



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

1. Abschnitt: Konstruktionselemente in Stein.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-78727](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-78727)

III. Teil, I. Abteilung:

KONSTRUKTIONSELEMENTE.

I. Abschnitt.

Konstruktions-elemente in Stein.

VON ERWIN MARX.

I. Kapitel.

Steinkonstruktionen im allgemeinen.

Die Hauptmasse der meisten Bauwerke besteht aus Steinen oder steinähnlichen Stoffen. Es gehören diese daher zu den allerwichtigsten Baustoffen, und es werden dieselben überall da verwendet, wo es sich um Herstellung von möglichst dauerhaften, allen äußeren Einflüssen am längsten Widerstand leistenden Bauten handelt. Von den Bauwerken der alten Völker sind uns fast nur aus Stein errichtete erhalten geblieben; in keinem anderen Baustoff läßt sich ein so hoher Grad von Monumentalität erzielen; die meisten Architektur-systeme beruhen auf der Verwendung von Stein oder steinähnlichen Massen.

Die Natur bietet nicht überall Felsarten, aus denen Bausteine gewonnen werden können; man war daher von den frühesten Zeiten an in vielen Gegenden darauf angewiesen, aus anderen, dem Mineralreiche entnommenen Stoffen auf künstlichem Wege steinähnliche Massen zu erzeugen.

Es kann dies auf zweierlei Weise geschehen: entweder indem man geeignete Erden oder andere lose Massen zu regelmässigen Stücken formt, diese auf irgend eine Weise festigt und sie dann wie natürliche Steine zu Bauteilen zusammensetzt, oder indem man dieselben Stoffe unmittelbar zur Herstellung grösserer Baukörper durch Gießen oder Stampfen verwendet. Es mag sogar diese künstliche Erzeugung von steinähnlichen Massen dem Bauen mit den Felsen abgewonnenen Steinen der Zeit nach vorangegangen sein, da das letztere jedenfalls schwieriger ist, die Kenntnis besserer Werkzeuge voraussetzt und vielfach die Bewegung grösserer Einzellasten in sich schließt.

Auf alle Fälle werden daher bei einer Besprechung der Steinkonstruktionen im allgemeinen nicht bloß die Konstruktionen aus einzelnen Stücken, sondern zugleich auch diejenigen Konstruktionen Erwähnung finden müssen, bei welchen aus ursprünglich weichen Massen durch allmähliche Erhärtung steinähnliche Baukörper in grösserer Ausdehnung sich ergeben und die man gewöhnlich als Guss- und Stampfmauerwerke bezeichnet. Bei den Steinkonstruktionen sind also dem Material nach zu unterscheiden:

8.
Verschiedenheit
nach dem
Material.

- a) Konstruktionen aus natürlichen Steinen, und zwar aus solchen,
 - α) die nach einer bestimmten Form genau bearbeitet und von größeren Abmessungen sind (Quader, Haufsteine, Schnittsteine, Werksteine, Werkstücke),
 - β) die regelmässig bearbeitet, aber von kleineren Abmessungen, wenig oder gar nicht bearbeitet sind (Bruchsteine);
- b) Konstruktionen aus künstlichen Steinen;
- c) Konstruktionen aus Guss- oder Stampfmaffen, und
- d) gemischte Konstruktionen, bei denen die Konstruktionen unter a, b und c in den verschiedenen möglichen Zusammenstellungen zur Ausführung von einem und demselben Bauteil Verwendung finden.

9.
Einfluss des
Steinmaterials.

Will man zweckmässig bauen, so muss man die Eigenschaften des Baustoffes berücksichtigen. Es kommt hierbei namentlich der Widerstand gegen die möglichen Beanspruchungen in Betracht. Die Steine leisten gegen Druck einen bedeutenden Widerstand, während ihre Festigkeit gegen Zug und Biegung, sowie ihre Elastizität eine verhältnismässig viel geringere ist. Es müssen demnach die Steinkonstruktionen namentlich auf Verwertung der Druckfestigkeit abzielen. Dadurch wird einerseits die Art ihrer Lagerung im Bau bedingt, andererseits ihre Verwendungsfähigkeit und Verbindungsweise beschränkt.

Die oftmals bedeutende Härte des Steines, die Sprödigkeit und die geringe Festigkeit desselben gegen Zug und Biegung gestatten nicht oder nur ausnahmsweise Verbindungsarten, wie sie für die Holzkonstruktionen kennzeichnend sind, als z. B. Zapfen, Verzahnungen etc. Die verhältnismässige Kürze, in der die meisten Steinstücke nur erlangt werden können, ebenso wie die geringe Elastizität und Biegefestigkeit erlauben es nicht, Steine zu Balken in der Ausdehnung, wie Holz und Eisen zu verwenden. Die Steinbalkendecken der Aegypter, Syrer und Griechen wird man für heutige Verhältnisse nicht mehr brauchbar finden, obgleich andererseits ähnliche Verwendungsweisen, wie zur Herstellung von Treppen, wagrechten Ueberdeckung von Oeffnungen etc. gar nicht zu umgehen und unter Beobachtung der nötigen Vorichtsmaassregeln auch zweckmässig sind.

Wenn auch infolge dieser beschränkteren Verwendungsfähigkeit der Stein gegen Holz und Eisen im Nachteil ist, so bietet doch die fachgemässe Ausnutzung der Druckfestigkeit in den Gewölben ein Mittel, Aehnliches wie mit jenen zu erreichen und sehr grosse Weiten mit Steinkonstruktionen zu überspannen, die den Holz- und Eisenkonstruktionen durch ihre grössere Dauer, bedingt durch die grössere Feuer- und Witterungsbeständigkeit, entschieden voranziehen.

Das grössere Gewicht bei einer durch das Material bedingten gewissen Dicke gibt von Haus aus den reinen Steinkonstruktionen eine grössere Stabilität, als den Konstruktionen von Holz, ebenso denen gegenüber, die aus Eisen hergestellt werden, das zwar viel schwerer ist, aber seiner grossen Festigkeit wegen in möglichst geringen Stärken verwendet werden muss. Es ergibt sich hieraus die im allgemeinen weit grössere Einfachheit der Konstruktionen von Stein gegenüber denen von Holz oder Eisen, deren Stabilität durch Einführung zusammengesetzterer Verbände und Verbindungen, wie sie die Natur dieser Stoffe gestattet, erreicht werden muss. In der vereinigten Ausnutzung der günstigsten Eigenschaften dieser drei Stoffe beruht u. a. die Anwendung der Holz- und Eisenschwerke, bei denen die Felder des aus Holz, bzw. Eisen hergestellten Gerippes mit Mauerwerk ausgefüllt werden.

10.
Verwendung
der Mörtel.

Eine Voraussetzung zu letzterer Verwendungsweise und überhaupt ein grosser Vorteil für die Verwendbarkeit des Steinmaterials ist der Umstand, dass gewisse Stoffe, namentlich die Mörtel, zur Verfügung stehen, die in weit ausgedehnterer

Weise, als dies bei Holz und Eisen der Fall ist, eine Verkittung einzelner Steinstücke zu mehr oder weniger monolithen Massen gestatten und welche selbst mit der Zeit zu steinähnlichen Massen erhärten. Wenn nun auch die Festigkeit dieser Verbindungen der Steine durch die Mörtel oder andere hierher gehörige Bindemittel nicht in allen Fällen sehr bedeutend ist, wenigstens für die Zeit kurz nach der Herstellung, so beruhen die Vorteile derselben doch nicht bloß in der Verkittung, sondern auch noch in anderem, was in Kap. 3 (unter a) zu erörtern sein wird, und es ist infolgedessen die Verwendung der Bindemittel bei allen neueren Steinkonstruktionen eine so allgemeine und ausgedehnte, daß solche im Hochbau nur selten ganz ohne dieselben ausgeführt werden. In Beziehung auf die Verwendung der Mörtel bei Steinkonstruktionen kann man dieselben daher einteilen:

- a) in solche ohne Mörtel;
- b) in solche mit Mörtel, und
- c) in solche, die sehr viel Mörtel enthalten oder ganz aus Mörtel bestehen.

Die Konstruktionen unter a nennt man wohl Trockenmauerwerke, wenn Mauerkörper auf diese Weise hergestellt werden. Es sind hierher aber noch eine Anzahl anderer Konstruktionen (ein Teil der Steintreppen, Dachdeckungen) einzureihen.

Die Konstruktionen unter b bezeichnet man gewöhnlich als Mörtelmauerwerk, wohl auch schlechtweg nur als Mauerwerk, die unter c als Gufs- und Stampfwerk (hauptsächlich kommt hier der Beton in Betracht), wie in Art. 8 angeführt wurde.

Die beiden letzteren Konstruktionsweisen bieten namentlich die Mittel zur Begrenzung von Räumen und Stützung von Lasten. Die Hauptformen dieser Verwendungen sind Mauern und Pfeiler, sowie die Gewölbe.

11.
Anwendung.

Die mannigfaltigen Formen, in denen die Steine gewonnen, zugerichtet und künstlich hergestellt werden können, geben aber noch zu den verschiedensten anderweitigen Benutzungen derselben Veranlassung, namentlich zu Fußboden- und Deckenbildungen. Es sind hierbei anzuführen: Plattenbeläge, Pflasterungen, Mosaik etc.; Ueberdeckungen von Oeffnungen mit Steinbalken und von Balkenfächern mit Platten; die verschiedenen steinernen Dachdeckungen, Wandbehänge und Wandtäfelungen. Die Konstruktionen der Steintreppen nehmen, wie in räumlicher Beziehung, so auch in konstruktiver eine vermittelnde Stellung zwischen Fußboden- und Deckenbildungen ein.

Bei den Mauerwerken treten die Steine am massenhaftesten und selbständigsten auf; sie verdienen daher schon bei einer allgemeinen Besprechung der Steinkonstruktionen besondere Berücksichtigung. Es lassen sich für sie bestimmte Regeln entwickeln, die zum Teile auch für andere Konstruktionen von Stein Gültigkeit haben.

12
Bedingungen
für die
Herstellung.

Wie schon erwähnt, ist eine sehr wichtige Eigenschaft der Mörtel die, daß mit ihnen Steinstücke zusammengekittet werden können. Namentlich kommt dieselbe für Mauerwerke aus kleinen Stücken in Betracht. Diese Verbindung der Steine wird aber erst allmählich, mit zunehmender Erhärtung der Mörtel, fest, und im Anfang sind die durch Mörtel verbundenen Steine oft leicht verschiebbar, ja mitunter noch leichter beweglich, als ohne denselben, da durch diese weiche, halbflüssige Zwischenschicht die Reibung zwischen den Steinen vermindert werden kann. Würde man immer einen plötzlich erhärtenden Mörtel verwenden und würden die Mörtel stets so fest, wie das Steinmaterial, so hätte man es schon von vornherein oder wenigstens nach einiger Zeit mit monolithen Steinmassen zu thun, in denen die Steine unverrückbar

liegen würden, was der Endzweck der Konstruktion ist. Es wäre dann ganz gleichgültig, wie und in welcher Form die Steine neben- und übereinander gelagert sind³⁾. So rasch und nachhaltig erhärtende Mörtel gibt es nun allerdings; man verwendet sie aber aus anderen, hier nicht zu erörternden Rücksichten nur selten. Zur Erzielung möglicher Festigkeit, d. h. hier also möglicher Unverrückbarkeit der einzelnen Steine eines Mauerwerkes, gehören demnach noch andere Mittel, als bloße Verbindung durch den Mörtel, nämlich Rücksichtnahme auf Form und Zueinanderordnung der einzelnen Steine. Ja, bei Feststellung der Regeln, nach denen Form und Aneinanderreihung der Steine im Mauerwerk zu bestimmen sind, spielt der Mörtel gar keine Rolle und kann dabei unberücksichtigt bleiben, weil er in seiner erst weichen Beschaffenheit sich der Gestalt der Steine anschmiegt, weil er ferner anfangs keine eigene Festigkeit besitzt und weil endlich auch Mauerkörper ohne Mörtel herzustellen sind.

^{13.}
Lage der
Fugenflächen.

Die Flächen, in denen sich die Steine im Mauerwerk berühren, heißen Fugenflächen, die Durchdringungen dieser Fugenflächen mit zur Ansicht kommenden Flächen des Mauerwerkes Fugenlinien oder kurzweg Fugen.

Kräfte, die auf ein Mauerwerk wirken, werden in den Fugenflächen von einem Steine auf den benachbarten übertragen; man kann eine solche Kraft als Fugenkraft bezeichnen, und da hier meist nur Drücke zur Wirkung gelangen, insbesondere als Fugendruck. Verschiebungen durch den Fugendruck steht nur die Reibung in den Fugenflächen entgegen, da wir von einer Verkittung durch Mörtel hier absehen. Wäre auch keine Reibung vorhanden, so müßte die Fugenfläche senkrecht zur Richtung des Fugendruckes liegen, wenn ein Gleiten vermieden werden soll. Abweichungen von dieser Lage der Fugenflächen sind daher in ihrer Größe von der vorhandenen Reibung abhängig zu machen. Der Reibungskoeffizient zwischen Stein auf Stein ist 0,6 bis 0,7, der Reibungswinkel 31 bis 35 Grad. Unterschiede zwischen der Richtung des Fugendruckes und der Senkrechten zur Fugenfläche dürfen daher dieses Maß nicht übersteigen. Nimmt man doppelte Sicherheit an, so verringert sich dieser Winkel auf 17 bis 19 Grad. Da die Reibung auch durch Erschütterungen, durch Wasser und sonstige äußere Einflüsse vermindert werden kann, so ist im allgemeinen als theoretisch zweckmäßigste Lage der Fugenfläche diejenige senkrecht zur Richtung des Fugendruckes anzusehen. Abweichungen von dieser Richtung, soweit es die Reibung gestattet, werden nur durch andere Rücksichten gerechtfertigt werden können.

Die Richtung des Fugendruckes in einem Mauerwerk wechselt häufig, z. B. bei einem Gewölbe; es werden demnach auch die Richtungen der Fugenflächen in einem solchen Falle wechseln müssen. Man erhält infolgedessen nicht parallele, sondern konvergierende Schichten des Mauerwerkes. Beruht nun darauf auch z. B. die Haltbarkeit der Gewölbe, und wird man sich bei diesen der schwierigeren und kostspieligeren Mauerung und Herstellung passender Steine nicht entziehen können, so wird man andererseits in vielen Fällen, namentlich wo es sich um lotrechte Mauerkörper handelt, von der strengen Durchführung des vorher erörterten Grundsatzes abzuweichen wünschen müssen, um Erleichterung der Arbeit und Verminderung der Kosten zu erzielen. Man wird deswegen häufig eine parallele

³⁾ Der Beton ist ein in diesem Sinne bereitetes Konstruktionsmaterial; nur auf der Bindung durch den Mörtel beruht seine Festigkeit und Kohäsion, an die man daher nicht höhere Ansprüche stellen darf, als sie der betreffende Mörtel zu leisten vermag.

Schichtung des Mauerwerkes, fenkrecht zu einer mittleren Druckrichtung, vorziehen, weil dann die Steine von parallelen Flächen begrenzt werden können, was die Ausführung erleichtert.

Auch im Hochbau kommt es öfters bei lotrechten Mauerkörpern vor, daß die mittlere Druckrichtung in denselben nicht lotrecht ist, sondern schief im Raume (bei Widerlagsmauern von Gewölben, Strebepfeilern, Futter- und Stützmauern etc.). Infolge der parallelen Schichtung — bei Einführung einer mittleren Druckrichtung — und weil die Mauern in den meisten Fällen lotrechte Begrenzungsebenen erhalten müssen, ergeben sich an diesen spitzwinkeligen Kanten der Steine, die fachliche Bedenken gegen sich haben. Spitzwinkelige Kanten werden leichter abgedrückt; auch werden sie leichter durch die Verwitterung zerstört, als rechtwinkelige oder gar stumpfwinkelige. Die rechtwinkeligen Kanten kann man aber im vorliegenden Falle nur durch wagrechte Schichtung des Mauerwerkes erzielen, welche auch die im Hochbauwesen am meisten angewendete ist. Das, was man hierbei an Festigkeit der Konstruktion infolge größerer Abweichungen von der theoretisch richtigen Lage der Fugenflächen fenkrecht zur Druckrichtung einbüßt, muß durch größere Stärke der Mauer ersetzt werden. Wie man die spitzen Winkel wenigstens an einer Seite der Mauern vermeiden kann, wird später zu erörtern sein⁴⁾.

Die aus den vorher angegebenen praktischen Rücksichten auf die Art des Steinmaterials wünschenswerte parallelepipedische Gestaltung der Steine einer Mauer ist auch diejenige, die sich am leichtesten, einfachsten und billigsten ausführen läßt. Bei den zumeist im Hochbauwesen zur Verwendung kommenden natürlichen Steinarten, den Sedimentärgesteinen, entspricht sie auch gewöhnlich der natürlichen Schichtung und Zerklüftung, sowie der Gewinnungsweise in den Steinbrüchen, während sie bei den künstlichen Steinen die für die Fabrikation bequemste ist.

Die Benennung der Fugenflächen ist je nach ihrer Lage zur Druckrichtung im Mauerwerk eine verschiedene. In der Regel ist nur ein Hauptdruck vorhanden. Die im allgemeinen zur Richtung dieses Hauptdruckes fenkrecht zu legenden Fugenflächen heißen Lagerflächen, die parallel zu denselben liegenden Stofsflächen. Die Durchdringungslinien dieser Steinflächen mit den Begrenzungsflächen des Mauerwerkes heißen Lagerfugen, bzw. Stosfugen. Unter den Stofsflächen werden mitunter diejenigen, welche im Äußereren des Mauerwerkes nicht durch Fugenlinien kenntlich werden, als Zwischenflächen bezeichnet. Es werden dieselben nur in einem Durchschnitte sichtbar. Man nennt dieselben wohl auch gedeckte Fugen im Gegensatz zu den äußerlich sichtbar werdenden offenen Stosfugen.

Der Mauerabschnitt zwischen zwei fortlaufenden Lagerflächen heißt Mauerflicht (Wölbschicht). Durch die Lagerflächen wird der Hauptdruck von einer Schicht auf die benachbarte übertragen; deshalb hat man den Lagerflächen eine der Natur des Steinmaterials entsprechende Größe zu geben. Sie ist mindestens so groß zu machen, daß auch unter den ungünstigsten Verhältnissen der Druck auf die Flächeneinheit die zulässige Beanspruchung nicht übersteigt. Bei Verwendung von künstlichen Steinen hat man die Bestimmung dieser Größe allerdings nicht in der Hand. Die Druckfestigkeit der Steine, quadratische Druckfläche vorausgesetzt, nimmt mit abnehmender Höhe zu; sie nimmt auch noch unter Würfelhöhe

14.
Fugenflächen
und
Mauerflichten.

⁴⁾ Siehe: Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abschnitt 1, A: Wände) dieses Handbuchs.

zu ⁵⁾; daher ist es zweckmässig, die Höhe oder Stärke einer Schicht, die der Höhe einer Stosfläche entspricht, nicht grösser als die kleinste Abmessung der Lagerfläche eines Steines zu nehmen, sondern eher noch geringer.

Die Länge der Lagerfläche hängt von der Biegefestigkeit des Steinmaterials ab. Es kommt diese in Frage, weil beim Mauerwerk selten ganz genaue Arbeit voraussetzen ist und deshalb einzelne Steine hohl zu liegen kommen können. Die Biegefestigkeit der Steine ist bekanntlich sehr gering und daher die Länge der Lagerflächen und mit diesen die Länge der Steine eine entsprechend beschränkte. Unter Berücksichtigung desselben Umstandes darf auch die Stosfläche im Verhältnis zur Lagerfläche nicht zu klein genommen werden. Daraus ergibt sich eine kurze gedrungene Form der Steine als die zweckmässigste, wozu noch der früher besprochene wünschenswerte Parallelismus der gegenüber liegenden Flächen tritt.

15.
Wahl der
Lagerflächen.

Wären alle Steinmaterialien von durch und durch gleichartiger Beschaffenheit, so würden alle Seiten derselben gleich gut im Stoff geeignet sein, als Druck empfangende Lagerflächen zu dienen. Bei den künstlichen Steinen kann diese Eigenschaft vorausgesetzt und auch beschafft werden. Bei den zu Hochbauten zumeist verwendeten natürlichen Steinen, bei den geschichteten Gesteinen, ist diese Eigenschaft infolge der natürlichen Schichtung gewöhnlich aber nicht vorhanden. Es besitzen dieselben senkrecht zur natürlichen Schichtung grössere Druckfestigkeit, als parallel zu derselben. Man hat daher zu Lagerflächen die Bruchlagerflächen zu verwenden.

16.
Grösse der
Steine.

Die Rücksicht auf das innere Gefüge der Steine ist zum Teile auch für die Bestimmung der Grösse derselben massgebend. Da nach den vorhin angegebenen Gründen die natürliche Schichtung immer senkrecht zur Druckrichtung gelegt werden sollte, so ist die dieser Richtung entsprechende Abmessung des Steines, die Höhe oder Dicke desselben, abhängig von der Stärke der Gebirgsschichten, von der Mächtigkeit der Bänke in den Steinbrüchen der Bezugsorte. Länge und Breite der Werkstücke aus natürlichem Stein müssen weiter zu ihrer Höhe in einem angemessenen Verhältnis stehen, das von der Biegefestigkeit des betreffenden Materiales abhängig ist, wie dies schon früher ausgeführt wurde. Im allgemeinen kann man wohl sagen, dass man bei nicht sehr festen Sand- und Kalksteinen das Doppelte, bei festen Sand- und Kalksteinen das Dreifache, bei Marmor das Vierfache, bei Granit und entsprechenden Materialien das Fünffache der Höhe zur Länge nehmen kann. Die Breite wird zwischen der einfachen und doppelten Höhe bemessen, darf aber nicht geringer, als diese sein (von Verblendungen mit Platten natürlich abgesehen). — Bei den künstlichen Steinen ist die Grösse abhängig von der Grenze, bis zu welcher man eine gleichartige und feste Masse erzeugen kann.

Ausser von diesen in der Natur der Materialien begründeten Bedingungen für die Grössebestimmung der Steine ist dieselbe auch noch von der Möglichkeit der Beförderung und von der Art des Verfertzens im Bau abhängig. Beim Verfertzen der Steine mit der Hand müssen die Steine handlich bleiben, dürfen also ein gewisses Gewicht nicht überschreiten, während sonst das grösste zulässige Gewicht von der Leistungsfähigkeit der zur Verfügung stehenden Hebemaschinen abhängig ist.

17.
Steinverband
und Stein-
verbindung.

Aus der Erfahrung hat sich ergeben, dass man bei den im Bauwesen bevorzugten, regelmässig spaltenden Steinen am sichersten, bequemsten und billigsten in

⁵⁾ Siehe: BAUSCHINGER, J. Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der k. polytechnischen Schule in München. Heft VI. München 1876. S. 7.

Schichten mit durchgehenden parallelen Lagerflächen mauert, d. h. indem man eine Anzahl gleich hoher Steine in einer Schicht vereinigt. Bei lotrechten Mauern hält man außerdem noch wagrechte ebene Lagerflächen für zweckmäfsig ⁶⁾. Werden bei Verwendung von Mörteln hierbei noch die Mörtelbänder zwischen den Schichten von durchgehends gleicher Dicke gehalten, so erzielt man dabei noch ein möglichst gleichmäfsiges Setzen, das innerhalb eines Mauerwerkes hauptsächlich durch das Zusammenpressen des Mörtels und das Schwinden desselben verurfacht wird.

Trotz dieser zweckmäfsigen Anordnungen sind infolge von auf das Mauerwerk wirkenden Drücken Verschiebungen einzelner Steine innerhalb desselben möglich. Soweit dies überhaupt angeht, sind diese Verschiebungen auf zweierlei Weise zu verhindern:

a) Durch ein zweckmäfsiges Aneinanderreihen oder Verketteten der Steine innerhalb einer Schicht und zweckmäfsiges Zueinanderordnen der Stofsugen einer Schicht zu denen einer folgenden; es ist dies der Steinverband.

b) Durch Hinzuziehen von Hilfsmitteln, die eine Bewegung einzelner Steine in einer Schicht unabhängig von den benachbarten durch Befestigung der Steine untereinander verhüten sollen. Wir wollen die Arten dieser Befestigungen als Steinverbindungen ⁷⁾ bezeichnen. Es können dieselben auf dreierlei Weise hergestellt werden:

- 1) durch Verbindung mittels der sog. Bindemittel (Mörtel);
- 2) durch besondere Formung der Fugenflächen, und
- 3) durch besondere Hilfsstücke von Stein, Holz und Metall.

Ist nur ein Hauptdruck vorhanden und liegen dabei die Lagerfugen theoretisch richtig, also senkrecht zur Druckrichtung oder innerhalb der zulässigen Abweichung von derselben (z. B. bei lotrechten Mauern mit lotrechter Belastung oder bei richtig konstruierten Gewölben), so reicht man mit dem Steinverband aus. Ebenso, wenn noch zulässige Beanspruchungen (anders gerichtete Drücke oder Zugspannungen) hinzutreten und auf diese im Verband Rücksicht genommen wird. In der Regel wird aber die unter b, 1 angeführte Verbindung durch den Mörtel hinzugezogen, und es wird diese um so wichtiger, je kleinstückiger, weniger gut bearbeitet oder unregelmäfsiger das Material ist. Es wird dieselbe unentbehrlich, wenn man überflüssige Mauerstärken vermeiden will, bei nicht richtiger Lage der Lagerflächen zur Druckrichtung und wenn mögliche zufällige Beanspruchungen im Verbande nicht genügend berücksichtigt sind. Es werden dann häufig noch die unter b, 2 und b, 3 angeführten Verbindungen angewendet. Die blofse Verwendung der Verbindungen ohne einen Verband kommt bei fachgemäfsen Steinkonstruktionen nicht vor, abgesehen natürlich von den schon mehrfach erwähnten Konstruktionen, deren Bestand auf der blofsen Verbindung durch Mörtel beruht oder die ganz aus derartigen Bindemitteln bestehen (Gufs- und Stampfmassen).

Die Verbindungen werden später (in Kap. 3) näher zu erörtern sein; dagegen sollen jetzt schon die allgemeinen Grundsätze für die Steinverbände festgestellt werden.

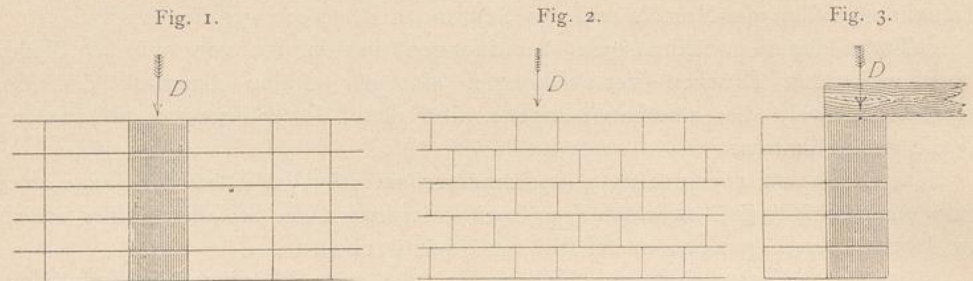
Als Aufgabe des Verbandes war das Verhüten von Verschiebungen einzelner Steine bezeichnet worden. Denken wir uns ein Mauerwerk durch einen einzelnen

18.
Grundsätze
für den
Steinverband.

⁶⁾ Da bei lotrechten Mauern der Hauptdruck meist ebenfalls lotrecht ist, so empfiehlt sich, den Auseinandersetzungen in Art. 13 (S. 13) entsprechend, auch vom theoretischen Standpunkte aus die wagrechte Lage der Lagerflächen.

⁷⁾ Entsprechend der Unterscheidung von Holzverband und Holzverbindung.

Hauptdruck D beansprucht und die Steine in der in Fig. 1 angegebenen Weise angeordnet, also mit in lotrechter Richtung durchgehenden Stofsflächen, so wird von der Mauer nur der schraffierte Teil durch D in Anspruch genommen. Es könnten sich in demselben die Steine unabhängig von den benachbarten bewegen; an einer Bewegung würden sie höchstens durch Reibung in den Stofsflächen gehemmt.



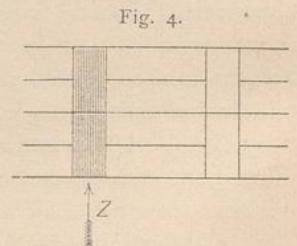
Wir haben keinen Verband. Ordnen wir dagegen die Steine in der in Fig. 2 angenommenen Weise an, so haben wir einen Verband; denn es können nun durch den Druck D nicht mehr blofs einzelne, unmittelbar lotrecht übereinander liegende Steine verrückt werden, sondern an einer etwaigen Verrückung müfste eine ganze Zahl von benachbarten teilnehmen. Es wird hierbei gleichzeitig etwas anderes Wichtiges erreicht: der Einzeldruck D wird auf einen gröfseren Teil der Mauer verteilt, ein einzelner Stein in derselben viel weniger auf Zerdrücken in Anspruch genommen.

Einzellaften kommen bei Hochbauten öfters vor, z. B. bei den einzelnen Balken einer Balkenlage ohne Mauerlatte, bei Tragbalken einer Deckenkonstruktion, bei Bindern der Dachwerke, bei Säulenstellungen etc.

Denken wir uns ferner den Fall, dafs ein vereinzelter Hauptdruck nicht in der ganzen Stärke einer Mauer zur Wirkung gelangt, wie in Fig. 3 (Querschnitt in Richtung der Mauerdicke) angenommen, so wird eine Längsspaltung der Mauer eintreten können, wenn derselben nicht durch einen Verband in Richtung der Stärke der Mauer vorgebeugt wird.

Zu den Hauptdrücken, mögen sie nun gleichmäfsig verteilt oder vereinzelt auftreten, kommen häufig noch zufällige Beanspruchungen hinzu, und zwar:

1) Solche senkrecht zur Richtung des Hauptdruckes und senkrecht zur Ansichtsfläche des Mauerwerkes (Stöfse etc., Z in Fig. 4); gehen dabei die Stofsflächen durch die ganze Mauerdicke hindurch, wie in Fig. 4 (Aufsicht auf eine Lagerfläche) angenommen, so werden die zwischen zwei Stofsflächen gelegenen Steine allein beansprucht und durch die Mauer geschoben werden können, ohne daran durch ihre Nachbarn gehindert zu sein. Dem würde auch durch einen Verband abgeholfen werden können⁸⁾.



2) Kräfte, gleichfalls senkrecht zur Richtung des Hauptdruckes, aber parallel zur Ansichtsfläche des Mauerwerkes, die von örtlichen Senkungen, Erschütterungen etc.

⁸⁾ Es muß hier angeführt werden, dafs man doch, aus Gründen der Ausführung vielfach die Stofsflächen durch die Mauerstärke hindurchlaufen läfst, dafür aber oft Steinverbindungen hinzuzieht.

herrühren und als Druck- oder Zugspannungen auftreten können. Auch in diesen Fällen wirkt ein Verband für den Zusammenhalt eines Mauerwerkes günstig.

Eine Bewegung der Schichten übereinander infolge von so gerichteten Kräften ist dadurch aber noch nicht ausgeschlossen und nur durch Aufgeben der Mauerung in Schichten oder durch Anwendung von Steinverbindungen zu verhüten.

Von den Urfachen, welche Längsspannungen in einem Mauerwerk hervorrufen, muß eine, als bisher zu wenig beachtet und erkannt, hier besonders hervorgehoben werden. Es ist dies die Ausdehnung und Zusammenziehung des Steinmaterials bei Wärmezu- und -abnahme. Es ist diese Veränderlichkeit des Rauminhaltes durchaus nicht unbedeutend, wie aus den unten mitgeteilten Zahlen hervorgeht. (Der Ausdehnungskoeffizient für Sandstein⁹⁾ nähert sich, der für Portland-Zementbeton ist gleich dem von Eisen, und der von Gips ist fogar größer.) Durch dieselbe können bei lang ausgedehnten Mauerwerken Verschiebungen von Steinen und Risse entstehen; desgleichen können dann, wenn die Mauerenden fest gehalten sind, gefährliche Ausbauchungen sich bilden. Es mögen derartige Erscheinungen, für die man sonst keine genügende Ursache nachweisen konnte, oft auf diese Veränderlichkeit der fast allgemein für raumbeständig gehaltenen Stein- und Mörtelmaterialien zurückzuführen sein.

Die umfassendsten Versuche über die Ausdehnung der Mauerwerke durch Wärmeerhöhung, welche dem Verfasser bis jetzt bekannt geworden sind, sind diejenigen *Boussieu's*¹⁰⁾. Als Mittelwerte aus je zwei Versuchen gibt derselbe folgende Ausdehnungskoeffizienten an (lineare Ausdehnung für 1 Grad C.¹¹⁾.

Gufs aus reinem Portland-Zement	0,0000107
Gufs aus Portland-Zementmörtel	0,0000118
(1 Teil Zement, 2 Teile Quarzsand)	
Backsteinmauerwerk in Portland-Zementmörtel	0,0000089
(die Ziegel als Binder verlegt)	
Daselbe (die Ziegel als Läufer verlegt)	0,0000046
Portland-Zementbeton	0,0000143
Kalksteinquader von Ranville	0,0000075
Desgleichen von der Maladrerie bei Caen	0,0000089
Granitquader von Dielette	0,0000079
Marmor	0,0000054
Weißer Gipsgufs	0,0000166

Als Mittel zur Verhinderung der schädlichen Wirkung der Ausdehnung der Steine durch Temperaturerhöhung schlägt *Boussieu* vor, bei lang ausgedehnten Mauerkonstruktionen, wie z. B. Umfassungsmauern, Quaimauern etc., in Zwischenräumen Schlitzte von einigen Millimeter oder Centimeter Breite einzuschalten.

Als eine andere Ursache für das Entstehen von Längsspannungen mag hier noch das infolge der Aufnahme von Feuchtigkeit eintretende Quellen mancher Steinarten, namentlich der thonigen Sandsteine, angeführt werden.

Den Einfluß der Wärme, Nässe und des Frostes auf Mauerwerke aus Sandsteinquadern und Backsteinen, sowie auf Portland-Zementmörtel und Portland-Zementbeton behandelt ausführlich *Debo*¹²⁾. Derselbe weist auch nach, daß die oben mitgeteilten *Boussieu's*chen Zahlen nicht Anspruch auf Zuverlässigkeit machen können und neue, gründlichere Versuche zur Feststellung von Koeffizienten, sowohl für die Ausdehnung der Mauerwerke durch die Wärme, als durch die Nässe erforderlich sind.

⁹⁾ Nach *Adie* ist der lineare Ausdehnungskoeffizient für Sandstein 0,00001174 und nach *Lavoisier* und *Laplace* für weiches geschmiedetes Eisen 0,00001220. (Vergl.: *LUEGER*, O., *Lexikon der gesamten Technik*. Bd. I, S. 587.)

¹⁰⁾ Mitgeteilt in: *Annales des ponts et chauffees* 1863, 1. Sem., S. 178.

¹¹⁾ Des Vergleiches wegen seien aus Teil I, Band 1 dieses »Handbuches«, Art. 163 (S. 184) [2. Aufl. Art. 233, S. 223] die Ausdehnungskoeffizienten für Eisen nach *Heinzerling* (auf 1 Grad C. umgerechnet) wiederholt:

Gufseseisen	0,0000132
Schmiedeeisen	0,0000145
Stahl	0,0000135

¹²⁾ In: *Der Einfluß der Temperatur und der Nässe auf Steine und Mörtel*. Hannover 1897. — Ueber den Einfluß der Luftwärme auf das Verhalten des Mauerwerkes eines Brückenbogens siehe: *Deutsche Bauz.* 1895, S. 486.

Handbuch der Architektur, III, 1. (3. Aufl.)

Aus den gegebenen Beispielen ergibt sich als erster allgemeiner Hauptgrundfatz für die Steinverbände, das in zwei aufeinander folgenden Schichten keine Stofsflächen aufeinander treffen dürfen, sondern gegenseitig versetzt sein müssen, und das ferner auch in der Richtung der Stärke und Länge des Mauerwerkes wo möglich keine Stofsflächen ganz durchlaufen sollten.

Berücksichtigt man weiter, das die Festigkeit eines Verbandes nicht allein von der Anordnung der Stofsugen abhängen kann, sondern auch von der eigenen Festigkeit der einzelnen Steine abhängig sein muß, und das in den Stofsugen, wenn keine künstlichen Verbindungen zwischen den Steinen angewendet sind, irgend welche Festigkeit nicht vorhanden ist, so läßt sich weiter als zweiter Grundfatz für die Steinverbände folgern, das ein Verband um so fester sein wird, je weniger Stofsflächen innerhalb der Ausdehnung dieses Mauerwerkes in eine zur Hauptdruckrichtung parallele Ebene fallen.

19.
Benennung der
Steine und
Schichten.

Diesen Grundfätzen kann man durch Verschiedenheit der Abmessungen der einzelnen Steine oder durch Verwendung verschieden großer Steine und durch verschiedene Lage der gleich oder verschieden großen Steine in den Schichten gerecht werden.

Je nach der Anordnung der Steine in den Schichten erhalten dieselben verschiedene Namen, die für alle Mauermaterialien gültig sind und deshalb gleich hier angeführt werden können.

Diejenigen Steine, welche mit ihrer längsten Seite in der Anichtsfläche des Mauerwerkes oder parallel zu derselben liegen, heißen Läufer. Dagegen nennt man die Steine, welche mit ihrer Länge in das Mauerwerk eingreifen oder tiefer in dasselbe hineinreichen, als die über oder unter ihnen liegenden Steine, dieselben also überbinden, Binder. In demselben Sinne wird auch die Bezeichnung Strecker verwendet, die man mitunter aber auch nur auf Binder bezieht, welche durch die ganze Konstruktionsstärke hindurchreichen. Für diesen Fall werden auch die Namen Durchbinder oder Ankersteine benutzt ¹³⁾.

Schichten, die nur aus Läufern oder nur aus Bindern zusammengefetzt sind oder wenigstens in der Mauerfläche als so zusammengefetzt erscheinen, heißen Läufer-, bzw. Binderschichten.

Die in der Anichtsfläche des Mauerwerkes liegende Fläche des Steines, die also einen Teil der ersteren bildet, nennt man das Haupt oder die Anichtsfläche. Mit dieser Bezeichnung im Zusammenhange steht die Benennung von Verbandmauerwerken, bei denen nur eine oder alle beiden Langseiten zur äußeren Erscheinung gelangen, als einhäuptige und zweihäuptige. In demselben Sinne gebraucht man auch die Benennungen Stirn- und Kopfflächen. Bei den Lagerflächen unterscheidet man das obere und das untere Lager.

Die Längenrichtung der Außenseite einer Mauer nennt man ihre Flucht.

¹³⁾ Da die Bezeichnung »Strecker« auch manchmal für Läufer verwendet wird, so erscheint es zweckmäßig, dieselbe ganz zu vermeiden.

2. Kapitel.

Steinverband.

Aus den Erörterungen des 1. Kapitels ergab sich die kurze, parallelepipedische Gestalt der Steine als die zweckmächtigste zur Herstellung eines regelrechten Steinverbandes. Hält man dann weiter fest, daß es Aufgabe des letzteren ist, die Steine innerhalb einer Schicht sowohl, als auch in Beziehung zu den benachbarten Schichten zweckmächtig zu einander zu ordnen, so leuchtet ein, daß bei einer bloß theoretischen Besprechung der Steinverbände die wirkliche Größe der Stücke nicht in Betracht zu kommen hätte, während das Verhältnis der drei Abmessungen eines parallelepipedischen Stückes zu einander eine große Rolle spielen muß. In der Bauausführung kommt aber die wirkliche Größe der Stücke für den Verband insofern in Betracht, als man bei Herstellung eines Mauerwerkes aus den größeren natürlichen Steinen mit einfacheren Anordnungen in der Regel ausreicht, während bei Anfertigung desselben Mauerwerkes aus kleineren Steinen die Verbandregeln in voller Ausdehnung zur Anwendung gelangen müssen. Ferner ist zu berücksichtigen, daß die größeren Stücke bereits durch ihr Eigengewicht eine gesicherte Lage bekommen, daß bei ihnen schon aus diesem Grunde eine weniger strenge Behandlung des Verbandes zulässiger erscheint, als bei kleinen Steinen, die selbst durch geringe Stöße aus ihrer Lage verrückt werden können. Es folgt hieraus, daß eine Erörterung der Verbände namentlich mit Rücksicht auf die kleinen Steine zu erfolgen hat. Für die Durchführung solcher Erörterungen empfehlen sich namentlich die künstlichen Steine, da für diese die Abmessungen und die Verhältnisse derselben untereinander ein für allemal festgestellt werden können, und zwar mit Rücksicht auf Ermöglichung eines regelrechten Verbandes, während für die natürlichen Steine die Abmessungen bei jedem Bau innerhalb gewisser, durch die Verhältnisse der Steinbrüche gegebenen Grenzen an den meisten Orten beliebig bestimmt werden.

Aus den angeführten Gründen scheint es zweckmäßig, an dem Verfahren früherer Lehrbücher festzuhalten und die Steinverbände zunächst für die noch immer am häufigsten verwendeten Backsteine zu besprechen.

a) Steinverbände für Mauerwerke aus Backsteinen.

Um einen regelrechten Mauerverband herstellen zu können, ist es notwendig, daß man die Backsteine nach allen drei zu einander senkrechten Richtungen aneinander schieben kann, ohne daß sich irgend welche störende Vorsprünge ergeben. Dies ist möglich, wenn im allgemeinen die Länge l des Steines gleich ist der doppelten Breite b und die Breite gleich der doppelten Dicke h , wenn also zwischen den Abmessungen die Proportion

$$h : b : l = 1 : 2 : 4$$

besteht. Auch bei sorgfältiger Herstellung sind aber kleine Maßunterschiede zwischen den Steinen eines und desselben Brandes, ebenso wie kleine Unebenheiten gewöhnlich nicht zu vermeiden; ferner müssen die Backsteine mit einem Mörtel vermauert werden, so daß also zwischen den einzelnen Steinen ein Zwischenraum, die Fugendicke (6 bis 15 mm), die wir mit f bezeichnen wollen, sich ergibt, was bei der Bemessung der Steine zu berücksichtigen ist. Aus Fig. 5 u. 6, worin die Lagen,

20.
Allgemeines21.
Abmessungen
der
Backsteine.

in welchen die Mauersteine zu einander gelegt werden können, dargestellt sind, ergeben sich dann folgende Beziehungen:

$$l = 2b + f = 4h + 3f;$$

$$b = 2h + f = \frac{l - f}{2};$$

$$h = \frac{b - f}{2} = \frac{l - 3f}{4}.$$

Das Format der Backsteine ist durch diese Beziehungen genau bestimmt, wenn man eine immer einzuhaltende Fugendicke und eine der drei Abmessungen feststellt. Zu letzterer eignet sich am besten die Dicke h der Steine, weil diese ein gewisses Mafß nicht überschreiten darf, sobald die Steine beim Brennen eine durchweg gute Beschaffenheit erhalten sollen. Der »Deutsche Verein für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaren, Kalk und Zement« hat ¹⁴⁾ als größtes Mafß in dieser Beziehung 65 mm bezeichnet. Nimmt man eine Fugendicke von 10 mm an, so ergeben sich dann nach obigen Formeln für diese Dicke die Mafße

$$h = 65 \text{ mm}, \quad b = 140 \text{ mm} \quad \text{und} \quad l = 290 \text{ mm}.$$

Es sind dies die Mafße des neuen österreichischen Normal-Ziegelformates ¹⁵⁾.

Dieses österreichische Format ist also in Rücksicht auf den Verband ein theoretisch ganz richtiges, erscheint aber aus hier nicht weiter zu erörternden Gründen als ziemlich groß. Im Gebiete des ehemaligen Norddeutschen Bundes hielt man ein kleineres Format für zweckmäßiger und bestimmte daselbe zu

$$h = 65 \text{ mm}, \quad b = 120 \text{ mm} \quad \text{und} \quad l = 250 \text{ mm},$$

unter Zugrundelegung einer Stofsugendicke von 10 mm. Die Mehrzahl der deutschen Regierungen hat dieses deutsche Normal-Ziegelformat ¹⁶⁾ für die Staatsbauten vorgeschrieben; auch hat es sich im Privatbau sehr viel Eingang verschafft, obgleich immer noch andere Formate (ein kleineres teilweise in Norddeutschland, ein größeres in Bayern) angewendet werden.

Bei diesem deutschen Normal-Ziegelformat ist die Länge gleich der Summe von doppelter Breite und einer Fugenstärke, während die zu diesem Format nach obigen Formeln zugehörige Steindicke anstatt 65 mm nur 55 mm betragen dürfte.

Diese Unrichtigkeit des Formates macht sich geltend, wenn die sog. Rollschichten mit Flachschichten in Verband treten sollen. Unter einer Rollschicht versteht man eine solche Schicht, deren Höhe gleich der Ziegelbreite ist und bei welcher die Steine mit ihrer Länge senkrecht zur Mauerflucht liegen (Fig. 7). Flachschichten sind dagegen solche Schichten, in denen die Steine auf einer Breitseite, und zwar als Läufer oder Binder, liegen. Der Formatfehler zeigt sich darin, daß zwei flach übereinander gelegte Steine mit einer Lagerfuge zwischen sich die Rollschicht um 20 mm überragen müssen, was namentlich im Backsteinrohbau unangenehm werden kann, in welchem bei der Bildung von Sockelmauern und Gefimfen häufig der Fall eintritt, daß Rollschichten mit Flachschichten in Verband zu treten haben.

¹⁴⁾ In der Generalversammlung zu Berlin am 8. u. 9. Februar 1869.

¹⁵⁾ Beschluß des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins 1874.

¹⁶⁾ Zuerst vorgeschlagen vom erwähnten »Deutschen Verein für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaren etc.«.

Fig. 5.

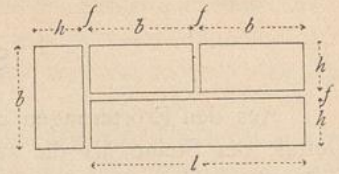


Fig. 6.

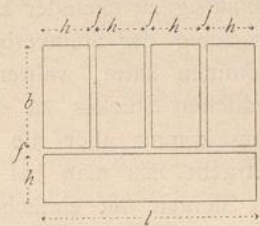
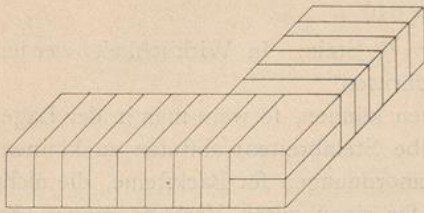


Fig. 7.



Man hat aber die sich so ergebenden Uebelstände anderen Gründen gegenüber nicht erheblich genug erachtet, um das Format anders festzusetzen¹⁷⁾.

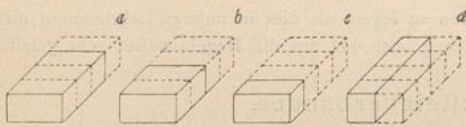
Bei Mauerwerk aus Flachschichten ist keine Notwendigkeit vorhanden, die Dicke der Lagerfugen gleich jener der Stosfugen zu halten. Für die gewöhnlichen Mauersteine (ordinäre Backsteine) ist eine Lagerfuge von

10 mm Dicke etwas wenig; nimmt man dieselbe zu ca. 12 mm an, so erreicht man den Vorteil, daß auf 1 m Höhe eine bestimmte Anzahl von Schichten, nämlich 13 solcher kommen¹⁸⁾.

Um regelrechte Verbände bilden zu können, genügen die ganzen Steine nicht allein; sondern es sind noch Stücke derselben notwendig, die durch Halbteilung und Viertelung gebildet werden. Die Bezeichnung für diese Steinteile ist in den einzelnen Gegenden Deutschlands etwas verschieden. Es soll hier die folgende Bezeichnungsweise, welche als die am wenigsten zu Verwechslungen Anlaß gebende erscheint, festgehalten werden:

1) ein Stück von der vollen Steinbreite und drei Viertel der Länge = Drei-
quartier (Dreiviertelstein, Fig. 8 a);

Fig. 8.



2) ein Stück von der vollen Stein-
breite und zwei Viertel der Länge =
Zwei-
quartier (halber Stein, Fig. 8 b);

3) ein Stück von der vollen Stein-
breite und ein Viertel der Länge = Quar-
tier (Ein-
quartier, Fig. 8 c¹⁹⁾;

4) ein Stück von der ganzen Seitenlänge und halber Breite = Längs-
quartier (langes Quartier, Riemchen, Riemstück, Riemenstein, Fig. 8 d²⁰⁾.

Diese Stücke müssen leider gewöhnlich durch Behauen und Spalten der ganzen Steine hergestellt werden, wodurch sich viel Bruch ergibt; außerdem leidet hierbei durch die starken Erschütterungen die Festigkeit des Materiales. Die Maschinensteine lassen sich häufig gar nicht in regelmässige Stücke zerfchlagen. Deswegen wäre es zweckmässig, wenn die Ziegeleien solche Teilstücke, wenigstens Drei-
quartiere, geformt auf Lager halten würden.

Um nicht unnützen Verhau zu bekommen, macht man die Mauerstärken immer als ein Vielfaches der Steinbreiten und benennt sie dem entsprechend. Man spricht von $\frac{1}{2}$ Stein, 1 Stein, $1\frac{1}{2}$ Stein, 2 Stein etc. starken Mauern.

Unter Zugrundelegung des deutschen Normal-Ziegelformates und einer Dicke der Zwischenfugen von 10 mm ergeben sich dann folgende Mauerstärken:

$\frac{1}{2}$ Stein starke Mauer	=	120 mm	dick,
1 » » »	=	250 »	»
$1\frac{1}{2}$ » » »	=	380 »	»

¹⁷⁾ Genaueres über Feststellung eines guten Backsteinformates und über die Bestimmung des deutschen Normalformates siehe in: Deutsche Bauz. 1869, S. 146, 257, 269, 287.

¹⁸⁾ Ueber die daraus sich ergebende einfache Massenberechnung siehe: Deutsche Bauz. 1869, S. 630.

¹⁹⁾ Die Bezeichnung Quartier wird auch für kleinere Stücke verwendet.

²⁰⁾ Ein Längsquartier wird häufig auch Kopfstück benannt; doch dürfte es zweckmässig sein, diese Bezeichnung zu vermeiden, da dieselbe auch für die Zwei-
quartiere zur Verwendung kommt.

$$\begin{aligned} 2 \text{ Stein starke Mauer} &= 510 \text{ mm dick,} \\ 2\frac{1}{2} \text{ » } &= 640 \text{ » } \end{aligned}$$

etc., also stets eine Zunahme von 130 mm für $\frac{1}{2}$ Stein. In Wirklichkeit werden diese Mauerstärken allerdings gewöhnlich überschritten.

Würde man geformte Dreiquartiere beziehen können, so wäre man in der Lage, die Mauerstärken auch um $\frac{1}{4}$ Steinlängen (halbe Steinbreiten) abstufen zu können.

23.
Regeln für den
Verband.

Es gibt eine ziemliche Zahl von Verbandanordnungen für Backsteine, die nicht alle gleichen Wert besitzen. Als Hauptregeln für einen guten Verband mögen die folgenden angeführt werden; sie entsprechen teils den theoretischen Erörterungen des 1. Kapitels; teils sind sie fachlichen Rücksichten entsprungen:

1) Stosfugen dürfen in aufeinander folgenden Schichten sich nur kreuzen, aber nie aufeinander treffen; es muß immer eine Ueberbindung der Steine von mindestens $\frac{1}{4}$ Steinlänge ($\frac{1}{2}$ Steinbreite) stattfinden. Ein Verband wird im allgemeinen um so besser sein, je weniger Stosfugen einer Mauer in eine lotrechte Ebene fallen.

2) Im Inneren der Mauer sind wo möglich nur Binder zu verwenden, damit der Tiefe nach eine Ueberbindung der Steine um $\frac{1}{2}$ Steinlänge (1 Steinbreite) sich ergibt.

3) Eine Mauer muß möglichst viele ganze Steine enthalten; Steinteile dürfen nur zur Einrichtung der Verbandordnung Verwendung finden.

Die Lehre von den Steinverbänden ist am meisten in Deutschland ausgebildet worden; in England und Frankreich finden sich zwar dieselben Verbände; man scheint aber in diesen Ländern nicht denselben Wert auf eine theoretisch richtige Durchbildung derselben zu legen, als dies in unseren Lehrbüchern meist geschieht. In der Anwendung werden aber häufig genug auch bei uns die Regeln außer acht gelassen.

1) Arten des Backsteinverbandes.

24.
Äußere
Erscheinung.

Wenn auch die Anwendung der verschiedenen Verbände zum Teile von der Mauerstärke abhängig ist und bei Verwendung eines und desselben Verbandes für verschiedene Mauerstärken sich besondere Regeln aufstellen lassen, so bieten dieselben doch schon in der äußeren Ansicht der mit ihnen hergestellten Mauern kennzeichnende Eigentümlichkeiten, die in der verschiedenen Anordnung der Binder und Läufer in den Schichten und in der Anordnung der Schichten zu einander zum Ausdruck kommen. Hiernach sollen die verschiedenen Verbände zunächst übersichtlich zusammengeestellt werden.

Eine massive Mauer zeigt äußerlich:

α) Nur Läufer in allen Schichten (Fig. 9²¹) — Schornsteinverband; derselbe wird nur bei $\frac{1}{2}$ Stein starken Mauern verwendet; man könnte ihn auch Läuferverband nennen.

β) Nur Binderköpfe in allen Schichten (Fig. 10). Es wird dieser Verband mitunter Kopfverband oder Streckerverband genannt; da aber die Bezeichnungen Kopf und Strecker (siehe Art. 19 u. 22) in verschiedenem Sinne verwendet werden, so ist es vielleicht besser, den Namen Binderverband zu gebrauchen.

γ) Wechsel von Läufer- und Binderschichten:

\mathcal{X}) regelmäßiger Wechsel in allen Schichten:

α) die Läufer immer lotrecht übereinander (Fig. 11) — Blockverband;

²¹) Sämtliche Backsteinverbände sind im Maßstabe 1 m = 3 cm dargestellt.



b) die Läufer in einer Schicht um die andere um $\frac{1}{2}$ Steinlänge verschoben (Fig. 12) — Kreuzverband;

β) auf 1 Binderfchicht 2, 3 oder mehr Läuferfchichten folgend (Fig. 13) —

englischer Verband. Nach *Rankine* wird der in Fig. 13 dargestellte Verband, bei dem auf 1 Binderfchicht 2 Läuferfchichten folgen, in England für gewöhnliche Fälle als der beste gehalten.

δ) Läufer und Binder in allen Schichten (Fig. 14) — polnifcher oder gotifcher Verband (in England flämifcher Verband genannt).

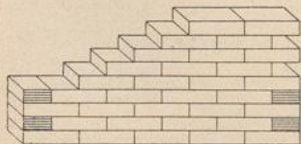
ε) Binderfchichten wechfeln mit Schichten, in welchen Läufer und Binder vorkommen (Fig. 15) — holländifcher Verband.

Bei allen diesen Verbänden liegen die Steine fenkrecht zur Mauerflucht. Für fehr starke Mauern würde noch ein Verband hier anzuführen fein, der äußerlich das Block- oder Kreuzverbandmuster zeigt, im Innern aber sich kreuzende Schräglagen von Steinen aufweist. Es ift dies der fog. Strom- oder Festungsverband. Außerdem ift der figurirte Verband zu erwähnen, deffen Anordnung fehr verfchieden fein kann und mehr mit Rückficht auf Zierwirkung, als richtige Konftruktion getroffen wird.

Wir gehen nun zur Befprechung der einzelnen Verbände für verfchiedene Mauerftärken und der lotrechten Endigungen der Mauern über.

Beim Läufer- oder Schornfteilverband ergibt die Steinbreite die Mauerdicke, und der regelrechte Verband ift einfach durch Verfchiebung der Steine in einer Schicht um die andere um $\frac{1}{2}$ Steinlänge zu erzielen. In jeder Schicht find nur Läufer vorhanden, die einander um das größtmögliche Stück, nämlich um $\frac{1}{2}$ Steinlänge überbinden. Die lotrechte Endigung der Mauer befchafft man in einfachfter Weife durch Anordnung von Zweiquartieren an einem Ende derfelben, und wenn die Länge der Mauer einer Anzahl von ganzen Steinlängen entfpricht, an den beiden Enden in der zweiten, vierten, fechften etc. Schicht

Fig. 16.



25.
Läuferverband.

(Fig. 16). Durch die Zweiquartiere wird der Verband eingerichtet. Ist die Länge der Mauer gleich einer Anzahl ganzer Steine zuzüglich $\frac{1}{2}$ Stein, so kommen die Zweiquartiere an den Enden in verschiedene Schichten zu liegen, während bei Mauerlängen, die eine Anzahl ganzer Steine zuzüglich $\frac{1}{4}$ oder $\frac{3}{4}$ Steinlänge messen, zur Endigung derselben auf einer Seite abwechselnd Quartiere und Dreiquartiere erforderlich werden.

Die unvollendete Endigung der Mauer auf der rechten Seite in Fig. 16 nennt man eine Verzahnung, die auf der linken Seite eine Abtreppung.

26.
Binderverband.

Fig. 18 zeigt die Anwendung des Binderverbandes auf eine 1 Stein starke Mauer, die üblichste Anwendung desselben. Alle Stosfugen laufen durch die Mauer hindurch, die nur aus ganzen Steinen gebildet wird, die aber alle nur um $\frac{1}{4}$ Steinlänge sich überbinden, worin die Schwäche dieses Verbandes liegt. Auf der linken Seite der Figur sind Abtreppung und Verzahnung ersichtlich, während die rechte Seite den lotrechten Abchluss der Mauer zeigt, und zwar mit Zuhilfenahme von 2 als Läufer angeordneten Dreiquartieren in einer Schicht um die andere. Es ist diese Anordnung von Dreiquartieren jedenfalls besser, als die Verwendung der zerbrech-

Fig. 17.

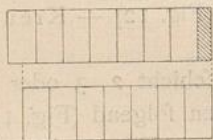


Fig. 18.

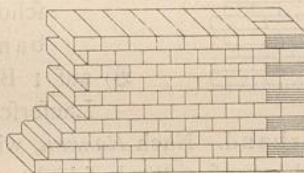
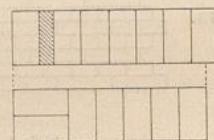


Fig. 19.



lichen Längsquartiere zu demselben Zwecke, die auf zweierlei Weise erfolgen kann, wie Fig. 17 u. 19 ausweisen. Die Längsquartiere werden entweder an das Ende jeder Schicht gelegt, wo aber diese langen und schmalen Stücke leicht aus der Mauer herausgestoßen werden können, oder sie werden besser hinter die ersten Binder gelegt, wobei dann in der folgenden Schicht zwei ganze Steine als Läufer erforderlich werden. Die Längsquartiere werden von den Maurern gern durch kleine Bruchstücke ersetzt, was zu Ungunsten derselben hier noch anzuführen ist. Da nun außerdem die Anwendung der Dreiquartiere, als der größeren Stücke, der Benutzung der Längsquartiere auf Grund der allgemeinen Gefetze für die Verbände vorzuziehen ist, so soll künftighin von der letzteren nur noch ausnahmsweise die Rede sein.

Für Zwecke des Festungsbaues kommt vorschrittmäßig der Binderverband auch bei stärkeren Mauern hie und da zur Anwendung (Fig. 20), jedenfalls in dem Gedanken, daß eine Mauer dem feindlichen Feuer größeren und längeren Widerstand entgegenzusetzen werde, wenn die Front aus möglichst viel großen Stücken zusammengesetzt ist, daß die einzelnen

Fig. 20.



Steine dem auftreffenden Geschoß besser die kurze Seite, als die lange bieten und daß bei einer solchen Anordnung, infolge der kurzen Ueberbindung der Steine nach der Seite hin, die Wirkung des Schusses auf möglichst kurze Strecken eingeschränkt werde. Will man diese Vorteile ganz erreichen, so dürfen in der Front zur Herstellung des Verbandes mit dem Inneren der Mauer nur Dreiquartiere zur Verwendung gelangen (Fig. 21), aber nicht Zweiquartiere (Fig. 22), wie dies in Verkennung der der Vorschrift zu Grunde liegenden Absicht mitunter geschehen soll²³⁾.

Steine dem auftreffenden Geschoß besser die kurze Seite, als die lange bieten und daß bei einer solchen Anordnung, infolge der kurzen Ueberbindung der Steine nach der Seite hin, die Wirkung des Schusses auf möglichst kurze Strecken eingeschränkt werde. Will man diese Vorteile ganz erreichen, so dürfen in der Front zur Herstellung des Verbandes mit dem Inneren

Fig. 21.



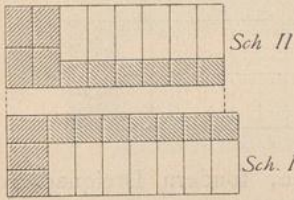
Fig. 22.



²³⁾ Siehe: HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1872, S. 131.

Auf die Verwendung dieses Verbandes zur Verblendung von Mauern kommen wir im nächst folgenden Hefte (Abt. III, Abfchn. 1, A) dieses »Handbuches« zu sprechen. Er ist für den Backsteinrohbau von besonderer Wichtigkeit. Doch verdient dieser Verband wegen seiner Einfachheit und Bequemlichkeit auch sonst in geeigneten Fällen, namentlich bei im Ziegelbau ungeübten Maurern, öftere Verwendung.

Fig. 23.



Stärkere als 1 Stein dicke Mauern (für den gewöhnlichen Hochbau) können allerdings nur mit Hilfe von Zweiquartieren (als Beispiel ist der Verband für eine $1\frac{1}{2}$ Stein starke Mauer in Fig. 23 beigefügt) hergestellt werden, die entweder durch Halbeilung der ganzen Steine oder durch besondere Bestellung in den Ziegeleien zu beschaffen sind. In dieser Notwendigkeit, halbe Steine verwenden zu müssen, liegt der Grund dafür, warum dieser Verband für stärkere

Mauern nicht oft zur Verwendung gelangt. Es liegt sehr nahe, zwei nebeneinander liegende halbe Steine durch einen ganzen zu ersetzen, und man wird so ganz von selbst auf den Block- und den Kreuzverband geführt, die sich nur äußerlich vom Binderverband unterscheiden.

Der Blockverband kann für die verschiedensten Mauerstärken verwendet werden. Es folgt bei ihm auf eine Binderschicht immer eine Läuferföcht, deren Stofsfugen gegen die der ersteren um $\frac{1}{4}$ Steinlänge verschoben sind. Die Stofsfugen der

27.
Blockverband.

Fig. 24.

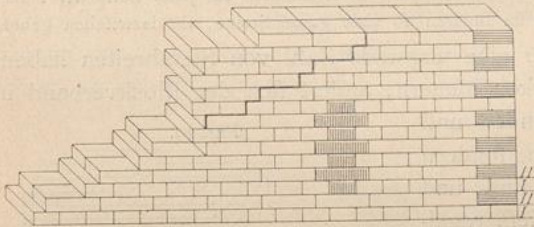
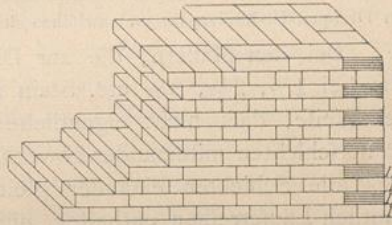


Fig. 25.



Läuferföchten liegen lotrecht übereinander. In Fig. 24 ist eine 1 Stein starke Mauer im Blockverband dargestellt, links mit Abtreppung und Verzahnung, rechts mit der lotrechten Endigung.

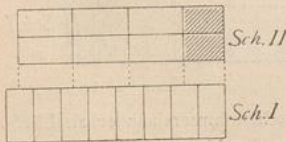
Die Abtreppung zeigt ungleich breite Stufen, wechselnd in den Breiten von $\frac{1}{4}$ Stein und $\frac{3}{4}$ Stein. Die Verzahnung weist gleichmäßig $\frac{1}{4}$ Stein tiefe Lücken auf.

Die lotrechte Endigung ist durch Einlegen von 2 Dreiquartieren an den Enden der Läuferföchten erzielt (Fig. 27). Das Ansichtsmuster ist schraffiert angegeben (Fig. 24). Die lotrechte Endigung kann auch durch Einlegen von Längsquartieren hinter den ersten Bindern der Binderschichten hergestellt werden (Fig. 26); indessen ist die Verwendung von Dreiquartieren aus den früher angegebenen Gründen vorzuziehen.

Fig. 26.



Fig. 27.



Bei der 2 Stein starken Mauer (Fig. 25 u. 28) sind beide Aufsenseiten gleich denen der 1 Stein starken Mauer gebildet. In den Binderschichten liegen zwei Reihen Binder hintereinander und bilden so die Mauerdicke; die Stofsfugen der Binder treffen aufeinander; sie gehen in einer Linie durch die Mauer hindurch: sie schneiden sich. In den Läuferföchten liegen nur Läufer an den Aufsenseiten der Mauer; der Zwischenraum zwischen denselben wird durch eine Reihe Binder ausgefüllt, die so gelegt

find, daß die im Mauerhaupt sichtbar werden- den Stosfugen auch in dieser Schicht durch die Mauer hindurchgehen und die Binder dieser Schicht gegen die der vorhergehenden um $\frac{1}{4}$ Steinlänge verschoben sind.

Die lotrechte Endigung der Mauer wird so hergestellt, daß in den Läufer-schichten vier Drei-quartiere hintereinander liegen, in dieser Weise die Mauerdicke ergeben und den Ver-band einrichten. In den Binderschichten sind die beiden ersten Binder jeder Seite nicht ganze Steine, sondern Drei-quartiere, zwischen denen dann ein ganzer Stein den Rest der Mauerdicke ausfüllt, so daß auch an dieser Stelle keine Stosfuge lotrecht durch mehrere Schichten durchgeht.

In ganz ähnlicher Weise gestaltet sich der Blockverband für die 3 Stein, 4 Stein etc. starken Mauern oder für alle diejenigen, deren Dicke einer Anzahl von ganzen Steinen oder einer geraden Anzahl von Steinbreiten entspricht. Alle in den Außen-seiten sichtbaren Stosfugen gehen durch die Mauer hindurch; in den Binderschichten liegen so viele Binder hintereinander, als die Mauerdicke verlangt, und im Inneren der Läufer-schichten ebenso viele Binder weniger einem. Die lotrechte Mauerendigung wird dadurch erzielt, daß am Ende der Läufer-schichten so viele Drei-quartiere, als die Mauerdicke Steinbreiten enthält, hinter-einander als Läufer zu liegen kommen und an den Enden der Binderschichten auf jeder Seite der Mauer ein Drei-quartier-Binderpaar und zwischen diesen im Inneren so viele ganze Steine, als dazwischen gehen.

Bei den Mauern, die zur Dicke eine ungerade Zahl von Steinbreiten haben, also bei $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$ etc. Stein starken Mauern, ändert sich der Blockverband in der Weise, daß nicht eigentliche Binder- und Läufer-schichten miteinander abwechseln, sondern daß alle Schichten einander gleich sind und sämtlich Läuferreihen enthalten, nur diese regel-mäßig abwechselnd auf entgegengesetzten Seiten der Mauer. Bloß die in den Läuferreihen sichtbar werdenden Stosfugen gehen durch die ganze Mauerdicke hindurch. Es schneiden sich also nicht alle Fugen. Fig. 29 gibt als Beispiel eine $1\frac{1}{2}$ Stein starke Mauer.

Ganz ebenso werden die stärkeren Mauern gebildet, nur daß einer Läuferbreite genügend viele hintereinander liegende Binderreihen hinzuzufügen sind.

Die lotrechte Endigung der $1\frac{1}{2}$ Stein starken Mauer ist in Fig. 31 dargestellt. In der Schicht I geben zwei hintereinander liegende Drei-quartier-Binderpaare die Mauerstärke, in der Schicht II drei als Läufer hintereinander liegende Drei-quartiere.

Fig. 28.

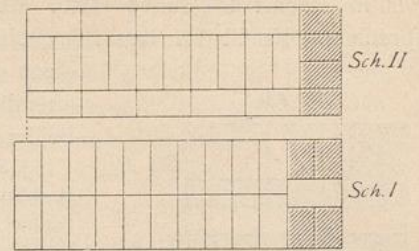


Fig. 29.

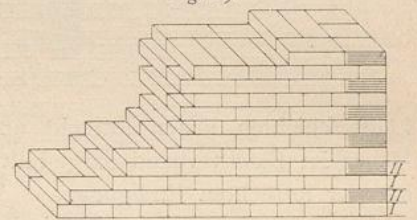
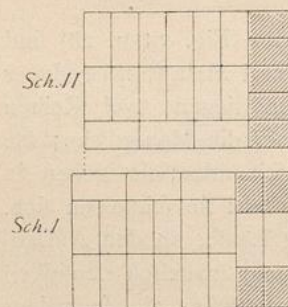
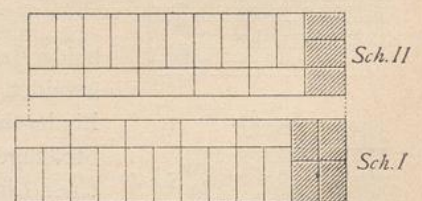


Fig. 30.



Ganz ähnlich ist es bei den stärkeren Mauern, wie das Beispiel einer $2\frac{1}{2}$ Stein starken Mauer (Fig. 30) zeigt. In den Schichten I treten zwischen die Drei-quartier-Binderpaare ge-nügend viele Binderpaare von ganzen Steinen; die Schichten II zeigen dagegen so viele Drei-quar-tiere, als die Mauer Steinbreiten zur Dicke hat, hintereinander als Läufer. Es gelten also für die lotrechte Endigung der Mauern von einer Dicke,

Fig. 31.



die einer ungeraden Zahl von Steinbreiten entspricht, genau dieselben Regeln wie für Mauern, die eine gerade Zahl von Steinbreiten zur Dicke haben.

Hat man geformte Dreiquartiere zur Verfügung, so lassen sich mit deren Hilfe, wie schon früher angeführt worden, auch $1\frac{1}{4}$, $1\frac{3}{4}$ Stein starke Mauern herstellen.



Fig. 32.

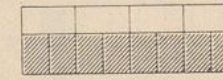


Fig. 33.



Fig. 34.

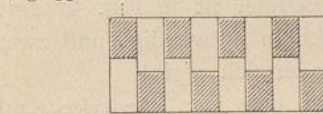
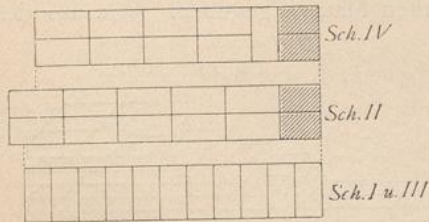


Fig. 35.



Neben stehend werden in Fig. 32 und 33²³⁾ zwei dergleichen Beispiele gegeben; die Mauerenden lassen sich für diese Mauerstärken nicht ganz regelrecht herstellen.

Beim Kreuzverband wechseln, wie beim Blockverband, regelmäßig Läuferfichten und Binderfichten miteinander ab, deren Stosfugen gegenseitig um $\frac{1}{4}$ Steinlängen verschoben sind; außerdem sind aber die Läuferreihen abwechselnd um $\frac{1}{2}$ Steinlänge gegeneinander verschoben, so daß die Stosfugen einer Läuferreihe auf die Mitten der Läufer der nächst darauf folgenden und nächst darunter liegenden Läuferficht treffen (siehe die 1 Stein starke Mauer in Fig. 34 u. 35). Es wird dies erreicht durch Einschaltung eines Binders bei der 1 Stein starken Mauer vor dem Ende der vierten Schicht (natürlich einer Läuferficht). Zur Anlage des Kreuzverbandes einer 1 Stein starken Mauer sind also immer drei verschiedene Schichten notwendig; die Binderfichten I und III sind immer einander gleich; die Läuferfichten II und IV wechseln regelmäßig miteinander ab. Sonst ist die Anlage der Schichten und der Endabschluss, wie beim Blockverband.

Als äußere Merkmale des Kreuzverbandes ergeben sich die abgeforderten Kreuze des Verbandmusters (durch Schraffierung in Fig. 34 angedeutet), ferner die gleichmäßige Abtreppung (beim Blockverband in ungleichen Stufen) und doppelt abgestufte Lücken in der Verzahnung (beim Blockverband einfach abgestufte Lücken). Die Abtreppung läßt sich so viele Male nach beiden Richtungen in der Maueransicht zeichnen, als ganze Läufer in einer Schicht liegen.

Auch bei den stärkeren Mauern, deren Dicke einer geraden Anzahl von Steinbreiten entspricht, ist die Verbandanlage der ersten drei Schichten genau wie beim Blockverband; nur jede vierte Schicht zeigt die Einschaltung von Zweiquartieren in den Läuferreihen vor den am Ende liegenden Dreiquartieren, um das Kreuzverbandmuster herzustellen. Als Beispiel sind in Fig. 36 die zur Herstellung einer 2 Stein starken Mauer notwendigen Schichten gegeben.

Etwas anders ist es bei den Mauern, die in ihrer Dicke eine ungerade Anzahl von Steinbreiten enthalten. Bei diesen sind nur die ersten beiden Schichten gleich denen des Blockverbandes; die beiden folgenden enthalten in den Läuferreihen ein Zweiquartier vor den Dreiquartieren am Ende der Mauer. Dann beginnt die Schichten-

28.
Kreuzverband.

²³⁾ Nach: GOTTGETREU, R. Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen. I. Teil. Berlin 1880. S. 48.

Fig. 36.

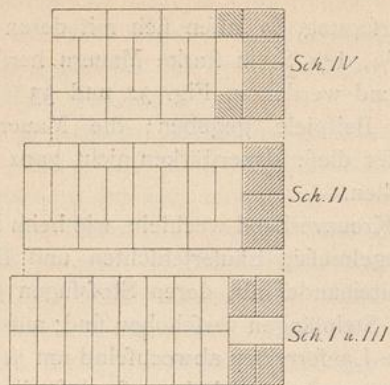
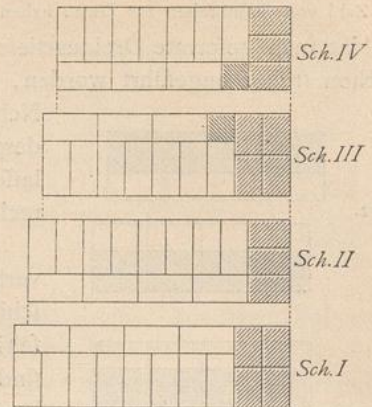


Fig. 37.

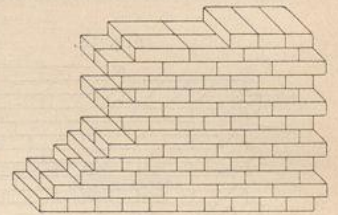


folge von neuem. Es sind also in diesen Fällen (als Beispiel ist in Fig. 37 eine $1\frac{1}{2}$ Stein starke Mauer gegeben) vier verschiedene Schichten notwendig, und zwar damit das Kreuzverbandmuster auf beiden Seiten der Mauer sich ergibt.

29.
Englischer
Verband.

Nach *Rankine* besteht der englische Verband darin, dass man wiederkehrend ganz aus Läufern oder Bindern zusammengesetzte Schichten legt. Er begreift also den Block- und Kreuzverband von 1 Stein starken Mauern in sich, bei welchen der Wechsel regelmäßig in allen Schichten erfolgt. Manchmal kommt er aber auch so vor, dass auf eine Binderschicht mehrere Läuferfichten folgen. Fig. 38 zeigt eine 1 Stein starke Mauer, bei welcher nach einer Binderschicht zwei Läuferfichten kommen. Es lässt dieses Beispiel, wie alle ähnlichen, eine Abweichung von der bei allen regelrechten Ziegelverbänden zu befolgenden Regel erkennen, dass in übereinander liegenden Schichten keine Stosfugen aufeinander fallen dürfen. Hier treffen die gedeckten Stosfugen der Läuferfichten in der ganzen Länge der Mauer aufeinander.

Fig. 38.



30.
Polnischer
Verband.

Der polnische oder gotische Verband kennzeichnet sich dadurch, dass in allen Schichten Läufer und Binder im Mauerhaupt sichtbar werden. In Fig. 39 u. 40 sind Beispiele von 1 Stein und $1\frac{1}{2}$ Stein starken Mauern gegeben. Wie aus den-

Fig. 39.

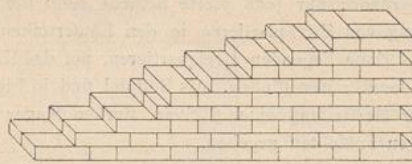
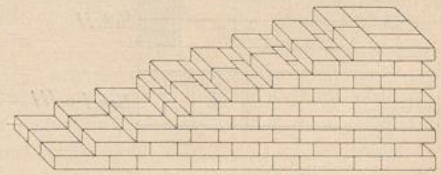


Fig. 40.



selben hervorgeht, leidet dieser Verband an demselben Fehler, wie der eben vorher beschriebene englische. Es treffen nämlich die gedeckten Stosfugen in den übereinander liegenden Schichten, hier allerdings nur teilweise, dafür aber in der ganzen Höhe der Mauer durchgehend, aufeinander. Bei der $1\frac{1}{2}$ Stein starken Mauer kommt noch hinzu, dass die Binder aus zwei hintereinander liegenden Dreiquartieren

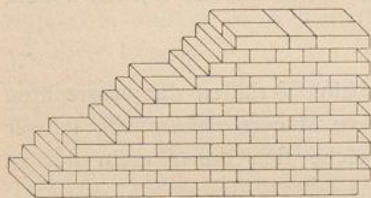
beftehen, die also die unter ihnen liegenden Läufer nur um $\frac{1}{4}$ Steinlänge überbinden, während beim Block- und Kreuzverband der Tiefe der Mauer nach immer um $\frac{1}{2}$ Steinlänge überbunden wird. Die Verwendung von so vielen Dreiquartieren widerspricht zudem dem Grundsätze, das möglichst viele ganze Steine zum Mauerverband benutzt werden sollen. Hat man nicht geformte Dreiquartiere, so wird durch den starken Verhau die Ausführung auch kostspielig. Man sieht hiernach, das dieser Verband für massive Backsteinmauern nicht empfohlen werden kann; dagegen wird sich später ergeben, das er bei Verblendungen und hohlen Mauern recht wohl verwendbar ist. Er wird dann aber häufig dahin verändert, das zwischen die Binder mehrere Läufer gelegt werden.

In England, wo dieser Verband, wie angedeutet, den Namen flämischer Verband führt, wird er des hübschen Musters wegen häufig zur Anwendung gebracht.

Die Verzahnung ist bei diesem Verband dieselbe, wie beim Kreuzverband, nämlich gleichmäßig mit $\frac{1}{4}$ Stein tiefen Lücken; die Abtreppung ist ebenfalls gleichmäßig, aber mit $\frac{3}{4}$ Stein breiten Stufen.

Beim holländischen Verband wechseln Binderschichten mit Schichten ab, in welchen Läufer und Binder zur Ansicht kommen. Dadurch wird der Fehler des polnischen Verbandes (Aufeinandertreffen von Stoßfugen) vermieden, wie dies die in Fig. 41 dargestellte 1 Stein starke Mauer zeigt. Bei der $1\frac{1}{2}$ Stein starken Mauer wird aber hier der Verbrauch an Dreiquartieren noch bedeutender, als beim polnischen Verband.

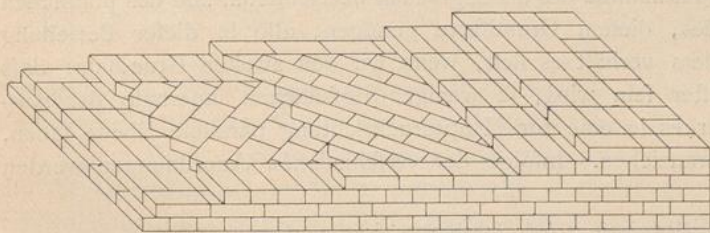
Fig. 41.



Die Verzahnung ist gleichmäßig mit einfachen, $\frac{1}{4}$ Stein tiefen Lücken; die Abtreppung zeigt den regelmäßigen wiederkehrenden Wechsel von drei aufeinander folgenden, $\frac{1}{4}$ Stein breiten Stufen mit einer $\frac{3}{4}$ Stein breiten.

Der fog. Strom- oder Festungsverband ist nur für sehr starke Mauern anwendbar, wie deren im eigentlichen Hochbau, außer bei Gründungen, selten vorkommen. Er gelangt besonders beim Wasser- und Festungsbau zur Verwendung, auch für Stützmauern, und ist in dem Bestreben erfunden worden, eine möglichst große Verwechslung oder verschiedenartige Lage der Stoßfugen innerhalb des Mauerkörpers zu erhalten. Zu diesem Zwecke hat man auf zwei gewöhnliche Schichten des Kreuz- oder Blockverbandes mehrere Schichten von sich kreuzenden Schräglagen (Strom-

Fig. 42.



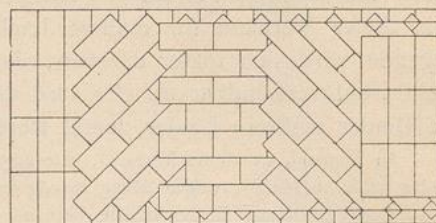
Schichten stattfindet (Fig. 42). Die Schräglagen bilden mit den Mauerfluchten Winkel von 45 Grad oder besser 60 Grad; äußerlich sind sie mit dem Block- oder Kreuzverband zugehörigen Steinreihen verkleidet. Der Anschluß an die letzteren erfolgt mit spitzwinkligen Stücken, die wohl zweckmäßigerweise als Formsteine (nach Heusinger v. Waldegg Klampziegel oder Spitzsteine genannt) bezogen werden.

31.
Holländischer
Verband.

32.
Stromverband.

Für abgetreppte Grundmauern in diesem Verbande kann man der Verkleidungsschichten und der Vollendung der Schrägschichten mit Formsteinen entbehren. Es folgt auf eine gerade Schicht nur eine Schrägschicht (Fig. 43), dann wieder eine gerade Schicht und auf diese eine Schrägschicht in einer der ersten entgegengesetzten Richtung. Die geraden Schichten werden immer um eine halbe Steinlänge schmaler²⁴⁾. Sie können abwechselnd aus lauter Bindern oder aus lauter Läufern zusammengesetzt werden.

Fig. 43.



33-
Figurierter
Verband.

Die figurierten Verbände werden gewählt, um mit ihnen Wandflächen zu verzieren. Es kann dies entweder so geschehen, daß man:

α) die beschriebenen oder annähernd nach den Regeln derselben gebildeten Verbände nach ihrem Muster oder sich aus denselben ergebenden Motiven in verschiedenfarbigen Steinen ausführt, oder daß man

β) beliebige neue Muster erfindet, deren Fugenlinien zierend wirken sollen, oder daß man

γ) beide Verfahren verbindet.

Die Ausführungsweisen unter β geben häufig beim Verlassen der wagrechten Schichtung Anordnungen, die sich, sobald man stärkere Mauern haben will, schwer mit einer Hintermauerung verbinden lassen, und welche sich daher mehr nur zu schwachen Ausmauerungen von Fachwerken eignen.

Zu den in figurierten Verbänden ausgeführten Mauern gehören auch die durchbrochenen.

Da die figurierten Verbände sich in außerordentlicher Mannigfaltigkeit bilden lassen und dieselben mehr dem Gebiete der Formenlehre angehören, so würde hier das Vorführen von Beispielen nicht angebracht sein. Es dürfte genügen, unten²⁵⁾ auf einige hauptsächlich in Betracht kommende Werke zu verweisen.

34-
Vergleich der
verschiedenen
Verbände.

Vergleichen wir die Verbände mit Rücksicht auf den im 1. Kapitel aufgestellten ersten Hauptgrundsatz für alle Steinverbände: daß nämlich in zwei aufeinander folgenden Schichten keine Stoßflächen aufeinander treffen dürfen, so ergibt sich, daß alle Verbände, mit Ausnahme des als englischen bezeichneten und des polnischen oder gotischen Verbandes, diesem Grundsatze genügen, also in dieser Beziehung gleichwertig sind. Anders verhält es sich, wenn wir den zweiten Grundsatz: daß ein Verband um so fester sein wird, je weniger Stoßflächen innerhalb der Ausdehnung eines Mauerwerkes in eine zur Hauptdruckrichtung parallele Ebene fallen, mit zum Vergleiche heranziehen. Infolge der verschiedenen Anordnungen werden

²⁴⁾ Siehe: MÜLLER, H. Die Maurerkunst. 3. Aufl. Leipzig 1879. S. 87.

²⁵⁾ FLEISCHINGER, A. F. & W. A. BECKER. Systematische Darstellung der im Gebiete der Landbaukunst vorkommenden Constructions etc. Abt. I: Die Mauerwerks- oder Stein-Constructions. Berlin 1859.

ADLER, F. Mittelalterliche Backsteinbauwerke des preussischen Staates. Berlin 1859.

GRÜNER, L. *Terracotta architecture of North Italy (12.-16. cent.)*. London 1867.

DEGEN, L. Der Ziegelrohbau. München 1859-65.

BETHKE, H. Decorativer Ziegelbau ohne Mörtelputz. Stuttgart 1877.

CHABAT, P. *La brique et la terre cuite*. Paris 1881.

LACROUX, J. *La brique ordinaire*. Paris 1883-84.

GOTTLÖB, F. Formenlehre der norddeutschen Backsteingothik. Leipzig 1900.

sich die Verbände für die verschiedenen möglichen Druckrichtungen verschieden schätzen lassen. Die Hauptdruckrichtungen können entweder in eine zur Mauerflucht parallele oder in eine zu derselben rechtwinkelige, auf den Lagerfugenflächen senkrecht stehende Ebene fallen. Fälle, bei denen die Drücke in schräg zur Mauerichtung stehenden Ebenen liegen, lassen sich durch Kräftezerlegung auf jene beiden anderen Fälle zurückführen. Da wir hier nur die gewöhnliche wagrechte Lagerung der Schichten in Betracht ziehen wollen, so sind jene Druckrichtungsebenen lotrechte. Die lotrechte Richtung des Druckes gehört beiden Druckrichtungsebenen gemeinschaftlich an; sie hat uns daher zunächst zu beschäftigen.

Aus der Betrachtung der Verbände ergibt sich, daß für die lotrechte Druckrichtung der vorteilhafteste Verband der Strom- oder Festungsverband und nach diesem der Kreuzverband sein muß, weil bei diesen die Lage der Stofsugen am meisten wechselt. Der erstere kann bei Hochbauten zu selten angewendet werden, so daß also für diesen Fall der Kreuzverband obenan steht. Ihm würde der englische Verband gleich kommen, wenn er nicht den schon besprochenen, hier gerade sehr wesentlichen Fehler hätte.

Drücke, die in der Längen- oder Querrichtung auf ein Mauerwerk wirken, werden die Zugfestigkeit der Schichten in Anspruch nehmen. Diese ist um so größer, je weniger Stofsugen die Druckrichtung durchschneidet, d. h. je mehr Steine mit ihrer Länge in der Druckrichtung liegen. Für Drücke in der Längenrichtung wird demnach als der ungünstigste Verband der Binderverband zu bezeichnen sein. Blockverband und Kreuzverband haben gleich viele Läufer in der Längenrichtung, werden also als gleich fest angesehen werden müssen. Betrachten wir indes diese beiden Verbände etwas näher, und zwar in Beziehung auf die Gestaltung der möglichen Trennungsfächen, so erweist sich für diesen Fall der Druckrichtung der Blockverband etwas günstiger, weil infolge der ihm eigentümlichen ungleichförmigen Ab-

Fig. 44.

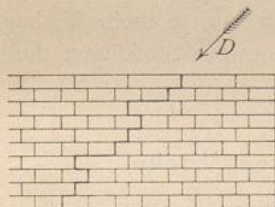
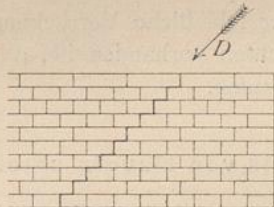


Fig. 45.



treppung die Trennungsfäche verhältnismäßig mehr Ausdehnung erhält, als beim Kreuzverband mit seiner gleichförmigen Abtreppung (siehe Fig. 44 u. 45). Vorausgesetzt wird hierbei natürlich immer, daß der Ziegel fester, als die Mörtelfuge ist, wie ja

überhaupt bei der Feststellung einer vergleichsweise besten Verbandanordnung die Verbindung durch den Mörtel nicht zu berücksichtigen ist.

Einem Drucke, dessen Richtungsebene senkrecht zur Mauerrichtung steht, der also die Querfestigkeit der Mauer beansprucht, wird dagegen der Binderverband den meisten Widerstand entgegenzusetzen. Blockverband und Kreuzverband sind für diesen

Fig. 46.



Fall ganz gleichwertig, weil der Mauerquerschnitt bei beiden ganz gleich gestaltet ist (siehe Fig. 46, Querschnitt einer 2 Stein starken Mauer in Block- oder Kreuzverband). Beide stehen auch dem Binderverband nicht viel nach, und bei stärkeren Mauern wird dieser Unterschied verschwindend klein, weil bei ihnen das Innere der Mauer ja auch, wie beim Binderverband, aus lauter Bindern besteht.

Nach Rankine²⁶⁾ sollte die Anzahl von Läufer- und Binderfchichten von der bezüglichen Wichtigkeit der Längen- oder Querfestigkeit abhängen. Nach ihm ist das Verhältnis von einer Binderfchicht auf je zwei Läuferfchichten dasjenige, welches der Mauer gleiche Zugfestigkeit in der Längen-, wie in der Querrichtung verleiht und welches sonach in gewöhnlichen Fällen als das beste angesehen werden kann. Er sagt weiter: »Bei einer Fabrikese ist Festigkeit in der Längenrichtung, welche einer Kraft, die den Schornstein zu spalten strebt, widersteht, von größerer Wichtigkeit, als wie die Festigkeit in der Querrichtung; deshalb ist es bei solchen Bauten rätlich, verhältnismäßig mehr Läufer, also drei bis vier Läuferfchichten auf eine Binderfchicht anzuwenden.«

Jedenfalls wird bei einem derartigen Verband die Abweichung vom ersten Hauptgrundfatz für alle Verbände sehr groß. Weiter ist zu berücksichtigen, daß die lotrechte Druckrichtung schon durch das Eigengewicht des Materials, außerdem aber durch Gebälke und deren Belastungen, die bei weitem häufigste ist und diese nicht bloß einen Verband in der Längenrichtung, sondern auch in der Querrichtung verlangt. Es wird daher für die gewöhnlichen Fälle dem Kreuzverband ein Vorzug gewahrt bleiben müssen. Der Vorzug des Kreuzverbandes vor dem Blockverband wird übrigens nur bei schwächeren Mauern entschieden zum Ausdruck gelangen, da bei stärkeren Mauern der Unterschied zwischen beiden Verbänden nur in den $\frac{1}{2}$ Stein breiten Läuferreihen vorhanden ist, also nicht stark in das Gewicht fallen kann.

Lotrechten Drücken auf eine Mauer gleich zu achten sind Beanspruchungen derselben, die infolge von ungleichen Senkungen des Fundamentes zu stande kommen.

Drücke in der Längenrichtung der Mauer ergeben sich im Hochbau meist durch Ueberwölben von Oeffnungen in derselben, Drücke in der Querrichtung durch gegen dieselbe gespannte Gewölbe und Bogen, für welche besonderen Fälle sich der Blockverband, bezw. der Binderverband als die günstigsten Verbände herausstellten; der Kreuzverband steht ihnen aber auch hier nicht viel nach. Da aber diese Beanspruchungen in der Regel zusammen mit der in lotrechter Richtung auftreten und für diesen häufigsten Fall der Kreuzverband der günstigste ist, so erscheint der Vorzug, der demselben in der Regel vor den übrigen eingeräumt wird, als begründet.

Auf die Mauern können unter Umständen auch Drücke in wagrechter Richtung oder parallel den Lagerfugenflächen einwirken. Da diese immer durchgehen, so sind für diesen Fall alle Verbände gleichwertig. Treten solche Drücke vereinzelt auf, so werden um so weniger schädliche Verrückungen eintreten, je mehr Verband innerhalb der einzelnen Schichten vorhanden ist, d. h. je weniger Stofsfugen durch die ganze Schicht hindurch laufen.

2) Zusammenstofs von Mauern unter rechtem Winkel.

35.
Arten
des
Zusammen-
stosses.

Geschlossene Räume ergeben sich durch den Zusammenstofs von Mauern. Dieser erfolgt meist unter rechtem Winkel und kann in der Weise stattfinden, daß zwei Mauern entweder eine Ecke bilden oder daß eine Mauer auf die Flucht einer andern trifft oder daß sie sich durchkreuzen. Alle diese Fälle lassen sich auf die schon besprochene Herstellung der lotrechten Endigung einer Mauer zurückführen²⁷⁾, nur daß hier der Abschluß der einzelnen Schichten abwechselnd in der einen und der anderen Mauer aufzufuchen ist. Es sollen die einzelnen Fälle für die verschiedenen Mauerstärken für sich behandelt werden, aber nur für den Block- und den Kreuzverband und nur für Verwendung von Drei Quartiern zur Herstellung des Schichtenabschlusses.

²⁶⁾ In: Handbuch der Bauingenieurkunst. Deutsch von F. KREUTER. Wien 1880. S. 431.

²⁷⁾ Siehe Art. 25—28 (S. 23—27).

Befolgt man bei der Anlage von ganzen Mauerystemen die Regel, eine in derselben Höhe durchlaufende Schicht in den parallel laufenden Mauern nur als Binderschicht oder nur als Läuferfchicht auszuführen, so ergibt sich daraus, dafs an einer Ecke eine Binderschicht mit einer Läuferfchicht zusammentreffen mufs. Es gilt dies auch für Mauerstärken, die einer ungeraden Zahl von Steinbreiten entsprechen, wenn man nur durchgängig die Bezeichnung Läufer- oder Binderschicht von derselben Seite der Mauer ableitet. Die Herstellung des Eckverbandes erfolgt dann in der Weise, dafs man immer die Läuferfchicht bis zur anderen Mauerflucht

36.
Mauecke.

Fig. 47.



Fig. 48.

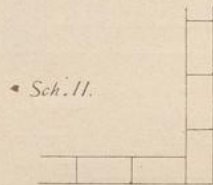


Fig. 49.

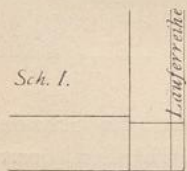


Fig. 50.

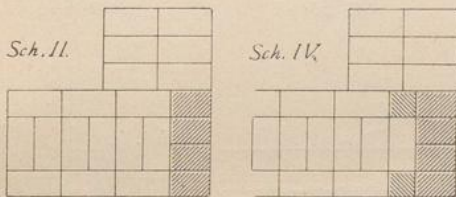
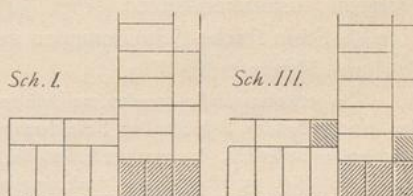
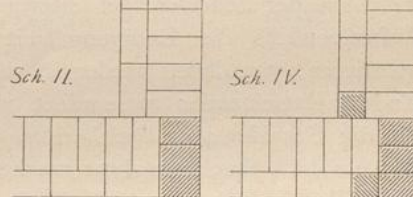


Fig. 51.



durchlaufen läßt (siehe das Schema in Fig. 47) und dort nach den Regeln abschließt, wie sie für die lotrechte Endigung der Mauern gegeben worden sind, d. h. dort so viele Dreiquartiere als Läufer nebeneinander legt, als die betreffende Mauer Steinbreiten zur Dicke hat; diese erscheinen dann als Binder in der anderen Mauerflucht. Eine Ausnahme macht nur die Ecke von $1\frac{1}{2}$ Stein starken Mauern, bei welcher die Schichten durch ganze Steine geschlossen werden, der fog. Schornsteinverband (siehe Fig. 48). Als Beispiele mögen obenstehend dienen: die rechtwinkelige Ecke von zwei 1 Stein starken (Fig. 49), 2 Stein starken (Fig. 50), $1\frac{1}{2}$ Stein

starken (Fig. 51) Mauern, sowie die Ecke, gebildet von einer $1\frac{1}{2}$ Stein starken und einer 2 Stein starken Mauer (Fig. 52). In diesen Beispielen sind die Schichten *I* und *II* zur Herstellung des Blockverbandes, die Schichten *I* bis *IV* zur Herstellung des Kreuzverbandes auf allen Seiten erforderlich. Aus diesen Abbildungen ist ersichtlich, daß immer die innere Flucht der Läuferfchicht der einen Mauer als Stosfuge durch die andere Mauer hindurchgeht, und daß die der inneren Ecke (dem Winkel) zunächst liegende durchgehende Stosfuge der Läuferfchicht um $\frac{1}{4}$ Stein vom Winkel entfernt liegt (siehe das Schema in Fig. 47).

37.
Anschluß einer
Mauer an eine
andere.

Der zweite Fall, daß eine Mauer rechtwinkelig auf die Flucht einer anderen trifft, kommt gewöhnlich beim Anstoß von Scheidewauern an eine Umfassungs- oder Mittelmauer vor. Wir wollen die erstere daher kurzweg Scheidewauer nennen. Es gelten hier ähnliche Regeln, wie bei der rechtwinkelligen Ecke. Man läßt die Läuferfchicht der einen Mauer (der Scheidewauer) bis zur äußeren Flucht der anderen (der Hauptmauer) hindurchlaufen, bezw. diese mit der inneren Flucht am Ende der Scheidewauern vorübergehen (siehe das Schema in Fig. 53). Nur die Läuferfchichten der Scheidewauer erfordern am Zusammenstoß die Endigung mit Drei-
quartieren, von denen wieder so viele am Ende nebeneinander angeordnet werden, als die Scheidewauer Steinbreiten in der Dicke zählt. Eine Ausnahme machen hier die Fälle, in denen zwei $\frac{1}{2}$ Stein starke Mauern zusammenstoßen (Fig. 54) oder eine $\frac{1}{2}$ Stein starke Scheidewauer auf eine stärkere Mauer trifft (Fig. 55).

Im ersteren Falle werden zu beiden Seiten der durchgehenden Schicht der Scheidewauer Drei-
quartiere erforderlich. Im zweiten Falle (die stärkere Mauer in Fig. 55 ist 1 Stein stark angenommen) müssen in der durchgehenden Schicht der $\frac{1}{2}$ Stein starken Scheidewauer zwei Drei-
quartiere als Läufer hintereinander gelegt werden. In allen anderen Fällen gilt die angegebene Regel, zu der noch kommt, daß die den Winkeln zunächst liegenden durchgehenden Stosfugen der durchlaufenden Schichten gegen die Fluchten der stumpf anstoßenden Schicht um $\frac{1}{4}$ Steinlänge verschoben sind. Die Beispiele in Fig. 56 bis 59 verdeutlichen dies. Die Schichten *I* und *II* genügen zur Herstellung des Blockverbandes, während die Schichten *I* bis *IV* zur Herstellung des Kreuzverbandes notwendig sind.

38.
Durchkreuzung
von Mauern.

Auch für den dritten Fall: der rechtwinkelligen Durchkreuzung von Mauern, sind ähnliche Regeln maßgebend. Man läßt die Läuferfchichten ungestört durch die andere Mauer hindurchgehen und hat nur darauf acht zu geben, daß die den Winkeln zunächst befindlichen durchgehenden Stosfugen derselben um $\frac{1}{4}$ Stein-

Fig. 52.

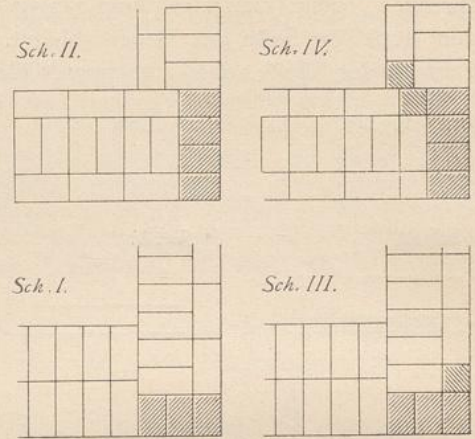


Fig. 53.



Fig. 54.

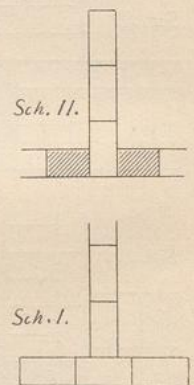


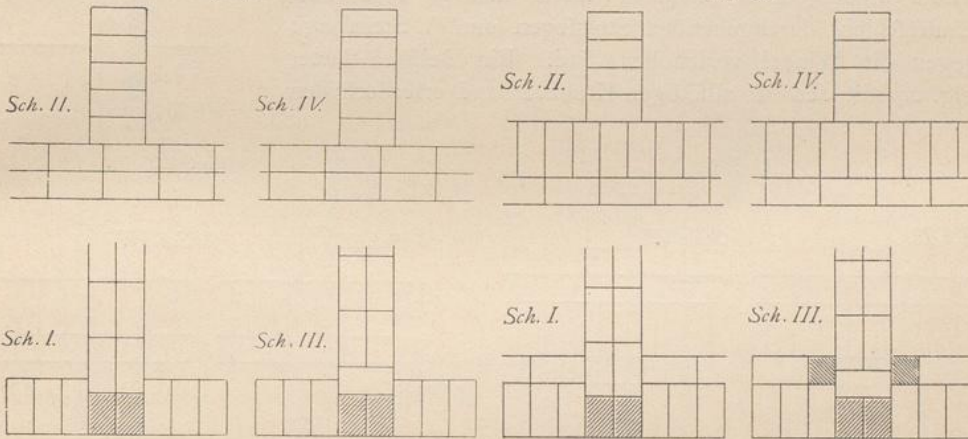
Fig. 55.



länge von den Winkeln entfernt liegen (siehe das Schema in Fig. 60). Fig. 61 bietet ein regelrechtes Beispiel hierfür. Nur in denjenigen Fällen, in denen eine

Fig. 56.

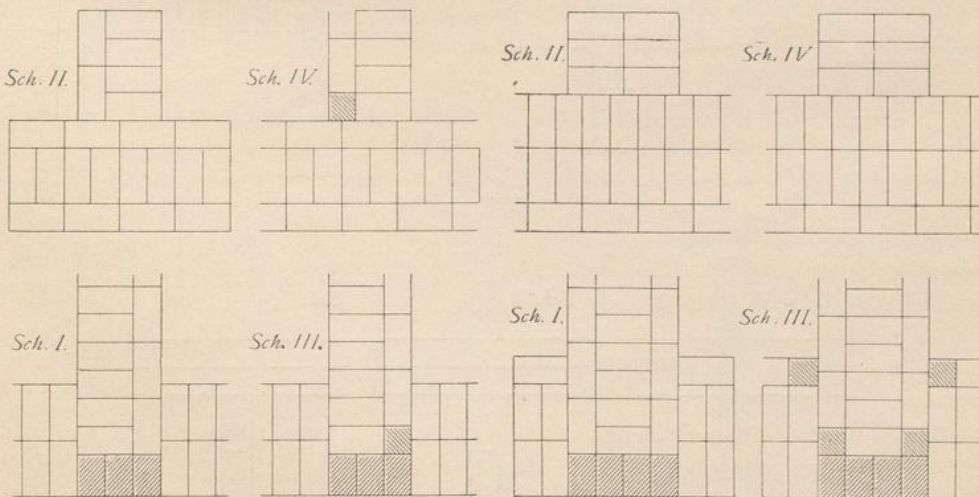
Fig. 57.



$\frac{1}{2}$ Stein starke Mauer eine gleich starke oder eine stärkere durchkreuzt, sind Abweichungen in der Verbandanlage der $\frac{1}{2}$ Stein starken Mauern notwendig. Es müssen Dreiquartiere angeordnet werden, um den regelrechten Stofsugenwechsel der

Fig. 58.

Fig. 59.



übereinander folgenden Schichten herbeizuführen (Fig. 62 u. 63). Für den Blockverband braucht man nur die Schichten I und II, für den allseitigen Kreuzverband die Schichten I bis IV.

Bei der Durchkreuzung von Mauern tritt häufig der Fall ein, daß sich über den Kreuzungspunkt hinaus die Mauerstärken verändern. Hierbei sind die für den Anschluß von Scheidemauern und für die Durchkreuzung vorgeführten Regeln zusammen zu verwenden. Man läßt die Läuferfichten durchgehen und schließt sie da, wo sie nicht weiter laufen können, mit Dreiquartieren ab. Auch ist immer wieder darauf genau zu achten, daß die durch eine Läuferficht durchgehenden Stosfugen um $\frac{1}{4}$ Steinlänge gegen die Winkel verschoben sind. Ein Beispiel bietet Fig. 64 mit den für allseitigen Kreuzverband erforderlichen

Fig. 60.

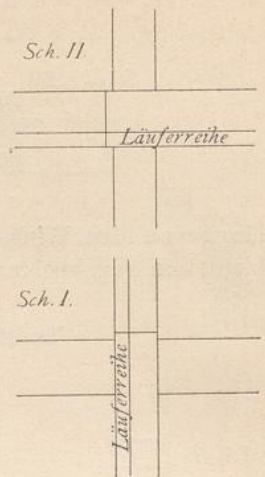


Fig. 61.

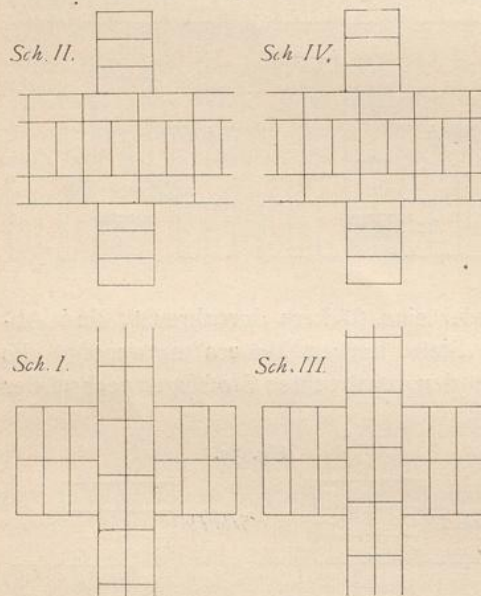


Fig. 62.

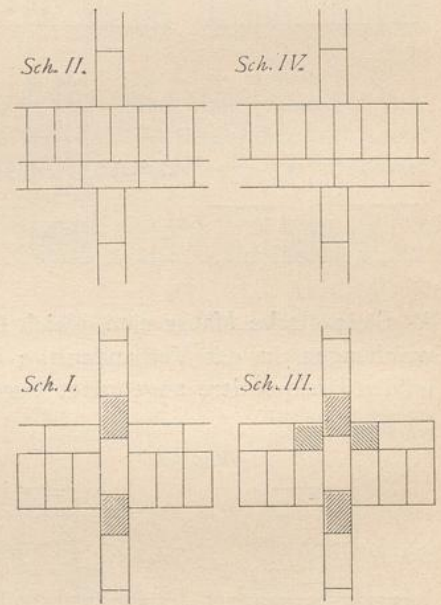


Fig. 63.

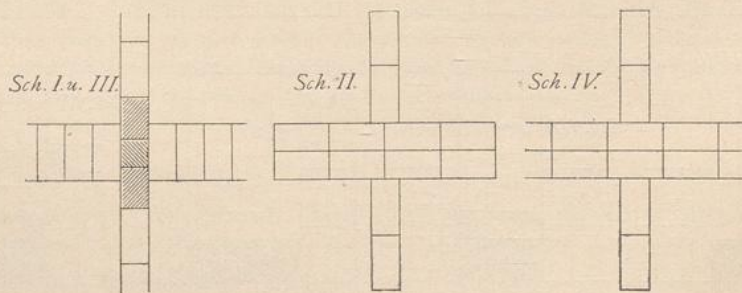
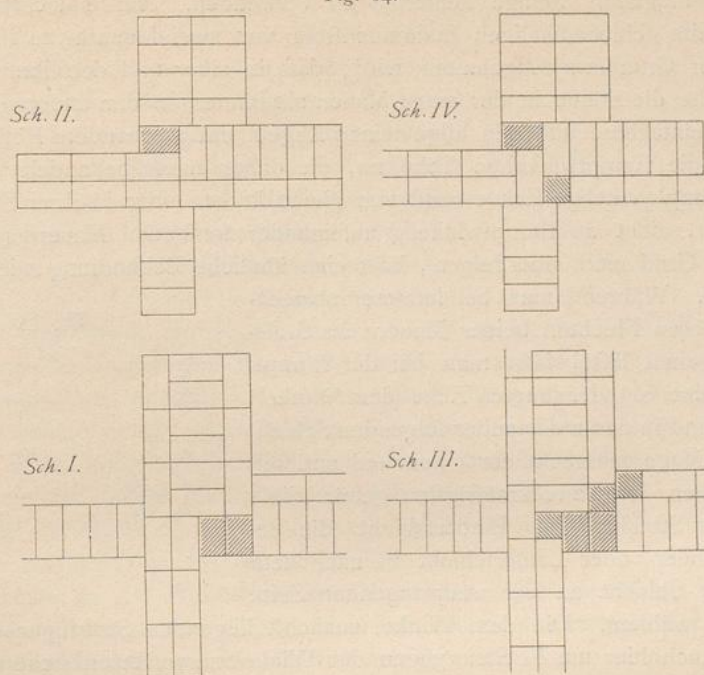


Fig. 64.



vier Schichten. Die richtige Anordnung der Dreiquartiere ist bei derartigen zusammengefügteren Fällen die Hauptfache.

3) Zusammenstoß von Mauern unter schiefen Winkeln.

In den Gebäuden kommt häufig der Fall vor, daß zwei oder mehrere Mauern unter schiefen Winkeln zusammenstoßen. Handelt es sich dabei nur um zwei Mauern, so können diese wieder entweder eine Ecke bilden oder sich aneinander anschließen oder sich durchkreuzen. Für diese Fälle gelten natürlich auch die allgemeinen Regeln für alle Backsteinverbände, insbesondere aber, soweit möglich, die Regeln für den rechtwinkligen Zusammenstoß. Die Eckanlage erfordert hier jedoch ganz besondere Aufmerksamkeit. Die schiefwinkelige Ecke kann man der Natur der Sache nach nicht mit rechtwinkligen Steinen herstellen; sondern man muß die Steine nach dem zwischen den zusammenstoßenden Mauern vorhandenen Winkel verhauen, wenn man nicht besondere Formsteine verwenden kann. Die Beschaffung der letzteren wird sich empfehlen, wenn an einem Gebäude vielfach derselbe Winkel zwischen den Mauern vorkommt. In beiden Fällen dürfen aber diese Eckstücke nicht zu klein angenommen werden. Bei den zugehauenen Steinen müssen die in die äußeren Fluchten fallenden möglichst wenige verhauene Flächen nach außen hin erhalten, da durch das Verhauen die etwas angefeuerte und deshalb besonders witterungsbeständige Außenkruste der Mauersteine entfernt wird. Ebenso müssen dieselben möglichst genau zugehauen werden, was für die in das Innere der Mauer fallenden nicht in solchem Maße notwendig ist. Auf die Ecke darf nie eine Stoßfuge treffen; auch sind spitze Winkel der Steine an den Außenflächen möglichst zu vermeiden. Alle Stoßfugen müssen wo möglich senkrecht zu den Mauerfluchten stehen. Wie bei allen Ziegelverbänden ist auch hier der Stoßfugenverband immer einzuhalten,

39.
Mauerecke.

und es sind möglichst wenige Teilsteine zu verwenden. Am einfachsten sind die Aufgaben beim schiefwinkligen Zusammenstoß von zwei Mauern zu lösen, wenn auch hier der Grundsatz festgehalten wird, daß in einer und derselben Schicht an der Außenseite die Steine in der einen Mauer als Binder, in der anderen als Läufer liegen. Die einfachere und den allgemeinen Regeln entsprechendere Lösung läßt im allgemeinen die stumpfwinkelige Ecke zu, die daher zuerst behandelt werden soll.

40.
Stumpfwinkelige
Ecke.

Der stumpfwinkelige Eckverband von gleich starken oder in ihrer Stärke wenig verschiedenen, nicht zu stumpfwinklig aufeinander treffenden Mauern (der Winkel darf ca. 135 Grad nicht übersteigen), läßt eine ähnliche Behandlung wie der rechtwinkeligen zu.

Während man bei letzterer abwechselnd die inneren Fluchten beider Mauern als Stosfugen durchgehen läßt, läßt man bei der stumpfwinkeligen Ecke von der inneren Ecke (dem Winkel) aus abwechselnd in den aufeinander folgenden Schichten eine Stosfuge senkrecht zur einen und anderen Mauer ausgehen. Am zweckmäßigsten gehört diese durchlaufende Stosfuge zur Binder- oder Läufer-schicht (die Bezeichnung Binder- oder Läufer-schicht ist nach dem Aussehen der Schicht an der auspringenden Seite der Ecke zu wählen). Die dem Winkel zunächst liegenden Stosfugen der Läufer-schicht sind auch hier um $\frac{1}{4}$ Stein gegen den Winkel zu versetzen (siehe das Schema in Fig. 65, worin die Linien *ab* die vom Winkel aus senkrecht zur Mauerflucht durchgehende, *cd* die um $\frac{1}{4}$ Stein versetzte Stosfuge bedeuten). Unter Festhaltung der eben angegebenen Regeln bei gleich starken Mauern ergibt sich ein ganz gleich geformter Eckstein in allen Schichten, nur abwechselnd in umgekehrter Lage. Es erleichtert dies die Verwendung von Formsteinen.

Fig. 65.

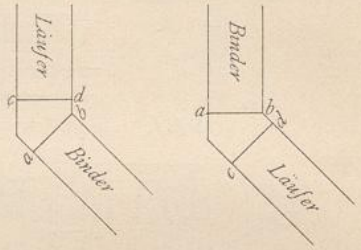


Fig. 66.



Fig. 67.

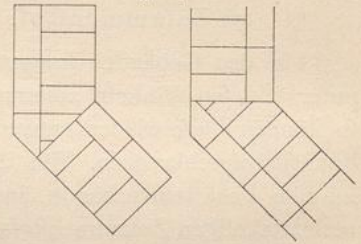


Fig. 68.

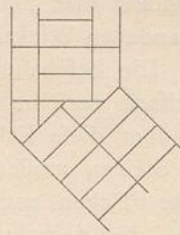
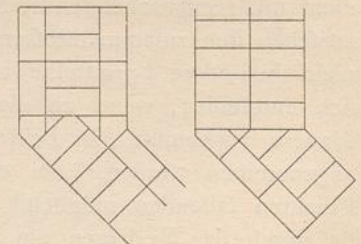
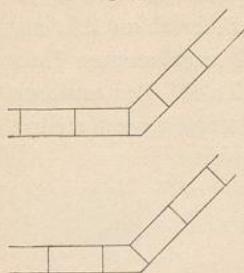


Fig. 69.



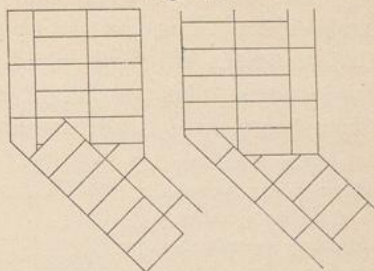
Die beiden äußeren Seiten des Ecksteines haben dabei einen Längenunterschied von $\frac{1}{4}$ Stein. Zugehauene Steine können nur dann zur Anwendung gelangen, wenn die gewöhnliche Steinlänge ausreicht, was nur bei nicht sehr stumpfen Winkeln der Fall ist. Die Beispiele in Fig. 66 bis 69 werden das Gefagte erläutern. Es sind in denselben aber nur die Schichten für den Blockverband gegeben; die für den Kreuzverband erforderlichen werden nach den früheren Beispielen leicht hinzukonstruiert werden können. Bei $\frac{1}{2}$ Stein starken Mauern (Fig. 70) ist die dem Winkel zunächst liegende Stosfuge um $\frac{1}{2}$ Stein von demselben entfernt. Die Beispiele in Fig. 67 u. 68 zeigen, daß die um $\frac{1}{4}$ Stein vom Winkel entfernt liegende Stosfuge nicht immer die dem Schema in Fig. 65 entsprechende Lage erhalten kann, weil sonst der Eckstein zu lang werden würde.

Fig. 70.



Beim Zusammenstoß von sehr verschiedenen starken Mauern oder von verschiedenen starken Mauern, die einen sehr stumpfen Winkel bilden, lassen sich die Eckverbände nicht in der angegebenen Weise herstellen, weil in diesen Fällen die eine vom Winkel senkrecht zur einen

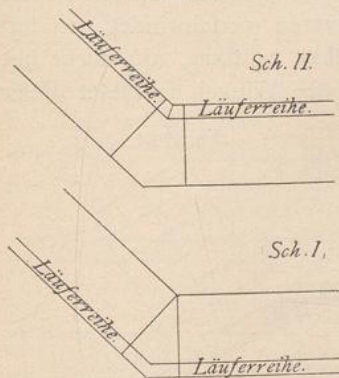
Fig. 71.



Mauerflucht ausgehende Stosfuge entweder sehr nahe an die Ecke oder erst auf die Verlängerung der bezüglichen Mauerflucht trifft, also die andere unter spitzem Winkel schneiden muß, was unzulässig ist. Man ordnet dann eine vom Winkel aus durchgehende Stosfuge in der Binderschicht der schwächeren Mauer an, während man die in der darauf folgenden Schicht vom Winkel ausgehende Stosfuge der stärkeren Mauer bis an die äußere Läuferreihe der schwächeren gehen läßt. Die um $\frac{1}{4}$ Stein vom Winkel entfernten Stosfugen gehen so weit, als dies der Verband zuläßt. Es genüge ein Beispiel (Fig. 71) für diesen Fall.

Will man an der Außenseite der Mauerecke das regelmäßige Verbandmuster bis ganz an die Ecke heranzuführen, was bei Backsteinrohbauten in Frage kommen kann, so muß man auch mit der Bestimmung der Größe des Ecksteines den Anfang machen und diesen an der Läuferseite $\frac{3}{4}$ Stein lang und an der

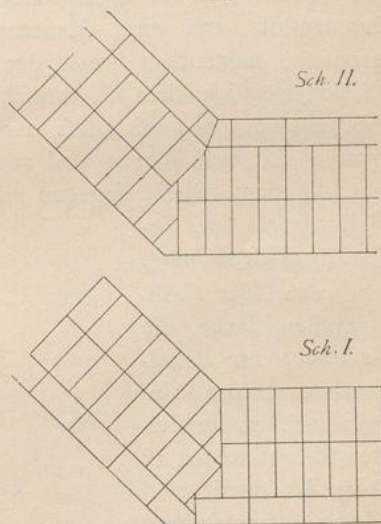
Fig. 72.



Binderseite $\frac{1}{2}$ Stein lang bemessen, wenn dies die Größe des Winkels bei der gewöhnlichen Steinlänge gestattet. Anderenfalls ist man gezwungen, besondere Formsteine anzuwenden. Aber auch dann ergibt sich in der Regel am inneren Winkel ein schlechter Verband.

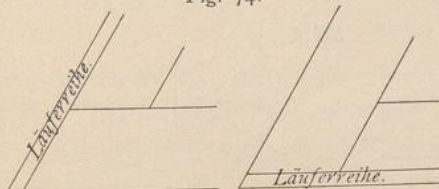
Sind auf beiden Seiten der stumpfwinkeligen Ecke die Schichten gleichartig, d. h. laufen in denselben Höhen Läuferreihen oder Binderreihen um die Ecke herum, so ist die Verbandanlage dahin zu ändern, daß man vom Winkel

Fig. 73.



gehenden Schicht ebenfalls zwei solche, die aber vom Winkel um $\frac{1}{4}$ Stein entfernt sind (siehe die Schichten I und II im Schema von Fig. 72). Für die Schicht I ist es zweckmäßig, daß an den inneren Fluchten der Mauern Binder liegen. In der Schicht II kann man, um Formsteine am Winkel zu vermeiden, daselbst die Läufer mit diagonaler Stosfuge zusammenschneiden lassen. Fig. 73 gibt als Beispiel die stumpfwinkelige Ecke zweier $2\frac{1}{2}$ Stein starken Mauern.

Fig. 74.



41.
Spitzwinkelige
Ecke.

Der Eckverband der unter spitzem Winkel zusammentreffenden Mauern ist in der Weise zu behandeln, daß man die äußere Läuferreihe der Läuferreihe bis zur Ecke fortlaufen läßt und mit dem nach dem gegebenen Winkel zugehauenen Eckstein schließt. Bis an diese Läuferreihe führt man die Binderschicht der anderen Mauer heran, so daß also die innere Flucht derselben bis dahin als Stoszfuge fortläuft.

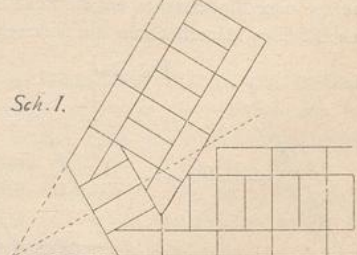
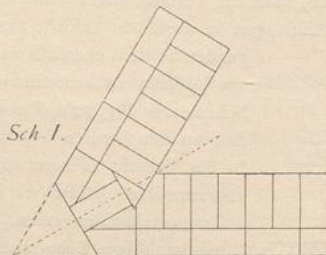
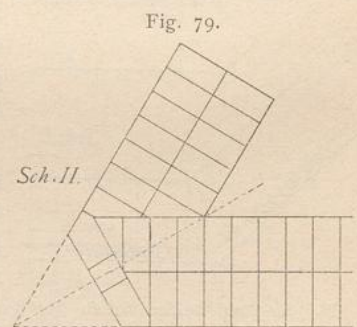
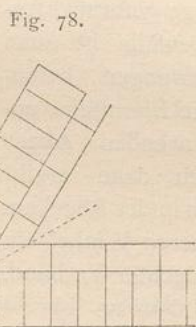
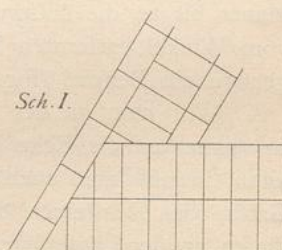
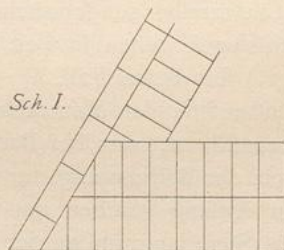
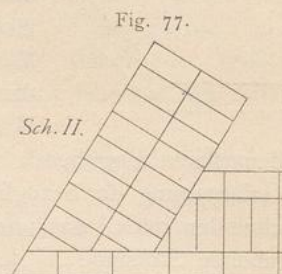
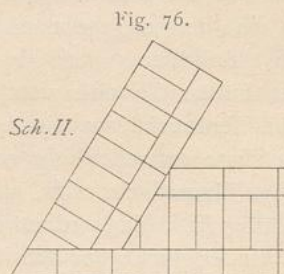
Man sehe das Schema in Fig. 74, worin die eben gedachte Anordnung veranschaulicht ist.

Die Einrichtung des regelrechten Stosfugenwechsels zwischen den Schichten erzielt man dadurch, daß man die Länge l_1 des Ecksteines gleich macht der Länge b_1 des schräg zugehauenen Hauptes zuzüglich $\frac{1}{4}$ Stein ($l_1 = b_1 + \frac{1}{4}$ in Fig. 75). Derselbe Eckstein läßt sich dann in allen Schichten verwenden, nur abwechselnd in umgekehrter Lage. Fig. 76 u. 77 geben Beispiele für den Eckverband von zwei ungleich starken und zwei gleich starken Mauern.

42.
Abgestumpfte
spitzwinkelige
Ecke.

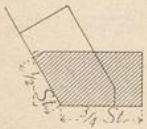
Beim spitzwinkligen Zusammenstoß von zwei Mauern kann es, namentlich wenn der Winkel ziemlich klein ist, wünschenswert erscheinen, die Ecke abzustumpfen. Ist die Abstumpfung so groß, daß der spitze Winkel im Inneren verschwindet, so hat man es mit drei Mauern und zwei stumpfwinkligen Ecken zu thun, also nicht mit etwas Neuem. Bleibt dagegen auf der Innenseite der spitze Winkel, so bietet dieser Fall Anlaß zu besonderer Besprechung.

An der Abstumpfungsfäche, die senkrecht zur Mittellinie des spitzen Winkels zwischen den beiden Mauerfluchten zu legen ist, damit zwei gleiche äußere stumpfwinklige Ecken gebildet werden, müssen des regelrechten Verbandes wegen Läufer- und Binderschichten miteinander abwechseln. Des guten Aussehens, aber auch der einfacheren Konstruk-



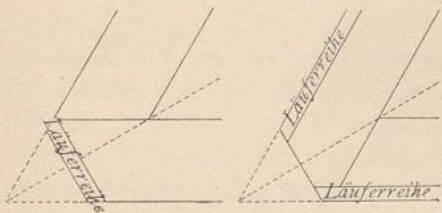
tion halber ist es dann zweckmäfsig, von der bisher allenthalben durchgeführten Regel, in einer und derselben Schicht in der einen der die Ecke bildenden Mauern aufsen eine Läuferreihe, in der anderen eine Binderreihe anzuordnen, abzuweichen und den Fall so aufzufassen, als gehörte die Abstumpfungsfäche einer dritten Mauer an. Es werden dann in derselben Schicht in den beiden Mauern gleichzeitig aufsen Läufer oder Binder sich befinden, an der Abstumpfungsfäche dagegen Binder oder Läufer (siehe das Schema in Fig. 81).

Fig. 80.



Die Breite der Abstumpfung bestimmt sich so, daß zwischen den beiden schräg zugehauenen Ecksteinen ein oder zwei Binderhäupter Platz haben. Die Größe und Form der Ecksteine sind in der Weise zu ermitteln, daß man den einen Schenkel des stumpfen Winkels $\frac{3}{4}$ Stein, den anderen (den schräg zuzuhauenden) $\frac{1}{2}$ Stein lang macht (Fig. 80). Sollte sich der Stein dann immer noch zu lang ergeben, so muß man beide Schenkel so verkürzen, daß dabei der Unterschied der Schenkellängen immer $\frac{1}{4}$ Stein bleibt. Es sind dann in allen Schichten dieselben Ecksteine, nur abwechselnd in umgekehrter Lage, verwendbar. Die Eckanlage ist sonst ähnlich wie bei der spitzwinkligen Ecke, indem man abwechselnd die eine oder die andere der inneren Mauerfluchten als Stoszfuge so weit durchführt, als dies möglich oder zweckmäfsig erscheint. In Fig. 78 u. 79 sind Beispiele zur Erläuterung gegeben.

Fig. 81.



Der schiefwinklige Anschluß einer Mauer an eine andere wird in der Weise behandelt, daß man die anschließende Scheidemauer in einer Schicht um die andere nicht bis an die äußere Flucht der Hauptmauer durchlaufen läßt, sondern nur bis

43.
Anschluß einer Mauer an eine andere.

Fig. 82.

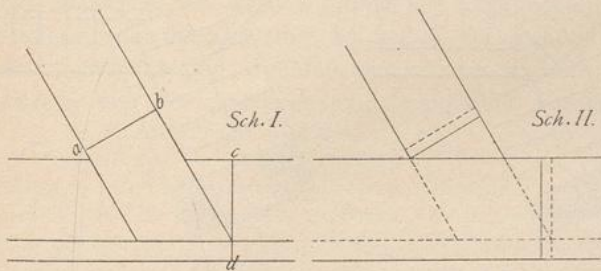
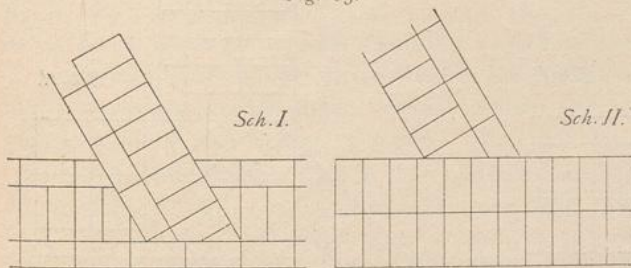


Fig. 83.



angegebenen Weise anzuordnen. Es möge das Beispiel in Fig. 83: der Anschluß einer $1\frac{1}{2}$ Stein starken Scheidemauer an eine 2 Stein starke Hauptmauer, genügen.

Die schiefwinklige Durchkreuzung ist nur die Verallgemeinerung des Falles der rechwinkeligen. Wie das Schema in Fig. 84 zeigt, gelten genau dieselben

hinter die daselbst angeordnete Läuferreihe (siehe das Schema in Fig. 82), wodurch die zu verhauenden Steine in das Innere der Mauer kommen. Das Eingreifen oder Einbinden der Scheidemauer erfolgt also in den Läuferfichten der Hauptmauer. Auch hier ist wieder die Regel zu befolgen, daß die dem spitzen Winkel zunächst liegende durchlaufende Stoszfuge ab der Scheidemauer um $\frac{1}{4}$ Stein vom Winkel entfernt liegen muß. Weiter erscheint es zweckmäfsig, in der Hauptmauer eine durchlaufende Stoszfuge cd in der in Fig. 82

44.
Durchkreuzung zweier Mauern.

Regeln, wie sie früher für die rechtwinkelige Durchkreuzung ausführlich besprochen wurden. Auch hier ist, wegen der Einrichtung des Verbandes, in den aufeinander folgenden Schichten wohl darauf zu achten, daß in der durchlaufenden Schicht eine durchgehende Stosfuge um $\frac{1}{4}$ Stein entfernt von einem der Winkel angeordnet werden muß. Ein besonderes Erläuterungsbeispiel erscheint hier nicht notwendig.

45.
Zusammenstoß
von mehreren
Mauern.

Es kommt bei Bauwerken öfter der Fall vor, daß mehr als zwei Mauern unter

beliebigen Winkeln in einem Punkte zusammenstoßen. Je nach der Anzahl der zusammentreffenden Mauern, der Stärke derselben und den Winkeln, unter denen sie zusammentreffen, muß die Lösung dieser Aufgaben eine verschiedene werden. Es dürfte zu weit führen und auch überflüssig fein, eine große Zahl solcher Fälle zu erörtern. Es möge nur der eine Fall hier näher besprochen werden, wenn drei Mauern in einem Punkte zusammenstoßen. Die allgemeine Lösung dieser Aufgabe ist die, daß man zwei der Mauern als eine Ecke bildend ansieht und die dritte dann in einer Schicht um die andere in die Ecke

Fig. 84.

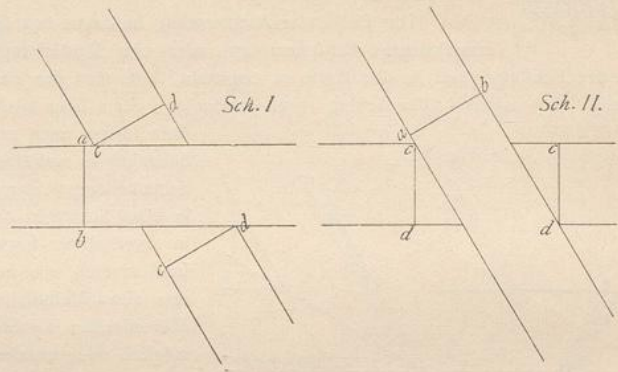


Fig. 85.

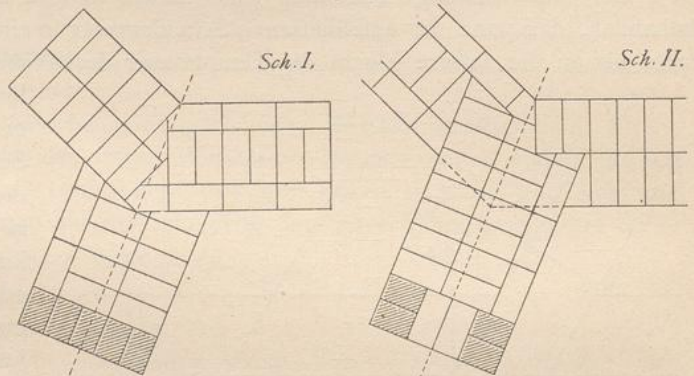
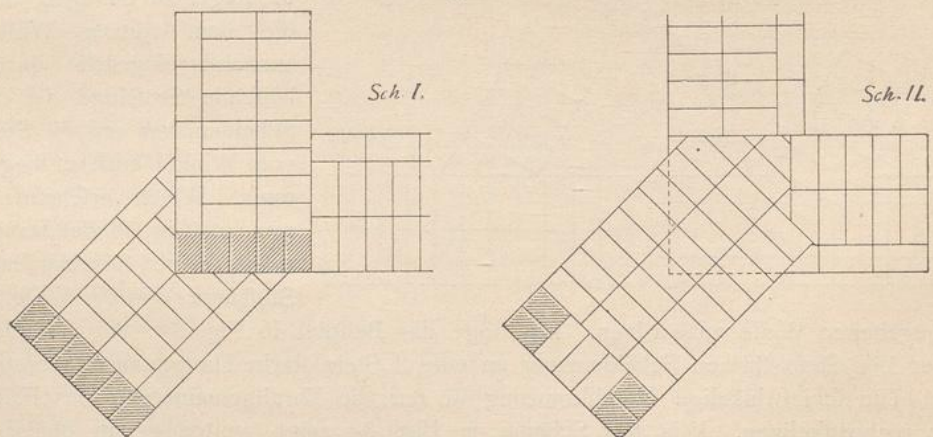


Fig. 86.



einbindet, während man sie in den übrigen Schichten nur stumpf anstoßen läßt. Jeder besondere Fall wird überdies noch unter Berücksichtigung der gegebenen Verhältnisse und Festhaltung der allgemeinen Regeln seine eigene Behandlung zulassen.

Das wichtigste Vorkommen des Zusammenstoßes von drei Mauern dürfte das sein, daß an eine Ecke, an eine rechtwinkelige oder stumpfwinkelige, sich ein Strebepfeiler in diagonalen, den Winkel der beiden die Ecke bildenden Mauern halbteilender Richtung anlegt. Die beigelegten Beispiele in Fig. 85 u. 86 werden das einzuschlagende Verfahren erläutern, obgleich dieses, wie schon gesagt, je nach den vorliegenden Verhältnissen Umänderungen erheischt. Gleichmäßiger Anschluß des Strebepfeilers an beide Seiten der Mauerecke läßt sich erzielen, wenn die beiden die Ecken bildenden Mauern nach außen hin gleichartige Schichtenbildung in gleicher Höhe zeigen. Es hat dies aber wenig wirklichen Wert, da der Anschluß beider Seiten nicht gut gleichzeitig gefehen werden kann.

4) Beliebige Mauerkörper mit rechtwinkeligen Ecken und Winkeln.

Die gewöhnlichen Backsteine eignen sich infolge ihrer Gestalt eigentlich nur zur Herstellung von Mauern mit rechtwinkeligen Ecken und Winkeln, und es sind deswegen auch nur für den Verband solcher klare Regeln aufstellbar. Daher ist die Betrachtung hier auf diese zu beschränken. Die Behandlung wird eine etwas verschiedene sein müssen, je nachdem alle Abmessungen einem Vielfachen von halben Steinlängen (Steinbreiten) entsprechen oder je nachdem einzelne oder alle Maße nicht ohne Rest durch halbe Steinlängen teilbar sind, sondern einen Ueberschuß von einem Viertelstein haben. Es wird dabei angenommen, daß alle Längen von Backsteinmauerwerken als Vielfache von Viertelsteinlängen bemessen werden. In der Ausführung vorkommende Abweichungen lassen sich leicht ausgleichen.

Der erste Fall, daß alle Abmessungen eines Mauerkörpers durch halbe Steinlängen ohne Rest teilbar sind, ist der einfachere und mag daher zuerst zur Behandlung gelangen. Es werden hierbei die Regeln angewendet, welche für die lotrechte Endigung der Mauern (Fig. 87 bei *a*), die rechtwinkelige Ecke (Fig. 87 bei *b*) und den rechtwinkeligen Anschluß einer Mauer an eine andere (Fig. 87 bei *c*) unter Benutzung von Dreiquartieren schon aufgestellt worden sind.

Das Hauptfächlichste derselben mag hier kurz wiederholt werden. Die beiden zur Herstellung des Blockverbandes notwendigen Schichten enthalten hiernach für die lotrechte Endigung in der einen Schicht so viele Dreiquartiere, als die Mauer Steinbreiten dick ist, hintereinander als Läufer, in der anderen immer nur 2 Paar Dreiquartiere als Binder. Bei der rechtwinkeligen Ecke kommen auf jede Seite derselben abwechselnd so viele Dreiquartiere, als die beiden die Ecke bildenden Mauern Steinbreiten in der Dicke zählen, als Läufer, und beim rechtwinkeligen Anschluß einer Mauer an eine andere legt man in der einen Schicht in der Verlängerung der anschließenden Mauer und parallel der Richtung derselben so viele Dreiquartiere nebeneinander an die äußere Flucht der Hauptmauer, als die anschließende Steinbreiten dick ist, während in der darauf folgenden Schicht der Verband der Hauptmauer ununterbrochen durchgeht.

Bei der Anwendung dieser Regeln für zusammengesetzte Mauerkörper, wie sie hier besprochen werden sollen, kommt es nun vor allen Dingen darauf an, die Dreiquartiere zuerst und richtig zu legen. Dazu gehört:

α) Daß alle Dreiquartiere in einer und derselben Schicht parallel gerichtet sind, oder was daselbe ist, daß nur parallele Seiten der Ecken mit Dreiquartieren besetzt werden.

Diese Forderung wird zum Teile schon erfüllt, wenn an der früher aufgestellten Regel, daß an den Ecken und Maueranschlüssen in einer Höhe Läufer- und Binder-schichten zusammentreffen sollen, festgehalten wird.

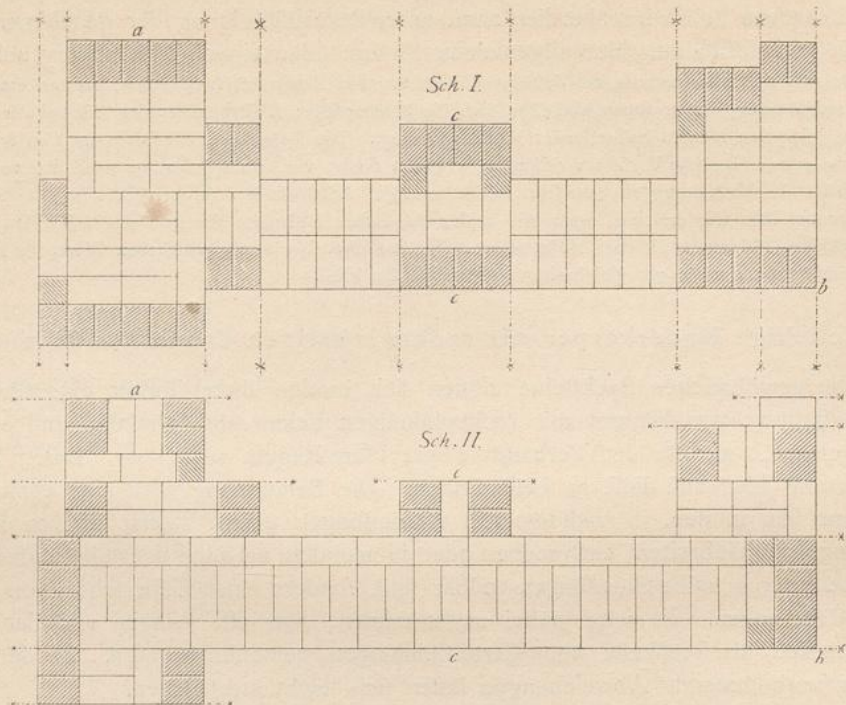
β) Daß jedem Dreiquartier auf der einen Seite des Mauerkörpers ein anderes ebenso gerichtetes auf der anderen Seite entsprechen muß.

Der Ort für diese einander entsprechenden Dreiquartiere ist leicht dadurch zu finden, daß man die Schichten durch den Seiten parallele Linien aus allen Eckpunkten in rechteckige Streifen zerlegt und

46.
Abmessungen.

47.
Vielfache
von $\frac{1}{2}$ Stein-
längen.

Fig. 87.

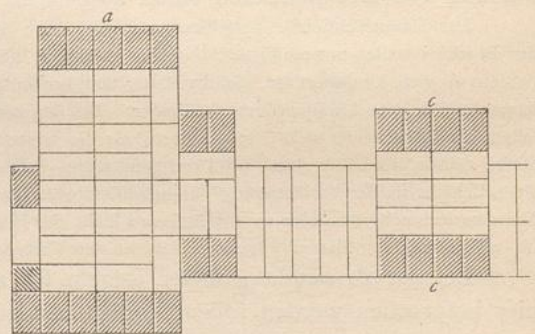


die Richtung derselben in den aufeinander folgenden Schichten regelmässig wechseln lässt. Die Enden der Streifen werden, den angeführten Regeln entsprechend, mit den Drei Quartiern besetzt (Fig. 87). Die Zwischenräume zwischen den Drei Quartiern werden dann noch regelrecht mit ganzen Steinen unter Zuziehen von Zwei Quartiern je nach Bedürfnis ausgefüllt.

In einzelnen Fällen sind durch kleine Abweichungen von den angeführten Regeln Vereinfachungen möglich. So lässt sich z. B. dadurch, dass man auf der linken Seite der Schicht I in Fig. 87, Abteilung a die Läuferreihe auf die rechte Seite der Mauer legt, eine einfachere Ausfüllung mit Ganzen erzielen; auch lassen sich die Zwei Quartiere bei c der Schicht I in Fig. 87 vermeiden. Diese Veränderungen sind in Fig. 88 dargestellt²⁸⁾.

Bei Feststellung der Verbandanordnungen für beliebige Mauerkörper mit rechtwinkligen Ecken lassen sich anstatt der Drei Quartiere auch die Längs quartiere anwenden. Der Verband mit solchen ist aber sehr unselbständig und nicht immer ganz durchführbar. Aus diesen und den schon früher angeführten Gründen kommt er hier nicht zur Behandlung.

Fig. 88.



²⁸⁾ Die Anlage der Mauerverbände von Mauerkörpern mit rechtwinkligen Ecken wurde zuerst nach allgemeinen Grundsätzen von C. v. Brand behandelt, in dessen Arbeiten sich Ausführlicheres über diesen Gegenstand findet. Es sind dies: Praktische Darstellung des Ziegelverbandes nach einfachen, allgemeinen, bisher unbekanntem Gefetzen. Berlin 1864. — Etwas fälschlicher geschrieben, wenn auch nicht so vollständig und so durchgebildet: Ueber Mauerziegelverband. HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1862, S. 64.

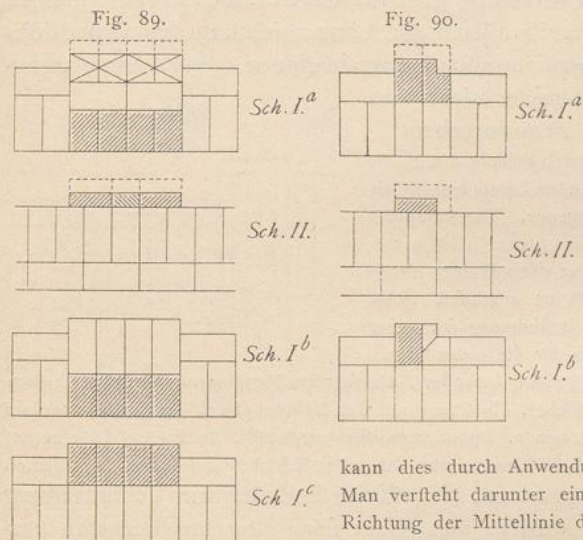
Die Verbandanlagen von Mauerkörpern, deren Abmessungen nicht reine Vielfache von halben Steinlängen sind, sondern zu denen noch Viertelsteinlängen treten, lassen sich nicht nach so scharf ausgeprägten Gesetzen bestimmen, wie dies bei denjenigen der Fall ist, deren Längen durch halbe Steinlängen ohne Rest teilbar sind. Es sollen diese Fälle nach den von *v. Brand* angegebenen Verfahren hier nur andeutungsweise behandelt werden.

a) Verfahren des Abschneidens (Coupierens). Man ergänzt nach diesem Verfahren die Abmessungen so, daß alle zu Vielfachen von halben Steinlängen werden, legt für die so ergänzte Figur den Verband nach den früheren Regeln an und schneidet darauf das zur ursprünglichen Figur hinzugefügte

wieder ab. Die sich ergebenden kleineren Steinteile werden nach Möglichkeit zu größeren vereinigt.

Das zuerst Hinzugefügte, nachher wieder Abgeschnittene ist in den Beispielen (Fig. 89 u. 90) durch gestrichelte Linien, die Vereinigung von Steinteilen durch ein Kreuz angedeutet. Auch lassen sich sonst noch Verbesserungen mitunter anbringen, wie die Schichten *I, b* und *I, c* von Fig. 89 ausweisen.

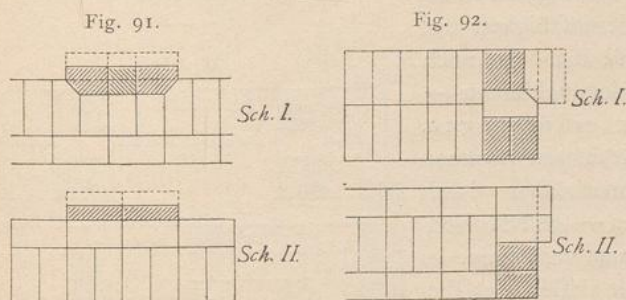
Bei der Anwendung dieses Verfahrens ergeben sich oft Ausklinkungen von Steinen, die man aber gern zu vermeiden sucht. Es kann dies durch Anwendung der Viertelfchrägfuge geschehen. Man versteht darunter eine von einem Winkel des Grundrisses in der Richtung der Mittellinie des Winkels ausgehende Fuge von der Länge der Diagonale eines Achtelsteines (Fig. 90, Schicht *I, b*).



β) Verfahren des Zusammenschiebens. Dieses Verfahren findet nur da Anwendung, wo vor einem Hauptkörper von Abmessungen, die durch halbe Steinlängen ohne Rest teilbar sind, kleinere rechteckige Vorlagen sich befinden, deren Mafse (eine oder alle beide) in Viertelsteinlängen festgesetzt werden müssen.

Nach diesem Verfahren werden beide zum Verband notwendige Schichten für den Hauptmauerkörper wie gewöhnlich festgestellt. Dann wird in einer Schicht um die andere unter Anwendung der Viertelfchrägfuge ein Stück von der Länge der Vorlage und $\frac{1}{4}$ Stein breit herausgeschnitten und ein entsprechendes Stück, vergrößert um die Vorlage, wieder angefohen. Je nach den Umständen kommen

hierbei ein oder zwei Schrägfugen zur Anwendung (Fig. 91 u. 92). Der Verband der Vorlage wird nach dem Verfahren des Abschneidens bestimmt. Kleinere Steinteile der Vorlage lassen sich mit solchen des Hauptkörpers oft zu größeren vereinigen, oder es können noch auf andere Weise Verbesserungen im Verband angebracht werden. So ließe sich an Stelle der Schichtanordnung *II* in Fig. 91 mit Vorteil diejenige der Schicht *I, c* in Fig. 89 verwenden.



γ) Verfahren der zulässigen Fugen. Bei diesem in allen Fällen anwendbaren Verfahren werden zuerst eine Anzahl Fugen in der Weise bestimmt, daß man

48.
Vielfache
von $\frac{1}{2}$ Stein-
längen
+ $\frac{1}{4}$ Stein-
länge.

von jedem einspringenden Winkel aus senkrecht zur Längenrichtung des Grundrisses je zwei Fugen, die Grenzungen genannt werden sollen, zieht. Die eine dieser Grenzungen bildet die Verlängerung eines Winkelschenkels; die andere läuft parallel der ersteren und beginnt am inneren Ende einer Viertelschrägfuge. In jeder der beiden zur Bildung des Verbandes notwendigen Schichten wird von den Grenzungen für jeden einspringenden Winkel eine genommen, diese aber so gewählt, daß zwischen den Grenzungen sich Abteilungen ergeben, deren Breite einem Vielfachen von halben Steinlängen entspricht. Die für die eine Schicht nicht benutzten Grenzungen kommen in der anderen zur Verwendung. Zur Bestimmung der übrigen Fugen legt man über den Grundriß ein Netz von parallelen, rechtwinkelig sich kreuzenden Linien in Entfernungen von je $\frac{1}{2}$ Steinlänge. Die erste der Parallelen zur Längenrichtung des Grundrisses läßt man am inneren Endpunkte einer Viertelschrägfuge beginnen. Jede Viertelschrägfuge, die an ihrem inneren Endpunkte nicht von einer der Parallelen getroffen wird, ist aufzugeben.

In Fig. 93 sind die Grenzungen der ersten Schicht mit 1, die der zweiten mit 2 bezeichnet; die sich kreuzenden Parallelen für die erste Schicht sind durch dünne Linien angegeben. Die Parallelen der einen Schicht müssen von denen der anderen um $\frac{1}{4}$ Stein entfernt liegen. Die Linien des Netzes geben dann alle zulässigen Fugen an, die nun in thunlichst geschickter Weise zu möglichst vielen ganzen Steinen zusammengefaßt werden. Die Bestimmung der außer den Grenzungen weiter zulässigen Fugen kann für die ganze Grundrißfigur gleichmäßig erfolgen oder für jede Abteilung besonders. Das letztere Verfahren liefert häufig bessere Lösungen, ist aber im allgemeinen umständlicher. In Bezug auf das Nähere dieses Verfahrens muß auf das in Fußnote 28 (S. 44) angeführte Werk von v. Brand verwiesen werden²⁹⁾. In Fig. 93 ist eine auf Grundlage der erwähnten Vorarbeiten mögliche Steinverteilung der ersten Schicht durch Kreuze angedeutet.

Nach der Erörterung der allgemeinen Grundsätze und der zur Vereinfachung der Arbeit anwendbaren Verfahren wird es nun leicht sein, öfter im Bauwesen vorkommende Sonderfälle zu behandeln. Solche Fälle sind: Pfeilervorlagen von Mauern, Eckverstärkungen, Thür- und Fensterpfeiler, freistehende Pfeiler (Freistützen), Mauern und Pfeiler mit Hohlräumen etc.

49.
Pfeilervorlagen;
Eckver-
stärkungen;
Nischenecken.

Häufig werden Verstärkungen von Mauern notwendig, die entweder, in gewissen Abständen wiederkehrend, von einfach rechteckigem oder reicher gegliedertem Querschnitt den Mauerfluchten vorgelegt werden — die sog. Pfeilervorlagen, oder welche die Standfähigkeit der Mauerecken erhöhen sollen und die dann nach außen oder nach innen vorspringen können — die äußeren und inneren Eckverstärkungen. Im Gegensatz zu diesen Verstärkungen kommen auch Schwächungen der Mauerkörper durch Nischen vor, deren Eckbildungen — die Nischenecken — besondere Behandlung verlangen.

Diese Fälle können mit Hilfe der bekannten gewöhnlichen Regeln über die Bildung

Fig. 93.

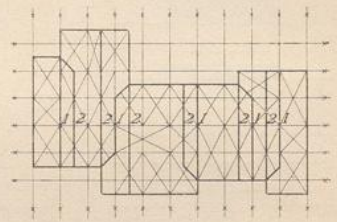


Fig. 94.

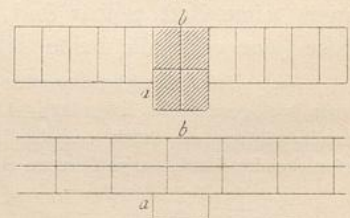
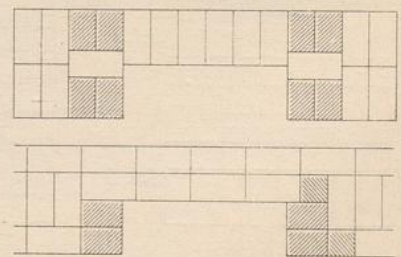


Fig. 95.



²⁹⁾ Eine praktische Vereinfachung des Verfahrens der zulässigen Fugen durch Anwendung von Fugennetzpaaren gibt *Summerspach* in: Deutsche Bauz. 1897, S. 574.

Fig. 96.

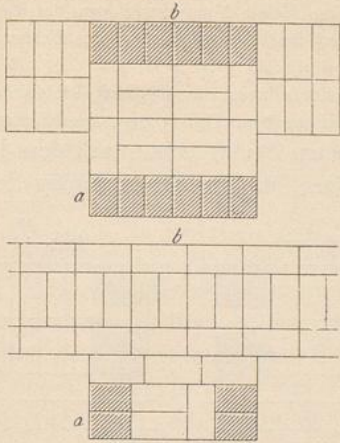


Fig. 97.

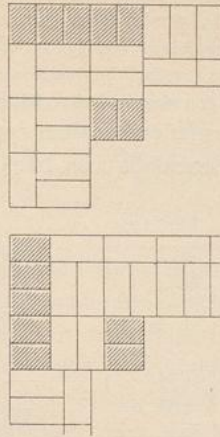


Fig. 98.

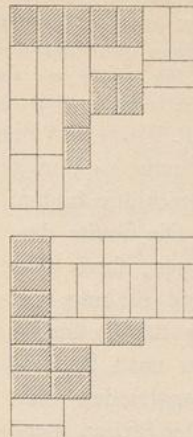


Fig. 99.

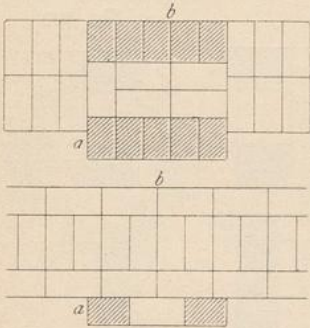


Fig. 100.

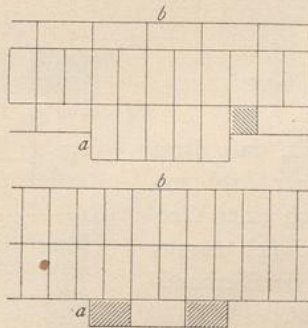


Fig. 101.

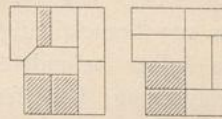


Fig. 102.

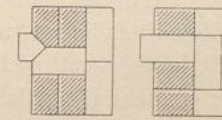


Fig. 103.

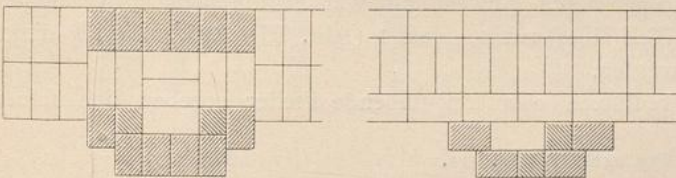
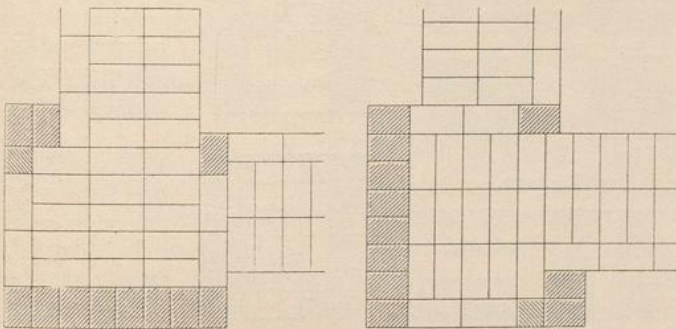


Fig. 104.



des lotrechten Mauer-
abschlusses, des Mauer-
anschlusses und der
Mauerecke gelöst
werden.

So zeigen sich z. B. in
Fig. 94, 96 u. 99 in *a* der
Mauerabschluss und in *b* der
Maueranschluss zur Anwen-
dung gebracht. Erleichtert
wird jedoch auch in diesen
oft einfachen Fällen die Ver-
legung der Dreiquartiere
durch das oben empfohlene
Zerlegen der Schichten in
rechteckige Streifen, was
natürlich in den zusammen-
gesetzteren Fällen noch mehr
zur Geltung gelangt. Dafs
aber dieses Verfahren, wie
überhaupt jede Handhabung
von Regeln, nicht blofs

mechanisch, sondern mit Ueberlegung angewendet werden sollte, zeigt das Beispiel in Fig. 100, im Vergleich zur Lösung derselben Aufgabe in Fig. 99. Durch eine kleine Abweichung von der Regel, die in Fig. 99 streng durchgeführt ist, wurden eine ganz wesentliche Herabminderung des Verbrauches an Drei Quartiern und vermehrte Verwendung von ganzen Steinen erzielt.

In Fig. 94, 96, 99, 100 u. 103 sind Beispiele von Pfeilervorlagen, in Fig. 104 ein solches einer äusseren und in Fig. 97 u. 98 solche von inneren Eckverstärkungen gegeben. Fig. 95 zeigt eine Nischenbildung.

50.
Thür- und
Fensterpfeiler.

Die Thür- und Fensterpfeiler erhalten im reinen Backsteinbau nach dem Lichten der Oeffnung zu Vorlagen, ebenfalls von Backsteinen, welche den Anschlag der Oeff-

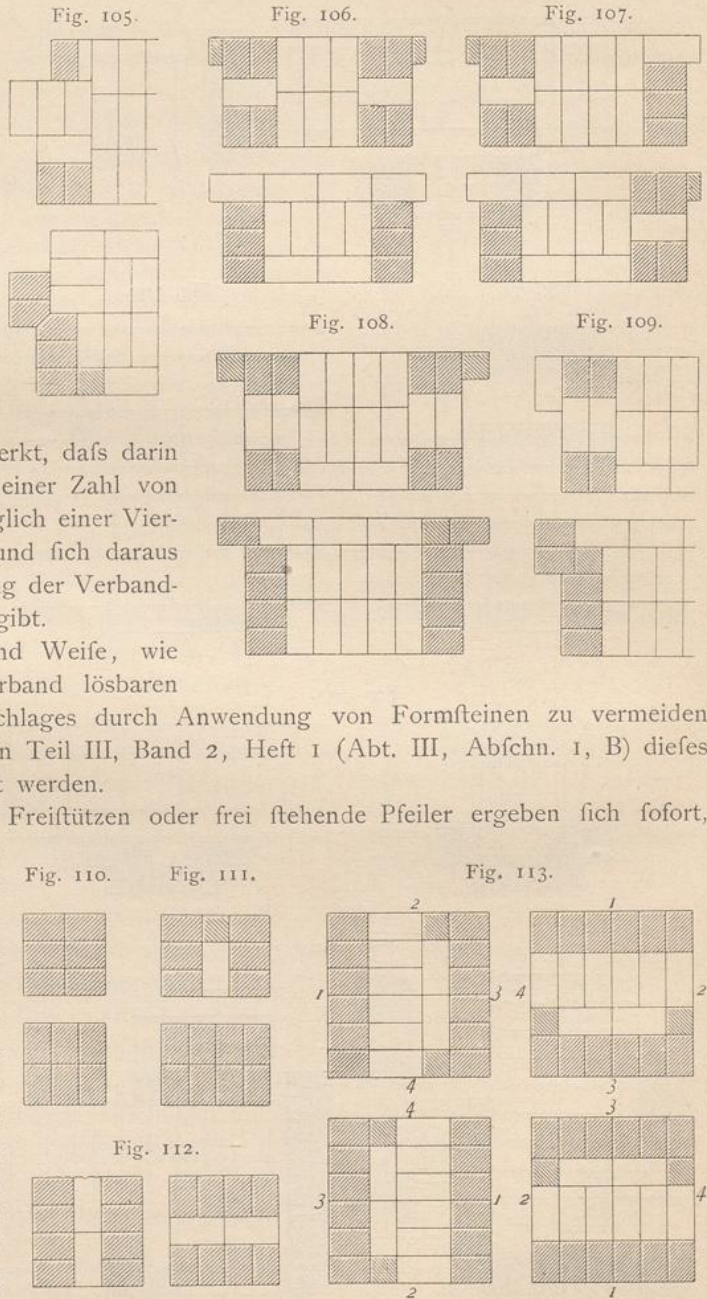
nungsverschlüsse bilden sollen. Die Breite des Anschlages, sowie die Tiefe und Bildung der Laibung der Oeffnung wechseln nach Bedürfnis, desgleichen die Länge der Pfeiler. Verschiedene Verhältnisse sind in den Beispielen Fig. 101, 102, 105 bis 109 berücksichtigt, die keiner besonderen Erläuterung bedürfen.

Nur zu Fig. 107 sei bemerkt, dass darin die Länge des Pfeilers einer Zahl von halben Steinlängen zuzüglich einer Viertelsteinlänge entspricht und sich daraus die einfache Umgestaltung der Verbandanlage von Fig. 106 ergibt.

Ueber die Art und Weise, wie die leicht aus dem Verband lösbaren Quartierstücke des Anschlages durch Anwendung von Formsteinen zu vermeiden sind, wird das Nötige in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abchn. 1, B) dieses »Handbuches« mitgeteilt werden.

51.
Freistützen
ohne
Vorlagen.

Die Verbände für Freistützen oder frei stehende Pfeiler ergeben sich sofort, wenn man dieselben als kurze Mauerstücke auffasst, durch Aneinanderschichten der betreffenden lotrechten Mauerendigungen. Da bei den Pfeilern die Belastung der Flächeneinheit in der Regel grösser ist, als bei Mauern, so ist namentlich bei ihnen der Verband möglichst richtig und aus möglichst vielen grossen Stücken herzustellen, und

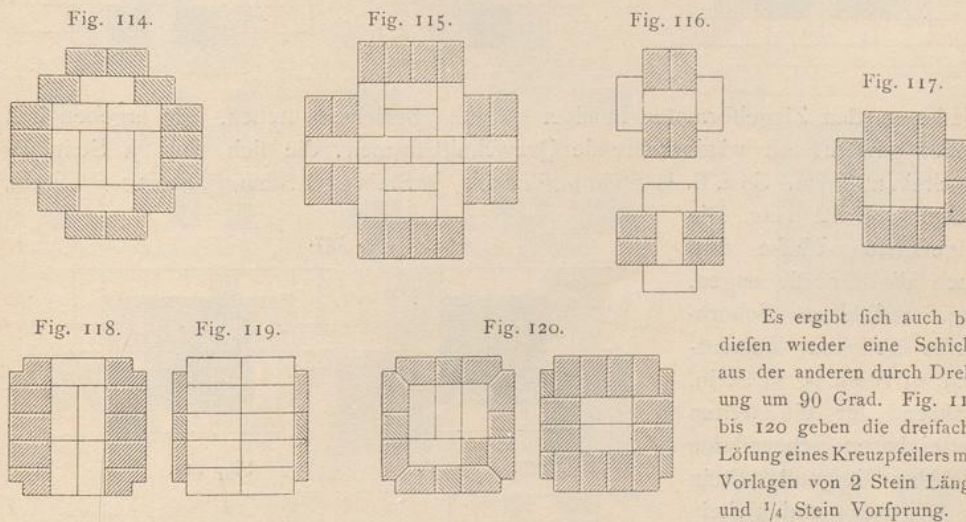


daher besonders bei Freistützen der schlechte Verband mit Quartierstücken und Längsquartieren zu vermeiden oder auf Fälle zu beschränken, wo er nicht zu umgehen ist. Deswegen sind auch hier keine derartige Beispiele gegeben worden.

Wie die beigegebenen, nur mit Hilfe von Drei- und Zwei-Quartieren konstruierten Beispiele (Fig. 110 bis 113) zeigen, ergibt sich bei Pfeilern mit quadratischem Grundriß der Verband der zweiten Schicht aus dem der ersten sofort durch Drehung um 90 Grad. Das Kreuzverbandmuster kann erst zur Anwendung gelangen, wenn eine Seite des Pfeilers mindestens 3 Steine lang ist. In Fig. 113 ist der Kreuzverband an einer quadratischen Freistütze von 3 Stein Seitenlänge in feinen vier Schichten durchgeführt. Es ergibt sich hierbei auch eine Schicht aus der anderen durch Drehung um 90 Grad. Es ist dies durch die Bezifferung der Seiten verdeutlicht.

Freistützen mit rechteckigem Kern und Vorlagen auf drei oder allen vier Seiten entsprechen dem rechtwinkligen Anstoß oder der Durchkreuzung von zwei Mauern mit nahe gerückten lotrechten Endigungen und bieten daher für die Betrachtung nichts Neues. Ebenso ist es mit Pfeilern von unregelmäßigem Grundriß, die nach den allgemein gültigen Regeln für beliebige Mauerkörper mit rechtwinkligen Ecken zu behandeln sind. Wir können uns daher hier auf Vorführung einiger oft vorkommender Beispiele (Fig. 114 bis 120) von Freistützen mit quadratischem Kern und allseitigen gleich großen Vorlagen, den sog. Kreuzpfeilern, beschränken.

52.
Freistützen
mit
Vorlagen.



Es ergibt sich auch bei diesen wieder eine Schicht aus der anderen durch Drehung um 90 Grad. Fig. 118 bis 120 geben die dreifache Lösung eines Kreuzpfeilers mit Vorlagen von 2 Stein Länge und $\frac{1}{4}$ Stein Vorsprung.

5) Mauerkörper mit rechtwinkligen Hohlräumen.

In den Mauerkörpern sind vielfach lotrecht aufsteigende Hohlräume anzubringen, und zwar einestheils zur Herstellung von Rauch-, Zuluft- und Abluftkanälen, sowie zur Unterbringung von Wasser-, Heiz- und anderen Rohren, anderenteils aber, um in den Mauern isolierende Luftschichten zur Warm- und Trockenhaltung der Gebäude und zur Verhinderung der Fortpflanzung des Schalles zu beschaffen, bzw. um Mauermaterial zu sparen. — Für die angegebenen Zwecke können die aufsteigenden Kanäle einzeln oder auch in Gruppen in Mauern oder Pfeilern angeordnet werden. Sie können rechtwinkligen, vieleckigen oder runden Querschnitt haben. Wir beschäftigen uns hier zunächst nur mit den rechteckigen, während bezüglich der anderen Querschnittsformen auf das bei den vieleckigen und runden Mauerkörpern mit Hohlräumen Folgende, sowie auf das in Teil III, Band 4 dieses »Handbuches« (Abt. IV, Abchn. 4, B, Kap. 4, unter c) Vorzuführende verwiesen werden kann.

53.
Hohles
Mauerwerk.

Die Querschnitte rechteckiger, lotrecht aufsteigender Kanäle sind zwar vom Zwecke abhängig und werden häufig durch Berechnung bestimmt; immerhin sollten dieselben aber zur Erleichterung der Konftruktion so bemessen werden, dafs die

Fig. 121.

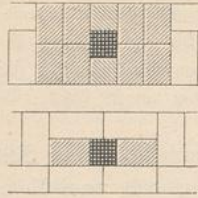


Fig. 122.

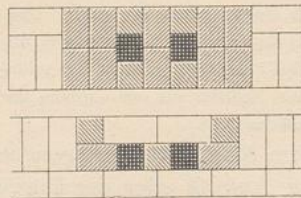


Fig. 123.

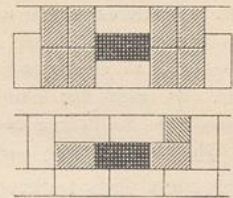


Fig. 124.

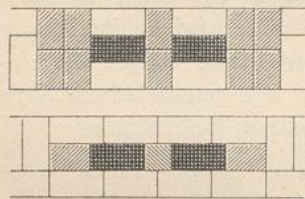


Fig. 125.

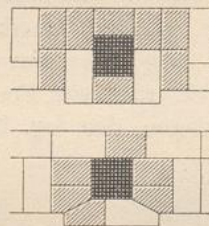
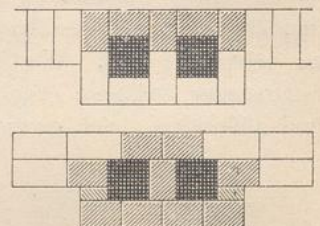


Fig. 126.



Masse zu den Ziegelformaten in einer gewissen Beziehung stehen. Es ergeben sich daher gewisse, oft wiederkehrende Querschnittsformen, die sich von $\frac{1}{4}$ Stein zu $\frac{1}{4}$ Stein abtufen. So z. B. $\frac{1}{2}$ Stein \times $\frac{1}{2}$ Stein, $\frac{1}{2}$ Stein \times 1 Stein, $\frac{3}{4}$ Stein \times $\frac{3}{4}$ Stein, 1 Stein \times 1 Stein etc. Die angeführten Masse sind auch die für die engen, fog. russischen Schornsteine üblichen, namentlich $\frac{3}{4}$ Stein \times $\frac{3}{4}$ Stein, während für die weiten bestiegbaren Schornsteine die Abmessungen $1\frac{3}{4}$ Stein \times $1\frac{3}{4}$ Stein und 2 Stein \times 2 Stein (deutsches Normal-Ziegelformat vorausgesetzt; wegen der Befeiigbarkeit ist man an gewisse bestimmte Masse gebunden) gebräuchlich sind. Die Wandungen, sowie die Scheidewände (Zungen) mehrerer nebeneinander liegender Kanäle werden in der Regel $\frac{1}{2}$ Stein stark gemacht. Diese Kanäle müssen nicht nur im allgemeinen ununter-

Fig. 127.

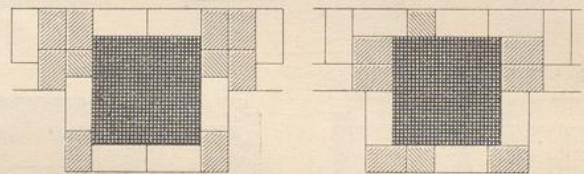


Fig. 128.

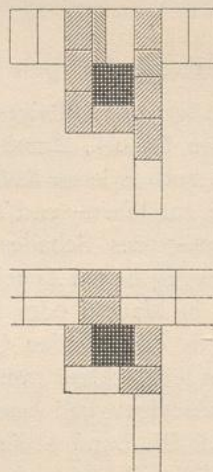
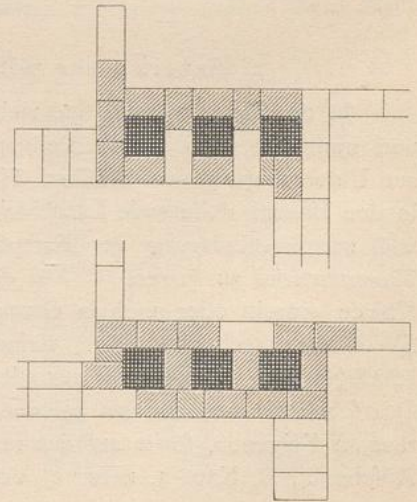


Fig. 129.



brochen lotrecht aufsteigen (wenn man nicht aus irgend welchen Gründen sie in der Richtung der Mauer zu ziehen genötigt wird); sie müssen auch mit dem anstoßenden Mauerwerk in regelrechtem Verband angelegt werden. Diesen regelrechten Verband erlangt man am besten, wenn man streng nach den für beliebige Mauerkörper angegebenen Regeln verfährt und zur Erleichterung des Verfahrens die Schichten durch den Seiten parallele Linien aus allen Ecken und Winkeln in Streifen zerlegt, deren Enden mit in der Richtung der Streifen liegenden Dreiquartieren in der dem Sonderfall entsprechenden Zahl besetzt werden. In den aufeinander folgenden Schichten muß natürlich die Richtung der Parallelen wechseln; auch ist auf richtigen Stosfugenwechsel bei Herstellung der $\frac{1}{2}$ Stein starken Kanalwände zu achten. Im übrigen wird auf das früher Gesagte verwiesen. Bei den Kanälen, deren Mafse nur in Viertelsteinlängen ausdrückbar sind, ist die Anwendung von Quartierstücken nicht zu umgehen. Beispiele für Kanäle, einzeln oder zu zweien nebeneinander in der Mauerstärke untergebracht oder Vorsprünge vor derselben bildend, liefern Fig. 121 bis 127. Die Verbandweise bei mehr als zwei nebeneinander liegenden Kanälen ist sehr leicht aus der für zwei dergleichen gegebenen zu ermitteln. Beispiele für Verbände mit Anwendung von Längsquartieren und für quadratische

Fig. 130.



Fig. 131.

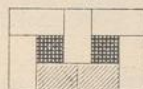


Fig. 132.



Fig. 133.

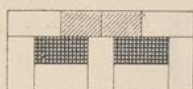


Fig. 134.

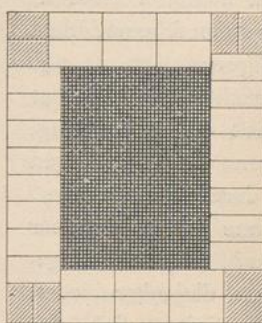


Fig. 135.

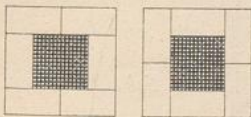


Fig. 136.

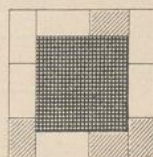


Fig. 137.

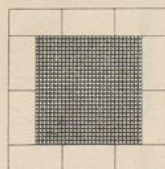


Fig. 138.



Fig. 139.

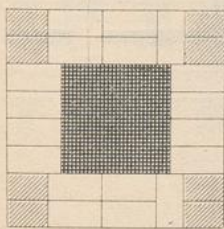


Fig. 140.

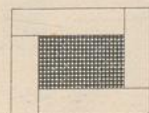


Fig. 141.



Fig. 142.

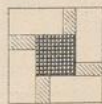
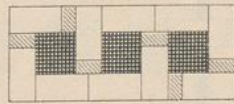


Fig. 143.



Kanäle von 1 Stein Weite finden sich in Teil III, Band 4 dieses »Handbuches« (S. 149³⁰).

Fig. 128 u. 129 bieten Beispiele für die Anordnung von Kanälen in Mauerkreuzungen. Sie sind hierbei oft, wie Fig. 129 zeigt, bei

³⁰⁾ 2. Aufl.: S. 218.

geschickter Anordnung der Mauern, so anzubringen, daß sie keine Vorsprünge in den Räumen bilden.

55.
Lotrechte
Kanäle
in Pfeilern

Mit Mauern nicht in Verbindung gebrachte Kanäle, einzeln oder in Gruppen nebeneinander, bilden Hohl Pfeiler, wie sie namentlich für Schornsteine von den Dachbalkenlagen an oder für ganz frei von unten an aufsteigende größere Schornsteine notwendig werden. Die Wandungen und Zungen der frei aufsteigenden Schornsteine werden bei den kleineren Querschnitten $\frac{1}{2}$ Stein, bei den größeren Querschnittsflächen und Höhen 1 Stein und darüber stark gemacht. Bei den $\frac{1}{2}$ Stein starken Wandungen wird der früher besprochene Läufer- oder Schornsteinverband angewendet. Beispiele für verschiedene Abmessungen der Kanäle, einzeln und zu mehreren nebeneinander, bieten Fig. 130 bis 133, 135 bis 138, 142 u. 143.

Fig. 134 u. 139 geben Beispiele von größeren Querschnittsflächen und 1 Stein starken Wandungen. In Fig. 139 ist der Hohlraum quadratisch von 2 Stein Seitenlänge, in Fig. 134 rechteckig von $2\frac{3}{4} \times 3\frac{3}{4}$ Stein Seitenlänge. Die Eckanlagen mit Dreiquartieren

sind für beide Fälle verschieden. Die Anordnung der Eckfugen für ähnliche Fälle ist aus den schematischen Figuren 140 u. 141 ersichtlich. Fig. 141 gibt die Anordnung, wenn die Seitenlängen durch Steinbreiten ohne Rest meßbar sind, Fig. 140 dagegen diejenige, wenn die Seiten sich nur durch Viertelsteinlängen ausdrücken lassen.

56.
Hohlmauern.

Wie schon angeführt, werden Mauern mit Hohlräumen, die sog. Hohlmauern, hergestellt, um in ihnen isolierende Luftschichten zu erhalten oder sie in ihrer Materialmasse zu verringern. Der erstere Grund wird namentlich bei

Umfassungsmauern häufig als vorliegend erachtet, der zweite besonders bei Scheidemauern aus konstruk-

Fig. 144.

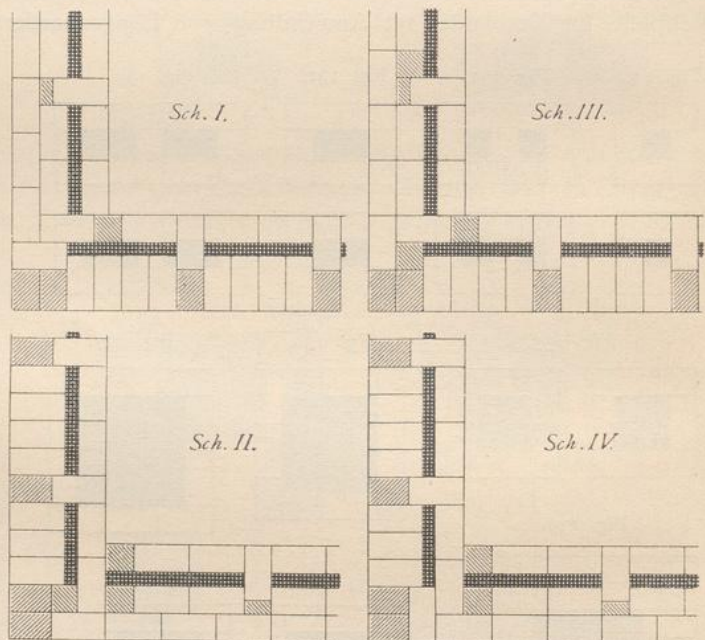


Fig. 145.

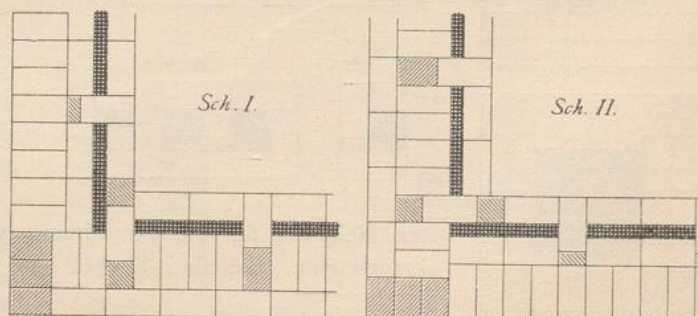
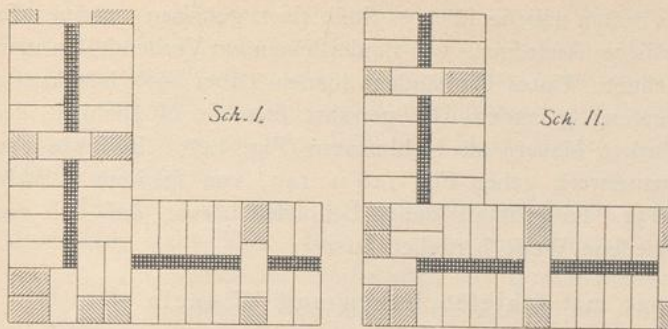


Fig. 146.



zu machen) Unterbrechungen durch Steine notwendig, welche die beiden Frontseiten zusammenbinden, um ihnen den durch die Hohlräume genommenen Teil ihrer Standfähigkeit wieder zu ersetzen. Bei den Umfassungsmauern mit isolierenden Luftschichten hält man in der Regel die äußere Hälfte mindestens 1 Stein stark, weil man die Stärke von $\frac{1}{2}$ Stein gegen das Durchschlagen der Feuchtigkeit für nicht genügend erachtet. Der innere Teil ergibt sich dann bei Mauern von nur $1\frac{1}{2}$ Stein Stärke $\frac{1}{2}$ Stein dick, was für diesen Teil, wenn er Balken zu tragen hat, zu wenig ist. Dieser Gegenstand wird ausführlich im nächstfolgenden Hefte (Abt. III, Abschnitt 1, A, Kap. 2) dieses »Handbuches« besprochen werden. Der Luftschicht gibt man $\frac{1}{4}$ Stein oder $\frac{1}{2}$ Stein Breite.

Fig. 144 zeigt die zur Einrichtung des Kreuzverbandes an den Außenseiten notwendigen vier Schichten der mit Luftschicht $1\frac{3}{4}$ Stein starken Mauern einer Gebäudeecke, Fig. 145 die zwei Schichten für die im Blockverband herzustellende Ecke zweier mit Luftschicht $2\frac{1}{4}$ Stein starken Mauern. Die Durchbinder oder Ankersteine, welche die beiden Fronten der Mauern zusammenhalten, sind in Abständen von ca. 2 Steinlängen anzuordnen.

Fig. 148.

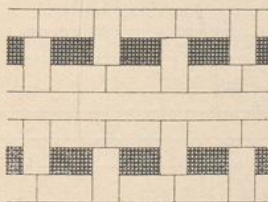


Fig. 150.

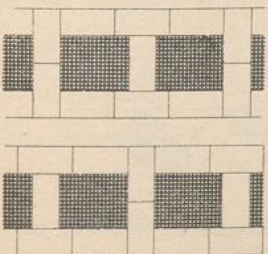


Fig. 149.

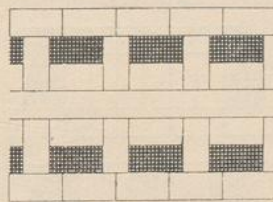
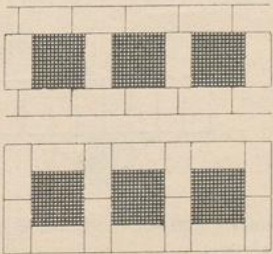


Fig. 151.



tiven oder wirtschaftlichen Rücksichten. In beiden Fällen kann es nicht, wie bei den Kanälen, darauf ankommen, daß die Hohlräume ununterbrochen lotrecht durchlaufen; im Gegenteil, es werden bei der großen Längenerstreckung derselben (sie sind so lang wie die Mauern

Bei den $2\frac{1}{4}$ Stein starken Mauern läßt sich der Hohlraum auch in die Mitte legen und dann mit Vorteil der Binderverband verwenden (Fig. 146). Es hat diese Anordnung noch den Vorzug, daß für die Stockwerksgebälke in dem 1 Stein starken inneren Teile eine sichere Untermauerung geschaffen wird.

Bei denjenigen Hohlmauern, die nicht Schutz gegen von einer Seite zur Wirkung gelangende Feuchtigkeit bieten sollen, wie dies in der Regel

bei Scheidemauern der Fall ist, und die nicht als Trag- oder Stützwände zu dienen haben, können die beiden Fronten unbedenklich $\frac{1}{2}$ Stein stark gehalten werden. Es ergibt sich dann bei regelmäßiger Anordnung von Bindersteinen ein Verband, den man als Kästelverband bezeichnet. Unter Umständen können dabei auch hochkantig gestellte Steine zur Verwendung gelangen. Es gewährt dies die Möglichkeit der Herstellung von 1 Stein starken Mauern als Hohlmauern (Fig. 147). Beispiele von $1\frac{1}{2}$ Stein starkem Kästelmauerwerk geben Fig. 148 u. 149, von folchem 2 Stein stark dagegen Fig. 150 u. 151. Es geht aus diesen Beispielen hervor, daß sich das Kästelmauerwerk auf verschiedene Weise herstellen läßt³¹⁾.

6) Mauerkörper mit schiefen Ecken und Winkeln.

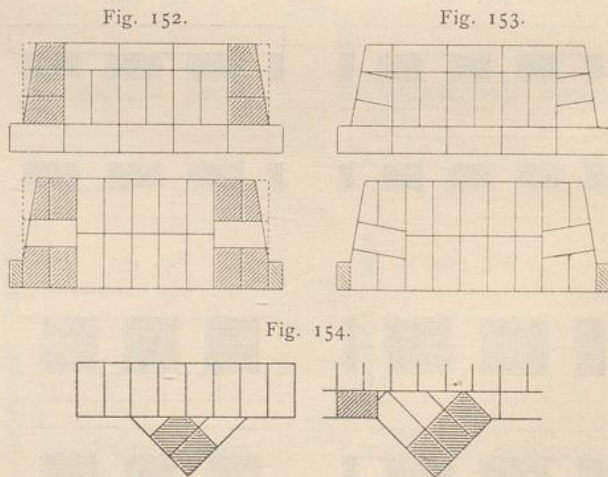
57.
Grundsätze

Da die Gestalt der gewöhnlichen Backsteine ohne weiteres die Bildung von schiefwinkligen Mauerkörpern nicht zuläßt, so müssen dieselben zu diesem Zwecke entsprechend zugehauen werden, oder man muß sich besonderer Formsteine bedienen. Wie schon bei Gelegenheit der Besprechung des schiefwinkligen Zusammenstoßes von Mauern ausgeführt wurde, verlieren die Mauersteine beim Verhauen an gutem Aussehen, an Festigkeit und an Witterungsbeständigkeit. Es wird daher das Verhauen der Steine nur dann zulässig erscheinen, wenn der Bedarf an zugehauenen Steinen ein geringfügiger ist oder wenn die Mauerflächen geputzt werden. Aber auch in letzterem Falle wird man die Anwendung von sehr kleinen Stückchen, sowie den spitzwinkligen Auslauf der Fugen in den Außenflächen zu vermeiden suchen müssen.

In allen Fällen, wo schiefe Winkel an einem Bauwerke in gleicher Größe oft wiederkehren, namentlich bei Backsteinrohbauten, wird sich die Verwendung von Formsteinen für die Ecken empfehlen. Außer der Beachtung der allgemein gültigen Verbandregeln werden hierbei für die Bildung dieser Formsteine gewisse Grundsätze festzuhalten sein, welche etwa die folgenden sind: die Formsteine sollen die Größe der gewöhnlichen Backsteine nicht wesentlich übersteigen (die Dicke ist immer genau beizubehalten); der Verband ist mit möglichst wenigen Sorten von Formsteinen herzustellen; die Stoszfugen sollen senkrecht zu den Außenflächen der Mauerkörper laufen.

58.
Thür-
und Fenster-
laibungen.

Ein sehr häufig vorkommender Fall, bei dem man sich aber in der Regel der gewöhnlichen Backsteine bedienen wird, ist die Anordnung von abgeschrägten Laibungen der Thür- und Fensterpfeiler. Das gewöhnliche Verfahren hierbei ist das in Fig. 152 dargestellte, wonach man sich zunächst den Verband für rechtwinkelige Laibungen aufsucht und durch die gewünschte Schräge der Laibung die von den Mauerenden abzuhauenden Steinstücke bestimmt. Ein anderes Verfahren gibt Fig. 153; es sind dabei so gut, als es

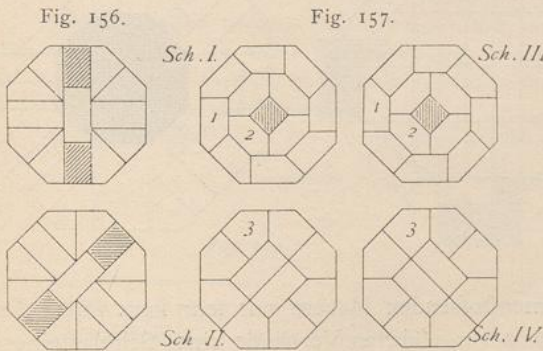
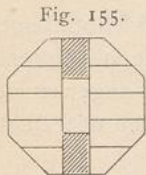


³¹⁾ Ueber die Herstellung von Hohlmauern mit Hilfe von Hohlsteinen wird im nächstfolgenden Hefte (Abt. III, Abschnitt 1, B, Kap. 2) dieses »Handbuchs« die Rede sein.

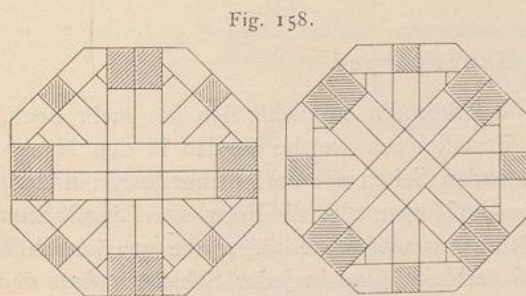
ging, die Regeln für stumpfwinkelige Mauerecken befolgt, die Stofsugen teilweise fenkrecht zu den äußeren Mauerfluchten, die spitzen Winkel der Steine möglichst in das Innere des Mauerkörpers verlegt worden. Trotzdem ist zuzugeben, daß durch dieses Verfahren ohne Verwendung von Formsteinen keine großen Vorteile zu erzielen sind.

Seltener ist der Fall, daß Mauerfluchten unter schiefen Winkeln einschneidende Pfeilervorlagen einzubinden sind. Das Einbinden erfolgt dann etwa in der in Fig. 154 mitgeteilten Weise.

Häufiger sind vieleckige Freistützen herzustellen, und unter diesen am häufigsten regelmäsig achteckige. Fig. 155 gibt eine Schicht einer solchen von $2\frac{1}{2}$ Stein Stärke für Herstellung aus gewöhnlichen Backsteinen. Durch fortgesetzte Drehung dieser Schicht um 45 Grad kann ein vierfacher Wechsel der Fugenrichtung in vier aufeinander folgenden Schichten erzeugt werden. Es entspricht demnach diese Verbandanordnung allen Anforderungen an Fugenverwechslung und Ueberdeckung der Steine in den aufeinander folgenden Schichten, während sie andererseits in dem stark spitzwinkligen Auslauf der stark verhauenen vier Ecksteine einen bedeutenden Mangel aufweist. Dieser sonst bequem einzurichtende Verband wird daher nur dann anzuwenden sein, wenn es sich um Herstellung weniger und zu putzender Pfeiler handelt. Für andere Fälle ist die Verwendung von Formsteinen entschieden anzuraten. Derartige Beispiele bieten Fig. 156 u. 157.



In Fig. 158 ist eine Freistütze von $4\frac{1}{2}$ Stein Stärke dargestellt. Die zweite Schicht ist durch Drehung der ersten um 45 Grad erzielt. Der Grundgedanke der Verbandbildung bei diesem Beispiel ist auch für noch stärkere Pfeiler anwendbar. Es wird nur eine Sorte Formsteine für die Ecken notwendig.



Reicher gegliederte Freistützen mit Vorlagen an den Vieleckseiten oder mit Diensten besetzte Pfeiler, wie sie als Stützen von Gewölben oft notwendig werden, deren auf eine Andeutung zu beschränkende Behandlung sich am besten hier anschließt, sind immer nur mit Formsteinen und als Rohbau auszuführen. Fig. 159 und 161 mögen als Beispiele genügen ³²⁾.

³²⁾ Zahlreiche Beispiele finden sich in dem schon in Fußnote 25 (S. 30) angeführten Werke von *Fleischinger & Becker*, dem auch Fig. 159 u. 161 nachgebildet sind.

59.
Dreieckige
Pfeiler-
vorlagen.

60.
Vieleckige
Freistützen.

61.
Gegliederte
Freistützen.

Fig. 159.

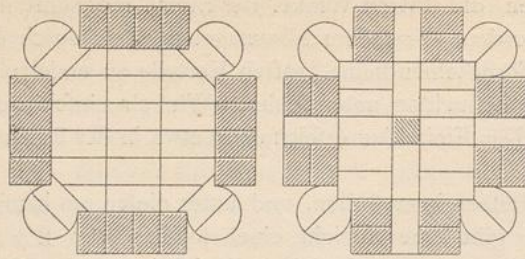
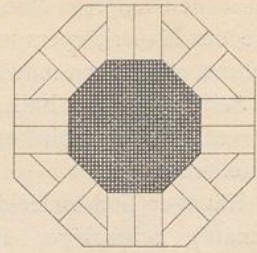


Fig. 160.



62.
Vieleckige
Hohlziegel.

Auch unter den vieleckigen Hohlziegeln, welche so oft als Fabrikschornsteine Verwendung finden, sind die von regelmäßig achteckigem Grundriss die häufigsten. Es werden bei diesen, wie bei allen anderen, zunächst die Regeln angewendet werden müssen, welche früher für die Bildung der stumpfwinkligen Ecken mitgeteilt

Fig. 161.

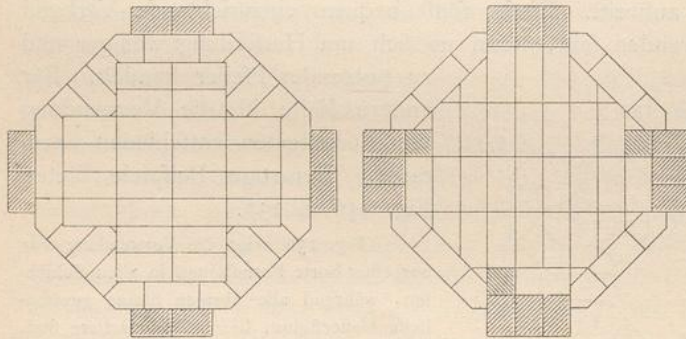
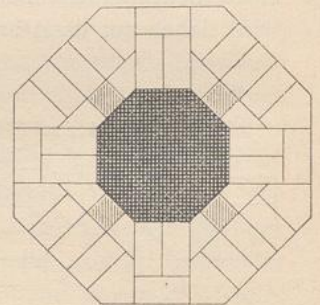


Fig. 162.



wurden, wenn gleich hier die zusammenstossenden Mauern nur sehr kurz sind. Es ergeben sich dann die in Fig. 160 u. 162 vorgeführten Verbände eines Schornsteines, dessen innere Achteckseite 1 Stein lang ist (der Durchmesser des eingeschriebenen Kreises ist dann gleich $2,414$ Steinlängen) und dessen Wandstärken 1 Stein oder $1\frac{1}{2}$ Stein betragen. Die zweiten Schichten sind sofort durch Drehung der ersten um 45 Grad zu erlangen.

7) Runde Mauerkörper.

63.
Gekrümmte
Mauern.

Für die Herstellung von runden Mauerkörpern empfiehlt sich fast mehr noch, als für vieleckige die Verwendung von Formsteinen, welche an den in den Mauerfluchten oder konzentrisch zu diesen liegenden Seiten die entsprechende Krümmung und senkrecht zur Krümmung gerichtete Stosfugen, also die Form von Ringstücken besitzen müssen. Würde man zur Herstellung runder Mauerkörper die gewöhnlichen rechteckigen Mauersteine verwenden, so erhielte man in jeder Schicht anstatt der gebogenen Flucht eine vieleckige. Die Läuferfluchten würden von der Bogenform noch mehr abweichen, als die Binderfluchten, weil sie nur die halbe Seitenzahl erhielten als die letzteren. Bei grossen Krümmungshalbmessern würden allerdings die Abweichungen von der cylindrischen Mauerflucht so gering ausfallen, dass sie nicht stören könnten.

Fig. 163.



Fig. 164.



Fig. 165.



Wir wollen den letzteren Weg einschlagen und annehmen, daß die Stosfugen an der äußeren Mauerflucht das Maß von 15 mm nicht übersteigen, an der inneren Flucht aber nicht unter 7,5 mm herabgehen dürfen. Unter Festhaltung des Binderverbandes erhalten wir dann, wie Fig. 166 nachweist, bei der 1 Stein starken Mauer die Proportion

$$135 : 127,5 = (250 + r) : r,$$

daraus $r = \frac{127,5 \cdot 250}{7,5} = 4,25 \text{ m},$

Fig. 166.

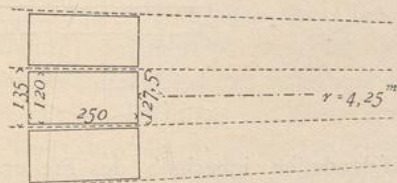
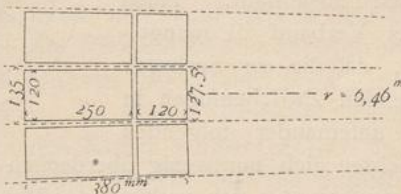


Fig. 167.



wobei r den lichten Halbmesser des gekrümmten Mauerwerkes bezeichnet.

Nach Fig. 167 erhalten wir für die $1\frac{1}{2}$ Stein starke Mauer

$$135 : 127,5 = (380 + r) : r$$

und $r = \frac{127,5 \cdot 380}{7,5} = 6,46 \text{ m}.$

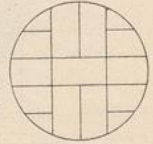
Es würden also unter den gemachten Voraussetzungen 1 Stein starke Mauern mindestens einen Halbmesser von $4,25 \text{ m} = 17$ Steinlängen und $1\frac{1}{2}$ Stein starke Mauern einen geringsten Halbmesser von ca. $6,5 \text{ m} = 26$ Steinlängen erfordern. Auch für noch stärkere Mauern ergibt sich als ungefähres Verhältnis zwischen Mauerstärke und Halbmesser $1 : 17$. Für kleinere Halbmesser oder vielmehr bei gekrümmten Mauern, deren Stärke größer als $\frac{1}{17}$ des lichten Halbmessers ist, wird sich unbedingt das Verhauen der Steine oder noch mehr die Anwendung der beschriebenen Formsteine empfehlen. Mit den letzteren lassen sich dann die gekrümmten Mauern ganz in denselben Verbänden wie die geraden ausführen.

64.
Runde
Freistützen.

Die Herstellung von Rundpfeilern aus gewöhnlichen Backsteinen liefert sehr schlechte Ergebnisse, wie das Beispiel in Fig. 168 zeigt, bei welchem allerdings ein Wechsel von vier Schichten ganz verbandgerecht durch fortgesetzte Drehung um 45 Grad erzielt werden kann. Wenn nun auch die Verwechslung der Fugen eine regelrechte ist, so entspricht doch der Verband anderen, nicht minder wichtigen Forderungen nur in geringem Grade.

Es sind in jeder Schicht nur zwei nach dem Mittelpunkte laufende Stosfugen vorhanden; alle anderen treffen unter zum Teile spitzem Winkel den Umkreis. Nur ein Stein (der in der Mitte) braucht nicht verhauen zu werden, bei allen übrigen ist dies notwendig; dabei kommen alle behauenen Flächen in den Umfang zu liegen und eben dahin noch eine Anzahl sehr kleiner Stücke.

Fig. 168.



Infolgedessen wird sich, abgesehen von sonstigen Nachteilen, trotz des größten Aufwandes von Mühe und Sorgfalt seitens des Maurers, immer nur ein sehr unvollkommen gestalteter Säulencylinder ergeben. Es wird in solchen Fällen die Verwendung von Formsteinen

auch hinsichtlich der Kosten sich lohnen, namentlich wenn man solche nur am Umfang verwendet, den Kern aber aus gewöhnlichen Backsteinen herstellt, wie dies Fig. 172 zeigt. In Fig. 169 ist der Formsteinverband für einen 2 bis 2½ Stein starken Rundpfeiler in feinen zwei Schichten dargestellt, wobei man mit zwei Sorten von Formsteinen auskommt. Auch dieser Verband ist mangelhaft, da die ein Sechseck bildenden Zwischenfugen in den aufeinander folgenden

Fig. 169.

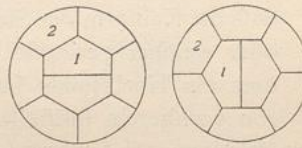


Fig. 170.

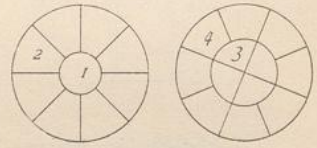


Fig. 171.

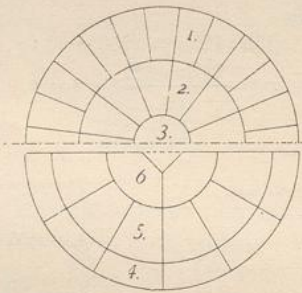
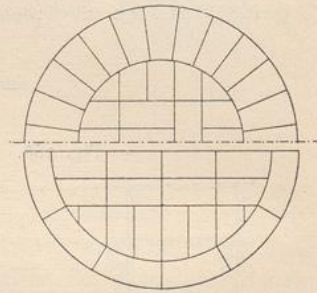


Fig. 172.



Schichten sich nur wenig überdecken und infolgedessen innerhalb des Pfeilers ein nur wenig unter sich verbundener Mantel und Kern sich bilden werden. Bessere Ergebnisse erzielt man bei Anwendung von vier Formsteinforten (Fig. 170). In Fig. 171 u. 172 sind Verbände für 5 Stein starke Rundpfeiler dargestellt. Zur Herstellung von Pfeilern nach Art von Fig. 171 sind sechs Sorten von Formsteinen erforderlich.

Als Beispiel ist noch der aus Formsteinen hergestellte Verband der kannelierten Mittelschiffsäulen der Basilika zu Pompeji hinzugefügt worden (Fig. 173).

Von diesen Säulen stehen jetzt Stümpfe von 1 bis 2 m Höhe aufrecht. Die Formsteine sind zwar bei allen nach derselben Weise gebildet; sie sind aber nicht überall in den Mäßen gleich. So haben die im Durchmesser wechselnden kreisrunden Mittelstücke 52 cm und 48 cm, bezw. 36 cm und 25 cm Durchmesser; dementsprechend sind auch die radialen Stücke verschieden. Die Lagerfugen sind dünn, nämlich 3 bis 5 mm dick. Die Stosfugen sind sehr verschieden gemauert. Sie sind bei vielen Säulen bis zu 40 mm dick zwischen den radialen Formsteinen; bei anderen sind sie wieder dünn gehalten. Ob dies ebenso, wie die verschiedene Größe der Steine mit der Herstellung der Säulenverjüngung zusammenhängt, wird sich nur durch genauere Untersuchung feststellen lassen, namentlich der Frage, ob und welche der Säulenstümpfe nach der Aufgrabung etwa neu aufgemauert worden sind. Die Kanneluren scheinen durch Zuhauen hergestellt worden zu sein. Daß die Säulen geputzt waren, braucht wohl kaum besonders hervorgehoben zu werden.

Fig. 174.

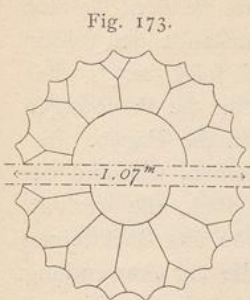


Fig. 173.

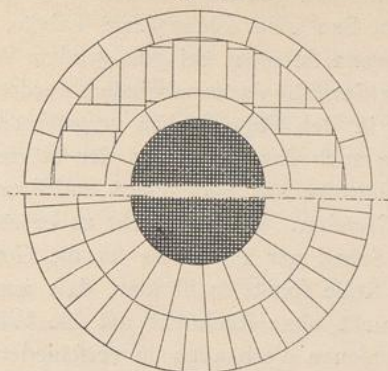
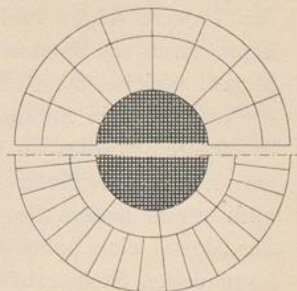


Fig. 175.



Verschiedene antike Säulenverbände von Backsteinen aus Pompeji und Rom sind in Teil II, Band 2 dieses »Handbuches« zu finden.

Fabrikshornsteine erhalten sehr häufig die Gestalt von Hohl Pfeilern mit kreisrundem Grundriß. Da bei solchen die Ausführung eines Putzes, sowohl innen als außen, unzweckmäßig ist, so müssen dieselben unter allen Umständen an den äußeren und inneren Flächen aus Formsteinen hergestellt werden (Fig. 175). Bei größeren Mauerstärken können dabei im Inneren des Mauerwerkes wohl auch teilweise gewöhnliche Backsteine Verwendung finden, wofür Fig. 174 ein Beispiel gibt.

Es mag hier noch angeführt werden, daß man in neuerer Zeit zur Herstellung von Fabrikshornsteinen, sowohl runden als vieleckigen, die Verwendung von Hohlsteinen besonders empfiehlt.

8) Bogenverband.

Die Steinkonstruktionen zur Ueberdeckung von Räumen und Oeffnungen müssen wie alle Mauerwerke nach den allgemeinen Gesetzen hergestellt werden, wie sie im 1. Kapitel vorgeführt wurden. Es sind danach die für diese Zwecke zur Anwendung gelangenden Gewölbe aus Schichten herzustellen, deren Lagerflächen im allgemeinen senkrecht zur Richtung des Hauptdruckes liegen. Es führen dementsprechend bei den Gewölben die so gelegenen Fugenflächen den Namen Lagerflächen und die Durchdringungen derselben mit den Ansichtsflächen der Gewölbe die Bezeichnung Lagerfugen (Wölbungen); alle übrigen Fugenflächen und Fugen nennt man Stoffsflächen, bezw. Stoffsugen. Die Richtung des Fugendruckes ist in den Gewölben eine wechselnde; sie folgt einer gekrümmten Drucklinie. Die Schichten eines Gewölbes können demnach nicht von parallelen Lagerflächen begrenzt sein; sondern es müssen die letzteren sich gegeneinander neigen. Gewöhnlich ist die Drucklinie nicht konzentrisch zur Wölblinie oder Bogenlinie des Gewölbes. Da man aber um des Aussehens willen und um spitzwinkelige Außenkanten der Wölbsteine zu vermeiden, die Lagerfugen senkrecht zur inneren Wölblinie annimmt, bei Kreisbogen also nach dem Mittelpunkt gerichtet, so ergibt sich daraus für die Lagerflächen fast immer eine von der theoretisch richtigen abweichende Lage.

Diese Abweichung darf nach den Auseinandersetzungen des 1. Kapitels ein gewisses Maß nicht überschreiten, wenn ein Gleiten der Wölbsteine aufeinander ausgeschlossen sein soll. Hierauf ist bei der Konstruktion der Gewölbe unter Umständen die gebührende Rücksicht zu nehmen. Dem Gleiten der Wölbsteine aufeinander

65.
Runde
Hohl Pfeiler.

66.
Fugenflächen
und
Fugenlinien.

67.
Verband.

wirkt der zwischen die Fugenflächen gebrachte Mörtel entgegen. Da nun die Wölbsteine zum größten Teile im Bau eine solche Lage haben, daß sie dem Gesetze der Schwere folgen müssen, wenn sie nicht bei genügendem Widerstande der Widerlager durch die Spannung im Gewölbe daran verhindert werden, so folgt daraus, daß Mittel, welche die Reibung in den Fugenflächen vergrößern, für die Wölbungen willkommen sein müssen, also auch das Einbringen des Mörtels in die Fugen. Insbesondere gilt dies für die Gewölbe aus Backsteinen und Bruchsteinen, während bei den Haupteingewölben aus Gründen, die hier nicht zu erörtern sind, die Verhältnisse etwas anders liegen. Sehen wir also, daß für die Gewölbe aus Backsteinen der Mörtel eine bedeutende Rolle spielt, so ist klar, daß man die zur Anwendung kommenden Steinverbände nicht ohne Rücksicht auf die Wirksamkeit des Fugenmörtels, die bei den verschiedenen Verbänden in verschiedener Weise sich äußert, besprechen kann, daß also deren Erörterung hier noch nicht am Platze, sondern zweckmäßigerweise nach Teil III, Band 2, Heft 2 (Abt. III, Abchn. 2, A) dieses »Handbuches« zu verschieben ist. Nichtsdestoweniger ist es möglich, hier

wenigstens die gebräuchlichen Verbandanordnungen vorzuführen, welche bei der Konstruktion der Mauer- und Gurtbogen zur Anwendung gelangen, weil sie ganz und gar den Pfeilerverbänden entsprechen, wenn man sich die lotrechte Achsenlinie des Pfeilers durch die gekrümmte des Bogens er-

setzt denkt. Es können dann die für Freistützen früher gegebenen Verbandanordnungen als unmittelbar auch für Bogen gültig angenommen werden. Es brauchen diese Beispiele hier nur durch solche, die auf die Bildung eines Anschlages Bezug haben, vermehrt zu werden, da bei den zur Ueberdeckung von Fenster- und Thüröffnungen angewendeten Mauerbogen Anschläge aus denselben Gründen, wie bei den Thür- und Fensterpfeilern erforderlich werden. Den für letztere in Fig. 101, 102, 105 bis 109 mitgeteilten Beispielen schließen sich die unter Fig. 176 bis 180 für Bogen passend an.

Erhalten die Bogen eine bedeutende Tiefe, werden sie zu Tonnengewölben, so erhalten die Schichten die Verbandanlagen von Mauern mit lotrechten Abchlüssen an beiden Enden, wie ja auch die Pfeiler in ihrem Verband nichts anderes zeigen, als die nahe zusammengedrängten Endigungen von Mauern.

Am besten werden die Bogen aus keilförmig gestalteten Steinen ausgeführt. Kann man solche für den gegebenen Halbmesser des Bogens nicht geformt aus der Ziegelei beziehen, so muß man sie keilförmig zuhauen. Besonders wichtig wird dies für die Halbkreisbogen, weil bei diesen die Dicke des Bogens im Verhältnis zum Halbmesser ziemlich groß ist, die Schichten also stark keilförmig ausfallen. Die Keilform der Steine darf aber gewisse Grenzen nicht überschreiten. Beim Brennen würde eine sehr ungleichmäßige Dicke der Steine ein Verziehen zur Folge haben; ebenso

Fig. 176.

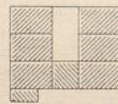


Fig. 177.



Fig. 178.



Fig. 179.

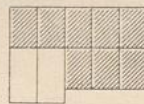
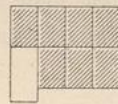
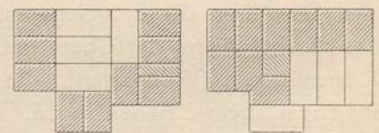


Fig. 180.



würde aber ein zu starkes Verhauen die Wölbsteine zu sehr schwächen. Man kann wohl annehmen, daß die Schwächung der Steine $\frac{1}{3}$ der Dicke, also beim Normalformat ca. 22 mm nicht übersteigen sollte. Nimmt man einen solchen noch zulässigen Unterschied in der Dicke der Steine an der inneren und äußeren Wölbfläche des Bogens an, so wird sich daraus berechnen lassen, welche Stärke ein Bogen, der im Verband eingewölbt werden soll, bei gegebenem Halbmesser nicht übersteigen darf, oder bis zu welchem kleinsten Halbmesser herab ein Bogen von gegebener Stärke im Verband hergestellt werden kann. Unter dieser Annahme berechnet sich der Halbmesser eines Bogens

von $\frac{1}{2}$ Stein Stärke zu 251 mm,
» 1 » » » 523 » ,
» $1\frac{1}{2}$ » » » 796 » ,

also im allgemeinen annähernd der Halbmesser als Zweifaches der Bogenstärke³³⁾.

Bei flachen Bogen konvergieren die Schichten nicht stark, so daß es möglich wird, dieselben aus den parallelepipedischen gewöhnlichen Backsteinen herzustellen und nur die Lagerfugen keilartig zu gestalten, ähnlich wie dies für rundes Mauerwerk erörtert wurde. Nimmt man, wie damals die zulässige Dicke der Fugen am Bogenrücken zu 15 mm und die Fugendicke an der Bogenlaibung zu 7,5 mm an, so berechnet sich der lichte Halbmesser des Bogens

bei 1 Stein Bogenstärke zu 2,416 m,
» $1\frac{1}{2}$ » » » 3,671 » ,
» 2 » » » 4,930 » ,

also ungefähr der kleinste Halbmesser, mit dem ein Bogen aus gewöhnlichen Backsteinen, ohne daß die Fugen zu keilartig ausfallen, im Verband gewölbt werden kann, zur 10-fachen Bogenstärke.

Sind die Bogen im Verhältnis zum Halbmesser so stark zu machen, daß die Steine oder die Fugen in unzulässiger Weise keilförmig gemacht werden müßten, so muß man es aufgeben, im Verband zu wölben. Man muß dann von einem der ersten Grundsätze für alle Steinverbände absehen, nämlich dem, daß in aufeinander folgenden Schichten nie Stosfugen aufeinander treffen sollen. Die Ausführung erfolgt dann entweder so, daß man mehrere im Verbands gewölbte Ringe übereinander anordnet, oder so, daß man den Bogen aus einer Anzahl von konzentrischen, $\frac{1}{2}$ Stein starken Schalen oder Ringen (englischer Verband, Schalen- oder Rouladenbogen) zusammensetzt. Bisweilen werden die Schalen an passenden Stellen durch Binder verbunden oder in Abteilungen zerlegt. Das Nähere über diese Konstruktionen folgt später.

b) Quaderverbände.

Regelmäßig bearbeitete natürliche Steine von ansehnlicher Größe nennt man Quader, Haufsteine, Werksteine, Werkstücke oder Schnittsteine. Quader werden aber auch größere, aus Mörtelmaterialien durch Gießen oder Stampfen in Formen erzeugte künstliche Steine genannt (Betonquader). Zwischen natürlichen und künstlichen Quadern ist indes in Beziehung auf die Verbandanordnung weiter kein Unterschied zu machen als der, der sich daraus ergibt, daß es für die künstlichen Quader bequemer ist, dieselben in genau regelmäßiger Form herzustellen, während bei den

69.
Natürliche
und künstliche
Quader.

³³⁾ Dieses Verhältnis würde genau richtig sein, wenn die Abmessungen der Backsteine sich genau wie 1:2:4 verhielten.

natürlichen Quadern häufig gewisse Abweichungen von der regelmässigen Form zulässig erscheinen.

70.
Abmessungen
der
Quader.

Würde man die Abmessungen der Quader nach den für die Backsteine gültigen Verhältnissen bestimmen, so würde über die Quaderverbände weiter gar nichts Besonderes zu sagen sein. Die Quader haben aber in der Regel kein vorher genau bestimmtes Mafs; sondern sie werden für jeden Bau besonders bestellt und hergerichtet, so dafs man in der Lage ist, innerhalb gewisser Grenzen die Mafse nach den herzustellenden Mauerdicken festzusetzen³⁴⁾. Die Abmessungen für jeden einzelnen Quader werden in den für jede Schicht zu zeichnenden und mit genau einzuschreibenden Mafsen versehenen Schichtenplänen ermittelt und bei der Bestellung angegeben. Die Lieferung mufs dann unter Hinzufügung des sog. Arbeitszolles (2,5 bis 3,0 cm) erfolgen. Immerhin ist man aber bei der Festsetzung der Mafse von der Art des natürlichen Gesteines und von der Stärke der Bänke oder Schichten deselben in den Steinbrüchen abhängig. Hierüber, sowie über die Proportionierung der Quader ist schon im 1. Kapitel das Notwendige gesagt worden. Es mag dem hier noch hinzugefügt werden, dafs die Höhe eines Quaders, auch wenn daran festgehalten wird, dafs die natürliche Schichtung senkrecht zur Druckrichtung zu legen ist, doch niemals die Dicke der Bank des Steinbruches übersteigen darf, damit die Quader keine natürlichen Lagerfugen erhalten. Ebenso soll aber die Höhe der Quader nicht viel kleiner als die Bankdicke genommen werden, ausgenommen natürlich den Fall sehr grosser Mächtigkeit der Bänke, wie sie häufig bei den Sandsteinen vorkommt. Bei reicheren Quaderbauten wird man innerhalb der eben angedeuteten, für das zur Verfügung stehende Material zu ermittelnden Grenzen die Mafse der architektonischen Ausbildung entsprechend festsetzen. Bei billiger herzustellenden Bauten dagegen wird man mehr auf die Mafse Rücksicht zu nehmen haben, in denen sich die Steine in den Brüchen gewöhnlich ergeben. Man wird zwar die Höhe aller Steine einer Schicht gleich halten, dagegen auf die Gleichheit der Länge aller Steine und der Höhe der übereinander folgenden Schichten verzichten.

Hauptgrundsatz für die Herstellung eines guten Verbandes bleibt dann ein gutes Ueberbinden der Steine in der Längen- und Querrichtung der Mauern. Als geringste Grösse dieses Ueberbindungsmafses, also des Mafses, bis zu welchem sich die Stofsugen zweier aufeinander folgenden Schichten nähern dürfen, ist die halbe Höhe der Quader anzunehmen; als mittleres Ueberbindungsmafs ist dagegen die ganze Quaderhöhe anzustreben.

Je nach der Stärke der Mauer wird dieselbe nur aus Läufern oder aus Läufern und Bindern oder wohl auch aus nebeneinander zu legenden, verschieden breiten Läuferreihen zusammengesetzt. Die Läufer erhalten eine Länge, die gleich ist der zwei- bis dreifachen Höhe, und eine Breite gleich der einfachen bis doppelten Höhe. Den Bindern gibt man ein Drittel bis die Hälfte der Läuferlänge zur Breite und macht sie zwei- bis dreimal so lang. Die Proportionierung der Mafse ist jedoch, wie früher schon angeführt, von der Güte und Festigkeit des Materiales abhängig.

³⁴⁾ Es ist hierzu anzuführen, dafs in einigen Gegenden mit ausgedehntem Steinbruchbetrieb gewisse Sorten von Quadern auf Vorrat gearbeitet und nach einem Marktpreis verkauft werden. Es finden dieselben dann in der Regel nur bei Massenbauten Verwendung, beim Hochbau meist nur zu den Fundamenten. So ist es z. B. in den sächsischen Elb-Sandsteinbrüchen, wo die Mafse für eine ziemliche Zahl von oft verlangten Steinwaren durch Vereinbarung festgesetzt worden sind; diese werden nach dem Stück bezahlt, während alle übrigen nach Mafs bestellten Steinstücke nach dem Rauminhalt verrechnet werden. — Gleiches ist in Baden der Fall.

Ist die Mauer nur so dick, daß eine Quaderbreite zur Herstellung derselben ausreicht, so wird sie nur aus Läufern hergestellt. Sind alle Quader gleich lang, so

Fig. 181.

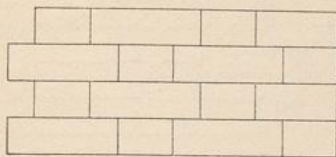


Fig. 182.

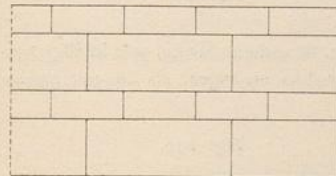


Fig. 183.

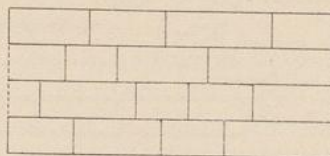
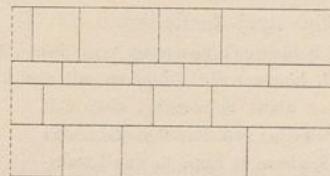


Fig. 184.



1) gleich hohe Schichten, in den Schichten regelmäßiger Wechsel von kurzen und langen Steinen (Fig. 181);

2) regelmäßiger Wechsel von niedrigen und hohen Schichten, in den wiederkehrend gleich hohen Schichten gleich lange Steine, in den unmittelbar auf-

Fig. 185.

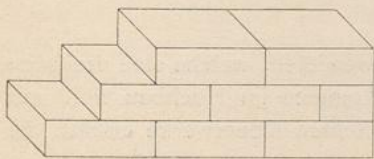
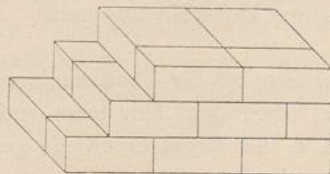


Fig. 186.



einander folgenden Schichten ungleiche Länge der Steine (Fig. 182);

3) gleich hohe Schichten, ungleiche Länge der Steine (Fig. 183);

4) verschieden hohe Schichten und ungleiche Länge der Steine (Fig. 184).

Ist die Mauer stärker als eine Quaderbreite, so kann sie:

1) aus Schichten, die aus zwei verschieden breiten Läuferreihen bestehen (Fig. 186), hergestellt werden;

2) man kann Binderreihen und Läuferreihen wechseln lassen (Fig. 187); man erhält dann den Blockverband der Backsteine, den man durch abwechselndes Ver-

Fig. 187.

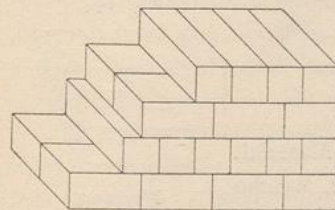
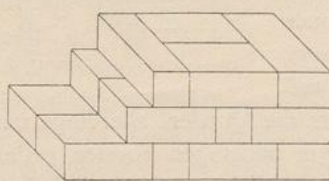


Fig. 188.



schieben der Läuferreihen in den Kreuzverband umgestalten könnte;

3) man kann Binder mit Läufern in den einzelnen Schichten abwechseln lassen (Fig. 188); man erhält

dann den polnischen oder gotischen Verband mit feinen Mängeln, die sich aber durch Anwendung von verschieden breiten Läufern beseitigen lassen, wie Fig. 189 zeigt.

Diese breiteren Läufer haben nach der Erklärung des Begriffes Binder in Art. 19 (S. 18) als solche zu gelten.

71.
Verband
für 1 Stein
starke
Mauern.

72.
Verband
für stärkere
Mauern.

Auch die anderen Ziegelverbände lassen sich nach Belieben zur Anwendung bringen.

Bei noch dickeren Mauern kann man in einer Schicht um die andere dieselbe aus drei Läuferreihen bestehen

lassen, die übrigen Schichten entweder aus zwei Läuferreihen (Fig. 190) oder aus lauter Durchbindern (Fig. 191) herstellen.

Es können hierbei die Schichtenhöhen auch verschieden fein; z. B. anstatt dafs sie, wie in Fig. 190, gleich hoch angenommen sind, könnten die Schichten mit drei Läuferreihen niedriger, als die mit zwei gehalten werden. Auch ist es nicht notwendig, dafs sich die Stofsugen schneiden, wie dies bei den Backsteinverbänden üblich und zweckmäfsig ist; sondern es kann in den Läuferreihen die innigere Verwechfelung der Stofsugen angeordnet werden, wie sie Fig. 191 zeigt.

Im übrigen können auch bei den eben besprochenen stärkeren Quadermauern dieselben Aenderungen in Bezug auf die Gröfsen der Quader eintreten, wie bei den Mauern, die nur aus einer Quaderreihe hergestellt werden, wenn nur immer ein genügendes Ueberbindungsmafs eingehalten wird.

Stärkere Quadermauern, als die schon wenig verwendeten, welche eine dreifache Quaderbreite zur Dicke haben, sind sehr teuer und kommen im Hochbau wohl nur selten vor. Sie werden in der Regel durch die gemischten Mauerwerke ersetzt, die später zur Besprechung gelangen.

Die Mauerecken, Maueranschlüfse und Mauerdurchkreuzungen, die Maueranschläge

und die Freistützen können nach denselben Verbandregeln, natürlich unter Berücksichtigung der Gröfse der Quader, aus letzteren hergestellt werden, wie sie für die Backsteine ausführlich erörtert worden sind, bedürfen daher hier keiner wiederholten Besprechung.

Es ist jedoch darauf aufmerksam zu machen, dafs die Quader, allerdings unter Materialverlust, eine Bearbeitung in beliebigen Formen gestatten, welche Verbänderleichterungen ermöglichen, wie sie bei den Backsteinen nur ausnahmsweise und dann auch gewöhnlich nur mit Formsteinen zur Ausführung gelangen. Es bezieht sich diese Bemerkung auf die häufig angewendeten Auskröpfungen oder Ausklinkungen der Quader.

Fig. 189.

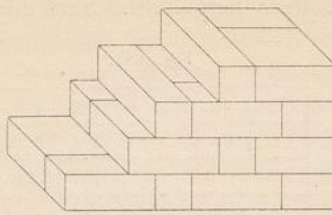


Fig. 190.

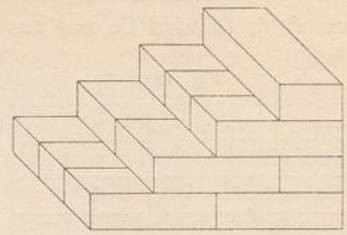
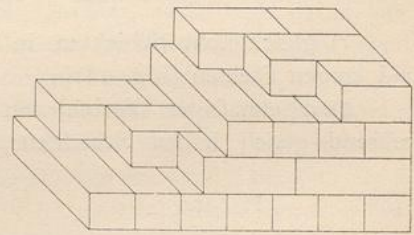


Fig. 191.



73.
Mauerecken,
-anschlüfse,
-durch-
kreuzungen
etc.

Fig. 192.

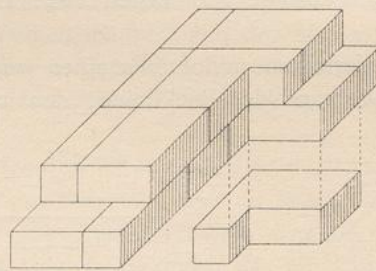


Fig. 193.

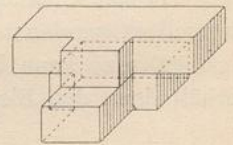


Fig. 194.

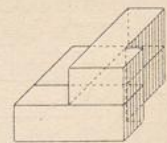


Fig. 195.

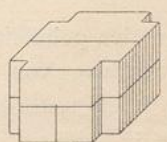
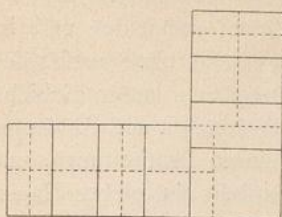


Fig. 196.



Es stellen dar: Fig. 192 eine Eckbildung, Fig. 193 einen Maueranschluss, Fig. 194 die Bildung des Anschlages einer Oeffnung, Fig. 195 einen Kreuzpfeiler unter Benutzung solcher ausgekröpfter Quader oder der fog. Flügelsteine.

Ferner kann angeführt werden, das man sich zur Bildung der Ecken öfters auch gröfserer Quader bedient, als sonst in der Mauer Verwendung finden (Fig. 196).

Bei stumpf- und spitzwinkligen, sowie bei abgerundeten und abgestumpften Ecken, die hier nur beiläufig erwähnt werden sollen, legt man ebenfalls zweckmäßigerweise gröfsere Quader an die Ecke, und zwar häufig in diagonaler Richtung mit der Rücksichtnahme, das die Stofsugen möglichst senkrecht zu den Fluchten stehen³⁵⁾.

c) Verbände für Mauern aus Bruchsteinen und Feldsteinen.

Unter Feldsteinen versteht man alle Geschiebe und Findlinge verschiedener Gröfse, die sich zerstreut in den Flüssen, an den Ufern derselben, in Wäldern und auf Feldern finden, also alle einzeln sich findende Steine. Unter Bruchsteinen sind dagegen alle solche Steine zu verstehen, die von anstehenden Felsen gebrochen werden. Sind die Feldsteine grofs, so können sie zerteilt werden und ebenso wie die Bruchsteine gröfsere oder geringere Bearbeitung erfahren. Von den natürlichen Quadern unterscheiden sich die Bruchsteine entweder durch die geringere Bearbeitung oder, wenn sie regelmäfsig bearbeitet sind, durch die geringere Gröfse³⁶⁾. Im letzteren Falle sind sie Schichtsteine³⁷⁾ zu nennen, wenn sie parallelepipedische Form haben, Polygonsteine oder Mosaiksteine dagegen, wenn sie vieleckige Stirnseiten erhalten.

Bei Herstellung jedes Bruchstein- oder Feldsteinmauerwerkes ist die Einhaltung der Verbandsregeln, wie sie für regelmäfsige Steine gelten, nach Möglichkeit anzustreben. Je gleichmäfsiger die Zusammenfetzung der Schichten, je besser der Verband in denselben, um so besser wird das Mauerwerk sein, um so mehr wird es sich an Güte dem Backstein- und dem Quadermauerwerk nähern.

Das Bruchsteinmauerwerk lässt sich danach in folgende 3 Gattungen zerlegen:

- 1) Mauerwerk aus Schichtsteinen;
- 2) Mauerwerk aus lagerhaften Bruchsteinen mit abgesetzten Schichten, und
- 3) ordinäres Bruchsteinmauerwerk.

Zu diesen würden noch als besondere Formen hinzutreten haben:

- 4) der Cyklopenverband und
- 5) der Polygon- oder Mosaikverband.

Kennzeichnend für das Schichtsteinmauerwerk ist, das alle Schichten in gleicher Stärke durchlaufen. Die Schichten werden dabei entweder durchgängig gleich hoch (ca. 20 cm) oder verschieden hoch gehalten. Im ersten Falle werden die Schichten

74.
Steinmaterial.

75.
Mauerwerks-
arten.

76.
Mauerwerk
aus
Schichtsteinen.

³⁵⁾ Ausführlicheres über die Eckbildungen von Quadermauern siehe in: RINGLEB, A. Lehrbuch des Steinschnitts. Berlin 1844.

³⁶⁾ D. h. es darf das Gewicht derselben nicht gröfser sein, als das sie noch von 1, höchstens 2 Maurern mit den Händen veretzt werden können.

³⁷⁾ Siehe auch Teil I, Band 1, erste Hälfte (Fufsnote 6 auf S. 67 [2. Aufl.: Fufsnote 22 auf S. 84]) dieses »Handbuchs«.

Handbuch der Architektur. III. 1. (3. Aufl.)

in der Regel nur äußerlich mit regelmäßig bearbeiteten Schichtsteinen (im westlichen Deutschland nach dem Französischen *moellons* genannt) verkleidet und im Inneren aus Füllsteinen gebildet, während es im zweiten Falle ohne wesentlich höheren Kostenaufwand möglich ist, die Schichten durchweg aus lauter Schichtsteinen herzustellen. Diese letztere Art des Mauerwerkes ist im Inneren und Aeußeren ganz gleichartig gebildet (nur die Stirnseiten erhalten oft feinere Bearbeitung), und ein regelrechter Verband ist bei derselben durchführbar. Es steht ein solches Mauerwerk bei entsprechendem Material an Güte kaum hinter dem Backstein- und Quadermauerwerk zurück.

Werden Füllsteine (mehr oder weniger unregelmäßige Stücke) im Inneren zur Anwendung gebracht, so ist zur Erzielung eines leidlichen Verbandes die Verwendung von möglichst vielen Bindern notwendig. Auf zwei Läufer in der Front soll mindestens ein Binder kommen. Die Länge der Steine darf das Drei- bis Fünffache der Höhe nicht übersteigen; als Mindestmaß der Höhe ist 10 cm anzusehen. Die Ueberbindung der Steine soll mindestens 8 bis 10 cm betragen.

77.
Mauerwerk
mit abgesetzten
Schichten.

Vom Schichtsteinmauerwerk unterscheidet sich das Mauerwerk mit abgesetzten Schichten dadurch, daß die entweder von Natur lagerhaften oder lagerrecht bearbeiteten Bruchsteine nicht in durchgehenden Schichten vermauert, sondern je nach ihrer Höhe so zusammengesetzt werden, daß manchmal 3 Schichten in 2 oder 2 Schichten in 1 übergehen (d. f. die abgesetzten Schichten). Hohlräume in den Fugen sind mit Schiefeln oder Steinsplittern (Zwickern) auszufüllen.

Ofters ist eine wagrechte Abgleichung herbeizuführen, so daß etwa alle 1 bis 1 $\frac{1}{4}$ m eine Lagerfuge durch die ganze Mauer hindurchläuft. Auch sind bei geringeren Mauerstärken in Abständen von 1,5 bis 1,8 m Durchbinder anzuordnen. Gleichförmiges Setzen des Mauerwerkes erzielt man durch gleichmäßige Verteilung der größeren Steine und dadurch, daß man an denjenigen Stellen, wo mehrere weniger dicke Steine übereinander folgen, den Mörtel in den Lagerfugen dünner aufträgt.

78.
Ordinäres
Bruchstein-
mauerwerk.

Mauerwerk aus ganz unregelmäßigen Bruchsteinen oder Feldsteinen nennt man ordinäres Bruchstein- oder Feldsteinmauerwerk. Es werden die Steine so gut, als möglich, aneinander gepafst; auf eine Deckung der Stosfugen wird Rücksicht genommen, wo möglich alle Steine auf die Breitseite und als Binder verlegt und auch das Innere aus möglichst großen Steinen hergestellt, kleine Stücke nur zum Füllen von Höhlungen zwischen den großen verwendet. Zu den Ecken nimmt man die größten und lagerhaftesten Steine. In vielen Fällen, namentlich bei den rundlichen Feldsteinen, muß man die Ecken aus besserem Material herstellen. In Höhenabständen von 1,5 bis 2,0 m ist das Mauerwerk wagrecht, auch wieder mit möglichst großen Stücken, abzugleichen (Mauerung in Bänken). Die Festigkeit der Mauern gewinnt sehr, wenn man an diesen Stellen einige Schichten aus regelmäßigem Material (3 bis 4 Backsteinschichten oder mehrere Schichten aus lagerhaften Steinen) einschaltet.

Zum ordinären Bruchsteinmauerwerk sind auch das Mauerwerk aus Flussschieben und das aus Kiefeln beizuzählen.

79.
Cyklopen-
Verband.

Der Cyklopenverband wird, wie das ordinäre Bruchsteinmauerwerk, aus ganz unregelmäßigen Stücken hergestellt; nur sind diese Stücke oft von sehr bedeutender Größe, und es werden dieselben gewöhnlich ohne Mörtel vermauert. Die Steine werden nur wenig zugerichtet, möglichst gut zusammengepaßt und die Höhlungen zwischen denselben mit kleineren Stücken sorgfältig ausgefüllt.

Der Polygonverband ist nur eine Verfeinerung des Cyklopenverbandes. Die Steinstücke werden an den Fugenflächen so bearbeitet, daß sie überall scharf aneinander passen. Erhalten dabei die Steine durchgängig eine gleiche oder rhythmisch wiederkehrende regelmässige Form, so ergibt sich der zierliche, aber sehr teure Mosaikverband. Der Polygonverband kommt naturgemäss am zweckmässigsten für die krySTALLINISCHEN Steine zur Verwendung; doch liefert besonders der Basalt infolge seines Vorkommens in Säulen von vieleckigem Querschnitt ein leicht herzustellendes gutes Polygonmauerwerk.

80.
Polygon-
und Mosaik-
verband.

Da bei den Bruchsteinmauerwerken der Mörtel gewöhnlich eine grosse Rolle spielt, sogar mit Zementmörtel ein vorzügliches Mauerwerk aus ganz unregelmässigen Steinen sich herstellen läßt, weil ferner zur Vermehrung der Festigkeit der Mauern dabei oft gemischte Materialien zur Verwendung gelangen, so erscheint es zweckmässig, die eingehendere Besprechung auf das nächste Heft (Abt. III, Abchn. 1, A) dieses »Handbuches« zu verschieben.

d) Verbände für Mauern aus gemischtem Mauerwerk.

Man hat es mit gemischtem Mauerwerk zu thun, entweder wenn einzelne lotrechte Abschnitte der Mauern aus anderem Material hergestellt werden, als der grössere Teil der Längenerstreckung, oder wenn die Mauer der ganzen Länge und Höhe nach aus parallel nebeneinander fortlaufenden Teilen von verschiedenem Material besteht.

81.
Verschieden-
heit.

Die zuerst angeführte Anordnungsweise wird getroffen, wenn die Mauer an einzelnen Stellen fester konstruiert werden soll, als dies mit dem in ihrem Hauptteile zu verwendenden Material möglich ist, wie dazu namentlich die Ecken von Bruchsteinmauern Veranlassung geben. Wird aus konstruktiven, wirtschaftlichen oder ästhetischen Gründen die Mauer ausser an den Ecken noch an anderen Stellen durch lotrechte Streifen von anderem Material in Abteilungen zerlegt, so ergibt sich eine Konstruktion, die eine gewisse Aehnlichkeit mit den Holz- und Eisenschwächen zeigt, aber auch zum Teile deren Mängel aufweist. Diese Aehnlichkeit wird noch grösser, wenn die lotrechten Streifen durch wagrechte Schichten von regelmässigen Steinen miteinander verbunden sind.

Man kann daher diese Konstruktionsweise als Steinfachwerk bezeichnen.

Die zweite Ausführungsweise wird gewählt, wenn ein Material von geringer Witterungsbeständigkeit zu schützen ist, oder wenn das Aussehen eines Mauerwerkes verbessert werden soll, oder wenn Aussenflächen von besonders grosser Widerstandsfähigkeit gegen mechanische, chemische oder physikalische Einflüsse erforderlich werden. Es handelt sich also in der Regel um die Verkleidung oder Verblendung eines geringeren Materiales mit einem besseren. Damit ist gewöhnlich eine nicht unwesentliche Kostenersparnis verknüpft, wegen deren wohl alle Monumentalbauten der Neuzeit nicht in gleichförmigem, sondern in gemischtem Material ausgeführt werden. Als übliche Zusammenstellungen sind anzuführen: Mauerwerk von Backsteinen, Bruchsteinen oder Beton mit Verblendung oder Vertäfelung von irgend einem Haufstein oder kostbarerem Gestein, wie Marmor, Serpentin u. a. m., oder Verkleidung eines eben solchen Mauerwerkes mit Verblendsteinen, Klinkern oder mit feineren Thonwaren, als Terrakotta, Majolika, Fayence u. dergl.

Beide Ausführungsweisen, das Steinfachwerk sowohl, als auch die Mauerblendung führen ähnliche Nachteile mit sich, die im nachfolgenden noch zu erörtern

fein werden. Im nächstfolgenden Hefte (Abt. III, Abfchn. 1, A) dieses »Handbuches« wird Gelegenheit sein, die Anwendung und Ausführung der gemischten Mauerwerke ausführlich zu besprechen, weswegen wir uns hier auf die Behandlung der hierher gehörigen Verbandanordnungen zu beschränken haben.

82.
Allgemeines
über
Verblendungen.

Wir beschäftigen uns zunächst mit den Mauerverblendungen, und zwar nur mit denjenigen Fällen, in denen die Verblendung eines Mauerkernes von Backsteinen, Bruchsteinen oder Beton mit Quadern oder eines Mauerkernes von ordinären Bruchsteinen oder Beton mit Backsteinen erforderlich wird.

Obgleich bei allen gemischten Mauerwerken die gewöhnlichen Verbandregeln zu befolgen sind, so ist doch noch auf einen besonderen Umstand Rücksicht zu nehmen; es ist dies die ungleichmäßige Zusammenfassung des Mauerkörpers. Diese führt zu einer verschiedenen Zahl von Lagerfugen im äußeren und inneren Teile und bedingt dadurch in demselben ungleich große Zusammenpressung des Mörtels, also ungleichmäßiges Setzen. Trotz angewandeter Vorsicht ist das Ergebnis davon, daß der eine Teil dem anderen beim Setzen nicht zu folgen vermag und daß Längspaltungen eintreten. Der äußere Teil, die Verblendung, ist in der Regel der schwächere. Kommt dann dazu, was sehr häufig der Fall ist, daß er weniger Lagerfugen, als der Kern hat, und besitzt er dabei nicht die der Belastung entsprechende Knickfestigkeit, so ergeben sich zunächst Ausbauchungen und dann Einsturz der Verblendung. Aehnliche Gefahren können auch infolge unüberlegter Verwendung von Mörteln von verschiedenen Eigenschaften im Mauerkerne und in der Verblendung eintreten. Es wird also bei gemischten Mauerwerken, abgesehen davon, daß die Gesamtdicke aller Lagerfugen in beiden Teilen möglichst gleich zu halten und wo möglich ein nicht schwindender Mörtel zu verwenden ist, darauf ankommen, das Entstehen von Längspaltungen durch eine möglichst innige Verbindung der Verblendung mit dem Mauerkerne zu verhindern. Dies wird durch Anordnung von entsprechend vielen, in den Kern eingreifenden Bindern in der Verblendung erreicht. Die Möglichkeit der Anwendung sehr vieler Binder gewährt besonders der holländische Verband, der denn auch für die Verblendungen mitunter zur Verwendung gelangt. Wegen der vielen Binder wird derselbe aber oft zu kostspielig befunden, und man begnügt sich daher gewöhnlich mit der Verwendung des Block- oder Kreuzverbandes, sowie besonders mit dem polnischen Verband oder Abänderungen desselben. Auch kann nicht unter allen Umständen eine sehr große Zahl von Bindern als zweckmäßig bezeichnet werden, worauf im nächstfolgenden Hefte (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 1) dieses »Handbuches« zurückgekommen werden wird.

Außer den erwähnten Vorsichtsmaßregeln wird noch gewöhnlich die in Anwendung gebracht, ein gemischtes Mauerwerk stärker zu machen, als ein gleichförmig regelmässiges. Häufig hält man den Mauerkerne so stark, daß er für sich allein der gegebenen Beanspruchung genügen würde.

Die Festigkeit der gemischten Mauerkörper wird wesentlich vergrößert, wenn man in Zwischenräumen Schichten von regelmässigem Material ganz durchgehen läßt, wie dies auch für ordinäres Bruchsteinmauerwerk empfohlen wurde (siehe Art. 78, S. 66).

83.
Quader-
verblendung.

Außer durch Anordnung einer genügenden Anzahl eingreifender Binder ist zwischen der Quaderverblendung und einem aus regelmässigen Steinen bestehenden Mauerkerne eine innige Verbindung nur dann zu erzielen, wenn eine Schicht der Verblendung einer Anzahl von Schichten der Hintermauerung genau entspricht, so

dafs also alle Lagerfugen der Verblendung wagrecht durch den ganzen Mauerkörper hindurchgehen. Bei Hintermauerung mit nur lagerhaften oder ordinären Bruchsteinen ist Aehnliches anzustreben. Von dieser Regel werden sich allerdings sowohl bei den zuletzt erwähnten Materialien, als auch bei den Backsteinen, in Folge der architektonischen Anordnung der Maueransichtsflächen, mitunter Abweichungen nötig machen.

Die Quaderverblendungen können entweder auf beiden Seiten der Mauer vorhanden sein oder nur auf einer; sie können entweder aus vollständigen Quadern oder nur aus Platten bestehen.

Ist die Quaderverblendung auf beiden Hauptern der Mauern auszuführen, so werden die Verbandanordnungen anwendbar, wie wir sie bei den Hohlmauern aus Backsteinen als Kästelverbände kennen gelernt haben (siehe Fig. 147 bis 151, S. 53). Die Festigkeit solcher Mauern wird besonders groß, wenn die Mauerdicke und die Steinlängen es gestatten, die Binder als Durchbinder oder Ankersteine durch die ganze Mauer hindurchreichen zu lassen (Fig. 197). Vermehrt kann die Festigkeit noch werden, wenn eines der im 3. Kapitel zu besprechenden künstlichen Verbindungsmittel in Anwendung gebracht wird. Diese letzteren gebraucht man auch mit demselben Nutzen, wenn Ankersteine durch aneinander zu stoßende kleinere Stücke ersetzt werden müssen, oder wenn die Binder nur bis zur gegenüber liegenden Läuferreihe reichen.

Wird eine Quaderverblendung nur an einem Mauerhaupte ausgeführt, so wird man, je nach den Mitteln oder Umständen, mehr oder weniger Binder in Anwendung bringen. Als genügend fest betrachtet man in der Regel einen Verband, bei welchem

Fig. 197.

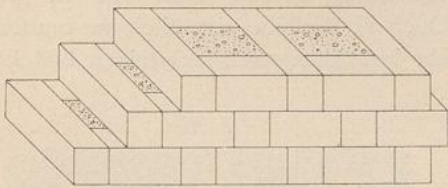


Fig. 198.

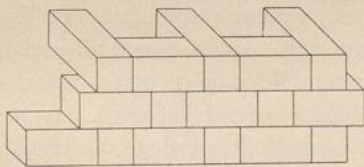


Fig. 199.

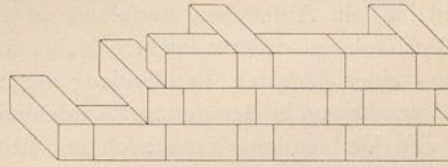
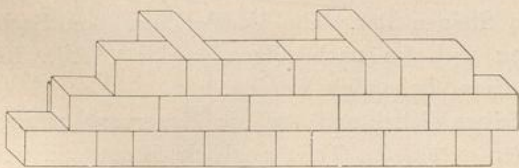


Fig. 200.



in jeder Schicht der Verblendung zwischen zwei Läufern ein Binder liegt, also den polnischen Verband (Fig. 198). Verbände von geringerer Festigkeit zeigen in absteigender Linie Fig. 199 u. 200³⁸⁾. Für Verblendungen mit Haufsteinplatten empfiehlt sich besonders der in Fig. 201 u. 202 dargestellte Verband. Die Lage der Binder kann auch bei diesen Anordnungen durch künstliche Verbindungsmittel gesichert werden.

³⁸⁾ Die Römer bedienten sich insbesondere des in Fig. 200 dargestellten Verbandes und haben mit demselben vortreffliche Ergebnisse erzielt.

Fig. 201.

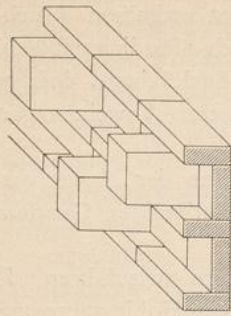


Fig. 202.

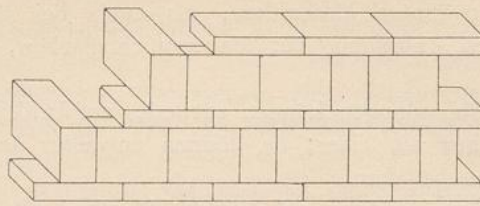
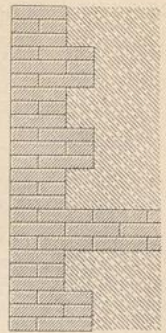


Fig. 203.



84.
Verblendung
mit
Backsteinen.

Erhalten die Mauern bei geringeren Stärken auf beiden Seiten Verblendung mit Backsteinen, so eignen sich ebenfalls die Anordnungen des Kästelmauerwerkes. Bei grösseren Mauerstärken und einseitiger Verblendung kommt namentlich der polnische Verband zur Anwendung (Fig. 204). Doch ist derselbe eigentlich nur brauchbar, wenn der Mauerkern aus Beton oder sehr kleinstückigen Bruchsteinen besteht.

Fig. 204.

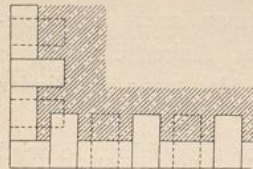


Fig. 205.



Fig. 206.



Fig. 207.



Bei grösseren Bruchsteinen ist eine gleichmässige Auflagerung der eingreifenden Binderköpfe nur schwer herbeizuführen und deshalb bei der geringen Dicke der Backsteine ein Abbrechen derselben zu befürchten, wodurch natürlich der Zweck der Verbindung verloren geht. Mehr zu empfehlen ist für diesen Fall die Herstellung einer stärkeren Verblendung von wechselnder Dicke (Fig. 203), wobei also eine Verzahnung in der ganzen Ausdehnung der Mauer ausgeführt wird.

Die Verblendung kann auch mit Luftschicht hergestellt werden, wie Fig. 205 bis 207 zeigen. Bei Backsteinrohbauten empfiehlt sich für die $\frac{1}{2}$ Stein starke Verblendung mit Luftschicht der Binderverband (Fig. 205). Fig. 207 stellt eine Verblendung mit hochkantig gestellten Steinen dar. Die Verblendung von Backsteinmauern mit feinen Verblendsteinen wird im nächstfolgenden Heft (Abt. III Abchn. 1, A, Kap. 2) dieses »Handbuches« behandelt werden.

85.
Stein-
fachwerk.

Das Steinfachwerk leidet an demselben Uebelstand wie die Mauerverblendung, dem nämlich, dass sich die verschieden gebildeten Teile ungleich setzen und sich voneinander trennen können. Man sucht diesem Nachteil in der Regel durch eine Verzahnung zu begegnen; doch ist darauf zu sehen, dass die Zähne keine zu geringe Höhe und keine zu grosse Länge erhalten, weil sie sonst leicht abbrechen. Ferner ist bei den Verzahnungen ebenfalls wieder, wie bei den Verblendungen, streng darauf zu achten, dass die Lagerfugen der grösseren Steine in der ganzen Mauer fortlaufen, was allerdings nur bei regelmässigem oder lagerhaftem Mauermaterial erreichbar ist.

Fig. 208.

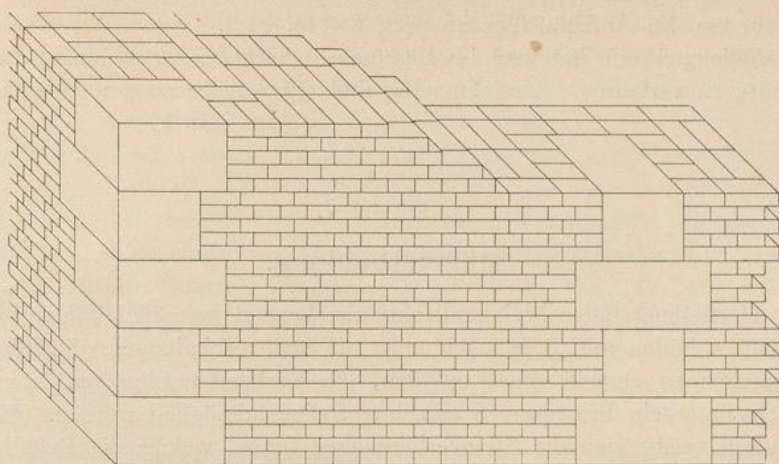


Fig. 209.

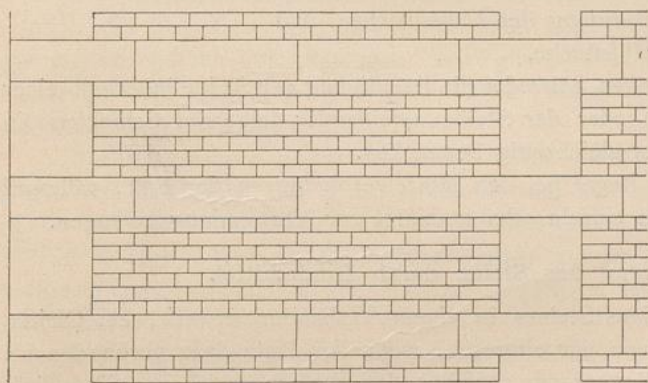
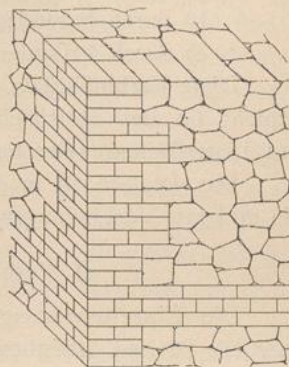


Fig. 210.



(Fig. 208 u. 209). Bei ganz unregelmäßigen Bruchsteinen ist eine abtatzweise Ausgleichung einzuführen und dann die schon erwähnte, den Abtätzen entsprechende Durchführung von Schichten aus regelmäßigem Material von Vorteil (Fig. 210).

Fig. 211.

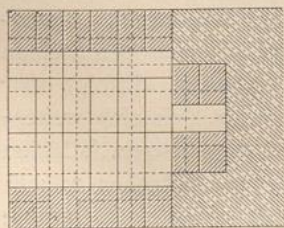
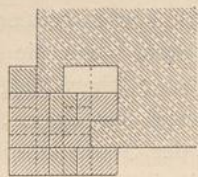


Fig. 212.



Bei Backsteinen darf die Verzahnung niemals nur eine Schicht stark werden, sondern muß stets aus mehreren Schichten bestehen. Trotzdem werden sich bei hohen Mauern, namentlich wenn dieselben nicht in die erwähnten Höhenabteilungen zerlegt sind, Trennungen zwischen den ver-

schiedenen Teilen ergeben, auch wohl die Verzahnungen abgeprengt werden. Deswegen sieht man in solchen

Fällen wohl auch von den Verzahnungen ganz ab und läßt die Mauerteile in lotrechten Nuten ineinander greifen, so daß sich dieselben unabhängig bewegen können. Es ist dies allerdings nur bei dicken Mauern ausführbar (Fig. 211); auch

folten die aus regelmässigerem Material hergestellten Abschnitte vor den anderen vorspringen, um die Anschlussfuge zu decken (Fig. 212).

In ähnlicher Weise hat man im allgemeinen auch beim Anschluß neuer Mauerteile an alte zu verfahren. Verzahnungen sind dabei nicht zu empfehlen.

3. Kapitel.

Steinverbindung.

Zur Herstellung fester Steinkonstruktionen benutzt man die Steinverbände und in den meisten Fällen mit diesen zusammen die Steinverbindungen. Sachliche Rücksichten machen es zumeist nicht möglich, die Verbandanordnungen so zu treffen, daß durch sie allein Bewegungen einzelner Steine unmöglich werden. Um solche zu verhindern, zieht man die Steinverbindungen hinzu, welche die Befestigung der Steine untereinander bezwecken. Diese Befestigung kann, wie schon im 1. Kapitel angeführt wurde, auf dreierlei Weise erfolgen, und zwar:

- a) durch Verbindung mittels der fog. Bindemittel (Mörtel etc.);
- b) durch besondere Formung der Fugenflächen, und
- c) durch besondere Hilfsstücke.

Diese Verbindungen können entweder die Befestigung der Steine innerhalb einer Schicht (in den Stofsflächen) oder der Steine aufeinander folgender Schichten (in den Lagerflächen) oder beides gleichzeitig bezwecken.

Das letztere ist in der Regel bei den Mörtelverbindungen der Fall, während die anderen Verbindungsarten einzeln oder vereinigt zur Verwendung gelangen.

a) Verbindung der Steine durch Bindemittel.

86.
Aufgabe
der
Bindemittel.

Die Einzelbewegung eines Steines in einem Verbandmauerwerk, ein Gleiten oder ein Drehen desselben kann nur eintreten, wenn der Platz dazu vorhanden ist. Dieser Platz ist durch den Fugenraum zwischen den Steinen gegeben. Sind diese Zwischenräume sehr klein, die Fugen sehr eng (scharf), was bei sorgfältiger Bearbeitung oder Herstellung der Steine möglich ist, so wird die Bewegung eines Steines unabhängig von seinen Nachbarn nur sehr gering ausfallen können. Sie wird aber ganz verhindert, auch bei größeren Zwischenräumen, wenn dieselben mit einem Stoff von geeigneter Beschaffenheit ausgefüllt werden. Solche Stoffe sind die fog. Bindemittel, durch welche also zunächst die Unverrückbarkeit der Steine erzielt wird, woraus eine Erhöhung der Festigkeit des Verbandmauerwerkes sich ergibt. Unverrückbarkeit würde allerdings schon eintreten, wenn die Fugen zwischen den Steinen nur an einzelnen Stellen durch feste Körper scharf ausgefüllt werden. Erfolgt aber die Ausfüllung in der ganzen Ausdehnung der Fugen, so ergibt sich eine weitere Erhöhung der Festigkeit der Lagerung der Steine durch die vergrößerte Adhäsion zwischen den Steinflächen, da diese mit der Grösse der Berührungsflächen wächst. Es folgt daraus aber auch, daß es unbedingt zweckmässig ist, nicht bloß einzelne Fugen, sondern alle Fugen, und zwar vollständig zu füllen. Dazu gehört aber, daß das Bindemittel sich leicht in die Fugen bringen läßt, und anfänglich weich ist, damit es sich an alle Unebenheiten der Steine eng anschließen könne. Dadurch erhält man zugleich einen ferneren Vorteil für die Konstruktion, nämlich den einer

gleichmäßigen Druckverteilung in derselben, die nicht mehr nur durch einzelne vor-
springende Punkte vermittelt wird, sondern in der ganzen Ausdehnung der Lager-
flächen stattfindet. Es muß dabei das Bindemittel indes der Bedingung Genüge leisten,
daß es, einmal zusammengedrückt, sich nicht noch weiter zusammendrücken läßt.

Den bisher erwähnten Eigenschaften, die von einem für die Füllung von Fugen
geeigneten Bindemittel verlangt werden müssen, genügen außer den Mörteln auch
Moos und einige Erdarten, welche letzteren Stoffe denn auch in dem angedeuteten
Sinne bei den sog. Trocken- oder Feldmauern Verwendung finden.

Viele Bindemittel, die sog. Mörtel, besitzen indess noch eine weitere sehr
wertvolle Eigenschaft, nämlich die, aus einem weichen, halb flüssigen Zustande in
einen starren überzugehen und dabei fest an den Steinflächen zu haften, so daß ein
Zusammenkitten der Steine erfolgt. Es sind dies die Bindemittel im wahren Sinne
des Wortes, über welche schon in Teil I, Band 1, erste Hälfte (Abt. I, Abschn. 1,
Kap. 3) dieses »Handbuches« das Nötige mitgeteilt worden ist, und die dort in
chemische und mechanische Mörtel eingeteilt wurden. Die Mauerwerke, welche mit
Hilfe der chemischen Mörtel (Kalk-, Zement-, Gipsmörtel) hergestellt werden, nennt
man im gewöhnlichen Leben gemörtelte oder gespeifte³⁹⁾ Mauern.

Die mechanischen Mörtel (Lehm, Schamotte, Kite, Asphalt, Schwefel, ge-
schmolzenes Blei, Lote etc.) haben eine mehr untergeordnete Bedeutung und finden
nur aus besonderen Veranlassungen Verwendung. Auch bei den chemischen Mörteln
ergibt sich fast immer nur eine mechanische Verbindung mit den Steinflächen, durch
Adhäsion und Eindringen in die Poren.

Auf die weitere Bedeutung vieler Mörtel als Mittel zur Dichtung der Fugen
gegen das Eindringen von Feuchtigkeit sei hier nur vorläufig hingewiesen. Ebenso
ist es hier nicht am Platze, auf das Besondere der Anwendung der verschiedenen
Mörtel bei den verschiedenen Steimaterialien (auf das Mauern) einzugehen; dagegen
müssen schon hier die für alle Materialien gültigen Grundsätze der Anwendung er-
örtert werden.

Die chemischen Mörtel, wenigstens die Kalk- und die Zementmörtel, werden
in der Regel mit einem Zusatz von Sand oder einem anderen Füllstoff bereitet.
Beim Zement wird der Sand der Ersparnis, der sicheren und leichteren Verwendung
wegen zugesetzt; beim Kalk ist er notwendig, um im Mörtel die genügende Porosität
für das Eindringen der atmosphärischen Luft und damit ausreichende Säuerung des
Aetzkalkes mit Kohlenäure, möglichst vollständige Umbildung des Aetzkalkes in
kohlenfauren Kalk zu erzielen. Auch ist der Sandzusatz nötig, um genügende feste
Körperflächen zu haben, an welche der sich bildende kohlenfaure Kalk sich fest an-
legen kann. Ohne Sandzusatz wirkt der Kalkteig nur druckausgleichend zwischen
den Steinen.

Die Menge Bindestoff, welche dem Sande zur Mörtelbildung zuzusetzen ist,
entspricht der Menge von Flüssigkeit, die vom Sand unter gewöhnlichen Verhält-
nissen kapillar zurückgehalten werden kann. Es ist dies ein Mindestmaß des Kalk-
zusatzes, welches aber bei ungenügendem Luftzutritt für raschere Verfestigung des
Mörtels günstiger wirken kann, als ein reichlicherer Zusatz⁴⁰⁾. Im allgemeinen ist
aber zur Erzielung größter Festigkeit vollkommene Füllung aller Zwischenräume zu

³⁹⁾ Die Bezeichnung »Mauerpeife« oder »Speifs« wird vielfach für Mörtel verwendet.

⁴⁰⁾ Siehe: HAUENSCHILD, H. Zur Frage der Erhärtung des Kalkmörtels. Notizbl. des Ziegler- und Kalkbrenner-
Vereins 1881, S. 68.

87.
Grundsatz
für chemische
Mörtel.

verlangen. Dies gilt auch vom Beton, bei dessen groben Füllmassen übrigens die Kapillarität zwischen denselben nur sehr gering sein kann. Man hat daher zur Herstellung eines guten Betons alle Steinbrocken desselben vollständig mit Bindestoff zu umhüllen; ein Mehr würde nicht nützlich sein. Alle Zwischenräume sollen eben nur ausgefüllt werden, was allerdings wegen der Körperlichkeit des Bindestoffes einen Ueberschuss an folchem über die gemessene Summe der Zwischenräume der Steinbrocken ohne Bindestoff verlangt.

Derselbe Grundsatz ist auch für die Bildung von Mörtelmauerwerk aufzustellen; nur dass bei diesem selbstverständlich die Mauerhäupter von der Benetzung mit Mörtel auszuschliessen sind. Ein so hergestelltes Mauerwerk nennt man scharf gemauert. Die Menge des notwendigen Mörtels ergibt sich dann als Summe der Zwischenräume, der Fugen, für welche das zulässig geringste Mass anzunehmen ist. Dieses geringste zulässige Mass, die Fugendicke, ist aber von der Beschaffenheit der Fugenflächen und des Mörtels abhängig.

88.
Fugendicke.

Je ebener die Fugenflächen und je feinkörniger der Füllstoff des Mörtels sind, um so enger wird man die Fugen machen können. Beides hat aber seine untere Grenze, da durch Uebertreibung der Wirksamkeit des Mörtels geschadet werden kann. An glatten Flächen haftet der Mörtel meistens schlechter, als an etwas rauhen; staubartiger Sand ist für die Mörtelbereitung untauglich; er soll immer ein gut fühlbares, scharfkantiges Korn besitzen.

Die Dicke der Fugen ist auch von der Gestalt der Steine und der Art des Steinmaterials abhängig. Ebenso wird man zwischen Lagerfugen und Stosfugen einen Unterschied machen können.

Bei der Massbestimmung der Mauerziegel wird auf die Dicke der Fugen schon Rücksicht genommen; so ist beim deutschen Normal-Ziegelformat (siehe Art. 21, S. 20) die Dicke der Stosfugen auf 10 mm festgesetzt, während die der Lagerfugen in der Regel etwas stärker angenommen werden muss, nämlich zu ca. 12 mm, wobei dann auf 1 m Höhe 13 Schichten kommen. Abgesehen von der dadurch erzielten Bequemlichkeit für die Massenberechnung ist die grössere Lagerfugendicke häufig deswegen notwendig, weil die Steine gewöhnlich etwas verschieden dick und öfters etwas über 65 mm stark sind, und man daher einigen Spielraum braucht, um die Oberkante der Steine in eine Wagrechte bringen zu können. Bei den sorgfältig zubereiteten Verblendsteinen und feinsandigem Mörtel wird man dagegen bis zu 6 bis 8 mm herabgehen dürfen, während als oberste Grenze für ordinäre Backsteine 15 mm anzunehmen wäre. Bei einer dicken Fuge wird wohl eine gleichmässige Druckverteilung zu erwarten sein, aber auch ein starkes Setzen des Mauerwerkes durch Zusammenpressen und Schwinden des Mörtels. Wenn die Römer bei ihren Ziegelbauten Fugen von 25 bis 50 mm Dicke anwendeten, so war dies wohl nur infolge ihres rasch bindenden Puzzolanmörtels zulässig.

Auch bei Mauerwerken aus bearbeiteten natürlichen Steinen ist bei Feststellung der Masse auf die Fugendicke Rücksicht zu nehmen, wenigstens auf die der Lagerfugen, die der gleichmässigen Druckverteilung wegen bei Verwendung von Mörtel nicht unter 5 bis 6 mm dick zu machen sind, sonst aber auch nicht über 12 mm. Die Stosfugendicke sucht man im allgemeinen möglichst knapp zu halten und kann dann, wenn man dieselben nach innen zu sich etwas erweitern lässt, bis zu 3 mm im Haupt herabgehen.

Bei Mauerwerk aus unregelmässigen Bruchsteinen ist selbstredend die Fugen-

dicke von der Form der Steine abhängig; doch dürfte hier, wie bei den Ziegeln, ebenfalls eine obere Grenze von 15^{mm} festzuhalten sein. Größere Höhlungen sind mit Zwickern auszufüllen.

Mit einem Mörtel wird sich nur dann die beabsichtigte Wirkung vollkommen erzielen lassen, wenn gewisse Vorichtsmafsregeln bei der Verwendung beobachtet werden. Dahin gehören Reinigen der Steinflächen, Näffen mancher Steinarten, Nichtstören des Abbindens des Mörtels und Verwendung von frischem Mörtel.

89.
Vorichts-
mafsregeln.

Vollkommene Adhäsion zwischen Mörtel und Stein kann nur eintreten, wenn keine fremden Körper zwischen ihnen sich befinden, an welche der Mörtel sich anlegen kann. Solche, wie Staub, Verunreinigungen mit Erde etc., sind daher stets vor dem Vermauern von den Steinen zu entfernen, am vollständigsten durch Wegschwemmen mit Wasser.

Dadurch wird zugleich bei vielen Steinen etwas anderes, ebenso Wichtiges erreicht, nämlich ein gewisser Feuchtigkeitsgrad der Steine, welcher bewirkt, daß dem Mörtel nicht zu rasch sein Wassergehalt entzogen wird; denn der Erhärtungsvorgang eines chemischen Mörtels kann nur dann genügend stattfinden, wenn derselbe einige Zeit eine ausreichende Feuchtigkeit behält. Bei porigen oder thonhaltigen Steinen, sowie bei Mauerziegeln, wenn sie nicht sehr scharf gebrannt sind, ist das erwähnte Annäffen der Entfernung des Staubes wegen noch nicht ausreichend; sondern es wird bei ihnen eine stärkere Durchfeuchtung durch Begießen oder Eintauchen notwendig. Dagegen kann bei dichten Steinen und Klinkern ein stärkeres Annäffen schädlich sein.

Sind die Steine einmal in ihr Mörtelbett gelegt, so dürfen sie nicht wieder verrückt oder erschüttert werden, weil der Mörtel nur einmal abbindet, was in Berührung mit dem Stein in dünner Schicht ziemlich rasch vor sich geht. Ein zweites Mal gehen die meisten Mörtel mit dem Stein keine Verbindung ein. Man muß sich daher bestreben, die Steine rasch in die richtige Lage zu bringen und sie in dieser zu belassen. Deshalb ist auch das manchen Orts beliebte Zurichten der Schichtsteine oder Bruchsteine auf der Mauer entschieden verwerflich. Eben deshalb ist es auch schwierig, bei Mauern aus schweren, mühsam verletzbaren Quadern eine wirkliche Mörtelverbindung zu erzielen, und man hat daher bei diesen den Mörtel mehr als Füllmaterial für die Fugen zu betrachten.

Wünscht man eine feste Mörtelverbindung, so ist es aus dem eben angegebenen Grunde unbedingt notwendig, dann, wenn man gezwungen ist, einen schon verletzten Stein wieder zu verrücken oder aufzuheben, den früheren Mörtel sorgfältig zu beseitigen und durch neuen zu ersetzen. Wegen des raschen Abbindens der chemischen Mörtel, namentlich der Zemente und des Gipses, darf man auch nur verhältnismäßig geringe Mengen auf einmal zubereiten, d. h. nur so viel, als man in der Zeit vom Anmachen bis zum vollendeten Abbinden zu verwenden im Stande ist. Es gilt dies auch für die Kalkmörtel, die man deswegen nicht über Nacht unverwendet und, wenn dies nicht zu umgehen ist, wenigstens nicht ohne gewisse Schutzmafsregeln stehen lassen sollte.

Ueber diese Dinge, über die Eigenschaften, die ein guter Mörtel haben soll, über die verschiedenen Arten und die Zubereitung derselben findet sich das Nähere in Teil I, Band 1, erste Hälfte (Abt. I) dieses »Handbuches«. Es mag jedoch hier noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß aufsergewöhnliche Lufttemperaturen die Mörtelverbindung eines Mauerwerkes wesentlich stören können. In heißer

90.
Schädigung
durch Hitze
und Frost.

Witterung hergestelltes Mauerwerk, namentlich von dünnen Wänden, sowie schnell künstlich getrocknetes Gemäuer erhält nur geringe Festigkeit, infolge zu rascher Entziehung der Feuchtigkeit oder infolge zu rascher Erhärtung der äusseren Mörtelteile und dadurch herbeigeführter Minderung der Porosität⁴¹⁾. Frost wird die Entwicklung einer Mörtelverbindung ganz zerstören oder wenigstens verzögern⁴²⁾.

Wo Bauausführungen bei Frostwetter nicht zu umgehen sind, muß man besondere Mafsregeln treffen, die aber entsprechende Kostenvermehrung verursachen⁴³⁾.

91.
Festigkeit von
Mörtel-
mauerwerk.

Je gleichartiger ein Stoff in seinem Gefüge ist, um so grössere Festigkeit wird er verhältnismässig besitzen. Ein Mauerwerk ist nun keine einheitliche Masse, da die einzelnen Stücke desselben durch die Fugen getrennt werden. Durch das Ausfüllen der Fugen mit Mörtel wird nun allerdings eine grössere Gleichmässigkeit erzielt; aber immerhin ist ohne weiteres anzunehmen, dafs ein solches Mauerwerk weniger fest fein wird, als der einzelne Stein für sich. Im Mauerwerk haben wir eine Verbindung von Körpern verschiedener Festigkeit, in welcher die Druckverteilung ungleichmässiger ist, als in den Steinen und dem Mörtel für sich allein. Es wird dies durch die Erfahrung bestätigt.

Böhme sagt hierüber⁴⁴⁾: »Namentlich werden — wenn das Bindematerial härter als der Stein ist — die Stofsungen die Zerstörer sein, indem der darauf liegende Stein nicht zerdrückt wird, sondern zerbricht. Ist aber das Bindemittel weniger fest, so wird an den Stellen, wo der Mörtel in grosser Menge vorhanden ist (z. B. in den Stofsungen), derselbe früher zerstört werden als der Stein; der Druck geht alsdann auf eine kleinere Fläche über, beansprucht also die Flächeneinheit höher, und die übrigen Steine werden dadurch ebenfalls schneller zerstört werden müssen. — Stellt man dagegen einen Mauerklotz her, der aus genau bearbeiteten Steinen in gutem Zementmörtel ohne Verband (frei von Stofsungen) gemauert ist, so ergeben sich bedeutend günstigere Resultate; ja es ist sogar vorgekommen, dafs ein solcher Mauerklotz mehr Widerstandsfähigkeit lieferte, als ein einziger Stein von der Gattung, aus welcher der Mauerklotz hergestellt war.«

Verbandmauerwerk ist nun ohne Stofsungen nicht herstellbar (höchstens bei schwachen Haufteinpfeilern), so dafs die Versuche, welche mit Mauerklötzen angestellt wurden, die nur Lagerfugen hatten, für die Praxis eigentlich keine Bedeutung haben. Leider ist die Untersuchung von grösseren Mauerkörpern aus Verbandmauerwerk mit grossen Schwierigkeiten verknüpft, so dafs solche bis jetzt wenig ausgeführt worden sind. Für Mauerziegel liegt jedoch eine von *Böhme* mitgeteilte längere Versuchsreihe vor⁴⁵⁾. Von derselben sollen hier die Schlussergebnisse mitgeteilt werden, aus welchen der wesentliche Einflufs des Mörtels auf die Festigkeit des Mauerwerkes erhellt.

Wenn mit δ die Festigkeit des gemauerten Würfels und mit δ_1 die zulässige Belastung desselben bei 10-facher Sicherheit in Prozenten der Festigkeit der unvermauerten Steine bezeichnet wird, so betragen diese Werte bei den angeführten Mörtelmischungen:

41) Ausführlicheres hierüber siehe in: GOTTGREU, R. Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien. Bd. II. 3. Aufl. Berlin 1881. S. 269 u. ff. — Vergl. auch das nächstfolgende Heft (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 2) dieses »Handbuches«.

42) Siehe hierüber: HAUENSCHILD, H. Zur Frage der Erhärtung von Kalkmörtel. Notizbl. des Ziegler- und Kalkbrenner-Ver. 1881, S. 68.

43) Ueber die Ausführung eines Brückenbaues bei Frostwetter siehe: Deutsche Bauz. 1880, S. 74 — desgl. über die Ausführung des Bahnhofes Friedrichsstraße in Berlin: Baugwks.-Ztg. 1885, S. 35. — Vergl. auch das nächstfolgende Heft (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 2) dieses »Handbuches«.

44) In: Die Festigkeit der Baumaterialien. Berlin 1876. S. 9.

45) In: Thätigkeit der k. Prüfungs-Station für Baumaterialien im Jahre 1878. Zeitschr. f. Bauw. 1880, S. 555. — Ueber andere Versuche folgen Mitteilungen im nächstfolgenden Heft (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 11) dieses »Handbuches«. — Mitteilungen über Prüfungen von Ziegelmauerwerk an Pfeilern von 22 × 22 cm Druckfläche bei 60 cm Höhe finden sich auch in: Zeitschr. f. Arch. u. Ing. 1897, Heftausg., S. 407 (nach Thonindustrie-Ztg. 1896, S. 861).

Festigkeit	Mörtelmischung:			
	I. 1 Teil Kalk, 2 Teile Sand.	II. 7 Teile Kalk, 1 Teil Zement, 16 Teile Sand.	III. 1 Teil Zement, 6 Teile Sand.	IV. 1 Teil Zement, 3 Teile Sand.
δ	44	48	55	63
δ_1	4,4	4,8	5,5	6,3

Prozent.

Unter Benutzung dieser Werte von δ_1 und der aus vielen Versuchen gefundenen Mittelwerte für die Druckfestigkeit der verschiedenen Backsteinsorten hat *Böhme* über die zulässige Belastung eines aus denselben hergestellten Verbandmauerwerkes folgende Tabelle aufgestellt.

Art der Steine	Mittlere Druckfestigkeit der unvermauerten Steine	Zulässige Belastung des Verbandmauerwerkes bei Mörtelmischung				Zulässige Belastung nach den Bestimmungen des Berliner Polizeipräsidiums		Bemerkungen
		I.	II.	III.	IV.	Kalkmörtel	Zementmörtel	
		$\delta_1 = 4,4$ Proz.	4,8 Proz.	5,5 Proz.	6,3 Proz.			
Gewöhnliche Hintermauerungssteine	206	9,1	9,8	11,3	13	8	—	leicht gebrannt hart gebrannt
Bessere Backsteine, Mittelbrand	258	11,4	12,4	14,2	16,3	—	11	
Klinkersteine	379	16,7	18,2	20,8	24	—	14	
Poröse Vollsteine	184	8,1	8,8	10,1	11,6	—	3	
Poröse Lochsteine	84	3,7	4	4,6	5,3	—	6	
Lochsteine	194	8,5	9,3	10,7	12	—	—	

Kilogramm für 1 qcm.

Mit Bruchsteinen sind ähnliche Versuche zwar noch weniger angestellt worden; doch wird man bei ihnen über die für Backsteine ermittelten Prozentätze (δ_1) der Festigkeit der unvermauerten Steine nicht hinausgehen dürfen, da die Gestalt der Stücke mit in Rechnung zu ziehen ist. *Böhme* gibt folgende Tabelle, deren Zahlen aber von ihm als hohe bezeichnet werden:

Bezeichnung der Bruchsteine	Mittlere Druckfestigkeit der unvermauerten Steine für die Würfelform	Zulässige Belastung	
		für platten- oder klotzförmige Werkstücke ohne Mörtelverbindung	für Bruchsteinmauerwerk in Zementmörtel ($\delta_1 = 5,5$ Proz.)
Granit	1107	110	60
Porphyr	1302	130	72
Sandstein	460	46	25
Quader Sandstein	679	68	37
Sandsteinquarz	1523	152	84
Basaltlava	391	39	21
Basalt	1382	138	76

Kilogramm für 1 qcm.

92.
Mechanische
Mörtel.

War es bei den chemischen Mörteln im allgemeinen notwendig, die Steinflächen zu nassen, so ist das Umgekehrte bei den mechanischen Mörteln der Fall. Es sind dieselben in zwei Gattungen zu scheiden: in solche, die aus dem halb flüssigen Zustande infolge Austrocknens der mechanisch beigemengten Flüssigkeit in den festen übergehen (Lehm, Schamotte etc.), und in solche, die geschmolzen werden und durch Abkühlung erstarren (Asphalt, Blei, Schwefel etc.). Bei den ersteren würde das Nassen der Steine, ebenso wie eine zu große Feuchtigkeit des Mörtels (er braucht nur mit der Kelle verarbeitet und in die Fugen gebracht werden zu können) den Erhärtungsvorgang nur verzögern und ein stärkeres Schwinden und damit vermehrtes Setzen des Mauerwerkes verursachen. Bei den letzteren würde dagegen vorhandene Feuchtigkeit sogar schädlich (Verhinderung der Adhäsion) und unter Umständen (bei Blei) auch gefährlich für den Arbeiter werden können. Bei diesen Bindemitteln ist es daher angezeigt, die Steinflächen vor Feuchtigkeit zu schützen und etwa vorhandene durch Austrocknen zu beseitigen.

Für Lehm, Schamotte u. dergl. Mörtel gelten bezüglich der zu verwendenden Mörtelmenge und der Fugendicke dieselben Grundsätze, wie bei den chemischen Mörteln; es ist dieselbe nach Möglichkeit einzuschränken. Für die zu schmelzenden Bindemittel lassen sich in dieser Beziehung keine allgemeinen Regeln aufstellen.

93.
Trocken-
mauerwerk.

Trockene oder Feldmauern werden mit Hilfe von Moos und Erde hergestellt. Da es sich hierbei nur um Ausfüllung der Zwischenräume und feste Lagerung der Steine handelt, so muß das Bindemittel trocken zur Anwendung gelangen, damit ein späteres Schwinden und Setzen ausgeschlossen ist. Unter Trockenheit ist aber bei Erde nicht staubartige Beschaffenheit derselben zu verstehen; sondern sie muß etwas knetbar fein und sich noch gut in den Zwischenräumen durch Klopfen und Stampfen zusammenpressen lassen, wozu bei geeignetem Material nur geringe Feuchtigkeit notwendig ist.

94.
Wahl des
Bindemittels.

Die richtige Wahl eines Bindemittels für einen gegebenen Fall kann für den dauerhaften Bestand eines Bauwerkes von großer Wichtigkeit sein. Es ist hier nun nicht der Platz, auf diesen Gegenstand näher einzugehen, da hierüber einesteils schon in Teil I, Band 1, erste Hälfte (Abt. 1: Die Technik der wichtigeren Baustoffe) dieses »Handbuches« verhandelt worden ist, anderenteils dazu Veranlassung bei der Besprechung der einzelnen Konstruktionen vorliegt. Wir können uns daher hier mit allgemeinen Andeutungen begnügen.

Für die Wahl des Bindemittels kommen namentlich in Betracht: Beanspruchungen durch die Konstruktion, Einflüsse von Witterung, Feuchtigkeit, Temperatur und Benutzung des Bauwerkes, Einwirkung von Naturereignissen und benachbarten Nutzanlagen.

Werden Bauteile stark auf Zug oder Druck in Anspruch genommen, so muß ein Mörtel gewählt werden, der rasch eine eigene große Festigkeit erlangt (z. B. Portlandzement, während bei anderen, weniger beanspruchten Teilen ein Mörtel von geringerer Festigkeit oder ein solcher, der erst langsam fest wird (z. B. Luftkalkmörtel), genügen kann. Aehnlich verhält es sich, wenn bei Mauerkörpern starkes Setzen zulässig ist oder nicht (in letzterem Falle wird man einen rasch erhärtenden, nicht schwindenden Mörtel verwenden müssen), oder wenn Erschütterungen durch Naturereignisse oder benachbarte Nutzanlagen zu erwarten sind oder nicht. Häufig wiederkehrende Erschütterungen können unter Umständen einen elastischen Mörtel zweckmäßig erscheinen lassen (z. B. Asphaltbeton für Gründung von Dampfmaschinen, Dampfhämmern etc.). Die

vorausichtlichen Einflüsse von Witterung und Feuchtigkeit verlangen einen Mörtel von entsprechenden, gewöhnlich einen solchen von hydraulischen Eigenschaften. Da, wo Feuchtigkeiten am Durchdringen oder Aufsteigen verhindert werden sollen, ist ein wasserdichter Mörtel notwendig (Zement, Asphalt). Mauerwerke, die höheren Temperaturen ausgesetzt sind, müssen mit einem Mörtel hergestellt werden, der durch die Hitze nicht zersetzt wird (Lehm, Schamotte u. a. m.). Räume, in denen alkalische oder faure Dämpfe entwickelt werden, zur Fortleitung oder Aufbewahrung ähnlicher Flüssigkeiten oder von Auswurfstoffen benutzte Kanäle oder Gruben verlangen einen Mörtel, der keine chemischen Veränderungen durch die genannten Dünfte oder Stoffe erleidet. Andererseits dürfen Eisen, Blei und andere Metalle, die mit dem Mörtel des Mauerwerkes in Berührung kommen, durch diesen nicht angegriffen werden. Mauern, welche wasserdurchlässig sein sollen (Futtermauern), wird man unter Umständen als Trockenmauern aufführen können. Auch die Zusammensetzung eines und desselben Mörtels kann je nach dem Orte der Verwendung und der Beanspruchung verändert werden. So wird man Mauerkörper, welche späterhin starke Belastung erhalten, mit einem mageren Luftmörtel ausführen können, als solche, die nur wenig belastet werden; Mauerziegel hat man, des geringeren Eigengewichtes wegen, mit fetterem Luftmörtel zu vermauern, als Quader und dichte Bruchsteine.

b) Verbindung der Steine durch besondere Formung der Fugenflächen.

Zur Verbindung der Steine innerhalb einer Schicht durch besondere Formung der Stofsflächen sind namentlich folgende Mittel im Gebrauch: vieleckige Gestaltung der Steine im Grundriss, schwalbenschwanzförmige Ausbildung derselben, Verschränkung oder Auskröpfung der Stofsugen und Anwendung von Nut und Feder (Spundung). Die ersten beiden Mittel gelangen mehr im Ingenieurbauwesen zur Benutzung, müssen aber der Vollständigkeit wegen hier mit zur Erörterung kommen und können in besonderen Fällen auch im Hochbau Verwendung finden. Die beiden zuletzt angeführten Formungen der Fugenflächen sind mehr im Hochbau gebräuchlich; zum Teile haben sie allerdings auch nicht viel mehr, als geschichtliche Bedeutung.

Bei all diesen Arten der Formung der Fugenflächen ist es erforderlich, darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Kanten der Steine nicht zu spitzwinkelig ausfallen. Es wird dies um so notwendiger, je weicher das Steinmaterial ist. Auch empfiehlt es sich immer zur Ersparnis an Kosten und Erzielung genauer Arbeit, möglichst einfache Formen zu wählen.

Die vieleckige Grundrissbildung der Steine ist mit dem Polygonverband von aufgehendem Mauerwerk verwandt. Sie ist namentlich bei der Konstruktion von Leuchttürmen und Brückenpfeilern zur Anwendung gekommen, bei welchen der

Fig. 213.

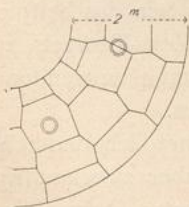


Fig. 214.



Wellenschlag, bezw. der Eisgang oft sehr bedeutende Schübe ausüben, so daß eine besondere Sicherung der Steine geboten erscheint.

In Fig. 213 ist als charakteristisches Beispiel ein Teil einer Schicht eines Leuchtturmunterbaues aus der Bucht von Plymouth mitgeteilt⁴⁶⁾. Der Fugenschnitt ist hier mit großem Verständnis behandelt. Die aufeinander folgenden Schichten sind

95.
Verbindung
innerhalb
einer Schicht.

96.
Vieleckige
Form
der Steine.

⁴⁶⁾ Nach: MÖLLINGER, K. Elemente des Steinbaues. I. Halle 1869.

durch eiserne Ringdübel verbunden. — Eine umständlichere, spitzwinkelige Kanten nicht vermeidende Bildung zeigt das Beispiel in Fig. 214. Es würde sich dieser Mangel durch die später zu besprechende rechtwinkelige Verfränkung der Steine vermeiden lassen (siehe Fig. 219).

97.
Schwalben-
schwanzförmige
Bildung
der Steine.

Sehr viel wird zur Verbindung von Steinen einer Schicht die schwalbenschwanzförmige Gestaltung der Steine in Anwendung gebracht, weniger bei durchgängigem Quadermauerwerk (doch gehört teilweise hierher das Beispiel in Fig. 214), als bei gemischtem Mauerwerk mit Quaderverblendung aus Läufern und Bindern. Durch die in entsprechende Vertiefungen der Binder eingreifenden Vorsprünge der Läuferenden werden diese letzteren in ihrer Lage gesichert, während die Binder durch die Hintermauerung belastet und festgehalten werden (Fig. 215). — Bei zweihäutigem Mauerwerk können die Binder zu sehr wirksamen Ankersteinen gemacht werden (Fig. 217, bei *a*). Sind die Binder nicht in einer der Mauerdicke entsprechenden Länge zu beschaffen, so kann man eine ähnlich kräftige Verankerung durch Stofs zweier oder mehrerer Binder und Verklammerung der inneren Köpfe (Fig. 217, bei *b*) erzielen. — Die Schwalbenschwanzform wird oft auch zum Festbinden von vor die Mauerfluchten vorspringenden Architekturteilen benutzt (Fig. 216⁴¹).

Fig. 215.



Fig. 216.

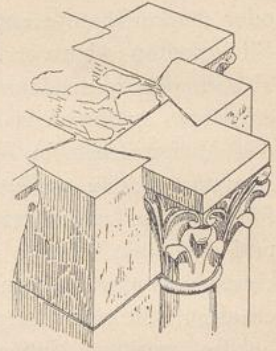


Fig. 217.

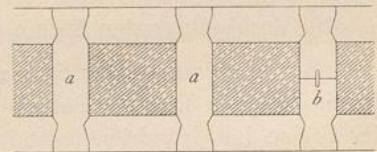


Fig. 218.

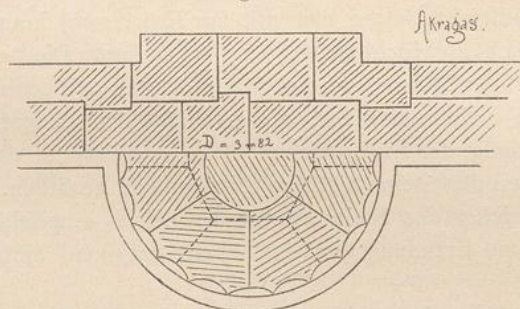
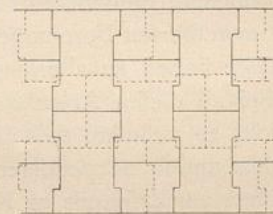


Fig. 219.



98.
Verfränkung
der
Stoßfugen.

Die Verfränkung der Stoßfugen besteht darin, daß die Fugenflächen auf einen Teil ihrer Länge rechtwinkelig ausgekröpft werden, und daß man in die so geschaffenen Winkel die Ecken anderer Steine eingreifen läßt. Diese Verbindungsweise ist bei vollem Quadermauerwerk zur Anwendung gebracht worden, wie das Beispiel in Fig. 218 zeigt, welches einen Teil der Umfassungsmauer des Zeus-Tempels zu Akragas darstellt. Fig. 219 zeigt, wie in dem Beispiel Fig. 214 durch Anwendung der Verfränkung die spitzwinkeligen Kanten sich beseitigen ließen.

99.
Verbindung
mittels
Feder u. Nut.

Die Verbindung der Steine durch Nut und Feder kennzeichnet sich dadurch, daß in den Mitten der Stoßflächen an einen Stein ein beliebig, aber zweckmäßig geformter Vorsprung in eine entsprechende Vertiefung des benachbarten Steines ein-

⁴¹) Nach: VIOLETT-LE-DUC. *Dictionnaire raisonné de l'architecture etc.* Band I. Paris 1858. S. 504.

greift. Es ist diese Verbindungsweise im Grunde von der Verschränkung und von der schwalbenschwanzförmigen Gestaltung nicht wesentlich verschieden; sie ist aber

Fig. 220.

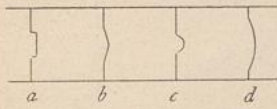
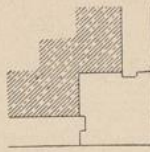


Fig. 221.



Fig. 222.



diejenige, welche im Hochbau auch heutzutage noch zumeist angewendet wird, und zwar namentlich zur engeren Verbindung von Abdeckungsplatten von Mauern, von gestofsenen Treppenstufen oder auch zur besseren Sicherung

von aufrecht gestellten Sockelplatten etc. (Beispiele hierfür bieten Fig. 220 a—d, 221 und 222.) Die

Fig. 223.

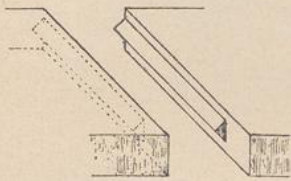
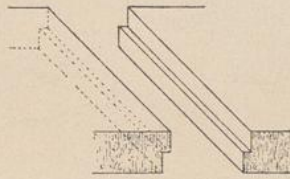


Fig. 224.

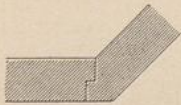


Griechen befestigten auf diese Weise mitunter die Metopenplatten der dorischen Tempel in den Triglyphenblöcken⁴⁸⁾. Selbstverständlich können

auch Läufer und Binder in dieser Weise verbunden werden.

Dieses Mittel wird auch zur Dichtung der Fugen von Balkonplatten, Treppenflozen, Abdeckungsplatten oder dergl. verwendet (Fig. 223). Zu demselben Zwecke wird die Ueberfaltung benutzt (Fig. 224). Diese kommt ebenfalls bei aufrecht gestellten Platten zur Anwendung. So zeigt Fig. 225 die bei dem Dachreiter der frühgotischen Kapelle zu Iben in Rheinheffen verwendete Ueberfaltung.

Fig. 225.



Zur Verbindung der Steine aufeinander folgender Schichten durch besondere Formung der Lagerfugenflächen verwendet man

die Verkämmung und auch wieder die Verbindung durch Nut und Feder.

Die Verkämmung der Lagerflächen ist der Verschränkung der Stofsflächen ganz

100.
Verbindung
in aufeinander
folgenden
Schichten.

Fig. 226.

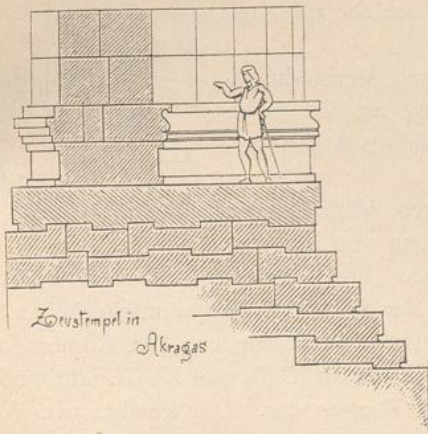
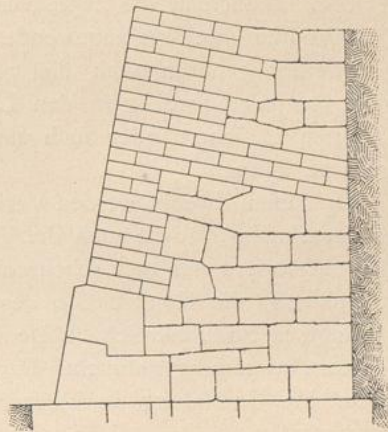
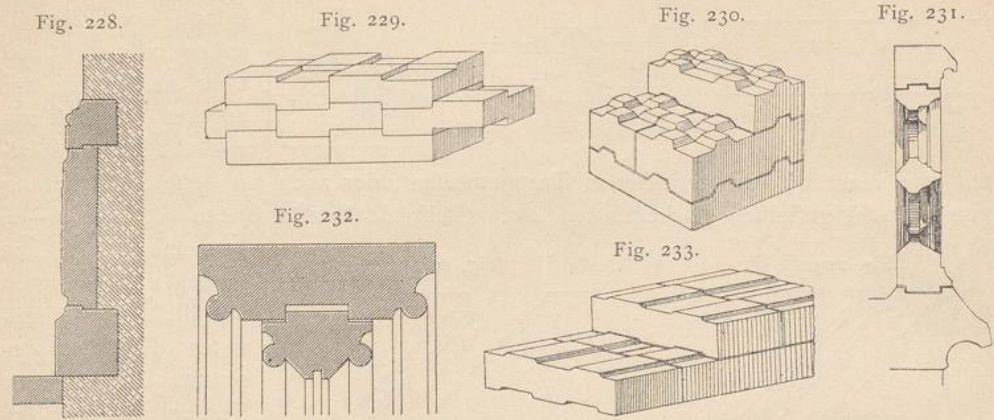


Fig. 227.



⁴⁸⁾ Siehe Teil II, Band 1 (S. 86, 2. Aufl. S. 118) dieses »Handbuches«.
Handbuch der Architektur. III. 1. (3. Aufl.)

ähnlich; sie besteht in rechtwinkligen Auskröpfungen. Ein gutes Beispiel hierfür bietet das Stylobatgemäuer des Zeus-Tempels zu Akragas (Fig. 226), von dem schon ein Stück Umfassungsmauer in Fig. 218 (S. 80) dargestellt wurde⁴⁹⁾.



Die in Fig. 229 mitgeteilte Verkämmung verhindert nach allen Richtungen hin Verschiebungen.

In Frankreich werden Backsteine nach demselben Grundgedanken hergestellt, und zwar in zwei Formen: *Brique Robert* (Fig. 233) und *Brique-blindage* (Fig. 230⁵⁰⁾.

Die Verkämmung der Lagerfugen wird öfters angewendet, um Sockelsteine und Deckplatten von Futtermauern, Stützmauern, Terrassenmauern etc. gegen Verschiebung zu sichern (Fig. 227, 234 u. 235), ebenso um aufrecht gestellte Platten von Sockelmauern festzuhalten (Fig. 228).

Die Verbindung der Lagerflächen durch Nut und Feder wird häufig zur Anwendung gebracht, um frei stehende Konstruktionssteile oder solche, die keine Belastung erhalten dürfen, gegen eine seitliche Verschiebung zu sichern, so z. B. die einzelnen Höhenabteilungen von Galerien oder Balustraden (Fig. 231) und die Fenstermaßwerke (Fig. 232).

Ganz ähnlich ist die Zapfenverbindung, welche mitunter zu verwandten Zwecken angewendet wird.

Hierher gehören auch die verschiedenen Verbindungsweisen von Wölbquadern in den Lagerfugen, um sie gegen ein Gleiten zu sichern oder auch um die Widerlagsstärken verringern zu können.

Zu diesem Zwecke werden Verkämmungen, Verhakungen oder Verzahnungen sowie auch die Verbindungen von Nut und Feder, besonders bei den scheinrechten Bogen, angewendet.

Fig. 236 zeigt die Konstruktion des Sturzes der Mittelthür des römischen Theaters zu Orange in Südfrankreich. Diese Konstruktionsweise wurde von den Römern mitunter zur Anwendung gebracht. Fig. 237 stellt die im XVII. und XVIII. Jahrhundert sehr beliebte Umbildung derselben für den Vollbogen dar. Der konstruktive Wert

Fig. 234.

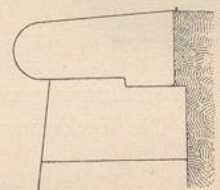
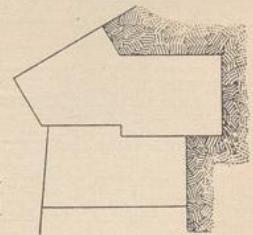


Fig. 235.



101.
Verbindung
der Wölbsteine
in den
Lagerfugen.

⁴⁹⁾ Siehe ebendaf., S. 52 (2. Aufl. S. 72).

⁵⁰⁾ Nach: *La semaine des const.*, Jahrg. 3, S. 380.

Fig. 236.

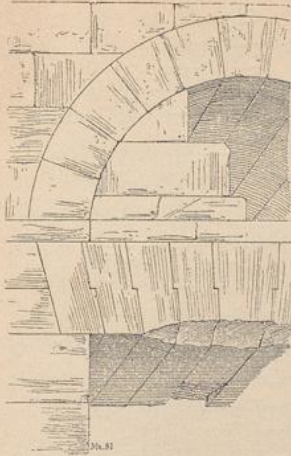


Fig. 237.

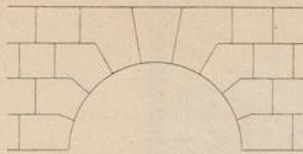


Fig. 238.

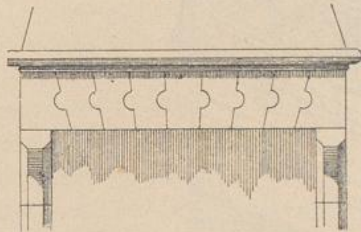
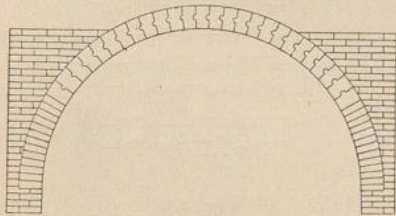


Fig. 239.



dieser Verbindung ist jedoch zweifelhaft. Die Anwendung erfolgte in der Regel, um den Anschluss und die Höhe der benachbarten Quaderschichten regeln zu können.

Die Benutzung von Nut und Feder für den scheinrechten Bogen und Vollbogen zeigen Fig. 238 u. 239. Es wird diese Verbindungsweise auch bei gebrannten

Steinen angewendet, so die Art der Konstruktion in Fig. 238 öfters bei Terrakottabauten in England, die Wölbungsweise in Fig. 239 zur Herstellung der Brennkammern von Ziegelöfen. Noch künstlichere Verbindungen dieser Art finden sich an mittelalterlichen Bauwerken Englands und Frankreichs⁵¹⁾, sowie an mohammedanischen Bauten⁵²⁾. —

Eine Vereinigung der Verzahnung und der Verbindung durch Nut und Feder bietet Fig. 240⁵³⁾. Diese künstliche Verbindung wird im Äußeren der scheinrechten Bogen nicht sichtbar.

Ein ähnliches Mittel, die Zapfenverbindung, verwendeten die Römer, um die

Fig. 240.

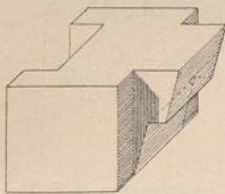
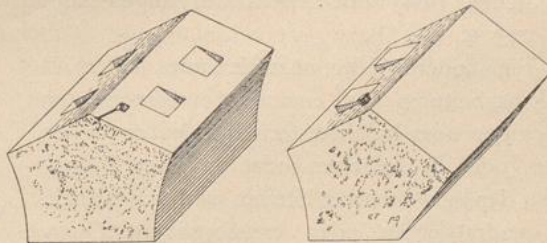


Fig. 241.



Wölbsteine der unteren Teile der Bogen aufeinander festzuhalten, da diese ohne Wölbrüstung ausgeführt wurden, so am Kolosseum in Rom (Fig. 241⁵⁴⁾).

Oefters erscheint es zweckmäfsig, sowohl die Steine der Schichten unter sich, als auch die Schichten miteinander zu verbinden. Das letztere erfolgt allerdings gewöhnlich durch Hinzuziehen besonderer Hilfsstücke, wie dies z. B. in Fig. 213

102.
Verbindung
der Steine in
den Stofs- und
Lagerflächen.

⁵¹⁾ Siehe: GWILT, J. *An encyclopedia of architecture*. London 1876. S. 568.

⁵²⁾ Vergl.: Teil II, Band 3, zweite Hälfte (Art. 32, S. 38 [2. Aufl. S. 40]) dieses »Handbuches«.

⁵³⁾ Nach: RINGLEB, A. *Lehrbuch des Steinschnittes etc.* Berlin 1844. Taf. 21.

⁵⁴⁾ Nach: CHOISY, A. *L'art de bâtir chez les Romains*. Paris 1873. S. 127.

Fig. 242.

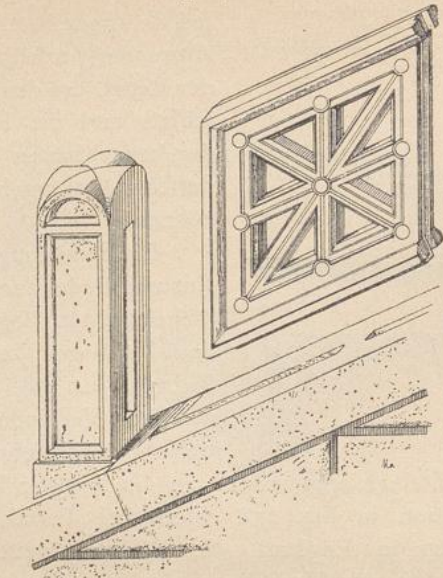


Fig. 243.

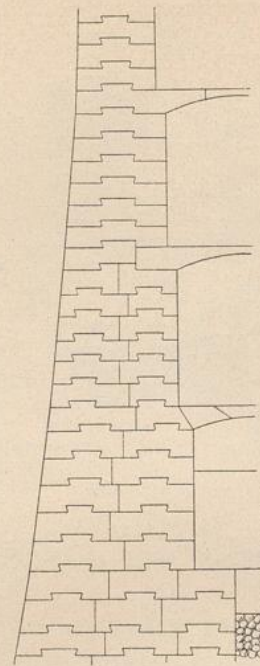
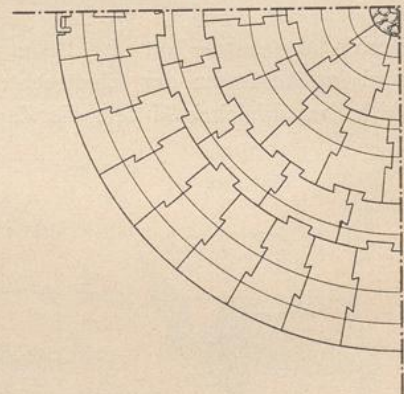


Fig. 244.

Vom neuen Leuchtturm zu Eddystone⁵⁵⁾.
1/150 w. Gr.

(S. 79) der Fall war. Eine allseitige Verbindung neben- und übereinander liegender Stücke durch Nut und Feder zeigt das in Fig. 242 abgebildete Stück des feineren Geländers der Freitreppe am Stadthause in Winterthur. Verbindung aller Steine in den Stofs- und Lagerfugen durch Verschränkung, bezw. Verkämmung wurde bei dem neuen Eddystone-Leuchtturm angewendet (Fig. 243 u. 244⁵⁵⁾).

103.
Fugen mit
Kanälen.

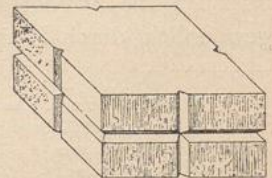
Ein anderes hier anzuführendes Mittel ist die Einarbeitung von einander entsprechenden dreieckigen oder halbkreisförmigen Nuten in den Lager- oder Stofsflächen oder in allen Fugenflächen der benachbarten Steine, wodurch Kanäle von quadratischem oder kreisförmigem Querschnitt von 3 bis 10 cm Breite gebildet werden, die man mit Zementmörtel oder Zementbeton ausfüllt (Fig. 246).

Zu berücksichtigen ist hier auch die Verbindung der Steine in den Stofsungen dadurch, daß man in die Stofsflächen gegenüber liegende Höhlungen (Fig. 245) einarbeitet, welche mittels eines Kanales von oben her mit Zementmörtel oder auch mit Blei ausgefüllt werden.

Fig. 245.



Fig. 246.



⁵⁵⁾ Nach: Zeitschr. f. Bauw. 1887, Bl. 65.

c) Verbindung der Steine durch besondere Hilfsstücke.

Die Verbindung der Steine mittels besonderer Formung der Fugenflächen ist zwar in den meisten Fällen geeignet, die sichersten und dauerhaftesten Ergebnisse zu liefern; sie ist aber immer kostspielig, nicht nur wegen des infolge des Ineinander-greifens der Steine erforderlichen größeren Materialaufwandes, sondern auch wegen der oft umständlichen und sehr genau auszuführenden Bearbeitung der Flächen und der schwierigen Versetzung der Steine. Bei nicht ganz genauer Arbeit wird der beabsichtigte Zweck entweder ungenügend oder gar nicht erreicht. Deswegen bedient man sich viel häufiger der billigeren und bequemer anzuwendenden Verbindung durch besondere Hilfsstücke, die allerdings oft, wegen der Vergänglichkeit der verwendeten Materialien und der mit denselben für die Konstruktion verknüpften Gefahren besondere Vorichtsmaßnahmen erforderlich machen. Diese Bemerkung bezieht sich auf das so oft zur Anwendung gelangende Eisen und auch auf das Holz.

Die Hilfsstücke können nämlich aus Stein, Holz und Metallen hergestellt werden. Unter den letzteren kommen zur Verwendung Kupfer, Bronze, Messing, Blei und vor allen Dingen das Eisen, als das billigste. Holz ist bekanntlich unter wechselnder Trockenheit und Feuchtigkeit von geringer Dauer; durch Einwirkung von Feuchtigkeit quillt es an und kann die verbundenen Steine zer Sprengen. Das Eisen rostet rasch, besonders unter Einwirkung von Nässe und Kalk- und Gipsmörtel, dehnt sich dabei aus und kann infolgedessen auch die Konstruktionen zerstören. Die zur Verhütung dieser Gefahren zu ergreifenden Maßnahmen sollen später besprochen werden.

Zur Verbindung der Steine in einer Schicht werden namentlich die Verklammerungen und Verankerungen verwendet. Bei den ersteren greift das Hilfsstück in der Regel nur über eine Stosfuge hinweg, während bei den letzteren eine größere Anzahl von Stosfugen übersprungen werden.

Die Klammern kommen hauptsächlich in zweierlei Gestalt in Anwendung: in der doppelt schwalbenschwanzförmigen Gestalt (Fig. 249) und als prismatischer Stab mit umgebogenen Enden (Fig. 250). Die erste Form wird entweder von einem festen

und zähen Stein (Granit, Grünstein, Marmor) oder von Metall hergestellt.

Nach *Ch. Normand*⁵⁶⁾ sind beim Pantheon in Rom doppelt schwalbenschwanzförmige Klammern aus Bronze von 280 mm Länge, 130 mm Breite und 22 mm Dicke zur Verwendung gekommen, und *Rondelet*⁵⁷⁾ teilt mit, daß beim Abbruch eines Teiles der äußeren Umfassungswandern des Forum des *Nerva* in Rom außerordentlich gut erhaltene



Fig. 247.

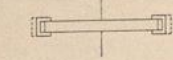


Fig. 248.



Schwalbenschwänze aus hartem Holz gefunden wurden.

Die zweite, bei weitem häufiger vorkommende Form der Klammer wird nur in Metall ausgeführt, und

⁵⁶⁾ In: *Essai sur l'existence d'une architecture métallique antique. Encyclopédie d'arch.* 1883, S. 75.

⁵⁷⁾ In: *Theoretisch-praktische Anleitung zur Kunst zu bauen.* Band 2. Aus dem Französischen von C. H. DISTELBARTH. Leipzig und Darmstadt 1834. S. 27.

Fig. 249.

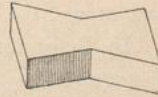


Fig. 250.

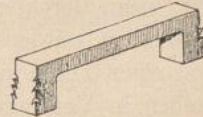


Fig. 251.

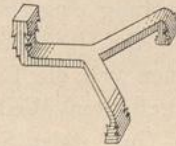


Fig. 252.



104.
Hilfsstücke.

105.
Verbindungen
in einer
Schicht.

zwar gewöhnlich in Gufs- oder beffer in Schmiedeeifen. Man nennt folche Klammern Steinklammern, zur Unterscheidung von den ähnlich geformten Holzklammern, welche aber spitze Füße haben und in das Holz eingeschlagen werden. Die Steinklammern werden um ihre Dicke in den oberen Lagerflächen der Steine eingelassen. Die umgebogenen, 25 bis 40 mm langen und gewöhnlich aufgehauenen Enden, die Klammerfüße oder Pratzten, greifen in entsprechend tiefe und gröfsere Löcher ein, welche sich nach aufsen etwas erweitern, um das Herausziehen derselben zu erschweren (Fig. 247). Der Raum um dieselben wird mit einem zweckentsprechenden Material (Blei, Schwefel, Gips, Zement, Asphalt, Steinkitt) fest ausgefüllt, worüber weiter unten das Nötige mitgeteilt werden wird. Die Länge und Stärke der Klammern haben sich einesteils nach der Gröfse der zu verbindenden Steine zu richten, anderen-teils nach der Festigkeit des Steinmaterials, nach welcher zu beurteilen ist, wie weit von den Fugen entfernt man die Klammerlöcher anbringen kann; hiernach kann dieses Mafs 5 bis 20 cm betragen.

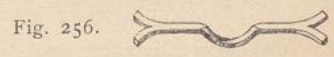
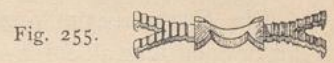
Zu den schmiedeeisernen Steinklammern wird Quadrat- oder Flacheifen verwendet; die umgebogenen Enden werden durch Stauchen verdickt. Bei Verwendung von Flacheifen liegt in der Regel die Klammer mit der flachen Seite auf dem Stein. Bleiben jedoch die Klammern äufserlich sichtbar, wie bei der Verbindung von Mauerabdeckungsplatten, so ist es zweckmäßiger, dieselben hochkantig zu stellen, um sie dadurch vor der Einwirkung der Atmosphäre und vor Entwendung beffer zu schützen (Fig. 248). Dasselbe kann auch mit den schwalbenschwanzförmigen Klammern geschehen (Fig. 252).

Griechen und manche andere alte Völker verwendeten bei ihren Quaderbauten vielfach verschiedenartig geformte Metallklammern⁵⁸⁾.

Klammern, welche vom oberen Lager eines aufrecht gestellten längeren Werkstückes (z. B. von einem Fenster- oder Thürgehänge) in das benachbarte Mauerwerk greifen, um den fehlenden Verband zu ersetzen, nennt man Stichklammern.

In besonderen Fällen werden die Steinklammern mit gegabelten oder auch mit entgegengesetzt umgebogenen Enden versehen. Das erstere wird angewendet, wenn durch eine Klammer mehr als zwei Steine verbunden werden sollen, das letztere, wenn Quader mit einer Hintermauerung von Ziegeln oder Bruchsteinen in Verbindung zu bringen sind. Das aufwärts gebogene Ende läfst man in die Fugen der Hintermauerung eingreifen (Fig. 251).

Bei Herstellung der Hohlmauern aus Ziegeln bedienen sich die Engländer häufig in der in Fig. 261 dargestellten Weise einer der in Fig. 253 bis 260 abgebildeten Klammerformen aus Gufs- oder Schmiedeeifen. Auch in Deutschland werden jetzt Klammern zu diesem Zwecke verwendet⁵⁹⁾, die man wohl auch aus Draht herstellt⁶⁰⁾.

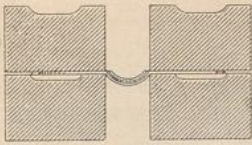


⁵⁸⁾ Siehe hierüber Teil II, Band 1 (S. 57 [2. Aufl. S. 77]) und Band 2 (S. 132) dieses »Handbuches«.

⁵⁹⁾ Vergl.: Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 455.

⁶⁰⁾ Ebendaf. 1892, S. 486.

Fig. 261.



Bei Hintermauerung von Quaderverblendungen, sowie bei Mauerwerk aus kleinstückigem Material kommen auch die eigentlichen Verankerungen in Anwendung. Die Anker sind entweder ähnlich gestaltet wie die Klammern, d. h. bei größerer Länge mit umgebogenen Enden versehen, oder sie sind wie die Balkenanker gebildet, d. h. sie haben Splinte, die in lotrechter Stellung durch Oefen am Ende der Eisenstangen gefeckt werden.

Die erstere Art wird von *Rankine*⁶¹⁾ als Reifeisenverband bezeichnet und mitunter bei Ziegelmauerwerk angewendet, um die Zugfestigkeit in der Längsrichtung zu vermehren. Die Flacheisenstangen sollen in ihren Stößen abwechseln, an den Enden um ca. 5 cm nach abwärts gebogen sein und brauchen als Querschnittsfläche nicht mehr als $\frac{1}{300}$ des Mauerquerschnittes zu haben.

Nach *H. Müller*⁶²⁾ werden zum Reifeisenverband gewöhnlich Bändeisen von 2 mm Dicke und 42 mm Breite verwendet, die im Handel in Längen von ca. 8,20 bis 8,25 m zu haben sind. Sie werden in die Lagerflächen der Backsteinschichten zu mehreren nebeneinander gelegt, und zwar so, daß sie auf keine in der Längsrichtung laufenden Stoßfugen treffen. An den Enden werden die Bändeisen um den letzten Stein herum bis zum zweiten oder dritten Stein vorher zurückgebogen. Durch die Einwirkung des Kalkmörtels werden die Bändeisenstreifen zwar nach und nach zerstört; inzwischen ist aber die Festigkeit des Mörtels selbst eine bedeutende geworden.

Brunel hat durch Versuche die große Wirksamkeit des Reifeisenverbandes nachgewiesen⁶³⁾. Er schreibt den Zuwachs an Festigkeit der Adhäsion des Zement- oder Kalkmörtels an der Oberfläche des Eisens zu, wonach eine größere Anzahl von schwachen Bändern zu besseren Ergebnissen führen würde, als eine kleinere Zahl stärkerer. An Stelle von Eisen verwendete *Brunel* auch dünne Holzlatten. Er weist übrigens auch auf die Gefahren hin, die durch die Rostbildung des Eisens für Fundamente aus porösen Ziegeln sich ergeben⁶⁴⁾.

Die Anker mit Splinten haben solche entweder nur an einem Ende (Fig. 262) oder an beiden Enden. Der Splint besteht aus Flacheisen, dessen Breite in die Längsrichtung des Ankers genommen wird, oder aus Quadrat- oder Rundeisen. Die Oefe wird entweder durch Verdrehen (Kröpfen) und Umbiegen des Flacheisens gebildet (Fig. 262), oder durch Umbiegen des Endes und Durchlochung (Fig. 263), oder durch Aus schmieden eines Ringes (Fig. 264).

Die Verankerungen werden mitunter auch so ausgeführt, daß der Anker an dem einen Ende einen Splint hat, während er mit dem anderen umgebogenen Ende in das Loch einer in der Längsrichtung der Mauer laufenden Eisenschiene greift, welche denselben Dienst auch noch anderen Ankern leistet.

Fig. 265 zeigt die Anwendung dieser Verbindungsweise beim Wiederherstellungsbau des Schlosses Saint-Germain bei Paris⁶⁵⁾.

Anzuführen sind hier auch die Verankerungen mit langen Eisenschienen, an welchen in Abständen Zapfen befestigt sind, die in die Steine eingreifen. Bei diesen und ähnlichen Konstruktionen sind die Gefahren zu berücksichtigen, die, außer durch das Rosten, auch durch die Ausdehnung und Zusammenziehung der langen Eisenschienen bei Temperaturänderungen für das Mauerwerk erwachsen können.

Sehr ausgedehnte Verankerungen kommen bei solchen Gebäuden zur Anwendung, welche gegen die Wirkungen von Erdbeben oder Bodensenkungen geschützt werden sollen. Ueber die besonderen Konstruktionen zu diesem Zwecke findet sich das Nähere in Teil III, Band 6 dieses »Handbuches« (Abt. V, Abfchn. 1, Kap. 3: Sicherungen gegen die Wirkung von Bodensenkungen und Erderschütterungen). Ver-

61) Handbuch der Bauingenieurkunst. Uebersetzt von F. KREUTER. Wien 1880. S. 432.

62) In: Die Maurerkunst. 3. Aufl. Leipzig 1879. S. 306.

63) Nach: Allg. Bauz. 1838, S. 137.

64) Ein Beispiel einer Gründung mit Bändeiseneinlagen auf nachgiebigem Boden findet sich in: Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 237.

65) Nach: Gaz. des arch. 1863, S. 217.

Fig. 262.

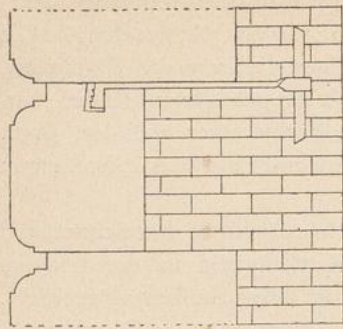


Fig. 265.

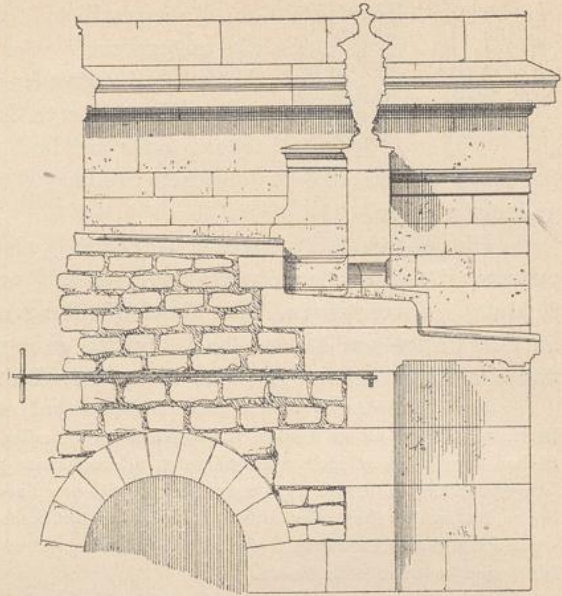


Fig. 263.

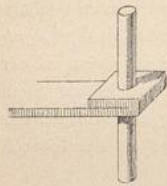
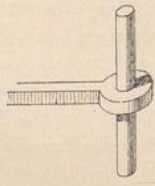


Fig. 264.



ankerungen zur Verstärkung der Festigkeit der Mauern werden auch im nächsten Bande, Heft I (Abt. III, Abchn. 1, A, Kap. 11) dieses »Handbuches« besprochen werden.

106.
Verbindung
aufeinander
folgender
Schichten.

Die Verbindung der Steine aufeinander folgender Schichten

erfolgt durch prismatisch, cylindrisch oder doppelt schwalbenschwanzförmig gestaltete Stücke von Stein, Holz oder Metall, welche in beide Lagerflächen auf angemessene Tiefe eingreifen, durch die sog. Dübel oder Dollen⁶⁶⁾.

Die steinernen Dübel werden nur da angewendet, wo die Gröfse der Quader dies gestattet; sie sind im Querschnitt quadratisch und erhalten eine Länge, die etwa dem fünften Teile der Höhe der zu verbindenden Quader entspricht, während die Breite etwa ebenso groß bis zwei Drittel davon gemacht wird. Der dazu verwendete Stein muß sehr fest und zähe sein. Sie werden häufig in das obere Lager der unteren Schicht genau passend mit Zement eingefetzt, während das Loch im unteren Lager der oberen Schicht groß genug sein muß, um ein bequemes Verfetzen zu ermöglichen. Der Zwischenraum wird in der später zu beschreibenden Weise mit Zement ausgegossen. Für das Vergießen ist es besser, umgekehrt zu verfahren und den Dübel im unteren Lager des oberen Steines zu befestigen. Es gilt dies auch für die Dübel aus anderen Stoffen.

Die hölzernen Dübel sind ähnlich gestaltet, wie die steinernen und von ähnlicher Gröfse. Sie müssen von möglichst trockenem, festem, zähem und dauerhaftem Holz (Eiche, Cypresse, Olive) hergestellt werden. Die Fugen füllt man mit Sand oder Harzkitt aus. Von den Griechen sind hölzerne Dübel bei den Tempelbauten vielfach verwendet worden.

Die metallenen Dübel (am besten von Bronze oder Kupfer, am häufigsten von Eisen) werden ähnlich wie die steinernen verfetzt, erhalten eine Länge, die auch für

⁶⁶⁾ Auch Dübhel, Düpel, Diebel, Dippel, Dobel oder Döbel genannt.

die größten Quader mit ca. 15 cm genügend, gewöhnlich aber mit 8 bis 10 cm hinlänglich groß ist, und eine Dicke von 2,5 bis 5,0 cm. Die beiden Enden werden nach entgegengesetzter Richtung aufgehauen. In den Löchern werden sie mit den schon für die Klammern angegebenen Mitteln vergossen.

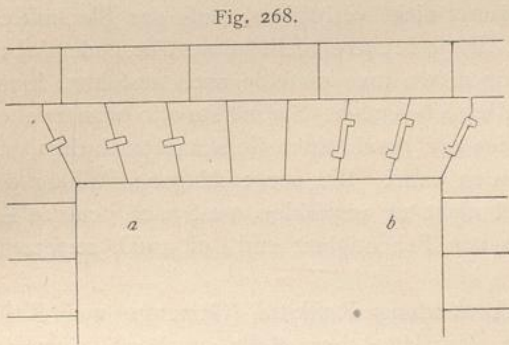
Es ist hier noch anzuführen, daß man die Metalldübel, und zwar gewöhnlich in doppelt schwalbenschwanzförmiger Gestalt (wie Fig. 252, S. 85), auch zur Verbindung der Stosfugen aufrecht gestellter Platten benutzt (Fig. 266), bei denen eine Klammerverbindung im oberen Lager eine Bewegung im unteren Teile nicht verhindern könnte, wie sie z. B. durch Gefrieren von eingedrungenem Wasser oft verursacht wird. Ebenso verwendet man zur Verbindung der Stosfugen von Deckplatten mitunter Steindübel (Fig. 267), um seitliche Verschiebungen zu verhindern. Eine besondere Fugengestaltung für diesen Zweck (Fig. 220, S. 81) ist allerdings kostspieliger, aber auch sicherer, da die Dübel bei stärkeren Steinen nicht in der ganzen Höhe der Stosflächen ausgeführt werden.

Zur Verbindung der Wölbsteine in den Lagerfugen bedient man sich mitunter auch der Dübel, ausnahmsweise der Klammern. Die Dübel werden auch zu diesem Zwecke aus Stein, Holz oder Metall angefertigt.

Beim Bau der Blackfriars-Brücke in London hat man sich beispielsweise würfelförmiger Steindübel bedient.

Die mittelalterlichen Bogen im Hofe des alten Postgebäudes zu Basel waren in sämlichen Steinen durch eiserne, in Blei vergoffene Dübel von ca. 9 cm Länge und 9 qcm Querschnitt verbunden, so daß deren Abbruch, der wegen des Wiederaufbaues derselben sorgfältig geschehen mußte, die größten Schwierigkeiten verursachte⁶⁷⁾.

Die Gewölberippen der Marien-Kirche in Stuttgart wurden durch Bleidübel verbunden. Es wurde hier Blei gewählt, um bei der allmählich fortschreitenden Belastung während des Baues die Rippen etwas biegsam zu haben. Aus demselben Grunde wurden auch die Rippenfugen mit Bleiguß ausgefüllt⁶⁸⁾.



Die Dübel müssen senkrecht zu den Lagerfugen gestellt werden (Fig. 268 a). Bei scheinrechten Bogen kommen auch Z-förmige Klammern zur Verwendung (Fig. 268 b).

Die Verankerungen von Gewölben zur Verminderung oder Aufhebung des Schubes derselben werden im nächsten Bande, Heft 3 dieses

»Handbuches« (bei den Gewölben) zur Besprechung gelangen.

Zur Verhinderung der Verschiebung von Steinen sowohl neben-, als übereinander werden die besprochenen Hilfsstücke in den Lager- und Stosfugen gleichzeitig zur Anwendung gebracht.

Sehr ausgiebigen Gebrauch in dieser Beziehung haben u. a. die Griechen bei der Herstellung ihrer Tempel gemacht, dabei aber von der Verwendung eines Mörtels abgesehen.

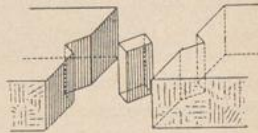
⁶⁷⁾ Siehe: Deutsches Bauwksbl. 1882, S. 115.

⁶⁸⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1880, S. 554.

Fig. 266.



Fig. 267.

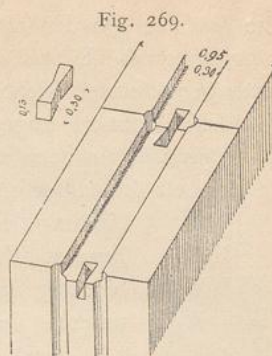


107.
Verbindung
der
Wölbsteine.

108.
Verbindung
in den Stos-
und
Lagerfugen.

Ebenso kommen die Verbindungen durch besondere Formung der Fugenflächen und durch Hilfsstücke vereinigt, in äußerst ausgedehntem Maße beim Bau der Leuchttürme zur Anwendung⁶⁹⁾.

Daly⁷⁰⁾ macht von ägyptischen Mauern Mitteilung, die er in Denderah, am sog. Hypäthraltempel von Philä und a. a. O. gefunden hat und welche in sehr bemerkenswerter Weise die vereinigte Verwendung von Mörtelkanälen und Schwalbenschwänzen (wahrscheinlich wie sonst aus Sykomorenholz) zur Herstellung einer allseitigen Unverschieblichkeit der auf das genaueste, mit ganz scharfen Fugen bearbeiteten Quader zeigen. Fig. 269 stellt einen Teil einer solchen Konstruktion dar. Die Quader haben in den oberen und unteren Lagerflächen, ebenso in den Stoßflächen, Kanäle, die mit ausgezeichnetem Mörtel ausgefüllt waren. Außerdem griffen über die Stoßfugen die schon erwähnten Schwalbenschwänze.



109.
Befestigung
der
Hilfsstücke.

Die für die Hilfsstücke in die Fugenflächen einzuarbeitenden Löcher können nicht derartig hergestellt werden, daß sie ganz dicht an erstere anschließen. Ein Herausziehen derselben bleibt also möglich. Man macht deshalb die Löcher von vornherein etwas größer und so groß, daß man sie nach dem Einbringen der Hilfsstücke bequem und sicher mit einem zweckentsprechenden Material ausfüllen kann. Man verwendet dazu, wie schon erwähnt, bei steinernen Hilfsstücken Zementmörtel; bei solchen von Holz in trockener Lage Sand und dort, wo sich Zutritt von Feuchtigkeit erwarten läßt, Harzkitt; bei Hilfsstücken von Metall Blei, Kitt, Zement, Schwefel, Gips, Asphalt. Eisenklammern kann man außerdem noch dadurch zum festen Anschluß an die Steine bringen, daß man sie vor dem Einsetzen erhitzt; beim Erkalten ziehen sie sich zusammen und pressen hierdurch die zu verbindenden Stücke aneinander.

Das Blei ist zwar teuer, aber zu dem angegebenen Zweck vorzüglich geeignet. Es wird geschmolzen und in das vorher sorgfältig zu trocknende Loch um das Metallstück gegossen. Beim Erkalten zieht es sich zusammen, legt sich infolgedessen fest an die Klammerfüße oder Dübel an, löst sich aber gleichzeitig vom Steine los. Damit die so entstehenden Hohlräume nicht verbleiben, muß das Blei mittels eines Stemmeisens nachgekeilt werden. Diese letztere nicht zu veräußernde Arbeit läßt das Blei nur da anwendbar erscheinen, wo man dieselbe auch ausführen kann, also nur bei Klammern und an einem der Dübelenden. Sie müßte also beim zweiten Dübelende unterlassen werden, weil dieses nur durch einen Gufskanal nach dem Veretzen des zweiten Steines umfüllt werden kann. Die vorgeschlagene Füllung der sich bildenden Höhlungen mit Zement ist nicht zu empfehlen, weil nach neueren Erfahrungen Zement und Kalk bei Zutritt von Feuchtigkeit und Luft rasch zeretzend auf das Blei einwirken sollen.

Von den Kitten kommen zur Anwendung Rostkitt (Gemenge von Kalk, Zement oder Gips mit Eisenfeilspänen), Harzkitt (hergestellt aus Pech, Schwefel und feinem Quarzand oder Ziegelmehl) und Oelkitt (z. B. bereitet aus Bleiglätte, Kalkhydrat und Leinölfirnis). Die Kitt sind zum Teile recht gut, oft auch teuer und können meist, wie das Blei, nur da angewendet werden, wo man sie fest in die Löcher eindrücken kann.

Sehr gut bewährt hat sich der Portlandzement, namentlich für die Befestigung von Eisen in Stein. Unter der Umhüllung von dichtem Zementmörtel rostet das

⁶⁹⁾ Ein lehrreiches Beispiel hierfür bietet: *The Chickens rock lighthouse. Engineer*, Bd. 47, S. 356.

⁷⁰⁾ In: *Revue gén. de l'arch.* 1882, S. 51.

Eisen anfänglich nur sehr wenig, wird aber durch dieselbe vor dem weiteren Rosten geschützt. Um gute Erfolge zu erzielen, muß man dem Zement die nötige Zeit und Ruhe zur völligen Erhärtung lassen; man darf ihn aber auch nicht ohne Sandzusatz verwenden, da sonst erhebliche Gefahren für die Konstruktionen entstehen können ⁷¹⁾.

Den Schwefel, der sich sehr bequem an allen Stellen anwenden läßt, sehr rasch fest wird und außerordentlich wetterbeständig ist, betrachtet man trotzdem für die Befestigung von Eisen mit einem gewissen Mißtrauen, weil sich unter Einwirkung der Luft Schwefeleisen bilden, infolge der dabei eintretenden Volumvermehrung die Steine auseinander treiben und außerdem dieselben auch braunrot färben soll. Es wird zur Verhütung dieser Uebelstände empfohlen, bei der Anwendung von Schwefel denselben weit über den Schmelzpunkt zu erhitzen, bis er eine tiefbraune Farbe annimmt. Zweckmäßig ist es, Stein und Eisen vor dem Vergießen etwas zu erwärmen. Zur Befestigung von Eisen in Stein hat sich auch das Verfahren bewährt, ein Gemenge von Schwefel und Eisenfeilspänen mit Essig zu übergießen, wodurch sich eine sich selbst erhaltende Masse ergibt, welche sich zum Vergießen eignet und nach dem Erkalten hart wird.

Der Gips ist ebenfalls sehr bequem zu verwenden und wird auch sehr rasch fest, ist aber nicht wetter- und wasserbeständig und daher nur im Trockenen brauchbar. Aber auch da befördert er beim Eisen die Rostbildung, so daß er jedenfalls nur dann benutzt werden sollte, wenn auf große Dauerhaftigkeit der Verbindung kein besonderer Wert gelegt wird.

Asphalt schützt zwar das Eisen vortrefflich, bekommt aber zu wenig eigene Festigkeit, um Bewegungen der Verbindungsstücke zu verhindern. Er ist deswegen auch nur dort anzuwenden, wo die Einwirkung von Kräften und, da er leicht schmelzbar ist, auch die von Hitze ausgeschlossen ist.

Die leichte Vergänglichkeit von Holz und Eisen, ebenso die Gefahr, welche durch die Volumvergrößerung dieser Materialien beim Quellen, bzw. Rosten herbeigeführt wird, machen besondere Vorichtsmaßnahmen bei Verwendung derselben notwendig. Es erstrecken sich diese auf den Ort der Verwendung und auf die Behandlung der Oberflächen der Verbindungsstücke.

Holz sowohl, als Eisen sollten nur an solchen Stellen zur Anwendung gelangen, wo sie den Einwirkungen der Luft und der Feuchtigkeit entzogen sind, also an voraussichtlich trocken bleibenden Orten und möglichst tief in den Mauern. Aber auch da sind die betreffenden Konstruktionsteile den Einwirkungen der Mörtelfeuchtigkeit ausgesetzt, bis dieselbe, was oft recht lange dauert, verdunstet ist. (Der trocken gewordene Mörtel wird weiterhin dann schützend wirken.) Es ist demnach in allen Fällen angezeigt, die Oberfläche der Holz- und Eisenstücke weniger empfindlich zu machen.

Bei Holz, welches vor der Verwendung schon ganz trocken sein sollte, ist tüchtiges Auskochen zu empfehlen, desgleichen Tränken mit heißem Leinölfirnis.

Für den Schutz des Eisens kommen mannigfaltige Mittel in Anwendung. Solche Schutzmittel sind: Eintauchen der noch heißen Eisenstücke in Schmiedepech oder Oelfirnis; besser Ueberzug mit heißem Asphalt; Anstrich mit Asphaltlack; ver-

⁷¹⁾ Ueber die durch Zementmörtel am *Stefans-Dom* in Wien verursachten Zerstörungen vergl.: *Centralbl. d. Bauverw.* 1889, S. 16. — *Wochschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1889, S. 126. — *Baugwksztg.* 1889, S. 22, 90, 221, 543. — *Thonind.-Zeitg.* 1890, S. 486.

schiedene Metallüberzüge. Die letzteren sind im allgemeinen das empfehlenswerteste Schutzmittel. Unter ihnen ist am besten, allerdings auch am teuersten, das Verkupfern oder Verbleien. Häufiger wird das Verzinnen oder Verzinken angewendet, und zwar ist das letztere dem ersteren entschieden vorzuziehen, weil die geringste Verletzung oder Unvollständigkeit des Zinnüberzuges das Rosten geradezu befördert.

Litteratur.

Bücher über »Konstruktionselemente in Stein« und »Mauerwerkskunde«, fowie über »Steinhauerarbeit« und »Steinschnitt«.

- BOSSE, A. Kunstrichtig und probmäßige Zeichnung zum Steinhauen in der Baukunst. Aus dem Franz. von DES ARGUES. Nürnberg 1699.
- DE LA RUE, J. B. *Traité de la coupe des pierres*. Paris 1728. — 3. Aufl. 1858.
- FREZIER. *La théorie et la pratique de la coupe des pierres etc.* Straßburg 1737—39.
- LUCOTTE. *L'art de maçonnerie*. Paris 1783.
- MATTHAEY, C. Handbuch für Maurer etc. Ilmenau 1824. — 5. Aufl.: Die praktischen Arbeiten und Baukonstruktionen des Maurers und Steinhauers etc. Weimar 1879.
- DOULIOT, J. C. *Traité spécial de la coupe des pierres*. Paris 1825. — 2. Aufl. 1862. — Deutsch von C. F. DEYHLE. Stuttgart 1826.
- HÖRNIG, G. S. Theoretisch-praktisches Handbuch der verschiedenen Maurerarbeiten etc. Leipzig 1836.
- ROMBERG, J. A. Die Steinmetz-Kunst in allen ihren Theilen. Magdeburg 1837.
- ADHÉMAR, A. J. *Traité de la coupe des pierres*. Paris 1837. — Deutsch von O. MÖLLINGER. Solothurn 1842.
- ROMBERG, J. A. Die Mauerwerks-Kunst in allen ihren Theilen. Wien 1838.
- RINGLEB, A. Lehrbuch des Steinschnittes der Mauern, Bogen, Gewölbe und Treppen. Berlin 1844.
- TOUSSAINT DE SENS. *Manuel de la coupe des pierres*. Paris 1844.
- LEROY, CH. F. A. *Traité de stéréotomie etc.* Paris 1844. — Deutsch von E. F. KAUFFMANN. Stuttgart 1847.
- MENZEL, C. A. Der praktische Maurer etc. Halle 1846. — 9. Aufl.: Der Steinbau. Von F. HEINZERLING. Fulda 1893.
- Grundlage der praktischen Baukunst. I. Teil. Maurerkunst etc. 4. Aufl. Berlin 1850.
- CLAUDEL, J. & L. LAROQUE. *Pratique de l'art de construire. Maçonnerie etc.* Paris 1850. — 4. Aufl. 1870. — Deutsch von W. HERTEL. Weimar 1860.
- WEDEKE, J. C. & J. A. ROMBERG. Die Mauerwerksarbeiten. Leipzig 1853.
- HARRES, B. Die Schule des Maurers etc. Leipzig 1856. — 5. Aufl. von E. HARRES. 1881.
- HARRES, B. Die Schule des Steinmetzen etc. Leipzig 1857. — 2. Aufl. 1866.
- FREISCHINGER & BECKER. Systematische Darstellung der Baukonstruktionen. — Die Mauerwerks- oder Steinkonstruktionen. Berlin 1862—64.
- BRAND, C. v. Praktische Darstellung des Ziegelverbandes nach einfachen, allgemeinen, bisher unbekanntem Gefetzen. Berlin 1864.
- DEMANET, A. *Guide pratique du constructeur; maçonnerie*. Paris 1864.
- MENZEL, C. A. Das Mauerwerk und der Mauerverband etc. Herausg. u. verm. von C. SCHWATLO. Halle 1866.
- LAVIT, PÈRE ET FILS. *Traité de la coupe des pierres*. Marseille 1866.
- MÖLLINGER, C. Elemente des Steinbaues etc. Heft 1: Konstruktionen des Bruchstein- und Quaderbaues. Halle 1869.
- MÖLLINGER, C. Baukonstruktions-Vorlagen der Baugewerkschule zu Höxter. — Heft 1 u. 2: Mauerkonstruktionen. Höxter 1880. — Heft 3: Konstruktionen des Bruchstein- und Quaderbaues. Halle 1870.
- WEHRLE, J. Projective Abhandlung über Steinschnitt etc. Zürich 1871—74.
- MÜLLER, H. Die Maurerkunst. Leipzig 1875.
- HOFFMANN, E. H. Die Bauten von Stein. Leipzig 1875. — 3. Aufl. Deutsche bautechnische Taschenbibliothek, Heft 7. 1884.
- HAMMOND, A. *Rudiments of practical bricklaying etc.* London 1875.

- SCOTT BURN. *Building construction, showing the employment of brickwork and masonry in the construction of buildings.* Glasgow 1876.
- BEHSE, W. Die praktischen Arbeiten und Baukonstruktionen des Maurers und Steinbauers. Weimar 1869. — 6. Aufl. 1893.
- DIESENER, H. Praktische Unterrichtsbücher für Bautechniker. Bd. 4: Die Baukonstruktionen des Maurers etc. Leipzig 1887. — 2. Aufl. 1892.
- WARREN, S. E. *Stereotomy: problems in stone cutting etc.* New-York 1876.
- Vorlegeblätter der Baugewerkschule zu Holzwinden. Mauer-Construktionen. Leipzig 1879.
- HERDEGEN, F. & A. RANCHNER. Vorlagen für den bautechnischen Unterricht an der Kgl. Industrieschule etc. zu München. A. Bauconstructionslehre. Lief. 1 u. 2. München 1880.
- MONDUIT, L. *Étude pratique de la stéréotomie ou coupe des pierres.* Paris 1880.
- SCHMIDT, O. Neuere Bauformen des Ziegel-, Quader- und Holzbaues. 1. Lief.: Der Verband der Mauersteine. Berlin 1881.
- SCHAUPENSTEINER. Die Lehre vom Bauverband etc. Leipzig 1882.
- Praktische Unterrichtsbücher für Bautechniker. IV: Die Bauconstruktionen des Maurers etc. Von H. DIESENER. Halle a. S. 1887.
- SCHMIDT, O. Praktische Baukonstruktionslehre. Bd. II: Die Arbeiten des Maurers. Jena 1887.
- BAKER, J. O. *A treatise on masonry construction.* New-York 1890.