

Die europäische Zementnorm und ihre Auswirkungen in Deutschland

The European cement standard and its effects in Germany

Übersicht

Anfang 2000 wurden die europäische Norm für Normalzemente EN 197-1 sowie die zugehörige Überwachungsnorm EN 197-2 endgültig verabschiedet und in 2/2001 bzw. 11/2000 als DIN-Normen veröffentlicht. Mehr als zehn Jahre nach Inkrafttreten der Bauproduktenrichtlinie liegt damit die erste europäisch harmonisierte Norm für ein Bauprodukt vor. Mit der durch Hinweis im Amtsblatt der EU am 23. 1. 2001 erfolgten Einführung der Norm zum 1. 4. 2001 und dem Beginn der darin zugestandenen einjährigen Übergangszeit stellt die deutsche Zementindustrie ihre Zemente auf die neue Norm um. Nachfolgend werden die wesentlichen Auswirkungen auf Herstellung und Anwendung von Zement dargestellt.

Abstract

The European standard EN 197-1 for common cements and the associated conformity evaluation standard EN 197-2 were finally adopted early in 2000 and were published as DIN standards in Feb. 2001 and Nov. 2000 respectively. This means that the first harmonized European standard for a construction product came into being more than 10 years after the European Construction Products Directive came into force. As a result of the introduction of the standard on 1 April 2001 (published in the official journal of the EU on 23 Jan. 2001), and the start of the one-year transition period which this allows, the German cement industry is now in the process of converting its cements to the new standard. The main consequences of these standards for the manufacture and use of cement are described below.

1 Einleitung

Anlass für die Gründung des Vereins Deutscher Zementwerke vor mehr als 120 Jahren waren marktorientierte Überlegungen. Durch Schaffung eines Anforderungsprofils für Zement und durch zuverlässige Einhaltung dieser Anforderungen sollten die Leistungsmerkmale des Zements gegenüber anderen Baustoffen herausgehoben und der Wettbewerb zwischen den Zementherstellern auf eine faire Grundlage gestellt werden. Mit der Gründung des Vereins wurde daher auch die erste deutsche Zementnorm beraten und kurze Zeit später verabschiedet [1]. Diese Norm wurde in den vielen Jahren seither immer wieder an neue Entwicklungen angepasst. Die letzte Änderung wurde im Vorgriff auf die europäische Entwicklung im Jahr 1994 vorgenommen [2].

Pünktlich zum Jahrtausendwechsel ist mit der Verabschiedung der europäischen Zementnorm nunmehr eine weitere richtungsweisende Veränderung eingetreten. Nicht nur in Deutschland, sondern in ganz Europa gelten in Kürze einheitliche Regelungen für den Baustoff Zement. Diese Entwicklung soll zum Anlass genommen werden, die wesentlichen Festlegungen der europäischen Zementnorm vorzustellen und ihre Auswirkungen auf die Herstellung und Anwendung von Zement in Deutschland zu analysieren.

2 Europäische Normen für Zement

Tafel 1 gibt einen Überblick über die zukünftig für Zement geltenden Regelwerke. Bereits seit zehn Jahren sind die Prüf- und Probenahmeverfahren in DIN EN 196 europäisch vereinheitlicht. Auf der Grundlage der inzwischen gewonnenen Erfahrungen werden diese Prüfnormen derzeit überarbeitet.

Anfang 2000 wurde die europäische Norm für Normalzemente EN 197-1 endgültig verabschiedet. Mehr als zehn Jahre nach Veröffentlichung der Bauproduktenrichtlinie liegt damit die erste europäisch harmonisierte Norm für ein Bauprodukt vor. Zukünftig gelten europäisch einheitliche Festlegungen für die Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalze-

1 Introduction

The VDZ (German Cement Works Association) was founded more than 120 years ago for market-oriented reasons. The intention was to emphasize the performance features of cement in comparison with other building materials and set the competition between cement manufacturers on a fair basis by creating a specification profile for cement and by conforming reliably to these specifications. The first German cement standard was therefore discussed, and shortly afterwards adopted, when the Association was founded [1]. In the many years since then this standard has been continuously adapted to take account of new developments. The last change was made in 1994 in anticipation of the developments in Europe [2].

Another trend-setting change has now occurred precisely at the turn of the century with the adoption of the European cement standard. Consistent regulations for cement will soon apply not only in Germany but across the whole of Europe. This development is the reason for describing the essential stipulations of the European cement standard and analyzing its effects on the manufacture and use of cement in Germany.

2 European standards for cement

Table 1 provides an overview of the regulations which will in future apply to cement. The methods of testing and sampling were harmonized for Europe ten years ago in DIN EN 196. These test standards are currently being revised on the basis of the experience which has been gained since then.

The European standard EN 197-1 for common cements was finally adopted early in 2000. This means that the first European harmonized standard for a construction product came into being more than 10 years after publication of the European Construction Products Directive. Stipulations which are consistent throughout Europe will in future apply to the composition, specifications and conformity criteria of common cements. This standard has been published in Germany as DIN EN 197-1, Issue Feb. 2001 [3].

Tafel 1: Normen für Zement
Table 1: Standards for cement

Norm Standard	Ausgabe Issue	Inhalt Content	
DIN EN 196 ff	1990/95	Prüf- und Probenahmeverfahren <i>Test and sampling methods</i>	
DIN EN 197-1	2/2001	Normalzemente <i>common cements</i>	Zusammensetzung, Anforderungen, Konformitätskriterien
DIN 1164	11/2000	NW-, HS-, NA-Zemente <i>Special cements</i>	<i>Composition, specifications, conformity criteria</i>
DIN EN 197-2 ¹⁾	11/2000	Verfahren für die Konformitätsbewertung <i>Scheme for conformity evaluation</i>	

¹⁾ Zusätzlich „Leitlinien für die Anwendung von EN 197-2“ [6]
 Additionally “Guidelines for the application of EN 197-2” [6]

ment. In Deutschland ist diese Norm als DIN EN 197-1, Ausgabe 2/2001 [3] erschienen.

Für Zemente mit den Sondereigenschaften NW (niedrige Hydratationswärme) und HS (hoher Sulfatwiderstand) sind europäische Normen in Vorbereitung. Bis zu deren Verabschiedung sind die Festlegungen zu Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien dieser Zemente nach wie vor in der nationalen Norm DIN 1164, Ausgabe 11/2000 [4] festgelegt. Für Zemente mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt (NA) ist keine europäische Norm in Vorbereitung, so dass für diese Zemente auch langfristig diese nationale Norm gültig bleibt.

Als Nachweis der Konformität mit DIN EN 197-1 und als Voraussetzung für den freien Handel auf dem europäischen Binnenmarkt werden Normalzemente zukünftig mit der CE-Kennzeichnung versehen (Bild 1). Das Verfahren für die Konformitätsbescheinigung beruht wie bisher auf einer Zertifizierung durch eine dafür anerkannte Zertifizierungsstelle. Voraussetzung für die Erteilung eines Konformitätszertifikats sind eine werkseigene Produktionskontrolle durch den Hersteller und eine Fremdüberwachung durch eine anerkannte Stelle. Die zugehörigen technischen Regeln sind in Teil 2 von DIN EN 197 [5] festgelegt. Dabei fordert Teil 1 von DIN EN 197, dass ein Konformitätszertifikat für Zement als Voraussetzung für das Anbringen der CE-Kennzeichnung durch den Hersteller nur erteilt wird, wenn der Konformitätsnachweis unter Anwendung der Regeln nach DIN EN 197-2 erbracht worden ist. DIN EN 197-1 und DIN EN 197-2 bilden somit eine Einheit, die nur zusammen eingeführt und damit angewendet werden kann.

Die Festlegungen der DIN EN 197-1 zu Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien dienen nicht nur als Basis für die vielseitigen Anwendungen von Zement, sondern auch als Voraussetzung für das Inverkehrbringen der Zemente auf dem europäischen Binnenmarkt. Dieser zweite Aspekt unterscheidet harmonisierte europäische Normen von den bisherigen nationalen oder sonstigen europäischen Normen und findet seinen Ausdruck in dem Anhang ZA von DIN EN 197-1 „Bestimmungen bezüglich der EG-Konformitätskennzeichnung von Normalzementen gemäß der EU-Bauproduktenrichtlinie“. In diesem Anhang wird gefordert, dass alle Anforderungen an Zemente, wie sie in DIN EN 197-1 festgelegt sind, entsprechend den Konformitätskriterien dieser Norm durch eine Konformitätsbewertung entsprechend DIN EN 197-2 nachgewiesen werden müssen, bevor ein Zement auf dem europäischen Binnenmarkt in Verkehr gebracht werden darf. Diese Forderung wurde mit Wirkung vom 1. 4. 2001 durch den Hinweis auf EN 197-1 im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 23. 1. 2001 rechtlich verbindlich als harmonisierte Norm in Sinne der Richtlinie 89/106/EWG (Bauproduktenrichtlinie).

Die Zertifizierung von Zement auf der Grundlage einer erfolgreichen Überwachung und Prüfung muss von dafür anerkannten Stellen erfolgen. Damit Zertifizierung, Überwachung und Prüfung

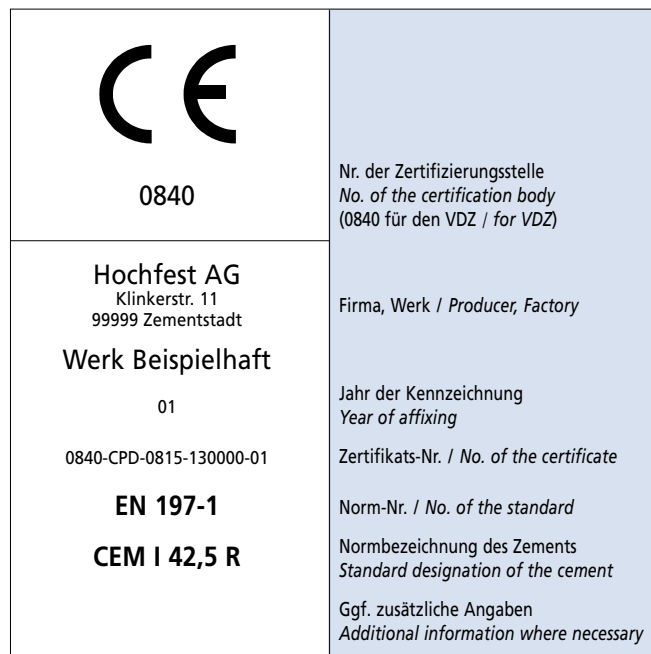


Bild 1: Beispiel für die CE-Kennzeichnung von Normalzement gemäß Anhang ZA von DIN EN 197-1
Figure 1: Example of the CE marking for common cement as specified in Annex ZA of DIN EN 197-1

European standards are in preparation for special cements with the properties of low heat of hydration and high sulfate resistance. Until their adoption the stipulations on composition, specifications and conformity criteria for these cements are, as before, laid down in the national standard DIN 1164, Issue Nov. 2000 [4]. No European standard is in preparation for cements with low effective alkali content so this national standard will continue to apply for these cements in the long term.

In future common cements will be given the CE marking as proof of conformity with DIN EN 197-1 and as a precondition for free trade in the internal European market [Figure 1]. The procedure for attestation of conformity is based, as before, on certification by a notified certification body. The preconditions for awarding a conformity certificate are factory production control by the manufacturer and third-party inspection by a notified body. The associated technical rules are laid down in Part 2 of DIN EN 197 [5]. Part 1 of DIN EN 197 requires that a conformity certificate for cement, as the precondition for affixing the CE marking by the manufacturer, is only awarded if the attestation of conformity has been produced by applying the rules specified in DIN EN 197-2. DIN EN 197-1 and DIN EN 197-2 therefore form a unit which can only be introduced and applied jointly.

The stipulations in DIN EN 197-1 for the composition, specifications and conformity criteria serve not only as a basis for the varied applications of cement but also as a precondition for marketing cements in the internal European market. This second aspect differentiates harmonized European standards from the previous national or other European standards and is expressed in the annex ZA of DIN EN 197-1 “Provisions with respect to the EC conformity marking for ordinary cements in accordance with the EU Building Products Directive”. This annex requires that all specifications for cements, as laid down in DIN EN 197-1, must be verified in accordance with the conformity criteria of this standard through a conformity evaluation complying with DIN EN 197-2 before a cement can be marketed in the internal European market. This requirement became legally binding as a harmonized standard for the purposes of Directive 89/106/EWG (Construction Products Directive) with effect from 1 April 2001 by reference to EN 197-1 in the official journal of the EC of 23 January 2001.

Certification of cements on the basis of successful monitoring and testing must be carried out by bodies notified for this purpose.

auf einer einheitlichen Grundlage durch eine gleichartige Auslegung von DIN EN 197-1 und -2 durch die verschiedenen anerkannten Stellen in Europa erfolgt, wurden zusätzlich zu den Normen „Leitlinien für die Anwendung von EN 197-2“ ausgearbeitet, die als DIN-Fachbericht veröffentlicht werden [6]. Die wesentlichen Festlegungen der europäischen Überwachungsnorm sind schon vor vier Jahren in Teil 2 der nationalen Norm DIN 1164 verankert worden [7]. Durch die DIN EN 197-2 werden daher keine grundlegenden Änderungen eintreten. Weiterhin sind damit die Voraussetzungen für eine substantielle Qualitätssicherung des Baustoffs Zement gegeben.

3 Historischer Überblick über die Zementnormung

Bevor auf die wesentlichen Inhalte der Europäischen Zementnorm näher eingegangen wird, soll zunächst ein kurzer historischer Abriss über deren Entstehung gegeben werden:

Auslöser, sich mit den Normen für Zement in Europa auseinanderzusetzen, war eine Initiative der EU im Jahr 1969, Handelshemmnisse infolge unterschiedlicher Vorschriften und Normen in den Mitgliedsländern abzubauen. Im Jahr 1970 trafen sich erstmals Vertreter der Zementindustrie, um die in den einzelnen Ländern geltenden Normen und Regelwerke zu vergleichen. Aufgrund der durchgeführten Analysen wurde die Notwendigkeit erkannt, die Zementnormen in den EU-Mitgliedsländern zu vereinheitlichen. Mit diesem Ziel wurde 1973 das europäische Normenkomitee CEN/TC 51 „Zement“ eingerichtet. Im Vordergrund stand zunächst die Ausarbeitung von Prüfnormen und deren Erprobung in Ringversuchen. Parallel dazu begann man mit der Erstellung von Stoffnormen für Zement. Wegen der unterschiedlichen Traditionen und Erfahrungen in Europa gestalteten sich die Beratungen schwierig und zeitaufwendig. 1984 und 1987 wurden erste Normentwürfe veröffentlicht. Diese waren damals noch in die drei Teile „Definitionen und Zusammensetzung“, „Anforderungen“ und „Konformitätskriterien“ gegliedert. Im Jahr 1989 wurde erstmals über den Entwurf für eine Vornorm ENV 197 abgestimmt. Dieser fand jedoch nicht die erforderliche Mehrheit. Der damalige Entwurf umfasste acht verschiedene Zementarten. Diese deckten mengenmäßig zwar mehr als 90 % der in Europa hergestellten Zemente ab; es gab jedoch regional noch weitere Zemente, die nicht berücksichtigt worden waren. Da der Auftrag der EU jedoch vorsah, alle bewährten und traditionellen Zemente zu normen, mussten weitere Zementhauptbestandteile berücksichtigt werden, wodurch sich die Anzahl der Zementarten auf insgesamt 25 erweiterte. Eine entsprechend modifizierte Vornorm fand 1992 die notwendige Mehrheit.

Die meisten Länder der EU – so auch Deutschland – haben in den folgenden Jahren die europäische Vornorm weitgehend in ihr nationales Regelwerk übernommen [2]. De facto wurde schon zu diesem Zeitpunkt eine sehr hohe Angleichung der Zementnormen in Europa erreicht. In Deutschland wurden allerdings nur 12 der 25 Zementarten in die nationale Norm DIN 1164-1 : 1994-10 aufgenommen, da mit den anderen Zementen noch keine Erfahrungen vorlagen.

Mit der Erteilung des Mandats, d.h. eines Auftragsschreibens der EU-Kommission an CEN im Jahr 1997 wurde die legale Voraussetzung für die Fertigstellung einer im Sinne der Bauproduktenrichtlinie europäisch harmonisierten Norm geschaffen. Als wesentlicher Erfolg der Beratungen zwischen EU und CEN war zu verbuchen, dass der bis dahin erarbeitete Entwurf vollständig durch dieses Mandat abgedeckt wurde. Mit dem positiven Votum und der Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft am 23. 1. 2001 fanden die Arbeiten an der ersten europäischen Zementnorm ihren Abschluss.

Die nationale Umsetzung erfolgt nach dem Gültigwerden am 1. 4. 2001. Ab diesem Datum können Zemente nach EN 197-1 zertifiziert werden und die CE-Kennzeichnung erhalten. Nach weiteren zwölf Monaten, d.h. ab dem 1. 4. 2002, besteht die Pflicht zur CE-Kennzeichnung für alle in Europa in Verkehr gebrachten Normalzemente. Bis zu diesem Zeitpunkt müssen auch die deutschen Anwendungsregeln für Zement verabschiedet und bauaufsichtlich eingeführt sein.

“Guidelines for the application of EN 197-2” were compiled and published as a DIN technical report in addition to the standards so that certification, inspection and testing could be carried out consistently by uniform application of DIN EN 197-1 and -2 by the various notified bodies in Europe [6]. The essential stipulations of the European conformity evaluation standard had already been embodied four years ago in Part 2 of the DIN 1164 national standard [7]. This means that DIN EN 197-2 will not introduce any fundamental changes and that the basic requirements are in place for substantial quality assurance of cement.

3 Historical review of the standardization of cement

A short historical outline of the origins of the European cement standard will be given first before going into the details of its essential contents.

The impetus for reaching an agreement over standards for cement in Europe came from an initiative of the EU in 1969 to remove trade barriers resulting from differing regulations and standards in the member states. Representatives of the cement industry met for the first time in 1970 in order to compare the standards and regulations applying in the individual countries. The analyses carried out indicated the need to unify the cement standards in the EU member states. The European standards committee CEN/TC 51 “Cement” was set up with this aim in 1973. The initial emphasis was on working out test standards and checking them in interlaboratory trials. At the same time work started on drawing up material standards for cement. The discussions proved to be difficult and time-consuming because of the different traditions and experience in Europe. The first draft standards were published in 1984 and 1987. At that time these were still subdivided into the three parts “Definitions and compositions”, “Specifications” and “Conformity criteria”. The draft for a prestandard ENV 197 was voted on for the first time in 1989. However, it did not obtain the required majority. That draft covered eight different types of cement. In terms of quantity this did in fact cover more than 90 % of the cements manufactured in Europe; however there were still other types of cement in the various regions which had not been taken into account. The instructions from the EU provided for standardization of all well-trying and traditional cements. This meant that other cement main constituents had to be taken into account, which increased the number of types of cement to a total of 25. A correspondingly modified prestandard obtained in the required majority in 1992.

The majority of countries in the EU – including Germany – had very largely adopted the European prestandard in their national regulations during the following years [2]. This meant that a very high level of conformity of the cement standards was achieved at that time in Europe. In Germany, however, only 12 of the 25 types of cement were included in the national standard DIN 1164-1: 1994-10, as there was still no experience with the other cements.

When the mandate, i.e. a letter of instruction from the EU Commission, was granted to the CEN in 1997 the legal precondition was created for completion of a European harmonized standard for the purposes of the Construction Products Directive. The fact that the draft already compiled was completely covered by this mandate was recorded as a substantial success of the consultations between the EU and the CEN. The positive vote and publication in the official journal of the EC on 23 January 2001 completed the work on the first European cement standard.

National implementation will take place after these standards come into force on 1 April 2001. After this date cements complying with EN 197-1 can be certified and carry the CE marking. After a further twelve months, i.e. from 1 April 2002, all the common cements marketed in Europe are obliged to carry the CE marking. The German application rules for cement will also have to be adopted and introduced by the building inspectorate by then.

4 Specifications for cement and concrete

4.1 Basic specifications

It must be possible to use cement to produce concretes and mortars which are suitable for the intended applications. Specifications are set for concretes and mortar which concern their workability and subsequent utilization. Firstly it is important that the fresh concrete

4 Anforderungen an Zement und Beton

4.1 Grundsätzliche Anforderungen

Mit Zement müssen sich Betone und Mörtel herstellen lassen, die für die vorgesehenen Anwendungen geeignet sind. An Beton und Mörtel werden Anforderungen gestellt, die die Verarbeitung und spätere Nutzung betreffen. Zunächst kommt es darauf an, dass der Frischbeton bzw. Frischmörtel während Herstellung, Fördern, Einbringen und Verdichten ausreichend verarbeitbar ist. Die spätere Nutzung betreffend bestehen im Wesentlichen Anforderungen bezüglich der Festigkeit, des Verformungsverhaltens und der Dauerhaftigkeit unter Umwelteinwirkungen.

Außerdem müssen Zemente umweltverträglich sein. Die europäische Bauproduktenrichtlinie fordert, dass nur Bauprodukte in Verkehr gebracht werden dürfen, die unbedenklich in Hinblick auf Gesundheit und Hygiene und Umwelt sind. Diese Forderung bezieht sich auf Auswirkungen des Zements bzw. des daraus hergestellten Betons und Mörtels auf das unmittelbare Umfeld baulicher Anlagen, d.h. auf die Innenraumluft, oder auf Boden und Grundwasser im Gründungsbereich der Bauwerke. Daneben sind besondere Anforderungen an zementgebundene Baustoffe in Kontakt mit Trinkwasser zu beachten. Einheitliche europäische Kriterien zur Bewertung der Umweltverträglichkeit von Bauprodukten liegen bislang nicht vor, sollen allerdings in den kommenden Jahren erarbeitet und verabschiedet werden. Für zementgebundene Baustoffe und Bauteile werden die Kriterien überwiegend für Mörtel und Beton und nur in Ausnahmefällen für deren Ausgangsstoffe gelten. Dies entspricht auch dem derzeit diskutierten Sachstand in Deutschland. Danach werden unmittelbare Anforderungen an die Umweltverträglichkeit von Mörtel oder Beton nur dann gestellt, wenn aus Sicht des Bauordnungsrechts, des Wasserhaushaltsgesetzes, des Bodenschutzgesetzes oder der Trinkwasserverordnung besondere hygienische Anforderungen zu erfüllen sind. Dies kann der Fall sein beim Schutz der Umweltmedien Wasser, Boden, Innenraumluft bzw. bei zementgebundenen Baustoffen in Kontakt mit Trinkwasser. Für diese drei Bereiche wurden in Deutschland Merkblätter erarbeitet [8, 9, 10], aus denen allerdings keine unmittelbaren Anforderungen an Zement resultieren.

Sollten in einem EU-Mitgliedstaat Anforderungen an die Umweltverträglichkeit von Bauprodukten bestehen, müssen diese erfüllt werden, bevor das Bauprodukt in diesem Land in Verkehr gebracht werden kann. Dies wird in dem zuvor erwähnten Anhang ZA von DIN EN 197-1 gefordert. Daraus resultierende mögliche Handelshemmnisse sollen nach der Vorstellung der EU-Kommission zukünftig durch eine europäische Vereinheitlichung der bestehenden nationalen Rechtsvorschriften ausgeräumt werden. Für Zement sind keine nationalen Rechtsvorschriften bekannt, aus denen sich für Zement gesundheits- oder umweltrelevante Zusatznachweise ableiten ließen. Die in den skandinavischen Ländern gesetzlich geforderte Begrenzung des Chromatgehalts leitet sich aus dem Arbeitsschutz ab und liegt deshalb außerhalb des Regelungsbereiches der europäischen Bauproduktenrichtlinie.

Die gesundheitliche Unbedenklichkeit von Zement wird durch dessen nachgewiesene Eignung für den Einsatz in trinkwasserberührten Bauteilen oder in Bauteilen in Kontakt mit Grundwasser und Boden belegt. Die für diese Verwendung in Deutschland geltenden trinkwasser- bzw. grundwasser-hygienischen Anforderungen an Beton und Mörtel können mit allen genormten Zementen erfüllt werden. Dies ist ein Nachweis für die grundsätzliche Umweltverträglichkeit von Zement und zementgebundenen Baustoffen.

4.2 Genormte Zementeigenschaften

In einer Norm müssen die Anforderungen an die Zemente eindeutig festgelegt sein. Dabei werden Festlegungen bevorzugt, die sich unmittelbar auf die Leistungsfähigkeit – englisch „Performance“ – des Zements beziehen [11]. Grundvoraussetzung hierfür ist, dass geeignete Prüfverfahren existieren, mit denen sich die Leistungsfähigkeit unmittelbar prüfen und beurteilen lässt. Ein gutes Beispiel für eine Performance-Anforderung ist die Festigkeit von Zement. Für die Festigkeitsprüfung von Zement gibt es ein genau definiertes, europäisch in DIN EN 196-1 genormtes Prüfverfahren. Wie Bild 2 zu entnehmen ist, besteht auch unabhängig von der Zementart

or fresh mortar is sufficiently workable during production, conveying, placement and compaction. The subsequent utilization is covered essentially by specifications relating to strength, deformation behaviour and durability under ambient conditions.

Cements must also be environmentally compatible. The European Construction Products Directive demands that only construction products which are harmless with respect to health, hygiene and the environment may be put on the market. This requirement relates to the effects of the cement, and of the concretes and mortars produced from it, on the immediate surroundings of structural systems, i.e. on the air in enclosed spaces, or on soil and groundwater near the foundations of the structures. Particular specifications also have to be taken into account for cement-bonded building materials in contact with drinking water. There are not yet any unified European criteria for evaluating the environmental compatibility of construction products but these are to be compiled and will be adopted in the coming years. For cement-bonded building materials and components the criteria will apply predominantly to mortar and concrete, and only in exceptional cases to their original materials. This corresponds to the situation currently under discussion in Germany, according to which direct specifications for the environmental compatibility of mortar or concrete will only be set if special hygiene requirements have to be fulfilled from the point of view of the building regulations act, the water resources policy act, the soil protection act or the drinking water ordinance. This can be the case when protecting environmental media, namely water, soil or air in enclosed spaces, or for cement-bonded building materials in contact with drinking water. Codes of practice [8, 9, 10] have been drawn up in Germany for these three areas, but they do not result in any direct specifications for the cement.

If specifications for the environmental compatibility of building products exist in an EU member state these must be fulfilled before the construction product can be marketed in this country. This is a requirement of the previously mentioned annex ZA of DIN EN 197-1. The EU Commission proposes that any resulting possible trade barriers should in future be eliminated by European unification of the existing national regulations. There are no known national regulations for cement which require additional verification for the cement relative to health or environment. The legally required limitation of the chromate content in the Scandinavian countries is derived from industrial safety and therefore lies outside the scope of the European Construction Products Directive.

The recognition that cement is harmless to health is supported by its proven suitability for use in components in contact with drinking water, groundwater or soil. All standardized cements can fulfil the drinking water and groundwater hygiene specifications for concrete and mortar which are valid in Germany for this application. This is proof of the fundamental environmental compatibility of cement and cement-bonded building materials.

4.2 Cement properties covered by the standards

The specifications for the cements have to be clearly laid out in a standard. Preference is given to stipulations which relate directly to the performance of the cement [11]. The basic precondition for this is that suitable test methods exist with which the performance can be directly tested and assessed. A good example of a performance specification is the strength of cement. There is an accurately defined test method, standardized for Europe in DIN EN 196-1, for testing the strength of cement. As can be seen from Figure 2 there is also a direct relationship with the strength of concretes of the same w/c ratio, regardless of the type of cement.

The various specifications for cement and concrete are listed in Table 2. As shown above, the strength of cement is a direct performance specification. Cements are differentiated further with respect to their strength-forming abilities by dividing them into three classes with 28 day compressive strengths of 32,5 N/mm², 42,5 N/mm² and 52,5 N/mm², and in each case a distinction is made between cements with ordinary and high early strength. What is new is that cements with ordinary early strengths are given the capital letter N.

The test for the setting of cement, which involves the water demand of the test paste, is also a performance test. However, the

ein unmittelbarer Zusammenhang mit der Festigkeit von Betonen gleichen w/z-Werts.

In Tafel 2 sind die verschiedenen Anforderungen an Zement und Beton aufgelistet. Wie zuvor dargestellt, entspricht die Festigkeit von Zement einer unmittelbaren Performance-Anforderung. Durch die Einteilung von Zementen in drei Klassen mit den 28-Tage-Druckfestigkeiten von 32,5 N/mm², 42,5 N/mm² und 52,5 N/mm² und jeweils unterschieden nach Zementen mit üblicher und hoher Anfangsfestigkeit, werden Zemente hinsichtlich ihres Festigkeitsbildungsvermögens weiter differenziert. Neu ist, dass Zemente mit üblicher Anfangsfestigkeit den Großbuchstaben N erhalten.

Auch die Erstarrungsprüfung von Zement, in die der Wasseranspruch des Prüfleims eingeht, ist eine Performance-Prüfung. Die Verarbeitungsmerkmale von Beton und Mörtel hängen allerdings nur bedingt vom Wasseranspruch und der Erstarrungszeit des Zements ab, weil auch andere Einflüsse, wie z.B. Zementleimgehalt und Zuschlageigenschaften, mit einwirken.

Für die Anforderungen an Zement, die die Dauerhaftigkeit daraus hergestellter Mörtel und Betone bestimmen, gibt es nur wenige Performance-Prüfverfahren, die in angemessener Zeit mit vertretbarem Aufwand und mit ausreichender Reproduzierbarkeit repräsentative Prüfergebnisse liefern. Performance-Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Beton und Mörtel sind daher im Allgemeinen durch Prüfungen am Zement nicht nachzuweisen. Eine Ausnahme bildet die Prüfung hinsichtlich des Kalktreibens bei der Le-Chatelier-Prüfung. Mangels geeigneter Performance-Kriterien zieht man für den Nachweis der Eignung von Zement zur Herstellung dauerhafter Betone und Mörtel bevorzugt deskriptive Kriterien heran. So werden durch die Zusammensetzung des Zements ungünstige Auswirkungen auf die Dauerhaftigkeit ausgeschlossen. Demgemäß wird einem Sulfatreiben durch eine Begrenzung des Sulfatgehalts des Zements, einem Magnesiumtreiben durch eine Begrenzung des Magnesiumgehalts im Klinker verlässlich vorge-

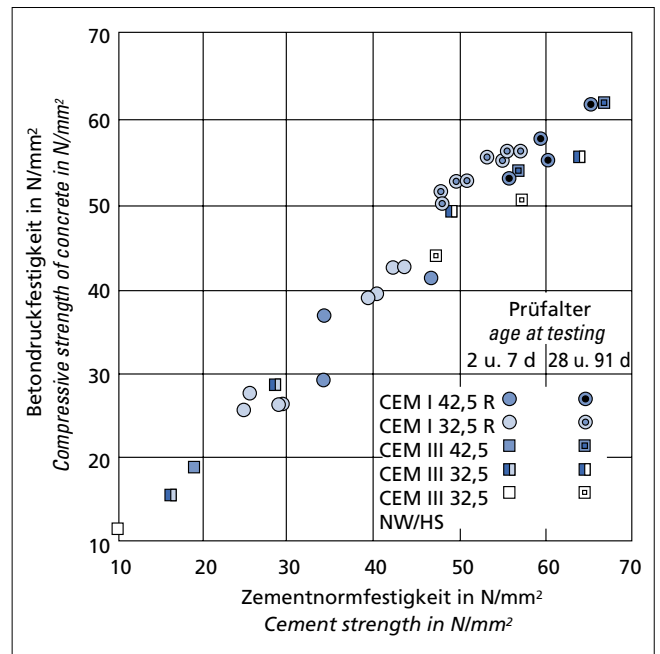


Bild 2: Zusammenhang zwischen Zement- und Betondruckfestigkeit für unterschiedliche Zemente nach [12]

Figure 2: Relationship between cement strength and concrete strength for different cements, according to [12]

workability characteristics of concrete and mortar depend to only a limited extent on the water demand and the setting time of the cement because other influencing factors, such as cement paste content and aggregate properties, are also involved.

Tafel 2: Anforderungen an Zement und Beton
Table 2: Requirements for cement and concrete

Eigenschaft / Property	Anforderung / Requirement		
	Unmittelbare Leistungsmerkmale <i>Performance characteristics</i>	Beschreibende Kenngrößen <i>Descriptive characteristics</i>	
Verarbeitbarkeit / Workability – Wasseranspruch / water requirement (Normsteife) / (standard consistency) – Erstarren / setting	(x)		} Grenzwert / Limit
	x		
Festigkeit / Strength – Anfangsfestigkeit / early strength – 28-Tage-Druckfestigkeit / 28-day strength	x	x	} Festigkeitsklassen Strength classes [32,5; 42,5; 52,5 (N,R)]
Raumbeständigkeit / Soundness – Kalktreiben / lime expansion – Sulfatreiben / sulphate expansion – Magnesiumtreiben / magnesia expansion		x	} Grenzwerte / Limits
		x	
		x	
Chloride / Chlorides	x		
Verarbeitbarkeit / Workability – Konsistenz / consistency	x		} Beton / Concrete
Festigkeit / Strength – 28-Tage-Druckfestigkeit / 28-day-strength	x		} Erstprüfung / Initial testing
Dauerhaftigkeit / Durability – Schutz der Bewehrung / Protection of reinforcement • Carbonatisierung / carbonation • Chlorideindringen / penetration of chloride – Frostwiderstand / Frost resistance • ohne Tausalz / without de-icing salt • mit Tausalz / with de-icing salt – Chemischer Widerstand / Chemical resistance		x	} Zusammensetzung Composition • max w/z / w/c • min z/c • Zementart / Cement types etc.
		x	
		x	
		x	
		x	
		x	

beugt. Zur Vermeidung von Bewehrungskorrosion ist der Chloridgehalt des Zements begrenzt.

Die Erfüllung der wesentlichen Anforderungen an Verarbeitbarkeit und Festigkeit von Beton und Mörtel werden durch unmittelbare Erstprüfungen festgestellt und durch entsprechende Konformitäts- und ggf. Kontrollprüfungen nachgewiesen. Die Erfüllung der Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Beton und Mörtel zur Vermeidung der Korrosion von Beton (z.B. infolge Frost oder chemischem Angriff) bzw. der Korrosion von Stahl in Beton wird durch deskriptive Anforderungen an die Zusammensetzung des Betons, d.h. an den maximal zulässigen w/z-Wert und an den Mindestzementgehalt, sichergestellt. Darin eingeschlossen sind Festlegungen zur Verwendbarkeit von Zementen nach DIN EN 197-1 unter den gegebenen Umwelteinwirkungen (vgl. Abschnitt 6).

Durch das Vorschreiben bestimmter Zementarten kann der Einfluss des Zements auf die Dauerhaftigkeit daraus hergestellter Betone und Mörtel aufgrund von Laboruntersuchungen und Langzeiterfahrungen berücksichtigt werden. Durch diese deskriptiven Festlegungen der bei vorgegebenen Umweltbelastungen erforderlichen Betonzusammensetzung und der dabei zu verwendenden Zementarten ist eine ausreichende Dauerhaftigkeit sichergestellt.

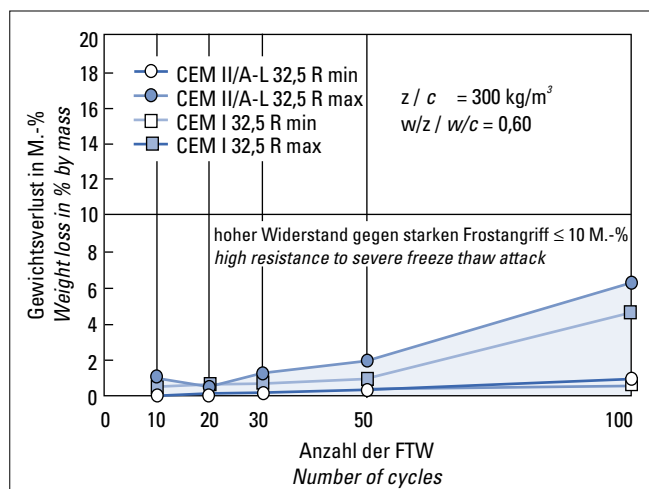


Bild 3: Gewichtsverlust des Betons bei Frost-Tau-Wechsel-Prüfung nach [13]

Figure 3: Weight loss of concrete during freeze-thaw testing, according to [13]

As far as the specifications for cement which determine the durability of the mortars and concretes produced from it are concerned there are only a few performance test methods which provide representative test results in a reasonable time at justifiable cost and with adequate reproducibility. Performance specifications for the durability of concretes and mortar therefore cannot generally be verified by tests on the cement. One exception is the Le Chatelier test for the expansion caused by free lime. In the absence of suitable performance criteria the tendency is to use descriptive criteria for verifying the suitability of cement for producing durable concretes and mortars. Unfavourable effects on the durability, for example, are excluded by the composition of the cement. Sulfate expansion is reliably prevented by limiting the sulfate content of the cement, and magnesia expansion by limiting the magnesium content of the clinker. The chloride content of the cement is restricted to avoid corrosion of the reinforcement.

Fulfilment of the essential specifications for workability and strength of concrete and mortar is established by direct initial tests and verified by appropriate conformity and, where necessary, check tests. Fulfilment of the specifications for the durability of concretes and mortar to avoid corrosion of concrete (e.g. as a result of freeze-thaw or chemical attack) and corrosion of the steel in concrete is ensured by descriptive specifications for the composition of the concrete, i.e. for the maximum permissible w/c value and the minimum cement content. This includes stipulations for the usability of cements conforming to DIN EN 197-1 under the given ambient conditions (cf. Section 6).

The influence of the cement on the durability of concretes and mortars produced from it can be taken into account through laboratory investigations and long-term experience by specifying certain cement types. Adequate durability is assured through these descriptive stipulations for the concrete composition needed for the given ambient conditions and the cement types to be used.

In the past different cement types were only adopted in a standard when they had been tested and proven over a long period. This presupposed that sufficient investigations and practical experience were available to confirm the suitability of the cements under the application conditions prevailing in Germany. For this reason cements which might contain burnt oil shale, limestone or siliceous fly ash as a main constituent were included in the standard for the first time in the 90s [2]. Before that these cements had been covered by building inspectorate approvals over a period of many years. Adequate proof of the requisite performance of these cements was therefore available.

By way of example, Figure 3 shows the results of freeze-thaw tests which were carried out as part of approval trials for a total of ten different CEM II/A-L Portland- limestone cements in com-

Tafel 3: Anwendbarkeit von Zementen nach DIN 1164-1: 1994-10 in Beton mit vorgegebener Expositionsklasse

Table 3: Usability of cements specified in DIN 1164-1:1994-10 in concrete of given exposure classes

Beton-Expositionsklasse Concrete exposure class		CEM I	CEM II						CEM III		
			S A/B	T A/B	L A	P A/B	V A	SV B	A	B	
Kein Korrosions- / Angriffsrisiko No risk of corrosion or attack		X0	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Korrosion Corrosion	Carbonatisierung carbonation	XC1-XC4	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Chlorideindringen penetration of chloride	XS1-XS3, XD1-XD3	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Frostangriff Frost attack	ohne Taumittel without de-icing agent	XF1, XF3	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	mit Taumittel with de-icing agent	XF2, XF4	X	X	X	-	-	-	X ¹⁾	X ¹⁾	
Chemischer Angriff / Chemical attack		XA1-XA3	X ²⁾	X ²⁾	X ²⁾	X ²⁾	X ²⁾	X ²⁾	X ²⁾	X ²⁾	X ²⁾
Verschleiß / Wear		XM1-XM3	X	X	X	X	X	X	X	X	X

¹⁾ Einschränkungen bei XF4/Restrictions for XF4

²⁾ Für XA2, XA3: Zusätzliche Regelungen bei Sulfatangriff/For XA2, XA3: Additional regulations in the case of sulphate attack

Zementarten wurden bisher nur dann in eine Norm aufgenommen, wenn sie langfristig erprobt und bewährt waren. Das setzte voraus, dass genügend Untersuchungen und Praxiserfahrungen vorlagen, die die Eignung der Zemente unter den in Deutschland geltenden Anwendungsbedingungen belegten. Deshalb wurden in den 90er-Jahren erstmals Zemente in die Norm aufgenommen, die gebrannten Ölschiefer, Kalkstein oder kieselsäurereiche Flugasche als Hauptbestandteil enthalten können [2]. Für diese Zemente hatten zuvor über viele Jahre bauaufsichtliche Zulassungen bestanden. Entsprechend lagen genügend Nachweise für die notwendige Leistungsfähigkeit dieser Zemente vor.

Im Bild 3 sind beispielhaft die Ergebnisse von Frostversuchen dargestellt, die im Rahmen von Zulassungsversuchen für insgesamt zehn verschiedene Portlandkalksteinzemente CEM II/A-L im Vergleich mit Portlandzementen CEM I durchgeführt wurden [13]. Angegeben sind jeweils die kleinsten und größten ermittelten Einzelwerte. Blau hinterlegt ist die Bandbreite aller Ergebnisse. Es ist zu erkennen, dass alle mit den Zementen hergestellten Betone einen hohen Widerstand gegen starken Frostangriff haben und die Betone mit Portlandkalksteinzement eine vergleichbare Abfrostung aufweisen wie Betone mit Portlandzement.

Durch die hohe Grund-Leistungsfähigkeit aller bisher genormten Zementarten mussten kaum Einschränkungen bei der baupraktischen Anwendung vorgenommen werden. So zeigt die Tafel 3, dass die Zemente der bisherigen DIN 1164 bei fast allen Beton-Expositionsklassen eingesetzt werden können; in [14] wurde die Bedeutung der Beton-Expositionsklassen näher erläutert. Einschränkungen mussten lediglich bei Betonen vorgenommen werden, die einem Frost-Taumittel-Angriff ausgesetzt sind.

5 Zementarten nach DIN EN 197-1

In der Norm ist für jede Zementart genau festgelegt, welche Hauptbestandteile für die Zementherstellung verwendet werden dürfen (Tafel 4), welche Anforderungen sie erfüllen müssen und in welchem Mengenverhältnissen die verschiedenen Hauptbestandteile kombiniert werden können. Wie das Bild 4 zeigt, umfasste die bisherige nationale Zementnorm DIN 1164 zwölf Zementarten. Das sind

- Portlandzement CEM I, der außer Portlandzementklinker keine weiteren Hauptbestandteile enthält,
- Hochofenzemente CEM III/A und CEM III/B, die zwischen 36 % und 80 % Hüttensand enthalten, sowie
- insgesamt neun verschiedene Portlandkompositzemente CEM II/A und CEM II/B, die außer Portlandzementklinker noch zwischen 6 % und 35 % andere Hauptbestandteile enthalten. Als weitere Hauptbestandteile von CEM II-Zementen konnten Hüttensand (gekennzeichnet durch den Buchstaben S), natürliches Puzzolan (P) – hierbei handelt es sich im

Tafel 4: Hauptbestandteile von Zement nach DIN EN 197-1; bereits in DIN 1164-1:1994-10 genormte Hauptbestandteile sind fett gekennzeichnet.

Table 4: Main constituents of cements specified in EN 197-1; constituents already standardized in DIN 1164-1:1994-10 are shown in bold type

Portlandzementklinker (K)	Portland cement clinker
Hüttensand (S)	Granulated blastfurnace slag
Puzzolane natürliche (P)	Pozzolana natural
natürliche, getemperte (Q)	natural calcined
Flugasche kieselsäurereiche (V)	Fly ash siliceous
kalkreiche (W)	calcareous
Gebrannter Schiefer (T)	Burnt shale
Kalkstein höherer TOC-Gehalt (L)	Limestone higher TOC content
niedrigerer TOC-Gehalt (LL)	lower TOC content
Silicastaub (D)	Silica fume

parison with CEM I Portland cements [13]. The lowest and highest individual measured values are given in each case. The bandwidth of all results is shown in blue. It can be seen that all the concretes produced with the cements have a high resistance to severe freeze-thaw attack and that the concretes with Portland-limestone cement exhibit comparable frost erosion loss to concretes made with Portland cement.

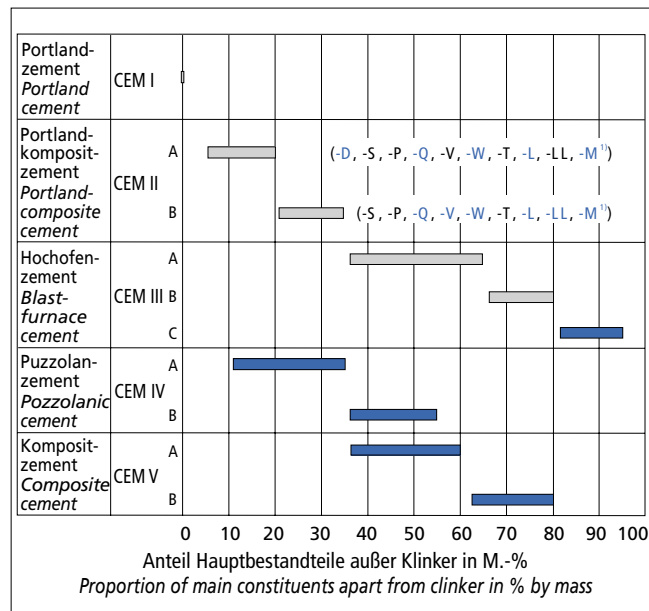
The high basic performance of all the types of cement previously covered by the standard meant that hardly any restrictions had to be made for practical building applications. Table 3, for example, shows that the cements of the former DIN 1164 can be used for almost all concrete exposure classes; the significance of the concrete exposure classes is explained in detail in [14]. Restrictions had to be made only for concretes which are exposed to attack by freeze-thaw with de-icing agents.

5 Cement types specified in DIN EN 197-1

For each cement type the standard lays down precisely which main constituents may be used for manufacturing the cement (Table 4), which specifications they must fulfil and in what quantity ratios the different main constituents can be combined. As Figure 4 shows, the previous national cement standard, DIN 1164, covered 12 cement types. These were

- CEM I Portland cement, which contains no other main constituents apart from Portland cement clinker,
- CEM III/A and CEM III/B blastfurnace cements, which contain between 36 % and 80 % blastfurnace slag, and
- a total of nine different CEM II/A and CEM II/B Portland-composite cements which, in addition to Portland cement clinker, also contain between 6 % and 35 % of other main constituents. Blastfurnace slag (shown by the letter S), natural pozzolana (P) – this is mainly trass –, siliceous fly ash (V), burnt oil shale (T) and limestone (L) can be used as the other main constituents of CEM II cements.

It should be noted that currently more than 90 % of the CEM II cements contain either blastfurnace slag or limestone as a main



¹⁾ Der Buchstabe M kennzeichnet CEM II-Zemente, die außer Klinker noch mindestens zwei weitere Hauptbestandteile enthalten. The letter M indicates CEM II-cements which contain at least two further constituents besides clinker.

Bild 4: Bandbreite des Anteils an Hauptbestandteilen außer Portlandzementklinker für die Zementarten nach DIN EN 197-1; neu in die Norm aufgenommene Zementarten sind blau gekennzeichnet. Figure 4: Range of the percentages of main constituents apart from Portland cement clinker for the cement types specified in DIN EN 197-1; the cement types newly included in the standard are shown in blue

Wesentlichen um Trass -, kieselsäurereiche Flugasche (V), gebrannter Ölschiefer (T) und Kalkstein (L) eingesetzt werden.

Zu beachten ist, dass derzeit mehr als 90 % der CEM II-Zemente entweder Hüttensand oder Kalkstein als Hauptbestandteil enthalten. Der Anteil der CEM II-Zemente mit Hüttensand hat dabei in den letzten Jahren stark zugenommen.

Die neue Norm eröffnet die Möglichkeit, Zemente mit höheren Gehalten an latent-hydraulischen, puzzolanischen und inerten Hauptbestandteilen herzustellen. Nunmehr sind auch Zemente mit bis zu 35 % Kalkstein, bis zu 95 % Hüttensand, bis zu 55 % Puzzolanen und bis zu 80 % einer Kombination von Hüttensand und Puzzolanen durch die Norm abgedeckt. Für einzelne dieser Zemente existieren bisher bauaufsichtliche Zulassungen, die für bestimmte Anwendungen gelten. Weiterhin wird bei CEM II-Zementen die Bandbreite der möglichen Hauptbestandteile erweitert. Zemente, die Silicastaub (gekennzeichnet durch den Buchstaben D), natürliche getemperte Puzzolane (Q) oder kalkreiche Flugasche (W) enthalten, sind nunmehr durch die Norm abgedeckt. Mehrere Hauptbestandteile können auch bei Portlandkompositzementen kombiniert werden, was durch den Buchstaben (M) gekennzeichnet wird.

Weiterhin wird nunmehr zwischen zwei Arten von Kalkstein L und LL unterschieden. Die Anforderungen an Kalkstein als Hauptbestandteil resultieren im Wesentlichen aus den Ergebnissen von Frostversuchen, die vor einer Reihe von Jahren im Forschungsinstitut der Zementindustrie durchgeführt wurden [15, 16]. Dabei hatte sich gezeigt, dass eine bestimmte „Reinheit“ des Kalksteins erforderlich ist. Aus diesem Grunde muss Kalkstein einen Mindestgehalt an CaCO_3 aufweisen und darf nur in geringen Mengen tonige oder organische Bestandteile enthalten. Auf europäischer Ebene wurde überwiegend eine Begrenzung des Gehalts an organischen Bestandteilen auf 0,50 % als ausreichend betrachtet. Zemente mit diesem Kalkstein werden mit dem Zusatzbuchstaben L gekennzeichnet. Von deutscher Seite wurde gefordert, dass die bisherigen Anforderungen an Kalkstein unverändert bestehen bleiben, d.h. der Gehalt an organischen Bestandteilen auf 0,20 % begrenzt bleibt. Zemente mit diesem Kalkstein erhalten zur Unterscheidung zukünftig die Zusatzkennzeichnung „LL“. Das bedeutet, dass die bisher mit CEM II-L bezeichneten Portlandkalksteinzemente zukünftig mit CEM II-LL bezeichnet werden müssen.

6 Anwendungsbereiche für Zement

Wie wirkt sich nun die Zunahme der Zementarten in der Europäischen Zementnorm auf deren Anwendbarkeit im Beton aus?

Um diese Frage zu beantworten, wurde gemäß Bild 5 qualitativ ausgewertet, für wieviele der Beton-Expositionsklassen die einzelnen Zemente geeignet sind. Dabei wurden die getroffenen Festlegungen bei der Überarbeitung der deutschen Betonnorm DIN 1045-2 berücksichtigt [14]. Zu beachten ist, dass bis zur bauaufsichtlichen Einführung der neuen deutschen Betonnorm DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 Anfang nächsten Jahres Normalzemente nach DIN EN 197-1 nach der bis dahin noch gültigen DIN 1045 eingesetzt werden. Die Zuordnung zu den bisher genormten Zementarten nach DIN 1164-1:1994-10 ist entsprechend der Tafel 5 vorzunehmen [17].

Wie bereits gezeigt, sind die bisher genormten Zemente – im Bild grau gekennzeichnet – kaum Einschränkungen unterworfen. Lediglich bei Verwendung in Bauteilen unter Frost-Tausalzeinwirkung existieren für einige Zemente Anwendungsbeschränkungen. Auch einige der bislang nicht genormten CEM II-Zemente werden zukünftig für die meisten Anwendungsbereiche geeignet sein. Das gilt z.B. für Portlandsilicastaubzement CEM II-A/D. Für die meisten der 15 neu in die Norm aufgenommenen Zemente liegen in Deutschland jedoch wenige baupraktische Erfahrungen vor, so dass ihr Anwendungsbereich stark eingeschränkt werden muss.

Dabei kann es aber durchaus sein, dass sich Zemente mit einer speziellen Kombination von Hauptbestandteilen nachweislich günstiger verhalten. So werden z.B. CEM II-M-Zemente mit mehreren Hauptbestandteilen wegen der Vielzahl der Kombinationsmöglichkeiten und der damit verbundenen Unwägbarkeiten für das diesbezügliche Bindemittelverhalten im Allgemeinen starken Anwendungsbeschränkungen unterliegen. Für ausgewählte CEM II-M-;

constituent. The proportion of CEM II cements containing blastfurnace slag has increased sharply in recent years.

The new standard opens up the option of producing cements containing higher levels of latent-hydraulic, pozzolanic and inert main constituents. From now on cements with up to 35 % limestone, up to 95 % blastfurnace slag, up to 55 % pozzolana and up to 80 % of a combination of blastfurnace slag and pozzolana are also covered by the standard. Building inspectorate approvals valid for specific applications already exist for a few of these cements. The range of possible main constituents is also widened for CEM II cements. Cements which contain silica fume (shown by the letter D), natural calcined pozzolana (Q) or calcareous fly ash (W) are from now on covered by the standard. Several main constituents can also be combined in Portland-composite cements; this is shown by the letter (M).

Furthermore, a distinction is now made between two types of limestone, namely L and LL. The specifications for limestone as a main constituent are derived essentially from the results of freeze-thaw trials which were carried out a number of years ago at the Research Institute of the Cement Industry [15, 16]. From this it became apparent that a certain “purity” of the limestone is necessary. The limestone must therefore have a minimum content of CaCO_3 and may only contain small quantities of argillaceous or organic constituents. At the European level it was generally considered that a limit to the content of organic constituents of 0.50 % was sufficient. Cements made with this limestone are characterized by the supplementary letter L. In Germany, however, it was demanded that the previous specifications for limestone should remain unchanged, i.e. that the content of organic constituents should remain restricted to 0.20 %. For the purposes of differentiation the cements made with this limestone will in future carry the supplementary designation “LL”. This means that the Portland limestone cements formerly designated as CEM II-L must in future be designated CEM II-LL.

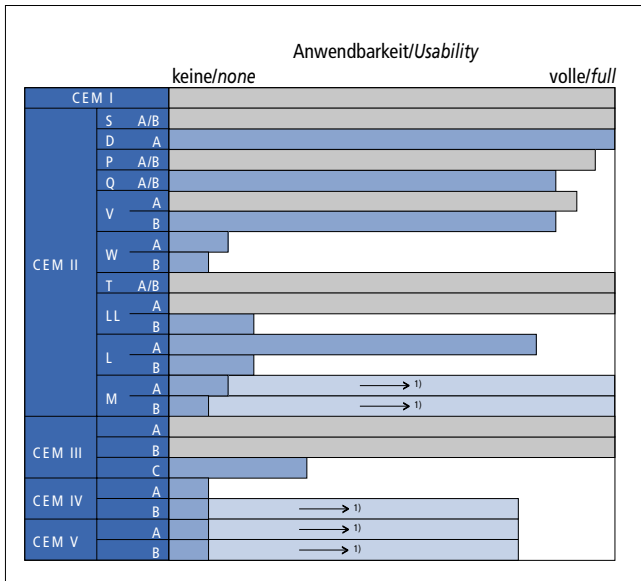
6 Areas of application for cement

How will the increase in the number of different cement types in the European cement standard effect their usability in concrete?

This question was answered by carrying out the qualitative evaluation shown in Figure 5 to find the number of concrete exposure classes for which the individual cements are suitable. The stipulations made during the revision of the German concrete standard DIN 1045-2 were taken into account [14]. It should be noted that until the new German concrete standards DIN EN 206-1 and DIN 1045-2 are introduced by the building inspectorate at the beginning of next year the ordinary cements complying with DIN EN 197-1 will be used in accordance with DIN 1045, which will still be valid until then. Table 5 shows how they are to be assigned to the cement types previously standardized in DIN 1164-1:1994-10 [17].

As already shown, the previously standardized cements – shown in grey in the diagram – are subject to hardly any restrictions. Only for use in components exposed to freeze-thaw with de-icing salt are there application restrictions for some cements. Some of the CEM II cements which were not previously standardized will also in future be suitable for most areas of application. This applies, for example, to CEM II-A/D Portland-silica fume cement. However, there is little practical building experience in Germany with the majority of the 15 cements newly included in the standard, so their areas of application must be severely restricted.

However, it is entirely possible that cements with specific combinations of main constituents can be shown to have favourable behaviour characteristics. CEM II-M cements with several main constituents, for example, are generally subject to severe application restrictions because of the large number of possible combinations and the related uncertainty of the resulting behaviour of the binder. However, for selected CEM II-M, CEM IV and CEM V cements with certain main constituents it has been possible, as shown in the diagram, to specify extended possible applications in DIN 1045-2 because of the existing experience. For example, a CEM II-A/M cement with blastfurnace slag (S) and limestone (LL) as main constituents will not in future be subject to any application restrictions (see [14]).



¹⁾ Spezielle Kombinationen können in DIN 1045-2 günstiger eingestuft sein.
Special combinations may lead to a more favourable classification in DIN 1045-2.

Bild 5: Anwendbarkeit von Zementarten in Beton-Expositions-klassen; neu in die Norm aufgenommene Zementarten sind blau gekennzeichnet

Figure 5: Usability of the cement types in concrete exposure classes; the cement types newly included in the standard are shown in blue

CEM IV- und CEM V-Zemente mit bestimmten Hauptbestandteilen konnten jedoch, wie im Bild dargestellt, wegen der vorliegenden Erfahrungen erweiterte Anwendungsmöglichkeiten in DIN 1045-2 festgelegt werden. So unterliegt z.B. ein CEM II-A/M mit Hüttensand (S) und Kalkstein (LL) als Hauptbestandteil zukünftig keinen Anwendungsbeschränkungen (siehe [14]).

Diskutiert wird derzeit in den dafür zuständigen Gremien, ob und in welcher Form bestimmte Zementarten, für die nach vorliegender Erfahrung nur eine eingeschränkte Anwendung möglich ist, die Möglichkeit eines Eignungsnachweises für die maßgebenden dauerhaftigkeitsrelevanten Eigenschaften, z.B. durch Prüfung des Frostwiderstands oder des Karbonatisierungsverhaltens, geschaffen werden soll.

7 Baupraktische Auswirkungen

Die Wahl des zu verwendenden Zements wird sehr wesentlich durch die Bedingungen bestimmt, unter denen Beton und Mörtel hergestellt und verarbeitet werden. Dabei werden unterschiedliche Anforderungen an den Zement gestellt, je nachdem, ob er im Ort-beton oder in der Werksfertigung eingesetzt wird.

In Deutschland werden derzeit knapp 60 % des Zements im Bereich des Ortbetons und davon über 80 % als Transportbeton eingesetzt. Bei dieser Anwendung ist es insbesondere wichtig, dass der Beton unter wechselnden Temperaturbedingungen nur ein geringes Ansteifen und eine zuverlässige Anfangsfestigkeit für das Entfernen der Schalung aufweist. Hierfür sind insbesondere Zemente der unteren Festigkeitsklassen geeignet. Bei der Werksfertigung von Fertigteilen und Betonwaren wird etwa 30 % des Zements verbraucht. Hier ist vor allem eine schnelle Festigkeitsentwicklung während der ersten Stunden gefordert, um frühes Ausschalen und Vorspannen zu ermöglichen und dadurch eine hohe Produktivität zu erzielen. Hier kommen fast ausschließlich Zemente der Festigkeitsklassen 42,5 und 52,5 zur Anwendung.

Bild 6 zeigt eine Zuordnung der in Deutschland versandten Zementmengen des Jahres 2000 zu den Zementarten und -festigkeitsklassen. Etwa 60 % der in Deutschland hergestellten Zemente gehören zu den Festigkeitsklassen 32,5 und 32,5 R. Diese werden überwiegend für die Herstellung von Ortbeton verwendet. In diesen Festigkeitsklassen sind etwa 29 % Portlandzemente CEM I, etwa 19 % Portlandkompositzemente CEM II und etwa 12 % Hochofenzemente CEM III vertreten. Die CEM III-Zemente

Tafel 5: Zuordnung von Zementen nach DIN EN 197-1 zu denen nach DIN 1164-1

Table 5: Assignment of cements specified in DIN EN 197-1 to those specified in DIN 1164-1

Hauptart Main type	DIN 1164-1:1994-10	DIN EN 197-1:2001-02 ¹⁾
CEM I	Portlandzement (CEM I) Portland cement	Portlandzement (CEM I) Portland cement
CEM II	Portlandhüttenzement Portland-slag cement (CEM II/A-S, CEM II/B-S)	Portlandhüttenzement Portland-slag cement (CEM II/A-S, CEM II/B-S)
	Portlandpuzzolanzement Portland-pozzolana cement (CEM II/A-P, CEM II/B-P)	Portlandpuzzolanzement Portland-pozzolana cement (CEM II/A-P, CEM II/B-P)
	Portlandflugaschezement Portland-fly ash cement (CEM II/A-V)	Portlandflugaschezement Portland-fly ash cement (CEM II/A-V)
	Portlandölschieferzement Portland-oil shale cement (CEM II/A-T, CEM II/B-T)	Portlandschieferzement Portland-burnt shale cement (CEM II/A-T, CEM II/B-T)
	Portlandkalksteinzement Portland-limestone cement (CEM II/A-L)	Portlandkalksteinzement Portland-limestone cement (CEM II/A-LL) ²⁾
	Portlandflugaschhüttenzement Portland-fly ash slag cement (CEM II/B-SV)	Portlandkompositzement Portland-composite cement (CEM II/B-M (S-V))
CEM III	Hochofenzement Blastfurnace cement (CEM III/A, CEM III/B)	Hochofenzement Blastfurnace cement (CEM III/A, CEM III/B) ³⁾

¹⁾ Zemente mit üblicher Anfangsfestigkeit erhalten nach DIN EN 197-1 nunmehr den Buchstaben N. / In accordance with DIN EN 197-1 cements with ordinary early strength are now indicated by the letter N.

²⁾ Kalkstein (L) nach DIN 1164-1 entspricht in DIN EN 197-1 dem Kalkstein (LL). / Limestone (L) as specified in DIN 1164-1 corresponds to the limestone (LL) in DIN EN 197-1.

³⁾ Der Chloridgehalt darf 0,10 M.-% nicht überschreiten. / The chloride content may not exceed 0.10 % by mass.

There is currently a debate in the relevant committees as to whether and in what form the possibility of verifying compliance for the crucial properties relevant to durability, e.g. through testing the freeze-thaw resistance or the carbonation characteristics, should be achieved for certain types of cement for which, based on available experience, only restricted application is possible.

7 Effects on building practice

The choice of the cement to be used is determined to a great extent by the conditions under which the concrete and mortar is produced and placed. Different specifications are set for the cement depending on whether it is used for in situ concrete or in precast elements.

At present almost 60 % of the cement in Germany is used for the in situ concrete sector, of which over 80 % is used as ready-mixed concrete. For this application it is particularly important that under fluctuating temperature conditions the concrete should exhibit only slight stiffening and reliable initial strength for removal of the formwork. Cements of the lower strength classes are particularly suitable for this purpose. About 30 % of the cement is used for factory fabrication of precast elements and concrete products. The primary requirement in this case is for rapid strength development during the first few hours to permit early de-moulding and prestressing to achieve high productivity. Cements of the strength classes 42,5 and 52,5 are used almost exclusively for this application.

Figure 6 shows how the quantities of cement sold in Germany in 2000 are distributed between the cement types and the cement strength classes. About 60 % of the cements manufactured in Germany belong to the 32,5 and 32,5 R strength classes. These are used predominantly for producing in situ concrete. In these strength classes CEM I Portland cements account for about 29 %, CEM II composite cements for about 19 % and CEM III blast furnace cements for about 12 %.

sind überwiegend als Zemente mit üblicher Anfangsfestigkeit, die CEM I- und CEM II-Zemente überwiegend als solche mit hoher Anfangsfestigkeit (R) klassifiziert. Etwa 33 % der Zemente fallen in die Festigkeitsklassen 42,5 und 42,5 R, etwa 7 % in die Festigkeitsklassen 52,5 und 52,5 R. Diese Zemente werden überwiegend bei der Werksfertigung von Betonfertigteilen und Betonwaren eingesetzt. Es fällt auf, dass der Portlandzementanteil hier deutlich höher ist und für diese Festigkeitsklassen zusammen etwa 33 % beträgt.

Grundsätzlich zeichnet sich in der Praxis eine Entwicklung ab, dass an die Leistungsfähigkeit der Zemente immer höhere Anforderungen gestellt werden. Deshalb dürften neue Zemente und Zementarten beim Kunden nur Akzeptanz finden, wenn sie die hohen Anforderungen erfüllen. Neben Portlandzementen und Hochofenzementen werden in den letzten Jahren häufiger Portlandkompositzemente CEM II eingesetzt. Das Bild 7 zeigt, dass ihr Marktanteil in den letzten Jahren von 10 % auf 24 % zugenommen hat. Durch die Möglichkeit, den Anteil an Portlandzementklinker auf diese Weise zu reduzieren, werden sowohl die vorhandenen Ressourcen geschont als auch die CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Zement vermindert. Aufgrund ihrer Zusammensetzung und der jeweiligen stofflichen Charakteristika weisen Portlandkompositzemente ähnliche Leistungsmerkmale wie die Portlandzemente auf. Über die besonderen Vorteile der Verwendung von CEM II-Zementen im Betonbau informiert eine Broschüre der Zementindustrie, in der die wichtigen Eigenschaften dieser Zemente sowie ihr Einfluss auf die wesentlichen Beton-eigenschaften zusammenfassend dargestellt sind [18].

Derzeit machen in Deutschland nur 6 der zukünftig genormten 27 Zementarten alleine 98 % des Zementversands aus, das sind neben Portland- und Hochofenzementen noch Portlandhüttenzemente und Portlandkalksteinzement. Andere Zemente werden überwiegend regional oder für spezifische Anwendungen eingesetzt. Die Analyse der Leistungsmerkmale und Anwendungsmöglichkeiten der verschiedenen neu in die Norm aufgenommenen Zementarten zeigt, dass sich in absehbarer Zeit vermutlich keine nennenswerten Veränderungen in Angebot und Nachfrage auf dem deutschen Zementmarkt ergeben werden. Die neue Norm bietet allerdings insbesondere für Zemente der Festigkeitsklasse 32,5 zusätzliche Möglichkeiten, um Zemente mit definierten Eigenschaften herzustellen, die auf bestimmte Anwendungsgebiete ausgerichtet sind.

Trotz der wesentlich erweiterten Palette genormter Zemente wird es nach wie vor einige Zemente geben, die nicht in das Raster der Zementnorm passen und eine bauaufsichtliche Zulassung benötigen. Ein Beispiel hierfür sind Spritzbetonzemente, die besonders schnell erstarren und daher die Anforderungen der DIN

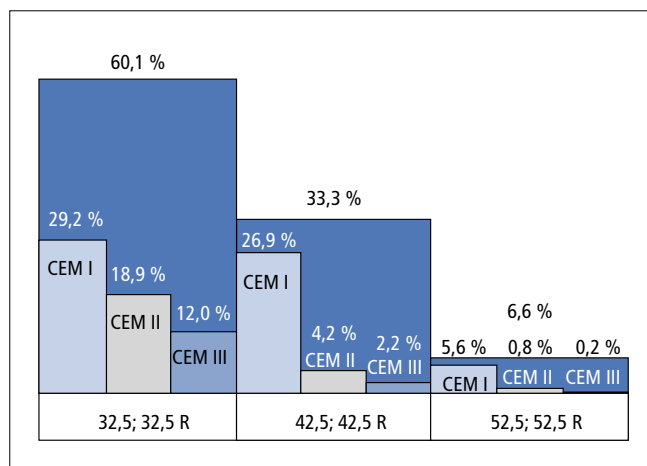


Bild 6: Anteile der Zementarten und Zementfestigkeitsklassen am Inlandsversand der in Deutschland hergestellten Zemente (Bezugsjahr 2000)

Figure 6: Proportions of cement types and strength classes in the domestic sales of cements manufactured in Germany (reference year: 2000)

CEM II Portland-composite cements for about 19 % and CEM III blastfurnace cements for about 12 %. The CEM III cements are classified predominantly as cements with ordinary early strength and the CEM I and CEM II cements predominantly as those with high early strength (R). About 33 % of the cements fall in the 42,5 and 42,5 R strength classes and about 7 % in the 52,5 and 52,5 R strength classes. These cements are used predominantly in factory fabrication of precast concrete elements and concrete products. It is apparent that the proportion of Portland cement is significantly higher here and totals about 33 % for these strength classes.

In practice a trend is beginning to emerge that ever higher demands are being made on cement performance. New cements and cement types are therefore only likely to be acceptable to clients if they can fulfil these high demands. CEM II Portland-composite cements are being used more frequently in recent years alongside the Portland cements and blastfurnace cements. Figure 7 shows that in recent years their market share has increased from 10 % to 24 %. The ability to reduce the proportion of Portland cement clinker both conserves the existing resources and also lowers the CO₂ emissions during the manufacture of cement. Because of their composition and the particular material characteristics Portland-composite cements exhibit similar performance features to the Portland cements. Information about the particular advantages of using CEM II cements in concrete construction is provided in a cement industry brochure which summarizes the important properties of these cements and their influence on important concrete properties [18].

At present just 6 of the 27 cement types which will in future be covered by the standard account for 98 % of the cement sales in Germany; in addition to Portland and blastfurnace cements these are Portland-slag cements and Portland-limestone cement. Most of the other cements are used regionally or for specific applications. Analysis of the performance features and possible applications of the various types of cement newly included in the standard shows that there will probably be no appreciable changes in supply and demand in the German cement market in the foreseeable future. However, the new standard offers additional opportunities, especially for cements of the 32,5 strength classes, for manufacturing cements with defined properties aimed at specific areas of application.

In spite of the substantially extended range of standardized cements there will continue to be some cements which do not fit into the framework of the cement standard and will require building inspectorate approval. This is exemplified by the sprayed concrete cements which set particularly rapidly and therefore do not fulfil the requirements of DIN EN 197-1. These will therefore continue to need building inspectorate approval.

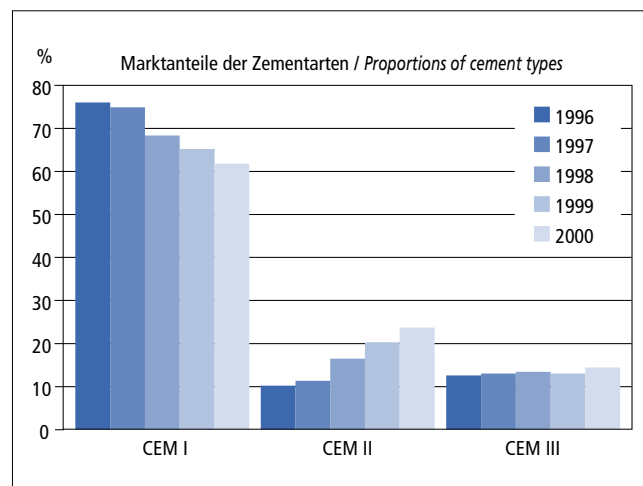


Bild 7: Anteile der Hauptzementarten CEM I, CEM II und CEM III an den inländischen Versandmengen

Figure 7: Proportions of the main cement types CEM I, CEM II and CEM III in the domestic sales

EN 197-1 nicht erfüllen. Diese werden daher weiterhin eine bauaufsichtliche Zulassung benötigen.

8 Zusammenfassung

Mit dem Inkrafttreten der europäischen Zementnorm als DIN EN 197-1 und DIN EN 197-2 zum 1. 4. 2001 gehen jahrelange Anstrengungen einer europäischen Harmonisierung aller Festlegungen für Normalzement, einschließlich Prüfung, Überwachung und Zertifizierung, zu Ende. Als wichtige Folgerungen aus dem Gültigwerden dieser europäischen Normen sind festzuhalten:

- Die in Deutschland als DIN EN 197-1, Ausgabe 2/2001 erschienene europäische Zementnorm gilt als harmonisierte Norm im Sinne der europäischen Bauproduktenrichtlinie.
- Anhang ZA von DIN EN 197-1 legt fest, dass alle in der Norm festgelegten Anforderungen erfüllt sein müssen, bevor ein Normalzement auf dem europäischen Binnenmarkt in Verkehr gebracht werden darf.
- Der als Ausgabe 11/2000 erschienene Teil 2 dieser Norm regelt die zur Konformitätsbewertung von Zementen durchzuführenden Maßnahmen. Die wesentlichen Festlegungen dieser Norm sind in Deutschland bereits vor vier Jahren umgesetzt worden.
- Als Nachweis, dass der Normalzement die Anforderungen von DIN EN 197-1 erfüllt und einer fortlaufenden Konformitätsbewertung nach DIN EN 197-2 unterliegt, bringt der Hersteller die europäische CE-Kennzeichnung an.
- Solange keine europäisch einheitlichen Festlegungen zur Unbedenklichkeit von Bauprodukten in Hinblick auf Gesundheit, Hygiene und Umwelt vorliegen, müssen entsprechende nationale Vorgaben beachtet werden. Für Normalzement sind keine solchen nationalen Festlegungen in den Mitgliedsstaaten der EU bekannt.
- DIN EN 197-1 normt 27 verschiedene Zementarten, die aus zehn genormten Hauptbestandteilen nach vorgegebener Zusammensetzung bestehen. Im Vergleich dazu enthält die letzte deutsche Zementnorm DIN 1164-1 zwölf Zementarten aus sechs genormten Hauptbestandteilen.
- DIN EN 197-1 legt die Anforderungen fest, die Normalzemente für die umfangreichen Anwendungen erfüllen müssen. Diese Anforderungen werden für Festigkeit und Verarbeitung durch unmittelbare Leistungsmerkmale beschrieben, für alle anderen Eigenschaften durch beschreibende Festlegungen, z.B. für die Hauptbestandteile bzw. die Zusammensetzung.
- Die Auswahl von Zementen in Hinblick auf Dauerhaftigkeitsanforderungen erfolgt in Deutschland durch entsprechende Festlegungen in den nationalen Anwendungsnormen, z.B. DIN 1045-2.
- Die baupraktische Verwendung von Zementen wird durch die Herstellungs- und Verarbeitungsbedingungen und damit im Wesentlichen durch die Verarbeitung in Ortbetonbauweise oder in Werksfertigung bestimmt.
- Trotz der Zunahme von 12 auf 27 genormte Zementarten werden sich infolge der neuen Zementnorm unter den in Deutschland vorherrschenden Herstellungs- und Verarbeitungsbedingungen voraussichtlich keine signifikanten Veränderungen in Angebot und Nachfrage von Normalzement ergeben.

Literatur / Literature

- [1] Normen für die einheitliche Lieferung von Portland-Cement. Ministerial-Blatt für die gesamte innere Verwaltung in den Königlich Preussischen Staaten, Ministerium des Inneren, Berlin 15. Januar 1879, S. 15–19
- [2] Sprung, S.; Sybertz, F.; Thielen, G.: Die neue Deutsche Zementnorm DIN 1164-1. Beton 45 (1995) H. 7, S. 490–497
- [3] DIN EN 197-1: 2001-02: Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement; Deutsche Fassung EN 197-1: 2000
- [4] DIN 1164: 2000-11: Zement mit besonderen Eigenschaften; Zusammensetzung, Anforderungen, Übereinstimmungsnachweis
- [5] DIN EN 197-2: 2000-11: Zement – Teil 2: Konformitätsbewertung; Deutsche Fassung EN 197-2: 2000
- [6] CEN-Bericht: Leitlinien für die Anwendung von EN 197-2 „Konformitätsbewertung“ (erscheint in Deutschland als DIN-Fachbericht)

8 Summary

Years of effort to achieve European harmonization of all the regulations for common cement, including testing, inspection and certification, came to an end when the European cement standard came into force on 1 April 2001 as DIN EN 197-1 and DIN EN 197-2. The most important consequences of these European standards are:

- The European cement standard, published in Germany as DIN EN 197-1, Issue 2/2001, counts as a harmonized standard for the purposes of the European Construction Products Directive.
- Annex ZA of DIN EN stipulates that all the requirements laid down in the standard must be fulfilled before a common cement can be marketed in the internal European market.
- Part 2 of this standard, published as Issue 11/2000, lays down the scheme to be carried out for conformity evaluation of cements. The main regulations in this standard had already been put into effect in Germany four years ago.
- The manufacturer will affix the CE marking as proof that the ordinary cement fulfils the requirements of DIN EN 197-1 and is subject to continuous conformity evaluation in accordance with DIN EN 197-2.
- Provided there are no existing uniform European regulations concerning the harmlessness of building products with respect to health, hygiene and environment the appropriate national regulations must be met. No such regulations for common cement are known in the member states of the EU.
- DIN EN 197-1 covers 27 different cement types containing ten standardized main constituents of given composition. In contrast, the last German cement standard, DIN 1164-1, contained twelve cement types made from six standardized main constituents.
- DIN EN 197-1 lays down the requirements to be fulfilled by common cements for their wide range of applications. These requirements are described by direct performance criteria for strength and workability, and for all other properties by descriptive regulations, e.g. with regard to the main constituents and the composition.
- In Germany the choice of cements with regard to durability requirements is carried out through the corresponding regulations in the national application standards, e.g. DIN 1045-2.
- The use of cements in building construction is determined by the conditions of concrete production and use, i.e. in most cases by the production of in situ concrete or precast units.
- In spite of the increase from 12 to 27 standardized cement types, the new cement standard is not expected to lead to significant changes in the supply and demand of common cement under the conditions of concrete production and placement prevalent in Germany.

- [7] Thielen, G.; Sybertz, F.: Übereinstimmungsnachweis (Güteüberwachung) für Zement – Erläuterungen zum Entwurf von DIN 1164-2. Beton 45 (1995) H. 8, S. 562–568
- [8] Merkblatt zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser (Entwurf: Juli 2000). Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin
- [9] Hygienische Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich: Prüfung und Bewertung/Dt. Verein des Gas- u. Wasserfaches, DVGW (Hrsg.). – Bonn: Dt. Verein des Gas- und Wasserfaches, DVGW, 1999 – (DVGW-Regelwerk: Technische Regel, Arbeitsblatt W347)
- [10] Vorgehensweise bei der gesundheitlichen Bewertung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) aus Bauprodukten (Entwurf Oktober 2000). Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin
- [11] Wischers, G.: „Leistungsfähigkeit“ als Kriterium für die Normung von Zement und Beton. Betonwerk + Fertigteil-Technik 56 (1990) H. 3, S. 51–60

-
- [12] Hanke, V.; Siebel, E.: Erweiterte Grundlagen für die Betonzusammensetzung. In: Beton 45 (1995) 6, S. 412–418
- [13] Manns, W.; Thielen, G.; Laskowski, C.: Bewertung der Ergebnisse von Prüfungen zur bauaufsichtlichen Zulassung von Portlandkalksteinzementen. beton: 48 (1998) H. 12, S. 779–784
- [14] Grube, H.; Kerkhoff, B.: Die neue deutsche Betonnorm DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 als Grundlage für die Planung dauerhafter Bauwerke. beton 51 (2001) H. 3, S. 173–177
- [15] Sprung, S., Siebel, E.: Beurteilung der Eignung von Kalkstein zur Herstellung von Portlandkalksteinzement (PKZ). In: Zement-Kalk-Gips 44 (1991) H. 1, S. 1–11
- [16] Siebel, E., Sprung, S.: Einfluss des Kalksteins im Portlandkalksteinzement auf die Dauerhaftigkeit von Beton. In: Beton 41 (1991) H. 3, S. 113–117 u. H. 4, S. 185–188
- [17] Efes, Y., Seyfert, H.-J.: Die neue Zementnorm in den Bauregellisten A und B. In: DIBT Mitteilungen (2/2001) H. 2, S. 73–75
- [18] Informationsschrift „Verwendung von CEM II-Zementen im Betonbau“. Forschungsinstitut der Zementindustrie, Düsseldorf (11/1999)