Zemente : neue Normen und Sorten

Autor(en): **Hermann, Kurt**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Cementbulletin**

Band (Jahr): **62 (1994)**

Heft 6-7

PDF erstellt am: **01.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-153793

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Zemente: neue Normen und Sorten

Die Inkraftsetzung der Norm SIA 215.002 auf Anfang 1994 hat Folgen: Nach einer Übergangsphase werden die bisher gebräuchlichen Portlandzemente spätestens ab 1. Januar 1995 neue Bezeichnungen erhalten und teilweise geringfügig veränderte Eigenschaften aufweisen. Zudem werden bald neue Zemente auf dem Markt sein.

Foto: "HCB

"HCB Eclépens, Eclépens.

Die Norm SIA 215.002

Die europäische Normierung der Zemente macht auch vor unseren Grenzen nicht halt: Seit dem 1. Januar 1994 gilt in der Schweiz die Norm SIA 215.002 [1], die den Titel «Zement – Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien – Teil 1: Allgemein gebräuchlicher Zement» trägt. Es handelt sich dabei um die Europäische Vornorm ENV 197–1 [2], die um ein kurzes nationales Vorwort erweitert wurde. Den Zementproduzenten wurde eine Frist bis 1. Januar 1995 eingeräumt, um ihre Produktion den Anforderungen dieser neuen Norm anzupassen, soweit Anpassungen überhaupt notwendig sind. Europäische Vornormen (ENV) sollten nach drei bis fünf Jahren – gegebenenfalls in abgeänderter Form – in Europäische Normen (EN) umgewandelt werden. Ein Beispiel ist die Europäische Norm EN 196 «Prüfverfahren für Zement», die seit 1. Januar 1992 den Status einer Schweizer Norm besitzt. Sie ersetzt als Norm SIA 215.001 [3] jene Teile der Norm SIA 215 [4], «welche die Prüfung von Zementen der Sorten PC, HPC und PCHS behandeln».

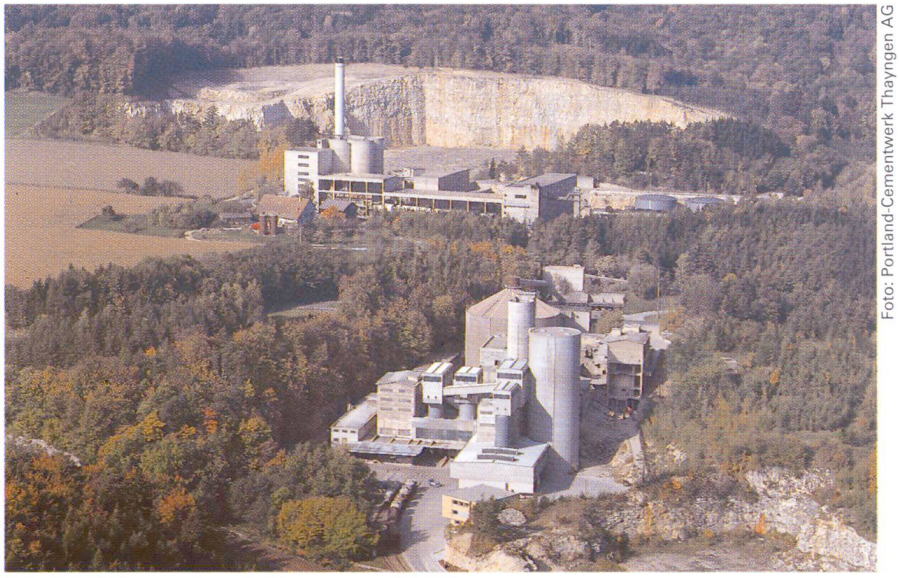

Foto: Portland-Cementwerk Thayngen AG

Portland-Cementwerk Thayngen AG, Thayngen.

Zementnormung in Europa

Erste Versuche zur genaueren Umschreibung von Zementsorten gehen viele Jahre zurück. In verschiedenen Ländern wurden nationale Normen eingeführt, die den spezifischen Gegebenheiten (beispielsweise vorhandene Rohstoffe, Stand der Technologie der Zementerzeugung, Baugewohnheiten und Klima) Rechnung trugen.

Foto: Brodtbeck AG

Brodtbeck AG Portlandzement, Pratteln (Werk Lausen).

Die Initiative zu einer Normierung von Zementen in Europa wurde 1969 von der damaligen EWG ergriffen. Sie betraute im Jahr 1973 das Europäische Komitee für Normung (CEN, Comité Européen de Normalisation) mit dieser Aufgabe. Das CEN, dem die Normenvereinigungen der Mitgliedländer der EU und der EFTA, also auch der Schweiz, angehören, übertrug die Ausarbeitung der Zementnormen dem Technischen Komitee CEN/TC 51.

In den frühen 80er Jahren legte dieses Komitee die Anforderungen an Zemente fest, die in die zukünftige EN 197 aufgenommen werden sollten. Es sollte sich um Zemente handeln, die bei allen Beton- und Stahlbetonbauten verwendet werden können und in den meisten Ländern Westeuropas hergestellt und verwendet werden. Ein auf dieser Basis ausgearbeiteter Entwurf wurde jedoch 1989 von den CEN-Mitgliedern abgelehnt. Einige Länder wollten alle auf nationaler Ebene normierten Zemente berücksichtigen.

Zudem fordert die EU-Bauproduktenrichtlinie die Aufnahme sämtlicher traditionellen und erprobten Zementarten, damit technische Handelshemmnisse im Bereich des Bauwesens beseitigt werden können. Darauf beschloss das Technische Komitee CEN/TC 51, die zukünftige EN 197 in mehrere Teile zu gliedern.

In der jetzt vorliegenden und Ende April 1992 angenommenen ENV 197–1 [2] werden nur Zemente behandelt, bei denen «das Erhärten in der Hauptsache auf der Hydratation von Calciumsilikaten beruht und die für eine allgemein übliche Anwendung vorgesehen sind». Zemente mit anderen Erhärtungsmechanismen oder zusätzlichen besonderen Eigenschaften sollen als weitere Teile der Vornorm behandelt werden.

Für die Hersteller und Anwender von Zementen ergeben sich mit der Einführung der Norm SIA 215.002 einige nicht allzu einschneidende Konsequenzen. Dazu gehört unter anderem eine geänderte Bezeichnung der Zemente.

		Massenanteile in Prozent[1]		
Zementart	Bezeichnung	Klinker	Zusatzstoffe	Nebenbestandteile
I	**Portlandzement**	95–100	0	0–5
II	**Portlandkompositzement**	65–94	6–35	0–5
III	**Hochofenzement**	5–64	36–95	0–5
IV	**Puzzolanzement**	45–89	11–55	0–5
V	**Kompositzement**	20–64	36–80	0–5

[1] Die angegebenen Werte beziehen sich auf den Klinker sowie die Zusatzstoffe und Nebenbestandteile des Zements ohne Calciumsulfat (Gips) oder Zementzusatzmittel.

Tab. 1 Die fünf Hauptzementarten nach Norm SIA 215.002 [1].

Zementtypen gemäss ENV 197–1

In der ENV 197–1 bzw. in der Norm SIA 215.002 werden die Zemente folgendermassen unterteilt:

- Es gibt fünf Hauptzementtypen (I bis V), die zwischen 5 und 100 % Portlandzementklinker (abgekürzt mit «K») enthalten. Sie sind in *Tabelle 1* aufgeführt.
- Neben Portlandzementklinker (K) können die normierten Zemente granulierte Hochofenschlacke (Hüttensand, abgekürzt «S»), Silicastaub (D), natürliche und industrielle Puzzolane (P resp. Q), kieselsäurereiche und kalkreiche Flugaschen (V resp. W), gebrann-

Zement-art	Bezeichnung	Kenn-zeichnung	Massenanteile in Prozent[1] Portland-zement-klinker	Hütten-sand	Silicastaub	Puzzolan natürlich	Puzzolan industriell	Flugasche kiesel-säurereich	Flugasche kalkreich	Gebrannter Schiefer	Kalkstein	Neben bestand-teile[2]
			K	S	D[3]	P	Q[4]	V	W	T	L	
I	**Portlandzement**	I	95–100	0	0	0	0	0	0	0	0	0–5
II	**Portlandhüttenzement**	II/A-S	80–94	6–20	0	0	0	0	0	0	0	0–5
		II/B-S	65–79	21–35	0	0	0	0	0	0	0	0–5
	Portlandsilicastaubzement	II/A-D	90–94	0	6–10	0	0	0	0	0	0	0–5
	Portlandpuzzolanzement	II/A-P	80–94	0	0	6–20	0	0	0	0	0	0–5
		II/B-P	65–79	0	0	21–35	0	0	0	0	0	0–5
		II/A-Q	80–94	0	0	0	6–20	0	0	0	0	0–5
		II/B-Q	65–79	0	0	0	21–35	0	0	0	0	0–5
	Portlandflugaschezement	II/A-V	80–94	0	0	0	0	6–20	0	0	0	0–5
		II/B-V	65–79	0	0	0	0	21–35	0	0	0	0–5
		II/A-W	80–94	0	0	0	0	0	6–20	0	0	0–5
		II/B-W	65–79	0	0	0	0	0	21–35	0	0	0–5
	Portlandschieferzement	II/A-T	80–94	0	0	0	0	0	0	6–20	0	0–5
		II/B-T	65–79	0	0	0	0	0	0	21–35	0	0–5
	Portlandkalksteinzement	II/A-L	80–94	0	0	0	0	0	0	0	6–20	0–5
		I/B-L	65–79	0	0	0	0	0	0	0	21–35	0–5
	Portlandkompositzement	II/A-M	80–94	6–20[5]								
		II/B-M	65–79	21–35[5]								
III	**Hochofenzement**	III/A	35–64	36–65	0	0	0	0	0	0	0	0–5
		III/B	20–34	66–80	0	0	0	0	0	0	0	0–5
		III/C	5–19	81–95	0	0	0	0	0	0	0	0–5
IV	**Puzzolanzement**	IV/A	65–89	0	11–35				0	0	0	0–5
		IV/B	45–64	0	36–55				0	0	0	0–5
V	**Kompositzement**	V/A	40–64	18–30	0	18–30			0	0	0	0–5
		V/B	20–39	31–50	0	31–50			0	0	0	0–5

[1] Die angegebenen Werte beziehen sich auf die aufgeführten Haupt- und Nebenbestandteile des Zements ohne Calciumsulfat und Zementzusatzmittel.
[2] Nebenbestandteile können Füller oder ein Hauptbestandteil bzw. mehrere Hauptbestandteile sein, soweit sie nicht Hauptbestandteile des Zements sind.
[3] Der Anteil des Silicastaubs ist auf 10 % begrenzt.
[4] Der Anteil an Metallhüttenschlacken ist auf 15 % begrenzt.
[5] Der Anteil des Füllers ist auf 5 % begrenzt.

Tab. 2 Zusammensetzung der Zementarten nach Norm SIA 215.002 [1].

ten Schiefer (T) oder Kalkstein (L) enthalten. Abhängig von der Zusatzstoffart und -menge lassen sich die fünf Hauptzementtypen in insgesamt 25 Zementarten unterteilen, die in *Tabelle 2* zusammengestellt sind.

- Basierend auf der 28-Tage-Druckfestigkeit (Normmörteldruckfestigkeit) werden die Zemente in drei Festigkeitsklassen unterteilt, die den geforderten charakteristischen Mindestdruckfestigkeiten – 32,5, 42,5 und 52,5 N/mm² – entsprechen *(Tabelle 3)*.
- Eine weitere Unterteilung erlaubt die Abbindegeschwindigkeit: Zemente mit einer hohen 2-Tage-Festigkeit werden zusätzlich mit «R» – 32,5 R, 42,5 R, 52,5 R – bezeichnet *(Tabelle 3)*.

Normbezeichnung von Zementen

Nach ENV 197–1 sind Zemente mindestens mit folgenden Angaben zu kennzeichnen:

- CEM steht für einen europäisch normierten Zement.
- Zementart gemäss *Tabelle 2*.
- Normfestigkeitsklasse gemäss *Tabelle 3*.
- Zusatz des Buchstabens «R», wenn der Zement eine hohe Anfangsfestigkeit aufweist *(Tabelle 3)*.

Zwei Beispiele sollen dies verdeutlichen:

- *CEM I 42,5* ist ein Portlandzement der Normfestigkeitsklasse 42,5, der 95–100 % Portlandzementklinker enthält.

Festigkeitsklasse	Druckfestigkeit [N/mm²] Anfangsfestigkeit 2 Tage	7 Tage	Normfestigkeit 28 Tage		Erstarrungsbeginn [min]	Dehnungsmass [mm]
32,5	–	≥ 16	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 60	≤ 10
32,5 R	≥ 10	–				
42,5	≥ 10	–	≥ 42,5	≤ 62,5		
42,5 R	≥ 20	–				
52,5	≥ 20	–	≥ 52,5	–	≥ 45	
52,5 R	≥ 30	–				

Tab. 3 Mechanische und physikalische Anforderungen an CEM-Zemente [1].

Foto: K. Hürlimann Söhne AG

K. Hürlimann Söhne AG, Zementfabrik, Brunnen.

- *CEM II/A-L 32,5* ist ein Portlandkalksteinzement der Festigkeitsklasse 32,5, der 80–94 % Portlandzementklinker und 6–20 % Kalkstein (L) enthält.

Die Schweizer Zemente nach ENV 197–1

In der Schweiz wurden zur Zeit der Einführung der ENV 197–1 (Norm SIA 215.002) fast ausschliesslich Zemente der Haupttyps I, das heisst reine Portlandzemente, produziert. Diese Zemente werden auch weiterhin erhältlich sein, allerdings unter veränderten Bezeichnungen und gegebenenfalls mit relativ geringfügig veränderten Eigenschaften:

- Aus PC dürfte CEM I 42,5 werden.
- Aus HPC dürfte CEM I 52,5 werden.

Die Portlandzemente mit erhöhter Sulfatbeständigkeit werden in der ENV 197–1 nicht normiert. In der Schweiz wird ihre Bezeichnung dennoch der neuen Norm angepasst, indem sie mit dem Zusatz «HS» versehen und aufgrund ihrer 28-Tage-Festigkeit in die betreffende Festigkeitsklasse eingeteilt werden:

- Der bisher produzierte Portlandzement mit hoher Sulfatbeständigkeit (PCHS) wird zu CEM I HS 32,5 oder CEM I HS 42,5.
- Der hochwertigen Portlandzement mit hoher Sulfatbeständigkeit (HPCHS) wird zu CEM I HS 42,5 oder CEM I HS 52,5.

Nachweis der Normkonformität

Die Qualitätssicherung bei der Zementherstellung ist in der Schweiz nichts Neues; sie nimmt seit Jahren ihren festen Platz im Produktionsprozess ein. Die in der neuen Norm von den Zementherstellern verlangte kontinuierliche Überwachung der Qualität ihrer Produkte (Eigenüberwachung) wird schon lange praktiziert. Neu ist, dass die Prüfresultate laufend mittels statistischer Methoden auszuwerten sind und innerhalb genau definierter Grenzen liegen müssen (siehe [1] und [6]). Auch einzelne Prüfresultate dürfen gewisse Grenzwerte weder unter- noch überschreiten, und zudem wird die Zementqualität in der Schweiz durch ein Fremdorgan, die EMPA, überwacht.

Dem Anwender von Schweizer Zementen bringen die umfangreichen Massnahmen zur Qualitätssicherung eine weitere Steigerung des bereits sehr hohen Qualitätsstandards von Schweizer Zementen.

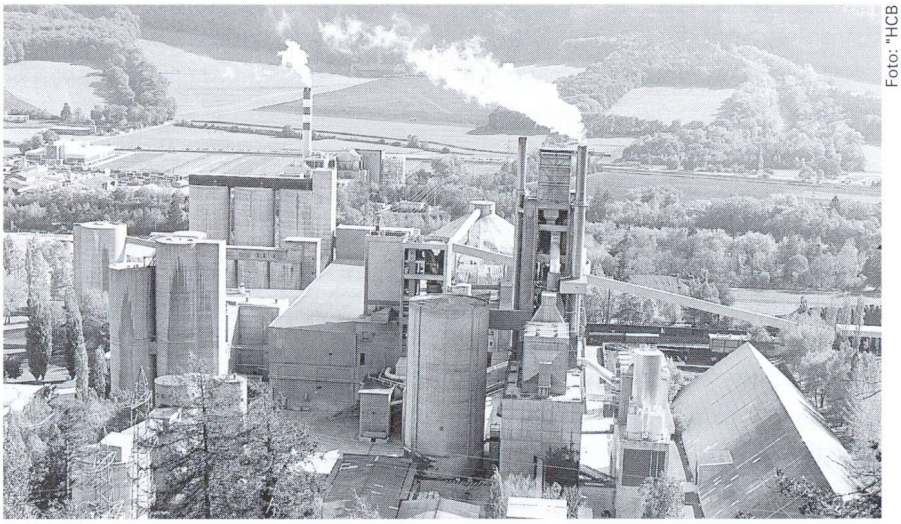

Foto: "HCB

BCU Bündner Cement Untervaz, Untervaz.

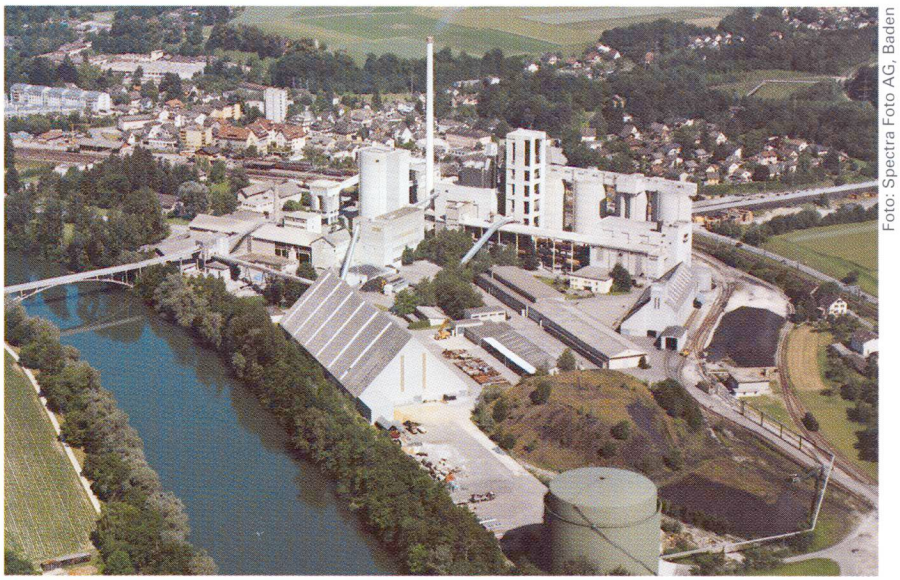

Foto: Spectra Foto AG, Baden

Jura-Cement Fabriken, Aarau-Wildegg (Zementwerk Wildegg).

Neue Schweizer Zemente

Am 31. Dezember dieses Jahres läuft die Frist für die Anpassung der Produktion in den Schweizer Zementwerken an die Norm SIA 215.002 ab. Auf das gleiche Datum lösen die in der E.G. Portland zusammengeschlossenen Zementhersteller auch das Zementkartell freiwillig auf. Dies bedeutet, dass jeder Produzent innerhalb der durch die relevanten SIA-Normen gegebenen Leitlinien frei über das von ihm angebotene Zementsortiment entscheidet.

Von den in der ENV 197–1 definierten 150 Zementsorten dürften in der Schweiz nur wenige hergestellt werden. Gegen eine zu grosse Aufblähung des Sortiments sprechen unter anderem die lokalen Gegebenheiten: Rohstoffe wie granulierte Hochofenschlacke (Hüttensande), Puzzolane oder Flugaschen müssten grösstenteils importiert werden.

Und vor allem: Die Produktion neuer Zementsorten ist das eine, ihr Verkauf bzw. ihre Akzeptanz durch die Anwender das andere. Hier spielen nicht nur Faktoren wie der Preis und das Festhalten an bewährten Betonsorten eine grosse Rolle, auch fehlende Silos in einem Fertigbetonwerk können die Nachfrage nach weiteren Zementsorten beeinflussen. Zu berücksichtigen ist zudem, dass die erstmalige Verwendung eines neuen Zements einen grossen Aufwand mit sich bringt.

Im Jahr 1993 lieferten die schweizerischen Zementwerke insgesamt 4 Millionen Tonnen Zement. Zu gut 93 % handelte es sich dabei um eine einzige Zementsorte, den fast universal anwendbaren PC. Daneben wurden grössere Mengen an HPC sowie geringe Mengen an PCHS und HPCHS (Zemente mit hoher Sulfatbeständigkeit) verkauft *(Tabelle 4)*.

Dies alles sind reine Portlandzemente, die auch weiterhin hergestellt werden. Aufgrund der gegenwärtig von den Zementproduzenten durchgeführten Kundeninformationen zeichnet sich ab, dass dieses Angebot in unterschiedlichem Mass erweitert werden wird. Namentlich werden mindestens drei neue Zemente nach Norm SIA 215.002 auf den Markt kommen, nämlich

- *CEM I 32,5,* ein Portlandzement,
- *CEM II/A-L 32,5,* ein Portlandkalksteinzement mit 6 bis 20 % Kalkstein sowie
- *CEM II/A-D,* ein Portlandsilicastaubzement mit 6 bis 10 % Silicastaub.

Durch die beiden erstgenannten Zementsorten wird eine dritte Festigkeitsklasse eingeführt. Dem CEM II/A-D dürfte die Rolle eines Spezialzements zukommen, der vor allem für die Herstellung von Spritz-

Zementsorte	Inlandlieferungen 1993 (in 1000 t)	
PC	3723	(93,1 %)
HPC	216	(5,4 %)
PCHS	47	(1,2 %)
HPCHS	13	(0,3 %)
Total	4000	(100,0 %)

Tab. 4 Inlandlieferungen der Schweizer Zementwerke im Jahr 1993.

(Quelle: Statistischer Jahresbericht 1993 der E.G. Portland.)

Foto: "HCB

"HCB Siggenthal, Siggenthal.

beton und hochfestem Beton interessant ist.
Fachleute gehen davon aus, dass sich in den kommenden Jahren in der Schweiz wahrscheinlich vier Hauptzementsorten etablieren werden: Neben den beiden bewährten Portlandzementen CEM I 42,5 und CEM I 52,5 dürften der Portlandzement mit niedriger Normfestigkeit (CEM I 32,5) und der Portlandkalksteinzement (CEM II/A-L 32,5) gute Aussichten haben, dazu zu gehören.

Zwei alte Bekannte ...

In der Norm SIA 162 «Betonbauten» wird die Verwendung von Portlandzement vorausgesetzt ([5], Ziffer 5 14 11). Andernfalls gilt: «Wenn für spezielle Zwecke ein anderes Bindemittel eingesetzt werden soll, muss dessen Eignung in systematischen, schlüssigen Vorversuchen nachgewiesen werden» ([5], Ziffer 5 14 12). Dies bedeutet, dass die erstmalige Verwendung eines Zementes, der nicht zur CEM-I-Gruppe gehört, zeit- und kostenmässig aufwendige Untersuchungen mit sich bringt. Dies allein schon spricht für die weitere bevorzugte Verwendung von CEM I 42,5 und CEM I 52,5.

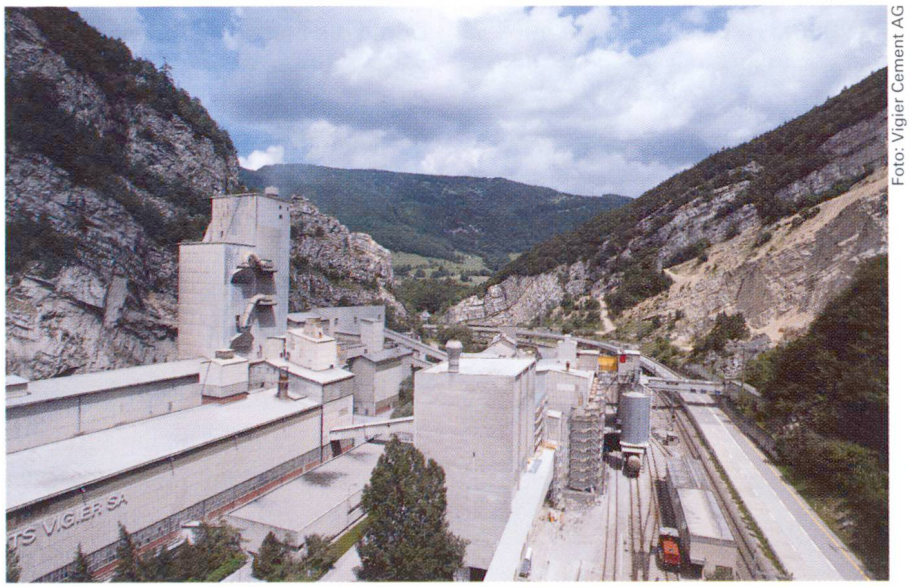

Foto: Vigier Cement AG

Ciments Vigier SA, Reuchenette.

CEM I 42,5, der bisher unter der Abkürzung PC erhältliche Portlandzement, wird mengenmässig auch weiterhin ***der*** Zement sein. Dafür gibt es viele Gründe, allen voran die Tatsache, dass die oben erwähnten umfangreichen Untersuchungen gemäss SIA 162 wegfallen, wenn in einem klassifizierten Beton der bisher verwendete PC durch einen CEM I 42,5 ersetzt wird. Dies, weil der grösste Unterschied zwischen einem CEM I 42,5 und dem PC des gleichen Produzenten wahrscheinlich in der Bezeichnung liegt. Allerdings werden einige Schweizer PC etwas feiner gemahlen werden als bisher, damit sie zuverlässig im Festigkeitsbereich für CEM I 42,5 liegen.

CEM I 52,5, der hochwertige Portlandzement mit erhöhter Festigkeit nach 2 und 28 Tagen [4], wird durch die voraussichtlich neu produzierten Zemente nicht konkurrenziert werden, da diese – abgesehen vom CEM II/A-D – am anderen Ende des Anwendungsspektrums liegen. Seine spezifischen Eigenschaften kommen vor allem bei Bauteilen zum Tragen, die bereits wenige

Foto: Swissair

Portlandcementwerk AG Olten, Olten.

Stunden nach dem Verdichten des Betons eine hohe Festigkeit aufweisen müssen, also beispielsweise bei der Vorfabrikation. Daneben wirkt sich die mit der schnellen Festigkeitsentwicklung verbundene vergleichsweise hohe Wärmeentwicklung beim Betonieren bei kühler Witterung vorteilhaft aus. (Für weitere Anwendungen siehe *Tabelle 5.)*

… und zwei «Neulinge»

Aus unserer Sicht dürften die beiden Zementsorten mit niedriger Normdruckfestigkeit, CEM I 32,5 und CEM II/A-L 32,5, die grössten Chancen haben, sich als «Neulinge» auf dem Schweizer Markt durchzusetzen.

CEM I 32,5 ist ein PC mit den typischen Eigenschaften eines Portlandzements. Seine niedrige Normfestigkeit ist darauf zurückzuführen, dass er etwas grober gemahlen wird als ein CEM I 42,5. Einige seiner Eigenschaften werden im folgenden Kapitel erwähnt.

CEM II/A-L 32,5 (Portlandkalksteinzement) ist der erste Portlandkompositzement, der in der Schweiz voraussichtlich in grösseren Mengen hergestellt werden wird. Er enthält 80–94 % Portlandzement, 6–20 % Kalkstein sowie 0–5 % Nebenbestandteile (Füller). Häufig verwendet wird CEM II/A-L 32,5 mit ungefähr 15 % Kalkstein.

Wenn Kalkstein und Portlandzementklinker gemeinsam gemahlen werden, reichert sich der Kalkstein in den feinsten Fraktionen an. Es resultiert eine relativ breite Korn-

verteilung, die sich sowohl auf die Frisch- als auch auf die Festbetoneigenschaften günstig auswirkt. Die Festigkeitsminderung als Folge des geringeren Klinkeranteils wird durch eine feinere Mahlung ausgeglichen, die die Aktivität des Portlandzementanteils erhöht.

Viel Erfahrung im Umgang mit CEM II/A-L 32,5 besteht in Frankreich, wo jährlich etwa 6 Millionen Tonnen normierter CEM II/A-L 32,5 verbraucht werden, doch auch in Spanien und Italien ist er gut eingeführt. Und in Deutschland ist PKZ 35 F (entspricht ungefähr

Literatur

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

[2] ENV 197–1, «Zement – Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien – Teil 1: Allgemein gebräuchlicher Zement», angenommen am 29. April 1992.

[3] Norm SIA 215.001, «Prüfverfahren für Zement» (Ausgabe 1991).

[4] Norm SIA 215, «Mineralische Bindemittel» (Ausgabe 1978).

[5] Norm SIA 162, «Betonbauten» (Ausgabe 1993).

[6] *Schrämli, W.*, «Europäische Normen für Zement», Schweizer Ingenieur und Architekt **1994** [20], 363–368 (1994).

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

[8] *Siebel, E.*, und *Sprung, S.*, «Einfluss des Kalksteins im Portlandkalksteinzement auf die Dauerhaftigkeit von Beton», Beton **41** [3], 113–117 und [4], 185–188 (1991).

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

[10] *Braun, H.*, «Portlandkalksteinzement (CEM II/A-L) in der Anwendung», schriftliche Unterlagen zum Referat an der Informationstagung «Neue Entwicklungen im Zementsortiment» der HCB am 8. April 1994.

[11] *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.

Foto: "HCB

"HCB Rekingen, Rekingen.

einem CEM II/A-L 32,5) bauaufsichtlich zugelassen und erfolgreich auf den Markt gebracht worden.

CEM I 32,5 oder CEM II/A-L 32,5?

In der Regel wird man davon ausgehen können, dass sich CEM I 32,5 und CEM II/A-L 32,5 bezüglich der Festigkeitsentwicklung ähnlich verhalten und in vielen Anwendungen austauschbar sind.

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 Frischbetoneigenschaften und führt zu einem porösen Festbeton mit ungenügender Dauerhaftigkeit. Wenn feinstsandarme Zuschlagstoffe eingesetzt werden müssen, lassen sich günstige Frisch- und Festbetoneigenschaften besser mit CEM II/A-L 32,5 als mit CEM I 32,5 und Mehlkornersatz (Steinkohleflugasche, Kalksteinmehl) erreichen [7]. Betone mit CEM II/A-L 32,5 haben im allgemeinen eine etwas weichere Ausgangskonsistenz als vergleichbare Betone mit CEM I 32,5 [8]. Sie sind oft besser verarbeitbar, lassen sich gut verdichten, weisen eine geringe Neigung zum Entmischen auf und sondern wenig Wasser ab [9]. Verflüssiger und Fliessmittel können bei CEM II/A-L 32,5 niedriger dosiert werden als bei CEM I 32,5, um den gleichen Effekt zu erreichen. Bei Verzögerern und bei Luftporenbildnern bleiben die Dosierungen ungefähr gleich [7].

CEM I 32,5 und CEM II/A-L 32,5 können bedenkenlos für bewehrte Bauteile eingesetzt werden. Verschiedene Untersuchungen zeigten nämlich, dass der Kalkstein höchstens einen geringfügigen negativen Effekt auf die Karbonatisierungstiefe hat [7–9]. Entscheidend für das Fortschreiten der Karbonatisierung ist nicht die Zementart, sondern die Porosität des Betons [10]. Ähnliches gilt für die Chloridein-dringtiefe, obwohl hier möglicherweise auch die Permeabilität und die Fähigkeit des hydratisierten Zements, Chloridionen zu binden, eine Rolle spielen [11]. Als entscheidend für die Sulfatbeständigkeit gelten die Dichtigkeit des Betons und der C_3A-Gehalt des Klinkers [10].

Eingehende Untersuchungen über die Frost- und Frosttausalzbeständigkeit [7, 9] ergaben folgende Resultate:

- Der Frostwiderstand von Betonen, die mit CEM II/A-L 32,5 oder CEM I 32,5 hergestellt werden, ist gut.
- Entscheidend für die Frosttausalzbeständigkeit ist nicht die Zementart, sondern der Luftporengehalt.

Kalksteinmehl beeinflusst die Beschaffenheit und Erscheinung von Betonoberflächen positiv. Praktiker schätzen die Tatsache, dass sich Betone mit CEM II/A-L 32,5 gut verarbeiten und Betonoberflächen sich gut abziehen lassen. Betone mit CEM II/A-L 32,5 sind Betonen mit CEM I 32,5 meist bezüglich der Gleichmässigkeit der Oberfläche überlegen und heller. Sie eignen sich besonders für Betonteile, für deren Herstellung glatte Schalungen verwendet werden [10].

Anwendung	CEM I 52,5	CEM I 42,5	CEM I 32,5	CEM II/A-L 32,5
allgemeiner Hochbau	■■	■■■	■■	■■■
allgemeiner Tiefbau	■	■■■	■■	■■
Spannbeton	■■	■■■	■■	■
Zementinjektionen	■■■	■■	■	■■
Massenbeton	■	■■	■■■	■■■
Pumpbeton/Kranbeton	■■	■■■	■■■	■■■
Spritzbeton	■■	■■	■	■■
Sichtbeton	■	■■	■■	■■■
Sickerbeton	■	■	■■	■■■
Magerbeton	■	■	■■■	■■■
Beton mit hoher Festigkeit	■■■	■■■	■	■
Beton mit niedriger Festigkeit	■	■	■■■	■■■
wasserdichter Beton	■■■	■■■	■■	■■
frost- und frosttausalzbeständiger Beton	■■	■■■	■■	■■
«Winterbeton»	■■■	■■	■	■
«Sommerbeton»	■	■■	■■	■■
Beton mit kurzer Ausschalfrist	■■■	■■	■	■
Vorfabrikation	■■■	■■	■	■■
Betonwaren	■■	■■■	■■	■■
Überzüge/Unterlagsböden	■	■■	■■■	■■■
Putz- und Mauermörtel	■	■■	■■■	■■■
Fahrbahndecken	■■	■■■	■	■
Bodenstabilisierung	■	■■	■■■	■■■

■■■ sehr gut geeignet ■■ gut geeignet ■ bedingt geeignet

Tab. 5 Mögliche Anwendungsbereiche der voraussichtlichen Hauptzementsorten. (Vorsicht: Diese Tabelle ersetzt die Rücksprache mit dem Fachmann nicht!)

Welcher Zement für welchen Zweck?

In *Tabelle 5* wurde ein Versuch unternommen, die Eignung der vier voraussichtlichen Hauptzementsorten für die Herstellung bestimmter Betone zu werten. Einschränkend ist festzuhalten, dass die Eignung eines Zements nicht nur von seinen Eigenschaften abhängt, sondern auch von den bautechnischen Gegebenheiten, den Betonzuschlagstoffen sowie der Beanspruchung des Bauwerks durch Umwelteinflüsse, dass somit ein grosser Ermessensspielraum vorhanden ist. Und teilweise fehlt auch die Erfahrung im Umgang mit diesen Zementen noch. Deshalb gilt: Die Tabelle ersetzt weder den Fachmann, der eine Betonrezeptur unter Berücksichtigung aller wichtigen Aspekte vorschlägt, noch kann sie die Durchführung von Eignungsversuchen ersetzen, die bei nicht näher bekannten Ausgangsstoffen oder bei strengen Umweltbedingungen immer notwendig ist.

Selbst wenn sich die vier Zementsorten CEM I 32,5, CEM I 42,5, CEM I 52,5 und CEM II/A-L 32,5 wie vorausgesagt durchsetzen sollten, werden sie sicher nicht in allen Fertigbetonwerken für die Betonherstellung eingesetzt werden. Neue Zementsorten bedeuten nämlich unter anderem auch neue Betonklassifizierungen, es sei denn, man beschränke sich darauf, PC durch CEM I 42,5 und HPC durch CEM I 52,5 ersetzen. Bedingt durch die geringen Unterschiede zwischen den alten und den neuen Zementsorten ist hier eine Neuklassifizierung nicht erforderlich.
Kritischer dürfte es bereits bei CEM I 32,5 werden, obwohl auch er als reiner Portlandzement Ziffer 5 14 11 der Norm SIA 162 erfüllt. Die im Vergleich zum bisher verwendeten PC niedrigere Festigkeit dürfte ebenfalls zu Neuklassifizierungen führen. Eindeutig liegt der Fall beim CEM II/A-L 32,5, dessen Eignung «in systematischen, schlüssigen Vorversuchen» nachgewiesen werden muss (Norm SIA 162, Ziffer 5 14 12 [5]). Erfahrungsgemäss ist die Klassifizierung eines Betons nicht nur sehr zeitaufwendig – man rechnet mit vier und mehr Monaten –, sie bringt auch beträchtliche Kosten mit sich.

Kurt Hermann

Foto: Juracime

Juracime SA, Cornaux.