Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 63 (1995)
Heft: 8

Artikel: Zusatzstoffe. Teil 5, Füller
Autor: Hermann, Kurt
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-153806

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: 15.07.2025

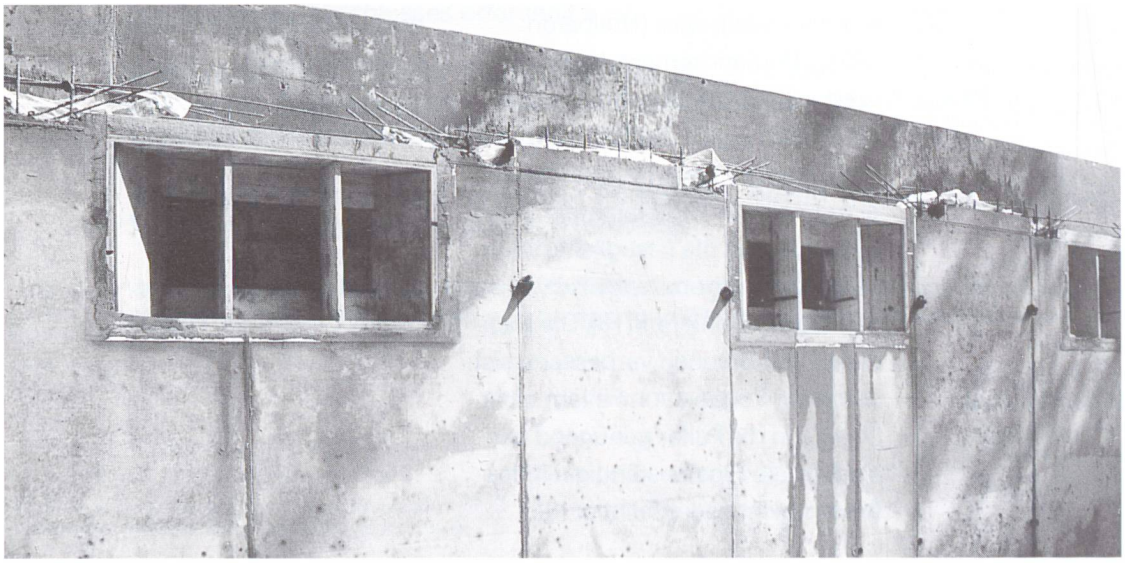
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Zusatzstoffe: Füller

Teil 5

Kalkstein ist der in der Schweiz am häufigsten eingesetzte Füller; er wird sowohl als Betonzusatzstoff als auch als Bestandteil des CEM II/A-L (Portlandkalksteinzement) verwendet.

Als Füller (bzw. Filler) werden oft inerte Stoffe bezeichnet, die im neutralen oder alkalischen Milieu weitgehend unlöslich sind. Sie gehen keine chemischen Reaktionen ein und tragen nicht direkt zur Festigkeitsentwicklung von Betonen und Mörteln bei. Diesen sehr engen Anforderungen entsprechen nur wenige Stoffe, beispielsweise Quarzmehle. Wesentlich umfassender ist die Definition von Füllern, die nach Norm SIA 215.002 [1] (entspricht ENV 197–1) in CEM-Zementen verwendet werden dürfen (Ziffer 4.8): «Füller sind besonders ausgewählte, natürliche oder künstliche anorganische mineralische Stoffe, die nach entsprechender Aufbereitung aufgrund ihrer Korngrössenverteilung die physikalischen Eigenschaften von Zement (z. B. Verarbeitbarkeit oder Wasserrückhaltevermögen) verbessern. Sie können inert sein oder schwach ausgeprägt hydraulische, latent hydraulische oder puzzolanische Eigenschaften aufweisen. Diesbezüglich werden jedoch keine Anforderungen an sie gestellt. (...) Sie dürfen den Wasserbedarf von Zement nicht wesentlich erhöhen sowie die Beständigkeit des Betons oder Mörtels in keiner Weise beeinträchtigen oder den Korrosionsschutz herabsetzen.»
Aufgrund dieser Definition können auch natürliche und künstliche Puzzolane zu den Füllern gezählt werden, wenn sie genügend fein sind. Erinnert sei daran, dass Flugaschen und Silicastäube neben ihren ausgeprägten puzzolanischen Eigenschaften auch Füllereigenschaften aufweisen.
Im folgenden wird kurz allgemein auf Füller eingegangen. Der Haupt-



Frisch ausgeschalte Mauer aus CEM-II/A-L-haltigem Beton.
Foto: Heinz Zuber, PCO, Olten

teil des Artikels handelt von Kalkstein als Füller in Portlandkalksteinzementen. Einerseits wurde diese Kombination häufig untersucht, andererseits werden Portlandkalksteinzemente seit einigen Monaten in der Schweiz produziert.
Der vorliegende Artikel gehört zu einer kleinen Reihe über Zusatzstoffe, die mit einer allgemeinen Einleitung begann [2] und mit Artikeln über hydraulischen Kalk [3], Flugaschen [4] und Silicastaub [5] fortgesetzt wurde. Sie wird in der nächsten Ausgabe des «Cementbulletins» mit einem Artikel über Pigmente abgeschlossen werden.

Chemische Reaktionen von Kalkstein?

Die Rolle des Kalksteins beim Abbinden von CEM II/A-L ist noch nicht abschliessend geklärt. Ursprünglich wurde meist davon ausgegangen, dass er sich als Füller verhält und damit nur physikalische Einflüsse ausübt. In letzter Zeit sind jedoch einige Publikationen erschienen, in denen eine Reaktion zwischen Kalkstein (also Calciumcarbonat, $CaCO_3$) und C_3A des Klinkers zu Calciummonocarboaluminat ($3\,CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCO_3 \cdot 11\,H_2O$) nachgewiesen wird [18–20]. Da diese Reaktionen anscheinend nur in geringem Umfang auftreten, dürften sie das Verhalten von CEM II/A-L nur wenig beeinflussen.

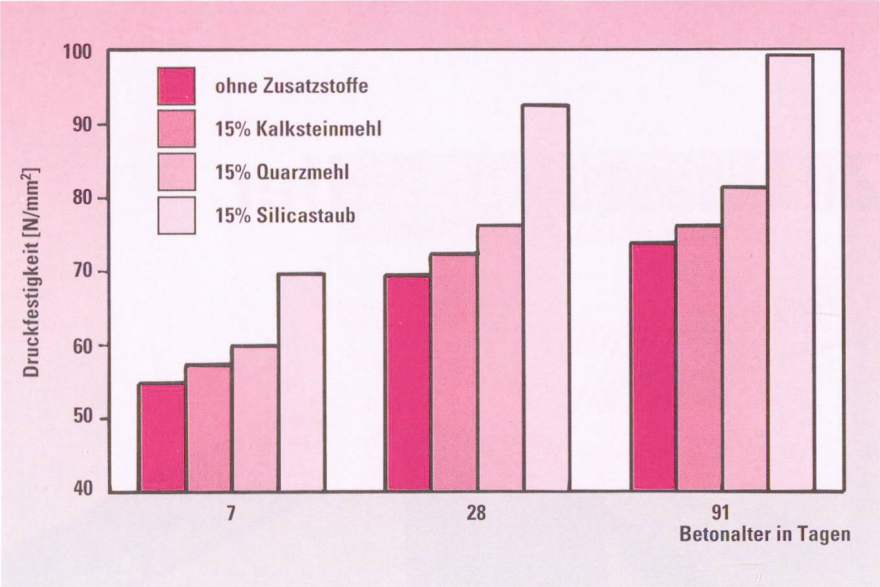


Abb. 1 Druckfestigkeitsentwicklung von zusatzstoffhaltigen Betonen nach [6] (siehe Text). Grafik: TFB/ZSD, S. Einfalt

Allgemeine Wirkungen von Füllern

Feingemahlene Füller bilden eine Ergänzung des Zements im Feinbereich: Durch die bessere Raumerfüllung haben sie einen stabilisierenden Effekt im Zementleim.
Mit zunehmender Packungsdichte nimmt im allgemeinen auch die Festigkeit zu. Dies zeigt sich in *Abbildung 1*, in der der Einfluss der Zugabe von jeweils 15 Massenprozent (bezogen auf Zementgehalt) Kalksteinmehl (spezifische Oberfläche 3400 cm^2/g), Quarzmehl (spezifische Oberfläche 14 500 cm^2/g) bzw. Silicastaub auf die Druckfestigkeit dargestellt wird (Nullbeton: 360 kg Portlandzement, W/Z-Wert = 0,45). Von den beiden inerten Füllern ergibt das feinere Quarzmehl eine grössere Festigkeitssteigerung als das Kalksteinmehl; beim Silicastaub ist die Festigkeitssteigerung infolge der puzzolanischen Reaktion dominierend [6]. Die Dichtigkeit von Betonen verbesserte sich durch die Zugabe von Füllern nicht [7]. Wenn die Füller genügend fein sind, ist die Frostbeständigkeit des Betons nicht beeinträchtigt [8].

Bei der Festlegung der Füllermenge sind mehrere Parameter zu berücksichtigen. Ausschlaggebend sind die Rohstoffe (Feinstanteile!), das Mischungsverhältnis und die Anforderungen an den Beton. Meistens werden 5–15 % des Zementgehalts eingesetzt. Dabei ist darauf zu achten, dass der nach Norm SIA 162, Ziffer 5 14 24 [9], zulässige Mehlkorngehalt von 3 bis 8 % des Kiessandmaterials nicht überschritten wird. Zum Mehlkorn werden der Zement und derjenige Teil der Zuschlag- und Zusatzstoffe gerechnet, dessen Korndurchmesser unter 0,125 mm liegt.

Portlandkalksteinzemente: CEM II/A-L

Die meisten Daten über Kalksteinmehl, den in der Schweiz wohl am meisten eingesetzten Füller, stammen aus Untersuchungen von Zementen, denen der Kalkstein bereits während des Mahlens zugefügt wurde. Diese Zemente werden im Ausland – besonders in Frankreich, aber auch in Deutschland – häufig eingesetzt.
In der Schweiz ist Portlandkalksteinzement CEM II/A-L (häufig auch PKZ genannt) seit einigen Monaten ebenfalls erhältlich. Unter den zahlreichen möglichen Mischzementen ist der Portlandkalksteinzement der einzige, der mit einheimischen Rohstoffen hergestellt werden kann.

Normierung

Die korrekte Bezeichnung der Portlandkalksteinzemente lautet CEM II/A-L, ergänzt durch die Festigkeitsklasse, also beispielsweise CEM II/A-L 32,5. Diese Zementsorte wird gegenwärtig in der Schweiz produziert. Hergestellt werden könnten aber auch Portlandkalksteinzemente der Festigkeitsklassen 32,5 R, 42,5 und 42,5 R. (Zur Nomenklatur von CEM-Zementen siehe [10].)
Ein CEM II/A-L enthält 80–94 Masseprozent Portlandzementklinker und 6–20 % Kalkstein. Nicht jeder Kalkstein eignet sich für die Herstellung von CEM II/A-L. Er muss mindestens 75 Masseprozent Calciumcarbonat und darf maximal 1,20 Masseprozent Ton sowie 0,20 Masseprozent organische Bestandteile (TOC) enthalten. Allerdings kann Kalkstein mit einem TOC von 0,20 bis 0,50 Masseprozent «ebenfalls für die Herstellung von Zement mit annehmbarer Leistungsfähigkeit geeignet sein» [1].

Foto: Bram van Egmond, TFB

CEM II/A-L eignet sich gut für Zementstabilisierungen.

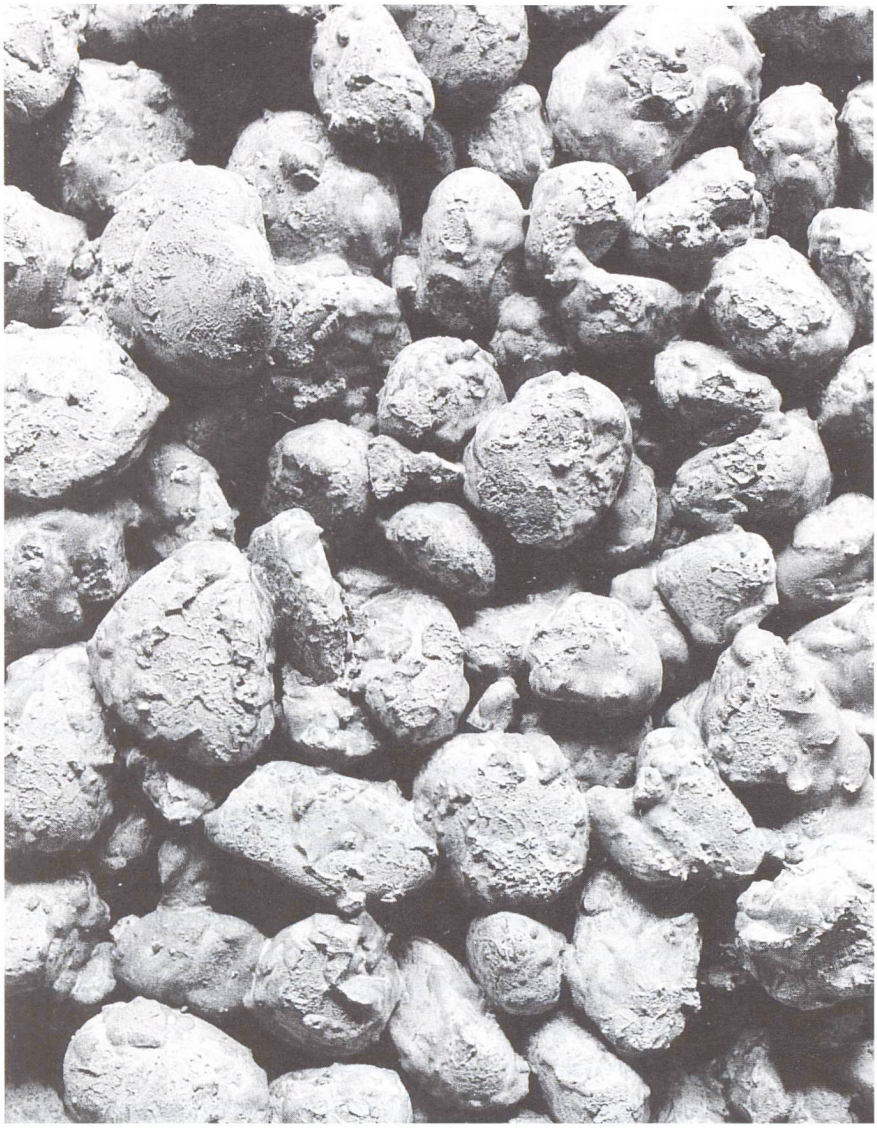


Foto: TFB-Archiv

Eine mögliche Anwendung von CEM II/A-L: Sickerbeton.

Frischbetoneigenschaften

Der Wasseranspruch von CEM II/A-L ist niedriger als derjenige von Portlandzement (CEM I) gleicher Festigkeit. Dadurch kann der W/Z-Wert gesenkt werden, was gleichbedeutend mit einer Verbesserung der Betonqualität ist [11]. Betone mit CEM II/A-L 32,5 haben im allgemeinen eine etwas weichere Ausgangskonsistenz als vergleichbare Betone mit CEM I [12].

Nach einem vereinfachten Modell verdrängen die feinen Partikel des Kalksteins im CEM II/A-L einen Teil der Wassermoleküle aus den Hohlräumen zwischen den Zementkörnern und stehen als zusätzliches «Gleitmittel» zur Verfügung. Dadurch wird die Betonkonsistenz weicher. Zudem verbessert sich auch das Wasserrückhaltevermögen, und die Struktur des Betons wird dichter [11].

Betone mit CEM II/A-L sind ganz allgemein besser verarbeitbar als Betone mit den entsprechenden CEM I. Sie lassen sich gut verdichten, weisen eine geringe Neigung zum Entmischen auf und sondern – wie erwähnt – wenig Wasser ab [11].

Verflüssiger und Fliessmittel können bei CEM II/A-L eher niedriger dosiert werden als bei CEM I, um den gleichen Effekt zu erreichen. Bei Verzögerern und bei Luftporenbildnern bleiben die Dosierungen ungefähr gleich [13].

Festbetoneigenschaften

Die Entwicklung der Druckfestigkeit von Betonen aus vergleichbaren CEM II/A-L und CEM I ist ähnlich (siehe *Tabelle 1)*. Der wegen des geringeren Portlandzementgehalts zu erwartende Festigkeitsverlust bei CEM II/A-L-Betonen wird vor allem durch die feinere Mahlung des CEM II/A-L kompensiert; durch sie wird die Aktivität des Portlandzementklinkers erhöht.

CEM II/A-L kann für bewehrte Bauteile eingesetzt werden. Verschiedene Untersuchungen zeigen nämlich, dass der Kalkstein nur einen geringfügigen negativen Effekt auf die Karbonatisierungstiefe hat [11, 13, 14]. Entscheidend für das Fortschreiten der Karbonatisierung scheint nicht die Zementart, sondern – neben anderen Faktoren – die Festigkeit und die Dichtigkeit des Betons zu sein [15]. Ähnliches gilt für die Chlorideindringtiefe, obwohl hier auch die Permeabilität und die Fähigkeit des Betons, Chloridionen zu binden, eine Rolle spielen können [15, 16]. Ausschlaggebend für die Sulfatbeständigkeit sind der C_3A-Gehalt des Klinkers und die Dichtigkeit des Betons [15].

Eingehende Untersuchungen wurden über die Frost- und Frosttausalzbeständigkeit von Betonen mit CEM II/A-L durchgeführt [11, 13, 14 usw.]. Ohne näher auf die verwendeten Verfahren und eingesetzten Zemente einzugehen, kann festgehalten werden:

- Wenn der verwendete CEM II/A-L geeigneten Kalkstein enthält, ist der Frostwiderstand von daraus hergestelltem Beton gut und demjenigen von Beton aus vergleichbarem CEM I ähnlich.
- Entscheidend für die Frosttausalzbeständigkeit ist nicht die

Eigenschaft	Einheit	PZ 35 F[1)]	PKZ 35 F[2)]
Dichte	kg/m³	3080–3120	3040–3080
Wasseranspruch	%	23,0–27,6	23,0–27,0
Abbindezeit			
Beginn	min	149–192	160–199
Ende	min	191–234	180–237
Kalksteingehalt	%		13–17
Druckfestigkeit			
2 Tage	N/mm²	20–24	19–22
7 Tage	N/mm²	33–39	32–41
28 Tage	N/mm²	46–49	45–52
90 Tage	N/mm²	56–57	49–56
180 Tage	N/mm²	60–62	52–57
Biegezugfestigkeit			
2 Tage	N/mm²	4,3–5,3	3,8–5,0
7 Tage	N/mm²	6,2–7,3	5,8–6,8
28 Tage	N/mm²	8,4–9,2	7,5–8,6
90 Tage	N/mm²	8,7–9,6	8,3–9,0
180 Tage	N/mm²	9,5–9,8	8,7–9,3

1) entspricht ungefähr einem CEM I 32,5 2) entspricht ungefähr einem CEM II/A-L 32,5

Tab. 1 Ausgewählte physikalische Eigenschaften eines Portlandzements (PZ 35 F) und eines Portlandsteinzements (PKZ 35 F) bzw. der daraus hergestellten Mörtel, bestimmt nach ENV 196 [11].

Zementart, sondern der Gehalt und die Verteilung der Luftporen.

Anwendungen von CEM II/A-L

Beton niedriger Druckfestigkeit kann mit einem Zement hoher Normdruckfestigkeit hergestellt werden, indem beispielsweise der Zementgehalt herabgesetzt wird. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, einen Zement mit niedriger Normdruckfestigkeit (CEM I 32,5 oder CEM II/A-L 32,5) zu verwenden. Letzteres ist vorzuziehen, denn ein niedriger Zementgehalt verschlechtert die Fliesseigenschaften des Frischbetons und führt zu einem porösen Festbeton mit ungenügender Dauerhaftigkeit [17]. Wenn feinstsandarme Zuschlagstoffe eingesetzt werden müssen, lassen sich günstige Frisch- und Festbetoneigenschaften besser mit CEM II/A-L als mit CEM I und Mehlkornersatz (Steinkohlenflugasche, Kalksteinmehl) erreichen [13]. Das Kalksteinmehl in CEM II/A-L beeinflusst die Beschaffenheit und Erscheinung der Betonoberfläche positiv. Praktiker schätzen die Tatsache, dass sich Betone mit CEM II/ A-L gut verarbeiten lassen. Sie eignen sich besonders für Betonteile, für deren Herstellung glatte Schalungen verwendet werden. Zu den Bereichen, in denen CEM II/A-L gut einsetzbar ist, gehören: Hoch- und Tiefbau, Massenbeton, Pump- und Kranbeton, Sickerbeton, Magerbeton, Überzüge, Unterlagsböden, Bodenstabilisierungen.

Kurt Hermann

Literatur

[1] Norm SIA 215.002, «Zement – Zusammensetzung, Anforderung und Konformitätskriterien – Teil 1: Allgemein gebräuchlicher Zement» (Ausgabe 1993).

[2] *Hermann, K.*, «Zusatzstoffe», Cementbulletin **63** [4], 3–7 (1995).

[3] *Hermann, K.*, «Zusatzstoffe: Hydraulischer Kalk», Cementbulletin **63** [5], 3–7 (1995).

[4] *Hermann, K.*, «Zusatzstoffe: Flugaschen», Cementbulletin **63** [6], 3–7 (1995).

[5] *Hermann, K.*, «Zusatzstoffe: Silicastaub», Cementbulletin **63** [7], 3–7 (1995).

[6] «Betonzusätze», Tätigkeitsbericht 1990–1993, herausgegeben vom Verein Deutscher Zementwerke e.V., Forschungsinstitut der Zementindustrie (1993), Seiten 118–122.

[7] *Paschmann, H.*, und *Grube, H.*, «Einfluss mineralischer und organischer Zusatzstoffe auf die Dichtigkeit gegenüber organischen Flüssigkeiten und auf weitere Eigenschaften des Betons», Beton **44** [1], 24–29 und [2], 86–91 (1994).

[8] *Krell, J.*, und *Wischers, G.*, «Einfluss der Feinststoffe im Beton auf Konsistenz, Festigkeit und Dauerhaftigkeit», Beton **38** [9], 356–359 und [10], 401–404 (1988).

[9] Norm SIA 162, «Betonbauten» (Ausgabe 1989).

[10] *Hermann, K.*, «Zemente: neue Normen und Sorten», Cementbulletin **62** [6/7], 3–11 (1994).

[11] *Schmidt, M.*, *Harr, K.*, and *Boeing, R.*, «Blended cement according to ENV 197 and experiences in Germany», Cement, Concrete, and Aggregates **15** [2], 156–164 (1993).

[12] *Siebel, E.*, und *Sprung, S.*, «Einfluss des Kalksteins im Portlandkalksteinzement auf die Dauerhaftigkeit von Beton», Teil 1, Beton **41** [3], 113–117 (1991).

[13] *Albeck, J.*, und *Sutej, B.*, «Eigenschaften von Betonen aus Portlandkalksteinzement», Beton **41** [5], 240–244 und [6], 288–291 (1991).

[14] *Siebel, E.*, und *Sprung, S.*, «Einfluss des Kalksteins im Portlandkalksteinzement auf die Dauerhaftigkeit von Beton», Teil 2, Beton **41** [4], 185–188 (1991).

[15] *Livesey, P.*, «Performance of limestone-filled cements» in *Swamy, R. N.* (Ed.), «Blended cements in construction», Elsevier Applied Science, London (1991), Seiten 1–15.

[16] *Cochet, G.*, and *Jésus, B.*, «Diffusion of chloride ions in Portland cement-filler mortars» in *Swamy, R. N.* (Ed.), «Blended cements in construction», Elsevier Applied Science, London (1991), Seiten 365–376.

[17] *Faveau, P.*, «Filler-composite cement: An energy-saving product», Third NCB International Seminar on Cement and Building Materials, New Delhi 1991, Proceedings Vol. 3, VII, 125–140 (1991).

[18] *Sprung, S.*, und *Siebel, E.*, «Beurteilung der Eignung von Kalkstein zur Herstellung von Portlandkalksteinzement (PKZ)», Zement-Kalk-Gips **44** [1], 1–11 (1991).

[19] *Barker, A. B.*, and *Cory, H. P.*, «The early hydration of limestone-filled cements» in *Swamy, R. N.* (Ed.), «Blended cements in construction», Elsevier Applied Science, London (1991), Seiten 107–124.

[20] *Ingram, K.*, *Polusny, M.*, *Daugherty, K.*, and *Rowe, W.*, «Carboaluminate reactions as influenced by limestone additions», in *Klieger, P.*, and *Hooton, R. D.* (Ed.), «Carbonate additions to cement», ASTM Publication STP 1064 (1990), Seiten 14–23.