

Gemälde durch Emaillirung von Backsteinen hergestellt, aber auch solche auf Putz. Die Griechen bemalten ihre Marmor-Architekturen enkaustisch, die Porosbauten auf Stuck und wahrscheinlich *al fresco*, in welcher Technik auch die Malereien etruskischer Gräber von Caere u. a. O. hergestellt waren. Eben so haben sich die Römer in der Baukunst vorzugsweise der Fresco-Malerei bedient, wie sie denn auch im Mittelalter und in der Renaissance-Zeit in Anwendung blieb. In Deutschland haben sich aus früheren Perioden allerdings nur geringe Reste von Façaden-Malereien erhalten, leider auch nur wenig von denen der Renaissance, deren Hauptvertreter *Hans Holbein* war. Diejenigen der neueren Zeit, von denen die bekanntesten wohl die an der neuen Pinakothek in München von *Kaulbach* ausgeführten sind, haben noch geringere Dauer gezeigt, so daß die Verfuche gerechtfertigt waren, für unser Klima geeigneteres Malverfahren zu erfinden, was zur Stereochromie und neuestens zur *Krim'schen* Mineral-Malerei geführt hat.

In Bezug auf das Alter kann mit der Fresco-Malerei das Mosaik in Wettbewerb treten. In der großen Pyramide von Saqára in Aegypten fand sich solches aus kleinen, farbigen Plättchen einer porzellanähnlichen Masse²⁰⁶). Die Chaldäer und Assyrer stellten ein Mosaik aus verschieden gefärbten Terracotta-, bezw. Marmorkegeln her, welche sie nach Mustern in einen dicken aus Lehm und Spreu hergestellten Putz eindrückten. Bei den Griechen und Römern scheint das Mosaik hauptsächlich zur Fußbodenbildung in Anwendung gekommen zu sein; doch finden sich in Pompeji auch feltfamer Weise Pfeiler und Säulen damit geschmückt, so wie kleinere Bauwerke, wie z. B. eine Brunnennische in der Gräberstraße in Verbindung mit Muschel-Decorationen.

Während die byzantinische Baukunst das Mosaik in ausgedehntester Weise nur für die innere Ausstattung der Kirchen verwendete, benutzte es die altchristliche Architektur Italiens auch zur Façaden-Verzierung, wie dies dafelbst auch in der gothischen Stilperiode geschah (Dom zu Orvieto).

Seine Heimath in Italien hat gleichfalls das *Sgraffito*, obgleich Anfänge dieser Technik sich auch schon an griechischen (auch etruskischen) Vasen finden. Zur Façaden-Bemalung in größerem Umfange scheint dasselbe erst im XV. Jahrhundert in Anwendung gekommen zu sein, und es hält sich dort bis in die Mitte des XVII. Jahrhunderts. Von da wurde es im XVI. Jahrhundert nach Deutschland verpflanzt (Ulm, Prag, Augsburg, München, Dresden). In neuerer Zeit wurde es durch *Semper* wieder in die Baukunst eingeführt.

5. Kapitel.

Mauern aus Gufs- und Stampfaffen.

Wie im vorhergehenden Bande dieses »Handbuches« (Art. 8, S. 9) ausgeführt wurde, werden zur Herstellung von Stein-Constructions auch Stoffe des Mineralreiches verwendet, welche aus einem allmählig weichen Zustande in einen harten und festen übergehen. Dieses Ziel kann auf verschiedenen Wegen mit den in Betracht kommenden Stoffen erreicht werden, und zwar: durch Zusammenstampfen und Austrocknen an der Luft bei Erde und Lehm — Erd-Stampfbau und Lehm-Stampfbau (Erd-Pifé und Lehm-Pifé); durch Ausnutzen der chemischen Eigenschaften der Mörtel mit oder ohne Zuhilfenahme der künstlichen Dichtung — Kalkfand-Stampfbau (Kalkfand-Pifé), Beton — und endlich durch Erstarrlassen geschmolzener Massen, wie beim Asphalt — Asphalt-Beton.

Die hier aufgezählten Verfahrungsweisen mögen wohl geschichtlich in dieser Reihenfolge zur Anwendung gekommen sein. Wir werden sie daher auch in derselben durchsprechen, obwohl in Beziehung auf Wichtigkeit eigentlich mit dem Beton begonnen werden mußte.

Die genannten Stoffe werden bei der Herstellung von Mauern in Formen gefüllt, die entweder nach Erreichung eines gewissen Festigkeitsgrades wieder entfernt werden oder welche dauernd mit denselben verbunden bleiben. Die ersteren werden aus Holz oder Eisen, bezw. durch Verbindung dieser beiden Materialien gebildet;

116.
Allgemeines.

²⁰⁶) Siehe: SEMPER, G. Der Stil. Frankfurt a.M. 1860. Bd. I, S. 412.

Handbuch der Architektur. III. 2, a.

die letzteren beschafft man bei Grundmauern durch die Wandungen der im Erdboden gezogenen Gräben, bei frei stehendem Mauerwerk durch natürliche oder künstliche Steine.

Das in Frage kommende künstliche Dichten der Massen wird durch Stampfen erreicht, weshalb diese Mauerwerke nach dem Französischen oft Pisé-Bauten²⁰⁷⁾ genannt werden, während wir sie hier im Allgemeinen als Stampfmauerwerke bezeichnen. Die Anwendung des Stampfens setzt eine genügende Widerstandsfähigkeit der Formen gegen die durch dasselbe erzeugten Seitendrucke voraus, was bei den durch bloßes Einfüllen oder Eingießen hergestellten Gussmauerwerken nicht in demselben Grade nothwendig ist. Von einem eigentlichen Gießen kann hierbei aber nur bei Gyps und Asphalt die Rede sein, während die übrigen für solche Mauern verwendeten Mörtel-Materialien in einem ziemlich trockenen Zustande eingefüllt werden müssen.

Stampfmauerwerke sind bei Weitem häufiger, als Gussmauerwerke. Im Allgemeinen sind aber jetzt beide Verfahren von einer mehr untergeordneten Bedeutung für den Hochbau, während sie bei den Völkern des Alterthums zum Theile eine hervorragende Rolle spielten. Am wichtigsten ist heutigen Tages der Beton, obgleich er für die Herstellung von aufgehendem Mauerwerk in Deutschland trotz vielfeitiger Bestrebungen auch noch nicht recht festen Fuß hat fassen können, was ihm in England und Frankreich mehr gelungen zu sein scheint.

Aus den für Guss- und Stampfmassen verwendeten Stoffen werden auch künstliche Steine in regelmäßigen Formen hergestellt, welche schon früher (siehe Art. 30 bis 35, S. 47 bis 49) eine zumeist kurze Besprechung fanden.

a) Erd- und Lehm-Stampfbau.

Zur Herstellung der Mauern aus Erd- oder Lehm-Stampfmasse ist jede nicht zu magere oder zu fette, von Pflanzentheilen freie Erde oder entsprechender Lehm verwendbar; doch zieht man den letzteren vor, insbesondere, wenn er mit etwas Kies gemengt ist. Zu magere Masse bindet nicht genügend, eine zu fette bekommt Risse und erschwert die Arbeit. Als Proben für die genügende Bindekraft der Erde erachtet man, daß sie die ihr durch Zusammendrücken in der Hand gegebene Form behält, daß sie in nahezu lothrechten Wänden sich abgraben läßt und nur durch Zerhacken mit dem Spaten oder der Hacke zertheilt werden kann. Eine noch zuverlässigere Probe ist jedenfalls die von *Chabat*²⁰⁸⁾ mitgetheilte, nach welcher man die zu untersuchende Erde in eine parallelepipedische Form von etwa 50 cm Breite und etwas größerer Höhe in der bei Herstellung der Wände üblichen Weise stampft, dann diese zudeckt und an einen geschützten Ort stellt. Nach einer Woche ist die Erde so weit geschwunden, daß die Form sich abheben läßt, und nach einigen Monaten kann man dann untersuchen, ob der Zusammenhang des Erdkörpers sich vermehrt oder verringert hat, wonach die Brauch- und Nichtbrauchbarkeit zu beurtheilen ist.

Das Beimengen von Steinen, auch von Kalksteinen, ist durchaus nicht schädlich, wenn sie nicht die Nußgröße überschreiten; auch die im Lehm sonst vorkommenden Gemengtheile schaden nichts, wenn sie nicht leicht verwitterbar sind; die

²⁰⁷⁾ Das französische Zeitwort *pisé* ist vom lateinischen *pisare* oder *pisere* abgeleitet, welches zerstampfen oder zerstoßen bedeutet.

²⁰⁸⁾ Siehe: *Dictionnaire des termes employés dans la construction etc.* Paris 1881. (Artikel: *Pisé*.)

Erde darf jedoch keinen Humus enthalten, weshalb Acker- oder Gartenerde nicht brauchbar ist.

Vor der Verwendung bedarf die gegrabene Masse einer Vorbereitung, die in einem tüchtigen Durcharbeiten mit dem Spaten, wobei große Steine und Wurzeln ausgelesen werden, so wie mitunter im Durchwerfen durch ein grobes, oft aus Flechtwerk hergestelltes Sieb besteht, welches die Steine, die größer als eine weiche Nuss sind, zurückhält. Diese Arbeit wird am besten unter einem leichten Schuttdache vorgenommen, damit der Boden den für den Stampfbau günstigsten Grad der Feuchtigkeit, den natürlichen, den er beim Graben in ca. 1^m Tiefe hatte, nicht verliert. Deshalb ist es zweckmäßig, an jedem Tage nur so viel Erde vorzubereiten, als an demselben Tage verbaut werden kann. An jedem Tage auch nur so viel zu graben, geht meist nicht an, da der für die Grundmauern und Keller ausgehobene Boden sehr häufig das Material zum Pisé bietet. Zu trockene Masse erhält keinen genügenden Zusammenhang; eine zu nasse läßt sich nicht stampfen, trocknet zu langsam und setzt sich zu stark. Zu trockene Erde muß mit der Gießkanne etwas angefeuchtet werden; zu nasse muß man an der Luft abtrocknen lassen. Den richtigen Grad der Feuchtigkeit erkennt man daran, daß die Erde sich in der Hand zusammendrücken läßt, ohne dabei eine eigentliche Spur von Nässe zu zeigen.

Die richtige Feuchtigkeit der Erde soll man besser, als vorhin angegeben, durch Mengen der zu feuchten mit trockener und der zu trockenen mit feuchter erzielen können. Jedenfalls erfordert dies aber beträchtlich mehr Arbeit und daher mehr Kosten, und es wird dadurch der Hauptvorteil des Stampfbaues, die Billigkeit, verringert. Dasselbe gilt, wenn man zu mageren oder zu fetten Boden durch geeignete Zumengungen verbessern muß, was übrigens trotz sorgfältigen Durcharbeitens nicht immer gute Erfolge liefert; dagegen kann einigermaßen helfen, indem man zu magere Masse etwas nasser, zu fette etwas trockener verbaut. Ein Mengen muß jedenfalls sehr gleichmäßig und innig erfolgen.

Die bisher gemachten Mittheilungen über Pisé entsprechen im Allgemeinen den Ansichten von *Cointeraux* und *Rondelet*²⁰⁹⁾, von welchen Beiden man namentlich dem ersteren die Wiederbekanntmachung und weitere Ausbildung dieser alten Bauweise verdankt, obgleich man seine umständlichen Einrichtungen durch einfachere ersetzt hat. Zu abweichenden Meinungen in Bezug auf das Vorbereiten der Erde oder des Lehmes ist man zum Theile in Deutschland nach den Mittheilungen *Gilly's*²¹⁰⁾ gelangt. Nach demselben ist es allein zweckmäßig, die Erde oder den Lehm durch Annäßen und Treten mit den Füßen in einen Teig zu kneten, dem man dabei kurz gehacktes Stroh zumengt und ihn dann 8 bis 12 Stunden an der Luft abtrocknen läßt. Man soll auf diese Weise auch fette Bodenarten verwerthen können und beim Herstellen der Mauern kein Stampfen in die Formen, sondern nur ein Treten mit nackten Füßen nöthig haben.

Auch in Frankreich scheint man jetzt theilweise zu einer nassen Behandlung der Erde übergegangen zu sein²¹¹⁾, aber dieselbe mindestens 48 Stunden abtrocknen

²⁰⁹⁾ Siehe: *Kunst zu bauen*. Band I. Aus dem Französischen von C. H. DISTELBARTH. Leipzig und Darmstadt 1833. S. 148 u. ff.

²¹⁰⁾ Siehe: *Handbuch der Land-Bau-Kunst*. 5. Aufl. bearbeitet von F. TRIEST. Band I. Braunschweig 1831. S. 62 u. ff.

²¹¹⁾ Siehe: *NARJOUX, F. Architecture communale*. Paris 1870. S. 32. (Beschreibung und Abbildung eines auf diese Weise hergestellten Schulhauses.)

zu lassen. Eben so findet sich zur Vermeidung von Rissen das Beimengen von Stroh oder Heu empfohlen²¹²⁾; dagegen hält man am Stampfen mit dem *pisoir*, einem besonders geformten Stöfser, fest. Im südlichen Frankreich, besonders in den Departements de l'Ain, du Rhône, de l'Isère etc. und namentlich in der Gegend von Lyon ist der Pisé-Bau auf diese Weise noch heute stark in Anwendung und geschätzt. Auch uns scheint das stärkere Dichten einer trockenen Masse durch Stöfser ein vorzüglicheres Verfahren, als das des Zusammentretens einer nassen Erde zu sein, eben so das Weglassen des Strohes.

Es möge hier noch die Bemerkung Platz finden, daß *Rondelet*²¹³⁾ durch Anfeuchten einer trockenen Erde von mittelmäßiger Beschaffenheit mit Kalkwasser statt mit reinem Wasser dauerhaftere und festere Mauern erhielt, als mit bester Erde.

118.
Herstellung
der
Wände.

Behufs Ausführung von Wänden wird die richtig vorbereitete Erde in die später zu beschreibenden Formkasten, in Schichten von etwa 10^{cm} Dicke, eingefüllt und so stark mit dem schon erwähnten Stöfser gestampft, daß diese Dicke auf ungefähr 5^{cm} verringert wird. Den richtigen Grad der Zusammenpressung erkennt man daran, daß auf der Oberfläche durch das Stoßen keine Eindrücke mehr hervorgebracht werden können. Nach vollständigem Füllen des Formkastens wird derselbe im Anschluß an das vollendete Stück, dieses am Ende, welches unter 60 Grad oder auch 45 Grad abgeböcht wird, umfassend, neu aufgestellt. Ist das Mauerwerk des ganzen Baues in dieselbe Gleiche gebracht, so beginnt man mit einem neuen Höhenabschnitt. Die Höhe des letzteren ist von der des Formkastens und der Construction desselben abhängig, aber immer mindestens um 8 bis 10^{cm} geringer, um welches Maß man den unteren Mauertheil umfassen läßt. Die Höhe der Seitenwände der Formen wird von den verschiedenen Schriftstellern von 0,31 bis 1,6 m angegeben. Durch eine größere Höhe kann man die Arbeit schneller fördern, da die Gerüste weniger oft aufgestellt zu werden brauchen; es ist dabei aber sehr gute Stampfarbeit unbedingt nöthig. Die Verwendung niedriger Formen ist sicherer, weil vor der Belastung durch neue Schichten die unteren Zeit zum Festwerden durch Austrocknen gehabt haben. Vor dem Beginn eines neuen Höhenabschnittes ist der darunter befindliche der Verbindung wegen vorsichtig anzufeuchten.

Ueber die Bildung der Ecken wird bei Besprechung der Formkasten die Rede sein; hier sei jedoch schon so viel bemerkt, daß dabei auf Herstellung eines Verbandes Rücksicht genommen werden muß und daß mitunter zur besseren Verbindung Holzstücke nach beiden Richtungen, am besten krumme Aeste von etwa 1,5 m Länge, eingestampft werden. Zuweilen werden beim Stampfen an die Ecken gebrannte Steine gelegt oder dieselben ganz aus solchen oder Betonsteinen hergestellt; nöthig ist dies aber nicht, da sich auch ganz aus Stampfmasse hergestellte Ecken, namentlich wenn sie abgerundet sind, bewährt haben. *Schüler*²¹⁴⁾ empfiehlt, zuerst die Ecken aufzustampfen und dann die Lücken zwischen denselben.

Auch bei Herstellung der Scheidewände ist ein Verband einzuführen, der am besten durch gleichzeitiges Einstampfen der Frontwand und eines Theiles der Scheidewand erzielt wird. Doch kann derselbe auch durch Aushauen einer dreieckigen Nuth von der Breite der Scheidewand in der Umfassungsmauer bewirkt werden oder indem man abwechselnd die Wände in einer Richtung durchlaufen,

²¹²⁾ Siehe: LABOULAYE, M. CH. *Dictionnaire des arts et manufactures* etc. 4. Aufl. Paris 1877. (Artikel: Pisé.)

²¹³⁾ In der in Fußnote 209 angegebenen Quelle, S. 156.

²¹⁴⁾ In: Ueber Pisébau oder Erdstampfbau. Salzenzen 1866.

in der anderen stumpf anstoßen läßt. Beides erfordert mehr Aufmerksamkeit, weil durch das Stampfen des anschließenden Theiles der fertige aus feiner Ebene herausgetrieben werden kann; doch ist dem leicht durch Abspreizen zu begegnen. Jedenfalls ist die Verbindung mit Hilfe einer Nuth das bequemste Verfahren. Bei Anwendung derselben werden die Scheidewände erst nach Fertigstellung der Außenmauern aufgestampft.

Bei eintretendem Regenwetter hat man die Mauern während der Nacht durch ein leichtes, nach beiden Seiten etwas überragendes Bretterdach zu schützen.

Hat man die beabsichtigte Stockwerkshöhe erreicht, so wird die Balkengleiche hergestellt und ein Falz für die nur für das Dachgebälk unbedingt erforderliche Mauerlatte eingehauen. Der Platz für die Balkenköpfe von Zwischengebälken kann auch unmittelbar durch Einhauen in die Mauern beschafft und über denselben das Stampfen fortgesetzt werden.

In Folge von nicht genau lothrecht gestellten oder aus dem Loth gewichenen Formgerüsten, so wie von nicht genügend fest gestampften unteren Schichten ergeben sich in den Wandflächen mitunter Ausbauchungen. Diese können durch Abhauen mit einem Beile beseitigt werden.

Die gewöhnliche Art, Fenster- und Thüröffnungen in den Wänden anzubringen, besteht in der Aufstellung von hölzernen Zargen, gegen welche und über welche die Erde gestampft wird. Doch kommen auch aus Backsteinen oder Haufsteinen aufgemauerte, bezw. überwölbte Einfassungen in Anwendung, welche aber die Ausführung wesentlich vertheuern und eben so, wie die hölzernen Zargen, noch andere Unannehmlichkeiten an sich haben. Das empfehlenswerthe, auch das Aufführen der Wände sehr erleichternde und vereinfachende Verfahren ist daher wohl das von *Schüler*²¹⁵⁾ angewendete, nach welchem man die Mauern ganz ohne Rücksicht auf die Oeffnungen in einem Stücke aufstampft, auf denselben die Umgrenzungen der Oeffnungen aufzeichnet und dann diese aushaut. Die Kanten sollen bei einiger Vorsicht stehen bleiben; auch ist die gestampfte Masse fest genug, um sich über den Oeffnungen selbst zu tragen. Etwaige Unregelmäßigkeiten können durch Verstreichen der Lücken an den später im Ganzen einzufetzenden Thür- und Fensterfuttern, die aber auch nicht unbedingt nöthig sind, beseitigt werden. Diese am besten aus Eichenholz herzustellenden Futter werden mit langen, spitzen Nägeln an die Stampfwand genagelt.

Das immerhin schwierige Aushauen der Oeffnungen dürfte mit Vortheil durch das von *Berndt*²¹⁶⁾ empfohlene Ausfügen ersetzt werden.

Die Formengerüste zur Herstellung der Erd-Stampfbauten sind nach zwei Hauptanordnungen zur Ausführung gelangt. Nach der ersten, die zuerst in Frankreich angewendet wurde und etwas umständlich ist, werden in Abständen von 0,9 bis 1,5 m Joche aufgestellt, welche aus einem quer zur Wand gelegten Riegel mit zwei Schlitzten bestehen, in welchem zwei mit Zapfen versehene lothrechte Ständer durch vorgeschlagene Keile befestigt werden.

Gegen diese Ständer lehnen sich die aus 5 bis 6 cm starken Bohlen hergestellten Formbretter oder Formtafeln von 30 bis 90 cm Höhe, zwischen welche die Erde gestampft wird und die daher in der der beabsichtigten Mauerdicke entsprechenden Entfernung aufgestellt werden müssen. Die Ständer sind oben durch den unteren

119.
Herstellung
der
Oeffnungen.

120.
Formengerüste.

²¹⁵⁾ Ebendaf.

²¹⁶⁾ In: Der Afche- und Erd-Stampfbau. 2. Aufl. Leipzig 1875. S. 35.

gleich gebildete Querriegel verbunden oder durch zusammenzudrehende Seile, durch welche ein Knebelstock gesteckt wird, der sich gegen einen der Ständer legt, während der Abstand der Formbretter durch zwischengespannte Querhölzer gewahrt wird (Fig. 135²¹⁷). Die Formen werden 3 bis 6 m lang gemacht und gewöhnlich mit 4 Jochen oder Gattern aufgestellt. Diese werden mitunter bis zu 1,6 m lichter Höhe ausgeführt, und nahe bis zu dieser Höhe werden die Formbretter über einander gestellt, so daß durch eine bloß zweimalige Aufstellung der Gerüste eine Wandhöhe bis zu 2,9 m zu erreichen ist.

Für die unteren Querriegel müssen im Sockel Löcher ausgepart und in schon fertigen Wandstücken eingehauen werden. Diese Löcher werden nach Fertigstellung des Gebäudes ausgemauert.

An Stelle der hölzernen Querriegel benutzt man mitunter eiserne Spindeln.

Für die Ecken kommen entweder diagonal gestellte Böcke in Anwendung, oder es werden die gewöhnlichen Formen durch ein Kopfbrett geschlossen und abwechselnd die eine oder die andere Wand bis zur äußeren Flucht durchgeführt.

Die zweite Art der Formengerüste ist einfacher, leichter zu handhaben und deshalb den eben beschriebenen vorzuziehen, von denen sie sich durch den Mangel der einzeln aufzustellenden Querjoche unterscheiden.

Die einfachste Art dieser Gerüste besteht aus Formbrettern von etwa 30 bis 36 cm Höhe, die auf der Außenseite durch aufgenagelte Leisten gegen das Werfen

geschützt sind und nur durch einen durch die Leisten gesteckten Querriegel oder eiserne Spindeln verbunden sind. Diese Querstücke haben an der einen Seite einen Kopf, an der anderen einen Schlitz für einen durchzusteckenden Keil (Fig. 136).

Mit einer solchen Form kann man nur einen Mauerabsatz von etwa 18 bis 24 cm erzielen und muß dieselbe daher sehr oft aufstellen, was zeitraubend ist. Deshalb ist die Anwendung von Formtafeln von etwa 60 bis 80 cm Höhe, die oben und unten durchgesteckte Querverbindungen haben, bequemer (Fig. 137 u. 138²¹⁸).

Noch mehr fördern jedenfalls die von Schüler²¹⁹) benutzten Gerüste (Fig. 139),

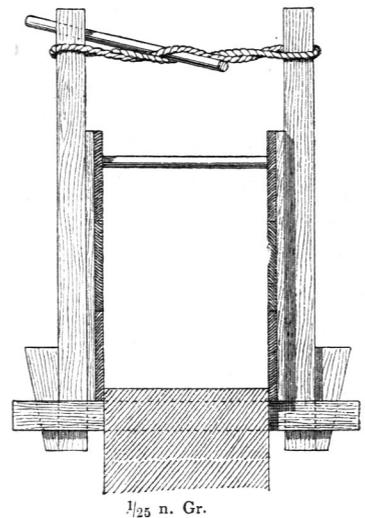
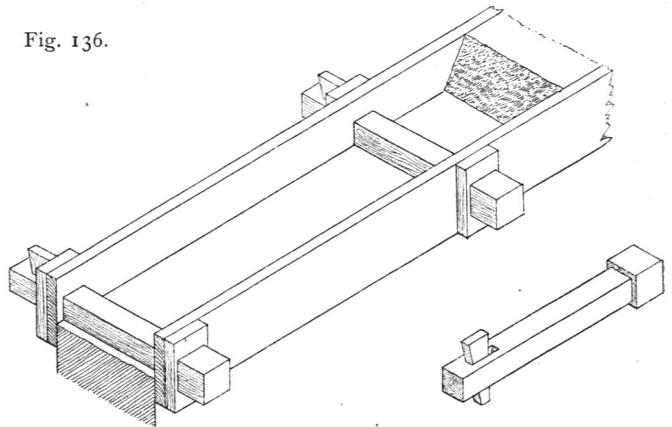
Fig. 135²¹⁷).

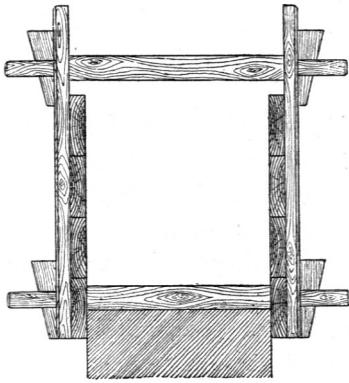
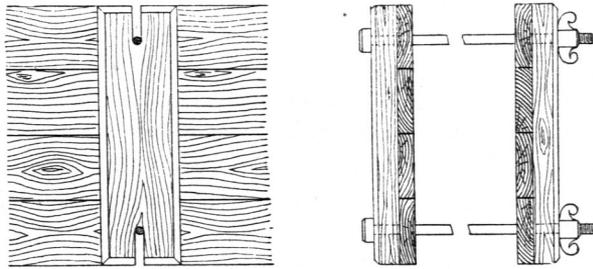
Fig. 136.



²¹⁷) Nach *Rondelet's* Angaben, nach denen Fig. 135 angefertigt ist, waren die Formtafeln nur aus 1 Zoll (= 27 mm) starken Brettern hergestellt, aber an den Stellen, wo sie sich an die Ständer der Joche lehnen, durch lothrechte Brettstreifen verstärkt.

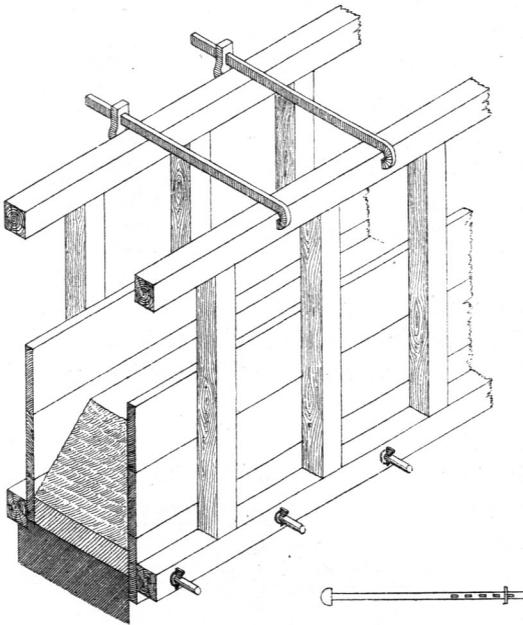
²¹⁸) Nach: ENGEL, F. Der Kalk-Sand-Pisébau. Berlin 1864. S. 52.

²¹⁹) A. a. O., S. 10.

Fig. 137²¹⁸⁾. $\frac{1}{25}$ n. Gr.Fig. 138²¹⁸⁾. $\frac{1}{25}$ n. Gr.

mit welchen man durch zweimaliges Aufstellen, wie bei den beschriebenen französischen Gerüsten, die übliche Wandhöhe erzielen kann. Je ein solches Gerüst besteht

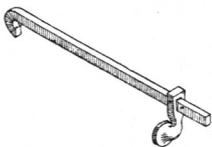
Fig. 139.



aus zwei in der Längsrichtung der Mauer aufgestellten Rahmwerken, welche aus Unter- und Oberschwelle von der üblichen Bohlenlänge und aus einer Anzahl lothrechter Pfosten zusammengesetzt sind. Die letzteren sind 60 bis 80 cm von einander entfernt, etwa 1,6 m hoch und mit den Schwellen durch Zapfen verbunden. Gegen diese Rahmen lehnen sich die Formbohlen, welche nach und nach über einander gestellt werden. Die untere Querverbindung erfolgt durch eiserne Spindeln, die durch die Unterswellen gesteckt sind, an einem Ende einen Kopf, am anderen Schlitz zum Eintreiben von Keilen haben. Eine Mehrzahl von solchen Schlitzern ist erwünscht, um dieselben Spindeln für verschiedene Mauerstärken benutzen zu können. Zur oberen Querverbindung benutzte *Schüler* Klemmzwingen (Fig. 140), die zu diesem Zwecke jedenfalls sehr geeignet sind, da sie sich sehr leicht festmachen und loslösen lassen.

Diese Formgerüste stellt man an den Ecken nach beiden Richtungen hin auf, so daß letztere aus dem Ganzen aufgestampft werden und daher nur zwischen denselben auf Verband der einzelnen Abschnitte zu achten ist.

Fig. 140.



Bei allen Arten der Formen müssen die Mauerseiten der Formbretter glatt gehobelt sein, damit beim Wegnehmen nicht Theile der Wandflächen an denselben hängen bleiben.

Der Hauptfehler der Erd-Piséwände ist der, daß sie die Feuchtigkeit nicht vertragen und sich auch nicht dauerhaft ausbessern lassen. Gebäude dieser Art dürfen daher zunächst nur in Orten errichtet werden, die Ueberschwemmungen nicht ausgesetzt sind; dann muß man sie aber noch sorgfältig gegen die Einwirkungen von Grundfeuchtigkeit, Tagwassern und Schlagregen sichern. Grund- und Sockelmauern, letztere auf mindestens 0,5 m Höhe mit etwas Vorsprung nach außen, müssen daher aus beständigerem Material aufgeführt und wo möglich mit einer Isolir-Schicht oben abgedeckt werden; eben so sind große Dachvorsprünge und Walmdächer empfehlenswerth. Als Schutz ist ein dauerhafter Putzüberzug unerläßlich. Die Schwierigkeiten der Herstellung und die verschiedenen Arten eines solchen sind schon in Art. 84 (S. 92) behandelt worden; hier wären nur noch solche beim Stampfen anzuwendende Mafsregeln zu besprechen, welche das Anbringen eines haltbaren Kalkputzes zu befördern geeignet sind.

Zu diesen gehört das Einstampfen von schmalen Mörtelfreifen an den äußeren Rändern jeder Schicht, mit welchen sich der Kalkputz fest verbindet.

Zu weit gehend, weil die Kosten ohne wesentlichen Nutzen vermehrend, ist die von *Narjoux*²²⁰⁾ angewendete Bauweise, zwischen jede Stampfschicht eine Mörtellage einzufalten. Dagegen scheint dieses Verfahren vorzügliche Ergebnisse in Algerien geliefert zu haben, weil dort beiderseitige Verkleidungen der Mauer von Mörtel gleichzeitig mit der Erde in die Formen gestampft und diese durch die zwischen den Schichten befindlichen Mörtellagen zusammengehalten werden (Fig. 141).

Nach dem Wegnehmen der Formen wird der Mörtel nur mit der in etwas dicke Kalkmilch getauchten Mauerkelle gerieben und geglättet. Dieses beachtenswerthe Verfahren übernahmen die Franzosen von den Eingeborenen für ihre Casernen-Bauten²²¹⁾.

Mit großem Vortheile will *Hinträger* auf den *v. Horsky'schen* Gütern bei Kolin²²²⁾ nach dem Einstampfen je einer Schicht von 13 bis 16 cm Höhe an den Rändern Stein splitter von etwa 8 bis 13 cm Länge und 13 mm Dicke oder entsprechend große Dachziegelstücke aufgelegt und mit eingestampft haben (Fig. 142). Nach dem Wegnehmen der Formkanten wurde die Erde zwischen den Steinlagen auf 13 bis 19 mm Tiefe ausgeschnitten, um dadurch Raum für den durch die erwähnten Steinlagen fest zu haltenden Kalkputz zu gewinnen. Wegen des lang-

Fig. 141.

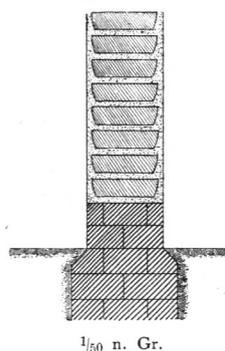
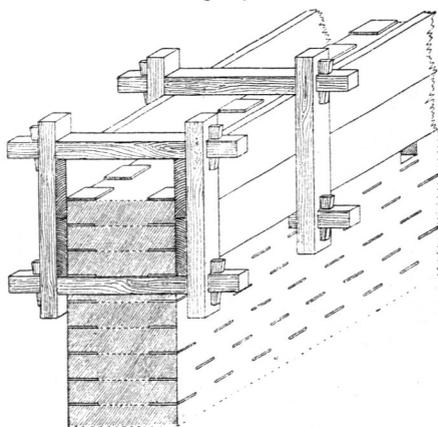


Fig. 142.



²²⁰⁾ Nach der in Fußnote 211 angezogenen Quelle.

²²¹⁾ Siehe: CRELLE's Journ. f. Bauk., Bd. 21, S. 90.

²²²⁾ Siehe: Allg. Bauz. 1871, S. 380 u. ff.

famen Austrocknens und Setzens der Mauern ist dieser Putz erst ein Jahr später auszuführen.

Zu den Schutzmaßregeln von der Witterung ausgefetzten Erd-Stampfwänden ist auch das beiderseitige Verkleiden derselben mit Backsteinen zu rechnen, wobei die etwa 5 Schichten hoch aus Läufern aufgemauerten Wangen als Ersatz für die wegfallenden Formgerüste benutzt werden. Das Letztere veranlaßt allerdings eine Erfparnis, die aber bei Weitem durch die Mehrkosten der Backsteinmauerung übertröffen wird. Binder wird man nur dann einzulegen vermögen, wenn man die Stampfchichten nicht dicker, als die Steine macht.

Ungleichmäßiges Setzen wird man nicht vermeiden können und die Erde, um die Backsteine nicht feitlich herauszudrücken, nicht so stark zusammenstampfen dürfen, als dies eigentlich wünschenswerth ist. Hiernach ist diese Ausführungsweise wenig empfehlenswerth. Dasselbe gilt auch, wenn man anstatt der Backsteine, der größeren Billigkeit wegen, Lehmsteine verwendet, die nicht einmal einen wirkfamen Schutz bieten, da sich auf ihnen selbst nicht viel weniger schwer ein dauerhafter Putz anbringen läßt, als auf Lehm-Stampfwerk (vergl. Art. 83, S. 91). Die Lehmsteine haben den einzigen Vortheil, daß sich mit ihnen, wenn man sie nicht ganz ausgetrocknet verwendet, eine geringere Verschiedenheit des Setzens von Verkleidung und Füllmasse erzielen läßt.

In manchen Fällen mag der Behang der Wände mit Dachpappe, welche auf hölzernen Dübeln zu befestigen ist, ein zweckmäßiger Ersatz für Putzüberzug sein. Die Dübel sind mit durchgesteckten Holzstiften in der Mauer zu verankern.

Die von *Schüler* dem Erd-Stampfbau zugeschriebenen Vortheile: Feuerfestigkeit, Dauerhaftigkeit, Holzersparris, Einfachheit und dadurch rasche Förderung des Baues, so wie Wohlfeilheit, wird man demselben in der Hauptsache gern zugestehen können, wenn die Ausführung innerhalb der dem Material von der Natur gesteckten Grenzen erfolgt und alle erforderlichen Vorsichtsmaßregeln getroffen werden. Man wird mit Nutzen in dieser Bauweise einfache ländliche Wirthschafts- und Wohngebäude (aber nicht Stallungen), so wie Gebäude für mancherlei gewerbliche Zwecke errichten können, wenn man sich mit schmucklosen, kahlen Wänden begnügt. Einfachheit des Planes ist erste Grundbedingung für das Entwerfen solcher Gebäude; Grundrisse mit geradlinigen, nicht durch Vor- und Rücksprünge unterbrochenen Mauerzügen sind allein zulässig; die mitunter zur Ausführung gelangten Gesimse und Ornamente aus Erd-Stampfmasse sind als dem Material nicht entsprechende Künsteleien zu bezeichnen.

122.
Werthschätzung.

Die von *Schüler* den Erd-Stampfbauten ebenfalls zugeschriebenen Vortheile der Wärme und Zuträglichkeit (gesundes Wohnen) sind dagegen nicht unbedingt zugeben. Die Wände bestehen aus einem schlecht wärmeleitenden Stoffe und werden daher wohl im Winter, wenn einmal erwärmt, gut warmhaltende Räume liefern; wegen der großen Dicke aber, die sie erhalten müssen, werden dieselben Räume im Sommer nur einen kellerartigen Aufenthalt bieten können.

Ein großer Vorzug der Ausführung der erwähnten Gebäudearten in Erd-Stampfwerk ist der Umstand, daß sie unter Leitung nur eines fachverständigen Mannes von gewöhnlichen Tagelöhnern hergestellt werden können. Unter der Voraussetzung einer trockenen Lage und des Vorhandenseins passender Erde kann man sie überall da errichten, wo der Raum zur Aufstellung der Formgerüste vor-

handen ist, also nicht unmittelbar anstossend an schon vorhandene Bauwerke. Die Festigkeit von guter Stampfmasse wird schon dadurch bewiesen, dass man Oeffnungen aus den Mauern heraushauen kann; auch die Dauerhaftigkeit bezeugen viele Beispiele.

*Rondelet*²²³⁾ erzählt von einem von ihm im Jahre 1764 neu eingerichteten und mit Pisé vergrößerten Schlosse, welches schon mehr als 150 Jahre bestand und sich als außerordentlich fest erwies; denn die Mauern kamen an Härte und Dauer einem weichen Steine von mittlerer Güte gleich.

Auf die Nützlichkeit dieser Bauweise für den Festungsbau sei hier beiläufig aufmerksam gemacht²²⁴⁾.

Für ein feuchtes Klima scheint der Erd-Stampfbau nicht zu passen.

^{123.} Das hohe Alter des Erd-Stampfbaues bezeugt *Plinius* (*Lib. XXXV, Cap. XIII*); denn er beschreibt die Herstellung von Wänden dieser Art in Afrika und Spanien und spricht von Wirthürmen auf spanischen Berggipfeln, die *Hannibal* aus Erde errichtet habe. Danach scheint auch Afrika die Heimath dieser Bauweise zu sein, von wo uns gleichfalls Nachrichten über Anwendung derselben im Mittelalter vorliegen. So sind die aus Pisé vom Sultan *Yacoub* 1298 errichteten Mauern der Stadt Mansoura in Algerien (in der Provinz Oran, 4 km von Tlemcen) mit ihren Vertheidigungsthürmen noch jetzt in gutem Zustande, eben so wie einige Wohngebäude aus gestampfter Erde, während die aus Hauftein und Marmor errichteten Bauwerke zerstört worden sind. Der Pisé ist hier aus etwas kalkhaltiger Erde hergestellt, jedoch nicht auf die in Art. 121 (S. 120) beschriebene Weise; er verdankt seine gute Erhaltung nach fast 600-jährigem Bestehen offenbar der guten Stampfarbeit²²⁵⁾.

Auch in Kleinasien scheint diese Bauweise früh bekannt gewesen zu sein; denn die *Tumulus*-Gräber von Sardes²²⁶⁾ sollen aus einer schichtenweise zusammengestampften Mischung von Erde und Sand bestehen, welche so fest ist, dass bei den Nachgrabungen selbst der Stahl splitterte.

Obgleich der Pisé-Bau auch in Frankreich schon längere Zeit geübt wurde (vergl. den vorhergehenden Artikel), so gab der schon erwähnte *Cointeraux*²²⁷⁾ (siehe Art. 117, S. 115) denselben in seinen Schriften doch als seine Erfindung aus. War dies auch nicht richtig, so hat er doch jedenfalls das Verdienst, die Bekanntheit mit demselben weiter verbreitet zu haben, und auch in Deutschland ist derselbe erst durch ihn bekannt geworden, obgleich auch hier schon 1786 ein gewisser, aus Eisleben gebürtiger *Johann Rudolph* im Dorfe Niesczewitz in Cujavien ein Haus aus im Ganzen gestampftem Pisé erbaut hatte.

Am Ende des vorigen und Anfang unseres Jahrhunderts scheint der Erd-Stampfbau in Deutschland ziemliche Verbreitung und begeisterte Anhänger gefunden zu haben. *Gilly*²²⁸⁾ giebt viele geschichtliche Nachrichten über die Einführung desselben; in seinem Buche findet sich auch eine richtige Beurtheilung der Bemühungen des Bau-Inspectors *S. Sachs*²²⁹⁾, dieser Bauweise Eingang zu verschaffen, dessen Neuerungen derselben jedoch mehr geschadet, als genutzt zu haben scheinen. Immerhin ist ihm eine Vereinfachung der Formengerüste zu verdanken, denen er selbst aber das Aufführen der Mauern zwischen Luftsteinwangen weit vorzieht. Die von ihm erfundenen und ganz besonders als Ersatz der Luftsteine empfohlenen Mörtelsteine, ein Gemenge von Kalkmörtel und Lehm, verdienen schon ihrer Zusammenfassung wegen kein Vertrauen.

Um beim Erd-Stampfbau von der Witterung und von der Fundstelle brauchbarer Erde weniger abhängig zu sein, so wie um einigen Umländlichkeiten und Unvollkommenheiten beim Aufstampfen der Wände zu entgehen, haben *Cointeraux* und nach ihm *Gilly* den Bau mit Erdquadern, einzelnen aus Erde oder Lehm in Formen gestampften Steinen, warm empfohlen. Obgleich dieselben sehr fest sich herstellen lassen und auch hier und da Anwendung gefunden haben, sind sie, wie es scheint, ganz außer Gebrauch gekommen, wahrscheinlich, weil ihre Herstellung theurer, als die der Luftsteine und Lehmputzen war, dem Erd-Stampfbau gegenüber aber die Kosten sich um die des Vermauerns vermehren.

Trotz vielfacher im Laufe der Zeit auf einander folgender Bemühungen — es sei hier außer den schon erwähnten Schriften noch die auf 36-jähriger eigener Erfahrung beruhende von *Wimpf*²³⁰⁾ angeführt

²²³⁾ In der in Fußnote 209 angegebenen Quelle S. 148, 155.

²²⁴⁾ Näheres hierüber in: *La semaine des constr.*, Jahrg. 10, S. 280.

²²⁵⁾ Siehe ebendaf., S. 267.

²²⁶⁾ Siehe: REBER, F. Geschichte der Baukunst im Altethum. Leipzig 1866. S. 207.

²²⁷⁾ Im Jahre 1760 nach *Gilly* in der in Fußnote 210 angegebenen Quelle, so wie im Band III desselben Werkes, nach dem Tode des Verfassers neu herausgegeben von *D. G. Friderici* (Leipzig und Halle 1836).

²²⁸⁾ In den in den Fußnoten 210 u. 227 angegebenen Quellen.

²²⁹⁾ Der verbesserte Pisé-Bau (Berlin 1822) und: Anleitung zur Erd-Bau-Kunst (Berlin 1825).

²³⁰⁾ Der Pisé-Bau. Weilburg 1837.

— den Erd-Stampfbau in Deutschland mehr einzubürgern, ihm eine feiner Brauchbarkeit für manche Zwecke entsprechende Anerkennung zu verschaffen, wie sie derselbe im südlichen Frankreich noch jetzt genießt, ist dies doch bis jetzt noch nicht recht gelungen; man hört nur sehr wenig mehr von ihm.

b) Kalksand-Stampfbau ²³¹⁾.

Das zur Herstellung der Mauern aus Kalksand-Stampfmasse verwendete Material ist nichts weiter, als ein magerer, aus Kalk und Sand bereiteter Mörtel, welcher in ähnlicher Weise, wie die Erd-Stampfmasse in Formen gestampft wird.

^{124.}
Material.

Gewöhnlich wird fetter Kalk verwendet, in feuchter Lage jedoch auch hydraulischer. Das Mengenverhältniß von Kalk zu Sand hat sich nach der Ausgiebigkeit des ersteren zu richten und kann zwischen 1:8 bis 12 schwanken. Die Materialien müssen in ihren Eigenschaften denselben Anforderungen genügen, welche man bei Bereitung eines guten Mörtels stellt; der Kalk muß möglichst gut gelöscht, der Sand rein von erdigen und anderen fremden Bestandtheilen fein; der letztere darf jedoch Steine bis zu Nufsgröße enthalten und soll ein gemischtes Korn haben.

Das Mengen der Stoffe erfolgt in einer Kalkbank mit geeigneten Werkzeugen, unter denen sich besonders eine von *Engel* empfohlene Mengeharke bewährt haben soll. Der Ersatz der Handarbeit durch Maschinen hat im Allgemeinen keine guten Ergebnisse geliefert, sowohl was Gleichmäßigkeit der Mischung, als Kosten anbelangt. Nach *Engel* sollen 4 starke und fleißige Arbeiter im Stande sein, in 2 Kalkbänken von etwa 3,8 m Länge und Breite so viel Sandkalk zu bereiten, als 16 bis 18 Arbeiter in einem Tage verstampfen können.

Das Mengen kann auf zweierlei Weise erfolgen. Entweder indem man der Kalkmilch den Sand nach und nach zusetzt, oder indem man den Kalkbrei ohne Wasserzusatzen in der Kalkbank tüchtig durchknetet, mit etwa 3 Theilen Sand zu gewöhnlichem Mörtel verarbeitet und dann erst die noch fehlende Sandmenge zugeibt. Bei hydraulischem Kalk wird das durch trockenes Löschen gewonnene Mehl in das Wasser geschüttet, welches in nöthiger Menge vorher in die Löschbank gethan worden war, und durch tüchtiges Umrühren in eine dünne Sahne verwandelt, der dann der Sand zugefetzt wird.

Das Vermengen muß an einem geschützten Orte vorgenommen werden; auch darf man auf einmal nicht mehr Kalksandmasse bereiten, als an demselben Tage verstampft werden kann. Etwaige Reste sind durch Ueberdecken mit feuchten Tüchern gegen Austrocknen zu schützen.

Ein Urtheil über die richtige Menge des zuzusetzenden Wassers kann nur durch Erfahrung gewonnen werden, da auf dieselbe der Feuchtigkeitsgrad der Luft und des Sandes von Einfluß sind. Zu trockener Sand muß vor dem Vermengen mit dem Kalk etwas angefeuchtet werden; doch ist dann die Kalkmilch weniger zu verdünnen. Das fertige Gemisch muß das Ansehen von frisch gegrabener, magerer Gartenerde haben. Je derber die Masse bei gleichmäßiger Durchmischung ist, um so bessere Mauern liefert sie; ist sie zu feucht, so läßt sie sich nicht fest stampfen. Im letzteren Falle soll man sich durch Einstampfen von trockenen Ziegelstücken etwas helfen können.

Für Herstellung von Grundmauern empfiehlt *Engel* den Zusatz von Portland-Cement. Er giebt folgende Mischungsverhältnisse an: 1 Theil Luftkalk, 1 Theil

²³¹⁾ Die Hauptquelle über den Kalksand-Stampfbau bilden die Schriften von *F. Engel*; sie mußten daher auch hier benutzt werden. Es sind dies: *Thaer-Bibliothek*. Bd. 34: *Der Kalk-Sand-Pisébau und die Kalkziegelfabrikation*. 3. Aufl. Berlin 1864 — und: *Die Bauausführung*. Berlin 1881. S. 245 u. ff.

Portland-Cement und 6 bis 8 Theile Sand, oder 2 Theile Mergelkalk, 1 Theil Portland-Cement und 8 bis 9 Theile Sand.

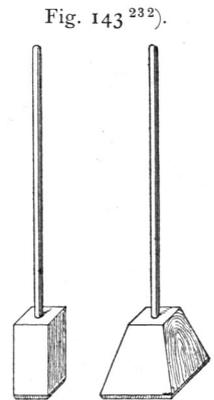
125-
Herstellung
der
Mauern.

Nach den Versuchen von *Manger* können selbst sehr magere Mörtel große Festigkeit bei dichter Lagerung der Sandkörner erhalten. Es wird daher auch bei der Herstellung der Mauern aus Kalksandmasse dem Gelingen förderlich sein, die Dichtung durch das Stampfen möglichst vollkommen auszuführen.

Die zweckentsprechend vorbereitete Masse wird in den Formen gleichmäßig 6 bis 9 cm hoch ausgebreitet und so lange gestampft, bis der Stößler beim Auffallen aufspringt und einen dem Metall ähnlichen Klang erzeugt. Trotzdem braucht aber beim Kalksand-Stampfbau das Stampfen nicht so kräftig zu erfolgen, wie beim Erd-Stampfbau. Man verwendet daher zu den Formkästen bei ersterem Bretter, während bei letzterem zu diesem Zwecke Bohlen notwendig sind.

Die Stößler haben besser eine viereckige oder dreieckige Grundfläche, als eine runde, weil man mit ersteren scharfer an den Formtafeln entlang stampfen kann. Die Stampffläche wird weniger rasch abgenutzt und bleibt weniger am Mörtel haften, wenn man sie mit Blech beschlägt. Zum ersten Einstampfen bedient man sich mit Vortheil eines sich etwas nach unten verjüngenden Stößlers, für das Fertigstampfen dagegen eines sich verbreiternden (Fig. 143²³²⁾).

Sind die Formkästen gefüllt, so können sie sofort abgeschlagen und weiter aufgestellt werden; dabei muß aber das abzuböschende Ende des fertig gewordenen Abschnittes wieder mit umfaßt werden. Zweckmäßig ist es, das Gebäude in seiner ganzen Ausdehnung in dieselbe Höhe zu bringen, ehe ein neuer Höhenabschnitt begonnen wird. Bei kleinen Bauwerken wird dies verhältnismäßig rasch geschehen, und man muß dann die Vorsicht gebrauchen, einen Tag zu warten, bevor man weiter in die Höhe geht, damit das schon Fertige genügende Tragfähigkeit erlangen kann.



Überall da, wo bereits aufgestampfte Stampfmassen mit neuen sich verbinden sollen, sind die bereits abgebundenen Flächen, die an der weißen Farbe kenntlich sind, wund zu machen, d. h. von der fest gewordenen Kruste zu befreien und etwas anzufeuchten.

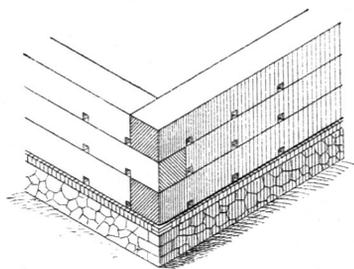
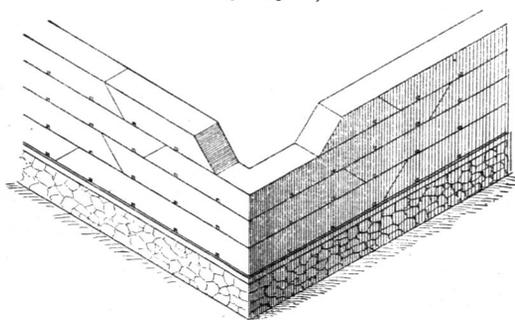
Eintretende Regengüsse machen eine Abdeckung der Formen sowohl, als auch der frischen Mauern mit Brettern notwendig, die dann aber etwas hohl zu legen sind, damit die Luft unter ihnen wegstreichen kann. Feiner, nicht dauernder Regen schadet dagegen nichts, wie auch die Seitenflächen der Mauern von einer Durchnässung nicht leiden.

Bei Herstellung von Ecken und Maueranschlüssen muß auf Verband gehalten werden. Am besten kann dies bei den Ecken geschehen, wenn man keine besonderen Eckformen verwendet, sondern die gewöhnlichen Formen am Ende mit einer Bretttafel schließt und sie abwechselnd so in der einen und anderen Richtung benutzt (Fig. 144²³³⁾).

Es ist nicht notwendig, die Ecken aus Backsteinen herzustellen, wie mitunter geschieht. Es genügt, dieselben etwas abzustumpfen. Sollen daselbst aber Backsteine

²³²⁾ Nach: ENGEL, F. Die Bauausführung. Berlin 1881. S. 254.

²³³⁾ Nach: ENGEL, F. Der Kalk-Sand-Pisébau u. f. w. Berlin 1864. S. 57.

Fig. 144²³³⁾.Fig. 145²³⁴⁾.

verwendet werden, so kann man sie, ähnlich wie beim Erd-Stampfbau, mit einstampfen, oder besondere Pfeiler auführen, die aber durch eine Verzahnung mit der Stampfmasse zu verbinden sind.

In den auf einander folgenden Höhenabschnitten läßt man den aus dem Verücken der Formkasten sich ergebenden Verband wechseln (Fig. 145²³⁴⁾)

Die Riegellöcher läßt man bis zur Vollendung des Baues offen, was das Austrocknen der Wände im Inneren befördert. Sie können auch zum Anbringen der Netzriegel für die Rüstungen benutzt werden. Zuletzt schließt man sie mit einem Ziegelstück in Kalkmörtel und verputzt sie.

Russische Rauchrohre werden durch Umstampfen von cylindrischen, herausziehbaren Holzstücken gleichzeitig mit den Wänden hergestellt.

Ein Putz der Wände ist bei fauberer Arbeit nicht nothwendig. Es genügt auch am Aeußeren ein nach dem Austrocknen aufgebracht Anstrich.

Das Einstampfen von Blockzargen zur Umrahmung der Fenster- und Thüröffnungen hat sich nicht bewährt. Dieselben werden durch die Kalksandmasse feucht, quellen auf, ziehen sich aber beim Trocknen wieder zusammen und trennen sich in Folge dessen von der Wand; auch können die Seitentheile dem starken Setzen dieser letzteren nicht folgen. Dies ist auch der Fall bei der überdies im Verhältniß zu der billigen Bauweise der Wände theueren Herstellung aus gebrannten Backsteinen. Engel empfiehlt daher die Aufstellung von hölzernen Lehren, welche nach dem Umstampfen entfernt werden. Hierbei sind die Lehrgerüste für die gestampften Bogen stärker, als für die gewölbten zu machen. Noch einfacher ist es, das Lichte der Oeffnungen aus gebrannten Backsteinen aufzubauen, gegen welche angestampft wird, und welche später wieder beseitigt werden. Für die Bogen über den Oeffnungen erlangt man eine Lehre, indem man die Abtreppungen der Backsteine mit Sand ausfüllt und darüber dann Schalbretter legt. Man kann die Oeffnungen auch nachträglich durch Herausfagen erzeugen.

Eiserne Thor- und Thürhaken werden zweckmäßiger Weise gleich eingestampft. Nach der Erhärtung der Stampfmasse müßten sie wie in Stein befestigt werden.

Bei den Erd-Stampfbauten können mangelhaft ausgefallene Wandflächen durch Bearbeitung mit einem Beil geebnet werden; bei den Kalk-Stampfbauten ist dies nicht möglich; es kommt daher bei diesen viel mehr, als bei jenen auf genau ausgeführte und aufgestellte Formengerüste an, wenn dieselben in der Art der Zusammen-

126.
Herstellung
der
Oeffnungen.

127.
Formengerüste.

²³⁴⁾ Nach ebendaf., S. 79.

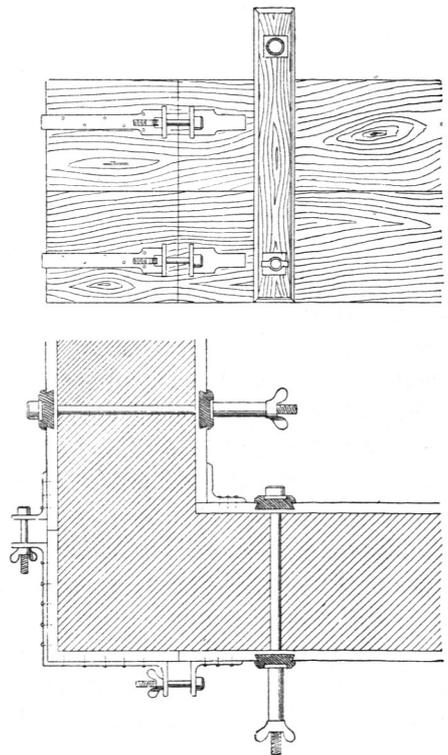
fetzung auch nicht anders zu fein brauchen. Immerhin erscheint es zweckmäÙig, die von *Engel* erprobte Ausführungsweise hier kurz vorzuführen.

Es bestehen danach die Formengerüste aus zwei 62 bis 70 cm hohen Tafeln aus 26 bis 32 mm starken, gespundeten, auf der Mauerseite gehobelten Brettern, welche auf der äußeren Seite durch auf den Grat eingeschobene, eben so starke, in 60 bis 80 cm Entfernung angebrachte, 10 bis 18 cm breite Leisten zusammengehalten und gegen Verwerfen geschützt werden. Diese Tafeln von höchstens 5 m Länge werden in dem der Mauerdicke entsprechenden Abstände aufgestellt und an den Stellen, wo sich die Leisten befinden, unten und oben durch hölzerne Riegel oder eiserne Spindeln verbunden. Die oberen Verbindungsstücke sollen mindestens 16 cm über der Tafeloberkante liegen, um dem Ausbreiten und Stampfen der Kalksandmasse nicht hinderlich zu sein; entsprechend müssen demnach die Leisten höher als die Tafeln gemacht werden (siehe Fig. 137). Die unteren Verbindungsstücke müssen, wie bei den Formkäften für den Erd-Stampfbau, etwas über der Unterkante der Formtafeln liegen, damit diese eine auf dem Sockel aufgemauerte Backsteinschicht, welche die Lehre für die Wand abgibt, bzw. ein Stück der schon darunter befindlichen, fertigen Stampfmauer umfassen können.

Die hölzernen Verbindungsriegel erhalten an beiden Enden einen Schlitz für durchzusteckende Keile. Doch kommen als Unterriegel auch solche in Anwendung, welche am einen Ende einen Kopf, am anderen einen Schlitz haben; auch läÙt man sie vom Kopf ab sich etwas verjüngen, um sie besser wieder herausziehen zu können. Die oberen Riegel müssen auf eine Länge, welche der Wanddicke entspricht, eine Verstärkung bekommen, durch welche die Formtafeln in der richtigen Entfernung gehalten werden.

Dauerhafter, als die leicht aufspaltenden und sich abnutzenden Holzriegel, sind eiserne Spindeln, welche am einen Ende einen Kopf, am anderen eine Flügelmutter haben. Die Anwendung derselben war schon in Fig. 138 (S. 119) dargestellt worden. Auch unterliegt es wohl keinem Zweifel, daß auch die in Art. 120 (S. 119) beschriebenen und in Fig. 139 u. 140 abgebildeten Spindeln mit Vorsteckkeilen und Klemmzwingen angewendet werden können. In beiden Fällen müssen zur Regelung der Wanddicke am oberen Rande der Formtafeln Spreizen von der richtigen Länge eingespannt werden.

Die besten Eckkäften sind nach *Engel* die in Fig. 146²³⁵⁾ vorgeführten. Sie werden mit den Wand-Formkäften durch Schraubenbolzen verbunden, welche durch Löcher in den an allen Formkäften am Ende oben und unten überall in gleicher

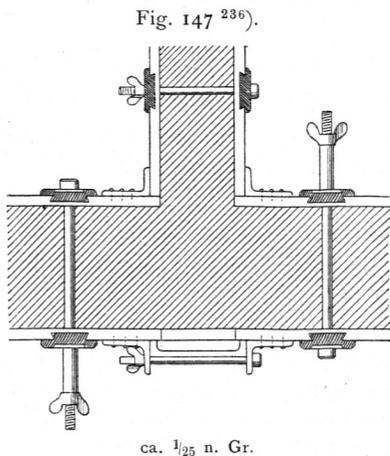
Fig. 146²³⁵⁾.

ca. 1/25 n. Gr.

²³⁵⁾ Nach: Der Kalk-Sand-Pisébau. S. 56.

Höhe angebrachten Winkeleisen gefsteckt und mit Flügelmuttern angezogen werden. Auf dieselbe Weise werden auch die Wand-Formkästen unter sich verbunden. Die Winkeleisen müssen genau um die Brettdicke der Formtafeln von den Enden abstehen, damit am inneren Winkel nicht nur ein genauer Anschluß zwischen den Formkästen erzielt werden kann, sondern auch die eine Formtafel, welche keine solchen Winkel haben darf, an denen der anderen einen Stützpunkt findet.

Die Formkästen mit eisernen Schraubenspindeln kann man für verschiedene Wandstärken benutzen, indem man zwischen Flügelmuttern und Verstärkungsleisten hölzerne Hüllen von geeigneter Länge aufchiebt, bzw. diese wegläßt. Bei den Eckformen dagegen lassen sich Veränderungen nicht vornehmen, so daß für verschiedene Wandstärken auch verschiedene Eckformen erforderlich werden. Deshalb ist es bequemer und wohlfeiler, von der in Art. 125 (S. 124) besprochenen und in Fig. 144 dargestellten Eckanordnung Gebrauch zu machen, die ohne besondere Eckformen ausgeführt wird und auch den Vorzug besseren Verbandes besitzt.



Die Scheidewände, welche sich an Außenwände anschließen, müssen mit diesen gleichzeitig aufgeführt und mit diesen in Verband gebracht werden. Zu diesem Zwecke wird zwischen den Formkästen der Außenwand eine der Dicke der Scheidewand entsprechende Lücke gelassen und diese durch ein entsprechend vorbereitetes Brett geschlossen (Fig. 147²³⁶⁾). Man wird aber auch hierbei ähnlich, wie bei der Ausführung von Ecken ohne Formkästen, verfahren können, in einer Schicht um die andere die Formkästen der Scheidewand bis an die äußere Flucht der Umfassungswand reichen lassen, dort durch ein Stirnbrett abschließen und so

einen regelrechten Verband erzielen.

Die Kalksandmasse läßt sich auch zur Herstellung der Grundmauern von Gebäuden verwenden; nur ist hierzu aus nahe liegenden Gründen ein hydraulischer Kalk, bzw. fetter Kalk mit cementirenden Zuschlägen zu benutzen.

128.
Grundmauern.

Hat das Erdreich so viel Zusammenhang, daß die Grabenwände beim Ausheben der Grundgräben lothrecht stehen bleiben, ohne abgesteift werden zu müssen, so ist die Herstellung der Grundmauern sehr einfach, indem die Grabenwände dann selbst die Formen abgeben, in welche die Masse schichtenweise eingefüllt und gestampft wird. Ist dies nicht möglich, so müssen die Grundgräben so breit gemacht werden, daß Formkästen aufgestellt werden können. Dies ist immer nöthig, wenn die Grundmauer in verschieden breiten Abätzen aufgeführt werden soll. Nur beim untersten Absatz sind dann die Formkästen entbehrlich.

Wie der Erd-Stampfbau wird auch der Kalksand-Stampfbau nur dann anderen bekannten Bauweisen für die Herstellung von Gebäuden vorgezogen werden, wenn mit demselben Kostenersparnisse verknüpft sind. Hängt dies einestheils von den Kosten der verschiedenen Baustoffe ab, so wird anderentheils beim Kalksand-Stampfbau eine wesentliche Kostenersparnis nur dann zu erzielen sein, wenn die Bauwerke so ein-

129.
Werthschätzung.

²³⁶⁾ Nach ebendaf., S. 59.

fach geplant werden, dafs für die Herstellung der Formgerüste möglichst wenig Umständlichkeiten sich ergeben, wie dies auch für den Erd-Stampfbau (siehe Art. 122, S. 121) hervorgehoben werden mußte. Vor dem letzteren hat er jedenfalls voraus, dafs er weniger empfindlich gegen die Einwirkungen der Witterung ist und daher nicht so ausgedehnter Schutzmafsregeln wie jener bedarf, dafs auch namentlich die Baustelle nicht so vorsichtig in Bezug auf Trockenheit gewählt zu werden braucht und dafs die Schwierigkeiten für das Aufbringen eines schützenden und dauerhaften Putzüberzuges wegfallen, ja ein solcher häufig entbehrlich ist. Beide Bauweisen haben den Vortheil, dafs unter der Leitung nur eines fachverständigen Mannes (Maurerpalier) gewöhnliche Arbeiter, wenn sie nur gleichmäfsig stampfen, zur Herstellung der Mauern genügen, auch in dieser Beziehung also besonders für ländliche Bauten geeignet sind.

Beim Kalksand-Stampfbau fällt die Gefahr weg, von Mäusen durchwühlt zu werden, welcher die Erd-Stampfbauten oft unterliegen sollen. Jedenfalls liefert der erstere dauerhaftere und festere Gebäude, als der letztere, ist dafür aber auch entsprechend theurer.

Da die Kalksandmasse magerer Luftmörtel ist und dieser eine grofse Luftdurchlässigkeit besitzt²³⁷⁾, also die zufällige Lüftung der Räume begünstigt, da auch die Mauern nicht viel stärker als von Backsteinen gemacht zu werden brauchen, so ist zu schliessen, dafs die Kalksand-Stampfbauten gesunde Wohnungen liefern. Da der Luftmörtel bei Durchfeuchtung aber zum grössten Theile seine Luftdurchlässigkeit verliert und sie nur langsam wieder erhält, so erscheint es auch für die Aussenmauern von Kalksand-Stampfbauten sehr wünschenswerth, sie gegen Wasseraufnahme durch geeignete Mafsregeln zu schützen.

^{130.} Die Einführung der Kalksandmasse zur Herstellung ganzer Gebäude scheint man dem Gutsbesitzer *J. G. Prochnow* zu Bahn in Hinterpommern zuschreiben zu müssen, der 1842 sein Verfahren bekannt machte. Den Anlafs dazu mag die Veröffentlichung des Schweden *Rydin* (1834) gegeben haben, welcher die durch Feuer verwüstete Stadt Borås nach seiner eigenen Bauweise wieder aufbaute. Bei derselben handelte es sich aber um das Aus- und Umgiessen eines aus Ständern und Rahmen gebildeten Holzgerüstes mit einem mageren Mörtel und Zupacken von Steinstücken. Uebrigens ist auch dieses Verfahren²³⁸⁾ nicht neu; denn es giebt alte englische Fachwerkbauten, bei denen die Wandfächer mit Concret, das ja im Grunde von Kalksandmasse sich nicht unterscheidet, ausgefüllt sind²³⁹⁾.

Aus dem Kalksand-Stampfbau hat sich der Bau mit Kalksandziegeln entwickelt (siehe Art. 32, S. 48).

c) Betonbau.

^{131.} Unter Beton, Grobmörtel oder Concret ist im Allgemeinen jede Mischung von Mörtel mit anderen mineralischen Stoffen zu verstehen, die zur Herstellung ganzer Baukörper und nicht nur zur Verbindung von Steinen benutzt wird. Danach ist die in diesem Kapitel (unter b) behandelte Kalksand-Stampfmasse auch ein Beton. Sie wurde aber getrennt betrachtet, wie dies auch noch mit einigen anderen Baustoffen geschehen wird, weil das, was man im Bauwesen schlechtweg mit Beton bezeichnet, stets mit hydraulischen, beim Erhärten nicht oder doch nur wenig schwindenden Mörteln hergestellt wird. (Vergl. hierüber, so wie über die verschiedenen Betonarten und deren Bereitung Theil I, Band 1, erste Hälfte dieses »Handbuches«, Abth. I, Abschn. 3, Kap. 4.)

²³⁷⁾ Siehe: LANG, C. Ueber natürliche Ventilation etc. Stuttgart 1877. S. 82.

²³⁸⁾ Beschreibung desselben in: ENGEL, F. Der Kalk-Sand-Pisébau. 3. Aufl. Berlin 1864. S. 6.

²³⁹⁾ So in Moreton Hall, Cheshire (vergl. *Building news*, Bd. 44, S. 628).

Am meisten kommt hierbei als Bindemittel der Portland-Cement in Betracht.

Die mitunter angewendeten Bezeichnungen »Kies-Beton, Sand-Beton, Schlacken-Beton« sind von der Art der Füllstoffe abgeleitet, eben so wie die Benennung »Cement-Beton« von der Gattung des Bindemittels; dagegen nehmen »Stampf-Beton« und »Gufs-Beton« auf die Herstellungsweise Bezug.

Die Bezeichnung »Gufs-Beton« sollte nur da zur Anwendung gebracht werden, wo ein wirkliches Giefsen in Formen stattfindet, was aber nur mit wenigstens breiartigem Mörtel möglich ist. Für Herstellung von Mauern als monolithen Körpern würde dies aber unzweckmäfsig sein, wie man auch zur Bereitung von Betonsteinen den Stampf-Beton vorzieht. Die häufig nicht am richtigen Platze verwendeten Benennungen »Gufs-Beton«, »Gufsmauerwerk«, »Cement-Gufsmauerwerk« u. f. w. geben daher leicht zu Mißverständnissen Veranlassung.

Das schnelle Bauen, worin einer der Hauptvortheile des Betonbaues bestehen soll, ist nur mit einem rasch erhärtenden Bindemittel möglich, weshalb für Herstellung von Betonwänden vorzugsweise Cement benutzt wird. Besonders eignet sich langsam bindender Portland-Cement; weniger empfehlenswerth ist Roman-Cement²⁴⁰⁾; dagegen sind Zuschläge von Kalkhydrat geeignet, die Festigkeit von magerem Beton zu erhöhen²⁴¹⁾.

Als Füllstoffe dienen Sand, Kies, geschlagene Steine, Steinkohlenschlacken, Hochofenschlacken, Abfälle von Bruchsteinen, Ziegelbruch. Dieselben müssen rein gewaschen zur Verwendung kommen, da hiervon die Gröfse der Adhäsion des Cementes abhängt. Auch eckige Gestalt ist der Vermehrung der Festigkeit günstig.

Den festesten Beton erzielt man mit grob- und scharfkörnigem, von blättrig-schiefrigen Theilchen freiem Grubensand und geschlagenem Kies in allen Gröfsen von 2 bis 3 cm Durchmesser²⁴²⁾ in einer Zusammenetzung, bei welcher die Hohlräume des Sandes durch Bindestoff, die des Kiefes durch Mörtel gefüllt sind. So fatter und fester Beton ist nun zur Bildung von Wänden im Allgemeinen nicht nothwendig, ja sogar gewöhnlich nicht zweckmäfsig. Wenn es auch unvortheilhaft sein würde, den Sand aus der Betonmischung wegzulassen, so kann man doch recht wohl den geschlagenen Kies durch andere Füllstoffe ersetzen, wobei es indess zweckmäfsig bleibt, richtige Mischungsverhältnisse²⁴³⁾ in Anwendung zu bringen. Je dichter der Beton ist, um so mehr Wärmeleitungsfähigkeit wird er besitzen und um so weniger wird er die zufällige Lüftung der Räume fördern; um so weniger wird er also zur Bildung der Wände bewohnter, nicht künstlich gelüfteter Gebäude geeignet sein.

Die Dichtigkeit des Betons hängt nicht blofs von der Art der Mischung, sondern auch von der Beschaffenheit der Füllstoffe ab. Steinkohlenschlacken und Backsteine werden, da sie selbst porig sind, einen luftdurchlässigeren und weniger wärmeleitenden Beton liefern können, als Kies oder manche andere natürliche Steine; sie erscheinen also für den eben erwähnten Zweck recht wohl brauchbar; die Backsteine sollen hierfür aber scharf gebrannt sein, da schwach gebrannte Stücke untauglich sind, was bei der Schwierigkeit, solche in gröfserer Zahl auszufcheiden, die Anwendung von klein geschlagenen Backsteinen mißlich erscheinen läfst. Die geringere Festigkeit solchen Betons macht gröfsere Mauerdicken, die geringere Wasserdichtigkeit geeignete Schutzmafsregeln nöthig. Für die Herstellung von Grund- und Keller-

132.
Beton-
Bereitung.

²⁴⁰⁾ Siehe: Allg. Bauz. 1870, S. 265.

²⁴¹⁾ Siehe: Die Baumaterialien der Schweiz. 4. Aufl. Zürich 1884. S. 157, 177, 180.

²⁴²⁾ Siehe ebendaf., S. 174. — Vergl. jedoch die Untersuchungen über die Zugfestigkeit von Beton in Ymuiden, nach welchen mit geschlagenem Granit, so wie mit Klinkerstückchen Beton von gröfserer Zugfestigkeit, als mit Kies erzielt wurde, in: Wochchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1890, S. 131.

²⁴³⁾ Siehe Theil I, Band 1, erste Hälfte (Art. 102, S. 154) dieses »Handbuches«.

mauern ist jedoch ein Beton mit porigen Füllstoffen wegen des großen Wasseraufnahmungsvermögens der letzteren und ihrer Wasserdurchlässigkeit nicht zu empfehlen.

Das Mischen des Betons kann auf zweierlei Art erfolgen. Entweder werden sämtliche Betonstoffe gleichzeitig unter allmählichem Wasserzuzusatz durchgearbeitet, oder es wird erst ein Mörtel aus dem Bindstoff und dem Sand unter allmählicher Wasserzugabe bereitet, welcher das Ansehen recht feuchter Gartenerde hat, und diesem werden dann die genügend angefeuchteten anderen Füllstoffe zugesetzt, worauf man die ganze Masse so lange durcharbeitet, bis sie ganz gleichmäßig ausieht. Versuche haben ergeben, daß die letztere Bereitungsart festeren Beton liefert²⁴⁴⁾.

Nach den Untersuchungen *Tetmajer's* üben innerhalb gewisser Grenzen die bei der Bereitung zuzusetzenden Wassermengen keine so bedeutenden Einflüsse auf die Festigkeit des Portland-Cement-Betons aus, als man gewöhnlich anzunehmen geneigt ist. Wird der Mörtel ziemlich trocken, feuchter Gartenerde entsprechend, angemacht, so ist eine im Großen nicht durchführbare, sehr starke Stampfarbeit notwendig, bis eine Wasserabfonderung eintritt und die Masse gleichmäßig elastisch wird. Es erscheint daher zweckmäßig, dem Mörtel eher etwas mehr, als zu wenig Wasser zuzusetzen, etwa so viel, daß er das Ansehen stark feuchter Gartenerde hat. Niemals aber darf die Masse eine breiartige Beschaffenheit bekommen, da sie sich dann nicht stampfen läßt und zu lange Zeit zum Erhärten und Trocknen braucht²⁴⁵⁾.

Es darf nie mehr Beton auf einmal zubereitet werden, als sich vor Beginn der Erhärtung in die Formen bringen läßt. Durch reichlicheren Wasserzuzusatz und ununterbrochenes Mischen läßt sich bei rasch bindenden Cementen der Erhärtungsbeginn hinauschieben. In der Erhärtung begriffener hydraulischer Mörtel kann durch Wasserzuzusatz und erneutes Durcharbeiten nicht aufgefrischt werden²⁴⁶⁾.

133.
Herstellungswiese
der Wände.

Betonwände werden entweder in monolithen Massen hergestellt oder aus Steinen von Beton, die wie regelmäßig geformte natürliche Steine vermauert werden. Die zur Herstellung der ersteren erforderlichen Formen bleiben entweder mit denselben verbunden und bilden eine dauernde Verkleidung der Betonmasse, oder sie werden nach der Fertigstellung entfernt. Der Beton wird hierbei auf zweierlei Art benutzt. Er wird entweder fertig gemischt in die Formen gebracht — es ist dies der eigentliche Beton; oder es wird in denselben lagenweise ein Cement-Mörtel ausgebreitet und in diesen werden dann Steine, Schlacken oder andere geeignete Stoffe eingedrückt (die Packung oder Füllung) — es ist dies verwandt mit der römischen Ausführungsweise von Mauerkernen, welche eine Verkleidung aus regelmäßigen Steinen haben (vergl. Art. 7, S. 10 u. Art. 62, S. 79). Auf die erstere Art kann jedenfalls eine viel gleichmäßigere und festere Masse erzielt werden, da die Mischung des Betons sowohl, als auch die Ausführung der Mauern leichter zu beaufsichtigen ist und der Beton in Lagen von etwa 10 cm bis höchstens 30 cm²⁴⁷⁾ in die Formen gestampft wird, während bei der zweiten Art die Formkästen in ihrer ganzen Höhe von 45 bis 65 cm mit Mörtel und Packung gefüllt werden und dann erst leichtes Rammen stattfindet. Man kann in dieser Weise allerdings rascher und billiger bauen; aber die Güte der Arbeit, welche sorgfältiges Eindrücken der Packung voraussetzt, ist

244) Siehe: Die Baumaterialien der Schweiz. 4. Aufl. Zürich 1884. S. 174.

245) Siehe ebendaf., S. 176.

246) Ueber die Bereitung und die Mischungsverhältnisse des Betons vergl. auch: DYCKERHOFF, E. Ueber Betonbauten. Deutsche Bauz. 1888, S. 242.

247) *Dyckerhoff* verwendet 18 bis 20 cm hohe Lagen.

hierbei ganz besonders von der Zuverlässigkeit und Erfahrung der Arbeiter abhängig. Eine gleichförmige Masse ist aber schon deshalb nicht erzielbar, weil der Arbeiter die Packung mehr im Inneren der Mauern zusammendrängen muß, um ebene Außenflächen zu erhalten. Der geringeren Kosten wegen wird jedoch diese Art der Ausführung bevorzugt.

Anzuführen wäre hier noch, daß bei der ersten Art, dem eigentlichen Beton, ein zu starkes Stampfen in so fern mit Nachtheilen verknüpft sein kann, als die unteren, im Erhärten begriffenen Schichten durch die mit demselben verbundenen Erschütterungen in diesem Vorgange gestört werden; besonders wird dies zu berücksichtigen sein, wenn der Beton in dünnen Schichten eingebracht wird.

Nach unten genannter Quelle²⁴⁸⁾ ist bei der ersten Herstellungsweise das gewöhnliche Mischungsverhältniß der verschiedenen Bestandtheile etwa 1 Theil Cement, $1\frac{1}{2}$ Theile Sand und $7\frac{1}{2}$ Theile Steine, also 1 Theil Cement zu 9 Theilen Beimengungen, dagegen bei der zweiten, der Mörtelersparniß wegen, in einzelnen Fällen das Verhältniß des Cementes zu den übrigen Bestandtheilen wie 1 : 16 bis 1 : 17 angenommen worden. *Liebold*²⁴⁹⁾ benutzte zu feinen früheren, als bewährt anerkannten Ausführungen ein Mischungsverhältniß von 1 Raumtheil Cement zu 3 Raumtheilen Sand und 6 Raumtheilen Bruchsteinstücken von Hühnereigröße, welche als Packung dienten und nur eine Mörtelersparniß bezweckten, während das Verhältniß zwischen Cement und Sand so bemessen war, daß sich ein guter, schnell erhärtender Mörtel ergab. Bei feinen neueren Bauten benutzt *Liebold* jedoch viel magerere Mischungen, wohl mit Rücksicht auf den zur Verwendung kommenden, feinst gemahlten Cement. So wurden die Mauern eines Böttcherei-Gebäudes und eines Lagerhauses der Vorwohler Portland-Cement-Fabrik von *Prüßing, Plank & Co.*²⁵⁰⁾ aus einer Mischung von 1 Cement, 2 Sand und 8 Schlacken hergestellt, welchem Mörtel auf 1 cbm Mauerwerk noch 0,60 cbm Kalkbruchsteine als Packung einverleibt wurden, was einem Steinzufatz von $7\frac{1}{2}$ Theilen entspricht, so daß auf 1 Theil Cement hier $17\frac{1}{2}$ Theile andere Stoffe kommen²⁵¹⁾.

134-
Mischungs-
verhältnisse.

Bei einem russischen Betonbau²⁵²⁾ wurde für das Grundmauerwerk eine Mischung von 1 Theil Cement auf 7 Theile kiesigen Sand, 10 Theile groben Kies und 12 Theile feinen Kies verwendet, also ein Verhältniß von 1 Theil Cement auf 30 Theile Zuschlag. Beim Stockmauerwerk kam dann das Verhältniß 1 : 15 zur Anwendung.

*Dyckerhoff*²⁵³⁾ benutzt folgende Mischungsverhältnisse: 1) für die Fundamente, Widerlager und Sohlen von Wasser- etc. Behältern 1 Theil Portland-Cement, 6 bis 8 Theile Kiessand und 6 bis 8 Theile Kiessteine, oder 8 bis 10 Theile harter Stein- schlag; 2) für Wände, Pfeiler, Gewölbe und sonstige Tragkörper 1 Theil Portland-Cement, 5 bis 6 Theile Kiessand und 5 bis 6 Theile Kiessteine, oder 7 bis 8 Theile harter Stein- schlag. Unter Kiessand ist dabei ein Material verstanden, welches etwa zur Hälfte aus Sand bis 5 mm Korngröße, zur Hälfte aus Kiessteinen zusammengesetzt ist. Die Kiessteine sollen zwischen Haselnuß- und Hühnereigröße haben, der Stein- schlag in feinen größten Abmessungen nicht größer als 4 bis 6 cm fein.

Je weniger Cement im Verhältniß zu den übrigen Bestandtheilen im Beton

248) Zeitschr. f. Baukde. 1881, S. 522.

249) LIEBOLD, B. Der Zement in seiner Verwendung im Hochbau etc. Halle a. S. 1875. S. 77.

250) Siehe: Baugwksztg. 1880, S. 94 u. ff.

251) Auf 1 cbm Mauerwerk sind 1,4 cbm Gemengtheile außer dem Cement gerechnet.

252) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 181.

253) Nach der in Fußnote 246 (S. 130) angegebenen Quelle.

enthalten ist, um so weniger fest und um so poriger wird derselbe werden, was bei der Bemessung der Wandfärken in Betracht kommt.

Dafs die Anforderungen an das Mischungsverhältnifs in dieser Beziehung hohe sein können, beweist der Beschluß des Oberbauamtes von London, wo die Ausführung von Betonwänden in Gebäuden bisher nicht geduldet wurde (in England, wo der Beton auch zu Hochbauten an anderen Orten so viel Anwendung fand!), beim Ministerium des Inneren eine Ergänzung der Bauordnung bezüglich der Betonwände zu beantragen ²⁵⁴). Nach dieser soll der Beton aus Portland-Cement, reinem Sande und reinem Kies oder zerkleinerten Steinen, die durch einen 5 cm weiten Ring fallen, im Verhältnifs von 1 Theil Cement, 2 Theilen Sand und 3 Theilen Steinmaterial bestehen.

Ueber die richtigen Mischungsverhältniffe des Betons ist das in Theil I, Band 1, erste Hälfte (Art. 102, S. 154 u. Art. 105, S. 155) dieses »Handbuches« Mitgetheilte nachzusehen.

135.
Betonwände
ohne
Verkleidung.

Für die in Beton aufzuführenden Grundmauern eines Gebäudes werden die Gräben in einer der Mauerdicke entsprechenden Breite ausgehoben und Verschalungen nur dann angewendet, wenn dies die Bodenbeschaffenheit erforderlich macht. Die Grabenwände dienen als Formen für die in üblicher Weise herzustellenden Betonmauern. Nach der Fertigstellung dieser werden erst die Kellerräume ausgegraben.

Zum Zweck der ohne eine bleibende Verkleidung aufzuführenden Stockwerkwände stellt man nun für alle gleichzeitig die nachher näher zu beschreibenden Formengerüste auf, welche im Allgemeinen aus Leitständern und an ihnen befestigten Formtafeln von 45 bis 65 cm Höhe bestehen. In die so gebildeten Formen wird der Beton auf eine der beschriebenen Weisen eingebracht und so eine rings zusammenhängende Schicht von der angegebenen Höhe erzielt, so weit sie nicht durch die im Plane vorgegebenen Oeffnungen unterbrochen wird. Die Formtafeln werden nun gehoben und von Neuem an den Leitständern befestigt und so weiter fortgefahren, bis entweder die Höhe des Stockwerkes oder der Leitständer erreicht ist, worauf, wenn erforderlich, die Höheraufstellung der letzteren stattfindet. Man richtet sich gern so ein, dafs in ein oder zwei Arbeitstagen eine solche Schicht von Formtafelhöhe fertig gestellt wird. Nach dem Umfange derselben lassen sich dann die erforderlichen Arbeitskräfte und die für einen Tag nöthigen Materialmengen berechnen ²⁵⁵).

Während dieser Zeit ist der Beton genügend erhärtet, um die Last einer folgenden Schicht aufzunehmen. Vor dem Beginne dieser ist aber die Oberfläche aufzukratzen oder aufzuhacken und mit Wasser abzuspülen, damit eine Verbindung eintreten kann und keine offenen Fugen bleiben. Um dies wirklich zu erreichen, erscheint es zweckmäfsig, eine Lage Cement-Mörtel aufzutragen.

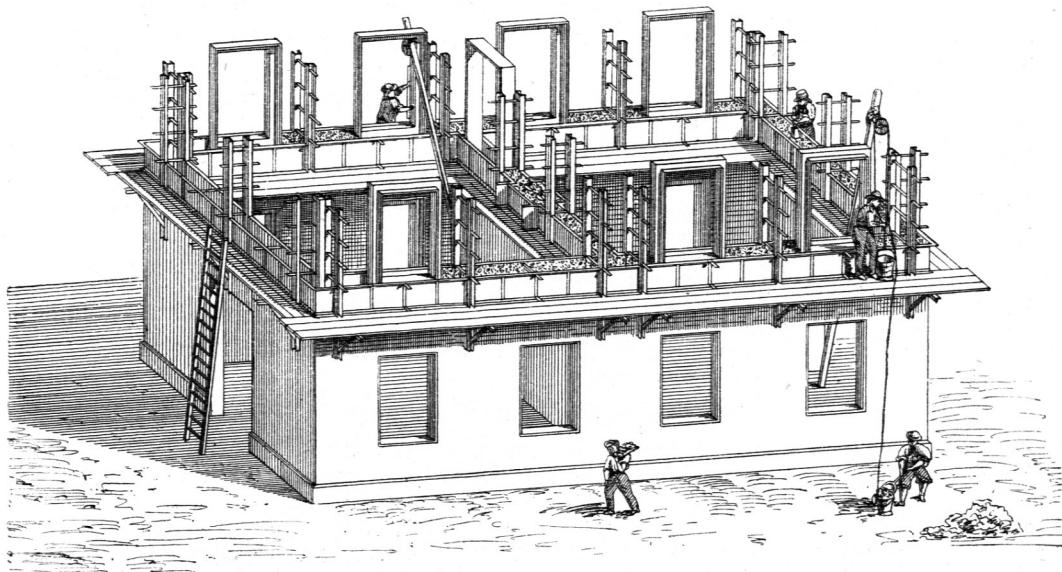
Ebene und lothrechte Mauern sind nur zu erzielen, wenn auf die Aufftellung der Formen die grösste Sorgfalt verwendet wird; namentlich gilt dies für die erstmalige Aufftellung, da Fehler hierbei in der ganzen Gebäudehöhe sich fortsetzen und mit zunehmender Höhe immer mehr zur Geltung gelangen.

Für Oeffnungen in den Mauern werden entweder besondere, später wieder zu beseitigende Brettformen aufgestellt, welche mit den Formkasten verbunden werden und gegen welche der Beton angestampft wird; oder es werden die Umfassungen derselben aus Ziegeln $\frac{1}{2}$ oder 1 Stein stark aufgemauert, bezw. gewölbt, oder sie werden aus Betonquadern hergestellt. Zu diesen, so wie zu den Stürzen im ersten Falle wird eine fettere Kies-Betonmischung (1:3) verwendet. Die Thür- und Fenster-nischen werden häufig mit Ueberlagshölzern (Deckhölzern) überdeckt, um Vorhänge,

²⁵⁴) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 96.

²⁵⁵) Siehe: Baugwksztg. 1880, S. 96; 1872, S. 263.

Rouleaus und dergl. bequem befestigen zu können. Da der Beton rasch so fest wird, daß er nur mit dem Meißel bearbeitet werden kann, so stampft man bei der Ausführung der Mauern wohl auch Holzdübel zur Befestigung von Thür- und Fensterfuttern, so wie von Vertäfelungen ein. Aus dem gleichen Grunde müssen für die Balkenköpfe der Gebälke Löcher in den Wänden ausgespart werden, eben so Nuthen für weit ausladende Gefimse, welche einer Vormauerung aus Backsteinen bedürfen. Die Nuthen erhält man durch Einlegen von wieder zu beseitigenden Holzstücken. Schwach ausladende Gefimse zieht man aus Cement-Mörtel.

Fig. 148²⁵⁶).

Ein im Bau begriffenes Betonhaus zeigt Fig. 148²⁵⁶).

Schornsteinrohre kann man leicht durch Einfetzen von Blechcylindern aussparen. Diese sind gewöhnlich gespalten und können durch Bewegung eines Doppelhebels verengert werden, um sie leicht aus der Mauermaße herausziehen und höher aufstellen zu können. Zu demselben Zwecke können diese Cylinder auch nach *Drake's* Erfindung aus zwei keilförmigen Stücken zusammengesetzt werden.

Aufsteigende Hohlräume können auch mit Hilfe von Holzformen ausgespart werden. Eine Anwendung von solchen in großer Ausdehnung ist in unten stehender Quelle angegeben²⁵⁷).

Ein äußerer Putz der Umfassungsmauern mit Portland-Cement-Mörtel erscheint mit Rücksicht auf das Durchschlagen der Feuchtigkeit bei der gewöhnlich geringen Mauerdicke und der Porigkeit des mageren Betons zweckmäßig; dagegen werden die inneren Wandflächen, wenn sie tapeziert werden sollen, häufig nicht geputzt.

Zur Ausführung der Betonwände kann man sich derselben Formengerüste bedienen, wie sie beim Erd- und Kalksand-Stampfbau Anwendung finden und in Art. 120 (S. 117) u. 127 (S. 125) beschrieben worden sind.

136.
Formengerüste.

²⁵⁶) Die Unterlage zu Fig. 148 ist der Güte des Herrn Architekten *B. Liebold* zu verdanken.

²⁵⁷) Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 181.

So ist man auch früher verfahren, und ähnliche Einrichtungen benutzt man wohl auch noch in manchen Gegenden, so z. B. in Nordamerika²⁵⁸⁾. Das geringe Schwinden und das rasche Erhärten des Cement-Betons gestatten jedoch ein schnelleres Bauen, als dies mit Erde und Kalksandmasse möglich ist, so daß die Anwendung von Formengerüsten, die diesen Eigenschaften Rechnung tragen, erwünscht sein muß. Es sind solche auch in großer Zahl in England erfunden und patentiert worden²⁵⁹⁾, entsprechend der ziemlich ausgedehnten Anwendung, die dort der Betonbau gefunden hat. Von denselben sollen sich jedoch nur wenige bewährt haben. In Deutschland scheinen namentlich die Einrichtungen von *Drake* und von *Tall* benutzt zu werden.

Man kann die Formengerüste in eiserne und hölzerne unterscheiden. Die ersteren haben sich jedoch als widerstandsfähiger erwiesen und erfordern weniger Ausbesserungen²⁶⁰⁾.

Beide Arten bestehen, wie oben schon angedeutet wurde, aus lothrecht aufzustellenden Leitständern, an denen die als Tafeln gebildeten Wandungen der Formkasten befestigt und höher gerückt werden. Die Leitständer können in der Längsrichtung der Mauern und seitwärts verstrebt werden, um ihren Stand zu sichern, wenn dies für notwendig gehalten wird. Sie werden eben so, wie die Formtafeln, durch geeignete Querstücke verbunden, die zugleich zur Feststellung der Mauerdicke dienen. Diese Querstücke sind in der Regel entweder durchlochte Flachschienen oder Bolzen, die durch Rohre gesteckt sind. Letztere haben als Länge die Mauerdicke. Alle Verbindungen müssen leicht lösbar sein.

Da alle Mauern gleichzeitig eingerüstet werden, so ergibt sich daraus ein höherer Kostenaufwand für die Formengerüste, als bei denen für Erd- und Kalksand-Stampfbauten, der überdies schon in der größeren Constructionshöhe begründet ist und sich noch vermehrt, wenn Eisen für dieselben gewählt wird.

Die Leitständer werden 3 bis 4 m hoch gemacht, zweckmäßiger Weise aber etwa 10 cm höher als das höchste Stockwerk des betreffenden Hauses (Rummelsburg). An denselben werden mitunter eiserne Consoles zur Unterstützung von Gerüstböden für die Arbeiter befestigt.

Die eisernen Leitständer kommen in verschiedenen Querschnittsformen in Anwendung: , welche die Verschiedenheit der Querverbindungen und der Verbindungen mit den Formtafeln u. a. mit bedingen. Die letzteren werden entweder durch Schraubenbolzen oder Durchsteckbolzen oder Haken oder Klammern etc. hergestellt. Die Tafeln des Formengerüstes von *Henley*²⁶¹⁾ sind zu diesem Zwecke seitlich oben und unten mit Zapfen versehen, um welche sie zur Bildung des Formkastens einer neuen Schicht gedreht werden können, während sie bei den anderen Einrichtungen emporgehoben werden müssen. Zum Zwecke der Höheraufstellung der Leitständer läßt man in der Regel die obersten Querverbindungsstücke in der Mauer stecken und befestigt an ihnen die Ständer mit ihren unteren Enden.

Verschiedenheiten der Formgerüste sind auch bezüglich der Bildung der Ecken

²⁵⁸⁾ Siehe: *Scient. American*, Bd. 54, S. 329. — Ueber einen russischen Betonbau siehe: *Centralbl. d. Bauverw.* 1888, S. 181.

²⁵⁹⁾ Einige englische Patente seien hier verzeichnet: *Ch. Drake*, 1868, Nr. 1364; *J. Tall*, 1868, Nr. 2612; *Osborn*, 1869, Nr. 1003; *Ch. Drake*, 1870, Nr. 9; *W. Murphy*, 1873, Nr. 1941; *J. M. Tall*, 1873, Nr. 2733; *Ch. W. Corpe*, 1874, Nr. 141; *T. Broughton*, 1874, Nr. 819; *T. Potter*, 1874, Nr. 3945; *M. Macleod*, 1874, Nr. 3994.

²⁶⁰⁾ Nach einer Mittheilung des Herrn *B. Liebold* an den Verfasser.

²⁶¹⁾ Siehe: *REID, H. A practical treatise on natural and artificial concrete.* London 1879. S. 320.

vorhanden. Mitunter werden an den äußeren Ecken Leitfänder aufgestellt und mit denen am inneren Winkel diagonal verbunden. Gewöhnlich stellt man aber solche nur mehr oder weniger nahe dem inneren Winkel auf, denen an den Außenseiten andere gegenüber stehen, und benutzt besondere Eckformen. Besondere Vorkehrungen sind auch erforderlich, wenn an den Mauern Vorsprünge angeordnet sind.

Einige der bekannteren Einrichtungen sollen in Nachfolgendem besprochen werden.

Fig. 149.

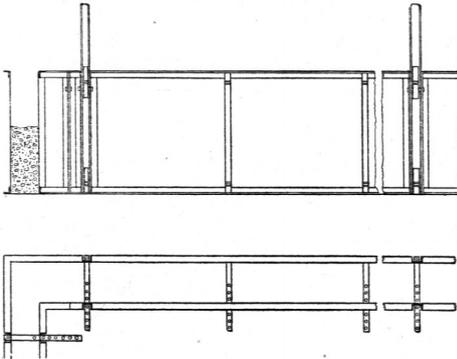
 $\frac{1}{40}$ n. Gr.

Fig. 150.

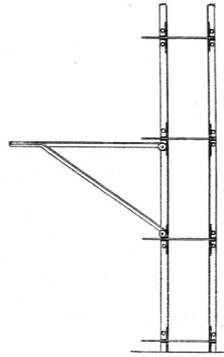


Fig. 151.

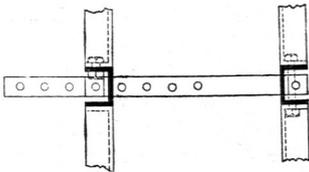


Fig. 152.

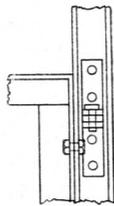


Fig. 153.

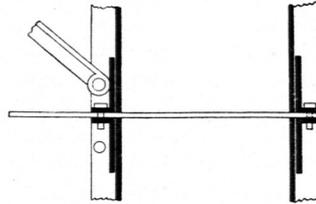
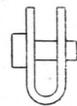


Fig. 154.

 $\frac{1}{10}$ n. Gr.

Das eiserne Formengerüste von *Charles Drake*²⁶²⁾ hat Leitfänder von Γ -förmigem Querschnitt und von ungefähr 3 m Länge. Die Formtafeln sind aus Blech mit einem Rahmen von Winkeleisen hergestellt; sie sind 0,66 m hoch und 2,4 bis 3,0 m lang (Fig. 149 u. 150). Sie sind zwei- bis dreimal auf ihre Länge mit den gegenüber stehenden durch Flachschienen verbunden, eben so wie die Leitfänder, auf deren Höhe 5 bis 6 solcher kommen. Um für verschiedene Mauerdicken benutzt werden zu können, haben die Flachschienen eine Anzahl von Löchern, durch welche zum Zweck der Befestigung Bolzen gesteckt werden. Die Art der Verbindung zeigt Fig. 151 bis 153. Die Verbindung der Formtafeln mit den Leitfändern erfolgt durch Schraubenbolzen (Fig. 151 u. 152) oder durch Klammern und Bolzen (Fig. 154).

Für verschiedene Mauerstärken sind verschieden große Eckformen oder schmale Tafeln von entsprechender Breite zum Einschalten (Fig. 149) erforderlich. *Drake* verwendet zum Anpassen an verschiedenartige Mauerlängen auch Tafeln mit einer beweglichen Platte, deren wagrechte Winkeleisen sich über denen des festen Theiles verschieben lassen.

Die Formtafeln sind an der Wandseite glasiert oder emaillirt; doch hält *Drake* einen guten Oelfarbenanstrich für ausreichend.

Zur Ausführung der von der Berliner Cementbau-Actien-Gesellschaft in Rummelsburg bei Berlin hergestellten Häuser wurde das in Fig. 155 mitgetheilte Formengerüste benutzt²⁶³⁾. Die Leitfänder von

²⁶²⁾ Letters Patent to Charles Drake, 1868, Nr. 1364.

²⁶³⁾ Nach: Baugwksztg. 1872, S. 262.

Fig. 155.

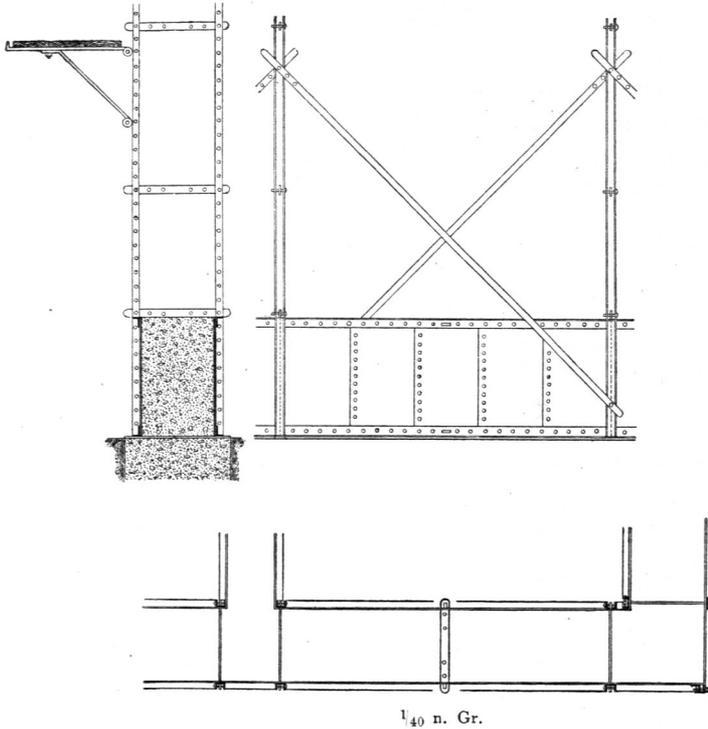
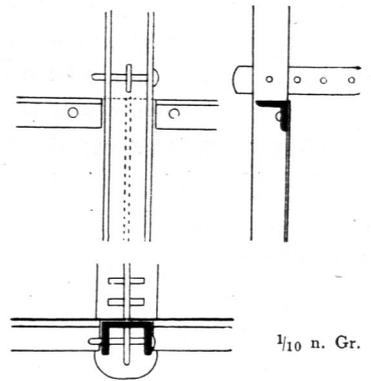


Fig. 156.



□-Querschnitt (5 cm breit, mit 3,5 cm breiten Flanschen und im Eisen 7 mm dick) werden auf Querschienen (6 cm breit und 1 cm stark) einander gegenüber aufgestellt (Fig. 156), wobei die ersteren mit Zapfen in Schlitz der letzteren eingreifen. Diese Schlitz sind, um die Formkasten für verschiedene Wand-

stärken einrichten zu können, in Abständen von 2 cm angebracht. Zur Querverbindung der Leitfländer dienen, ähnlich wie bei dem *Drake'schen* Gerüste, Flachschieben, die hier aber hochkantig gelegt sind und, wie die Grundschienen, in Abständen von 2 cm durchlocht sind. Diesen Löchern entsprechen andere in den Flanschen der Leitfländer, so daß die Befestigung durch einen durchgesteckten Bolzen erfolgen kann. Durch gleiche Querschienen, aber flach liegend, werden die Formtafeln unten und oben mit einander verbunden. Die Formtafeln sind 0,65 m hoch, aus 2 mm starken Blechplatten zusammengenetet und an den wagrechten Rändern durch Winkeleisen von 2,5 cm Breite versteift. Die Bleche greifen bis auf die Mitte der Breite der Leitfländer über, so daß sie allein die Wandung der Formkasten bilden. Die Leitfländer werden im Allgemeinen in Entfernungen von 1,75 m aufgestellt; doch kommen auch solche zu beiden Seiten des inneren Winkels und neben den Scheidewandanschlüssen zu stehen (siehe den Grundriß in Fig. 155). Sie werden durch Schienen mit einander in Richtung der Mauerflucht verkreuzt und nach den Seiten hin verstrebt. Auch können Träger für 80 cm breite Gerüstböden, wie beim *Drake'schen* Gerüst, angebracht werden. Diese leichte Construction soll genügen, weil die Böden nicht zur Lagerung von Materialien dienen, sondern dieselben nur die Arbeiter zu tragen haben.

Die ganze Einrichtung erscheint zweckmäßig und besitzt vor der *Drake'schen* einige Vorzüge; doch ist nicht klar, wie die Formtafeln in gehobener Lage an den Leitfländern befestigt, bezw. wo dieselben getragen werden.

Wahrscheinlich werden zu diesem Zwecke an den lothrechten Rändern der Formtafeln Winkeleisen unentbehrlich sein, welche mit den Flanschen der Leitfländer verschraubt oder in einer anderen Weise verbunden werden. Es dürften dann aber die gewiß die Arbeit störenden Längsverkreuzungen entbehrt werden können.

*Liebold*²⁶⁴) gibt die in Fig. 157 u. 158 dargestellte

²⁶⁴) In: LIEBOLD, B. Der Zement etc. Halle a. S. 1875. S. 63.

Fig. 157.

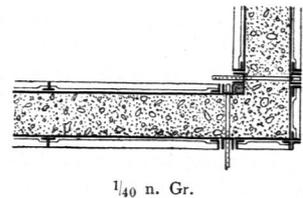


Fig. 158.

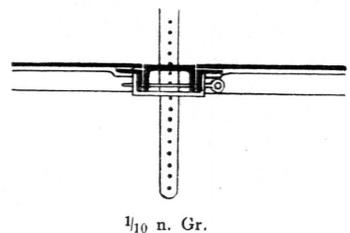
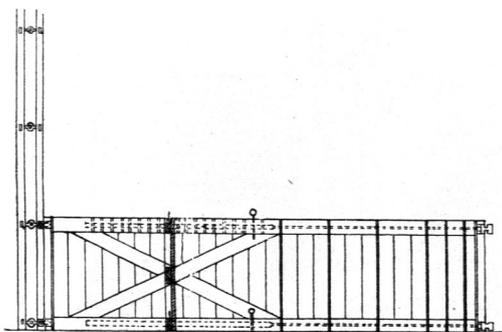
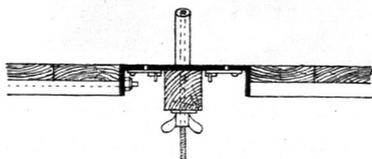
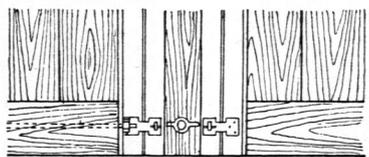


Fig. 159.



ca. 1/40 n. Gr.

Fig. 160.



Verbindungsweise zu dem eben erwähnten Zwecke an. Zur Erzielung größerer Steifigkeit wird mit den an den Winkeln der Mauerecke zusammen-tretenden beiden Leitfländern ein Holz von 5 cm Stärke verbolzt. Zu demselben Zwecke sind die bis zu 3 m langen Formtafeln in Abständen von etwa 1 m mit **I**- oder **L**-Eisen vernietet.

*Liebold*²⁶⁵⁾ theilt auch die in Fig. 159 u. 160 dargestellte Construction eines hölzernen Formengerüstes mit. Bei demselben bestehen die Leitfländer aus 10 cm breiten Flacheisen, auf welche 5 cm starke Holzstücke aufgeschraubt sind. Dieselben sind durch die Querverbindungen in vier Abtheilungen von je 50 cm Höhe, den Formtafeln entsprechend, zerlegt. Die Formtafeln werden aus Stücken von 1 m Länge und solchen von 25 cm, 10 cm und 5 cm Länge zusammengesetzt, so daß man dieselben, dem Bedürfnis entsprechend, bequem kürzer oder länger machen kann. Zu diesem Zwecke sind sie auf Rundeisenstäben aufgereiht, welche in den am oberen und unteren Rande der Bretter angenagelten Bohlen liegen und sich in die 1 m langen Tafeln nach Bedarf hineinschieben lassen. An dem einen Ende wird der Stab durch einen Stift fest gemacht, am anderen mit einer Schraubenmutter angezogen. An den Enden der Formtafeln sind lothrechte Winkeleisen angebracht, welche Lafchen tragen, durch die sie an den Leitfländern befestigt werden.

Bei *Rittel's* patentirtem Formengerüste²⁶⁶⁾

sind die 45 cm hohen Formkasten aus Tafeln von 1 m Länge zusammengesetzt, welche aus leichtem Holzrahmenwerk bestehen, dessen Wand durch Eisenblech geschlossen ist. Diese Formtafeln werden mit über Rollen geführten Leinen an den an den Enden aufgestellten Leitfländern aufgezogen, sind an diesen aber nicht befestigt. Die letzteren sind 5,5 bis 7,5 m hoch und haben drei durch Scharnier mit ihnen verbundene Beine, durch welche sie fest gestellt werden. Diese Formengerüste scheinen sich nur für einfache, eintöckige Gebäude zu eignen.

Die besprochenen Formengerüste sind mit Rücksicht auf eine öftere Anwendung derselben gestaltet; sie setzen auch eine verhältnismäßig einfache Bildung der Gebäude voraus. Bei Bauwerken von verwickelterer Grundform und in außergewöhnlichen Fällen wird man daher sich Formen herstellen müssen, die den besonderen Verhältnissen angepaßt sind, und wird mit Rücksicht auf die nur einmalige Verwendung für dieselben das Holz wählen. Beschreibung und Abbildung einer derartigen Ausführung finden sich in der unten angegebenen Quelle²⁶⁷⁾.

Die dauernde und zugleich den Ersatz für ein Formengerüste bildende Verkleidung einer Betonmauer kann aus den verschiedenen natürlichen und künstlichen Steinmaterialien hergestellt werden. Ueber die Verkleidung mit Quadern ist schon in Art. 7 (S. 10), über die mit regelmässigen kleinen Steinen in Art. 62 (S. 79) gesprochen worden, und zwar besonders über die von den Römern angewendeten Ausführungsweisen. Zwar ist bei diesen der Mauerkern als Bruchsteinmauerwerk aus kleinen Stücken zu bezeichnen; doch ist dasselbe so verwandt mit unserem Beton mit Packung, daß für diesen dieselben Regeln, wie für jenes gelten müssen. Ein

137.
Betonwände
mit
Verkleidung.

²⁶⁵⁾ A. a. O., S. 65.

²⁶⁶⁾ Näheres in: Deutsche Bauz. 1879, S. 345 — und: Zeitschr. f. Bauhdw. 1880, S. 76.

²⁶⁷⁾ GROSCH, G. Ueber die Verwendung von in Holzmodellen geformtem Cementbeton zu Turbinenwasserbauten u. f. w. Civiling. 1885, S. 65.

Rammen des Betons ist daher nur bei Verkleidungen aus schweren Quadern ausführbar, in allen anderen Fällen aber zu unterlassen; im Uebrigen müssen die Grundsätze zur Anwendung gelangen, die für Mauern aus gemischtem Mauerwerk (siehe den vorhergehenden Band dieses »Handbuches«, Art. 81 bis 85, S. 65 bis 70) aufgestellt wurden. Als Verkleidungs-Material kommen für den Hochbau namentlich Backsteine und andere geeignete künstliche Steine in Betracht²⁶⁸); doch verdienen einige für diesen Zweck gemachte Erfindungen der Erwähnung.

Von der *Broomhall Tile & Brick Co.* werden winkelförmige, langkantige Steine hergestellt, deren Anwendung Fig. 161 zeigt. Der eine Schenkel bildet die Wandverkleidung, so dass diese das Ansehen einer im Läuferverband aufgeführten Backsteinmauer liefert; der andere Schenkel wird durch den Beton fest gehalten. Gefimse und andere Ziertheile werden aus Formstücken eingefügt²⁶⁹).

F. & J. P. Weß verwenden zur Verkleidung der Mauern Betonplatten von rechteckiger oder polygoner Form mit einer Vertiefung auf der Innenseite (Fig. 162). Dieselben haben in den Lagerflächen Höhlungen und ringsum Nuthen, die mit einem schnell bindenden Cement ausgegossen werden²⁷⁰). Die rechteckigen Platten sind ungefähr 45 cm lang, 30 cm hoch und 37 mm dick. Kleinere Gefimse werden mit den Platten hergestellt; grössere werden aus besonderen Stücken gebildet. Die Platten können an ihrer Ausenfläche beliebig verziert werden.

Fig. 161.

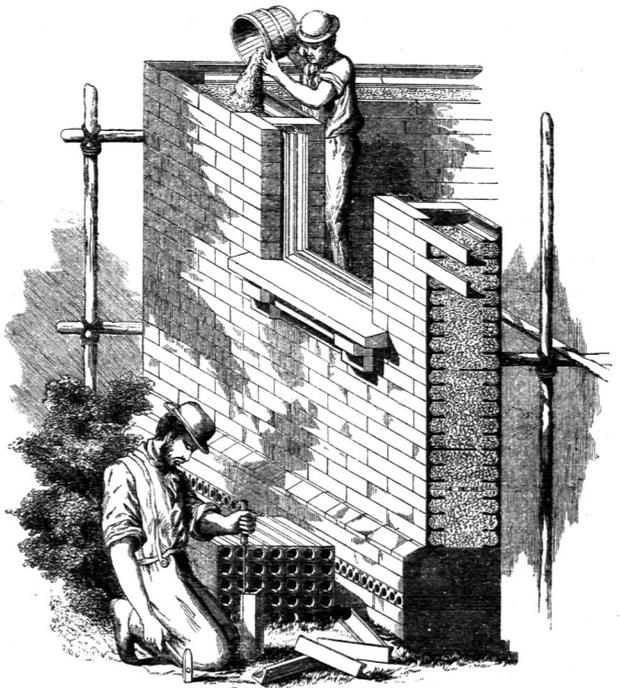
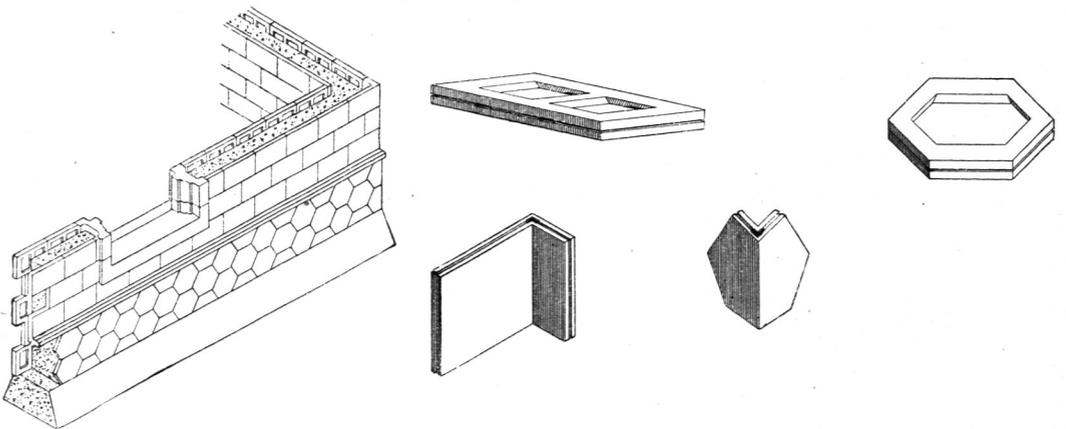


Fig. 162.



²⁶⁸) Ueber Verblendungen der Betonmauern, allerdings nur von Futtermauern, Schleifenmauern u. dergl., siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 433, 453.

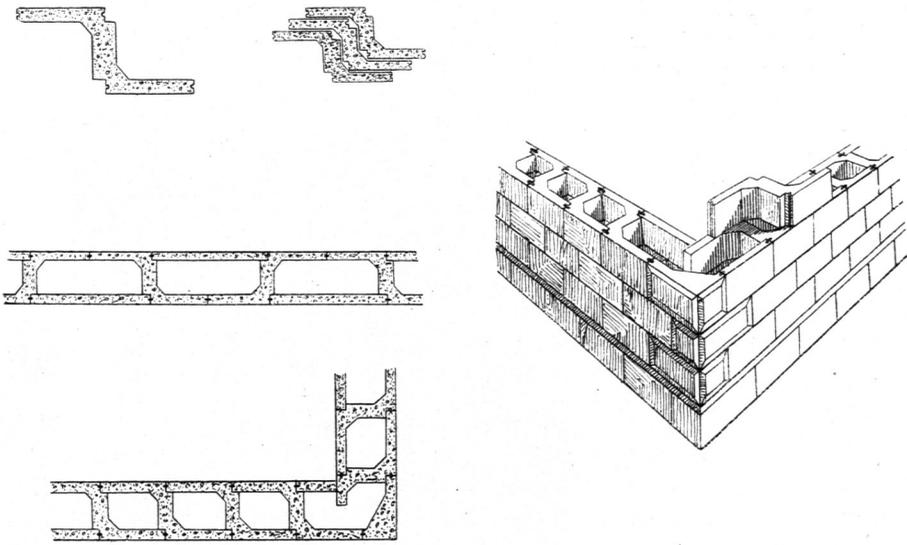
²⁶⁹) Siehe: *Builder*, Bd. 26, S. 658 — und: Deutsche Bauz. 1871, S. 322.

²⁷⁰) Siehe ebendaf., Bd. 48, S. 826, 884.

Die Betonsteine und Betonquader gehören zu den Kunststeinen, welche schon kurz in Art. 33 (S. 48) und in Theil I, Band 1, erste Hälfte dieses »Handbuches« behandelt wurden. Sie werden entweder hergestellt, indem man die fertig bereitete Betonmasse in Formen stampft, oder nach Art des Betons mit Packung, oder als kunstgerechte Mauerwerksblöcke mit viel Mörtelzusatz. Auf die erste Weise wird man die innerlich gleichförmigsten und festesten Betonsteine erzielen können. Es haben sich dieselben auch zumeist bewährt; doch erscheint es auch bei ihnen zweckmäßiger, zu ihrer Herstellung den mit langsam bindendem Portland-Cement bereiteten Beton ziemlich trocken in die Formen zu stampfen und fettere Mischungen für die Außenflächen zu vermeiden. Ueberzüge von fettem Cement-Mörtel oder reinem Cement geben zu Schwindungsrisfen Veranlassung. Glatte Flächen kann man auch

138.
Wände
aus
Betonsteinen

Fig. 163.



ca. 1/30 n. Gr.

durch Verwendung von feinem Sand erzielen. Aus flüßigem Cement-Mörtel oder Beton gegoffene Steine werden so porig, daß sie keine Witterungsbeständigkeit in ausgesetzten Lagen erwarten lassen. Vor der Verwendung sollten die Betonsteine vollständig abgebunden haben²⁷¹⁾.

Das Vermauern der in Quader- oder Backsteinform hergestellten Betonsteine bedarf keiner besonderen Erörterung. Dagegen mag eine besondere Form von Betonsteinen hier Erwähnung finden.

Es sind dies die von *J. J. Lish* erfundenen Z-förmigen Betonsteine²⁷²⁾, welche sich gut zur Herstellung hohler Mauern eignen (Fig. 163). Der Verband in solchen Mauern ist ein guter; auch lassen sich die Steine für den Transport leicht in einander packen, wenngleich sich dabei viel Bruch ergeben dürfte. Durch Einschaltung von

²⁷¹⁾ Eine lehrreiche Erörterung über die Ausführung von Turmhelmen in Cement-Beton findet sich in: Deutsche Bauz. 1884, S. 351, 362, 384, 399, 419, 508, 627; 1886, S. 84, 524, 547. — Ueber Ausführungen in Betonsteinen vergl. auch: Zeitschr. f. Baukde. 1881, S. 522.

²⁷²⁾ Siehe: *Building news*, Bd. 37, S. 411.

gewöhnlichen Betonplatten, welche die doppelte Länge der Flügel der Z-förmigen Steine haben, können Mauern mit größeren Hohlräumen erzielt werden. Volle Mauern sind selbstverständlich leicht durch Ausfüllung der Hohlräume mit Beton herzustellen.

^{139.}
Formale
Behandlung.

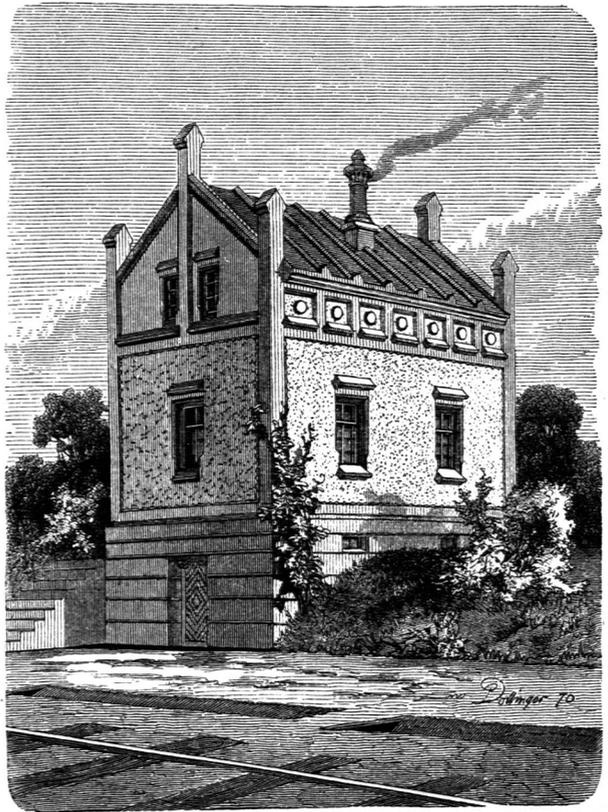
Die formale Ausbildung der Betonwände bietet keine besonderen Schwierigkeiten, wenn dieselben mit einer Verkleidung oder aus Betonsteinen hergestellt werden; sie wird sich an die der Wände aus natürlichen oder künstlichen Steinen anschließen; dagegen ist sie eine beschränktere, wenn die Wände ganz aus Beton aufgestampft werden. Sie wird in diesem Falle erleichtert, wenn die Wände einen Putzüberzug erhalten und sich dann innerhalb der Grenzen bewegen müssen, welche für den Putzbau gelten (vergl. Art. 108, S. 108). Für etwas reicher auszustattende Gebäude wird man hierbei in der Regel Gesimse und Umrahmungen der Oeffnungen aus Kunststein bilden oder aus Backsteinen vormauern und in Cement-Mörtel ziehen (vergl. Art. 135, S. 132).

Dafs bei geeigneter Behandlung des äufseren Putzes und angemessenen einfachen Gliederungen auch ansprechende Wirkungen von Betongebäuden sich erzielen lassen, zeigt das nach den Plänen *Dollinger's* errichtete, in Fig. 164²⁷³⁾ dargestellte Wärterhaus der oberschwäbischen Eisenbahn.

Die plastische Flächenbehandlung ist schwierig, wenn die Wände keinen Putz erhalten sollen, und wohl nur bei hölzernen Formkasten ausführbar. Bei solchen lassen sich für Bildung von Füllungen oder Nuthen an den Formtafeln entsprechend gestaltete Brettstücke, bezw. Leisten von rechteckigem oder dreieckigem Querschnitt befestigen.

Aber auch dies setzt eine fettere und feinsandigere Beschaffenheit des Betons voraus, als in der Regel angewendet wird. Nur bei stärkeren Mauern wird man zu diesem Zwecke eine bessere Mischung als äufsere Verblendung in die Formen mit einstampfen können.

Fig. 164²⁷³⁾.



²⁷³⁾ Facf.-Repr. nach: Deutsche Bauz. 1870, S. 45.

Auf letztere Weise wurde der Leuchthurm auf La Corbière bei Jersey aufgeführt. Während die Mauer in der Hauptmasse aus Beton von 1 Theil Cement auf 6 Theile Kies bestand, wurden für die 5 bis 8 cm starke Verblendung auf 1 Theil Cement 3 Theile Kies genommen und auf die Formen Keilleisten zur Bildung eines Fugennetzes genagelt. Dieses Verfahren liefert jedenfalls ein dauerhafteres Ergebniss, als das nachträgliche Auftragen eines Cement-Putzes. Um das Anhaften des Betons an die Form zu verhindern, ward dieselbe bei jeder neuen Verwendung mit Bürste und Wasser gereinigt und dann mit einer aus Seife und Wasser dickflüssig gekochten Mischung angestrichen. Als Holzart für die Form hat sich die fette Harzanne bewährt²⁷⁴).

Für die Ausführung der Betonbauten eignen sich die Jahreszeiten mit mittlerer Wärme, also Frühjahr und Herbst. Große Hitze und Kälte wirken im Beginn der Erhärtungszeit des Betons schädigend, während sie dem erhärteten Beton nicht nachtheilig sind. Frischer Beton wird durch große Wärme zu rasch feines zur Erhärtung nothwendigen Wassers beraubt, durch Frost aber in derselben verlangsamt oder ganz gestört. Die Gefahr für den Beton durch außergewöhnliche Temperaturen hört etwa 7 Tage nach seiner Anfertigung auf. Es empfiehlt sich daher, bei Betonausführungen im Sommer und Winter entsprechende Schutzvorkehrungen zu treffen: starke Befechtung bei Hitze, Abdecken mit Sand und Bereitung mit warmem Wasser bei Kälte²⁷⁵).

Von den Vertretern des Betonbaues werden demselben neben anderen namentlich die folgenden Vortheile zugeschrieben²⁷⁶): Schnelligkeit der Ausführung; leichte und erfolgreiche Verwendung von gewöhnlichen Arbeitern zur Bereitung und Verwendung der Betonmasse; verhältnismäßig geringer Verbrauch von Baumaterial und Verwerthung aller sonst nicht allein unbrauchbaren, sondern auch oft lästigen feinen und schlackenartigen Abfälle jeder Art; überaus leichte und billige Anlage von Rauch- und Lüftungsrohren; große Sicherheit der Mauern gegen Schlagregen und Feuchtigkeit überhaupt und die hierdurch bedingte größere Wärme der Wohnungen während der feuchtkalten Jahreszeiten; große Sicherheit gegen Gewürm und anderes Ungeziefer, welches sich in anderen Mauern hinter dem Putz dauernd einnistet oder die Mauern, namentlich solche von Bruchstein, mit den vielen und oft offenen Fugen durchbricht; auch bei feuchter Witterung vorhandene ausreichende Lüftung und schnelle Bewohnbarkeit der aus Beton hergestellten Gebäude. Außerdem wird vielfach die größere Billigkeit des Betonbaues gegenüber dem Ziegelbau gerühmt.

Einzelne der angeführten Vortheile werden auch von den Gegnern des Betonbaues zugestanden werden können; andere werden jedoch nur bedingungsweise gegeben, bezw. beanstandet und auch Nachtheile desselben, die seiner ausgedehnteren Anwendung entgegenstehen, werden angeführt. Solche sollen sein: Unbequemlichkeit der Ausführung in Formen, die bei engen und beschränkten Baustellen, wie sie in Städten die Regel bilden, sich geltend macht; Starrheit der Beton-Constructionen, welche einer durch veränderte Bedürfnisse so häufig nothwendig werdenden Veränderung der Anlage sich widersetzt und dieselben gegen Ziegelbau entschieden zurückstehen läßt; mangelhafte äußere Erscheinung²⁷⁷).

²⁷⁴) Nach: Deutsche Bauz. 1881, S. 440.

²⁷⁵) Nach den Erfahrungen amerikanischer Ingenieure hat sich bei Bauausführungen in Frostwetter im Allgemeinen der Portland-Cement besser bewährt, als der natürliche amerikanische Cement (Rosendale-Cement); auch haben dieselben gefunden, daß der Zusatz von Salz bei der Mörtelbereitung alle Cemente widerstandsfähiger gegen Kälte macht. (Vergl.: *Novv. annales de la constr.* 1887, S. 159.) — Diese Wirkung des Kochsalzzufatzes ist auch durch deutsche Versuche bestätigt. (Vergl.: Deutsche Bauz. 1887, S. 148.)

²⁷⁶) Siehe: LIEBOLD, B. Gutachten über Betonbauten im Hochbau. *Zeitfchr. f. Bauhdw.* 1880, S. 106.

²⁷⁷) Siehe: Deutsche Bauz. 1877, S. 160.

140.
Zeit der
Ausführung.

141.
Werthschätzung.

Bei der Verschiedenheit der Beurtheilung, die der Betonbau demnach erfährt, erscheinen einige Erörterungen geboten.

Die Möglichkeit sehr schneller Ausführung ist durch glaubwürdige Angaben nachgewiesen. Dieselbe scheint jedoch nur gesichert, wenn die Leitung des Baues einem Specialisten übergeben ist und die Ausführung durch geübte Arbeiter erfolgt; denn es liegen auch Mittheilungen über eine gegentheilige Erfahrung vor²⁷⁸⁾. Die Verwendung von geübten und in ihrer Zuverlässigkeit erprobten Arbeitern, also nicht bloß von gewöhnlichen Arbeitern, ist aber auch noch deshalb nothwendig, weil davon die Güte der Arbeit und die Vermeidung von nachtheiligen Erscheinungen abhängt. Insbesondere ist hiervon auch die geringste für einen gegebenen Fall in Bezug auf Festigkeit zulässige Wandstärke und damit auch der Materialverbrauch abhängig. Da nun aus anderen, nachher und in Kap. II zu besprechenden Gründen die geringsten Stärken von Beton-Umfassungswänden, wenigstens in Wohngebäuden, nicht unter denen von Ziegelmauern in gleicher Lage gehalten werden sollten, so ergibt sich eine Ersparnis an Material häufig nur aus dem, was sich etwa durch geringere Vermehrung an Wanddicke in unteren Stockwerken gegenüber den $\frac{1}{2}$ Stein starken Abätzen bei Ziegelmauern erzielen läßt. Eine Kostenersparnis gegenüber dem Ziegelbau kann daher in der Hauptsache nur dann erreicht werden, wenn die Betonfüllstoffe wesentlich billiger als die Mauerziegel zu haben sind; denn dem gewöhnlich für letztere verwendeten Luft-Kalkmörtel steht der theurere Cement-Mörtel beim Betonbau, dem bei diesem etwa geringeren Arbeitslohn die Bereithaltung der kostspieligen Formengerüste gegenüber.

Die Feuchtigkeit und Kälte von Wohnräumen in Betongebäuden, welche in einzelnen Fällen beobachtet wurden²⁷⁹⁾, scheint von der zu geringen Dicke der betreffenden Umfassungswände herzurühren. Die Ursache der unangenehmen Erscheinung kann dabei zweierlei Art sein. Entweder der Beton besitzt eine zu gute Wärmeleitungsfähigkeit, so daß sich bei Abkühlung der Außenluft die Feuchtigkeit der Innenluft an den Wänden nieder schlägt, da diese rasch dem Wärmewechsel folgen; oder der Beton ist zu wenig dicht und wird vom Schlagregen ganz durchfeuchtet. In beiden Fällen verhält sich eine dickere Wand günstiger, als eine dünnere. Die Erfahrung hat auch gezeigt, daß die erwähnten Uebelstände bei Betonwänden nicht auftreten, welche die Stärke erhalten, die man Ziegelmauern geben würde. Da bei einer größeren Mauerdicke die Festigkeit des Betons eine verhältnißmäßig geringere sein kann, so erscheint auch deshalb die Anwendung eines porigen Betons für Wände gut zulässig, wobei es nur wünschenswerth bleibt, daß die Außenflächen vor der Durchfeuchtung durch Schlagregen durch einen Putz oder einen Behang geschützt werden, was übrigens für Wände aus porigen Backsteinen eben so gilt²⁸⁰⁾. Wenn man bei dünnen Wänden aus dichtem Beton geeignete Verkleidungen anwendet, um die Wärmeleitungsfähigkeit zu verringern, was allerdings mit einer Erhöhung des Kostenaufwandes verbunden ist, und dabei für genügende Lüftung der Räume sorgt, bezw. Anordnungen für künstliche Lüftung trifft, so werden sich mit Sicherheit auch mit solchen Wänden behagliche Wohnungen herstellen lassen. Zu beachten ist, daß Beton bei längerer Durchfeuchtung dauernd luftundurchlässig

²⁷⁸⁾ Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 139.

²⁷⁹⁾ Siehe: Zeitschr. f. Baukde. 1881, S. 546. — Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 157.

²⁸⁰⁾ Ueber eine eigenthümliche Art von Beton-Hohlmauern, welche in Rußland mit Rücksicht auf möglichstes Warmhalten von Räumen errichtet werden, siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 181.

wird²⁸¹⁾. Andererseits trocknen Betonmauern rasch aus, liefern also rasch bewohnbare Räume, da zur Bereitung des Betons nur wenig mehr Wasser, als unbedingt erforderlich, zu verwenden ist. Ein Vorzug des dichten Betons in gesundheitlicher Beziehung möchte hier noch anzuführen sein. Derselbe besteht darin, daß der Beton für die Auffpeicherung von Krankheitsstoffen wenig Gelegenheit bietet, ein Vorzug, den man in manchen Fällen bei anderen Mauerwerksgattungen durch möglichst dichte Ueberzüge oder Verkleidungen zu erreichen sucht.

Die Forderung der Trockenheit, welche man aus Rücksicht auf die Gesundheit der Bewohner an alle Mauern von Wohngebäuden, also auch an Betonmauern stellen muß, steht einigermaßen mit dem Umfande in Widerspruch, daß die hydraulischen Bindemittel, auch der Portland-Cement, dauernder Feuchtigkeit für sicheren Bestand bedürfen. Es ergibt sich hieraus ein Bedenken gegen die Anwendung des Häuferbaues aus Beton, zum mindesten für Länder mit trockenem Klima, während er für feuchte Himmelsstriche sich deshalb besser eignet.

Einer Beschränkung unterliegt der Betonbau, wie der Erd- und Kalksand-Stampfbau, in der Rücksichtnahme auf möglichst einfache Planbildung. Vor- und Rücksprünge in den Mauerzügen veranlassen immer umständliche und kostspielige Anordnungen an den Formengerüsten. Dagegen nehmen die letzteren nicht mehr Raum, als andere Baugerüste in Anspruch.

Veränderungen lassen sich an Betonwänden nur mit mehr Arbeit ausführen, als bei anderen Mauerwerksarten; auch ist das gewonnene Material nur in geringem Maße weiter verwendbar. Sichere Angaben über die Unterhaltungskosten von Betonbauten liegen noch nicht vor; doch können dieselben für Mauern aus gutem Beton und von sorgfältiger Ausführung nur unerheblich sein; auch läßt bei Verwendung von gutem Cement eine lange Dauer sich erwarten.

Cement-Beton hat sich als sehr feuerbeständig erwiesen und überragt in dieser Beziehung die meisten natürlichen Steine²⁸²⁾. Es mag dies den Werth des Betons auch für den Mauerbau erhöhen.

Wenn nun auch Beton den eben erwähnten Vorzug besitzt, so ist doch auch sicher, daß wegen der allgemeinen Eigenschaften der Cement-Beton in seiner Erhärtung durch höhere Wärmegrade gestört wird und derselben Trockenheit der Luft nicht förderlich ist, daß daher auch das erwähnte gute Verhalten von Beton gegen Erhitzung nur nach vollständiger Erhärtung zu erwarten ist. Bei Erhitzung über 200 Grad nimmt übrigens auch die Festigkeit eines gut erhärteten Cement-Mörtels ab²⁸³⁾. Dennoch hat man bisher keine Bedenken getragen, Rauchrohre von Wohngebäuden, ja sogar große Fabrikschornsteine, aus Beton aufzuführen²⁸⁴⁾.

Den Betonmauern wird nachgerühmt, daß sie monolithische Massen in ihrer ganzen Ausdehnung bilden. Es ist die Frage, ob dies wirklich der Fall ist. Vor dem Auftragen einer neuen Schicht, bezw. dem Anschluß an ein in derselben Höhe befindliches Stück einer solchen hat die darunter oder daneben liegende Schichtenstrecke schon abgebunden. Eine Verbindung wird allerdings ermöglicht, indem man die

²⁸¹⁾ Siehe: LANG, C. Ueber natürliche Ventilation. Stuttgart 1877. S. 95.

²⁸²⁾ Es bestätigen dies die *Bauschinger'schen* Versuche. (Siehe: Mittheilungen aus dem Mechanisch-Technischen Laboratorium der kgl. tech. Hochschule in München. Heft 12. 1885. S. 29.)

²⁸³⁾ Siehe: FEICHTINGER, G. Die chemische Technologie der Mörtelmaterialien. Braunschweig 1885. S. 308.

²⁸⁴⁾ Durch Brandproben wurde nachgewiesen, daß durch Hitzegrade, wie sie bei jedem größeren Brande vorzukommen pflegen, alle Mörtel-Materialien, namentlich Kalk, Gyps und Tripolith, und auch Cement, ganz mürbe gebrannt werden, so daß ihre Festigkeit zum größten Theile verloren geht. (Vergl.: Deutsches Bauwerksbl. 1889, S. 195.)

älteren Schichtenstrecken aufkratzt und von lockeren Theilen säubert und dadurch die Adhäsionsflächen vermehrt, noch besser durch gleichzeitiges Auftragen von Cement-Mörtel. Aber ein einheitlicher Körper wird dadurch nicht erzielt, und es kann sich deshalb Betonmauerwerk in dieser Beziehung nur in so weit besser verhalten, als gutes anderes Mauerwerk, als die Schichtenabtheilungen des ersteren größer sind als die Steine des letzteren. Erfahrungen hierüber sind von deutschen Ausführungen nicht bekannt gemacht worden, vergl. jedoch die unten angegebene Quelle²⁸⁵⁾.

Der Vorwurf mangelhafter äußerer Erscheinung der Betonbauten trifft wohl für die meisten Ausführungen zu, daß dies aber nicht unbedingt nöthig ist, geht aus dem in Art. 139 (S. 140) Gefagten hervor. Es bleibt allerdings der Beton ein Steineratzstoff; doch wird man auch einem solchen bei nach anderen Richtungen hin vorhandenen guten Eigenschaften eine Berechtigung in ästhetischer Hinsicht zugehen müssen, wenn sich seine Formausbildung innerhalb verständiger und den Eigenschaften des Stoffes entsprechender Grenzen bewegt.

Seit auf Veranlassung des »Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine« eine Zusammenstellung der im Gebiete desselben über Betonbauten gemachten Erfahrungen veröffentlicht wurde²⁸⁶⁾, ist wesentlich Neues über diesen Gegenstand nicht bekannt geworden, so daß das Gesamtergebnis in der Hauptsache noch Giltigkeit haben dürfte und deshalb hier abgedruckt werden mag:

»Die Herstellung von Hochbauten aus Beton hat sich in einer Anzahl von Fällen als eine brauchbare Bauweise bewährt, durch welche unter günstigen Preisverhältnissen der dazu zu verwendenden Materialien, besonders, wenn Kies und Sand in guter Beschaffenheit in der Nähe der Baustätte gewonnen werden kann, nicht unerhebliche Ersparungen gegenüber der gewöhnlichen Bauweise herbeigeführt werden können. Immerhin sind aber die bisher gewonnenen Erfahrungen noch nicht so allgemein günstig, daß eine uneingeschränkte Empfehlung der Bauweise angezeigt wäre.

Es stellt sich nach den bisherigen Ergebnissen der Betonbau für Außenmauern von Hochbauten doch nur als ein Surrogatbau dar, welcher nur in Einzelfällen Anwendung gefunden hat und der voraussichtlich auch für die Folge nur dann umfangreichere Verwendung finden wird, wenn nach den bestehenden Preisverhältnissen von Cement und Mauersteinen Betonbauten sich erheblich billiger, als gewöhnliche Bauausführungen stellen.«

142.
Geschichtliches.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Römer den Beton gekannt haben; denn *Vitruv* beschreibt ihn deutlich genug bei der Besprechung des Baues von Meerdämmen (*Lib. V, Cap. 12*). Aus der Untersuchung der Monumente²⁸⁷⁾ geht aber hervor, daß beim Mauerbau diesem eigentlichen Beton, der vor der Verwendung fertig gestellten Mischung aller Bestandtheile, die schon in Art. 7 (S. 10) beschriebene billigere Bauweise vorgezogen wurde, bei welcher in mit der Schaufel ausgebreitete Mörtelschichten unregelmäßige Bruchsteine eingedrückt wurden, jene Bauweise, welche unserm heutigen Beton mit Packung sehr verwandt ist. Ein Rammen fand nur beim Bau von Grundmauern und von Mauern mit Verkleidungen aus schweren Quadern statt. Es mußte unterlassen werden bei den so häufig angewendeten Mauern, welche eine Verkleidung aus kleinen Steinen erhielten. Man hat angenommen, daß auch diese Mauern in Formkasten ausgeführt worden seien und dies aus den in gleichen Höhenabständen wiederkehrenden Löchern in der Verkleidung geschlossen. Nach *Choisy* dienten diese im Inneren der Mauern oft sehr unregelmäßig verlaufenden Höhlungen zur Aufnahme der in die Mauer oder quer durch dieselbe gelegten Riegel zur Bildung der Standgerüste für die Arbeiter. Diese Riegel wurden nach der Fertigstellung an den Mauerfluchten abgechnitten, das Uebrige aber in der Mauer stecken gelassen, und sie dienten

²⁸⁵⁾ *Revue gén. de l'arch.* 1868, S. 171.

²⁸⁶⁾ Siehe: *Zeitschr. f. Baukde.* 1881, S. 522.

²⁸⁷⁾ Siehe: *CHOISY, A. L'art de bâtir chez les Romains.* Paris 1873.

fo gleichzeitig mit zur Verankerung der schwachen Verkleidungen. Das Holz ist im Laufe der Zeit vermodert und hat die erwähnten Höhlungen zurückgelassen²⁸⁸⁾.

Auch den Byzantinern war der Beton bekannt, wie dies aus Beschreibungen des Baues der *Sophien-Kirche* in Constantinopel für die Gründungen derselben hervorgeht. Die Byzantiner haben den eigentlichen Beton fogar in ausgedehnter Weise für den Mauerbau benutzt²⁸⁹⁾. Sie vermauerten die Steine ihrer Mauerwerke mit außerordentlich dicken Mörtelfugen. Die Fugen zwischen 4 cm starken Ziegeln sind oft 5 bis 6 cm stark; niemals sind sie schwächer, als der Ziegel. Mauern der Ruinen des Palastes der Blachernen in Constantinopel bestehen z. B. zu zwei Drittel ihres Rauminhaltes aus Mörtel. Derselbe ist aber ein eigentlicher Beton; denn dem Kalk sind außer vielem Ziegelmehl Kies und Steinbrocken zugemengt.

Während des Mittelalters kommt der Betonbau nur vereinzelt zur Anwendung. In Spanien machten die Araber vielfach von einem Gemisch aus Kalk, Sand, Thonerde und kleinen Steinen Gebrauch²⁹⁰⁾; die älteren holländischen Bauwerke zeigen häufig Mauern aus Beton, welche eine äußere Ziegelverkleidung besitzen²⁹¹⁾; auch im südlichen Frankreich hat man bis zum XII. Jahrhundert Beton zu Gründungen benutzt²⁹²⁾ und so wohl auch noch anderwärts. In Deutschland ist theilweise die römische Art der Mauerbildung mit Handquader-Verkleidung bis Ende des XII. Jahrhunderts in Uebung geblieben²⁹³⁾. Für gewöhnlich bestehen jedoch die mittelalterlichen Mauern in ihrem Inneren aus einer mehr oder weniger schlechten Fülle von Bruchsteinmauerwerk.

Dagegen findet sich im Mittelalter mehrfach die Anwendung von Beton- oder Kunststeinen. So zur Ueberdeckung von Fenster- und Thürnischen in Carcaffonne²⁹⁴⁾, so zu Architekturtheilen im Inneren zahlreicher Kirchen des Alpengebietes²⁹⁵⁾, jedoch nie am Aeufseren, so auch im Inneren von Kirchen an der deutschen Nordseeküste²⁹⁶⁾.

Die erste ausgedehntere Anwendung des Betons im Häuferbau in neuerer Zeit scheint *Lebrun* beim Bau seines eigenen Wohnhauses bei Alby im Jahr 1830 gemacht zu haben. Der Beton desselben bestand aus 1 Theil durch Eintauchen gelöschtem hydraulischem Kalk, 1 Theil reinem Sand und 2 Theilen Gerölle von 8 bis 10 cm Gröfse²⁹⁷⁾. Er benutzte dazu hölzerne Formen. Dieser Bau bewährte sich zunächst nicht, da er Risse bekam. Diefelben scheinen vom Schwinden der Masse wegen Verwendung zu naffen Betons hergerührt zu haben; denn sie wurden weiterhin von *Lebrun* durch starkes Stampfen von ziemlich trockenem Mörtel in schwachen Schichten vermieden. Auf diese Weise wurden von ihm auch künstliche Steine (hydroplastische Steine) hergestellt²⁹⁸⁾.

Angaben über die weitere Verbreitung des Häuferbaues in Beton finden sich in den unten stehenden Quellen²⁹⁹⁾.

d) Wände aus sonftigen Stampf- und Gufsmaffen.

In Frankreich und auch in Amerika sind die *bétons agglomérés* von *Coignet* zu einer gewissen Berühmtheit gelangt und zu zahlreichen Ausführungen großer Ingenieurbauwerke und auch von Hochbauten (so zum Bau der Kirche zu Vénifnet und einer Anzahl vielstöckiger Wohnhäuser in Paris) verwendet worden. Das *Coignet*-sche Verfahren hat jedoch in Frankreich auch heftige Angriffe erfahren, die zunächst durch den erwähnten, nicht ganz geglückten Kirchenbau hervorgerufen wurden, und

143.
Béton
aggloméré.

²⁸⁸⁾ Dieses Verfahren ist nicht nur an römischen Bauten in Italien nachgewiesen worden, sondern auch in Deutschland, so an der sog. Heidenmauer in Wiesbaden von *v. Cohausen*. (Vergl. Zeitschr. f. Bauw. 1887, S. 60.)

²⁸⁹⁾ Siehe: CHOISY, A. *L'art de bâtir chez les Byzantins*. Paris 1882. S. 9.

²⁹⁰⁾ Siehe Theil II, Band 3, zweite Hälfte (Art. 16, S. 30) dieses »Handbuches«.

²⁹¹⁾ Siehe: ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1875, S. 363.

²⁹²⁾ Siehe: VIOLLET-LE-DUC. *Dictionnaire raisonné etc.* Bd. 2. Paris 1859. S. 206.

²⁹³⁾ Siehe: Zeitschr. f. Bauw. 1887, S. 61.

²⁹⁴⁾ Siehe: VIOLLET-LE-DUC, a. a. O.

²⁹⁵⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1886, S. 84.

²⁹⁶⁾ Siehe ebendaf., S. 206.

²⁹⁷⁾ Siehe: MICHAËLIS, W. Die hydraulischen Mörtel u. f. w. Leipzig 1869. S. 286. (Nach: *Bulletin de la soc. d'encourag.* 1832, S. 99.)

²⁹⁸⁾ Siehe: Allg. Bauz. 1865, S. 409.

²⁹⁹⁾ Allg. Bauz. 1870, S. 264. — HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1880, S. 4. — Zeitschr. f. Baukde. 1881, S. 522. — LIEBOLD, B. Der Zement u. f. w. Halle a. S. 1875. S. 38 u. ff.

scheint jetzt nur noch zur Herstellung künstlicher Steine und von Ornamenten benutzt zu werden³⁰⁰⁾.

Der verdichtete Beton von *Coignet* ist eigentlich nichts Anderes als eine äußerst sorgfältig gemischte und stark gestampfte Kalksandmasse, der nur die unbedingt nöthige Wassermenge zugesetzt wurde. Da ein kleiner Wasserüberschuss sich nicht vermeiden läßt, so werden geringe Mengen Wasser anfangende Stoffe zugegeben, wie Afche, Steinkohlengries, Ziegelmehl, Puzzolane oder, statt letzterer, wenn besondere Härte oder Widerstandsfähigkeit erreicht werden soll, etwas Portland-Cement. Als Kalk wird Fettkalk oder besser hydraulischer Kalk in Pulverform verwendet. Für Zwecke des Hochbaues soll die Mischung: 9 Theile Fluß- oder Grubenand, 1 Theil Ziegelmehl und 1 Theil Kalkteig genügen. Die Mischung erfolgt in zwei über einander liegenden, kräftig wirkenden Mörtelmühlen in der Weise, daß in der oberen der Kalk, 1 bis 2 Theile Sand und die auffaugenden Stoffe verarbeitet werden. Diese gelangen dann in die untere und erhalten dort den noch fehlenden Sand zugesetzt. Die so gewonnene Masse wird in 2 cm hohen Schichten in die Formen gefüllt und so lange gestampft, bis die Lage nur noch 1 cm dick ist. Die Arbeit muß ununterbrochen fortgesetzt werden; die Oberflächen der Lagen sind aufzukratzen und, wenn nöthig, mit Kalkmilch zu begießen, um eine zusammenhängende Masse zu erhalten.

Nach den Untersuchungen *Michelat's* soll die Druckfestigkeit je nach der Mischung zwischen 200 bis 520 kg für 1 qcm betragen.

Der große Arbeitsaufwand macht den verdichteten Beton theurer als gewöhnlichen, ohne daß besondere Vortheile erreicht werden. Dies erklärt die eingetretene Beschränkung des Verfahrens auf Herstellung künstlicher Steine.

Coignet begann seine Thätigkeit im Stambfbau mit der nachher zu besprechenden Afche-Stampfmasse. Da er Steinkohlenafche und Schlacken nicht mehr billig erhalten konnte, ging er dazu über, dieselben durch überall zu erhaltende Stoffe zu ersetzen. Sein sog. wohlfeiler Beton besteht aus 7 Theilen Sand, Kies und Gerölle, 3 Theilen fettem, ungebranntem Thon und 1 Theil ungelöschtem Kalk. Wenn nöthig, verwendet *Coignet* auch gewöhnliche reine Erde. In beiden Fällen hat man es also mit einer Erd- oder Lehm-Stampfmasse zu thun, welcher etwas Kalk zugesetzt ist. Das Verlassen des Schlackenzufatzes war keine Verbesserung; denn vom wohlfeilen Beton ist nicht viel mehr, als vom Erd- oder Lehm-Stambfbau zu erwarten. *Coignet* hat dies selbst gefunden, indem er für die Außenmauern städtischer Gebäude zu einem verdichteten Beton ohne Lehmzufatz überging. Auch die Commission der *Société centrale des architectes*, welche über den *Coignet'schen* Beton Bericht erstattete³⁰¹⁾, weist darauf hin, daß Kalk mit lehmigem Sand keine feste Verbindung eingeht; es erscheint daher wenig gerechtfertigt, wenn, wie neuerdings geschehen³⁰²⁾, die Deutschen zu ängstlich genannt werden, weil sie mit dem »wohlfeilen« Beton nicht auch 20 m hohe Häuser bauen.

Eine zum Stambfbau geeignete Masse liefert eine Mischung von Steinkohlenafche oder Steinkohlenschlacke mit Kalk. Es handelt sich hierbei zumeist um eine

144.
Coignet's
wohlfeiler
Beton.

145.
Afche-
Stambfbau.

300) Mittheilungen über den *Coignet'schen* Beton finden sich in: *Nowv. annales de la constr.* 1857, S. 48. — *Polyt. Journ.*, Bd. 140, S. 101. — *Moniteur des arch.* 1867, S. 210. — *Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1864, S. 279. — *Allg. Bauz.* 1865, S. 1. — *Revue gén. de l'arch.* 1868, S. 116, 167. — *La semaine des constr.*, Jahrg. 1, S. 87; Jahrg. 10, S. 270, 484. — *Eisenb.* 1876, S. 244. — *REID, H. A practical treatise etc.* London 1879. S. 163.

301) Siehe: *Nowv. annales de la constr.* 1857, S. 50.

302) Siehe: *Deut'sches Baugwksbl.* 1884, S. 105.

Verwerthung von oft lästig werdenden Abfallstoffen, um Ersatz des Sandes im Kalkmörtel durch einen billiger zu habenden oder wohl auch zu beseitigenden Stoff, den man nicht weiter verwendet, wenn feine Beschaffung Schwierigkeiten oder erhebliche Kosten verursacht. Doch besitzt derselbe Eigenschaften, die ihn an sich oft zur Bereitung von hydraulischem Mörtel geeignet erscheinen lassen. Schon *Vicat*³⁰³⁾ untersuchte ihn darauf hin und fand, daß die bei einem langsamen Feuer zu Asche gebrannte Steinkohle besser ist, als die harten und zerreiblichen, schweren oder leichten Schlacken. Er fand auch, daß die Asche und die Schlacken, je nach der mehr oder weniger kräftigen Wirkung als Puzzolane, besser mit Fettkalk, bezw. schwach hydraulischem Kalk oder mit stark hydraulischem Kalk zu mischen sind.

Der Asche-Stampfbau oder Cendrinbau ist seit etwa Mitte dieses Jahrhunderts in ziemlicher Ausdehnung in der Gegend von Lyon verwendet worden. Ein Bericht *Louvier's* an die *Société centrale des architectes* macht darüber nähere Mittheilungen³⁰⁴⁾. Nach demselben ist das übliche Mischungsverhältniß: 4 Theile Schlacke auf 1 Theil Kalk. Man hat gefunden, daß mit Fettkalk bei etwas höherem Kalkzufatz mehr Festigkeit erzielt wird, als mit hydraulischem Kalk in dem angegebenen Verhältniß. Die Herstellung der Mauern aus Asche-Stampfmasse erfolgt in derselben Weise wie beim Erd-Stampfbau, wobei die Höhe der zu stampfenden Schichten zu 12 cm angenommen wird. Da die gewöhnliche Stärke von Außenmauern 50 cm, die von Scheidewänden 15 bis 20 cm ist, so kann die Festigkeit der Masse keine sehr bedeutende sein; sie ist offenbar wesentlich geringer, als die des beim Betonbau besprochenen Schlacken-Betons mit Portland-Cement. Die Mauern sollen sich sehr gut im Feuer gehalten haben.

Nach unten stehender Quelle³⁰⁵⁾ ist in Ménilmontant ein vierstöckiges Haus aus *mâchefer aggloméré*³⁰⁶⁾ errichtet worden, dessen Außenmauern im untersten Geschoss 35 cm, in den oberen Stockwerken 25 cm stark sind. Die Schlacken, 1,0 bis 1,5 cm groß, wurden in 4 bis 5 cm dicken Schichten in die Formkasten geschüttet; darauf folgte der ziemlich flüssige, rasch bindende Kalk, und dann wurde gestampft und in derselben Reihenfolge fortgefahren. Die Ersparniß soll 35 bis 40 Procent gegen Ziegelmauerwerk betragen haben. Für die Scheidewände scheinen aus derselben Masse geformte Platten in Anwendung gekommen zu sein.

Auch in Deutschland ist der Asche-Stampfbau in Anwendung gekommen und nach den Mittheilungen *Berndt's*³⁰⁷⁾ mit großem Erfolg. Derselbe mischt Steinkohlenasche, Kalk und Straßenschmand (Koth). Frische Steinkohlenasche wird nur empfohlen bei Zumengung von trockenem Straßenschmand (2 Theile Asche auf 1 Theil von letzterem). Vorgezogen wird alte ausgewitterte Asche, bei welcher auf 3 Theile 1 Theil Straßenschmand genommen wird. Der zur Verwendung kommende hydraulische Kalk muß sehr gut zu Staub gelösch sein. Es werden von demselben 1 Theil auf 3 Theile Mischung von Asche mit Straßenschmand gerechnet. Das Mengen muß sehr innig erfolgen, und die Masse darf nur so feucht werden, daß sie sich in der Hand zu festen Klumpen ballen läßt. Die Ausführung der Mauern

³⁰³⁾ Siehe: Neue Versuche über den Kalk und Mörtel. Aus dem Französischen überfetzt. Berlin u. Posen 1825.

³⁰⁴⁾ Siehe: *La semaine des constr.*, Jahrg. 9, S. 560. — Wochbl. f. Baukde. 1885, S. 275. — *Le génie civile* 1885, Bd. 7, S. 10.

³⁰⁵⁾ *Nouv. annales de la constr.* 1880, S. 36.

³⁰⁶⁾ *Mâchefer* scheint gleich bedeutend mit *escarbilles de houille* verwendet zu werden.

³⁰⁷⁾ In: Der Asche- und Erd-Stampfbau. 2. Aufl. Leipzig 1875.

erfolgt genau, wie beim Erd-Stampfbau. Wegen der Einzelheiten ist auf das in Fußnote 307 erwähnte Schriftchen zu verweisen.

Nach einer anderen Mittheilung³⁰⁸⁾ ist die Verwendung von Asche und Kohlen- schlacke zum Häuserbau auch in Westfalen und im Braunschweigischen weit verbreitet, führt aber Mißstände mit sich und gilt nur als ein Nothbehelf bei Mangel an Sand und Kies. Die Bedenken gegen die Verwendung von Kohlen- schlacke zum Häuserbau erscheinen gerechtfertigt, wenn man das große Wasser- fassungsvermögen der Schlacken und deren Neigung zur Wasseraufnahme in das Auge faßt.

146.
Gyps-Beton.

Die vielen üblen Erfahrungen, die man mit aus Gyps angefertigten Bau- theilen bezüglich ihrer Witterungsbeständigkeit gemacht hat, haben es mit sich gebracht, daß man den Gypsmörtel im Allgemeinen nur zu Constructionen im Inneren von Gebäuden verwendet und auch da nur mit Vorsicht, weil die verhältnißmäßige starke Ausdehnung, die derselbe beim Erstarren erleidet, zu erheblichen Nachtheilen führen kann. Die ausgedehntere Verwendung des Gypses zu Bau- constructionen ist, trotz feiner großen Bindekraft und raschen Erhärtung und der auf letzterer beruhenden Verwendungsfähigkeit bei geringeren Kältegraden, wohl auch durch sein begrenztes Vorkommen und das rasche Verderben bei ungenügender Verpackung, beschränkt worden. Doch auch da, wo der Gyps in großen Mengen vorkommt, wo also die Schwierigkeiten und Kosten des Verschickens geringer sind, hat man meist, wie in Paris, Wände nur im Inneren von Gebäuden daraus hergestellt.

In Paris werden die Scheidewände der Gebäude sehr viel aus gegoffenen Gypsplatten (*carreaux de plâtre*) im Verband erbaut, deren gewöhnliche Maße 48 cm Länge, 33 cm Höhe und 5,4 cm bis 16,0 cm Dicke sind. Diefelben werden mitunter auch hohl gegoffen, um sie leichter und schalldämpfender zu machen. Sie werden mit Gypsmörtel vermauert, für dessen Aufnahme die Fugenflächen mit Nuthen versehen sind³⁰⁹⁾. Dem Gypsmörtel setzt man bis zu $\frac{1}{4}$ der Menge *musique* zu, d. i. Staub von Gypsabfällen, um die Ausdehnung zu verringern³¹⁰⁾.

Nach dem Verfahren *Goupi's*³¹¹⁾ sollen auch Umfassungsmauern aus hohlen oder vollen Gypsblöcken hergestellt werden können, indem man sie mit einem Ueberzuge von Cement und anderen wasserundurchlässigen Stoffen versehen. Der Cement- Putz soll sich in Folge eines vom Erfinder angewendeten besonderen Mittels fest mit dem Gyps verbinden.

Die geringe Beständigkeit des Gypses gegen Witterung und Feuchtigkeit rührt wohl hauptsächlich davon her, daß man ihn ohne geeigneten Zusatz und zu flüssig zum Gießen verwendet und in solcher Weise sehr porige und wenig feste Massen erzielt. Denn in einigen Gegenden, insbesondere im Harz, wo der Gyps schon im frühen Mittelalter sehr ausgedehnt und in Mischung mit Grand benutzt wurde, hat man sehr gute Erfahrungen mit ihm als Baustoff gemacht. So findet man ihn in Ruinen, z. B. an der Burg von Osterode, welche schon 1350 in Trümmern lag, jetzt noch fester als die Steine, die er verbindet. Dies hat in neuerer Zeit zur Anwendung des Gyps-Betons oder Annalithes zum Bau von Häusern, Einfriedigungs- mauern und Fabrikfornsteinen veranlaßt. Derselbe besteht aus scharf gebranntem (langsam bindendem) Osteroder Gyps, reinem, scharfem, grobkörnigem Sand oder Grand und größeren (erdfreien) Steinen (Flusksiefeln, Abfällen von Bruchsteinen, Backsteinen u. f. w.) und wird in Formen gefüllt, die entweder als feste Form für

³⁰⁸⁾ In: HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1885, S. 105.

³⁰⁹⁾ Siehe: CHABAT, P. *Dictionnaire des termes employés dans la construction*. Bd. I. Paris 1881. S. 387.

³¹⁰⁾ Siehe: BOSC, E. *Dictionnaire raisonné d'architecture*. Bd. 3. Paris 1879. S. 279.

³¹¹⁾ Siehe: *La maison économique et hygiénique. L'architecture* 1888, S. 60.

das ganze Bauwerk, oder als bewegliche Form, ganz ähnlich denjenigen für die Stampfbauten, oder als eine Verbindung dieser beiden Weisen hergestellt werden. Das Bauen geht in der Weise vor sich, daß man in die Formen zunächst die Steine füllt und dann die Zwischenräume mit einer Mischung aus 2 Theilen Gyps, 1 Theil Sand und $1\frac{1}{2}$ Theil Fluß- oder Regenwasser ausgießt. Bei den beweglichen Formen (etwa 1 m hoch und 2 bis 3 m lang) werden, nachdem dieselben gefüllt sind, in die flüssige Masse größere Steinstücke eingedrückt, welche zur Hälfte vorstehen und so eine gute Verbindung mit dem darüber folgenden Höhenabschnitte liefern. Die Schornsteine erhalten ein Backsteinfutter. Die Wände können auch hohl hergestellt werden. Wagrechte Vorsprünge sind möglichst zu vermeiden, so daß die architektonische Ausbildung noch schwieriger, als bei den Cement-Betonbauten ist.

Zur Abdeckung von Sockeln und Einfriedigungsmauern werden gewöhnlich Sand- oder Backsteine verwendet; auch hält man es für zweckmäßig, die Gyps-Betonmauern durch Isolirsichten von den Grundmauern zu trennen; doch nimmt man keinen Anstand, diese auch aus Annalith herzustellen. Eine ausführliche Darstellung dieser Bauweise findet sich in unten angegebener Quelle³¹²⁾. Nach derselben sind zum Bau von Wänden im Harz auch volle und hohle Quader aus Annalith gefertigt worden.

Von Einfluß auf die Festigkeit und Wetterbeständigkeit des Gypsmörtels scheint auch der Hitzegrad beim Brennen des Gypses zu sein. Der gewöhnlich zur Verwendung kommende Gyps (Stuckgyps) wird bei 120 bis 130 Grad gebrannt und verliert nur etwa $\frac{3}{4}$ feines Wassers; er erhärtet beim Anmachen mit Wasser sehr rasch, erlangt aber nur wenig Festigkeit und Wetterbeständigkeit. Anders ist es mit dem bei 400 bis 500 Grad, bezw. Rothgluth gebrannten und vollständig entwässerten Gyps; derselbe nimmt Wasser nur sehr langsam (erst im Verlaufe von Wochen) und in geringerer Menge wieder auf; er wird aber sehr fest, dicht und wetterbeständig³¹³⁾. Beim Erhärten findet eine Ausdehnung nicht statt. Zu Constructionen, die der Witterung oder Abnutzung ausgesetzt sind, sollte daher nur dieser sog. Estrich-, Boden- oder Mauergyps, am Südharz auch »Gypskalk« genannte Gyps verwendet werden.

Der Asphalt-Beton wird bis jetzt nur zur Herstellung von Maschinen Gründungen benutzt. Die Ausführungsweise derselben ist im vorhergehenden Bande (Art. 411, S. 293) dieses »Handbuches« besprochen worden.

147.
Asphalt-Beton.

6. Kapitel.

Wände aus Holz und Stein.

(Holz-Fachwerkbau.)

Im Hinblick auf den Baustoff sind von Wänden, die mit Hilfe von Holz errichtet werden, zwei Hauptgattungen zu unterscheiden: solche, die nur aus Holz bestehen, und solche, die aus Holz und anderen fest oder fest werdenden Stoffen zusammengesetzt werden. Die ersteren nennen wir Holzwände, die letzteren, der

148.
Vor-
bemerkungen.

³¹²⁾ HEUSINGER v. WALDEGG, E. Der Gypsbrenner, Gypsgießer und Gypsbaumeister, so wie Tünch- und Stuckarbeiter. Leipzig 1867. S. 283 u. ff.

³¹³⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1889, S. 415, 461 — ferner: FEICHTINGER, G. Die chemische Technologie der Mörtelmaterialien. Braunfchweig 1885. S. 371.