

## Leichtbaustoffe mit Schaumstruktur.

Von Dr. HANS WOLF und HANS WELSCH.

I. G. Farbenindustrie A.-G., Ludwigshafen-Oppau.

(Eingeg. 23. August 1935.)

Vorgetragen von H. Welsch in der Fachgruppe für Baustoff- und Silicatchemie auf der 48. Hauptversammlung des V. d. Ch. in Königsberg am 5. Juli 1935.

Neben dem Ziegelstein und dem Naturstein, die seit Jahrtausenden in größtem Maßstab als Baustoffe verwendet werden, hat bald nach der Erfindung und Entwicklung des Zementes auch der Beton durch seine vorzüglichen Eigenschaften große Verbreitung erlangt. Seine Vorteile, große Festigkeit, Wetterbeständigkeit und hohes Gewicht, machen ihn zu einem geradezu idealen Baustoff für Tiefbauerbeiten. Im Hochbau jedoch sind die große thermische und akustische Leitfähigkeit, das hohe Gewicht, die mangelnde Nagelbarkeit usw. des Betons nachteilig. Zudem wird seine hohe Druckfestigkeit im Wohnungsbau nicht ausgenutzt. Man hat deshalb schon frühzeitig neben dichten Wandbaustoffen solche mit lockerem Gefüge und geringerem Gewicht verwendet, zunächst in Form von Natursteinen, wie Tuff und Bims, später in Form von Hohlsteinen und Ziegeln, die im Formling ausbrennbare Stoffe, wie Braunkohle, enthalten.

Eine weitere Kategorie von Leichtbaustoffen wird, meist aus hydraulischen Baustoffen, durch Zusatz von Treibstoffen hergestellt. Diese Treibstoffe sind Carbonate, die in Berührung mit Flüssigkeit Kohlensäure<sup>1)</sup> entwickeln, oder Metalle, wie Aluminium, die Wasserstoff entwickeln, oder Carbide, die Acetylen geben<sup>2)</sup>; die entwickelten Gase treiben den Mörtelbrei auf und geben nach dem Abbinden und Erhärten stark poröse Steine.

Diese Erzeugnisse besitzen Schwammstruktur. Praktische Bedeutung hat in verschiedenen Staaten vor allem der mit Hilfe von Aluminium hergestellte Gasbeton gewonnen.

Die jüngste Gruppe der Leichtsteine bilden die mit Hilfe von Schaummitteln hergestellten Schaumbaustoffe, insbesondere der Schaumbeton; sie besitzen Schaumstruktur. Nach dem *Bayer*-Verfahren<sup>3)</sup> wird aus Wasser und Pflanzenschleim in einer sogenannten Peitschmaschine ein Schaum hergestellt und dieser in einem anderen Mischapparat mit Zementbrei gemischt. Das Verfahren ist nicht ganz einfach und mit den im Bauwesen üblichen Mischern nicht durchzuführen. Ein großes Anwendungsgebiet ließ sich für den Schaumbeton nur erobern, wenn es gelang, ihn so leicht und einfach herzustellen wie den Normalbeton, ohne besondere maschinelle Vorrichtungen und ohne Spezialarbeiter.

Dies wurde erreicht durch das Iporitverfahren der I. G.<sup>4)</sup>. Die Herstellung erfolgt in ganz ähnlicher Weise wie die des Normalbetons. Dem Anmachwasser werden Schaummittel zugegeben, zum Schluß zwecks Erhöhung der Stabilität des Schaumes Wasserglas. Als Sand kann jeder Sand verwendet werden, der mindestens 70—80% Feinsand und keine Bestandteile über 5, höchstens 7 mm Korngröße enthält. Geringe tonige Beimengungen, etwa 2%, sind unschädlich und sogar erwünscht.

Das Mischungsverhältnis von Zement und Sand muß innerhalb bestimmter Grenzen bleiben, da naturgemäß nur der im Beton enthaltene Zementbrei Träger der Porosität sein kann. Zuschlagsreicher Beton wird also entsprechend weniger porös werden. Als günstig hat sich ein Mischungs-

verhältnis von 1:3,5 bis 1:4,5 Raumteilen herausgestellt. Dieses anscheinend sehr fette Gemisch wird in Wirklichkeit natürlich magerer, da beim Iporitbeton die eingeschlagene Luft als neuer Zuschlagstoff hinzukommt, so daß das Endprodukt dem Volumen nach einem Beton von etwa 1:6 entspricht. Das jeweils zweckmäßige Mischungsverhältnis ist ferner abhängig von der Art der Mischmaschine. Die sogenannten Intensivmischer gestatten, infolge der intensiveren Aufarbeitung den Beton etwas magerer zu halten;

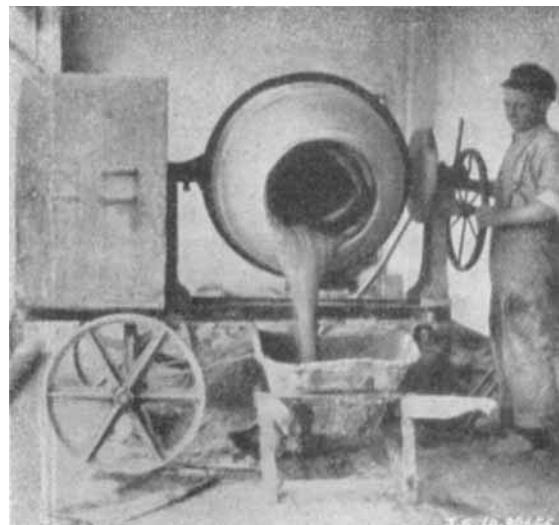


Abb. 1.

auch wird die Mischzeit verkürzt. Ein weiterer Vorteil dieser Intensivmischer ist der niedrigere Wasserzementfaktor und damit die höhere Festigkeit der erzeugten Produkte. Die Herstellung des Iporitbetons kann jedoch auch in jedem anderen gebräuchlichen Betonmischer erfolgen, sofern er nicht kontinuierlich arbeitet und ein kräftiges, schaumschlagendes Durchmischen gewährleistet. Dabei entstehen zahlreiche kleine Luftbläschen, die den Beton gleichmäßig durchsetzen. Wenn dieser steife und sahige Schaumbetonbrei ein Litergewicht von etwa 1,3 besitzt, wird der Mischer entleert (Abb. 1); der Brei hat sein endgültiges Volumen erreicht und ist beim Verlassen des Mischers sofort verwendungsbereit. Die Masse wird zum Abbinden und Erstarren in Formen oder Schalungen gegossen (Abb. 2) oder zur Herstellung von Estrich verarbeitet (unter Linoleum, Plattenböden oder Parkett; Abb. 3). Hand in Hand mit der Verringerung des Gewichtes geht die Verringerung der Wärmeleitzahl und der Schall-durchlässigkeit. Die Wärmeleitzahl beträgt bei rund 5% Feuchtigkeitsgehalt für ein Raumgewicht von 1,30<sup>5)</sup>

$$24^\circ\lambda = 0,34 \frac{\text{kcal}}{\text{m h }^\circ\text{C}}$$

Nach den Untersuchungen von Prof. *Cammerer*<sup>6)</sup> nehmen die Wärmeleitzahlen mit zunehmender Feuchtigkeit sehr

<sup>1)</sup> Hofmann, Prag, D. R. P. 55919 [1889].

<sup>2)</sup> Aylsworth, Amer. Pat. 1087098 [1906].

<sup>3)</sup> D. R. P. 421777.

<sup>4)</sup> D. R. P. 574793 und D. R. P. 588196.

<sup>5)</sup> 1 m<sup>3</sup> Iporitbeton wiegt 1200—1300 kg, 1 m<sup>3</sup> Backstein wiegt etwa 1800 kg, 1 m<sup>3</sup> Vollbeton wiegt etwa 2200 kg.

<sup>6)</sup> S. Gesundheitsring. 1931, S. 639.

stark zu. Diese Zunahme beträgt bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 5% rund 70%, so daß sich für vollkommen trockenes Iporitmauerwerk ein  $\lambda$  von 0,20 ergibt. Eigene Untersuchungen an Iporitmauerwerk haben gezeigt, daß es nie über 0,5% Feuchtigkeit aufweist, trotzdem die Messungen in einer sehr regenreichen Wetterperiode gemacht wurden, d. h. also, daß praktisch mit einem  $\lambda$  von etwa 0,2 gerechnet werden kann. Maßgebend für eine gute Wärmeisolierung von Baustoffen aus gleichem Material ist der Gehalt an völlig in sich geschlossenen, luftgefüllten Poren. Durch zahlreiche Untersuchungen wurde festgestellt, daß bei gleichem Gesamtporenvolumen die Wärmeleitfähigkeit um so niedriger ist, je kleiner die Hohlräume und je gleichmäßiger sie im Material verteilt sind. Poren über 8 mm Durchmesser sind im Wirkungswert gleich Null. Allerdings ist auch der Verkleinerung der Poren eine Grenze gesetzt durch die mit der Verringerung des Poredurchmessers steigende Capillarwirkung und Wasseraufnahme. Iporitbeton zeigt Capillarwirkung nur in sehr geringem Maße.



Abb. 2.

Die Tabelle zeigt die  $\lambda$ -Werte von Iporitbeton (Raumgewicht 1,30) im Vergleich zu anderen Bau- und Isolierstoffen:

Kork .....	0,030
Baumwolle .....	0,036
Balsa-Holz .....	0,038
Cellotex .....	0,041
Kiefernholz .....	0,12
Iporitbeton trocken .....	0,20
Eichenholz .....	0,31
Teakholz .....	0,33
Iporitbeton mit 5% Feuchtigkeit .....	0,34
Backstein .....	0,65
Glas .....	1,03
Vollbeton .....	1,20

Nach unseren Messungen entspricht eine 25 cm starke Iporitmauer in bezug auf Schallisolation einer 40 cm starken Ziegelmauer.

Die Druckfestigkeit von Iporitbeton beträgt etwa 20—40 kg pro Quadratzentimeter, genügt also den polizeilichen Vorschriften, die für gewöhnliche Schwemmsteine bei einer zulässigen Beanspruchung im Mauerwerk von 5 kg/cm<sup>2</sup> eine Druckfestigkeit von 20 kg/cm<sup>2</sup>, für Hochofenschwemmsteine sogar nur eine solche von 15 kg/cm<sup>2</sup> verlangen. Die Druckfestigkeit ist von der Beschaffenheit des Sandes abhängig.

Die Steine sind schwammsicher, frost- und hitzebeständig und nagelbar. Die Herstellung erfolgt am Bau selbst, damit die Transportkosten erspart bleiben. Auf ähnliche Weise lassen sich Schaumgips, Schaumziegel, Schaumkalksandsteine usw. herstellen, ferner Schäume aus



Abb. 3.

Kunstharzen mit Raumgewichten bis herunter zu 0,03. Praktische Bedeutung haben bisher die Kalksandsteine und vor allem der Iporitbeton gewonnen, in dem im vergangenen Jahre eine große Menge von Siedlungen, zum Teil im Selbsthilfebau mit ungelerten Arbeitern, erstellt wurden (Abb. 4; Selbsthilfesiedlung, Rheinau; 80 Häuser).

Auch der Iporitleichtkalksandstein wird seit 2 Jahren in erheblichen Mengen fabrikmäßig hergestellt. Dem üblichen Kalksandgemisch, so wie es aus dem Silo oder der Löschtrommel kommt, wird ein Prozent Iporit, bezogen auf das Gewicht des im Kalksandgemisch enthaltenen gebrannten Kalkes, zugesetzt. Beim Durchrühren des feuchten Gemisches in einem Intensivmischer wird auf physikalischer Weise ein beständiger Schaum erzeugt. Auch hier tritt ein nachträgliches Auftreiben der Masse durch eine auf chemischem Wege erfolgende Gasentwicklung nicht ein. Der Wassergehalt des Kalksandgemisches ist etwas höher als normal und hängt ab vom Feuchtigkeitsgehalt der Mischung und dem Feinheitsgrad des Sandes. Je feiner der Sand, desto mehr Wasser ist zuzusetzen. Der Wasserzusatz ist so zu bemessen, daß ein ziemlich steifer schaumiger Brei entsteht, von dem ein Liter etwa 1,2—1,3 kg wiegt.

Die Bildung des die Festigkeit ergebenden Kalk-hydrosilicates und die rasche Ansteifung des in die Form gegossenen Schaumbreies kann wesentlich erleichtert werden, wenn der Masse nach der Zugabe des Iporits noch etwas gewöhnliches, handelsübliches Wasserglas zugegeben wird (auf 1 kg Iporit 4 l Wasserglas von 38° Bé). Den gleichen Effekt kann man auch durch Zusatz von Portlandzement erreichen (auf 1 kg Iporit 5—7 kg Zement). Die Zusätze von Wasserglas und Zement sind für scharfen, ausgewasche-



Abb. 4.

nen Sand notwendig. Feinerer Sand kann ohne diese Zusätze verarbeitet werden.

Sowohl die Bildung des Schaumes während des Mischens als auch die Ansteifung des in Formen vergossenen Breies kann wesentlich beschleunigt werden, wenn zum Ansetzen der Mischung statt kalten Wassers heißes Wasser verwendet und darauf geachtet wird, daß das Kalksandgemisch möglichst warm, so wie es gewöhnlich aus dem Silo oder der Löschtrommel kommt, verarbeitet wird.

Die Verformung des Schaumbreies erfolgt durch Gießen in einfache Formen aus 2–3 mm starkem Schwarzeblech. Es ist nicht notwendig, für jeden Stein eine besondere Form zu verwenden.

Für die Herstellung von Leichtsteinen werden infolge der Aufnahme von Luftbläschen nur zwei Drittel des für die gleiche Raummenge Normalkalksandstein erforderlichen Kalksandgemisches verbraucht.

#### Eigenschaften des porösen Leichtkalksandsteins.

Das Raumgewicht ist nur 1,2–1,3 gegenüber 1,8 beim gewöhnlichen Kalksandstein, d. h. 1 m<sup>3</sup> Leichtkalksandstein wiegt nur etwa 1200–1300 kg. Selbstverständlich geht die Druckfestigkeit des porösen Leichtkalksandsteines entsprechend der Verringerung des Raumgewichtes gegenüber dem gewöhnlichen Kalksandstein zurück. Bei dem genannten Raumgewicht von 1,2–1,3 beträgt sie aber immerhin 40–70 kg/cm<sup>2</sup>, ist also auch unter Berücksichtigung der baupolizeilichen Vorschriften für alle normalen Zwecke ausreichend. Die Güte hängt wesentlich ab von der Zusammensetzung und Beschaffenheit der Ausgangsstoffe. Je inniger und homogener die Kalksandmischung ist, desto besser ist die Kantenfestigkeit und Druckfestigkeit des Steines. Weniger als die übliche Menge Kalk zu verwenden (Mischungsverhältnis Kalk: Zement meist 1:15 nach Gewichtsteilen) ist nicht zweckmäßig, da sonst die Bildung der die Festigkeit ergebenden Kalk-

hydrosilicate beeinträchtigt wird. Bei den Leichtkalksandsteinen kommt es aber gerade darauf an, daß die die Luftporen umhüllenden Wände und das die einzelnen Sandkörnchen verkittende Material möglichst gleichmäßig mit Kalk durchsetzt wird, damit die Bildung des Kalkhydrosilicates überall leicht erfolgen kann.



Abb. 5.

Abb. 5 zeigt ein Haus der in Iporitkalksandstein hergestellten Künstlerkolonie Buchenbühl bei Nürnberg im Rohbau.

Mengenmäßig ist der Hauptbestandteil des Iporitbetons und auch des Iporitleichtkalksandsteines der Sand. Die Verwendung des Iporitleichtbaustoffes wird daher in jenen Gegenden von Vorteil sein, wo Sand billig und in großer Menge vorhanden ist.

[A. 105.]

## Untersuchungen über die Feuchtigkeitsempfindlichkeit von Leinölanstrichen.

Von Dr.-Ing. W. H. DROSTE.

I. G. Farbenindustrie A.-G., Werk Leverkusen.

(Eingeg. 27. Juli 1935.)

Vorgetragen in der Fachgruppe für Chemie der Körperfarben und Anstrichstoffe auf der 48. Hauptversammlung des V. d. Ch. zu Königsberg am 4. Juli 1935.

Untersuchungen über die Feuchtigkeitsempfindlichkeit von Leinölanstrichen sind bereits früher häufig ausgeführt worden. Unsere neuerlichen Untersuchungen sollten klären, wieweit die Haltbarkeit eines Anstrichs durch die Witterungsbedingungen beeinflußt wird, die in seinem ersten Lebensalter auf ihn einwirken. Im vergangenen Winter wurde festgestellt, daß im Freien ausgeführte Leinölanstriche sich ganz anders verhielten, als man es normalerweise gewohnt war; hauptsächlich mit dem Einsetzen der kalten Jahreszeit, die besonders in Norddeutschland gesteigerte Niederschlagsmengen und hohe Luftfeuchtigkeit mit sich brachte, härteten die Anstriche nur noch mangelhaft durch. In Malerkreisen glaubt man die Schuld an dem Weichbleiben der Anstriche einem schlechten Ausreifen der Ölsaaten und einem ungenügenden Ablagern des frisch geschlagenen Leinöls zuschreiben zu müssen<sup>1)</sup>. Eine einwandfreie Nachprüfung dieser Ansicht war mir aus Mangel an ausreichendem Ölmaterial unterschiedlicher Herkunft noch nicht möglich.

Anfangs nahm ich an, daß eine ausreichende Durchhärtung der Ölfilme durch geeignete Trockenstoffauswahl und genügenden Trockenstoffzusatz zu erzielen sei. Im Dezember 1934 bei naßkaltem Wetter ausgeführte,

sehr umfangreiche Freilagerversuche zeigten aber bald, daß eine Steigerung des Sikkativzusatzes, auch bei Verwendung der verschiedensten Trockenstoffsorten, bis auf die vierfache der für Firnis als normal geltenden Menge kaum eine nennenswerte Verbesserung der Filmdurchhärtung brachte, gleichgültig, ob das Bindemittel abgelagertes Lackleinöl aus dem Jahre 1931 war oder Firnis aus dem Jahre 1934. Diese Versuche sprechen also nicht dafür, daß ein mangelhaftes Ablagern des Leinöls das schlechte Durchrocknen verursacht hat. Da mit zunehmendem Alter und ganz besonders nach Eintritt der warmen Jahreszeit die Anstriche ihre normale Härte wiedererlangten, müssen die ungünstigen Witterungsbedingungen beim Streichen den An- und Durchrocknungsvorgang entscheidend beeinflußt haben.

Diese Ansicht wird gestützt durch eine Reihe von Untersuchungen, die den Einfluß der Lagerung auf die Quellbarkeit des Films feststellten. Bei ungünstigem Wetter wurden gleich zusammengesetzte Anstriche im Freien und im geschlossenen Raum ausgeführt. Die Gewichtsänderung der Anstriche in Abhängigkeit von der Lagerungszeit wurde ermittelt. Die im Zimmer aufbewahrten Anstriche, die Temperaturen von +15° bis +25° und Luftfeuchtigkeiten von 30–60% (rel.) ausgesetzt waren, zeigten die für Leinöl charakteristischen

<sup>1)</sup> Deutsches Malerhandwerk 31, 209 [1935].