

Fig. 211.

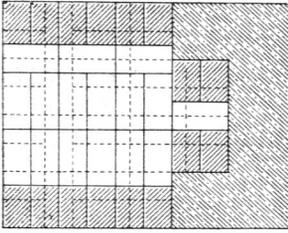
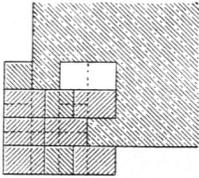


Fig. 212.



ist eine abatzweise Ausgleichung einzuführen und dann die schon erwähnte, den Abätzen entsprechende Durchführung von Schichten aus regelmäßigem Material von Vortheil (Fig. 210). Bei Backsteinen darf die Verzahnung niemals nur eine Schicht stark werden, sondern immer aus mehreren Schichten bestehen. Trotzdem werden sich bei hohen Mauern, namentlich wenn dieselben nicht in die erwähnten Höhenabtheilungen zerlegt sind, Trennungen zwischen den verschiedenen Theilen ergeben, auch wohl die Verzahnungen abgesprengt werden. Deswegen sieht man in solchen Fällen wohl auch von den Verzahnungen ganz ab und läßt die Mauertheile in verticalen Nuthen in einander greifen, so daß sich dieselben unabhängig bewegen können. Es ist dies allerdings nur bei dicken Mauern ausführbar (Fig. 211); auch sollten die aus regelmäßigerem Material hergestellten Partien vor den anderen vorspringen, um die Anschlußfuge zu decken (Fig. 212).

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

### 3. Kapitel.

## Steinverbindung.

Zur Herstellung fester Stein-Constructionen benutzt man die Steinverbände und in den meisten Fällen mit diesen combinirt die Steinverbindungen. Praktische Rücksichten machen es zumeist nicht möglich, durch die Verbandanordnung allein isolirte Bewegungen einzelner Steine auszuschließen. Um solche zu verhindern, zieht man die Steinverbindungen hinzu, welche die Befestigung der Steine unter einander bezwecken. Diese Befestigung kann, wie schon im 1. Kapitel angeführt wurde, auf dreierlei Weise erfolgen, und zwar:

- a) durch Verbindung mittels der sog. 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 auf einander 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 combinirt zur Verwendung gelangen.

#### a) Verbindung der Steine durch Bindemittel.

Die isolirte Bewegung eines Steines in einem Verbandmauerwerk, ein Gleiten oder ein Drehen derselben kann nur eintreten, wenn der Platz dazu vorhanden ist. Dieser Platz ist gegeben durch die Zwischenräume zwischen den Steinen (Fugen). Sind diese Zwischenräume sehr klein, die Fugen sehr eng (scharf), was bei sorgfältiger Bearbeitung oder Fabrikation der Steine möglich ist, so wird die Bewegung eines Steines unabhängig von feinen Nachbarn nur minimal 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 sog. 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 Reibung 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 aber einen ferneren Vortheil für die Construction, nämlich den einer gleichmäßigen Druckvertheilung in denselben, die nicht mehr nur durch einzelne vorspringende Punkte vermittelt wird, sondern in der ganzen Ausdehnung der Lagerflächen stattfindet. Es muß dabei das Bindemittel indess der Bedingung Genüge leisten, daß es, einmal comprimirt, sich nicht 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 Verwendung finden bei den sog. Trocken- oder Feldmauern.

Viele Bindemittel, die sog. Mörtel, besitzen nun aber noch eine weitere sehr werthvolle Eigenschaft, nämlich die, aus einem weichen, halb flüssigen Zustand in einen starren überzugehen und dabei fest an den Steinflächen zu adhären, so daß eine Zusammenkittung der Steine erfolgt. Es sind dies Bindemittel im wahren Sinne des Wortes, über welche schon in Theil I, Band 1 dieses »Handbuches« (Abth. I, Abfchn. 1, Kap. 3: Die Mörtel und ihre Grundstoffe) das Nöthige mitgetheilt worden ist, und die dort in chemische und mechanische Mörtel eingetheilt wurden. Die Mauerwerke, welche mit Hilfe der chemischen Mörtel (Kalk-, Cement-Gyps-Mörtel) hergestellt werden, nennt man im gewöhnlichen Leben gemörtelte oder gefpeiste<sup>38)</sup> Mauern.

Die mechanischen Mörtel (Lehm, Chamotte, Kitte, Asphalt, Schwefel, geschmolzenes Blei, Lothe etc.) haben untergeordnetere Bedeutung und finden nur aus speciellen 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. Eben so ist es hier nicht am Platze, auf das Specielle der Anwendung der verschiedenen Mörtel bei den verschiedenen Steinmaterialien (auf das Mauern) einzugehen; dagegen müssen schon hier die für alle Materialien giltigen Principien der Anwendung erörtert werden.

Die chemischen Mörtel, wenigstens die Kalk- und die Cement-Mörtel, werden in der Regel mit einem Zusatz von Sand oder einer anderen Füllsubstanz bereitet.

37.  
Grundsatz  
für chemische  
Mörtel.

<sup>38)</sup> Die Bezeichnung Mauerpeife oder Speifs wird vielfach für Mörtel verwendet.

Beim Cement wird der Sand zugefetzt der Erfparnis und leichteren Verwendung wegen; beim Kalk ift er nothwendig, um im Mörtel die genügende Porofität für das Eindringen der atmosphäriſchen Luft und damit ausreichende Säuerung des Aetzkalkes mit Kohlenfäure, möglichft vollftändige Umbildung des Aetzkalkes in kohlenfauren Kalk zu erzielen. Auch ift der Sandzufatz nöthig, um genügende feſte Körperflächen zu haben, an welche der ſich bildende kohlenfaure Kalk feft ſich anlegen kann. Ohne Sandzufatz wirkt der Kalkteig nur druckausgleichend zwifchen den Steinen.

Nach *Hauenschild* (ſiehe Theil I, Band 1 dieſes »Handbuches«, Art. 101, S. 153) entſpricht die Menge Bindeftoff, welche dem Sande zur Mörtelbildung zuzufetzen ift, der Menge von Flüffigkeit, welche vom Sand unter normalen Verhältniffen capillar zurückgehalten werden kann. Es ift dies ein Minimum des Kalkzufatzes, welches aber bei ungenügendem Luftzutritt für rafchere Verfeftigung des Mörtels günstiger wirken kann, als ein reichlicherer Zufatz <sup>39)</sup>. Im Allgemeinen ift aber zur Erzielung gröfster Feftigkeit vollkommene Füllung aller Zwifchenräume zu verlangen. Dies gilt auch vom Beton, bei deffen groben Füllmaffen übrigens die Capillarität zwifchen denfelben nur fehr gering fein kann. Man hat daher zur Herftellung eines guten Betons alle Steinbrocken deffelben vollftändig mit Bindeftoff zu umhüllen; ein Mehr würde nicht nützlich fein. Alle Zwifchenräume ſollen eben nur ausgefüllt werden, was allerdings wegen der Körperlichkeit des Bindeftoffes einen Ueberſchuß an folchem über die gemeffene Summe der Zwifchenräume der Steinbrocken ohne Bindeftoff verlangt.

Derfelbe Grundſatz ift aber auch für die Bildung von Mörtelmauerwerk aufzuftellen; nur dafs bei diefem ſelbſtverſtändlich die Mauerhäupter von der Benetzung mit Mörtel auszufchließen ſind. Ein ſo hergeftelltes Mauerwerk nennt man ſcharf gemauert. Die Menge des nothwendigen Mörtels ergibt ſich dann als Summe der Zwifchenräume, der Fugen, für welche das zuläffig geringfte Maß anzunehmen ift. Dieſes geringſte zuläffige Maß, die Fugendicke, ift aber abhängig von der Befchaffenheit der Fugenflächen und des Mörtels.

88.  
Fugendicke.

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

Die Dicke der Fugen ift auch von der Geſtalt der Steine und der Art des Steinmaterials abhängig. Eben ſo wird man zwifchen Lagerfugen und Stoßfugen einen Unterſchied machen können.

Bei der Dimensionirung der Mauerziegel wird auf die Dicke der Fugen ſchon Rückſicht genommen; ſo ift beim deutſchen Normal-Ziegelformat (ſiehe Art. 21, S. 20) die Dicke der Stoßfugen auf 10 mm feft geſetzt, 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 ift die gröfere Lagerfugendicke deſswegen häufig nothwendig, weil die Steine gewöhnlich etwas verſchieden dick und öfters

<sup>39)</sup> Siehe auch: HAUENSCHILD, H. Zur Frage der Erhärtung des Kalkmörtels. Notizbl. des Ziegler- und Kalkbrenner-Ver. 1881, Nr. 1, S. 68.

etwas über 65 mm stark find, und man daher einigen Spielraum braucht, um die Oberkante der Steine in eine Horizontale bringen zu können. Bei den sorgfältig zubereiteten Verblendsteinen und feinfandigem 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 Druckvertheilung zu erwarten sein, aber auch ein starkes Setzen des Mauerwerkes durch Compression und Schwinden des Mörtels. Wenn die Römer bei ihren Ziegelbauten Fugen von 25 bis 50 mm Dicke anwendeten, so war dies wohl nur in Folge ihres rasch bindenden Puzzolan-Mörtels zulässig.

Auch bei Mauerwerken aus bearbeiteten natürlichen Steinen ist bei Feststellung der Dimensionen auf die Fugendicke Rücksicht zu nehmen, wenigstens auf die der Lagerfugen, die der gleichmäßigen Druckvertheilung wegen bei Verwendung von Mörtel nicht unter 5 bis 6 mm dick zu machen sind, sonst aber auch nicht über 12 mm. Die Stofsugendicke 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 natürlich die Fugendicke von der Form der Steine abhängig; doch dürfte hier, wie bei den Ziegeln, ebenfalls eine obere Grenze von 15 mm fest zu halten 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, Nichtfören des Abbindens des Mörtels und Verwendung von frischem Mörtel.

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, eben so Wichtiges erreicht, nämlich ein gewisser Feuchtigkeitsgrad der Steine, welcher bewirkt, daß dem Mörtel nicht zu rasch sein Wassergehalt entzogen wird; denn der Erhärtungsproceß eines chemischen Mörtels kann nur dann genügend vor sich gehen, wenn derselbe einige Zeit eine ausreichende Feuchtigkeit behält. Bei porösen oder thonhaltigen Steinen, so wie 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 nothwendig. 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 nothwendig, 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 Cemente und des Gypses, darf man auch nur verhältnißmäßig geringe Quantitäten 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 Schutzmaßregeln 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 Theil I, Band I dieses »Handbuches« (Abth. I: Die Technik der wichtigeren Baustoffe). Es mag jedoch hier noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß extreme Luft-Temperaturen die Mörtelverbindung eines Mauerwerkes wesentlich stören können. In heißer Witterung hergestelltes Mauerwerk, namentlich von dünnen Wänden, so wie schnell künstlich getrocknetes Gemäuer erhält nur geringe Festigkeit, in Folge zu rascher Entziehung der Feuchtigkeit oder in Folge zu rascher Erhärtung der äußeren Mörteltheile und dadurch herbeigeführter Minderung der Porosität<sup>40</sup>). Frost wird den Entstehungsproceß einer Mörtelverbindung ganz zerstören oder wenigstens verzögern<sup>41</sup>).

Wo Bauausführungen bei Frostwetter nicht zu umgehen sind, muß man besondere Maßregeln treffen, die aber entsprechende Kostenvermehrung verursachen<sup>42</sup>).

Je homogener ein Stoff in feiner Substanz ist, um so größere Festigkeit wird er verhältnißmäßig besitzen. Ein Mauerwerk ist nun keine homogene Masse, da die einzelnen Stücke desselben durch die Fugen getrennt werden. Durch die Ausfüllung der Fugen mit Mörtel wird nun allerdings eine größere Homogenität erzielt; aber immerhin ist ohne Weiteres anzunehmen, daß ein solches Mauerwerk weniger fest wird, als der einzelne Stein für sich. Im Mauerwerk haben wir eine Verbindung von Körpern verschiedener Festigkeit, in welcher die Druckvertheilung ungleichmäßiger ist, als in den Steinen und dem Mörtel für sich allein. Es wird dies durch die Erfahrung bestätigt.

*Böhme* sagt hierüber<sup>43</sup>): »Namentlich werden — wenn das Bindematerial härter als der Stein ist — die Stosfugen die Zerstörer fein, 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 Stosfugen), 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 Cementmörtel ohne Verband (frei von Stosfugen) gemauert ist, so ergeben sich bedeutend günstigere Resultate; ja es ist sogar vorgekommen, daß ein solcher Mauerklotz mehr Widerstandsfähigkeit lieferte, als ein einziger Stein von der Gattung, aus welcher der Mauerklotz hergestellt war.«

<sup>40</sup>) Ausführlicheres hierüber siehe in: GOTTGEBRE, R. Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien. II. Bd. 3. Aufl. Berlin 1881. S. 269 u. ff. — Vergl. auch im Folgenden Abth. III, Abschn. 1, A, Kap. 2.

<sup>41</sup>) Siehe hierüber: HAUENSCHILD, H. Zur Frage der Erhärtung von Kalkmörtel. Notizbl. des Ziegler- und Kalkbrenner-Ver. 1881, Nr. 1, S. 68.

<sup>42</sup>) Ueber die Ausführung eines Brückenbaues bei Frostwetter siehe: Deutsche Bauz. 1880, S. 74. — Desgl. über die Ausführung des Bahnhofes Friedrichstraße in Berlin: Baugwks.-Zeitg. 1885, S. 35.

<sup>43</sup>) In: Die Festigkeit der Baumaterialien. Berlin 1876. S. 9.

90.  
Schädigung  
durch Hitze  
und Frost.

91.  
Festigkeit  
von Mörtel-  
mauerwerk.

Verbandmauerwerk ist nun ohne Stofsugen nicht herstellbar (höchstens bei schwachen Haufsteinfeilern), so dafs die Versuche, welche mit Mauerklötzen hergestellt wurden, die nur Lagerfugen hatten, für die Praxis eigentlich keine Bedeutung haben. Leider ist die Unterfuchung von gröfseren Mauerkörpern aus Verbandmauerwerk mit grofsen Schwierigkeiten verknüpft, so dafs solche bis jetzt wenig ausgeführt worden sind. Für Mauerziegel liegt jedoch eine von *Böhme* mitgetheilte längere Versuchsreihe vor<sup>44)</sup>. Von derselben sollen hier die Schlufsresultate wiedergegeben werden, aus welchen sich der wesentliche Einflufs des Mörtels auf die Festigkeit des Mauerwerkes ergibt.

Wenn mit  $\delta$  die Festigkeit des gemauerten Würfels und mit  $\delta_1$  die zulässige Belastung derselben bei 10-facher Sicherheit in Procenten der Festigkeit der unvermauerten Steine bezeichnet wird, so betragen diese Werthe bei den angeführten Mörtelmischungen:

Festigkeit	Mörtelmischung:			
	I. 1 Theil Kalk, 2 » Sand.	II. 7 Theile Kalk, 1 Theil Cement, 16 » Sand.	III. 1 Theil Cement, 6 » Sand.	IV. 1 Theil Cement, 3 » Sand.
$\delta$	44	48	55	63
$\delta_1$	4,4	4,8	5,5	6,3
	Procent.			

Unter Benutzung dieser Werthe von  $\delta_1$  und der aus vielen Versuchen gefundenen Mittelwerthe für die Druckfestigkeit der verschiedenen Backsteinforten 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 Polizei-Präfidiums		Bemerkungen
		I. $\delta_1 = 4,4$ Proc.	II. 4,8 Proc.	III. 5,5 Proc.	IV. 6,3 Proc.	Kalkmörtel	Cementmörtel	
Gewöhnliche Hintermauerungssteine . . . . .	206	9,1	9,8	11,3	13	8	—	
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 6	leicht gebrannt. hart gebrannt.
Poröse Lochsteine . . . . .	84	3,7	4	4,6	5,3	—	—	
Lochsteine . . . . .	194	8,5	9,3	10,7	12	—	—	
		Kilogramm pro 1 qcm.						

Mit Bruchsteinen sind ähnliche Versuche, wie es scheint, zwar noch nicht angestellt worden; doch wird man bei ihnen über die für Backsteine ermittelten Procentätze ( $\delta_1$ ) der Festigkeit der unvermauerten Steine nicht hinausgehen dürfen, da

<sup>44)</sup> In: Thätigkeit der k. Prüfungs-Station für Baumaterialien im Jahre 1878: Zeitfchr. f. Bauw. 1880, S. 555.

die Gestalt der Stücke mit in Rechnung zu ziehen ist. *Böhme* giebt folgende Tabelle, deren Resultate aber von ihm als hohe bezeichnet werden:

Bezeichnung der Bruchsteine	Mittlere Druck- festigkeit der unvermaurerten Steine für die Würfelform	Zulässige Belastung	
		für platten- oder klotzförmige Werkstücke ohne Mörtelverbindung	für Bruchsteinmauer- werk in Cement- mörtel ( $\delta_1 = 5,5$ Proc.)
Granit . . . . .	1107	110	60
Porphyr . . . . .	1302	130	72
Sandstein . . . . .	460	46	25
Quader sandstein . . . . .	679	68	37
Sandsteinquarz . . . . .	1523	152	84
Bafalt-Lava . . . . .	391	39	21
Bafalt . . . . .	1382	138	76

Kilogramm pro 1 qcm.

92.  
Mechanische  
Mörtel.

War es bei den chemischen Mörteln im Allgemeinen nothwendig, die Steinflächen zu nässen, 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 in Folge Austrocknens der mechanisch beigemengten Flüssigkeit in den festen übergehen (Lehm, Chamotte etc.), und in solche, die geschmolzen werden und durch Abkühlung erstarren (Asphalt, Blei, Schwefel etc.). Bei den ersteren würde das Nässen der Steine, eben so wie eine zu große Feuchtigkeit des Mörtels (er braucht nur mit der Kelle verarbeitet und in die Fugen gebracht werden zu können) den Erhärtungs-Proceß 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, Chamotte u. dergl. Mörtel gelten in Bezug auf die zu verwendende Mörtelmenge und die 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 Feld-Mauern 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 plastisch fein und sich noch gut in den Zwischenräumen durch Klopfen und Stampfen comprimiren lassen, wozu bei geeignetem Material nur geringe Feuchtigkeit nothwendig ist.

94.  
Wahl  
des  
Bindemittels.

Die richtige Wahl eines Bindemittels für einen gegebenen Fall kann von großer Wichtigkeit für den dauerhaften Bestand eines Bauwerkes sein. Es ist hier nun nicht der Platz, auf diesen Gegenstand näher einzugehen, da hierüber einestheils schon in Theil I, Band I dieses »Handbuches« (Abth. I: Die Technik der Baustoffe) verhandelt worden ist, anderentheils dazu Veranlassung bei der Besprechung der

einzelnen Constructions vorliegt. Wir können uns daher hier mit allgemeinen Andeutungen begnügen.

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

Werden Bautheile stark auf Zug oder Druck in Anspruch genommen, so muß ein Mörtel gewählt werden, der rasch eine eigene große Festigkeit erlangt (z. B. Portland-Cement), während bei anderen, weniger beanspruchten Theilen 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 Fall 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 zweckmäßiger erscheinen lassen (z. B. Asphalt-Beton für Fundamentirung von Dampfmaschinen, Dampfhämmern etc.). Die voraussichtlichen 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 nothwendig (Cement, Asphalt). Mauerwerke, die höheren Temperaturen ausgesetzt sind, müssen mit einem Mörtel hergestellt werden, der durch die Hitze nicht zersetzt wird (Lehm, Chamotte u. a. m.). Räume, in denen alkalische oder fauere Dämpfe entwickelt werden, zur Fortleitung oder Aufbewahrung ähnlicher Flüssigkeiten oder von Excrementen benutzte Canäle oder Gruben verlangen einen Mörtel, der keine chemischen Veränderungen durch die genannten Dünste 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 variirt werden. So wird man Mauerkörper, welche späterhin starke Belastung erhalten, mit einem magereren 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 in Gebrauch: polygonale Gestaltung der Steine im Grundriss, schwalbenschwanzförmige Ausbildung derselben, Verschränkung oder Auskröpfung der Stofsugen und Anwendung von Nuth und Feder (Spundung). Die ersten beiden Mittel gelangen mehr im Ingenieur-Bauwesen 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 Theile haben sie allerdings auch nicht viel mehr als historische Bedeutung.

Bei all diesen Arten der Formung der Fugenflächen ist es erforderlich, darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Kanten der Steine nicht zu spitzwinkelig werden. Es

95.  
Verbindung  
innerhalb  
einer Schicht.

wird dies um fo nothwendiger, je weicher das Steinmaterial ist. Auch empfiehlt es sich immer zur Ersparung an Kosten und Erzielung genauer Arbeit, möglichst einfache Formen zu wählen.

96.  
Polygonale  
Form  
der Steine.

Die polygonale Grundrissbildung der Steine ist verwandt mit dem Polygon-Verband von aufgehendem Mauerwerk. Sie ist namentlich bei der Construction von Leuchthürmen und Brückenpfeilern zur Anwendung gekommen, bei welchen der Wellenschlag, bezw. der Eisgang oft sehr bedeutende Schübe ausüben, so daß eine besondere Sicherung der Steine geboten erscheint.

Fig. 213.

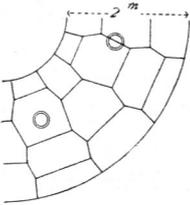
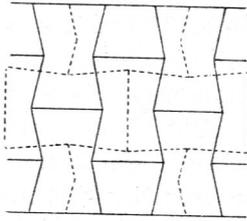


Fig. 214.



In Fig. 213 ist als charakteristisches Beispiel ein Theil einer Schicht eines Leuchthurm-Unterbaues aus der Bucht von Plymouth mitgetheilt<sup>45)</sup>. Der Fugenschnitt ist hier mit großem Verstandnis behandelt. Die auf einander folgenden Schichten sind durch eiserne Ringdübel verbunden. — Eine complicirtere, spitzwinkelige Kanten nicht vermeidende Bildung zeigt das Beispiel Fig. 214. Es würde sich dieser Mangel durch die später zu besprechende rechtwinkelige Verschränkung der Steine vermeiden lassen (siehe Fig. 218).

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 theilweise 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 fest gehalten werden (Fig. 215). — Bei zweihäufigem Mauerwerk können die Binder zu sehr wirkfamen Ankersteinen gemacht werden

Fig. 215.

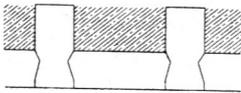


Fig. 216.

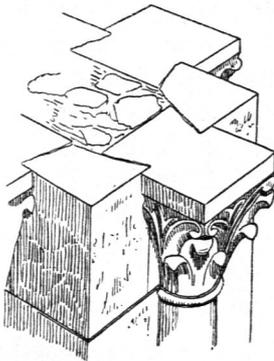
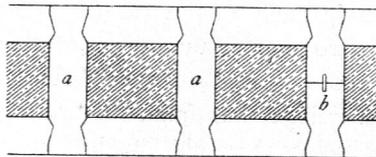


Fig. 217.



(Fig. 217, bei *a*). Sind die Binder nicht in einer der Mauerdicke entsprechenden Länge zu beschaffen, so kann man eine ähnlich kräftige Verankerung er-

Fig. 218.

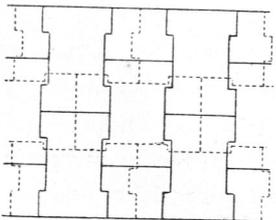
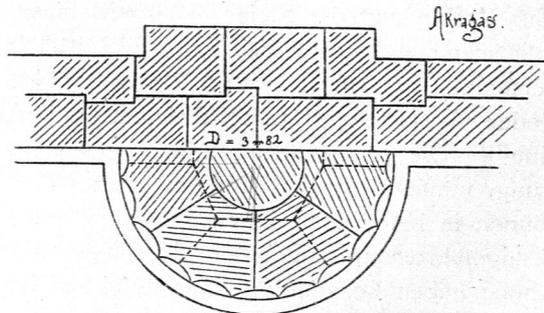


Fig. 219.



<sup>45)</sup> Nach: MÖLLINGER, K. Elemente des Steinbaues. I. Halle 1869.

zielen durch Stofs zweier oder mehrerer Binder und Verklammerung der inneren Köpfe (Fig. 217, bei *b*). — Die Schwalbenschwanzform wird oft auch zum Festbinden von vor die Mauerfluchten vorspringenden Architekturtheilen benutzt (Fig. 216<sup>46</sup>).

Die Verchränkung der Stofsugen besteht darin, daß die Fugenflächen auf einen Theil 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. 219 zeigt, welches einen Theil der Umfassungsmauer des Zeus-Tempels zu Akragas darstellt. Fig. 218 zeigt, wie sich das Beispiel Fig. 214 durch Anwendung der Verchränkung vereinfachen ließe.

98.  
Verchränkung  
der  
Stofsugen.

Die Verbindung der Steine durch Nuth und Feder charakterisirt sich dadurch, daß in den Mitten der Stofsflächen am einen Stein ein beliebig, aber zweckmäÙig geformter Vorsprung in eine entsprechende Vertiefung des benachbarten Steines ein-

99.  
Verbindung  
mittels  
Feder u. Nuth.

greift. Es ist diese Verbindungsweise im Princip nicht wesentlich verschieden von der Verchränkung und von der schwalbenschwanzförmigen

Fig. 220.

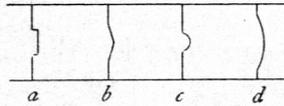


Fig. 221.

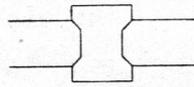
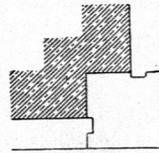


Fig. 222.



Gestaltung; sie ist aber diejenige, welche im Hochbau auch heutzutage noch zumeist angewendet wird, und zwar namentlich zur engeren Verbindung von Abdeckungsplatten von Mauern, von gestoßenen Treppenstufen, oder auch zur besseren Sicherung von aufrecht gestellten Sockelplatten etc. Beispiele hierfür bieten Fig. 220, *a—d*, 221 u. 222). Die Griechen befestigten auf diese

Fig. 223.

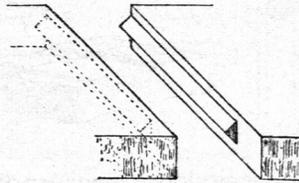
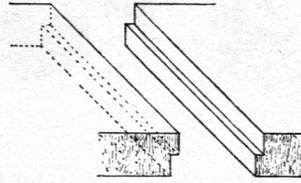


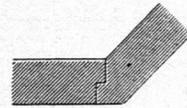
Fig. 224.



Weise mitunter die Metopen-Platten der dorischen Tempel in den Triglyphen-Blöcken<sup>47</sup>). Selbstverständlich können auch Läufer und Binder in dieser Weise verbunden werden.

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

Fig. 225.



Zur Verbindung der Steine auf einander folgender Schichten durch besondere Formung der Lagerfugenflächen verwendet man die Verkämmung und auch wieder die Verbindung durch Nuth und Feder.

100.  
Verbindung  
in auf einander  
folgenden  
Schichten.

Die Verkämmung der Lagerflächen ist ganz ähnlich der Verchränkung der Stofsflächen; sie besteht in rechtwinkligen Auskröpfungen. Ein gutes Beispiel hier-

<sup>46</sup>) Nach: VIOLLET-LE-DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture etc.* Band I. Paris 1858. S. 504.

<sup>47</sup>) Siehe Theil II, Band 1 dieses »Handbuches« (S. 86).

Fig. 226.

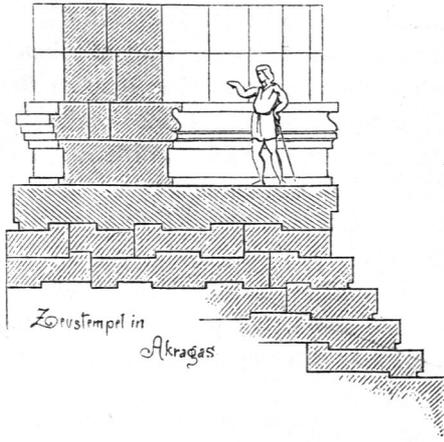


Fig. 227.

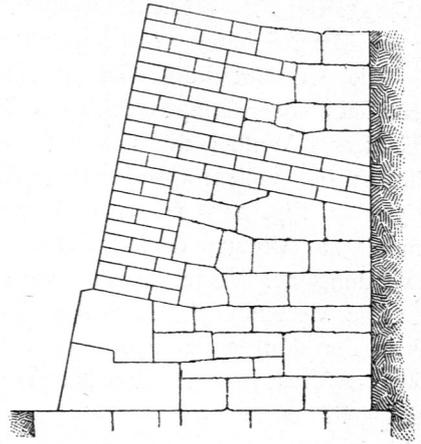


Fig. 228.

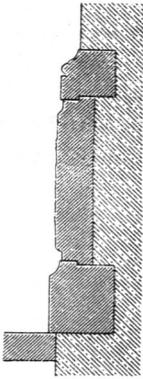


Fig. 229.

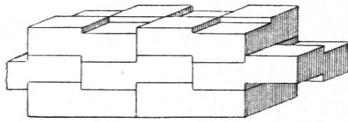


Fig. 230.

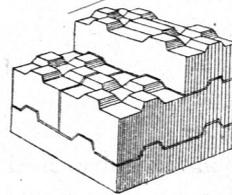


Fig. 231.

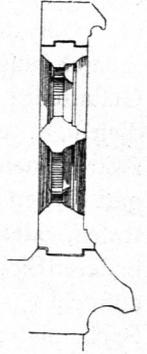


Fig. 232.

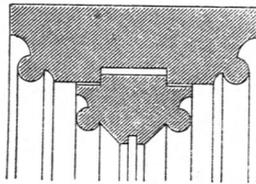


Fig. 233.

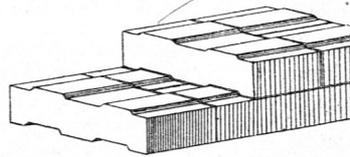


Fig. 234.

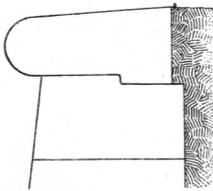
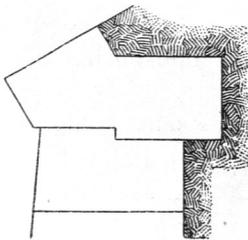


Fig. 235.



für bietet das Stylobat-Gemäuer des Zeus-Tempels zu Akragas (Fig. 226), von dem schon ein Stück Umfassungsmauer in Fig. 219 dargestellt wurde<sup>48)</sup>.

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

In Frankreich werden jetzt auch Backsteine nach demselben Princip fabricirt, und zwar in zwei Systemen: *brique Robert* (Fig. 233) und *brique-blindage* (Fig. 230<sup>49)</sup>).

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

Die Verbindung der Lagerflächen durch Nuth und Feder wird häufig zur Anwendung gebracht, um frei stehende

<sup>48)</sup> Siehe ebendaf.: S. 52.

<sup>49)</sup> Nach: *Semaine des const.*, Jahrg. 3, S. 380.

Construotionstheile oder solche, die keine Belastung erhalten dürfen, gegen eine seitliche Verschiebung zu sichern, so z. B. die einzelnen Höhenabtheilungen von Galerien oder Balustraden (Fig. 231) und die Fenster-Maßwerke (Fig. 232).

Ganz ähnlich ist die Zapfenverbindung, welche mitunter zu verwandten Zwecken in Anwendung gebracht 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, so wie auch die Verbindungen von Nuth und Feder, besonders bei den scheinrechten Bogen, angewendet. Fig. 236 zeigt die Construction des Sturzes der Mittelthür des römischen Theaters zu Orange in Südfrankreich; diese Construotionsweise wurde von den Römern mitunter zur Anwendung ge-

bracht. Fig. 237 stellt die im XVII. und XVIII. Jahrhundert sehr beliebte Umbildung derselben für den Vollbogen dar. Der constructive Werth dieser Verbindung ist jedoch zweifelhaft. Die Anwendung erfolgte in der Regel, um den Anschluß und die Höhe der benachbarten Quaderschichten reguliren zu können.

Die Benutzung von Nuth und Feder für scheinrechten Bogen und Vollbogen zeigen Fig. 238 u. 239. Es wird diese Verbindungsweise auch bei gebrannten Steinen angewendet, so die Art der Construction in Fig. 238 öfters bei Terracotta-Bauten in England, die Wölbungsweise in Fig. 239 zur Herstellung der Brennkammern von Ziegelöfen. Noch künstlichere Verbindungen

\* 101.  
Verbindung  
der Wölbsteine  
in den  
Lagerfugen.

Fig. 236.

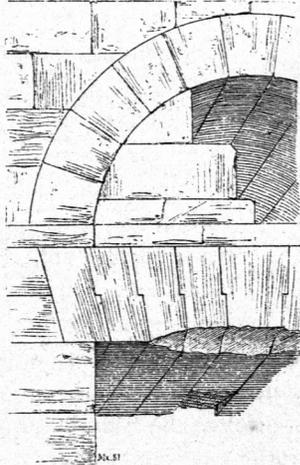


Fig. 237.

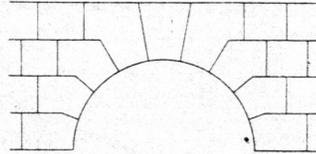


Fig. 238.

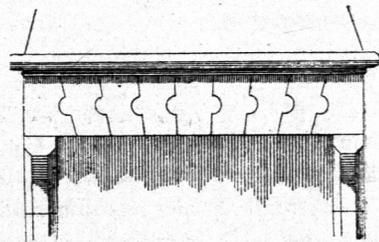


Fig. 239.

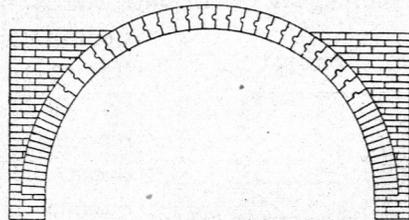


Fig. 240.

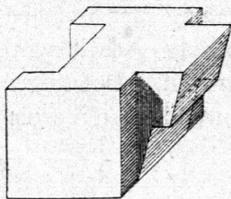


Fig. 241.

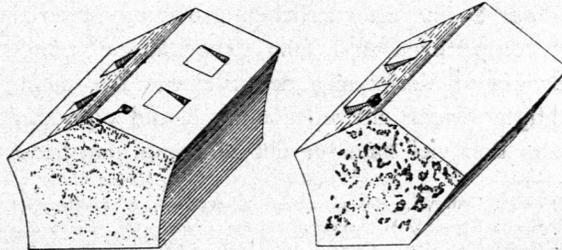
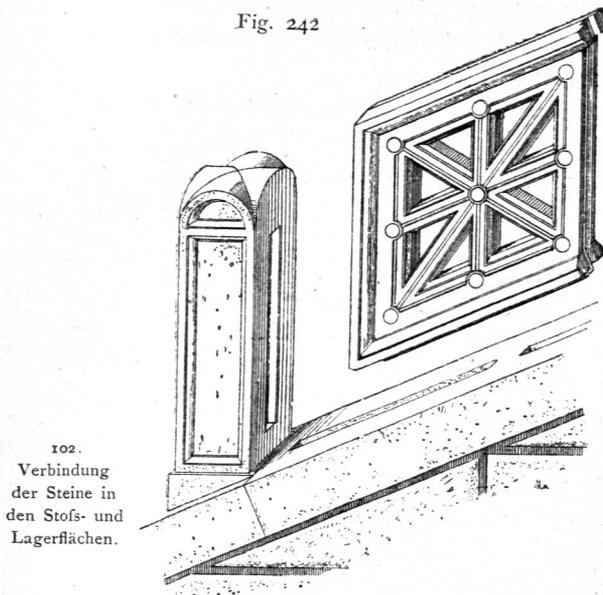


Fig. 242



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

Fig. 213 der Fall war. Eine allseitige Verbindung neben und über einander liegender Stücke durch Nuth und Feder zeigt das in Fig. 242 abgebildete Stück des feineren Geländers der Freitreppe am Stadthause in Winterthur.

103.  
Fugen  
mit  
Canälen.

Ein anderes hier anzuführendes Mittel ist die Einarbeitung von correspondirenden dreieckigen oder halbkreisförmigen Nuthen in den Lager- oder Stofsflächen oder in allen Fugenflächen der benachbarten Steine, wodurch Canäle von quadratischem oder kreisförmigem Querschnitt von 3 bis 10 cm Breite gebildet werden, die man mit Cementmörtel oder Cement-Beton ausfüllt

(Fig. 243).

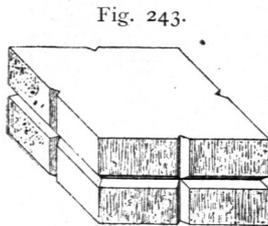
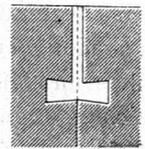


Fig. 243.

Zu berücksichtigen ist hier auch die Verbindung der Steine in den Stofsugen dadurch, daß man in die Stofsflächen correspondirende Höhlungen (Fig. 244) einarbeitet, welche mittels eines Canales von oben her mit Cementmörtel oder auch Blei ausgefüllt werden.

Fig. 244.



### c) Verbindung der Steine durch besondere Hilfsstücke.

104.  
Hilfsstücke.

Die Verbindung der Steine mittels besonderer Formung der Fugenflächen ist zwar in den meisten Fällen geeignet, die solidesten und dauerhaftesten Resultate zu liefern; sie ist aber immer kostspielig nicht nur wegen des in Folge des Ineinandergreifens der Steine erforderlichen größeren Materialaufwandes, sondern auch wegen der oft complicirten 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. Deshalb dient man sich viel häufiger der billigeren und bequemer anzuwendenden Verbindung

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

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

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

durch besondere Hilfsstücke, die allerdings oft, wegen Vergänglichkeit der verwendeten Materialien und mit denselben verknüpften Gefahren für die Construction, besondere Vorsichtsmaßregeln erforderlich machen. Es bezieht sich diese Bemerkung auf das so oft zur Anwendung gelangende Eisen und auch 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 Kalkmörtel, dehnt sich dabei aus und kann in Folge dessen auch die Constructionen zerstören. Die zur Verhütung dieser Gefahren zu ergreifenden Maßregeln 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 Stofsuge hinweg, während bei den letzteren eine größere Anzahl von Stofsugen übersprungen werden.

Die Klammern kommen hauptsächlich in zweierlei Gestalt in Anwendung: in der doppelschwalbenschwanzförmigen Gestalt (Fig. 247) und als prismatischer Stab mit umgebogenen Enden (Fig. 248). Die erste Form wird entweder von einem festen und zähen Stein (Granit, Grünstein, Marmor) hergestellt oder von Metall.

Nach *Ch. Normand*<sup>53)</sup> sind beim Pantheon in Rom doppelschwalbenschwanzförmige Klammern aus Bronze von 280 mm Länge, 130 mm Breite und 22 mm Dicke zur Verwendung gekommen, und *Rondelet*<sup>54)</sup> theilt mit, daß beim Abbruch eines Theiles der äußeren Umfassungsmauern des Forum des *Nerva* in Rom außerordentlich gut erhaltene Schwalbenschwänze von hartem Holz gefunden wurden.

Fig. 245.

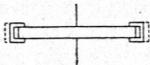
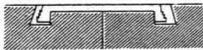
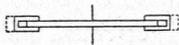
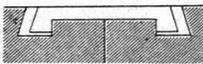


Fig. 246.



Die zweite, bei Weitem häufiger vorkommende Form der Klammer wird nur in Metall ausgeführt, und zwar gewöhnlich in Guß- oder besser in Schmiedeeisen. Man nennt solche 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 die oberen Lagerflächen der Steine eingelassen. Die umgebogenen, 25 bis 40 mm langen und gewöhnlich aufgehauenen Enden, die Klammerfüße oder Prätzen, greifen in entsprechend tiefe und größere Löcher ein, welche sich nach außen etwas erweitern, um das Herausziehen derselben zu erschweren (Fig. 245). Der Raum um dieselben wird mit einem zweckentsprechenden Material (Blei, Schwefel, Gyps, Cement, Asphalt, Steinkitt) fest ausgefüllt, worüber weiter unten das Nöthige

Fig. 247.

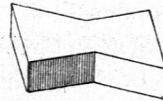


Fig. 248.

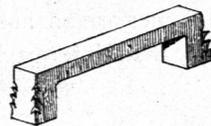


Fig. 249.

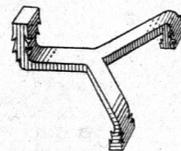
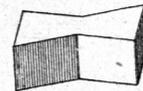


Fig. 250.



105.  
Verbindungen  
in einer  
Schicht.

<sup>53)</sup> In: *Essai sur l'existence d'une architecture métallique antique. Encyclopédie d'arch.* 1883, S. 75.

<sup>54)</sup> In: *L'art de bâtir.* Deutsche Uebersetzung 1834. II. Bd. S. 27.

mitgetheilt werden wird. Die Länge und Stärke der Klammern hat sich einestheils nach der Gröfse der zu verbindenden Steine zu richten, anderentheils nach der Festigkeit des Steinmaterials, nach welcher zu beurtheilen 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 Flacheisen verwendet; die umgebogenen Enden werden durch Stauchen verdickt. Bei Verwendung von Flacheisen 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 besser zu schützen (Fig. 246). Dasselbe kann auch mit den schwalbenschwanzförmigen Klammern geschehen (Fig. 250).

Griechen und manche andere alten Völker verwendeten bei ihren Quaderbauten vielfach verschiedenartig geformte Metallklammern<sup>55)</sup>.

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 läßt man in die Fugen der Hintermauerung eingreifen (Fig. 249).

Bei Herstellung der Hohlmauern aus Ziegeln bedienen sich die Engländer häufig in der in Fig. 257 dargestellten Weise einer der in Fig. 251 bis 256 abgebildeten Klammerformen aus Gufs- oder Schmiedeeisen.

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

Die erstere Art wird von *Rankine*<sup>56)</sup> 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.

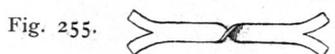
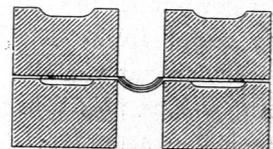


Fig. 257.



<sup>55)</sup> Siehe hierüber Theil II, Band 1 (S. 57) und 2 (S. 132) dieses Handbuchs.

<sup>56)</sup> Handbuch der Bauingenieurkunst. Uebersetzt von F. KREUTER. Wien 1880. S. 432.

Nach *H. Müller*<sup>57)</sup> werden zum Reifeisenverband gewöhnlich Bändeisen von 2mm Dicke und 42mm Breite verwendet, welche in Längen von ca. 8,20 bis 8,25m zu haben sind. Sie werden in die Lagerflächen der Backsteinschichten zu mehreren neben einander gelegt, und zwar so, daß sie auf keine in der Längsrichtung laufenden Stosfugen 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 Bändeisentreifen zwar nach und nach zerfört; inzwischen ist aber die Festigkeit des Mörtels selbst eine bedeutende geworden.

*Brunel* hat durch Versuche die große Wirksamkeit des Reifeisenverbandes nachgewiesen<sup>58)</sup>. Er schreibt den Zuwachs an Festigkeit der Adhäsion des Cement- oder Kalkmörtels an der Oberfläche des Eisens zu, wonach eine größere Anzahl von schwachen Bändern bessere Resultate ergeben 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 von porösen Ziegeln ergeben.

Die Anker mit Splinten haben solche entweder nur an einem Ende (Fig. 258) oder auch an allen beiden. Der Splint besteht aus Flacheisen, dessen Breite in die Längsrichtung des Ankers genommen wird, oder aus Quadrat- oder Rundeisen. Die Oese wird entweder durch Verdrehen (Kröpfen) und Umbiegen des Flacheisens gebildet (Fig. 258), oder durch Umbiegen des Endes und Durchlochung (Fig. 259), oder durch Ausschmieden eines Ringes (Fig. 260).

Fig. 258.

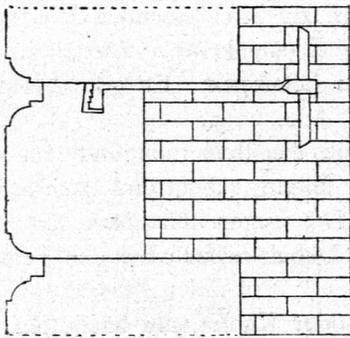


Fig. 261.

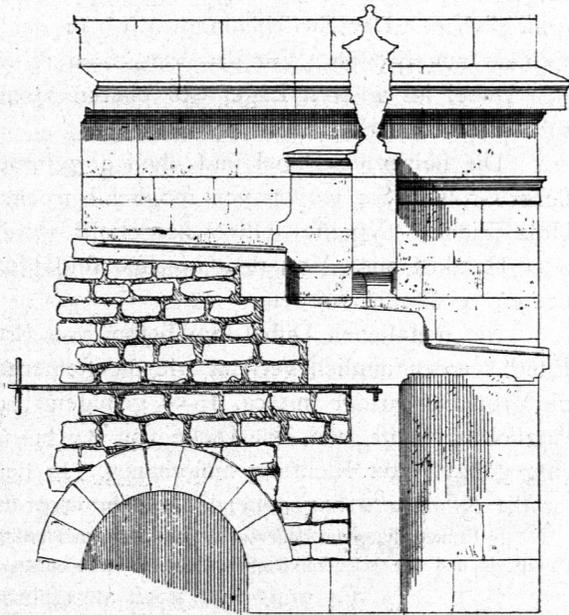
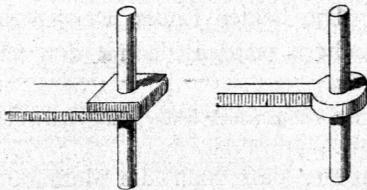


Fig. 259.

Fig. 260.



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.

<sup>57)</sup> In: Die Maurerkunst. 3. Aufl. Leipzig 1879. S. 306.

<sup>58)</sup> Nach: Allg. Bauz. 1838, S. 137.

Fig. 261 zeigt die Anwendung dieses Systemes beim Restaurationsbau des Schlosses Saint-Germain bei Paris <sup>59)</sup>.

Anzuführen sind hier auch die Verankerungen mit langen Eifenschienen, an welchen in Abständen Zapfen befestigt sind, die in die Steine eingreifen. Bei diesen und ähnlichen Constructions sind die Gefahren zu berücksichtigen, die, aufer durch das Rosten, auch durch die Ausdehnung und Zusammenziehung der langen Eifenschienen 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 Constructions zu diesem Zwecke findet sich das Nähere in Theil III, Band 6 dieses »Handbuches« (Abth. V, Abchn. I, Kap. 3: Sicherungen gegen die Wirkung von Bodensenkungen und Erderfütterungen).

Die Verbindung der Steine auf einander 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 <sup>60)</sup> oder Dollen.

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 Theile der Höhe der zu verbindenden Quader entspricht, während die Breite etwa eben so groß bis zwei Drittel davon gemacht wird. Der Stein zu denselben muß sehr fest und zähe sein. Sie werden häufig in das obere Lager der unteren Schicht genau passend mit Cement eingesetzt, 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 Cement 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 vielfach bei den Tempelbauten verwendet worden.

Die metallenen Dübel (am besten von Bronze oder Kupfer, am häufigsten von Eisen) werden ähnlich verfetzt wie die steinernen, erhalten eine Länge, die auch für 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 cm. Die beiden Enden werden nach entgegengesetzter Richtung aufgehauen. In den Löchern werden sie mit den schon für die Klammern angegebenen Mitteln vergossen.

In Ermangelung von Besserem hat man sich zur Herstellung von Dübeln auch schon runder Kieselsteine, Bleikugeln und der Schenkelknochen kleiner Thiere bedient.

Es muß hier noch angeführt werden, daß man die Metalldübel, und zwar gewöhnlich in doppelt schwalbenschwanzförmiger Gestalt (wie Fig. 250), auch zur Verbindung der Stosfugen aufrecht gestellter Platten benutzt (Fig. 262), bei denen eine Klammerverbindung im oberen Lager eine Bewegung im unteren Theil nicht verhindern könnte, wie sie z. B. durch Gefrieren von eingedrungenem Wasser oft verursacht wird. Eben so verwendet man

Fig. 262.

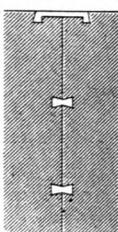
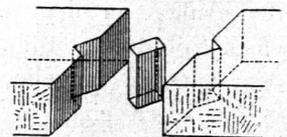


Fig. 263.



<sup>59)</sup> Nach: *Gazette des arch.* 1863, S. 217.

<sup>60)</sup> Auch Dübhel, Düpel, Diebel, Dippel, Dobel oder Döbel genannt.

zur Verbindung der Stosfugen von Deckplatten mitunter Steindübel (Fig. 263), um seitliche Verschiebungen zu verhindern. Eine besondere Fugengestaltung für diesen Zweck (vergl. Fig. 220) ist allerdings kostspieliger, aber auch solider, 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 gefertigt.

107.  
Verbindung  
der  
Wölbsteine.

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 sämtlichen Steinen durch eiserne in Blei vergossene Dübel von ca. 9 cm Länge und 9 cm Querschnitt verbunden, so daß deren Abbruch, der wegen des Wiederaufbaues derselben sorgfältig geschehen mußte, die größten Schwierigkeiten verursachte <sup>61)</sup>.

Die Gewölberippen der Marien-Kirche in Stuttgart wurden durch Bleidübel verbunden. Es wurde hier Blei gewählt, um bei der all-

mählich fortschreitenden Belastung während des Baues die Rippen etwas biegsam zu haben. Aus demselben Grunde wurden auch die Rippenfugen mit Bleigufs ausgefüllt <sup>62)</sup>.

Die Dübel müssen normal zu den Lagerfugen gestellt werden (Fig. 264 a). Bei schiefechten Bogen kommen auch Z-förmige Klammern zur Verwendung (Fig. 264 b).

Die Verankerungen von Gewölben zur Verminderung oder Aufhebung des Schubes derselben werden im nächsten Bande dieses »Handbuches« (bei den Gewölben) zur Besprechung gelangen.

Zur Verhinderung der Verschiebung von Steinen sowohl neben, als über einander werden die besprochenen Hilfsstücke combinirt in den Lager- und Stosfugen 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.

Eben so kommen die Verbindungen durch besondere Formung der Fugenflächen und durch Hilfsstücke combinirt zur Anwendung, in besonders ausgedehntem Mafse beim Bau der Leuchttürme <sup>63)</sup>.

Daly <sup>64)</sup> macht Mittheilung von ägyptischen Mauern, die er in Denderah, am sog. Hypaithral-Tempel von Philae und a. a. O. gefunden hat und welche in höchst interessanter Weise die combinirte Verwendung von Mörtelcanälen und Schwalbenschwänzen (wahrscheinlich wie sonst aus Sycomoren-Holz) zur Herstellung einer allseitigen Unverschieblichkeit der auf das genaueste, mit ganz scharfen Fugen bearbeiteten Quader zeigen. Fig. 265 stellt einen Theil einer solchen Construction dar. Die Quader haben in den oberen und unteren Lagerflächen, eben so in den Stosflächen, Canäle, die mit ausgezeichnetem Mörtel ausgefüllt waren. Ausserdem griffen über die Stosfugen die schon erwähnten Schwalbenschwänze.

Die für die Hilfsstücke in die Fugenflächen einzuarbeitenden Löcher können nicht derartig hergestellt werden, daß sie ganz dicht an erstere anschließen. Ein

108.  
Verbindung  
in den Stos-  
und  
Lagerfugen.

Fig. 264.

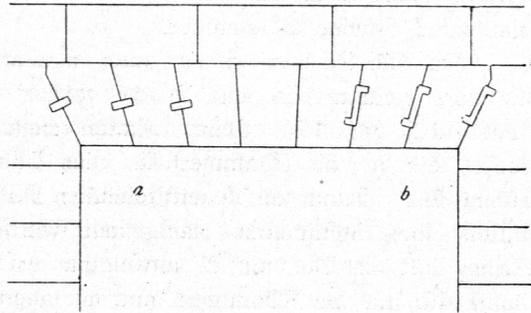
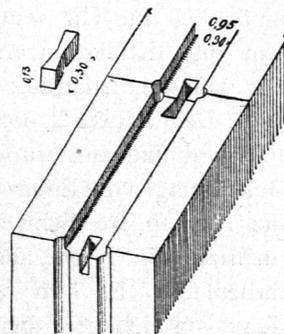


Fig. 265.



109.  
Befestigung  
der  
Hilfsstücke.

<sup>61)</sup> Siehe: Deutsches Bauwksbl. 1882, S. 115.

<sup>62)</sup> Siehe: Deutsche Bauz. 1880, S. 554.

<sup>63)</sup> Ein instructives Beispiel hierfür bietet *The Chickens Rock Lighthouse. Engineer*, Bd. 47, S. 356.

<sup>64)</sup> In: *Revue gén. de l'arch.* 1882, S. 51.

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 feineren Hilfsstücken reinen Cementmörtel; bei solchen von Holz in trockener Lage Sand und dort, wo sich Zutritt von Feuchtigkeit erwarten läßt, Harzkitt; bei Hilfsstücken von Metall Blei, Kitt, Cement, Schwefel, Gyps, 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 an einander.

Das Blei ist zwar theuer, 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 in Folge dessen 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 Gußcanal nach dem Veretzen des zweiten Steines umfüllt werden kann. Die vorgeschlagene Füllung der sich bildenden Höhlungen mit Cement ist nicht zu empfehlen, weil nach neueren Erfahrungen Cement und Kalk rasch zeretzend auf das Blei einwirken sollen.

Von den Kitten kommen zur Anwendung Rostkitte (Gemenge von Kalk, Cement oder Gyps mit Eisenfeilspänen), Harzkitte (hergestellt aus Pech, Schwefel und feinem Quarzand oder Ziegelmehl) und Oelkitte (z. B. bereitet aus Bleiglätte, Kalkhydrat und Leinölrnifs). Die Kitte sind zum Theile recht gut, oft auch theuer 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 Portland-Cement, namentlich für die Befestigung von Eisen in Stein. Unter der dichten Umhüllung von Cement rostet das Eisen anfänglich nur sehr wenig, wird aber durch dieselbe vor dem weiteren Rosten geschützt. Um gute Erfolge zu erzielen, muß man dem Cement die nöthige Zeit und Ruhe zur völligen Erhärtung lassen.

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 Atmosphäre Schwefeleisen bilden, in Folge der dabei eintretenden Volumvermehrung die Steine aus einander treiben und außerdem dieselben auch braunroth 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 erhitzende Masse ergibt, welche sich zum Vergießen eignet und nach dem Erkalten hart wird.

Der Gyps 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 Eifen die Rostbildung, so dafs er jedenfalls nur dann benutzt werden sollte, wenn auf grofse Dauerhaftigkeit der Verbindung kein befonderer Werth gelegt wird.

Asphalt schützt zwar das Eifen vortrefflich, bekommt aber zu wenig eigene Festigkeit, um Bewegungen der Verbindungstücke zu verhindern. Er ist deshwegen 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 Eifen, eben so die Gefahr, welche durch die Volumvergrößerung dieser Materialien beim Quellen, bezw. Rosten herbeigeführt wird, macht besondere Vorichtsmafsregeln bei Verwendung derselben nothwendig. Es erstrecken sich diese auf den Ort der Verwendung und auf Behandlung der Oberflächen der Verbindungstücke.

Holz sowohl, als Eifen sollten nur an solchen Stellen zur Anwendung gelangen, wo sie den Einwirkungen der Atmosphäre und der Feuchtigkeit entzogen sind, also an voraussichtlich trocken bleibenden Orten und möglichst tief in den Mauern. Aber auch da sind die betreffenden Constructionstheile 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 heifsem Leinölfirnis.

Für den Schutz des Eisens kommen mannigfaltige Mittel in Anwendung. Solche Schutzmittel sind: Eintauchen der noch heifsen Eisenstücke in Schmiedepech oder Oelfirnis; besser Ueberzug mit heifsem Asphalt; Anstrich mit Asphaltlack; verschiedene Metallüberzüge. Die letzteren sind im Allgemeinen das empfehlenswerthe Schutzmittel. Unter ihnen sind am besten, allerdings auch am theuersten, 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.

110.  
Vorichts-  
mafsregeln.

#### Literatur.

Bücher über »Constructions-Elemente in Stein« und »Mauerwerkskunde«, so wie über »Steinhauerarbeit« und »Steinschnitt«.

BOSSE, A. Kunstrichtig und probmäfsige 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.* Strafsburg 1737—39.

LUCOTTE. *L'art de maçonnerie*. Paris 1783.

MATTHAËY, 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. (8. Aufl.: Der Steinbau. I. Theil. Von F. HEINZERLING. Leipzig 1882—85.)
- Grundlage der praktischen Baukunst. I. Theil. Maurerkunst etc. 4. Aufl. Berlin 1850.
- CLAUDEL, J. ET L. LAROQUE. *Pratique de l'art de construire. Maçonnerie etc.* Paris 1850. (4. Aufl. 1870.) — Deutsch von W. HERTEL. Weimar 1860.
- WEDEKE, J. C. u. J. A. ROMBERG. Die Maurerwerksarbeiten. 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.)
- FLEISCHINGER & BECKER. Systematische Darstellung der Bauconstructions. — Die Mauerwerks- oder Steinconstructions. 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. Bauconstructions-Vorlagen der Baugewerkschule zu Höxter. — Heft 1 u. 2: Mauerconstructions. Höxter 1880. — Heft 3: Constructionen 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.
- WARREN, S. E. *Stereotomy: problems in stone cutting etc.* New-York 1876.
- Vorlegeblätter der Baugewerkschule zu Holzwinden. Mauer-Constructions. Leipzig 1879.
- HERDEGEN, F. u. 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.