

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 Vénét 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 Stampfbau 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-Stampfbau 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 Stampfbau 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-
Stampfbau.

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: *Deutsches 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 Geschofs 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 *Goupil'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 Fabrik- schornsteinen 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 Hitze grad 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. Braunschweig 1885. S. 371.