



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

1. Kap. Steinkonstruktionen im allgemeinen

[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.

Konstruktionselemente 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 Architekturssysteme beruhen auf der Verwendung von Stein oder steinähnlichen Massen.

8.
Verschiedenheit
nach dem
Material.

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:

- 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 zweckmäÙig, die Höhe oder Stärke einer Schicht, die der Höhe einer StosfläÙe entspricht, nicht gröÙer als die kleinste Abmessung der LagerfläÙe eines Steines zu nehmen, sondern eher noch geringer.

Die Länge der LagerfläÙe 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 LagerfläÙen und mit diesen die Länge der Steine eine entsprechend beschränkte. Unter Berücksichtigung desselben Umstandes darf auch die StosfläÙe im Verhältnis zur LagerfläÙe nicht zu klein genommen werden. Daraus ergibt sich eine kurze gedrungene Form der Steine als die zweckmäÙigste, wozu noch der früher besprochene wünschenswerte Parallelismus der gegenüber liegenden FläÙen tritt.

15.
Wahl der
LagerfläÙen.

Wären alle Steinmaterialien von durch und durch gleichartiger Beschaffenheit, so würden alle Seiten derselben gleich gut im Stoff geeignet sein, als Druck empfangende LagerfläÙen 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 gröÙere Druckfestigkeit, als parallel zu derselben. Man hat daher zu LagerfläÙen die BruchlagerfläÙen zu verwenden.

16.
GröÙe der
Steine.

Die Rücksicht auf das innere Gefüge der Steine ist zum Teile auch für die Bestimmung der GröÙe 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 Materials 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 GröÙe 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 GröÙenbestimmung 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, regelmäÙig 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 Rückficht 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.

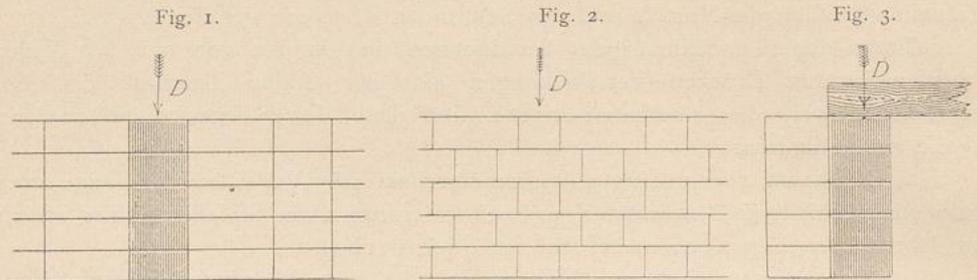
Als Aufgabe des Verbandes war das Verhüten von Verschiebungen einzelner Steine bezeichnet worden. Denken wir uns ein Mauerwerk durch einen einzelnen

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.



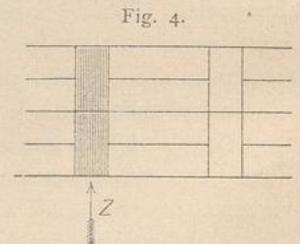
Wir haben keinen Verband. Ordnen wir dagegen die Steine in der in Fig. 2 angenommenen Weise an, so haben wir einen Verband; denn es können nun durch den Druck D nicht mehr blofs einzelne, unmittelbar lotrecht übereinander liegende Steine verrückt werden, sondern an einer etwaigen Verrückung müfste eine 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 chaussées* 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 Hauptgrundsatz für die Steinverbände, daß in zwei aufeinander folgenden Schichten keine Stofsflächen aufeinander treffen dürfen, sondern gegenseitig versetzt sein müssen, und daß ferner auch in der Richtung der Stärke und Länge des Mauerwerkes wo möglich keine Stofsflächen ganz durchlaufen sollten.

Berücksichtigt man weiter, daß 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 daß in den Stofsugen, wenn keine künstlichen Verbindungen zwischen den Steinen angewendet sind, irgend welche Festigkeit nicht vorhanden ist, so läßt sich weiter als zweiter Grundsatz für die Steinverbände folgern, daß 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 Grundsätzen 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 Ansichtsfläche 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 benutzt¹³⁾.

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

Die in der Ansichtsfläche des Mauerwerkes liegende Fläche des Steines, die also einen Teil der ersteren bildet, nennt man das Haupt oder die Ansichtsfläche. 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.