

Herstellung von Scheiben aus der Probe-Substanz, welche rings wasserdicht — durch Asphalt- oder Kautschukdichtung — geschlossen, nach der Höhe der darauf drückenden Wasserfäule und nach dem Quantum des pro Zeiteinheit, Querschnitts- und Dicken-Einheit durchgedrückten Waffers die gröfsere oder geringere Wasserdichtheit angeben.

Rafsch in Riga, *Michaëlis* und *Frühling* in Berlin und Verfasser in Wien haben zur Bestimmung der Wasserdichtheit verschiedene Apparate construirt, welche entweder den Ueberdruck durch ein Wassermanometer oder durch ein Quecksilbermanometer angeben.

98.
Volum-
beständigkeit.

Die Volumbeständigkeits-Prüfung ist in den Normen präcisiert und sei noch hier erwähnt, dafs die lange Zeit in Uebung gestandene Gläschenprobe, wornach nicht treibender Mörtel das Glas, in welches er gegossen wird, nicht zer Sprengen darf, schon wegen der verschiedenen Elasticität des Glases und anderen in der Natur der Cemente liegenden Ursachen jetzt allgemein als unzuverlässig verworfen ist.

4. Kapitel.

Beton.

VON HANS HAUENSCHILD.

99.
Beton-
Arten.

Unter dem allgemeinen Namen Beton fassen wir hier im Gegenfatze zu Verbandmauerwerk jenen für die Herstellung von raumbegrenzenden Constructions dienenden Baufstoff zusammen, bei welchem der Mörtel nicht blofs Verbindungsmaterial, sondern gleichzeitig eigentliches Constructionsmaterial ist, während die damit verbundenen Steine, die mit der umhüllenden Mörtelmasse ein untrennbares Ganze bilden, als Füllmaterial auftreten. Da das Aufführen von ursprünglich plastischem Mauerwerk nur zwischen Lehren geschehen kann, so unterscheidet man auch in Bezug auf letztere zwei wesentlich verschiedene Arten von Beton. Ist die Lehre bleibend, vertritt sie die Stelle der Verblendung bei Verbandmauerwerk, so ist der Beton nur Füllmasse, wenn auch tragend; er ist Gufsmauerwerk, wie es die Römer, Mauren und die Meister des Mittelalters anwandten. Oder die Lehren sind blofs Gerüstwerk, welches bis zur erfolgten Erhärtung stehen bleibt; dies ist alsdann der eigentliche Beton oder *Concrete*⁹³⁾, wie die Engländer ihn nennen.

Zu Beton, der bisweilen auch Grobmörtel genannt wird, werden alle Arten Mörtelsubstanzen verwendet und auch die im gemeinen Wortfinn nicht als eigentliche (chemische) Mörtel betrachteten Stoffe, wie Asphalt. Nach dem Bindestoff erhält auch der Beton feine nähere Bezeichnung. Luftbeton ist der mit Luftmörtel hergestellte Beton. Was man in der Baupraxis schlechtweg als Beton bezeichnet, wird stets aus hydraulischen, beim Erhärten nicht oder doch wenig schwindenden Mörteln hergestellt. Das alte Gufsmauerwerk, von dessen Solidität das Pantheon ein glänzendes Zeugnis giebt, war Puzzolan-Mörtel mit so wenig schwindender Masse, dafs die Setzung der Verblendung und die Setzung der Füllung einander gleich blieben,

⁹³⁾ Nach *Paisley* sollen die Engländer *concrete* (von *conresco*) zuerst 1817 angewendet haben. — In Deutschland wird häufig »Beton« und »Concrete« als nicht identisch angesehen. Nicht selten wird für den Concretbau als charakteristisch angegeben, dafs statt der Steinbrocken oder auch neben diesen anderweitige Füllsubstanzen, wie Ache, Schlacken etc. zur Anwendung kommen.

nicht blofs in der linearen Schwindung, wodurch überhaupt a priori die Möglichkeit eines soliden Mauerwerkes bedingt ist, sondern auch in der temporären Schwindung, wodurch die Dauer eines Gußmauerwerkes gewährleistet wird.

Mit dem Verfall der Gußmörtel-Technik schwand allmählich die Zahl der gelungenen Gußmörtelbauten; bei der noch heute fortdauernden primitiven Weise der Mörtel-Behandlung, welche durch den Contrast zwischen den Resultaten der Mörtelprüfungen und der aus diesen Mörteln aufgeführten Bauten grell beleuchtet wird, findet der eigentliche Beton, das Stampfmauerwerk, welches Monolithe herstellen soll, nur selten so viel Vertrauen, um mit der zehnfachen Sicherheit nicht als Wagniß zu gelten.

Bei Fundamenten, wo der Beton in großem Maße Anwendung findet, ist eine Constatirung schlechter Arbeit schwer, weil der Druck des aufgeführten Bauwerks gerade die schlechte Arbeit durch nachträgliche Compression verbessert; aber bei Hochbauten, bei Brücken mit größeren Spannweiten etc. sieht man deutlich, wie sehr die Römer uns voraus waren, weil sie der Mörtel-Bereitung ein so hohes Gewicht beimessen, daß sie zur Ueberwachung derselben Staatsbeamte delegirten, während heute »wegen der Unverläßlichkeit in Folge der Bereitung und Ausführung« Fachvereine sich ablehnend gegen die Verwendung des Betons zu Hochbauten aussprechen, heute im Zeitalter der Maschinen.

Als Füllsubstanzen werden in den meisten Fällen natürlicher Fluß- und Grubenkies, so wie künstlich klein geschlagene Steinstücke verwendet; außerdem werden auch Hochofenschlacken, Steinkohlenasche etc. gebraucht.

100.
Füll-
substanzen.

Man fordert von den zur Betonbereitung dienenden Steinstücken, daß ihre Korngröße nicht zu sehr variire und 4 bis 5 cm nicht übersteige; ferner daß sie frei von Staub-, Schlamm- und Erdtheilchen seien und daß sie eine möglichst rauhe Oberfläche haben, damit der Mörtel besser adhärirte. Die Erfüllung der letztgenannten Bedingung ist indess nicht unbedingt nothwendig, da man auch mit ganz glatt geschliffenen Flußkieseln einen guten Beton erzeugen kann.

Man pflegt wohl auch noch als Bedingung aufzustellen⁹⁴⁾, daß zum Beton besonders harte Steine zu verwenden seien; indess ist dies nicht richtig, da es genügt, solche Steine zu wählen, deren Druckfestigkeit der Druckfestigkeit des erhärteten Mörtels gleichkommt.

Die Verbindung zwischen Stein Schlag und Mörtel wird eine um so innigere werden, je mehr die in den Berührungsflächen der Steinbrocken steckenden Theile derselben durch Feuer aufgeschlossen sind. Es empfehlen sich deshalb in erster Reihe Dolerit, Basalt, Trachyt, Lava, Porphyrt etc.; aus gleichem Grunde geben auch Brocken aus normal gebrannten Backsteinen eine gute Füllsubstanz ab, vorausgesetzt, daß sie gar gebrannt, keine Bleicher und nicht schlackig sind⁹⁵⁾. Außer diesen Materialien wird auch Stein Schlag aus feisteren Sand- und Kalksteinen, aus Grauwacke etc. angewendet.

Die schon gedachten Hochofenschlacken sind gleichfalls mit Erfolg zur Beton-Bereitung benutzt worden, wobei ihre hydraulischen Eigenschaften und die verhältnißmäßige Billigkeit zu Gute kommen.

Beim Luft- oder Kalk-Beton ist zu bemerken, daß nur jene Quantität Kalkbrei unumgänglich nöthig ist, welche genügt, zwischen die sich in Folge von

101.
Mörtelmenge.

⁹⁴⁾ Ist auch in neueren Publicationen noch zu finden; siehe: Klafen, L. Handbuch der Fundirungs-Methoden. Leipzig 1879. S. 88.

⁹⁵⁾ Biess, C. Beitrag zur Beton-Frage. Deutsche Bauz. 1874, S. 53.

Ineinanderchieben und durch Stampfen an vielen Punkten und Flächen berührenden Sand- und Steinschlag-Massen eine Kittschichte zu bilden, das aber dabei nicht sämtliche Zwischenräume der unplastischen Füllsubstanzen ausgefüllt zu werden brauchen. Dadurch erhält man genügende Reibungs-Stabilität, ohne den Vortheil der Porosität opfern zu müssen, welcher gerade bei solchen Mauern mit zur eigentlichen Erhärtung, auch im Inneren, von großem Einflusse ist. Dasselbe gilt auch vom hydraulischen Beton, obwohl hier, sobald es sich um Abschluss von Wasser handelt, ein Ausfüllen auch der Körper-Meniscen nothwendig ist.

Es ist deshalb selbstverständlich, das die Ermittlung der nöthigen und genügenden Menge Mörtel von praktischer Bedeutung ist. Man hat dies verschiedentlich durch Messen der Menge Wasser, welche ein bestimmtes Quantum Füllsubstanz so weit ausfüllt, das das Niveau der letzteren völlig benetzt erscheint, erhoben. Ursprünglich hat man einfach in ein bis zum Rande gefülltes Mafsgefäß so lange Wasser geschüttet, bis dasselbe am Ueberfließen war.

Das ist aber aus zwei Gründen unrichtig. Erstens schwindet der Sand; seine Zwischenräume sind offenbar nur so groß, als sie nach beendetem Schwinden dem nunmehrigen Volum entsprechend einnehmen; deshalb ist das Wägen des Sandes vor der Benetzung und das Wägen nach beendeter Durchtränkung physikalisch richtiger. Zweitens tritt, besonders bei engen Gefäßen, z. B. wenn man mit graduirten Cylindern arbeitet, der Umstand störend hinzu, das die Luft plötzlich abgeschlossen und das Eindringen des Wassers in die untersten Partien verhindert werden kann; bei erneuertem Wasserzuzatz kann die Spannung der abgeschlossenen Luft so groß werden, das geradezu Eruptionen von Sand, Schlammvulcane im Kleinen, stattfinden können, wie Verfasser besonders bei lehmhaltigem Sande erfahren hat⁹⁶⁾.

Mann in London und *Erdmenger* in Gößnitz haben daher gleich uns, oder vielleicht schon vor uns, das Wasser zum Sande von unten eintreten lassen und den Punkt notirt, wo das Wasser- und das Sandniveau sich decken. Eine andere zutreffende Methode ist die, den vorher lose gemessenen Sand ins Wasser zu schütten und aus der Differenz der beiden Volume — einmal $V (= V + Z)$ und das andere Mal V im physikalischen Sinne — die Zwischenräume nach $V - V = Z$ zu finden. Aber auch hierbei werden die Zwischenräume leicht zu groß gefunden, wenn man nicht, wie *Götslich* richtig betonte⁹⁷⁾, das Mefsgefäß so lange aufstößt, bis ein Nachfüllen von frischem Sand nicht mehr möglich, ein gewisses Maximum der Lagerungsdichte erreicht ist. Indessen ist selbst diese Vorsicht nach den Erfahrungen des Verfassers, wenigstens nicht bei allen Sanden, ausreichend, weil das Schwinden des Sandes in benetzenden Flüssigkeiten größer, resp. länger andauernd ist, als bei mechanischer Aneinanderlagerung durch Stofs auf die Unterlage. Verfasser hatte einen kleinen Apparat, das *Pfammometer*, für die Bestimmungen des Schwindungs- und Zwischenraums-Coefficienten pulverförmiger Körper f. Z. angegeben, der in den »Mörtelsubstanzen« (S. 233) auch abgebildet ist. Eingehendere Versuche lassen die damalige Form als noch nicht genügend conisch erscheinen, sobald es sich um Flüssigkeiten handelt, welche das Glas und die Füllsubstanz gleichmäfsig benetzen; hingegen genügt eine cylindrische Röhre, sobald sie mit einer durch die Flüssigkeit nicht

⁹⁶⁾ Die Bedeutung dieses kleinen, leicht nachzumachenden Experimentes für die Physik der Vulcane weiter zu verfolgen, behält sich der Verfasser a. a. O. vor.

⁹⁷⁾ Notizbl. d. deutsch. Ver. f. Fabr. v. Ziegeln etc. Bd. 16, I, S. 119.

benetzten Substanz, z. B. mit irgend einem Harz überzogen ist. Dann ist das Pfammometer aber auch einzig und allein geeignet, die für das Minimalquantum Mörtelsubstanz richtige Verhältniszahl anzugeben.

Wenigstens unterliegt es keinem Zweifel, daß die Menge Wasser, welche von Sand z. B. capillar festgehalten wird, nachdem er früher von unten her getränkt wurde und nachdem ihm freier Abflufs wieder nach unten, unter Verhinderung von Verdunstung, gestattet war, das Quantum von Mörtelflüssigkeit repräsentirt, welches im günstigsten Falle eine Verkittung der unter gleichen Umständen zu verbindenden Flächen herbeiführen muß.

Wenn nun z. B. Magnesia-Cement noch mit 20 Theilen Sand völlig solide Massen darstellt, so läßt sich dies eben nur als ein thatsächlicher Beweis von der Richtigkeit der obigen Voraussetzung betrachten.

Ja alle Mischungen, die mit mehr als höchstens 3 Theilen Sand geschehen, basiren bloß auf der Richtigkeit dieses unseres Satzes: »Das nöthige Quantum Bindestoff ist gleich der Summe der Hüllen, welche durch capillare Kraft von benetzten Füllkörpern festgehalten bleiben, normalen Flüssigkeitsgrad und normalen Atmosphärendruck vorausgesetzt«. Die normale Flüssigkeit wird durch das Stampfen erzielt, wodurch die Diffusion ausgiebig beschleunigt wird, welche sonst den plastischen Körpern nur auf sehr lange Zeiträume ausgedehnt eigen ist.

Auch hier offenbart sich wieder die Beweiskraft des *Stefan'schen* Gesetzes.

Der normale Druck ist deshalb anzuführen nöthig gewesen, weil die Thatsache existirt, daß durch hydraulischen Druck, wodurch die Annäherung der zu kittenden Flächen sehr gesteigert wird, das nöthige Quantum Kittsubstanz ganz bedeutend herabgemindert wird. Ja es wird dadurch sogar eine Art Dissociation von Wasser und Bindemittel (z. B. Portland-Cement) bewirkt, wie das Austreten blanken Wassers bei hohem Druck aus früher kaum plastischen Mörteln beweist, welches beim Hochdruckpressen von Cementplatten vorkommt, die fast erdtrocken zur Pressung gelangen.

Hält man hiergegen das bisher geltende Gesetz von *Rondelet-Wolfram*: »Die Menge der nöthigen Bindestoffsubstanz ist gleich den Zwischenräumen der Füllsubstanz«, so sieht man den ungemein großen Unterschied in der beanspruchten Quantität, der sich leicht genauer präcisiren ließe, der aber für jede Sandsorte verschieden ausfällt, am größten bei der Kugelform ist.

Hiernach ist es leicht, für jede Sorte Bindestoff, Sand und Steinschlag oder Kies das richtige Verhältniß zu treffen.

Unselbständige Mörtel werden je nach dem Flüssigkeitsgrade, den sie anzunehmen vermögen, bevor überstehendes Wasser Ueberfättigung anzeigt, größere oder kleinere Quantitäten Sand binden; selbständige Mörtel werden je nach dem Feinheitsgrade ihrer aufquellbaren Theilchen mehr oder weniger Flächen verkitten. Dies giebt abermals von einem anderen Gesichtspunkte aus eine Erklärung der erhöhten Kittfestigkeit von Portland-Cement mit Fettkalk gemischt.

Sobald es sich um Festigkeit handelt, tritt der allgemeine Satz zurück vor der Forderung der größtmöglichen inneren Reibung, welche natürlich am größten ist, wenn am wenigsten leere, der Reibung nicht dienfbare Räume vorkommen, und thatsächlich enthalten auch die günstigen Kalk-Cementmörtel genügend Bindestoff zur Ausfüllung der Zwischenräume.

Die Festigkeit eines Betons hängt also von der Stärke des Mörtels selbst ab: je bindekräftiger dieser ist, desto geringere Mengen davon sind nöthig; desto mehr kann man sich unserem Minimum nähern. Andererseits geht es nicht gut an, die

Zwischenräume der groben Füllmassen, des Steinchlages etc. nach unserer Bestimmung aufzufassen: die Capillarität zwischen diesen ist sehr gering; hier gilt einfach der *Wolfram'sche* Satz der Zwischenräume; jedoch wird von *Dyckerhoff* und *Lindley* noch der Sicherheitscoefficient von 15 Procent hinzugefügt, so daß bei einem Zwischenraum-Verhältniß von rot. 35 Procent etwa 50 Procent Mörtel einen völlig fatten, allseitig eingehüllten und möglichst soliden Beton liefern.

102.
Mischungs-
Verhältniß.

Die für die Beton-Praxis so wichtigen Verhältnisse, in denen Bindestoff, Sand und Kies zu einem fatten Beton gemischt werden sollen, hat *R. Dyckerhoff* genau erhoben. Für verschieden starke Mörtelmischungen ergeben sich nach ihm als Mischungsverhältnisse (in Hectolitern):

Cement zu Sand zu Kies: 1:2:5, 1:3:6,5, 1:4:8,5 und 1:6:12.

Der hiezu verwendete Kies war Rheinkies von 5 bis 30 mm Korngröße und hatte 35 Procent Zwischenräume. Der Kies wurde dem fertig gemischten Mörtel stets in frisch genetztem Zustand zugefetzt und nur so viel Wasser auf den Mörtel verwendet, daß erst bei längerem Stampfen sich Wasser abfonderte.

103.
Druckfestigkeit.

Eine Versuchsreihe nach dessen Grundsätzen ergab folgende Resultate nach 28 Tagen Erhärtung, davon 27 Tage unter Wasser:

Mischungsverhältnisse in Volumtheilen.				Druckfestigkeit pro 1 qcm	Mischungsverhältnisse in Volumtheilen.				Druckfestigkeit pro 1 qcm
Cement.	Kalkteig.	Sand.	Kies.		Cement.	Kalkteig.	Sand.	Kies.	
1	—	2	—	151,8	1	—	3	6½	108,2
1	—	2	3	196,2	1	—	4	—	75,2
1	—	2	5	170,5	1	—	4	5	90,9
1	—	—	5	69,9	1	—	4	8½	86,0
1	—	3	—	98,8	1	1	6	—	53,5
1	—	3	5	111,6	1	1	6	12	52,1
				Kilogramm.					Kilogramm.

Mank fand bei Cement-Beton (Stern-Cement, Elbfand und Kiefelschotter) für die Mischungsverhältnisse (Cement zu Sand zu Kies)

1:2:2, 1:2:3, 1:3:2, 1:3:4, 1:4:3
145 110 110 65 60 kg Druckfestigkeit pro 1 qcm.

104.
Ausbeute.

Die Versuchsstation der Reichseisenbahnen in Straßburg hat mit Betonmischungen sehr interessante Versuche vorgenommen; hierbei wurde auch die Ausbeute erhoben und sind nach 7 Monaten folgende Resultate erzielt worden:

Mischungsverhältnis in Hectolitern.			Ausbeute.	Erforderlich zu 1 cbm Beton.	Druckfestigkeit pro 1 qcm	Mischungsverhältnis in Hectolitern.			Ausbeute.	Erforderlich zu 1 cbm Beton.	Druckfestigkeit pro 1 qcm
Cement.	Sand.	Kies.				Cement.	Kiesfand.	Steinschlag.			
1	3	6	6,65	210	140,0	1	5	8 Bafalt-	9,80	142,5	147,9
1	4	8	8,85	158	121,2	1	6	10 Kalkfein-	11,45	122,0	121,0
1	5	10	11,25	125	94,1	1	7	11 Sandfein-	12,55	112,0	83,0
1	6	12	13,45	104	96,8	1	8	13 Sandfein-	14,90	94,	91,2
und 1 Kalkteig.			Hectoliter.	Kilogramm Cement u. 75 ¹ Kalkteig.	Kilogr.	und 1 Kalkteig.			Hectoliter.	Kilogramm Cement u. 66 ¹ Kalkteig.	Kilogr.

Der Sand war Rheinfand, durch ein Sieb von 5mm Maschenweite gesiebt; der Kies war Rheinkies von 5 bis 45 mm Korngröße.

Der Kiesfand bestand aus gleichen Theilen Sand und Kies bis zu 18 mm Korngröße.

Der Steinzufschlag ist in der zweiten Tabelle gröfser, als in der ersten, was daher kommt, dafs die Zwischenräume der Füllsubstanz gröfser waren, nämlich ca. 50 Procent betruhen.

Aus den beiden Tabellen ergeben sich für die Praxis interessante und wichtige Schlüsse:

105.
Grundsätze
für d. Beton-
mischung.

- 1) Die Festigkeit von Beton wird wesentlich beeinträchtigt, wenn man blofs reinen Cement und Kies verwendet, anstatt dem Cemente entsprechenden Sandzufatz zu geben. Im gegebenen Falle beträgt die Einbuse an Festigkeit gegen 60 Procent, weil die innere Reibung durch Mangel an genügendem Bindestoff vermindert ist.
- 2) Ein Beton, welcher eben fatt aus Cementmörtel und Kies hergestellt ist, besitzt mindestens dieselbe Festigkeit, wie der Cementmörtel für sich, gleiche Behandlung beim Anmachen vorausgesetzt.
- 3) Eine Verminderung des Kiesquantums unter das erhobene und aus den Zwischenräumen berechnete Quantum ist unökonomisch, da hierdurch ohne Erhöhung der Festigkeit die Kosten beträchtlich steigen. Bei 1:4 Sand geben 5 Kies nur um 4,9 kg mehr Festigkeit, als 8½ Kies.
- 4) Die Zunahme der Festigkeit erfährt bis 7 Monate (von 1 Monat ab) eine bedeutende Steigerung, und zwar eine um so gröfsere, je magerer der verwendete Mörtel ist. Bei 1:3 beträgt die Steigerung 30 Procent, bei 1:4 belauft sich dieselbe auf 40 Procent, bei Kalk-Cementmörtel von 1:1:6 fogar auf 85 Procent.

Alle die zahllosen Recepte von Betonmischungen, welche man in der Literatur zerstreut findet, haben nur in sofern Anrecht auf die Bezeichnung rationeller Mischung, als sie sich innerhalb des Rahmens vorliegender Grundsätze bewegen. Ausnahmen hiervon und zwar, wenn es sich darum handelt, einen Beton von bestimmter Festigkeit direct unter Wasser ausgeführt zu erhalten, sind allerdings gerechtfertigt; es wird sich dabei stets um Verwendung eines fetteren, die Sandzwischenräume völlig ausfüllenden Mörtels handeln. Eben so sind Ausnahmen zulässig und geboten, wenn es sich um minimale Abnutzung eines Betons handelt, der auch in diesem Falle mit fetterem Mörtel hergestellt werden mufs.

Das specifische Gewicht des Betons hängt hauptsächlich von dem Gewicht der verwandten Füllsubstanz ab und beträgt 1,5 bis 2,5. Es wiegt 1 cbm Beton aus Steinschlag von sehr festen natürlichen Steinen ca. 2200 bis 2500 kg, aus Steinschlag von weniger festen natürlichen Steinen 1800 bis 2100 kg und aus Backsteinbrocken 1500 bis 1700 kg.

106.
Gewicht.

Die Bereitung des Betons geschieht je nach der Natur der verwendeten Mörtelsubstanzen auf verschiedene Weise.

107.
Beton-
Bereitung.

1) Kalk-Pisé und Beton aus Fettkalk mit hydraulischen Zuschlägen wird in der Weise bereitet, dafs man den Kalkteig nur so weit verdünnt, dafs er mit der berechneten Sandmenge einen möglichst steifen Mörtel bildet. Ist der nahezu flüssige Kalkbrei tüchtig mit Krücken abgeknetet, so dafs das Wasser völlig gleichmäfsig vertheilt ist, so misst man das entsprechende Sandquantum ab, schüttet es auf den auf einem Holzplateau ausgebreiteten Kalkbrei, rührt, knetet und stampft die Massen so lange mit einander ab, bis die einzelnen Bestandtheile durchaus nicht mehr unterschieden werden können. Es kann nicht genug betont werden, dafs man ja nicht zu viel Wasser verwenden soll; der Kalkbrei aus der Grube hat in der Regel genügende Plasticität, um auch ohne weiteren Wasserzufatz einen noch völlig bindenden Mörtel zu geben. Alles überschüssige Wasser schadet der Festigkeit und Volumbeständigkeit, bei Mörteln mit hydraulischen Zuschlägen auch der Hydraulicität, d. h. entweder

verdunstet das Wasser und läßt Hohlräume zurück, nachdem die Erhärtung eingetreten ist, oder es schwindet die Masse während des Erhärtens und gleichzeitigen Trocknens, oder es bilden bei Wasserbauten die zwischen den gequollenen Mörtel-Partikelchen befindlichen größeren Wasserhüllen Canalnetze, durch welche der Druck des bewegten Wassers zerstörend einwirken kann, da die Flächen-Attraction nur bei möglichster Nähe der Mörteltheilchen Widerstand genug leisten kann.

Liegt der Fettkalk in Form von Kalkpulver vor, oder handelt es sich um Verwendung von magerem oder hydraulischem Kalk, so wird aus dem gemessenen Sand, den Steinkohlenschlacken oder Trafs etc. ein Ring von circa 1 m innerem Durchmesser gebildet, in die Mitte die diesem Füllsubstanz-Quantum entsprechende Menge Kalk geschüttet und aus einer Kanne mit Brause das nöthige Quantum Wasser zugeschüttet, worauf sofort der Sand etc. mittels Krücken untermischt und so lange abgeknetet wird, bis eine völlig gleichartige Masse entsteht, die rasch mit dem gehörig benetzten Steinschlag vermischt, sofort zur Verwendung gebracht wird.

Am häufigsten jedoch wird die Mischung des Mörtelpulvers, sei es nun Aetzkalk, zu Staub gelöschter magerer oder hydraulischer Kalk, Roman-Cement oder Portland-Cement mit der Füllsubstanz so vorgenommen, daß beide in trockenem Zustande zwei- bis dreimal tüchtig unter einander geschaufelt werden, dann ringförmig ausgebreitet und in der Mitte das genau bemessene Wasserquantum in eine Vertiefung der Mischung geschüttet wird, worauf die Mischung von allen Seiten unter vorsichtiger Verhütung von unegal nassen Stellen ausgeführt wird. Zuletzt mischt man die vorher gut unter Wasser genetzte Menge Kies oder Steinschlag bei.

2) Bei der Herstellung von Kalk-Cement-Beton wird entweder dem Kalkbrei die für den Cementzufatz nöthige Wassermenge zugefetzt und in den nun dünnflüssigen Brei zuerst der Cement und dann erst der Sand eingerührt, was Verfasser als sehr bequeme und sichere Bereitungsweise aus eigener Erfahrung bestätigen kann, oder es wird dem trockenen Gemisch von Cement und Sand der verdünnte Kalkbrei zugefetzt. In beiden Fällen ist zu beachten, daß hierbei auf 1 Volum Portland-Cement nicht mehr als höchstens $\frac{1}{2}$ Volum Wasser genommen werde; selbst mit $\frac{1}{4}$ Volum erzielt man bei sehr fettem Kalk noch richtige Plafticität.

Was überhaupt das Wasserquantum anbelangt, welches zuzufetzen ist, um die nöthige und genügende Plafticität zu erzielen, so geben die Versuche, welche vor Aufstellung der Cement-Normen und nach denselben so vielfach ausgeführt wurden, ganz richtig das Erfahrungsergebnis, daß für jeden Cement, resp. für jede Art von Zusammensetzung, von Brandintensität und Mahlung ein Dichtigkeits- und damit Festigkeits-Maximum mit einer bestimmten Wassermenge, gleiches Sand-Quantum und gleiche Sand-Qualität vorausgesetzt, existirt, welches für Portland-Cement zwischen 40 und 45 Gewichts-Procente Wasser auf reinen Cement bezogen, bei Roman-Cement zwischen 45 und 52 Procent schwankt, als Mischung 3 Gewichtstheile Normaland genommen.

Bei hydraulischem und bei magerem Kalk gelten die gleichen Grundsätze, und gehen hier die Grenzen des richtigen Wasserzufatzes von 50 bis 80 Procent, da mit steigendem Kalkgehalt schon zur Hydratbildung mehr Wasser benöthigt wird.

Man möge ja nicht ängstlich sein, daß diese Wasserzufätze nicht genügen dürften; es ist nur zu sorgen, daß einerseits die Mischung innig genug geschieht und daß andererseits die fertige Betonmischung so lange gestampft werde, bis eine glänzende Oberfläche von ausgepresster Feuchtigkeit sich zeigt und die ganze Masse gleichmäßig elastisch wird. Umgekehrt ist es ein Zeichen von zu hohem Wasserzufatz, wenn schon während des Durchknetens die Betonmasse feucht glänzt oder gar halbflüssig ist.

Bei allen etwas größeren Beton-Arbeiten werden behufs Erzielung innigster Mischung bei möglichst beschränktem Wasserzufatz Mörtel-Maschinen verwendet von Constructionen, wie sie im vorhergehenden Kapitel beschrieben wurden. In diesen

wird nur der eigentliche Mörtel bereitet. Der Kies für sich wird zuerst wohl genetzt und richtig abgemessen. Das Benetzen ist deshalb unumgänglich notwendig, weil die Ver kittung nur bei völlig gleichmäßiger Porosität der Füllsubstanzen stattfindet und sodann ein vollständiges Abspülen aller am Kies, Steinschlag etc. haftenden lehmigen, schlammigen und erdigen Theilchen vorgenommen werden muß. Besonders wichtig ist das Tränken mit Wasser bei Verwendung von Backsteinbrocken, Steinkohlenschlacken und porösen Sandsteinen.

Die Mengung mit dem Kieszufatze geschieht in eigenen Mengekasten. Diese sind entweder viereckige oder runde, auf einer Langseite offene Kasten, ähnlich den liegenden Thonchneidern, aber ohne rotirende Welle, im Inneren mit einer Anzahl (ca. 15) Mengeprossen, quer durch den Kasten gehend, versehen und ruckweise drehbar. Der Kasten wird durch die Oeffnung an der Längseite zu etwa $\frac{2}{3}$ mit dem Mörtel und Steinschlag gefüllt, der Deckel dieser Oeffnung geschlossen und nun zuerst 8 bis 12 ruckweise Wendungen nach rechts, sodann eben so viele nach links gemacht, und die Mengung ist vollzogen. Das auf einmal zu mengende Quantum beträgt hierbei ca. 0,5 cbm und die Dauer einer Mischung 2 bis 3 Minuten.

Die Ausführung der Betonirungen sei hier nur vom Standpunkte der richtigen Verwendung des Materials behandelt, da die Details der hierbei in Verwendung kommenden Formkasten, Rüstungen etc. in den III. Theil (Hochbau-Constructionen) gehören.

109.
Ausführung
von
Betonirungen.

1) Bei Arbeiten außer Wasser ist Hauptbedingung des Gelingens, daß der frisch bereitete Beton in größter Dichte und in größter Homogenität zur Erhärtung gelange. Dies wird dadurch bewirkt, daß einmal nur so dicke Lagen in die Formen geworfen werden, daß sie mittels der Stampfwerkzeuge durch ihre ganze Masse und noch bis in die darunter liegende Schicht elastisch und gleichmäßig von dem Mörtelbrei durchdrungen werden. Deshalb sollte man keine dickeren Schichten, als solche von 8 bis 10 cm auftragen.

Ferner soll man die Bildung von Schichten, die unter einander nicht so stark, als durch die Schichtenmasse selbst verbunden sind, vermeiden. Dies geschieht am besten dadurch, daß man bei der Arbeit keine Unterbrechung eintreten läßt, wie denn überhaupt bei Beton die Regel gilt, die Anfertigung des Betons mit der in einem Tage auszuführenden Arbeit in vollen Einklang zu bringen. Ist aber doch eine Unterbrechung nöthig, so muß vor Weiterführung der Arbeit die Oberfläche der bereits fertig gestampften Masse, wenn sie durch erneutes Stampfen nicht mehr plastisch wird, mit einem eisernen Rechen aufgekratzt und dann eingestampft werden, worauf erst die neue Betonmasse aufgebracht und gestampft wird. Ist die Unterbrechung so lange gewesen, daß bereits merkliche Erhärtung eingetreten ist, so wird die Oberfläche mit einer Spitzhaue aufgehackt, das Losgetrennte entfernt, die Vertiefungen gut mit Wasser, welches aber dann nicht blank stehen bleiben darf, abgewaschen und sodann die Fläche mit etwas fetterem Mörtel abgerieben, worauf erst die neue Betonlage aufgetragen wird.

Dieses Verfahren muß aber strenge eingehalten werden; dann geschieht nie eine Unterbrechung des Zusammenhanges, und das Gelingen der Arbeit ist stets gesichert.

2) Bei Betonirungen im Wasser handelt es sich vor Allem darum, die nie ganz zu umgehende Abschwemmung, resp. Auspülung eines Theiles der Mörtelsubstanz möglichst zu vermindern. Deshalb ist möglichste Trockenheit des wohl

vorbereiteten Mörtels, etwas fettere Mischung und besonders Vermeidung von Strom- und Wirbelwirkung innerhalb des auszubetonirenden Raumes zu erstreben. In welcher Weise das Letztere geschieht und wie zu erzielen ist, daß das Wasser mit der Betonmasse möglichst wenig in Berührung komme, hiervon wird noch im III. Theile dieses »Handbuches« (Abth. II, Abschn. 2, Kap. 3: Fundamente aus Beton- und Sand-schüttungen) die Rede sein.

110.
Anwendung
des
Betons.

Im Grundbau, wie an der eben angezogenen Stelle noch des Näheren gezeigt werden wird, spielt der Beton eine wichtige Rolle. Allein auch bei Constructionen über Tag ist die Beton-Bauweise in vielen Fällen zweifellos geradezu unentbehrlich; es unterliegt aber auch keinem Zweifel, daß in vielen Fällen damit des Guten zu viel geleistet wurde und Anwendungen stattfanden, welche nach keiner Seite hin gerechtfertigt waren. Nimmt man insbesondere die oft sinnlosen Mischungsverhältnisse, die leichtfertige und unfachgemäße Ausführung, so wie die wahllose Verwendung ungeprüfter Bindestoffe und Sande, so erklärt sich das Mißtrauen, welches von manchen Seiten gegen die allgemeinere Anwendung von Beton erhoben wird.

Daß aber Beton für Wölbungen, für Decken-Constructionen zwischen eisernen Trägern, für Estriche, Treppenstufen etc. ein ausgezeichnetes und häufig auch billiges Material abgibt, ist durch viele Erfahrungen bewiesen. Es wird Gegenstand mehrerer Kapitel des III. Theiles des vorliegenden »Handbuches« (insbesondere Abth. III, Abschn. 1, Kap. über »Mauern in Gufs- und Erdmassen«, so wie Abschn. 2, Kap. über »gewölbte Decken« und über »Decken in Stein und Eisen«) sein, auf die Verwendung des Betons für die fraglichen Zwecke zurückzukommen und die Erfolge, die damit erzielt werden, näher zu beleuchten.

Wenn auch die Ausführung von Beton-Monolithen durchschnittlich viel billiger kommt, als die Herstellung von einzelnen Betonsteinen, aus denen Mauern aufgeführt werden sollen, so ist doch besonders bei Kalk-Beton die letztere Methode wegen der langsamen Erhärtung vorzuziehen.

Die Herstellung großer Betonblöcke für Hafenbauzwecke ist bekannt, und wurden Monolithe bis zu 100^{cbm} Inhalt hergestellt. Für den Hochbau jedoch hat nur die Herstellung von Canälen aus Beton, von Estrichen, von kleineren Quadern, Treppenstufen, Säulen, Ornamenten etc. aus Beton Bedeutung. Wir haben hierüber bereits im Kapitel »Mörtel« gesprochen, und es erübrigt hier nur noch aufmerksam zu machen, daß Canäle besser aus einem Stück an Ort und Stelle mittels verschiebbarer Formen hergestellt werden, und daß Estriche vorthellhaft in 2 bis 4 qm große Platten getheilt werden, welche nach *Schillinger* durch Anwendung elastischer Theerpappe Fugen erhalten, wodurch sie vor Sprüngen in Folge Ausdehnung durch Wärme oder in Folge von Setzungen besser geschützt sind.

Schließlich sei noch erwähnt, daß das Vorurtheil, als seien Betonhäuser in Folge des Materials nothwendig feucht, nicht gerechtfertigt ist, vorausgesetzt, daß nicht zu fetter Mörtel verwendet wurde; denn nach *Lang* beträgt die Porosität des Betons 19 Procent und von Kalksandsteinen gar 56 Procent. Bei richtiger Bedachtnahme der natürlichen Eigenschaften der vorhandenen Baustoffe und ihrer Preisverhältnisse wird es in einzelnen Fällen demnach nicht schwierig sein, sich für oder gegen die Anwendung von Beton zu entscheiden; wir geben aber dabei wohl zu bedenken, daß auch für Deutschland und Oesterreich leider nicht zu selten die These *Vicat's* gilt: »Wenn man die Mörtelbereitung unserer Maurer sieht, möchte man glauben, sie suchen die Auflösung des sonderbaren Problems: Wie muß man mit guten Grundstoffen umgehen, um den schlechtesten Mörtel zu machen?«

Literatur

über »Beton« und »Beton-Bereitung«.

- LECOINTE, A. Bemerkungen über einige mechanische Verfahrungsarten zur Bereitung des Mörtels und Betons. Allg. Bauz. 1843, S. 399.
- Horizontale Betonmaschine von LEPAIRE. Allg. Bauz. 1864, S. 332.
- FOWLRE, S. T. *Manuel of instruction for an improved method of building with concrete; or, how to make the best house at the least cost.* London 1866.
- REID, H. *A practical treatise on concrete, and how to make it; with observations on the use of cements, limes and mortars.* London 1869.
- HAGEN, G. Handbuch der Wasserbaukunst. 3. Aufl. I. Theil. 2. Bd. Berlin 1870. S. 322.
- KOPKA. Die mechanische Mörtel- und Beton-Bereitung. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1871, S. 97, 116, 131, 145.
- BÜES, C. Beitrag zur Beton-Frage. Deutsche Bauz. 1874, S. 52.
- LIEBOLD. Der Cement in feiner Verwendung im Hochbau und der Bau mit Cement-Beton zur Herstellung feuerficherer, gefunder und billiger Gebäude aller Art. Halle 1875.
- FRANZIUS. Transportabler Beton-Mischer. (MESSENT's Patent.) Deutsche Bauz. 1875, S. 153.
- Concrete as a building material.* Builder 1876, S. 353, 481, 502, 530.
- POTTER, TH. *Concrete; its use in building, and the construction of concrete calls, floors etc.* London 1877.
- SPETZLER, O. Verwendung der Hochofenschlacke zur Betonbereitung. Zeitschr. f. Bauw. 1880, S. 29.
Siehe auch die Literatur-Angaben über »Beton-Bauten« im III. Theile dieses »Handbuches« (Abth. III, Abfchn. I, A. Kap. über »Mauern in Gufs- und Erdmassen«).

5 Kapitel.

Holz.

Von Dr. W. F. EXNER und G. LAUBÖCK.

a) Allgemeines.

Ungeachtet Gufseifen, Walzeifen und die verschiedenen Arten von Stahl in neuerer Zeit für das Bauwesen eine stets steigende Bedeutung erlangt haben, ist das Holz vermöge seiner Eigenschaften zur Verwendung als Baustoff in vielen Fällen ausschliesslich, in vielen anderen hervorragend geeignet.

Das Holz besitzt eine hohe Elasticität, eine grosse Festigkeit, besonders in der Richtung, welche zur Axe des Baumes, dem das Holz entnommen ist, parallel liegt. Sodann ist die Dauer des Holzes unter günstigen Verhältnissen eine sehr grosse. Jene Eigenschaft jedoch, welche das Holz unter vielen Baumaterialien bevorzugen lässt, ist die ausserordentlich leichte Bearbeitungsfähigkeit, welche gestattet, dasselbe mit geringen Kosten und in verhältnissmässig kurzer Zeit in jede gewünschte Gestalt zu überführen. Die durch die Verbindung der einzelnen Constructionstheile unter einander bedingte Form kann demnach überaus leicht hergestellt werden, und deshalb ist das Holz fast für jede constructive Aufgabe zulässig.

Ein weiterer Vorzug des Holzes besteht darin, dass es für eine Reihe von fog. Vollendungsarbeiten des inneren Ausbaues in hohem Mafse geeignet ist, wodurch die verschiedensten decorativen Zwecke mit Leichtigkeit erreicht werden können.

Diesen Eigenschaften, welche dem Holze auch für die Zukunft bei noch gesteigerter Verwendung anderer Materialien eine Hauptrolle im Bauwesen sichern,

III.
Holz
als
Baustoff.