

I. Abschnitt.

Constructions-Elemente in Stein.

Von ERWIN MARX.

I. Kapitel.

Stein-Constructions im Allgemeinen.

Die Hauptmasse der meisten Bauwerke besteht aus Steinen oder steinähnlichen Stoffen. Es gehören diese daher zu den allerwichtigsten Baumaterialien, 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 construierte erhalten geblieben; in keinem anderen Material läßt sich ein so hoher Grad von Monumentalität erzielen; die meisten Architektur-Systeme 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 Mineralreich 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 Bautheilen 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 Kenntniß besserer Werkzeuge voraussetzt und vielfach den Transport größerer Einzellaften in sich schließt.

Auf alle Fälle werden daher bei einer Besprechung der Stein-Constructions im Allgemeinen nicht bloß die Constructions aus einzelnen Stücken, sondern zugleich auch diejenigen Constructions 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 Stein-Constructions sind also dem Material nach zu unterscheiden:

- a) Constructions aus natürlichen Steinen, und zwar aus solchen,
 - α) die nach einer bestimmten Form genau bearbeitet und von größeren Dimensionen sind (Quader, Hausteine, Schnittsteine, Werksteine, Werkstücke),

- β) die regelmässig bearbeitet, aber von kleineren Dimensionen, wenig oder gar nicht bearbeitet sind (Bruchsteine);
- b) Constructionen aus künstlichen Steinen;
- c) Constructionen aus Guss- oder Stampfmassen, und
- d) gemischte Constructionen, bei denen die Constructionen unter a, b und c in den verschiedenen möglichen Combinationen zur Herstellung von einem und demselben Bautheil Verwendung finden.

9.
Einfluss
des Stein-
materials.

Will man zweckmässig bauen, so muss man die Eigenschaften des Baumaterials 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, so wie ihre Elasticität eine verhältnissmässig viel geringere ist. Es müssen demnach die Stein-Constructionen namentlich auf Verwerthung der Druckfestigkeit abzielen. Dadurch wird einerseits die Art ihrer Lagerung im Bau bedingt, andererseits ihre Verwendungsfähigkeit und Verbindungsweise beschränkt.

Die oftmals bedeutende Härte des Materials, die Sprödigkeit und die geringe Festigkeit desselben gegen Zug und Biegung gestatten nicht oder nur ausnahmsweise Verbindungsarten, wie sie für die Holz-Constructionen charakteristisch sind, als z. B. Zapfen, Verzahnungen etc. Die verhältnissmässige Kürze, in der die meisten Steinstücke nur erlangt werden können, eben so wie die geringe Elasticität 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 praktisch finden, obgleich andererseits ähnliche Verwendungsweisen, wie zur Herstellung von Treppen, horizontalen Ueberdeckung von Oeffnungen etc. gar nicht zu umgehen und unter Beobachtung der nöthigen Vorrichtungsregeln auch zweckmässig sind.

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

Das grössere Gewicht bei einer durch das Material bedingten gewissen Dicke geben von Haus aus den reinen Stein-Constructionen eine grössere Stabilität, als den Constructionen von Holz, eben so 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 resultirt hieraus die im Allgemeinen weit grössere Einfachheit der Constructionen von Stein gegenüber denen von Holz oder Eisen, deren Stabilität durch Einführung complicirterer Verbände und Verbindungen, wie sie die Natur dieser Materialien gestattet, erreicht werden muss. In der combinirten Ausnutzung der günstigsten Eigenschaften dieser drei Materialien beruht u. A. die Anwendung der Holz- und Eisen-Fachwerke, bei denen die Felder des aus Holz, bezw. Eisen hergestellten Gerippes mit Steinwerk ausgefüllt werden.

10.
Verwendung
der
Mörtel.

Eine Voraussetzung zu letzterer Verwendungsweise und überhaupt ein grosser Vortheil für die Verwendbarkeit des Steinmaterials ist der Umstand, dass gewisse Substanzen, namentlich die Mörtel, zur Verfügung stehen, die in weit ausgedehnter 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 Vortheile 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 in Folge dessen die Verwendung der Bindemittel bei allen modernen Stein-Constructionen eine so allgemeine und ausgedehnte, daß solche im Hochbau nur selten ganz ohne dieselben ausgeführt werden. In Beziehung auf die Verwendung der Mörtel bei Stein-Constructionen 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 Constructionen unter a nennt man wohl Trockenmauerwerke, wenn Mauerkörper auf diese Weise hergestellt werden. Es sind hierher aber noch eine Anzahl anderer Constructionen (ein Theil der Steintreppen, Dachdeckungen) einzureihen.

Die Constructionen 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 Constructionswesen bieten namentlich die Mittel zur Begrenzung von Räumen und Stützung von Lasten. Die Hauptformen dieser Verwendungen sind Mauern und Pfeiler, so wie die Gewölbe.

11.
Anwendung.

Die mannigfaltigen Formen, in denen die Steine gewonnen, zugerichtet und künstlich hergestellt werden können, geben aber noch Veranlassung zu den verschiedensten anderweitigen Benutzungen derselben, 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 Constructionen der Steintreppen nehmen, wie in räumlicher Beziehung, so auch in constructiver 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 Stein-Constructionen besondere Berücksichtigung. Es lassen sich für sie bestimmte Regeln entwickeln, die zum Theile auch für andere Constructionen von Stein Giltigkeit 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 Zwischenlage die Reibung zwischen den Steinen vermindert werden kann. Würde man immer einen plötzlich erhärtenden Mörtel verwenden und würden die Mörtel immer 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 Construction ist. Es wäre dann ganz gleichgiltig, wie und in welcher Form die Steine neben und über einander gelagert sind³⁾.

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

So rasch und nachhaltig erhärtende Mörtel giebt 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 zu construiren 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 Stein auf den benachbarten übertragen; man kann eine solche Kraft als Fugenkraft bezeichnen, und da hier meist nur Drücke zur Wirkung gelangen, specieller 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 normal zur Richtung des Fugendruckes liegen, wenn ein Gleiten vermieden werden soll. Abweichungen von dieser Lage der Fugenfläche sind daher in ihrer Größe von der vorhandenen Reibung abhängig zu machen. Der Reibungs-Coefficient zwischen Stein auf Stein ist 0,6 bis 0,7, der Reibungswinkel 31 bis 35 Grad. Differenzen zwischen der Richtung des Fugendruckes und der Normalen zur Fugenfläche dürfen daher dieses Maß nicht übersteigen. Nimmt man doppelte Sicherheit an, so reducirt 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 normal zur Richtung des Fugendruckes anzusehen. Abweichungen von dieser Richtung, so weit 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 in Folge dessen nicht parallele, sondern convergirende 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 lothrechte Mauerkörper handelt, von der consequenten Durchführung des vorher erörterten Grundsatzes abzuweichen wünschen müssen, um Erleichterung der Arbeit und Verminderung der Kosten zu erzielen. Man wird deswegen häufig eine parallele Schichtung des Mauerwerkes, normal 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 lothrechten Mauerkörpern vor, daß die mittlere Druckrichtung in denselben nicht lothrecht ist, sondern schief im Raume (bei Widerlagsmauern von Gewölben, Strebepfeilern, Futter- und Stützmauern etc.). In Folge der parallelen Schichtung — bei Einführung einer mittleren Druckrichtung —

und weil die Mauern in den meisten Fällen lothrechte Begrenzungsebenen erhalten müssen, ergeben sich an diesen spitzwinkeligen Kanten der Steine, die praktische 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 horizontale Schichtung des Mauerwerkes erzielen, welche die im Hochbauwesen am meisten auch angewendete ist. Das, was man hierbei an Festigkeit der Construction in Folge grösserer Abweichungen von der theoretisch richtigen Lage der Fugenflächen normal 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 sein ⁴⁾.

Die aus den vorher angegebenen praktischen Rücksichten auf die Art des Steinmaterials wünschenswerthe parallelepipedische Gestalt 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 Sedimentär-Gesteinen, entspricht sie auch gewöhnlich der natürlichen Schichtung und Zerklüftung, so wie der Gewinnungsweise in den Steinbrüchen, während sie bei den künstlichen Steinen die für die Fabrikation bequemste ist.

Das rechtwinkelige Aneinanderstossen der Begrenzungsflächen eines Mauersteines läßt sich übrigens auch theoretisch begründen. In jedem von äusseren Kräften afficirten Körper wirkt auf ein beliebiges Flächenelement eine Kraft, die man im Allgemeinen innere Kraft ⁵⁾ oder, auf die Flächeneinheit bezogen, Spannung nennt. Es läßt sich nachweisen ⁶⁾, daß in jedem Punkte drei auf einander normale Spannungen existiren, welche auf den von ihnen afficirten Flächenelementen normal stehen.

Man nennt diese Spannungen Hauptspannungen. Im vorliegenden Falle sind die Spannungen meist Drücke, die man daher Hauptdrücke nennen kann. Jeder andere Druck steht auf der von ihm afficirten Fläche nicht normal. Nach dem Gefagten läßt sich sonach folgender Satz aufstellen: Die Fugenflächen sollen auf den Hauptdrücken normal stehen. Es ergeben sich hiernach drei zu einander normale Fugenflächen.

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 normal zu legenden Fugenflächen heißen Lagerflächen, die senkrecht zu demselben liegenden Stofsflächen. Die Durchdringungslinien dieser Steinflächen mit den Begrenzungsflächen des Mauerwerkes heißen Lagerfugen, bezw. Stosfugen. Unter den Stofsflächen werden mitunter diejenigen, welche im Aeusseren 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 Mauer-
schicht (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 pro 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

14.
Fugenflächen
und
Mauerfichten.

⁴⁾ Siehe im vorliegenden Bande: Abth. III, Abchn. 1, A: Wände.

⁵⁾ Siehe Theil I, Band 1 dieses „Handbuches“ (Art. 252, S. 231).

⁶⁾ Siehe: WINKLER, E. Die Lehre von der Elasticität und Festigkeit etc. 1. Theil. Prag 1867. §. 12 (S. 8).

zu mit abnehmender Höhe; sie nimmt auch noch unter Würfelhöhe zu⁷⁾; daher ist es zweckmäßig, die Höhe oder Stärke einer Schicht, die der Höhe einer Stofsfläche entspricht, nicht grösser als die kleinste Dimension 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 präzise Arbeit vorauszusetzen 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 Stofsfläche 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 wünschenswerthe Parallelismus der gegenüber liegenden Flächen tritt.

15.
Wahl
der
Lagerflächen.

Wären alle Steinmaterialien von vollständig homogener Beschaffenheit, so würden alle Seiten derselben gleich gut im Stoff geeignet sein, als Druck empfangende Lagerflächen zu dienen. Bei künstlichen Steinen ist diese Eigenschaft vorauszusetzen, und sie kann bei diesen auch beschafft werden. Bei den zu Hochbauten zumeist verwendeten natürlichen Steinen, bei den geschichteten Gesteinen, ist diese Eigenschaft in Folge der natürlichen Schichtung gewöhnlich aber nicht vorhanden. Es besitzen dieselben normal zur natürlichen Schichtung grössere Druckfestigkeit, als parallel zu derselben. Man hat daher zu Lagerflächen die Bruch-Lagerflächen zu verwenden⁸⁾.

16.
Grösse
der
Steine.

Die Rücksicht auf die innere Structur der Steine ist zum Theile auch massgebend für die Bestimmung der Grösse derselben. Da nach den vorhin angegebenen Gründen die natürliche Schichtung immer normal zur Druckrichtung gelegt werden sollte, so ist die dieser Richtung entsprechende Dimension 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 abhängig ist von der Biegefestigkeit des betreffenden Materials, 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 homogene und feste Masse erzeugen kann.

Ausser von diesen in der Natur der Materialien begründeten Bedingungen für die Grössebestimmung der Steine ist dieselbe auch noch abhängig von der Möglichkeit des Transportes und von der Art des Verfertigen im Bau. Beim Verfertigen 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.

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

8) Die natürliche Schichtung wird mitunter auch das L o o s genannt.

Aus der Erfahrung hat sich ergeben, daß man bei den in der Baupraxis bevorzugten, regelmäßig spaltenden Steinen am solidesten, bequemsten und billigsten in Schichten mit durchgehenden parallelen Lagerflächen mauert, d. h. indem man eine Anzahl gleich hoher Steine in einer Schicht vereinigt. Bei lothrechten Mauern hält man außerdem noch horizontale ebene Lagerflächen für praktisch⁹⁾. Werden bei Verwendung von Mörteln hierbei noch die Mörtelbänder zwischen den Schichten von durchgehends gleicher Dicke gehalten, so erzielt man dabei noch ein möglichst gleichmäßiges Setzen, das innerhalb eines Mauerwerkes hauptsächlich durch die Zusammenpressung des Mörtels und das Schwinden desselben verursacht wird.

17.
Steinverband
und Stein-
verbindung.

Trotz dieser praktisch zweckmäßigen Anordnungen sind in Folge von auf das Mauerwerk wirkenden Drücken Verschiebungen einzelner Steine innerhalb desselben möglich. So weit dies überhaupt angeht, sind diese Verschiebungen auf zweierlei Weise zu verhindern:

a) Durch eine zweckmäßige Aneinanderreihung oder Verkettung der Steine innerhalb einer Schicht und zweckmäßige Zueinanderordnung der Stosfugen einer Schicht zu denen einer folgenden; es ist dies der Steinverband.

b) Durch Hinzuziehung von Hilfsmitteln, die eine isolirte Bewegung einzelner Steine in einer Schicht unabhängig von einer anderen durch Befestigung der Steine unter einander verhüten sollen. Wir wollen die Arten dieser Befestigungen als Steinverbindungen¹⁰⁾ bezeichnen. Es können dieselben auf dreierlei Weise hergestellt werden:

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

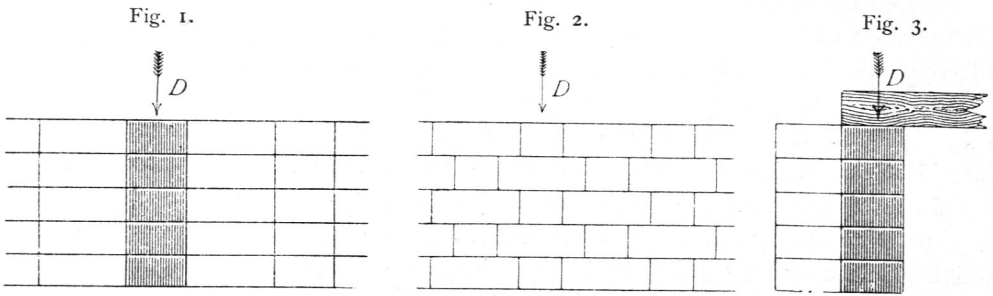
Ist nur ein Hauptdruck vorhanden und liegen dabei die Lagerfugen theoretisch richtig, also normal zur Druckrichtung oder innerhalb der zulässigen Abweichung von derselben (z. B. bei lothrechten Mauern mit lothrechter Belastung oder bei richtig construirten Gewölben), so reicht man mit dem Steinverband aus. Eben so wenn noch zufällige 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 unregelmäßiger 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 Verbands nicht genügend berücksichtigt sind. Es werden dann häufig noch die unter b, 2 und b, 3 angeführten Verbindungen angewendet. Die bloße Verwendung der Verbindungen ohne einen Verband kommt bei rationellen Stein-Constructions nicht vor, abgesehen natürlich von den schon mehrfach erwähnten Constructions, deren Existenz auf der bloßen 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 Grundätze für die Steinverbände fest gestellt werden.

⁹⁾ Da bei lothrechten Mauern der Hauptdruck meist vertical ist, so empfiehlt sich, den Auseinanderfetzungen in Art. 13 (S. 13) entsprechend, auch vom theoretischen Standpunkte aus die horizontale Lage der Lagerflächen.

¹⁰⁾ Analog der Unterscheidung von Holzverband und Holzverbindung.

Als Aufgabe des Verbandes war die Verhütung von Verschiebungen einzelner Steine bezeichnet worden. Denken wir uns ein Mauerwerk durch einen ifolirten Hauptdruck D beansprucht und die Steine in der in Fig. 1 angegebenen Weise angeordnet, also mit in verticalem Sinne durchgehenden Stofsflächen, so wird von der Mauer nur der schraffierte Theil 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



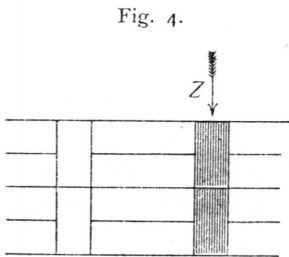
Druck D nicht mehr blofs einzelne, unmittelbar lothrecht über einander liegende Steine verrückt werden; sondern an einer etwaigen Verrückung müßte eine ganze Zahl von benachbarten theilnehmen. Es wird hierbei gleichzeitig etwas anderes Wichtiges erreicht: der ifolirte Druck D wird auf einen gröseren Theil der Mauer vertheilt, ein einzelner Stein in derselben viel weniger auf Zerdrücken in Anspruch genommen.

Ifolirte Hauptdrücke kommen bei Hochbauten öfters vor, z. B. bei den einzelnen Balken einer Balkenlage ohne Mauerlatte, bei Tragbalken einer Decken-Construction, bei Bindern der Dachwerke, bei Säulenstellungen etc.

Denken wir uns ferner den Fall, dafs ein ifolirter Hauptdruck nicht in der ganzen Stärke einer Mauer zur Wirkung gelangt, wie in Fig. 3 (Querchnitt in Richtung der Mauerdicke) angenommen, so wird eine Längspaltung 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 vertheilt oder ifolirt auftreten, kommen häufig noch zufällige Beanspruchungen hinzu, und zwar:

1) Solche normal zur Richtung des Hauptdruckes und normal zur Anfachfläche des Mauerwerkes (Stöfse etc., Z in Fig. 4); gehen dabei die Stofsflächen durch die ganze Mauerdicke hindurch, wie in Fig. 4 (Aufficht 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 können ¹¹⁾.



2) Kräfte, gleichfalls normal zur Richtung des Hauptdruckes, aber parallel zur Anfachfläche des Mauerwerkes,

¹¹⁾ Es muß hier angeführt werden, dafs man doch, aus praktischen Gründen, vielfach die Stofsflächen durch die Mauerstärke hindurchlaufen läßt, dafür aber oft Steinverbindungen hinzuzieht.

die von partiellen Senkungen, Erschütterungen etc. herrühren und als Druck- oder Zugspannungen auftreten können. Auch in diesen Fällen wirkt ein Verband günstig für den Zusammenhalt des Mauerwerkes.

Eine Bewegung der Schichten über einander in Folge 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 Temperatur-Zu- und -Abnahme. Es ist diese Veränderlichkeit des Volums durchaus nicht unbedeutend, wie aus den unten mitgetheilten Zahlen hervorgeht. (Der Ausdehnungs-Coefficient für Sandstein nähert sich, der für Portland-Cement-Sand-Mörtel ist gleich dem von Eifen, und der von Gyps ist fogar gröfser.) 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 Urfache nachweisen konnte, oft auf diese Veränderlichkeit der fast allgemein für volumbeständig gehaltenen Stein- und Mörtel-Materialien zurückgeführt werden können.

Die umfassendsten Versuche über die Ausdehnung der Mauerwerke, welche dem Verfasser bis jetzt bekannt geworden sind, sind diejenigen *Boussin's*¹²⁾. Als Mittelwerthe aus je zwei Versuchen giebt derselbe folgende Ausdehnungs-Coefficienten an (lineare Ausdehnung für 1 Grad C.¹³⁾):

Gufs aus reinem Portland-Cement	0,0000107
Gufs aus Portland-Cement-Mörtel	0,0000118
(1 Theil Cement, 2 Theile Quarzsand)	
Backsteinmauerwerk in Portland-Cement-Mörtel	0,0000089
(die Ziegel als Binder verlegt)	
Dasselbe (die Ziegel als Läufer verlegt)	0,0000046
Portland-Cement-Beton	0,0000143
Kalksteinquader von Ranville	0,0000075
Desgl. von der Maladrerie bei Caen	0,0000089
Granitquader von Diélette	0,0000079
Marmor	0,0000054
Weifser Gypsgufs	0,0000166.

Als Mittel zur Verhinderung der schädlichen Wirkung der Ausdehnung der Steine durch Temperaturerhöhung schlägt *Boussin* vor, bei lang ausgedehnten Mauer-Constructionen, wie z. B. Umfassungsmauern, Quaimauern etc., in Intervallen Schlitzte von einigen Millimeter oder Centimeter Breite einzufalten.

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

Berücksichtigt man weiter, dafs 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 dafs in den Stofsugen, wenn

¹²⁾ Mitgetheilt in: *Annales des ponts et chaussées* 1863, 1. Sem., S. 178.

¹³⁾ Des Vergleiches wegen seien aus Theil I, Band 1 dieses »Handbuches«, Art. 163 (S. 184) die Ausdehnungs-Coefficienten für Eifen (auf 1 Grad C. umgerechnet) wiederholt:

Gufseifen	0,0000132
Schmiedeeifen	0,0000145
Stahl	0,0000135.

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.

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

19.
Benennung
der
Steine und
Schichten.

Je nach der Anordnung der Steine in den Schichten erhalten dieselben verschiedene Namen, die für alle Mauermaterialien giltig sind und deshalb gleich hier aufgeführt 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 Constructionsstärke hindurchreichen. Für diesen Fall werden aber auch die Namen Durchbinder oder Ankersteine benutzt ¹⁴⁾.

Schichten, die nur aus Läufern oder nur aus Bindern zusammengesetzt sind, oder wenigstens in der Mauerfläche als so zusammengesetzt zur Erscheinung gelangen, heißen Läufer-, bezw. Binderschichten.

Die in der Anichtsfläche des Mauerwerkes liegende Fläche des Steines, die also einen Theil der ersteren bildet, nennt man das Haupt oder die Anichtsfläche. Mit dieser Bezeichnung in Zusammenhang 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 die Flucht derselben.

2. Kapitel.

Steinverband.

20.
Allgemeines.

Aus den Erörterungen des 1. Kapitels ergab sich die kurze, parallelepipedische Gestalt der Steine als die zweckmäßigste zur Herstellung eines regelrechten Steinverbandes. Halten wir dann weiter fest, daß es Aufgabe des letzteren ist, die Steine innerhalb einer Schicht sowohl, als auch in Beziehung zu den benachbarten Schichten zweckmäßig zu einander zu ordnen, so leuchtet ein, daß bei einer bloß theoretischen Besprechung der Steinverbände die absolute Größe der Stücke nicht in Betracht zu kommen hätte, während das Verhältniß der drei Dimensionen eines parallelepipedischen Stückes zu einander eine große Rolle spielen muß. In der Praxis kommt

¹⁴⁾ Da die Bezeichnung »Strecker« auch manchmal für Läufer verwendet wird, so erscheint es zweckmäßig, dieselbe ganz zu vermeiden.