

Zum Entwurf der Neufassung der Zementnorm DIN 1164 *)

Von Kurt Walz und Gerd Wischers, Düsseldorf

Übersicht

Der Arbeitsausschuß „Zement“ im Fachnormenausschuß Bauwesen, dem Vertreter von Hochschulen, Materialprüfämtern, Behörden sowie der Zementindustrie und der Zementverbraucher angehören, hat eine Neufassung der Zementnorm DIN 1164 ausgearbeitet. Die Neufassung der rd. 25 Jahre alten, derzeit noch gültigen DIN 1164 war notwendig geworden, weil vor allem die Festigkeit der Zemente im Zuge der technischen Entwicklung so angestiegen ist, daß sie oft beträchtlich über den Mindestanforderungen der Norm liegt. Auch andere Eigenschaften der Zemente sind inzwischen so weit entwickelt worden und beherrschbar, daß sie in der Neufassung definiert werden konnten. Die zunehmende internationale Zusammenarbeit auf technisch-wissenschaftlichem und wirtschaftlichem Gebiet erfordert überdies möglichst einheitliche Verfahren.

Die bisherige Norm über Traßzement DIN 1167 ist in die Neufassung der DIN 1164 eingearbeitet worden, so daß der Entwurf Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement einschließt. Hingegen soll für Sulfathüttenzement eine eigene Norm (DIN 4210) bestehen bleiben.

In den Entwurf mußten folgerichtig nun mehrere Prüfverfahren neu aufgenommen werden, wie z. B. die Bestimmung der Hydratationswärme und die chemischen Analysen. Es erwies sich aus verschiedenen Gründen als zweckmäßig, die neue Norm in Blatt 1 bis 8 aufzuteilen. Das für den Zementverbraucher wichtigste Blatt des Entwurfs, Blatt 1, behandelt Begriffe, Zusammensetzung und Anforderungen. Blatt 2 regelt die Güteüberwachung (Eigen- und Fremdüberwachung). Die Blätter 3 bis 8 enthalten die Prüfungen für die in der Norm festgelegten Eigenschaften der Zemente. Besonders wichtig ist Blatt 7, das die Festigkeitsprüfung beschreibt. Sie entspricht dem international anerkannten ISO-Verfahren, das u. a. einen niedrigeren Wasserzementwert des Prüfmörtels vorsieht (0,50 statt bisher 0,60). Mit dem gleichen Zement liefert das ISO-Verfahren daher im allgemeinen eine etwa 5% höhere Druckfestigkeit als das derzeit gültige Prüfverfahren. Die Zahl der Festigkeitsklassen wurde von drei auf vier erhöht (Z 250, Z 350, Z 450, Z 550). Dabei bleibt die unterste Klasse den Zementen mit niedriger Hydratationswärme und/oder hohem Sulfatwiderstand vorbehalten, die bisher nicht genormt waren. Neu ist auch die zusätzliche Begrenzung der Festigkeit der drei unteren Klassen nach oben.

*) Dieser Beitrag wurde auf Grund der weiteren Bearbeitung der DIN 1164 E dem Beratungsstand Dezember 1968 angepaßt. Das betrifft im wesentlichen die Einteilung der Zemente in Festigkeitsklassen und den Hütten-sandgehalt von Eisenportland- und Hochofenzement.

1. Allgemeines

Die derzeit gültige Zementnorm DIN 1164 entspricht praktisch noch der Fassung aus dem Jahre 1942, ist also rund 25 Jahre alt. Im Dezember 1958 wurden lediglich einige kleine Änderungen und Ergänzungen vorgenommen. Im wesentlichen handelte es sich dabei um ein Anheben der Mindestdruckfestigkeit nach 28 Tagen um 50 kp/cm^2 und um einen Deklarationszwang für den Chloridgehalt eines Zements, sofern der Cl^- -Gehalt über 0,1 Gew.-% liegt. Außerdem wurde 1958 die Schwindprüfung des Zements aus der DIN 1164 ersatzlos gestrichen, weil sich herausgestellt hatte, daß die an Mörtelprismen ermittelten Schwindwerte keine ausreichende Voraussage über das Schwindverhalten des Betons und keine Beurteilung der Sicherheit gegen Schwindrißbildung in der Praxis erlauben.

In der Technologie der Herstellung und in der Beherrschung der Eigenschaften der Zemente wurden in den zurückliegenden 25 Jahren beträchtliche Fortschritte erzielt. Z. B. erlauben die heute gebräuchlichen Schnellanalysen eine viel schnellere und zuverlässigere Einstellung der Rohmehlmischung, die wesentlich verbesserten Drehrohr- und Schachtöfen ergeben einen gleichmäßigeren Brand, und die großen, mit Windsichtern ausgestatteten Mahlanlagen liefern bei gleichem Aufwand eine günstigere Kornverteilung des Zements. Die tieferreichenden Kenntnisse über die Wechselbeziehung zwischen der stofflichen Zusammensetzung und dem Verhalten des Zements beim und nach dem Erhärten ermöglichen zudem die Herstellung von Zementen mit besonderen Eigenschaften, wie hohem Sulfatwiderstand oder niedriger Hydratationswärme.

Dieser vielfältigen technischen Weiterentwicklung der Zemente entspricht die derzeit noch gültige Fassung der Zementnorm DIN 1164 aus dem Jahre 1942 in mehrfacher Hinsicht nicht mehr. Insbesondere liegt die Festigkeit der Zemente in vielen Fällen so hoch über den Mindestanforderungen der Norm, daß den nach Mindestfestigkeiten benannten Güteklassen manchmal nur noch eine geringe technische Bedeutung zukommt. Weiter wird die Mahlfeinheit anhand des Rückstandes auf dem Prüfsieb 0,09 DIN 4188 beurteilt, obwohl Zemente mit gleichem Rückstand eine sehr unterschiedlich große spezifische Oberfläche, die mehr Aufschluß über den Erhärtungsverlauf gibt, haben können. Die oben erwähnten Sondereigenschaften der Zemente hinsichtlich Sulfatwiderstand und Hydratationswärme sind in der Norm nicht festgelegt. Aus all diesen Gründen war eine Neufassung notwendig. Hinzu kam, daß das wirtschaftliche Zusammenwachsen West-Europas und die internationale Zusammenarbeit auf technisch-wissenschaftlichem Gebiet möglichst einheitliche Prüfverfahren erfordern.

Der vorliegende Entwurf für die Neufassung der Zementnorm DIN 1164 trägt weitmöglichst sowohl dem derzeitigen Stand der Zementtechnik Rechnung als auch den weiterentwickelten Bedürfnissen der Zementanwendung. Als Grundlagen dienten Erhebungen über die Eigenschaften der lieferbaren Zemente und umfangreiche, z. T. internationale Vergleichsuntersuchungen, die sich über mehrere Jahre erstreckten. In sehr eingehenden Beratungen

des Arbeitsausschusses „Zement“ im Fachnormenausschuß Bauwesen, dem Vertreter von Hochschulen, Materialprüfämtern, Behörden sowie der Zementhersteller und -verbraucher angehören, wurde der nun vorliegende Entwurf aufgestellt. Er berücksichtigt im Rahmen der bestehenden technischen Möglichkeiten des Zementwerks auch in angemessener Weise die Wünsche der Zementverbraucher und die der Bauaufsichtsbehörden.

2. Erfaßte Zemente und Gliederung des Entwurfs

Die derzeit gültige Zementnorm DIN 1164 schließt Portlandzement, Eisenportlandzement und Hochofenzement ein. Daneben bestehen zur Zeit DIN 1167 für Traßzement und DIN 4210 für Sulfathüttenzement. Außer diesen Normzementen gibt es noch einige Zemente, wie z. B. Ölschieferzement und Traßhochofenzement, die eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erhielten; sie werden nach DIN 1164 geprüft und müssen ebenfalls die dort verlangten Mindestanforderungen erfüllen.

In die Neufassung der DIN 1164 ist nun auch der Traßzement übernommen worden. Hingegen soll aus verschiedenen Gründen für Sulfathüttenzement eine gesonderte Norm (DIN 4210) bestehenbleiben.

Vor allem durch die Aufnahme von Prüfverfahren, die bislang in Deutschland nicht genormt waren, wie z. B. die Bestimmung der Hydratationswärme und die chemischen Analysenverfahren, ist der Umfang der Neufassung gegenüber der derzeit noch gültigen Fassung der DIN 1164 angewachsen. Wegen der besseren Übersichtlichkeit wurde die Neufassung daher in acht Blätter aufgeteilt. Das hat auch den Vorteil, daß durch später etwa notwendig werdende Ergänzungen oder Änderungen, die sich aus der weiteren Entwicklung ergeben können, nur die Neuausgabe des einen oder anderen Blattes erforderlich wird.

Der Inhalt der Neufassung gliedert sich wie folgt in die acht Blätter:

Blatt 1: Begriffe, Bestandteile und Anforderungen.

Blatt 2: Güteüberwachung.

Blatt 3: Bestimmung der Zusammensetzung.

Blatt 4: Mahlfineinheit. Bestimmung der spezifischen Oberfläche nach dem Luftdurchlässigkeitsverfahren.

Blatt 5: Bestimmung der Erstarrungszeiten mit dem Nadelgerät.

Blatt 6: Bestimmung der Raumbeständigkeit mit dem Kochversuch.

Blatt 7: Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeit.

Blatt 8: Bestimmung der Hydratationswärme mit dem Lösungskalorimeter.

Hiervon ist Blatt 1 — Begriffe, Bestandteile und Anforderungen — das für Hersteller und Verbraucher von Zement wichtigste Blatt der Neufassung. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich daher im wesentlichen auf Blatt 1.

3. Begriffe, Bestandteile und Zementarten

Unter Zement versteht man ein feingemahlene hydraulisches Bindemittel, das, mit Wasser angemacht, sowohl an der Luft als auch unter Wasser erhärtet und fest bleibt. Durch die Höhe der Druckfestigkeit — im Alter von 28 Tagen mindestens 250 kp/cm² — unterscheidet sich Zement von anderen hydraulischen Bindemitteln (hydraulischer Kalk, Mischbinder sowie Putz- und Mauerbinder). Die Hauptbestandteile der hier einbezogenen Zemente sind Portlandzementklinker oder Gemische aus Portlandzementklinker mit Hüttensand (granulierte Hochofenschlacke) oder aus Portlandzement mit Traß. Diese Hauptbestandteile sind im wesentlichen Verbindungen aus Kalk, Kieselsäure, Tonerde und Eisen, die durch Sintern oder Schmelzen entstanden sind. Außerdem enthalten diese Zemente noch gewisse Mengen an Calciumsulfat (Gips oder Anhydrit), das vor allem das Erstarren regelt, jedoch auch in gewissem Umfang in den Erhärtungsmechanismus eingreift.

Dem Zement dürfen auch noch andere Stoffe bis zu 1 Gew.-% zugegeben werden, z. B. sogenannte Mahlhilfen, die beim Mahlen den spezifischen Arbeitsbedarf herabsetzen, oder Farbstoffe. Von allen Zusätzen muß der Nachweis erbracht sein, daß sie die Korrosion der Bewehrung nicht fördern. Entsprechende Prüfungen führt die Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), Berlin-Dahlem, durch. Zusätze dürfen vor allem kein Chlorid enthalten. Der Zement kann jedoch aus den Roh- oder Brennstoffen Spuren von Chlorid enthalten, die aber nicht mehr als 0,10 Gew.-% (bestimmt als Cl⁻ und bezogen auf den glühverlustfreien Zement) betragen dürfen.

Die in der Neufassung behandelten vier Zementarten unterscheiden sich durch ihren Anteil an den drei Hauptbestandteilen. Alle Zemente müssen durch werksmäßiges, gemeinsames Feinmahlen unter Zusatz von Calciumsulfat hergestellt werden, und zwar Portlandzement (PZ) aus Portlandzementklinker, Eisenportlandzement (EPZ) aus Portlandzementklinker mit bis zu 35 Gew.-% Hüttensand und Hochofenzement (HOZ) mit 36 bis 85 Gew.-% Hüttensand. Traßzement (TZ) enthält neben Portlandzementklinker 20 bis 40 Gew.-% Traß. In Tafel 1 sind die Grenzen, in denen die Anteile bei

Tafel 1 Zementarten *)

Zementart	Hauptbestandteile in Gew.-%		
	Portlandzementklinker	Hüttensand	Traß
Portlandzement	100	— —	— —
Eisenportlandzement	65 . . . 99	35 . . . 1	— —
Hochofenzement	15 . . . 64	85 . . . 36	— —
Traßzement	60 . . . 80	— —	40 . . . 20

*) Siehe Fußnote Seite 21.

den verschiedenen Zementarten liegen müssen, zusammengestellt (Summe aus Portlandzementklinker und Hüttensand bzw. Portlandzementklinker und Traß gleich 100 gesetzt).

4. Festigkeit und Klassifizierung

Die zur Beurteilung des Zements wichtigste Eigenschaft ist die Druckfestigkeit; hiernach richtet sich unabhängig von der Zementart auch seine Klassifizierung.

4.1 Festigkeitsprüfung

In die Neufassung wurde für die Biegezug- und die Druckfestigkeitsprüfung des Zements das von der Internationalen Normen-Organisation (ISO) vorgeschlagene Prüfverfahren übernommen (Draft ISO Recommendation No 772 vom Februar 1965). Einzelheiten hierzu enthält Blatt 7 der Neufassung. Dieses Prüfverfahren ist in den 50er Jahren von den im Cembureau zusammengeschlossenen westeuropäischen Zementinstituten (Federführung Belgien) ausgearbeitet und später sowohl von der RILEM als auch von der ISO anerkannt und übernommen worden.

Ebenso wie bei dem bisherigen Prüfverfahren und wie auch bei allen anderen Prüfverfahren für Bindemittel sind alle Einzelheiten der Prüfung, wie Prüfsand, Mischungsverhältnis, Wasserzusatz, Herstellung, Lagerung usw., genau festgelegt und deshalb stets gleich. Man erhält daher durch die so ermittelte Normenfestigkeit des Zements einen Kennwert für sein Erhärtungsvermögen, der zugleich einen relativen Maßstab für den Festigkeitsbeitrag des Zements im Beton darstellt. Dabei kann der Beton je nach Zusammensetzung (Wasserzementwert) eine Festigkeit erreichen, die sowohl über als auch unter der Zement-Normenfestigkeit liegen kann.

Das ISO-Verfahren liefert infolge seines niedrigeren Wasserzementwerts (0,50 statt bisher 0,60) einen etwas steiferen Zementmörtel als das bisherige DIN-Verfahren. Der Sand für den Prüfmörtel, der in jedem Land aus eigenem Vorkommen aufbereitet werden kann, setzt sich aus drei Korngruppen (bisher zwei Gruppen) zusammen und hat daher einen „stetigen“ Kornaufbau; dadurch und durch den niedrigeren Wasserzementwert wird das bei dem derzeitigen Prüfmörtel auftretende Wasserabsondern (Bluten) weitgehend vermieden. Der Prüfmörtel wird in einem besonderen Mischer 1 $\frac{1}{2}$ Minuten lang gemischt und auf einem Rütteltisch mit festgelegter Frequenz und Amplitude verdichtet. Im übrigen können die gleichen Formen und Prüfmaschinen wie bisher verwendet werden.

4.2 Vergleich der Ergebnisse des bisherigen DIN-Verfahrens mit dem ISO-Verfahren

In den Jahren 1963 und 1964 wurden sämtliche deutschen Zemente wenigstens zweimal vergleichsweise nach DIN und ISO geprüft, um die Unterschiede der Festigkeiten aus beiden Prüfverfahren und die Prüfstreuungen beurteilen zu können. In Bild 1 sind die Druckfestigkeiten nach 2 und 28 Tagen (Mittelwert für

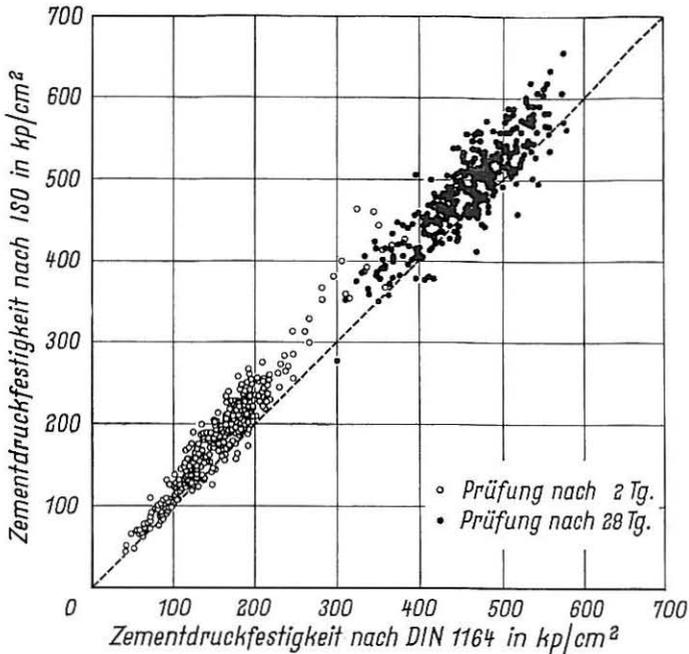


Bild 1 Druckfestigkeit sämtlicher deutscher Zemente nach 2 und 28 Tagen bei der Prüfung nach DIN 1164 (Fassung 1942) und nach dem ISO-Verfahren

jeden Zement) für die beiden Verfahren gegenübergestellt. Wie zu erwarten war, ergaben sich wegen des kleineren Wasserzementwertes für den gleichen Zement mit dem ISO-Verfahren im allgemeinen höhere Festigkeiten als mit dem DIN-Verfahren. Das trifft jedoch nicht für alle Zemente zu; einige Zemente liefern nach beiden Verfahren etwa gleiche Festigkeiten, andere sogar nach dem ISO-Verfahren kleinere. Im jüngeren Alter von 2 Tagen ist der Festigkeitszuwachs durch das ISO-Verfahren meist größer als nach 28 Tagen. Im großen Durchschnitt wird mit dem ISO-Verfahren nach 28 Tagen eine zwischen 0 und 10 % höhere Druckfestigkeit des Zements erhalten als nach dem derzeit noch gültigen DIN-Verfahren.

In Vergleichsuntersuchungen des Arbeitskreises „Festigkeit“ im Verein Deutscher Zementwerke wurde festgestellt, daß die Wiederholstreuung der Prüfung (gleicher Zement und gleiche Prüfstelle) mit dem ISO-Verfahren deutlich kleiner ist und daß auch die Vergleichsstreuung (gleicher Zement, jedoch verschiedene Prüfstellen) etwas günstiger ist als nach dem bisherigen DIN-Verfahren. Dennoch liegt trotz Normung aller möglichen Einzelheiten des Prüfverfahrens der Variationskoeffizient bei Vergleichsprüfungen mit dem ISO-Verfahren in der Größenordnung von 5 %, das bedeutet bei einer Normenfestigkeit von 450 kp/cm^2 allein schon eine Streuung (Standardabweichung) von $\pm 22,5 \text{ kp/cm}^2$.

4.3 Klassifizierung

Die im Entwurf der Neufassung vorgesehene Klassifizierung der Zemente ist in Tafel 2 wiedergegeben. Die Festigkeitsklassen werden nach der Mindestdruckfestigkeit im Alter von 28 Tagen bezeichnet. Im Gegensatz zu den bisherigen drei Festigkeitsklassen sieht die Neufassung vier Klassen (Z 250, Z 350, Z 450 und Z 550) vor. Dabei bleibt die unterste Festigkeitsklasse Zementen mit niedriger Hydratationswärme und/oder hohem Sulfatwiderstand vorbehalten, die bisher nicht genormt waren. Wenn man von den derzeit gelieferten Festigkeiten der Zemente in Westdeutschland ausgeht, dann fallen etwa 70 bis 80 % in die neue Festigkeitsklasse Z 350. Diese Klasse dürfte daher in Zukunft in erster Linie für den allgemeinen Hoch- und Tiefbau in Frage kommen. Gegenüber dem derzeitigen Z 275 liegt die dafür garantierte Mindestfestigkeit (unter Einbeziehung der Änderungen durch das neue Prüfverfahren) um 35 bis 50 kp/cm² höher als bisher. Den Anforderungen für schwierige Ingenieurbauten, die neben einer höheren 28-Tage-Festigkeit auch eine höhere Anfangsfestigkeit erfordern, entspricht die Klasse Z 450, während die Klasse Z 550 eine besonders hohe Anfangsfestigkeit, z. B. für im Spannbett hergestellte Fertigteile, gewährleistet.

Die bisherige DIN 1164 sieht nur Mindestfestigkeiten vor, die vom Hersteller zu gewährleisten sind. Daher kann die eigentliche Festigkeit eines Zements – besonders bei der niedrigsten Güteklasse – u. U. beträchtlich über der Mindestfestigkeit liegen und damit bei verschiedenen Lieferungen auch in einem weiten, über der Mindestfestigkeit liegenden Bereich schwanken. Da dies zu einer gewissen Unsicherheit bei der laufenden Betonherstellung führt, wurde in der Neufassung die Festigkeit der drei unteren

Tafel 2 Festigkeitsklassen nach DIN 1164, Blatt 1, Entwurf Dez. 1968*)

Festigkeitsklasse	Druckfestigkeit in kp/cm ² nach			
	2 Tagen mindestens	7 Tagen mindestens	28 Tagen	
			mindestens	höchstens
250 ¹⁾	—	100	250	450
350	L ²⁾	—	350	550
	F ²⁾	100		
450	L ²⁾	100	450	650
	F ²⁾	200		
550	300	—	550	—

¹⁾ Nur für Zemente mit niedriger Hydratationswärme und/oder hohem Sulfatwiderstand.

²⁾ Portlandzemente, Eisenportlandzemente, Hochofenzemente und Traßzemente mit langsamer Anfangserhärtung erhalten die Zusatzbezeichnung L, solche mit höherer Frühfestigkeit die Zusatzbezeichnung F.

^{*)} Siehe Fußnote Seite 21.

Klassen auch nach oben begrenzt, eine Maßnahme, zu der man sich bislang noch in keinem anderen Land entschließen konnte, obwohl der Sachverhalt allgemein anerkannt wird. Die Festigkeit der obersten Klasse wurde demgegenüber nach oben nicht begrenzt, weil der derzeitige Stand der Technik ohnehin Grenzen nach oben setzt und weil eine technische Weiterentwicklung nicht durch die Norm behindert werden soll.

Der Festigkeitsbereich zwischen unterer und oberer Grenze beträgt bei den drei unteren Klassen (Z 250 bis Z 450) jeweils 200 kp/cm^2 . Dieser Bereich erscheint auf den ersten Blick sehr groß. Man muß jedoch beachten, daß allein der Variationskoeffizient des ISO-Verfahrens bei 5 % liegt; dem entspricht bei einer Festigkeit von 500 kp/cm^2 eine Standardabweichung s von 25 kp/cm^2 . Wenn man berücksichtigt, daß auch bei der Herstellung des Zements wie bei jedem anderen Stoff gewisse Schwankungen unvermeidbar sind und daß es für eine einwandfreie Vertragsgrundlage zwischen Hersteller und Verbraucher notwendig ist, daß bei der Prüfung und Überwachung jeder Einzelwert den Anforderungen der Norm entspricht, dann muß der für eine Festigkeitsklasse zulässige Streubereich wenigstens zu $\pm 3s$ angesetzt werden, d. h. einer Wahrscheinlichkeit von 99,7 % entsprechen. Wählt man die geometrische Summe aus Prüf- und Herstellstreuung mit wenigstens 30 kp/cm^2 , dann sind für den zulässigen Streubereich mindestens 180 kp/cm^2 anzusetzen. Das bedeutet nicht, daß damit zu rechnen ist, daß die Festigkeit eines Zements in einem solchen Bereich schwanken wird. Da kein Einzelwert außerhalb dieses Bereichs liegen darf, ist der Zementhersteller im Gegenteil sogar gezwungen, den Zielwert mit einer solchen Zuverlässigkeit anzustreben, daß im allgemeinen die Festigkeit praktisch kaum mehr als $\pm 50 \text{ kp/cm}^2$ von diesem Zielwert abweicht.

Zur Beurteilung der Frühfestigkeit sieht die Neufassung für Zemente mittlerer und höherer Anfangsfestigkeit einheitlich eine Prüfung nach 2 Tagen vor, für langsam erhärtende Zemente eine nach 7 Tagen. Da die zukünftige DIN 1164 Zemente aus Portlandzementklinker, Hüttensand und Traß umfaßt, die sich hinsichtlich ihrer Festigkeitsentwicklung sehr unterscheiden, kann die Anfangsfestigkeit auch bei gleicher 28-Tage-Druckfestigkeit unterschiedlich sein. Aus diesem Grunde wird für die beiden mittleren Festigkeitsklassen Z 350 und Z 450 eine zusätzliche Unterteilung in Zemente mit langsamer Entwicklung der Anfangsfestigkeit (zusätzliche Bezeichnung „L“) und mit höherer Frühfestigkeit („F“) vorgenommen. Für die unterste Festigkeitsklasse Z 250, in die in erster Linie hüttensandreiche Hochofenzemente fallen dürften, ist eine Unterteilung hinsichtlich der Anfangsfestigkeit nicht erforderlich, ebenso nicht für die oberste Festigkeitsklasse Z 550, die nur sehr fein gemahlene Portlandzementen (derzeitige Bezeichnung PZ 475) vorbehalten sein dürfte. Für die Anfangsfestigkeit werden wie bisher keine oberen Grenzen gesetzt, weil man bei festgelegtem Mindestwert für die 28-Tage-Druckfestigkeit praktisch diejenige 2-Tage-Festigkeit hinnehmen muß, die sich je nach Rohstoff einstellt.

Anforderungen an die Biegezugfestigkeit enthält die Neufassung nicht mehr, weil sich herausgestellt hat, daß sie selten eine bau-

praktische Bedeutung hat, und auch weil die Beziehungen zwischen Biegezug- und Druckfestigkeit unterschiedlich ausfallen können. Da in einer Zementnorm der Druckfestigkeit die Priorität zukommt, könnten daher bei einer Aufnahme der Biegezugfestigkeit nur sehr niedrige Mindestanforderungen gestellt werden.

5. Allgemeine und weitergehende technische Eigenschaften der Zemente

Neben der Festigkeit sind noch einige weitere Eigenschaften für den Zementhersteller und -verbraucher von Bedeutung und daher in der Norm eingegrenzt. Es sind dies vor allem das Erstarren und die Raumbeständigkeit sowie die Mahlfeinheit, die Hydrationswärme und der Sulfatwiderstand.

5.1 Mahlfeinheit

In der Neufassung wird die Mahlfeinheit mit der spezifischen Oberfläche des Zements beurteilt. Die spezifische Oberfläche wird mit dem Luftdurchlässigkeitsverfahren nach Blaine bestimmt, das in Blatt 4 der Neufassung beschrieben ist und bei dem die spezifische Oberfläche aus dem Widerstand eines Luftstroms durch ein Zement-Pulverbett bekannter Porosität errechnet wird. Die spezifische Oberfläche steigt mit der Mahlfeinheit an. Feine Zemente mit einer hohen spezifischen Oberfläche haben beim Anmachen eine größere Reaktionsoberfläche und erhärten daher vergleichsweise schneller, liefern also eine höhere Frühfestigkeit. Die spezifische Oberfläche muß nach der Neufassung wenigstens $2200 \text{ cm}^2/\text{g}$ betragen. Zemente mit einer sehr hohen Anfangsfestigkeit, wie z. B. PZ 475 (alte Bezeichnung), haben im allgemeinen eine spezifische Oberfläche von mehr als $4500 \text{ cm}^2/\text{g}$.

Da das Erstarren des Zements ebenfalls von der Reaktionsfläche Zement-Wasser abhängt, benötigen Zemente mit hoher Mahlfeinheit einen höheren Calciumsulfatzusatz. Der höchstzulässige SO_3 -Gehalt darf bei Zementen mit einer spezifischen Oberfläche von mehr als $4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ 4,0 Gew.-% betragen, bei grober gemahlene Zementen ist er im allgemeinen kleiner.

5.2 Erstarren

Das Erstarren wird wie bisher mit dem Nadelgerät nach Vicat (Beschreibung in Blatt 5 der Neufassung) geprüft. Die in der derzeit noch gültigen Fassung von DIN 1164 zusätzlich aufgeführte Vorläufige Bestimmung des Erstarrungsbeginns an einem Zementkuchen mittels Eindrückversuchs (§ 24a) ist jedoch nicht in die Neufassung übernommen worden, weil in den in Neubearbeitung befindlichen Stahlbetonbestimmungen das Prüfen des Zements auf Erstarren und Raumbeständigkeit unmittelbar vor seiner Verwendung nicht mehr gefordert wird, so daß auf den für die Baustelle gedachten Eindrückversuch verzichtet werden konnte.

Eine unmittelbare Beziehung zwischen dem Erstarren des Betons und dem mit dem Nadelgerät definierten Erstarrungsbeginn und

-ende des Zements besteht nicht, weil u. a. das Erstarren des Zements mit einem wesentlich niedrigeren Wasserzementwert geprüft wird. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, daß die für den Zement in der Norm festgelegten Erstarrungszeiten (Erstarrungsbeginn frühestens nach einer Stunde und Erstarrungsende spätestens nach zwölf Stunden) eine für übliche baupraktische Belange ausreichende Verarbeitungszeit gewährleisten.

5.3 Raumbeständigkeit

Um die Beständigkeit des Betons sicherzustellen, darf der Zement keine Stoffe enthalten, die ein Treiben verursachen könnten; das ist in erster Linie der Gehalt des Zements an freiem Kalk, an freiem Magnesiumoxid und an Sulfat.

Durch den sogenannten Kochversuch, bei dem ein 1 Tag alter Kuchen aus Zementbrei zwei Stunden in Wasser gekocht wird, läßt sich ein unzulässig hoher Gehalt an freiem Kalk feststellen. Der Kuchen muß nach dem Kochen scharfkantig und rißfrei sein und darf sich nicht erheblich verkrümmen. In der Neufassung wurde als zulässiges Maß der Verkrümmung ein Stich von höchstens 2 mm bei einer Meßstrecke von wenigstens 100 mm festgelegt.

Der bislang vorgeschriebene sogenannte Kaltwasserversuch, mit dem ein unzulässig hoher Sulfatgehalt überprüft werden sollte, ist in die Neufassung nicht mehr aufgenommen worden, weil er kein ausreichend zuverlässiges Kriterium darstellt und weil der höchstzulässige Sulfatgehalt ohnehin in der Norm festgelegt ist und durch eine chemische Analyse überprüft wird (vergleiche auch Abschnitt 5.1). Auch der höchstzulässige Gehalt an freiem MgO im Portlandzementklinker ist wie bisher auf 5,0 Gew.-% begrenzt, was eine ausreichende Sicherheit gegen Magnesiumtreiben bedeutet.

5.4 Hydratationswärme

Erstmalig in einer deutschen Norm wurde in die Neufassung die Anforderung an Zement mit niedriger Hydratationswärme aufgenommen. Ebenso wie in den angelsächsischen Ländern wird die Hydratationswärme mit dem Lösungskalorimeter bestimmt (vergleiche Blatt 8 der Neufassung), weil die Bestimmung mit dem adiabatischen Kalorimeter u. a. bei der Herstellung und Überwachung einen unzumutbar großen apparativen Aufwand erfordert. Bei der Bestimmung mit dem Lösungskalorimeter lagert die angemachte Zementprobe bis zur Prüfung konstant bei $+ 20^{\circ}\text{C}$, was der Lagerung für die Festigkeitsprüfung entspricht, so daß direkte Vergleiche zwischen Festigkeitsentwicklung und Hydratationswärme unter diesen Bedingungen möglich sind.

Nach der amerikanischen Norm dürfen Zemente mit ermäßigter Hydratationswärme in 7 Tagen nicht mehr als 70 cal/g Wärme entwickeln, nach der englischen Norm 60 cal/g. In der Neufassung wurde die obere Grenze auf 65 cal/g gesetzt. In Zukunft können daher für Bauzwecke, bei denen eine niedrige Hydratationswärme erwünscht ist, wie z. B. bei massigen Bauteilen, Zemente mit einer durch die Norm gewährleisteten niedrigen Hydratationswärme ausgewählt werden.

5.5 Sulfatwiderstand

Ebenfalls erstmalig in einer deutschen Norm sind auch Zemente mit hohem Sulfatwiderstand aufgenommen worden. Der im Ausland des öfteren geübten Praxis, zwischen Zementen mit mäßigem und hohem Sulfatwiderstand zu unterscheiden, ist man in der Neufassung nicht gefolgt, weil sich bei Versuchen Zemente mit „mäßigem“ Sulfatwiderstand nicht ausreichend klar definieren ließen. Bei den Untersuchungen stellte sich auch heraus, daß die Reproduzierbarkeit aller Prüfverfahren für den Sulfatwiderstand selbst bei Zementen mit hohem Sulfatwiderstand so gering ist, daß auf Grund einer einmaligen, mehrere Wochen dauernden Prüfung nicht mit ausreichender Zuverlässigkeit entschieden werden kann, ob der Zement hohen Sulfatwiderstand aufweist oder nicht. Durch wiederholte Prüfung an Mörtel und Beton wurde jedoch über die Zusammensetzung des Zements festgestellt, daß ein hoher Sulfatwiderstand gewährleistet ist, wenn bei Portlandzementen der Tricalciumaluminatgehalt (C_3A -Gehalt) höchstens 3 Gew.-% oder wenn in Hochofenzementen der Hüttsandgehalt wenigstens 70 Gew.-% beträgt.

6. Bezeichnung, Lieferangaben und Gütesicherung

Nach der Neufassung muß die Kurzbezeichnung des Zements die Zementart, die Festigkeitsklasse und ggf. die entsprechenden Kurzbezeichnungen für niedrige Hydratationswärme (NW) und/oder hohen Sulfatwiderstand (HS) enthalten. Zum Beispiel heißt die Kurzbezeichnung für einen Portlandzement mit einer 28-Tage-Mindestdruckfestigkeit von 350 kp/cm^2 , einer 2-Tage-Mindestdruckfestigkeit von 100 kp/cm^2 und mit hohem Sulfatwiderstand: PZ 350 F DIN 1164-HS.

Wie bisher wird die Farbe der Säcke und Lieferscheine die Festigkeitsklasse des Zements kennzeichnen. Für die untere, neu geschaffene Klasse Z 250 (Zemente mit besonderen Eigenschaften) wurde die Farbe Violett zusätzlich zu den bisherigen Farben Hellbraun für Z 350, Grün für Z 450 und Rot für Z 550 in die Neufassung aufgenommen. Zemente der Güteklassen Z 350 und Z 450 mit einer höheren Anfangsfestigkeit (zusätzliche Bezeichnung „F“) haben außer der für die jeweilige Güteklasse vorgeschriebenen Farbe (Hellbraun bzw. Grün) zusätzlich die Aufschrift in roter Farbe.

Die Lieferangaben auf den Säcken und Lieferscheinen müssen außerdem die Zementart, die Festigkeitsklasse, die Zusatzbezeichnung für besondere Eigenschaften, das Lieferwerk und ggf. die Marke sowie das Gewicht enthalten. Hinzu kommen bei Lieferscheinen für losen Zement noch Angaben über das Fahrzeug, Lieferzeit u. a. m.

Blatt 1 der Neufassung nennt in Abschnitt 7 ausdrücklich die Verpflichtung zur Gütesicherung des Zements durch Eigen- und Fremdüberwachung. Einzelheiten hierzu sind in Blatt 2 der Neufassung niedergelegt.

7. Zement- und Betondruckfestigkeit

Umfangreiche Untersuchungen im Forschungsinstitut der Zementindustrie haben ergeben, daß die gemäß Blatt 7 der Neufassung

ermittelte Zementdruckfestigkeit mit großer Zuverlässigkeit den festigkeitsbildenden Beitrag des betreffenden Zements im Beton wiedergibt (Bestimmtheitsmaß 0,91). Aus der Zementfestigkeit kann daher die Betondruckfestigkeit bei bekanntem Wasserzementwert recht zuverlässig vorausberechnet werden. Die Umrechnungsfaktoren und Diagramme weichen allerdings von den bisher veröffentlichten ab, weil das ISO-Verfahren mit seinem niedrigeren Wasserzementwert andere Zementnormenfestigkeiten liefert als das bislang übliche DIN-Verfahren. Die Ausarbeitung entsprechender Diagramme ist derzeit im Forschungsinstitut der Zementindustrie in Vorbereitung; sie werden rechtzeitig zur Einführung der neuen DIN 1164 veröffentlicht werden.

8. Zusammenfassung

Die vorgesehene Neufassung der DIN 1164 umfaßt Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement. Von den 8 Blättern der Norm ist Blatt 1, das die Begriffe, Bestandteile und Anforderungen enthält, für die Zementhersteller und -verbraucher am wichtigsten. Für die Festigkeitsprüfung des Zements wird ein von der ISO empfohlenes Prüfverfahren eingeführt, das mit einem niedrigeren Wasserzementwert und mit einem anderen Prüfsand arbeitet. Die Klassifizierung richtet sich nach der Festigkeit und sieht 4 Klassen Z 250, Z 350, Z 450 und Z 550 vor, von denen die unterste Klasse Zementen mit niedriger Hydratationswärme und/oder hohem Sulfatwiderstand vorbehalten bleibt, die bislang nicht genormt waren. Die Neufassung schreibt für die drei unteren Klassen neben der Mindestfestigkeit jeweils auch eine obere Festigkeitsgrenze vor, die nicht überschritten werden darf.