Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 63 (1995)
Heft: 5

Artikel: Zusatzstoffe. Teil 2, Hydraulischer Kalk
Autor: Hermann, Kurt
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153803

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 01.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Zusatzstoffe: Hydraulischer Kalk

Teil 2

Hydraulischer Kalk ist ein Zusatzstoff, der vor allem dank seiner grossen Feinheit bestimmte Betoneigenschaften wie Verarbeitbarkeit oder Wasserrückhaltevermögen verbessert.

Hydraulischer Kalk wird schon lange als Betonzusatzstoff eingesetzt. So war bereits 1934 in einem «Cementbulletin» [1] zu lesen:

«Der hydraulische Kalk ist ein altes, bekanntes Bindemittel, gekennzeichnet durch seine bewährte Dauerhaftigkeit (wasserhärtende Bestandteile), seine grosse Plastizität und seine Dichtigkeit; ihm fehlen aber die hohen anfänglichen Festigkeiten, die mit dem Portlandcement leicht zu erreichen sind. Werden beide Bindemittel miteinander verwendet, so erhält man einen Beton, der neben hohen Festigkeiten, Frost- und Wetterbeständigkeit noch eine grössere Plastizität und Dichtigkeit besitzt.»

Der Verfasser verwies auch auf eine Publikation aus dem Jahr 1933, in der – möglicherweise erstmals überhaupt – über systematische Untersuchungen zum Einfluss von hydraulischem Kalk auf die Eigenschaften von Beton berichtet wurde [2]. Weitere Veröffentlichungen, in denen die Wirkung von hydraulischem Kalk in Frisch- und Festbetonen gezielt untersucht wurde, fehlen anscheinend. Dessen ungeachtet wird heute dem Beton in der Schweiz immer noch an vielen Orten etwas hydraulischer Kalk beigefügt. Zudem stellt eine schweizerische Zement-

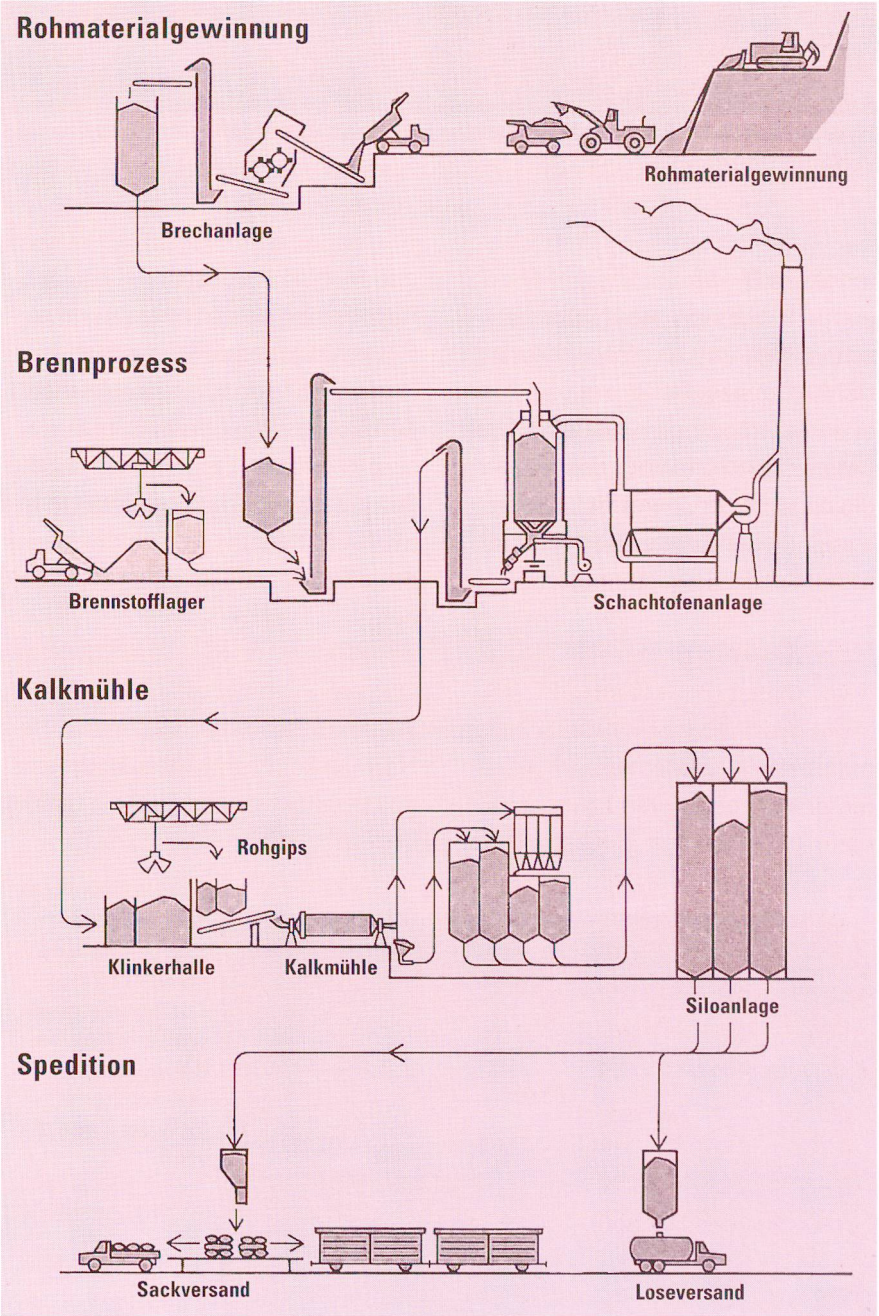

Abb. 1 Fabrikation von hydraulischem Kalk ([6], modifiziert).

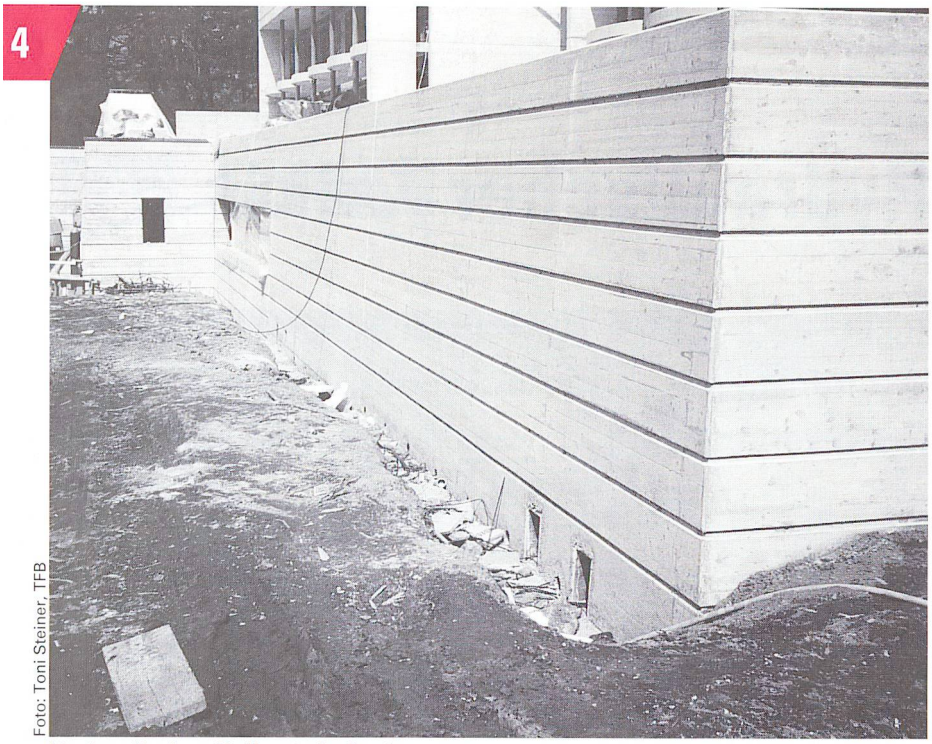

Foto: Toni Steiner, TFB

Hydraulischer Kalk wird oft eingesetzt, wenn schöne Sichtbetonoberflächen verlangt werden.

fabrik ein Bindemittel her, das aus 10 Massenprozent hydraulischem Kalk und 90 Massenprozent CEM I 42,5 besteht.
In der «Cementbulletin»-Reihe über Betonzusatzstoffe folgt deshalb auf die allgemeine Übersicht [3] ein ausführlicher Artikel über hydraulischen Kalk.

Normierung

Nach Ziffer 2 3 der Norm SIA 215 [4] ist hydraulischer Kalk «ein Bindemittel, das aus einem unterhalb der Sinterung gebrannten Kalkmergel natürlicher Herkunft durch Löschen und Mahlen hergestellt wird. Zur Regulierung des Abbindens kann Gipsstein zugemahlen werden.»
Die in der Norm für hydraulischen Kalk vorgeschriebenen Gütewerte sind in *Tabelle 1* zusammengestellt. Beim Vergleich mit Portlandzementen (CEM I) fällt vor allem die niedrige Druckfestigkeit nach 28 Tagen auf.
Spezifische Angaben über die Verwendung von hydraulischem Kalk als Betonzusatzstoff sind in den SIA-Normen keine enthalten. Hingegen gelten selbstverständlich die bereits im letzten «Cementbulletin» [3] zitierten allgemeinen Bestimmungen für Zusatzmittel und Zusatzstoffe. Zu diesen gehört unter anderem die Verpflichtung, die Eignung von Zusatzstoffen durch «systematische, schlüssige Vorversuche» nachzuweisen.

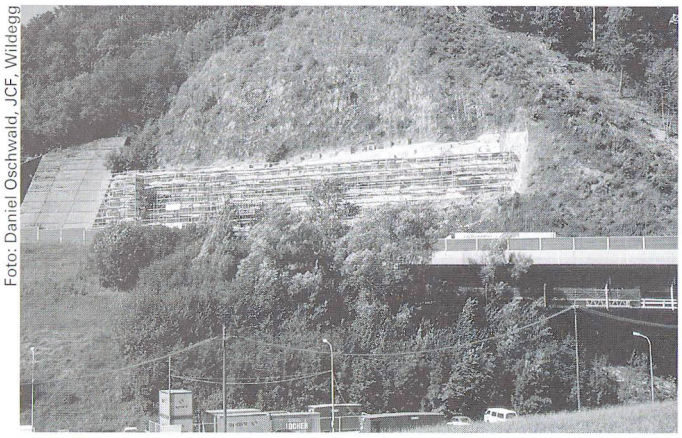

Foto: Daniel Oschwald, JCF, Wildegg

Sanierung der Hangsicherung an der N 2 bei Eptingen – eine weitere Anwendung von hydraulischem Kalk als Zusatzstoff.

Herstellung von hydraulischem Kalk

Ausgangsmaterial für die Herstellung von hydraulischem Kalk ist Kalkmergel, der zu 65–75 % aus Kalkstein (Calciumcarbonat, $CaCO_3$) besteht. Kalkmergel enthält zudem – in abnehmender Reihenfolge des Mengenanteils – Siliziumdioxid (SiO_2), Aluminiumoxid (Al_2O_3), Eisenoxid (Fe_2O_3) und ev. Magnesiumoxid (MgO).
Beim Brennen von Kalkmergel geht Calciumcarbonat in Calciumoxid (CaO) und Kohlenstoffdioxid über:

$$CaCO_3 \Rightarrow CaO + CO_2$$

Calciumoxid setzt sich teilweise mit den Siliziumverbindungen bzw. mit Aluminiumoxid zu Dicalciumsilikat C_2S ($2\,CaO \cdot SiO_2$) bzw. Tricalciumaluminat C_3A ($3\,CaO \cdot Al_2O_3$) um. C_2S und C_3A sind auch wichtige Bestandteile des Portlandzements. Sie gehören zu den sogenannten Klinkermineralien. Ein Teil des Calciumoxids reagiert nicht; er bleibt als freier Kalk zurück.

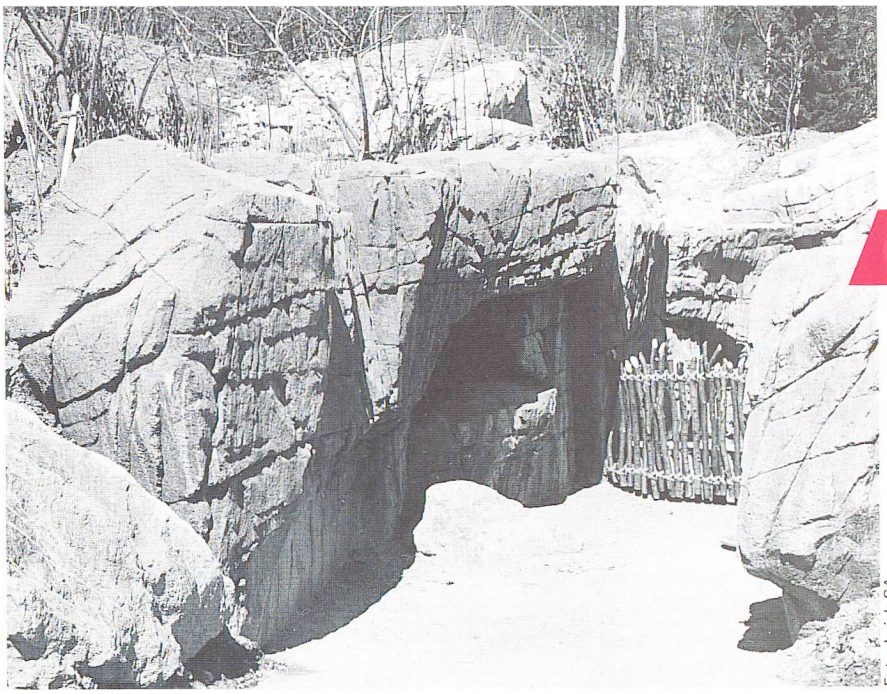

Foto: Laich SA

Künstliche Felsen in der Bärenanlage des Zürcher Zoos (Gestaltung W. Vetsch, Zürich), eine interessante Anwendung von hydraulischem Kalk als Zusatzstoff in Spritzbeton.

Gütewert	Grenzwert
Druckfestigkeit (28 Tage)	≥ 4 N/mm²
Abbindebeginn	≥ 60 min
Raumbeständigkeit (Le Châtelier)	≤ 10 mm
Zulässiger SO_3-Gehalt	≤ 3,5%

Tab. 1 Gütewerte von hydraulischem Kalk nach Norm SIA 215, Ziffer 3 3 [4].

Die wichtigsten Schritte der Kalkfabrikation sind in *Abbildung 1* schematisch dargestellt. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen [5, 6]:

- Rohmaterial mit Hammer- oder Backenbrecher auf 30–50 mm Korngrösse zerkleinern; Feinanteile unter 30 mm entfernen
- gebrochenes Rohmaterial zusammen mit notwendiger Brennstoffmenge (Koks und Anthrazit) in Schachtofen einfüllen, bei 900 bis 1000 °C brennen
- Brenngut (Kalkklinker) mit soviel Wasser benetzen, dass freier Kalk (CaO) gelöscht (hydratisiert) wird, Produkt bis zur vollständigen Reaktion noch mindestens einen Monat lagern:

$$CaO + H_2O \Rightarrow Ca(OH)_2$$

- Kalkklinker zusammen mit 3–5 % Rohgipsstein in Kugelmühle zu feinem Pulver, dem gebrauchsfertigen hydraulischen Kalk, vermahlen

Hydraulischer Kalk darf nicht mit *Weisskalk* verwechselt werden, der vor allem in der Putzindustrie, aber auch für Bodenstabilisierungen verwendet wird. In ungelöschter Form (Weissfeinkalk) muss er mindestens 85 % aktives Calciumoxid (CaO) und in gelöschter Form (Kalkhydrat) mindestens 90 % aktives Calciumhydroxid ($Ca(OH)_2$) enthalten [4]. Weisskalk verfestigt sich fast ausschliesslich an der Luft durch die Reaktion mit Kohlendioxid (CO_2, «Kohlensäure») und Wasser. Dabei entsteht Calciumcarbonat ($CaCO_3$), das Material, aus dem Weisskalk ursprünglich hergestellt wurde:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 + H_2O \Rightarrow CaCO_3 + 2\,H_2O$$

Chemische und physikalische Eigenschaften von HK

Typische Werte der chemischen Analyse von hydraulischem Kalk und Portlandzement sind in *Tabelle 2* zusammengestellt [7]. Siliziumdioxid und Aluminiumoxid sind sogenannte hydraulische Komponenten. Sie liegen hauptsächlich als C_2S

Bestandteil	Gehalt in Massenprozent	
	hydraulischer Kalk (Messwerte aus einer Fabrik)	Portlandzement (Richtwerte nach [7])
Calciumoxid (Kalk)	ca. 41	62 ± 3
Siliziumdioxid	ca. 30	21 ± 2
Aluminiumoxid	ca. 6	5 ± 1
Eisenoxid	ca. 3	2,5 ± 1
Magnesiumoxid	ca. 2	2 ± 1
Schwefelsäureanhydrid	ca. 3	2,3 ± 1
Alkalioxide ($Na_2O + K_2O$)	ca. 1	1 ± 0,5
Glühverlust (vor allem CO_2 und H_2O)	ca. 15	1,4 ± 1
Unlösliches	ca. 12	0,5 ± 1

Tab. 2 Typische Werte für die chemische Zusammensetzung von hydraulischem Kalk und Portlandzementen.

6 Die Rolle des Mehlkorns im Beton

Als Mehlkorn wird derjenige Teil der Zuschlagstoffe bezeichnet, dessen Korndurchmesser unter 0,125 mm liegt. Natürlich gerundetes Kiessandmaterial muss gemäss Norm SIA 162, Ziffer 5 14 24 [11], einen Mehlkornanteil zwischen 3 und 8 % aufweisen. Für Betone mit besonderen Eigenschaften (insbesondere für Pumpbeton) und für Sichtbetone wird in der gleichen Norm empfohlen, den Mehlkornanteil über 350 kg/m³ zu halten. (Zement wird ebenfalls zum Mehlkorn gezählt.)
Schweizer Natursande werden häufig gewaschen. Deshalb fehlt dem Kiessand oft ein Teil der benötigten Mehlkornmenge. Sie lässt sich durch Sand, Zement, Filler oder hydraulischen Kalk ergänzen. Ein optimaler Mehlkorngehalt wirkt sich besonders auf die Frischbetoneigenschaften aus. Erfahrungsgemäss gilt unter anderem [12]:

- mehlfeine Stoffe erhöhen die Schmierfilmmenge ohne nennenswerte Erhöhung der Anmachwassermenge
- Mehlkorn verbessert die Verarbeitbarkeit
- Mehlkorn verbessert das Wasserrückhaltevermögen
- Mehlkorn vermindert Entmischungstendenz beim Einbringen und erleichtert das Verdichten.

Allerdings kann in einem Beton auch zuviel Mehlkorn vorhanden sein. Da sich dadurch der Wasseranspruch des Betons erhöht, verschlechtern sich Betoneigenschaften, die vom Wassergehalt abhängen, also beispielsweise die Druckfestigkeit. Der Frischbeton wird klebrig oder teigig. In Deutschland ist deshalb in der DIN-Norm 1045 der höchstzulässige Mehlkorngehalt für bestimmte Betone im Aussenbereich auf 350 kg/m³ (Zementgehalt ≤ 300 kg/m³) bzw. 400 kg/m³ (Zementgehalt ≤ 350 kg/m³) beschränkt worden [13].

und C_3A vor, die auch in Portlandzementen enthalten sind (siehe [3]). In hydraulischem Kalk erhärten sie wie in Portlandzement ohne Luft und in Wasser. Je mehr ein hydraulischer Kalk davon enthält, desto höher wird seine Festigkeit. Der im hydraulischen Kalk ebenfalls vorliegende sogenannte freie Kalk erhärtet nur in Gegenwart von Kohlenstoffdioxid und Wasser.
Die Anforderungen an die Druckfestigkeit von hydraulischem Kalk sind niedrig (siehe *Tabelle 1)*. Charakteristisch ist dagegen seine im Vergleich zu Zementen sehr grosse Mahlfeinheit (Blaine-Wert). Diese beträgt:

- rund 7500 cm²/g bei hydraulischem Kalk
- rund 4000 cm²/g bei CEM I 52,5
- rund 3000 cm²/g bei CEM I 42,5
- rund 2500 cm²/g bei CEM I 32,5

Hydraulischer Kalk als Zusatzstoff

Über hydraulischen Kalk als Betonzusatzstoff wurde bereits mehrmals im «Cementbulletin» berichtet [1, 8, 9]. In einer umfangreichen Broschüre über hydraulischen Kalk, die 1987 von der TFB herausgegeben wurde, wird für eine ganze Reihe von Betonanwendungen die Zugabe von 20 bis 30 kg hydraulischem Kalk zum Beton empfohlen; die Zementdosierung (in der Regel 300 kg/m³) wird nicht reduziert [6]. Und auch in Frankreich wurde vor 20 Jahren die Verwendung von hydraulischem Kalk als Zusatzstoff propagiert, um die Plastizität und das Wasserrückhaltevermögen von Beton zu verbessern [10].
Wer sich allerdings auf experimentell gesicherte veröffentlichte Resultate über die Anwendung von hydraulischem Kalk berufen will, kommt in Schwierigkeiten. Erfahrungen aus der Praxis und Einzelversuche zeigen jedoch immer wieder: Hydraulischer Kalk ist vor allem eine Verarbeitungshilfe.

Literatur

[1] «Hydraulischer Kalk – Seine Vorzüge; seine Verwendung», Cementbulletin **2** [4], 1–6 (1934).
[2] *Hutchinson, G. W.*, «L'influence de la chaux hydraulique sur le béton», Revue des matières de construction et de travaux publics **1933**, 63–65.
[3] *Hermann, K.*, «Zusatzstoffe» (Teil 1), Cementbulletin **63** [4], 3–7 (1995).
[4] Norm SIA 215, «Mineralische Bindemittel» (Ausgabe 1978).
[5] *Hermann, K.*, «Kalk», Cementbulletin **61** [24], 1–6 (1993).
[6] «Hydraulischer Kalk – Eigenschaften/Anwendungen», herausgegeben von der TFB, Wildegg (Dezember 1987).
[7] *Eichenberger, H.*, «Loblied des Kalkes», Jahresbericht 1987 des Vereins Schweizerischer Zement-, Kalk- und Gips-Fabrikanten.
[8] *Trüb, U.*, «Die Beigabe von Hydraulischem Kalk zum Beton», Cementbulletin **40** [1], 1–5 (1972).
[9] *Trüb, U.*, «Beigabe von Hydraulischem Kalk zu Beton», Cementbulletin **52** [1], 1–4 (1984).
[10] «Les chaux hydrauliques», Notice technique, herausgegeben vom Syndicat National des Fabricants de Ciment et de Chaux, Paris (1975).
[11] Norm SIA 162, «Betonbauten» (Ausgabe 1993).
[12] *Meyer, B.*, «Die Rolle des Mehlkorns in der Betonmischung», Cementbulletin **54** [6], 1–8 (1986).
[13] DIN 1045, «Beton und Stahlbeton – Bemessung und Ausführung» (1978).

Erfahrungen eines Spritzbetonanwenders

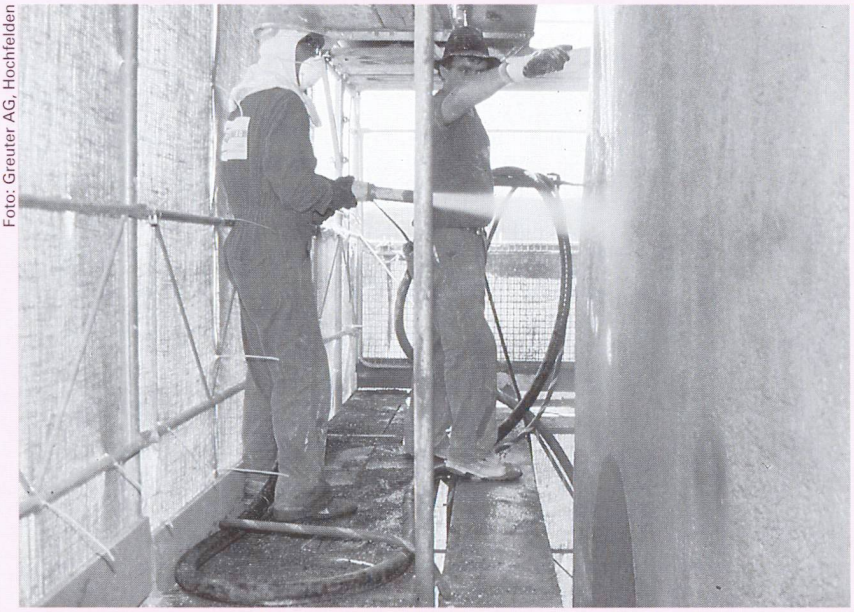

Foto: Greuter AG, Hochfelden

Spritzbeton wird heute oft mit hydraulischem Kalk als Zusatzstoff eingesetzt.

In einer Firma, die seit vielen Jahren Spritzbeton im Trockenspritzverfahren einsetzt, war es lange üblich, dem Spritzbeton etwas hydraulischen Kalk beizugeben, um seine Verarbeitbarkeit zu verbessern. Besonders die Oberflächenbearbeitung, beispielsweise das Taloschieren, ging dann leichter von der Hand. Im Zuge der Optimierung der Arbeitsabläufe wurde Ende der 80er Jahre auf die Beigabe von hydraulischem Kalk verzichtet. Seit rund zwei Jahren wird dem Spritzbeton allerdings wieder regelmässig hydraulischer Kalk beigegeben.

Der Grund: Im Sanierungsbereich sollte der Elastizitätsmodul des Spritzbetons möglichst gleich oder tiefer sein als derjenige des Altbetons. Spritzbeton enthält aber verhältnismässig viel Portlandzement und erreicht dadurch hohe E-Module (36 000 bis 38 000 N/mm^2). Wenn jedoch etwa 10 % des Zements durch hydraulischen Kalk ersetzt werden, können E-Module um 30 000 bis 32 000 N/mm^2 erreicht werden. Gleichzeitig vermindert sich auch die Druckfestigkeit des Betons, sie bleibt aber genügend hoch.
Geschätzt wird hydraulischer Kalk in der erwähnten Firma auch als Ergänzung in Zuschlagmaterial mit ungünstiger Sieblinie im Feinstbereich. Und schliesslich wurden eine verbesserte Verarbeitbarkeit und ein grösseres Wasserrückhaltevermögen sowie weniger Probleme mit dem Bluten von Beton beobachtet. In den meisten Fällen wird davon ausgegangen, dass zudem die Rückprallmenge vermindert wird.

Hydraulischer Kalk verdankt einen wesentlichen Teil seines positiven Einflusses auf die Eigenschaften von Frischbeton seiner grossen Mahlfeinheit. Sie bewirkt, dass er als Mehlkornersatz fungieren kann (siehe Kasten «Die Rolle des Mehlkorns im Beton»).
Allerdings ist unbedingt zu berücksichtigen, dass die Zugabe von hydraulischem Kalk zu einem Beton, der bereits genügend Mehlkorn enthält, zu negativen Effekten führen kann: Der Wasseranspruch erhöht sich und die vom Wassergehalt abhängenden Eigenschaften (beispielsweise die Druckfestigkeit) verschlechtern sich; der Frischbeton wird klebrig, und der Festbeton schwindet stark.
Als gesichert dürfen folgende positive Einwirkungen von hydraulischem Kalk auf einen gut zusammengesetzten Beton gelten:

- verbesserte Verarbeitbarkeit
- verbessertes Wasserrückhaltevermögen und damit weniger Bluten während und nach der Verarbeitung
- plastischerer Frischbeton
- verminderte Entmischung während Transport und Einbringen des Frischbetons
- gleichmässigere Sichtbetonoberflächen

Aus dieser Aufzählung ergeben sich auch die folgenden wichtigen Anwendungen von hydraulischem Kalk:

- Pumpbeton
- Fliessbeton
- Sichtbeton

Beim Pumpbeton wirken sich vor allem das verbesserte Wasserrückhaltevermögen (unter grossem Förderdruck im Rohr kein Wasser abgeschieden) und die erhöhte Schmierfilmmenge positiv aus. Auch beim Sichtbeton ist das grössere Wasserrückhaltevermögen des Frischbetons wichtig, da es zu gleichmässigeren Oberflächen führt.
Seit einigen Jahren wird hydraulischer Kalk wieder vermehrt in Spritzbeton eingesetzt, und zwar sowohl beim Nass- als auch beim Trockenverfahren. Einige Erfahrungen eines Spezialisten sind in einem separaten Kasten zusammengefasst.
Ein Artikel über hydraulischen Kalk wäre unvollständig ohne einen Hinweis darauf, dass dieses Bindemittel auch in Kalkmörtel und verlängerten Mörteln zum Mauern sowie als Bestandteil von weiteren Mörteln wie Verputzmörteln (Grundputze, Fassadenverputze bei Neubauten und Renovationen) eingesetzt wird. Diese Mörtel sind weich und geschmeidig und besitzen ein grosses Wasserrückhaltevermögen.

Kurt Hermann