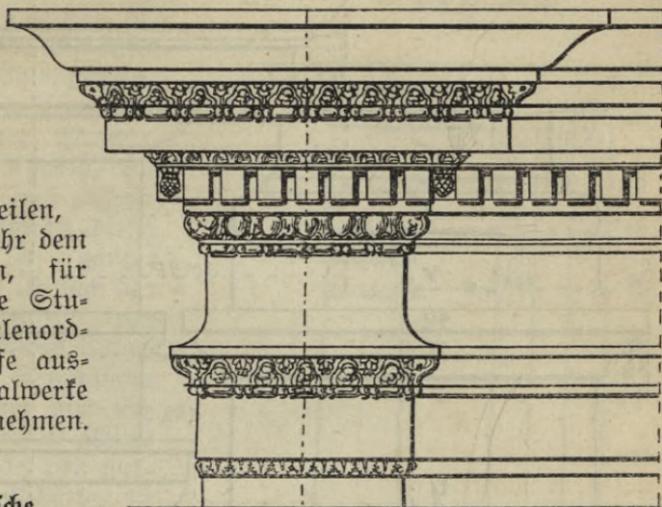
Die Römische oder Komposite Ordnung.

In Fig. 311 geben wir das Beispiel einer römischen Kompositen-Ordnung vom Triumphbogen des Septimius Severus, aus welchem der Reichtum der Bauformen ersichtlich ist. Die Zeichnung kann nach demselben ausgeführt werden, wenn für die Höhe der Säule mit Kapitäl und Fuß = 9. 66. U. D. zu Grunde gelegt wird.



Wir müssen uns auf diese kurzen Angaben beschränken und können für die römischen Säulenordnungen keine besonderen Größenverzeichnisse mitteilen, müssen es vielmehr dem Leser überlassen, für das eingehendere Studium der Säulenordnungen die Hilfe ausführlicher Spezialwerke in Anspruch zu nehmen.

Fig. 311.



Die Toskanische Ordnung.

Von den toskanischen oder etruskischen Tempelbauten sind keinerlei Beispiele auf uns gekommen, und sind über dieselben nur die Aufzeichnungen von Vitruv noch erhalten, nach welchen die neueren italienischen Meister in der Hauptsache ihre Maßangaben eingerichtet haben.

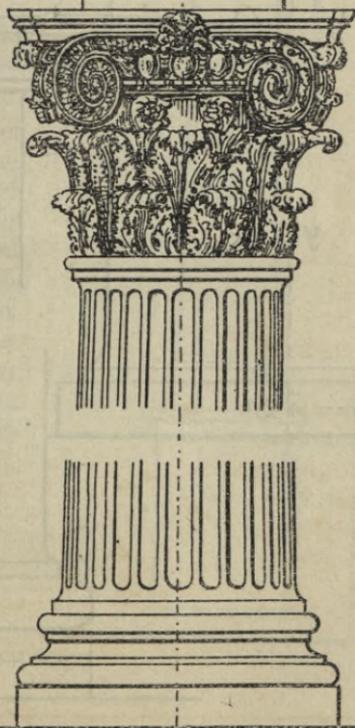
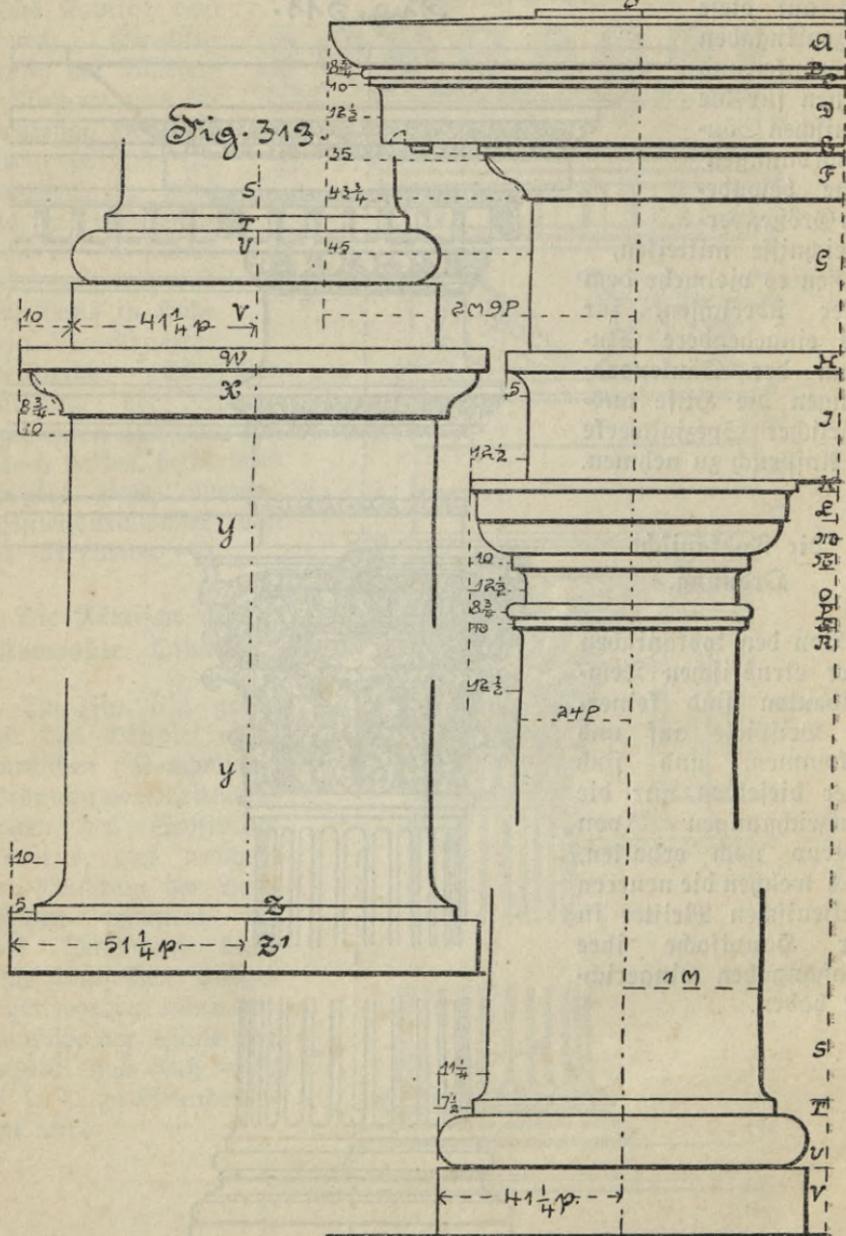


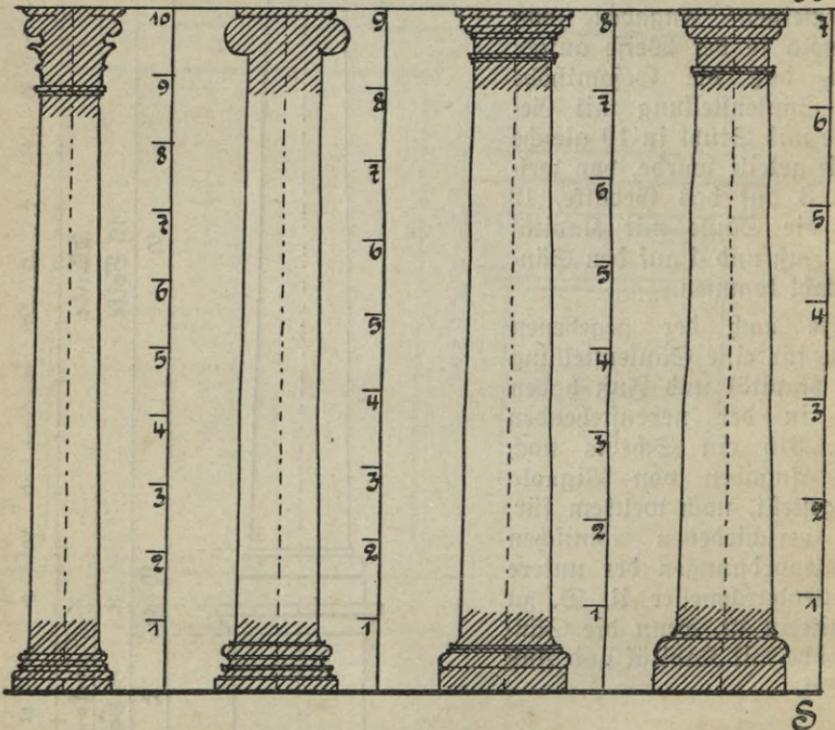
Fig. 312.



Darnach trägt man die gegebene Säulenhöhe an einer Senkrechten SH. auf und teilt dieselbe für eine toskanische Säulenstellung in sieben gleiche Teile, für eine dorische in acht, für eine jonische in neun und für eine korinthische in zehn gleiche Teile, von denen dann jeder einzelne Teil den U. D. angibt, der für die Größenverhältnisse der jeweiligen Ordnung in 60 partes zu teilen ist. —

Fig. 315.

röm. korinthisch röm. jonisch röm. dorisch toskanisch



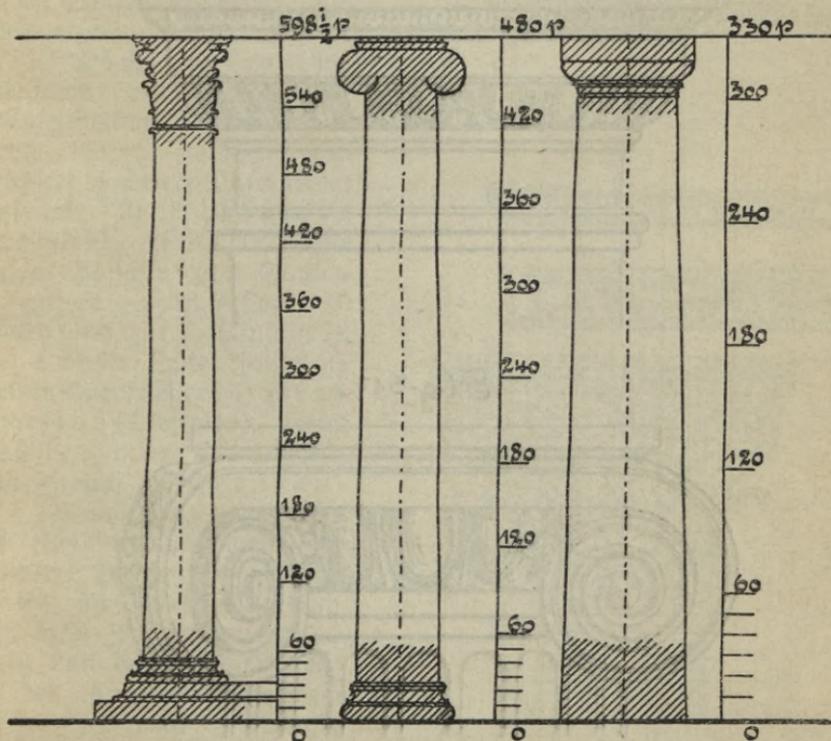
Zum Vergleich fügen wir hier noch ein bezügliches Schema für die drei griechischen Ordnungen nach den gegebenen Beispielen des Parthenon, des Tempels am Ilyssus und des Choragischen Monuments des Pysikrates in Fig. 315a bei, aus welchem die Stärkeverhältnisse der Säulen bei gleicher Höhe erkennbar sind.

Einige Beispiele dorischer, ionischer und korinthischer Ordnung von römischen Bauwerken geben wir der Vollständigkeit halber noch in den Fig. 316, 317 und 318. —

Fig. 316 gibt das Bild eines römisch-dorischen Kapitäls, bei welchem die Platte verstärkt und durch ein verziertes Oberglied mit Plätt-

Fig. 315 a.

griech. korinthisch griech. ionisch griech. dorisch



chen bereichert ist, während das Unterglied aus einem kräftigen Eierstab mit Wulst und Plättchen besteht. Der gedrungene Hals ist durch einen vortretenden Wulst und beiderseits Plättchen mit dem Schaft verbunden.

In Fig. 317 stellen wir das Bild eines römisch-ionischen Kapitäls dar, bei welchem ebenfalls die obere Platte verstärkt ist. Ein stark entwickelter Eierstab schließt gegen oben und unten horizontal ab und wird durch ein ebenso stark hervortretendes Unterglied von Wulst und

Platte mit dem Schaft vereinigt. Wir bemerken hierzu, daß durch die Einführung des Bogen- und Gewölbebaues bei den Römern eine Veränderung der Kapitälformen ermöglicht wurde, die in den auf uns überkommenen Monumenten römischer Baukunst in der mannigfaltigsten Weise zu Tage tritt.

Die in Fig. 318 dargestellte Säulenstellung vom Tempel des Jupiter Stator in Rom, dessen Erbauung in das erste Jahrhundert

Fig. 316.

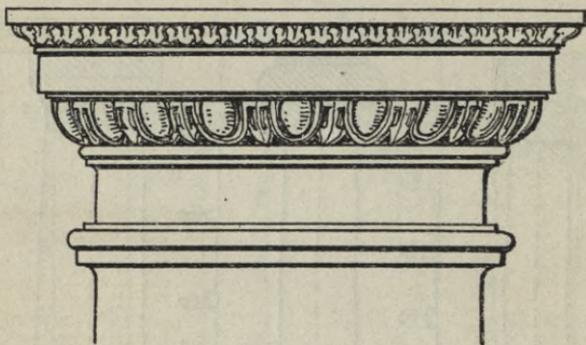
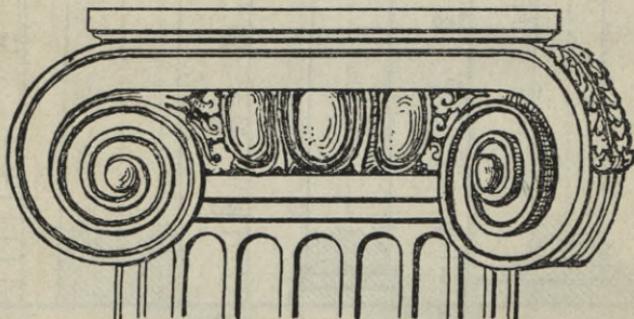


Fig. 317.



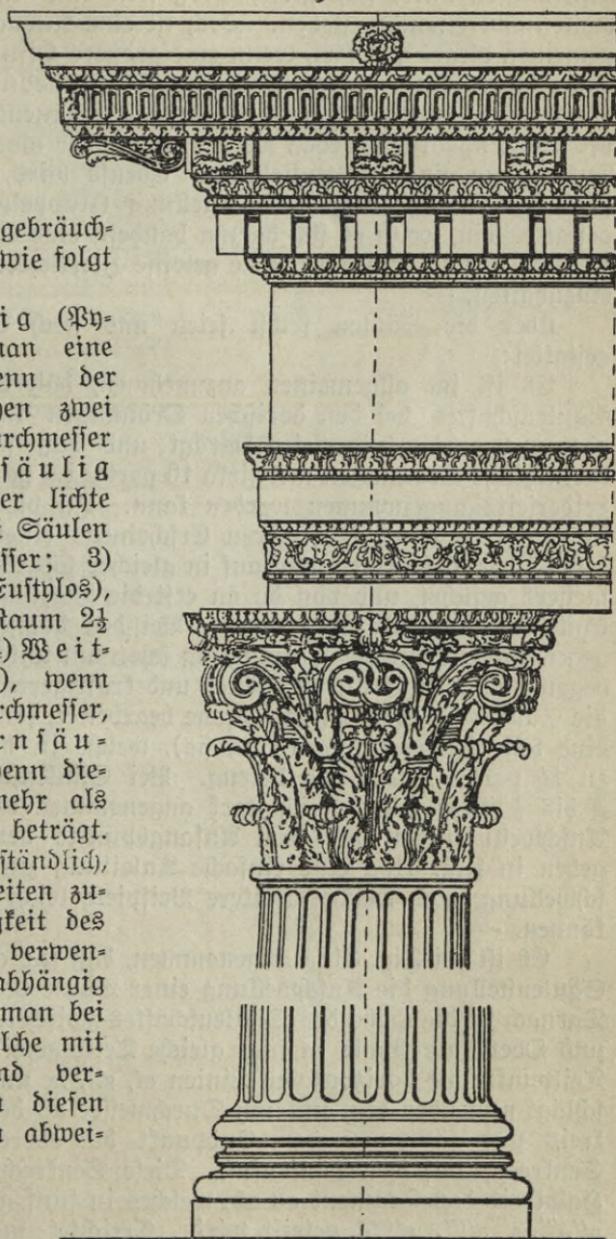
christlicher Zeitrechnung, also in die Blütezeit römischer Baukunst fällt, gibt ein schönes Beispiel römisch-korinthischer Ordnung und schließt sich in den Hauptformen denjenigen griechisch-korinthischer Bauweise würdig an. Wie weisen darauf hin, daß die Einzelabmessungen aus den gegebenen Beispielen leicht zu entnehmen sind, und wir des beschränkten Raumes wegen auf die Beigabe weiterer Tabellen für die Größenverhältnisse römischer Säulenstellungen verzichten müssen.

Es erübrigt uns noch, in Kürze die Verhältnisse der Säulen unter sich und die Säulenweiten zu betrachten. Vitruvius hat in seinem Werke über die Baukunst die zu seiner Zeit gebräuchlichen Säulenweiten wie folgt angegeben:

1) Dichtsäulig (Ptyknothylos) nennt man eine Säulenstellung, wenn der lichte Raum zwischen zwei Säulen $1\frac{1}{2}$ untere Durchmesser beträgt; 2) Nahsäulig (Synthylos), wenn der lichte Raum zwischen zwei Säulen 2 untere Durchmesser; 3) Schönsäulig (Eusthylos), wenn dieser lichte Raum $2\frac{1}{2}$ untere Durchmesser; 4) Weitsäulig (Diasthylos), wenn derselbe 3 untere Durchmesser, und endlich 5) Fernsäulig (Aräosthylos), wenn dieser Zwischenraum mehr als 3 untere Durchmesser beträgt.

Es ist selbstverständlich, daß diese Zwischenweiten zu meist von der Festigkeit des zu den Architraven verwendeten Materials abhängig sind. Dagegen wird man bei Säulenstellungen, welche mit Bogen überdeckt und verbunden werden, von diesen allgemeinen Angaben abweichen können. —

Fig. 348.



Säulenstellungen, welche eine geschlossene Fassade bilden, müssen unter sich gleich groß sein und in gleichen Zwischenweiten von einander stehen. Doch ist eine Ausnahme von dieser allgemeinen Regel gestattet, wenn eine größere Öffnung (Tür oder Tor) eine weitere Auseinanderrückung der Säulenstellung erfordert, welcher dann zur Vermeidung des gedrückten Erscheinens eine größere Höhe des Säulenpaares gegeben werden muß, oder man erreicht diese durch Anwendung einer Bogenstellung. Ebenso wird, wenn es nötig erscheint, eine nähere Zusammenstellung (Kuppelung) zweier Säulen gestattet sein, wenn es sich darum handelt, eine erhöhte Tragfähigkeit zu erzielen und doch dabei eine gewisse Zierlichkeit in der Gliederung einzuhalten. —

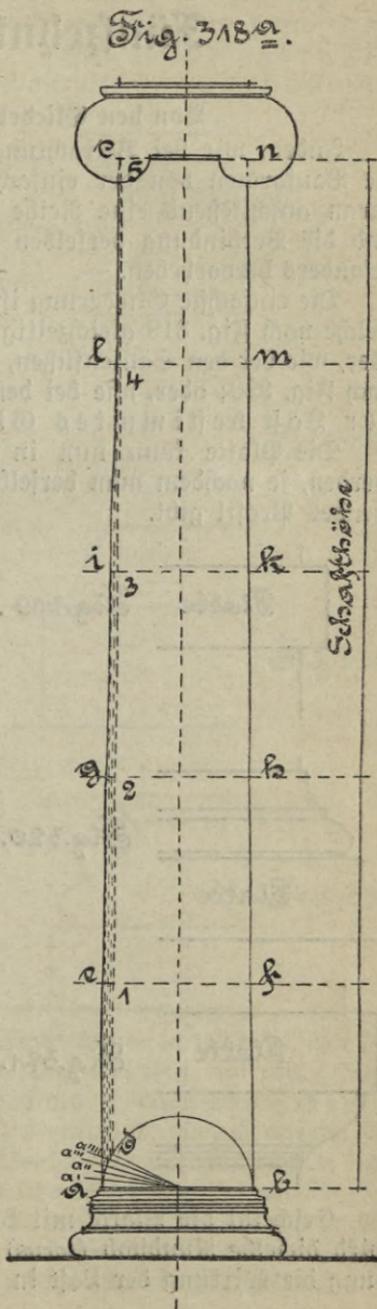
Über die Säulen selbst seien uns noch einige Bemerkungen gestattet:

Es ist im allgemeinen anzunehmen, daß die Verjüngung des Säulenschaftes bei den dorischen Ordnungen im ganzen 12 partes oder je 6 partes beiderseits beträgt und daß sie für jonische und korinthische Ordnungen mit zirka 10 partes im ganzen oder je 5 partes beiderseits angenommen werden kann. In vielen Fällen hat man im Interesse eines kräftigeren Erscheinens einen Teil des Schaftes $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ der Höhe von unten auf in gleicher Stärke des unteren Durchmessers geführt, und von da an erst die Verjüngung bis zur Unterkante des Kapitälts angetragen. Bei den dorischen Mustern ist dagegen zumeist mit der Verjüngung schon am unteren Ende der Säule begonnen. Aus Gründen schönen und kräftigeren Erscheinens wurden die Säulen im Schaft nicht gerade bearbeitet, sondern man gab ihnen eine leise Anschwellung (Enthasis), welche in der Mitte von 1 bis zu $1\frac{1}{2}$ partes beiderseits betrug. Bei Säulenstellungen, welche auf $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ ihrer Höhe gleich stark angenommen werden, beginnt diese Anschwellung erst bei dem Anfangspunkte der Verjüngung. Wir geben in Fig. 318a eine einfache Anleitung zur Zeichnung der Anschwellung, nach welcher weitere Beispiele leicht aufgetragen werden können. —

Es ist bei Fig. 318a angenommen, daß für eine griechisch-jonische Säulenstellung die Anschwellung einer Säule verzeichnet werden soll. Darnach ist die Höhe des Säulenschaftes zwischen Unterkante Kapitäl und Oberkante Basis in fünf gleiche Teile geteilt und sind durch die Teilpunkte die horizontalen Linien ef, gh, ik und lm gezogen. Man schlägt nun über dem unteren Durchmesser ab der Säule einen Halbkreis und fällt von dem Endpunkt des oberen Durchmessers eine Senkrechte auf den Säulenschaft. Diese Senkrechte schneidet von dem Halbkreis das Segment ad ab, welches in fünf gleiche Teile aa', a'a'', a''a''', a'''a'''' geteilt wird. Errichtet man nun von diesen

Teilpunkten des Segmentbogens Senkrechte $a'e$, $a''g$, $a'''i$ und $a''''l$, so werden die Schnittpunkte e , g , i und l dieser Senkrechten mit den bezüglichen horizontalen Teilungslinien ef , gh , ik und lm die gesuchten Punkte der Anschwellung sein, welche, mit den unteren und oberen Endpunkten der Säule a und c verbunden, die Gesamtlinie des Säulenschaftes ergeben. Diese schwach gekrümmte Linie wird nun eine größere Genauigkeit erhalten, wenn man für dieselbe eine größere Anzahl von Teilungspunkten annimmt, als dies in vorliegendem Beispiele der Fall ist.

Auf der rechten Seite der Fig. 318a ist zur Hervorhebung des Gegensatzes die Säule in gerader Linie b , f , h , k , m , n gegeben und daraus zu erkennen, wie die leichte Anschwellung der Säule ein gefälliges und die Tragfähigkeit betonendes Ansehen gibt. —



Fünfzehnter Abschnitt.

Von den Gliederungen und Gesimsen.

Indem wir bei Betrachtung der Gliederungen und Gesimse für die Bauformen von der einfachsten Bildung ausgehen, werden wir daran anschließend eine Reihe charakteristischer Beispiele vorführen und die Verbindung derselben für den jeweils beabsichtigten Zweck besonders hervorheben. —

Die einfachste Gliederung ist die Platte (plinthe oder abacus), welche nach Fig. 319 gleichzeitig trennend und vermittelnd; oder, wie bei den Säulenfüßen, als tragendes Unterglied nach Fig. 320; oder, wie bei den Kapitälern, als zur Aufnahme der Last bestimmtes Glied nach Fig. 321 angewandt wird.

Die Platte kann nun in der verschiedensten Weise umgeformt werden, je nachdem man derselben ein von der geraden Linie abweichendes Profil gibt.

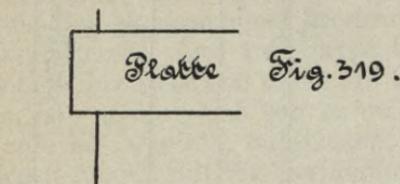


Fig. 319.

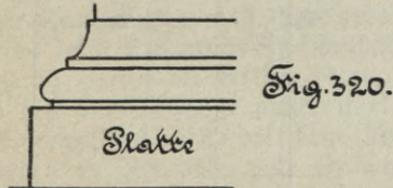


Fig. 320.

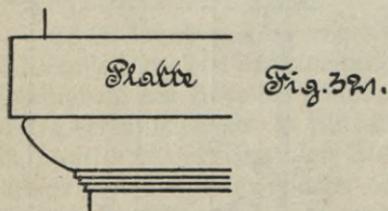


Fig. 321.

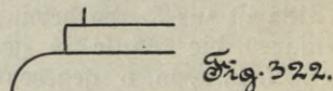


Fig. 322.

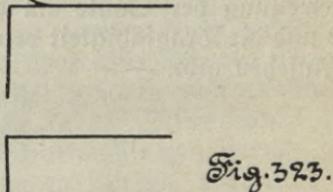


Fig. 323.

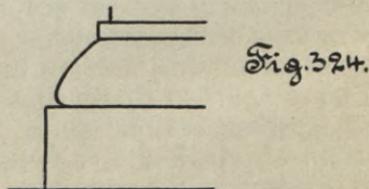


Fig. 324.

Erscheint die Platte mit konvexer Austragung nach Fig. 322, so wird dieselbe Rundstab (torus) genannt und zeigt in dieser Anwendung die Wirkung der Last in anschaulicher Weise. Umgekehrt dient

dieses Glied als Viertelstab oder Wulst (Echinus) nach Fig. 323 zur Stütze der oberen Konstruktionssteile; oder, wenn es nach Fig. 324 unterhalb angeordnet ist, spricht es als gedrückter Wulst eine Verstärkung der oberen Konstruktionssteile nach unten aus.

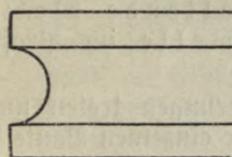


Fig. 325.

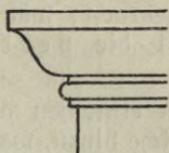


Fig. 328.

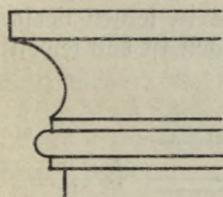


Fig. 326.

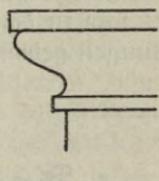


Fig. 329.

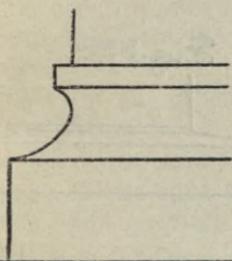


Fig. 327.

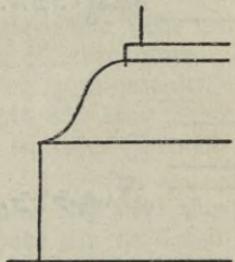


Fig. 330.

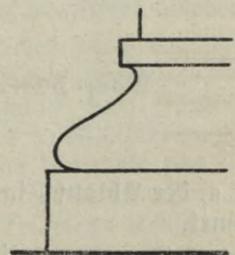


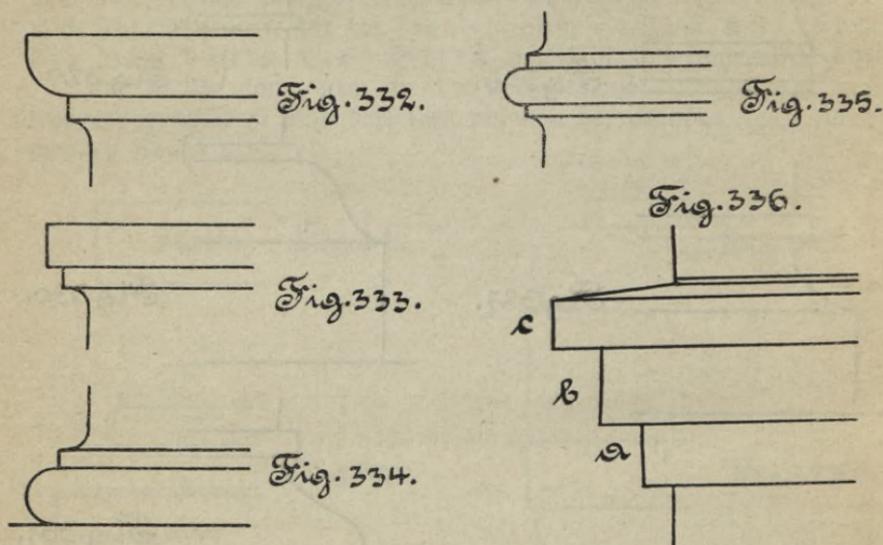
Fig. 331.

Erscheint die Platte mit hohler Einbiegung, so wird sie *Sohlfehle* (*Trochilus*) genannt und entweder nach Fig. 325 als trennendes Glied; oder nach Fig. 326 als tragendes Glied, welches die obere Ausladung der Last vermittelt; oder nach Fig. 327 als stützendes Unterglied, welches die Last der oberen Konstruktionssteile auf den Fuß des Gebäudes überträgt, dargestellt.

Wird eine Platte gleichzeitig mit konvexer und konkaver Anschwellung dargestellt, so nennt man dieselbe die *Welle* (*Kyma*), deren verschiedene Formen wir in den Fig. 328 bis 331 geben.

In der Fig. 328 erscheint die Welle als tragendes und krönendes Glied und wird gewöhnlich die steigende Welle oder Karnies (Sima) genannt. In Fig. 329 haben wir die verkehrt steigende Welle (lesbisches Kyma) oder den verkehrt stehenden Karnies zur Anschauung gebracht; während Fig. 330 die fallende Welle und Fig. 331 die verkehrt fallende Welle im Profil darstellen.

Zu diesen einfachen architektonischen Gliederungen treten nun noch weiter solche hinzu, welche eine Trennung der einzelnen Bauteile aussprechen sollen. Hierzu gehört in erster Linie das Plättchen a (tenia), welches wir in den Fig. 332, 333 und 334 in seinen verschiedenen Anwendungen geben. In diesen Darstellungen ist das jeweilige



Plättchen mit a, der Ablauf Fig. 333 mit a' und der Anlauf Fig. 334 mit a'' bezeichnet.

Ein weiteres Trennungsglied bildet der Stab Fig. 335, der meist mit beiderseitigen Plättchen, sowie An- und Ablauf verbunden ist, oft auch zur Bereicherung des Erscheinens mit plastischem Ornament, Perlstab, Bandverwicklungen, Eierstab zc. versehen wird. —

Die vorstehend aufgeführten Gliederungen bilden nun in zweckentsprechender Verbindung miteinander die Gesimse.

Wir haben also unter dem allgemeinen Namen der Gesimse alle diejenigen Bauformen zu verstehen, welche aus Gliederungen zusammengesetzt, entweder krönende oder abschließende und

deckende; trennende oder umschließende; oder endlich verstärkende oder aufstrebende Teile eines Bauwerks bilden. Darnach unterscheidet man:

- 1) Hauptgesimse, Verdachungs- oder Kranzgesimse, Gurtungen und Brustgesimse;
- 2) Einfassungsgesimse zur Umschließung von Öffnungen, sowie zur Einfassung und Umrahmung von Bauteilen;
- 3) Fußgesimse zur Verstärkung von Bauteilen nach unten, als Sockel etc. —

1) Hauptgesimse, Verdachungen und Gurtgesimse. Gehen wir von der einfachsten Form eines solchen Gesimses aus, welche wir in Fig. 336 dargestellt haben, so zeigt sich diese als eine Zusammenstellung mehr oder weniger vortretender Platten, von welchen die untere *a* den tragenden, die mittelere *b* den hängenden und die obere *c* den deckenden oder abschließenden Teil des Gesimses bildet.

Nach den verschiedenen Abmessungen von Höhe und Ausladung, sowie der Ausgestaltung der einzelnen Glieder lassen sich nun die mannigfaltigsten Formen von Gesimsen zusammenstellen. Wir begnügen uns damit, in den Fig. 337 bis 344 eine kleine Anzahl von Beispielen zu geben, nach welchen weitere Formen leicht abzuleiten sind.

So haben wir in den Fig. 337 und 338 zwei Gurtgesimse dargestellt, welche etwa die Hälfte ihrer Höhe zur Ausladung haben, und welche sich ziemlich genau an Fig. 336 anschließen, nur daß die Platten *a*, *b* und *c* teilweise oder ganz profiliert worden sind.

Fig. 339 gibt ein Gurtgesimse, welches durch Plättchen mit Hohlkehle und Stäbchen am oberen Ende das leicht Anstrebende ausdrückt und durch Vergrößerung der Ausladung zum Verdachungsgesimse umgewandelt werden kann, wie wir dies in Fig. 339 angedeutet haben. In den Fig. 340, 341 und 342 sind die Beispiele von Gesimsen dargestellt, bei welchen die Ausladung etwa gleich der Höhe des Gesimses ist. Die beiden ersteren sind in ihrem kräftigen Erscheinen sowohl für Gurtungen als auch für Verdachungs- und Krönungsgesimse zu verwenden, wie dies besonders auch von Fig. 342 gelten kann, bei welchem das verstärkte tragende Glied unterhalb der weit vortretenden Hängeplatte noch durch einen Zahnschnitt bereichert wurde. —

Zwei weitere Beispiele von Gesimsen, welche zu Hauptgesimsen ausgestaltet wurden, sind in den Fig. 343 und 344 gegeben. Die weit vorspringende Hängeplatte, welche bei reicherer Ausstattung noch mit Ornament verziert werden kann, endigt bei Fig. 343 in einer kräftigen Sima, deren Karnies mit Wasserlaub geschmückt ist, und wird durch

einen starken Wulst mit tief eingeschnittenem Eierstab samt Plättchen und Hohlkehle getragen.

Fig. 337.

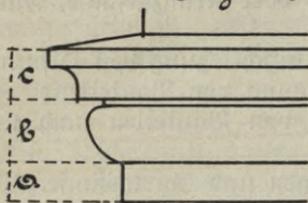


Fig. 340.

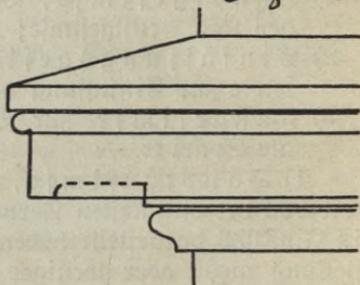


Fig. 338.

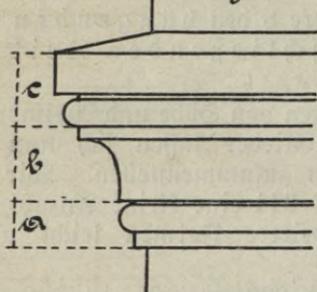


Fig. 341.

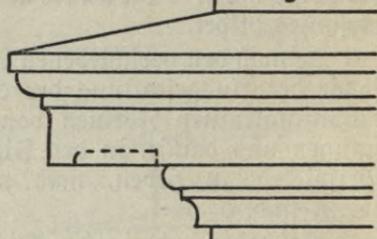


Fig. 339.

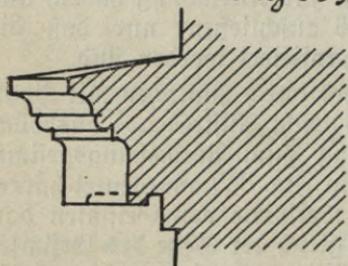
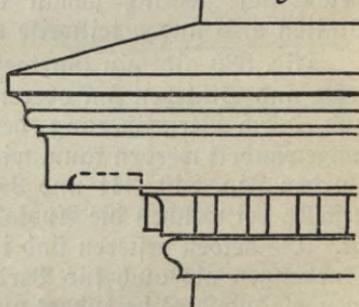


Fig. 342.



Bei dem Hauptgesimse Fig. 344 sind die tragenden Glieder unterhalb der Hängeplatte von Karnies mit Wasserlaub, Plättchen und Perlstab durch eine kräftige, gerade Platte vermehrt, an welcher die zur Bereicherung und Vermittelung der Ausladung dienenden Konsolen ansitzen. Der Zwischenraum zwischen den Konsolen wird dann oft zur Bereicherung der Untersichten mit Füllungseinteilungen, Rosetten zc. versehen.

2) Einfassungsgesimse. Ausgehend von dem einfachsten Gesimse dieser Art, welches wir uns durch das Hervortreten einer senkrecht stehenden vierkantigen Platte vor die Mauerflucht denken

Fig. 343.

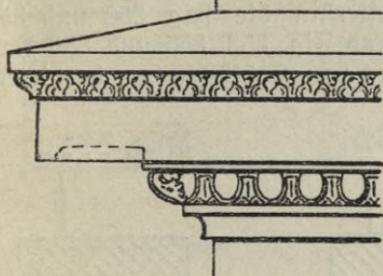


Fig. 344.

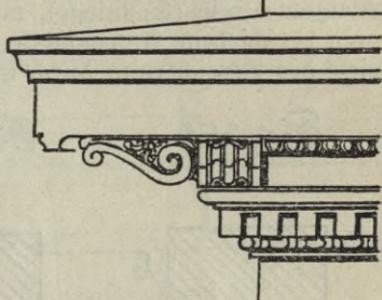


Fig. 345.

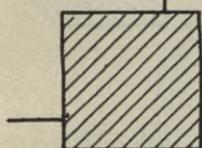


Fig. 346.



Fig. 347.

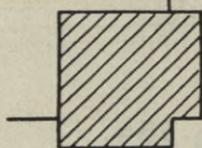


Fig. 348.

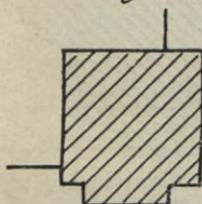


Fig. 349.

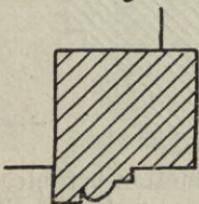
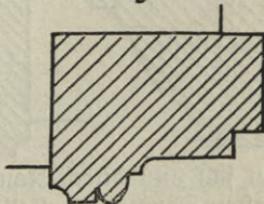


Fig. 350.



können und welches wir in Fig. 345 dargestellt haben, sind durch die Hinzufügung und Verbindung gerader und gebogener Glieder die verschiedenartigsten Umfassungsgesimse zu bilden.

Fig. 346, 347 und 348 zeigen aus Fig. 345 hergeleitete Umfassungsgesimse, wobon Fig. 346 mit Fasse, Fig. 347 mit Falz und Fig. 348 mit Doppelfalz versehen sind. —

In den Fig. 349 und 350 sind weitere Bereicherungen des Profils durch Platte, Wulst und Plättchen, sowie durch je eine Sohlkehle Fig. 350 beim Übergang zur Hauptplatte und beim Rücksprung nach der Mauerseite angebracht.

Die Fig. 351 zeigt den Übergang von der Stirnplatte a. im Mauerhaupt zur Leibungsplatte, b. durch Anbringen einer schief geneigten Linie (Schmiege), und weiterhin die Fig. 352 und 354 deren verschiedene Anwendung, während Fig. 353, 355 und 356 Beispiele der Bereicherung durch Einlegen von Sohlkehlen zc. darbieten.

Fig. 351.

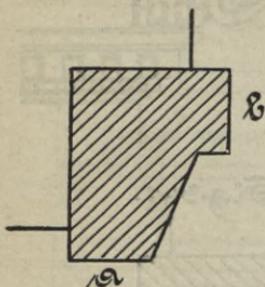


Fig. 352.

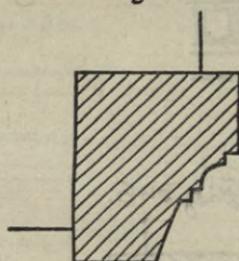


Fig. 353.

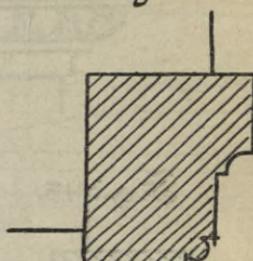


Fig. 354.

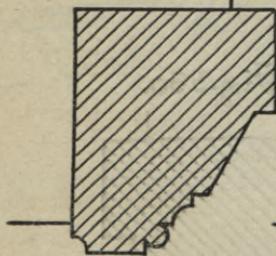


Fig. 355.

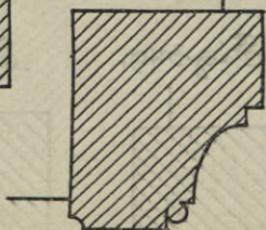
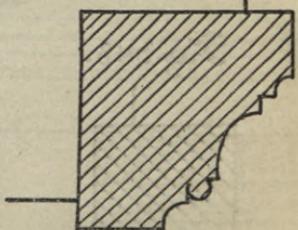


Fig. 356.



Es lassen sich nun durch Kombination verschiedener Profile die mannigfaltigsten Formen darstellen, zu welchen weitere Beschreibungen zu geben überflüssig sein dürfte.

3) Die Fußgesimse oder Sockelgesimse sollen den Druck der oberen Konstruktionsteile auf die unteren Grundlagen eines Bauwerks übertragen und treten demnach gegen das Mauerhaupt verstärkt nach unten vor. Die einfachste Form dürfte für diese Gesimse die nach außen vortretende Platte nach Fig. 357 sein. Sollte zur Höhe des Fußgesimses eine Platte nicht ausreichend sein, dann würde die

Fig. 357.

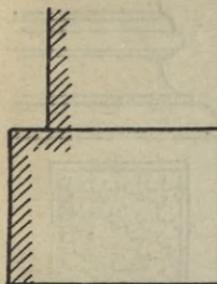


Fig. 358.

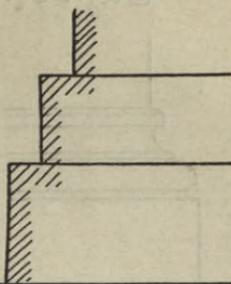


Fig. 359.

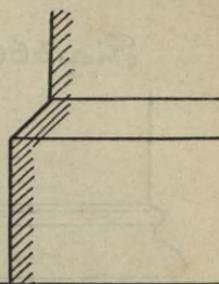


Fig. 360.

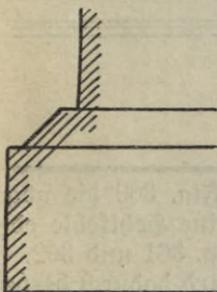


Fig. 361.

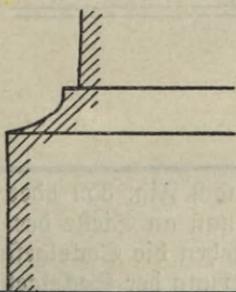


Fig. 362.

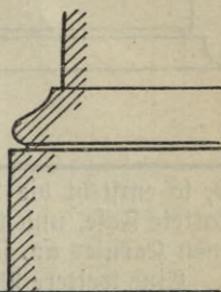


Fig. 363.

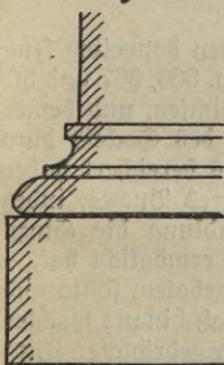


Fig. 364.

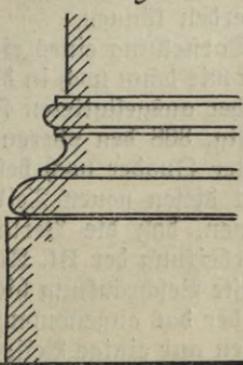
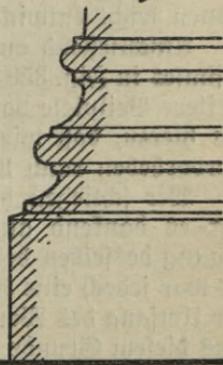
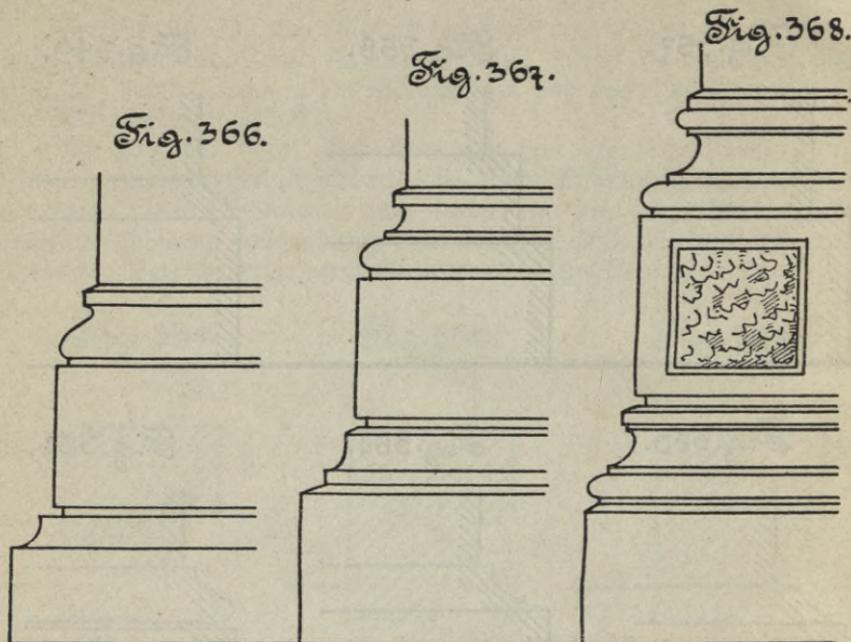


Fig. 365.



einfachste Form desselben in zwei übereinander liegenden Platten nach Fig. 358 bestehen. Schrägt man den Vorsprung der Platte nach vorne



ab, so entsteht die Fase nach Fig. 359 oder nach Fig. 360 die abgeplattete Fase, und trägt man an Stelle der Fase eine Hohlkehle oder einen Karnies an, so entstehen die Sockelgesimse Fig. 361 und 362. —

Eine weitere Bereicherung der Sockelgesimse wird dadurch herbeigeführt, daß man Hohlkehle, Wulst und Plättchen in Verbindung mit Fasen und Plättchen bringt, und haben wir in den Fig. 363, 364 und 365 einige Beispiele hierfür gegeben, nach welchen weitere Kombinationen leicht entwickelt werden können.

Anschließend an die Darstellung eines einfachsten doppelten Fußgesimses in Fig. 358 geben wir dann noch in den Fig. 366, 367 und 368 weitere Beispiele von reicher ausgestatteten Fußgesimsen, und bemerken hierzu, daß wir in Fig. 368 den oberen Teil des Sockels durch Hervorheben rauh bossierter Quader noch besonders bereichert haben.

Wir schließen hiermit diesen neuen Teil unseres Buches, indem wir es dankend anerkennen, daß die Verlagshandlung die Hinzufügung desselben bei Bearbeitung der III. Auflage ermöglicht hat. — Es war jedoch eine tunlichste Beschränkung hierbei geboten, sollte nicht der Umfang des Werkes über das angenommene Maß hinaus wachsen. Aus diesem Grunde konnten nur einige Beispiele in gedrängter Kürze gegeben werden und müssen wir für weitergehende Studien auf einschlägige Fachwerke verweisen. —



S-96

S. 61

Arthur W. Schmitt
Bildhauer: 1881
Bolkenhahn, Göttingen.

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

5280

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294784