

Verwendung von CEM II- und CEM III/A-Zementen in zementgebundenen Estrichen

Von Maria Teresa Alonso Junghanns und Christoph Müller, Düsseldorf

1 Einleitung

Zementestriche werden seit Jahrzehnten im Wohnungs-, Gewerbe- und Industriebau mit Erfolg eingesetzt. Sie zeichnen sich gegenüber anderen mineralisch gebundenen Estrichen vor allem durch ihre Beständigkeit bei Feuchtebeanspruchung aus und können daher sowohl im Innen- als auch im Außenbereich verwendet werden.

Für die Herstellung von Zementestrichmörtel können grundsätzlich

alle Normzemente bei nachgewiesener Eignung eingesetzt werden. Derzeit werden die in **Tafel 1** enthaltenen Zemente nach DIN EN 197-1 bevorzugt für die Herstellung von Zementestrichmörteln eingesetzt. In bestimmten Anwendungsfällen kann der Einsatz so genannter Estrichschnellzemente sinnvoll sein [1, 2].

Vereinzelte Berichte über vermeintliche Probleme bei der Herstellung von Zementestrichen in der Praxis führen bei Anwendern zum Teil zu

Vorbehalten gegenüber der Verwendung von Portlandkomposit- und Hochofenzementen in diesem Bereich. Dabei liegen keine dokumentierten Fälle vor, die den Zementarteinfluss ableiten lassen. Dieser Beitrag geht der Frage nach dem Einfluss der Zementart auf die Eigenschaften von Estrichen nach.

2 Überblick über das Untersuchungsprogramm

Das Forschungsinstitut der Zementindustrie hat Vergleichsuntersuchungen an zementgebundenen Estrichen ausgewertet, die in den Jahren zwischen 1998 und 2008 durchgeführt wurden und bei denen lediglich die Zementzusammensetzungen variierten, die Zusammensetzung der Estriche und die Herstellungs- und Prüfbedingungen jedoch identisch waren. Als Ausgangsstoffe wurden 26 verschiedene Zemente unterschiedlicher Herkunft herangezogen.

Bei den Untersuchungen wurden 40 Estrichmörtel verschiedener Zusammensetzung hergestellt. Aus einer Datenbank mit mehr als 1.000 Einzelergebnissen wurden im Wesentlichen die folgenden, bautechnisch relevanten Eigenschaften analysiert: die Verarbeitbarkeit und der Luftgehalt, die Festigkeitsentwicklung, die Endfestigkeit und die Oberflächenfestigkeit, die Restfeuchte sowie das Schwinden und das Aufschüsseln.

3 Zusammensetzung der Estrichmörtel

Die Eigenschaften des Estrichmörtels wurden an Zementestrichmörteln unterschiedlicher Zusammensetzung ermittelt. Bei den Vergleichsuntersu-

Tafel 1: In Deutschland für die Herstellung von Zementestrichmörteln bevorzugte Zementarten und deren Zusammensetzung [2]

Zementart		Zusammensetzung (Massenanteile in %)				
		Hauptbestandteile				Nebenbestandteile
		Portlandzementklinker	Hütten-sand	Kalkstein	Gebraannter Ölschiefer	
		K	S	LL	T	
CEM I	Portlandzement	95–100	–	–	–	0–5
CEM II/A-S	Portlandhüttenzement	80–94	6–20	–	–	0–5
CEM II/B-S		65–79	21–35	–	–	0–5
CEM II/B-T	Portlandschieferzement	65–79	–	–	21–35	0–5
CEM II/A-LL	Portlandkalksteinzement	80–94	–	6–20	–	0–5
CEM II/B-M (S-LL)	Portlandkompositzement	65–79	21–35		–	0–5

Tafel 2: Vergleichsuntersuchungen verschiedener Unternehmen

Untersuchte Zemente		Vergleichsuntersuchungen										
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
CEM I	32,5 R	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
CEM II	B-S 32,5 R	X	X		X	X	X				X	
	B-S 42,5 N								X	X		X
	A-LL 32,5 R						X	X				
	A-M (S-LL) 32,5 R			X								
	B-M (V-LL) 32,5 R							X				
	B-M (S-LL) 32,5 R							X				
CEM III/A	32,5 N							X				
	42,5 N				X							

chungen blieb die Zusammensetzung jeweils unverändert, um den Einfluss der Zementart feststellen zu können.

Die verwendeten Zemente erfüllten die Anforderungen nach DIN EN 197-1:2004-08. Tafel 2 gibt einen Überblick über die Vergleichsuntersuchungen und die verwendeten Zemente.

Zur Herstellung der Zementestrichmörtel wurde in allen Vergleichsuntersuchungen Rheinkiessand verwendet. Die Sieblinien lagen in neun Vergleichsuntersuchungen im Be-

reich B8 und in jeweils einem Fall lag die Kornzusammensetzung der Gesteinskörnung im Bereich der Sieblinie A8 bzw. C8 der „Regel-sieblinien“ nach DIN EN 206-1/ DIN 1045-2.

Einige Estrichmörtel wurden mit Zusatzmitteln oder Zusatzstoffen (Kunstharzdispersionen) hergestellt. Es handelte sich um verschiedene marktübliche und zementestrich-spezifische Produkte von drei verschiedenen Zusatzmittelherstellern. Detaillierte Angaben zu den untersuchten Estrichmörtel können [3] entnommen werden.

4 Untersuchte Estricheigenschaften

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Vergleichsuntersuchungen zusammenfassend dargestellt. Dabei erfolgt in der Regel ein direkter Vergleich der Ergebnisse der Zementestriche mit CEM II-Zementen auf der Ordinate (Y-Achse) mit dem Ergebnis für Zementestrich mit Portlandzement CEM I auf der Abszisse (X-Achse) innerhalb der entsprechenden Versuchsreihe, d.h. unter ansonsten vergleichbaren Verhältnissen bezüglich der Estrichzusammensetzung und bei identischen

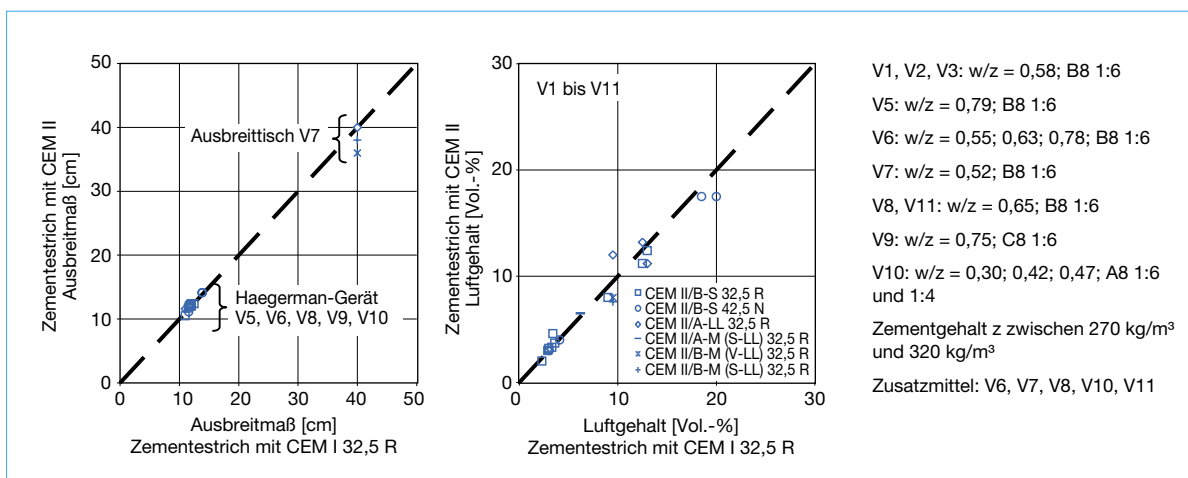


Bild 1: Ausbreitmaß und Luftgehalt zementgebundener Estriche

Herstellungs-, Lagerungs- und Prüfbedingungen.

4.1 Verarbeitbarkeit

Die Verarbeitungseigenschaften eines Estrichs werden von der Estrichzusammensetzung, den Eigenschaften der Ausgangsstoffe und den Umgebungsbedingungen (Temperatur) bestimmt. CEM II- und CEM III/A-Zemente sind in der Regel feiner gemahlen als vergleichbare CEM I-Zemente. Die höhere Mahlfeinheit kann zu einem Anstieg des Wasseranspruchs der Zemente in der Normprüfung führen. Auf den Wasserbedarf des Mörtels hat dieser Effekt meist keinen Einfluss, da die Verarbeitungseigenschaften eines Mörtels maßgeblich von seiner Zusammensetzung und den Eigenschaften aller Bestandteile bestimmt werden. Dies wird hier bestätigt. **Bild 1** zeigt die Ergebnisse der Konsistenzmessung und des Luftgehalts der Vergleichsuntersuchungen.

Aus den **Bildern 2** und **3** ist abzulesen, dass der Zementeinfluss auf die Konsistenz (Ausbreitmaß) und auf den Luftgehalt deutlich geringer ausfällt als z.B. der Einfluss des Wasserzementwerts oder der Einfluss der verwendeten Zusatzmittel.

4.2 Ansteifen, Erstarren, Erhärten

Durch eine niedrige bzw. hohe Frischmörteltemperatur werden das Ansteifen sowie das Erstarren und Erhärten verzögert bzw. beschleunigt. Bei niedrigen Temperaturen ist mit einer Abnahme der Verarbeitbarkeit und der Festigkeit unabhängig von der Zementart bei gleicher Zusammensetzung zu rechnen. **Bild 4** zeigt, dass sich die bekannten Zusammenhänge auch bei Zementestrichen unabhängig von der Zementart einstellen.

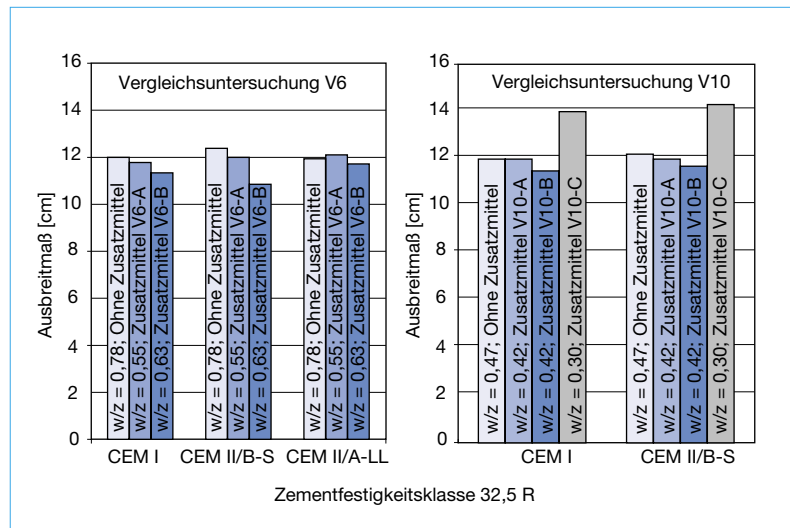


Bild 2: Verarbeitbarkeit (Ausbreitmaß, Haegerman-Gerät) zementgebundener Estriche

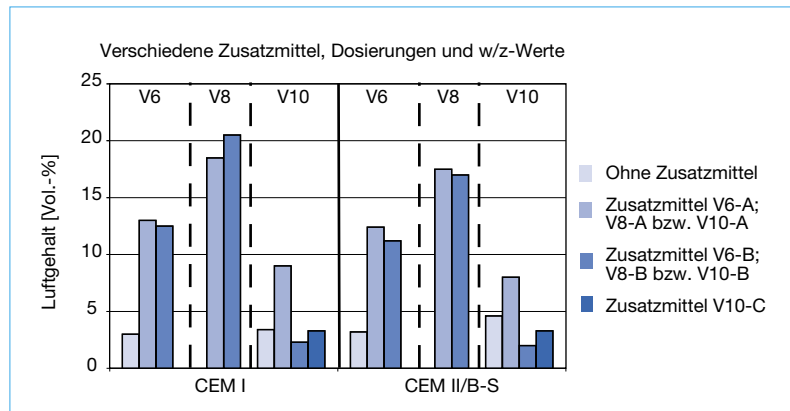


Bild 3: Luftgehalt zementgebundener Estriche in Abhängigkeit vom Zusatzmittel

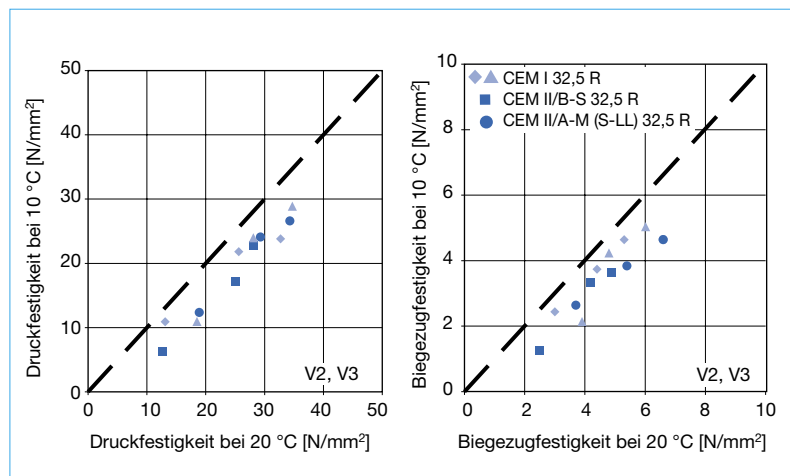


Bild 4: Einfluss der Temperatur auf die Druck- und die Biegezugfestigkeit

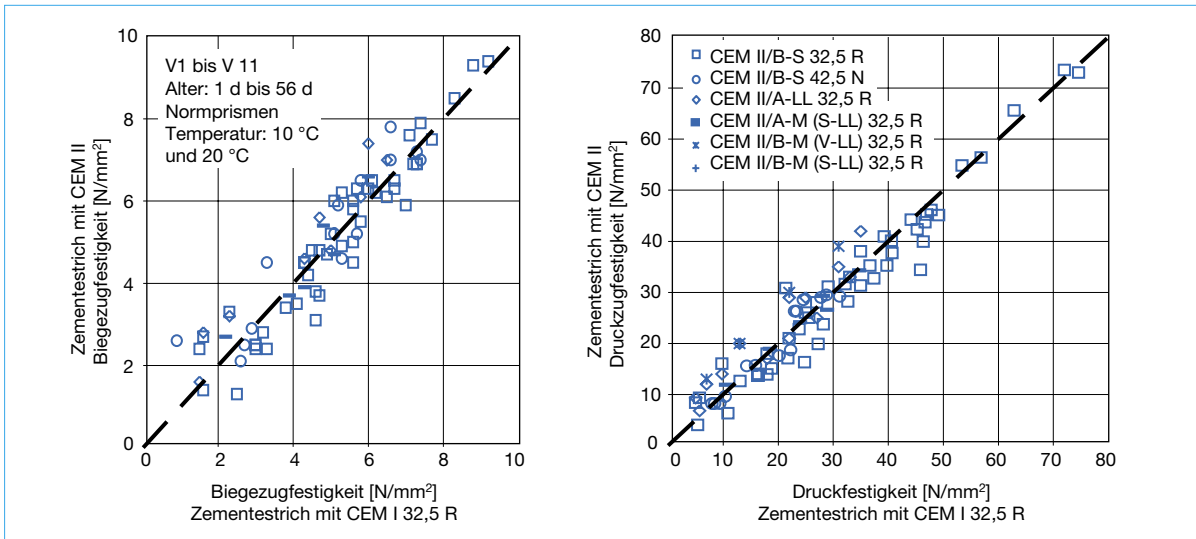


Bild 5: Biegezug- und Druckfestigkeit zementgebundener Estriche

4.3 Festigkeit

Die Festigkeitsentwicklung von Zementestrich mit CEM II- und CEM III/A-Zementen ist unter bau-praktischen Bedingungen vergleich-bar mit der von CEM I-Estrich. Bild 5 zeigt den Vergleich der altersabhän-gigen Druck- und Biegezugfestigkeit verschiedener Zementestriche mit Portlandkompositzementen und Portlandzement, die vergleichbare Zusammensetzungen und Lage-rungsbedingungen aufweisen. Bei

gleicher Estrichzusammensetzung und vergleichbaren Lagerungsbedin-gungen zeigte sich kein systemati-scher Einfluss der Zementart.

4.4 Verformungsverhalten bei Feuchtegehaltsänderungen

Formänderungen, die durch Ände-rungen des Feuchtehaushalts im Estrichmörtel ausgelöst werden, d.h. das Trocknungsschwinden, wurden an Normprismen in unterschied-lichem Alter zwischen einem und

56 Tagen untersucht. Die Ergebnisse der Bestimmung des Schwindens und der Durchbiegung der Estriche und der horizontalen und vertikalen Messungen an Versuchsflächen zeigten in keinem der durchgeführ-ten Vergleiche einen systematischen Einfluss der Zementart [3].

4.5 Feuchtegehalt

Abhängig von den Austrocknungsbedingungen stellt sich ein Feuchte-gehalt ein, der vom Wassergehalt, der Estrichdicke und den Umweltbedingungen abhängig ist. In der Praxis wird der Feuchtegehalt als Restfeuchte bezeichnet.

Der Feuchtegehalt wurde durch Ofentrocknung bei 105 °C (Darr-Methode) und mit der Calciumcar-bid-Methode (CM-Methode) nach [4] bestimmt. Bei der Ofentrocknung wurden die Proben in einem Trockenschrank bis zur Gewichts-konstanz getrocknet. Aus der Gewichts-differenz zwischen feuchter und trockener Probe und aus dem Trockengewicht wurde der Feuchte-gehalt berechnet. Bei der CM-Me-thode wird die Probe in einer Stahl-

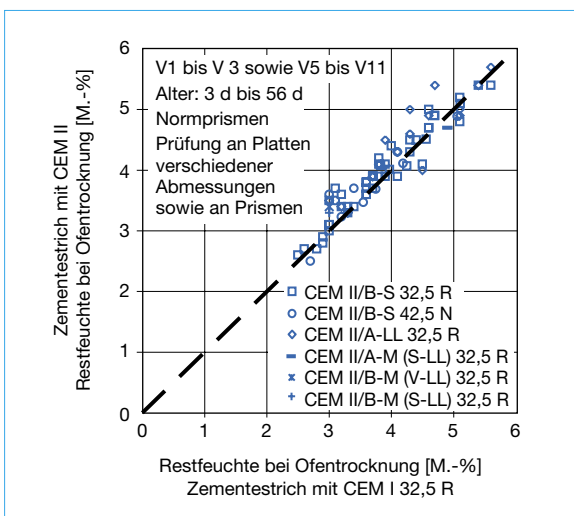


Bild 6: Restfeuchte zementgebundener Estriche bei Ofentrocknung (105 °C)

flasche mit Manometer mit Calciumcarbid vermischt und dadurch Acetylgas erzeugt. Aus dem Druckanstieg am Manometer und einer Eich-tabelle wurde der Feuchtegehalt ermittelt.

Bei der Trocknung bei 105 °C wird sowohl das gesamte Kapillarwasser als auch das physikalisch gebundene, d.h. unter normalen Umweltbedingungen nicht verdampfbare Wasser erfasst. **Bild 6** verdeutlicht, dass der Zementeinfluss auf die durch Ofentrocknung bei 105 °C ermittelte Restfeuchte unabhängig von Alter, Prüfgeometrie und Lagerungsbedingungen nicht signifikant ist.

In den **Bildern 7 und 8** ist zu erkennen, dass der w/z-Wert einen maßgeblichen Einfluss auf das Austrocknen des Estrichs bei gleich bleibenden Umweltbedingungen hat. Bei vergleichbaren w/z-Werten (0,78 bei V5 und 0,79 bei V6) ist bei V6 die hohe relative Luftfeuchte entscheidend. Es konnte kein signifikanter Einfluss des Zements bei gleichen Herstellungs- und Prüfbedingungen festgestellt werden. Der Feuchtegehalt wurde offenbar mehr vom Zusatzmittel beeinflusst. Der Einfluss

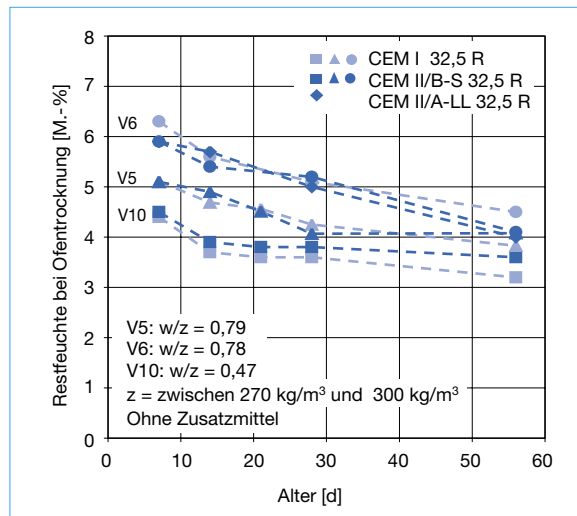


Bild 7: Altersabhängige Restfeuchte bei Ofentrocknung (105 °C; Mischungen ohne Zusatzmittel)

der unterschiedlichen Prüfkörpergeometrien, Lagerungen und Zusammensetzungen kann aus den Ergebnissen nicht eindeutig abgeleitet werden.

Bild 9 zeigt, dass die mit der CM-Methode ermittelte Restfeuchte zum gleichen Prüfalter bei jeweils identischen Prüfbedingungen niedriger ist als die durch Trocknung bei 105 °C ermittelte Restfeuchte. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Feuchte nach der CM-Methode und der Ofentrocknung

kann anhand dieser Ergebnisse bei unterschiedlichen Prüfkörpern, Lagerungs- und Prüfbedingungen sowie Prüfaltern nicht abgeleitet werden. Bild 9 zeigt auch, dass ein systematischer Einfluss der Zementart nicht gegeben ist.

Entsprechende Untersuchungen wurden auch für CEM III/A-Zemente im Vergleich zum CEM II/B-S durchgeführt. **Tafel 3** zeigt die Ergebnisse der Restfeuchte, der Druck- und der Biegezugfestigkeit solcher Estrichmörtel. Im Vergleich zu dem Estrich-

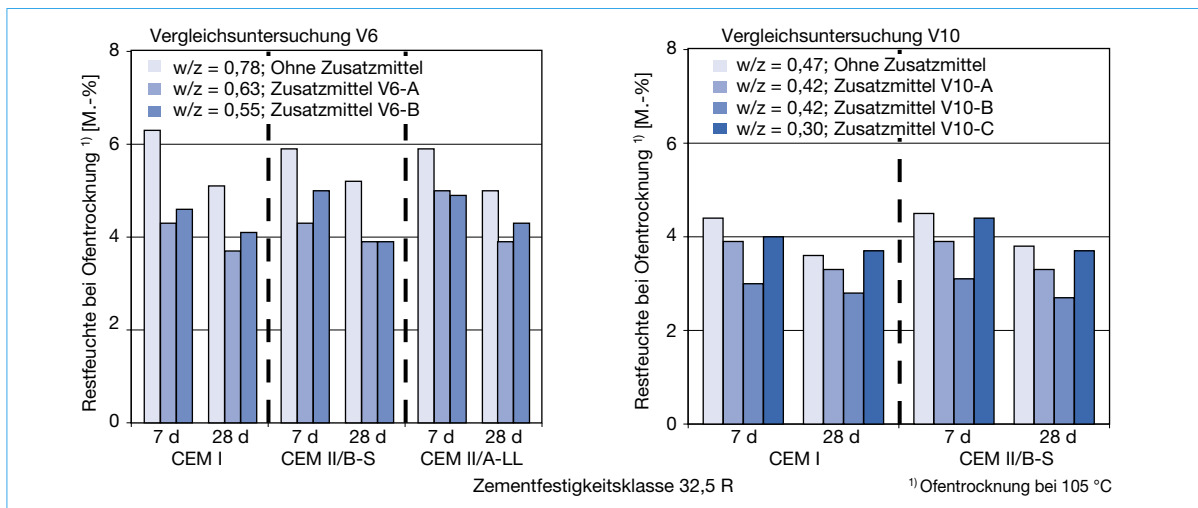


Bild 8: Restfeuchte bei Ofentrocknung bei den Untersuchungen mit und ohne Zusatzmittel

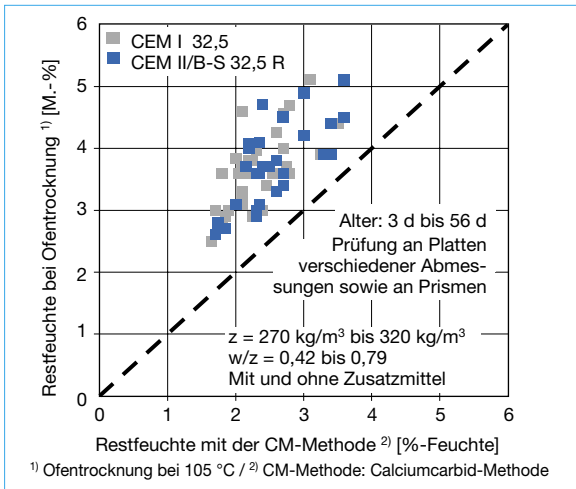


Bild 9: Restfeuchte in Abhängigkeit von der verwendeten Prüfmethode

mörtel mit CEM II/B-S zeigte sich kein signifikant anderes Verhalten bei Verwendung von CEM III/A.

5 Zusammenfassung

Basis der vorgestellten Auswertung waren Untersuchungen an zementgebundenen Estrichen, die in den Jahren 1998 bis 2008 von Mitgliedsunternehmen des Vereins Deutscher Zementwerke durchgeführt bzw. beauftragt wurden. Die Untersuchungen waren im Labor zum Teil unter baustellenähnlichen Bedingungen durchgeführt worden. Ausgewertet

wurden die Frischmörteleigenschaften: Rohdichte, Konsistenz und Luftgehalt. Weiterhin wurden die altersabhängige Biegezug- und Druckfestigkeit, die Oberflächenfestigkeit, der Elastizitätsmodul, das Schwinden und die Restfeuchte bestimmt. Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

Die ermittelten Eigenschaften bilden eine wesentliche Datenbasis für zementgebundene Estrichmörtel. Es wurden die bautechnisch relevanten Eigenschaften von Zementestrichen mit CEM I-, CEM II- und CEM III/A-Zementen ausgewertet. Dabei wur-

den Vergleichsuntersuchungen an zementgebundenen Estrichen mit variierenden Zementzusammensetzungen, jedoch ansonsten jeweils gleicher Zusammensetzung der Estriche und identischen Herstellungs- und Prüfbedingungen analysiert. Ein signifikanter Zementarteneinfluss konnte nicht abgeleitet werden. Die Ergebnisse bestätigen die grundsätzliche Eignung von Portlandzement, Portlandkomposit- und Hochofenzementen für die Herstellung von Estrichmörtel wie auch für andere Gebiete der Betonbautechnik [5].

Bei Verwendung eines Estrichmörtels sollte seine Eignung grundsätzlich in einer Erstprüfung bestätigt werden [2]. Rahmenbedingungen wie Einbau- bzw. Baustellenbedingungen, die einen wesentlichen Einfluss haben, sollten in die Überlegungen einbezogen werden.

6 Literatur

- [1] Hinweise zur Auswahl von Zementen für die Estrichherstellung im Wohnungs- und Verwaltungsbau. BEB-Merkblatt, Stand September 2002, Hrsg.: Bundesverband Estrich und Belag e.V., Troisdorf
- [2] Leitfaden zur Herstellung von Zementestrichmörteln im Innenbereich. Stand Mai 2009. Hrsg.: Bundesverband Estrich und Belag e.V., Verein Deutscher Zementwerke e.V.
- [3] Alonso, M.T.; Müller, C.: Verwendung von CEM II- und CEM III/A-Zementen in zementgebundenen Estrichen. beton 59 (2009) H. 12, S. 595–600 und beton 60 (2010) H. 1+2, S. 57–63
- [4] CM-Messung. BEB-Arbeitsanweisung, Hrsg.: Bundesverband Estrich und Belag e.V., Stand Februar 2005, Troisdorf
- [5] CEM II- und CEM III/A-Zemente im Betonbau. Hrsg.: Verein Deutscher Zementwerke, Verlag Bau+Technik, Düsseldorf 2008

Tafel 3: Ergebnisse von Estrichmörtel mit CEM II/B-S und CEM III/A im Vergleich

Eigenschaft	Alter	CEM II/B-S 32,5 R		CEM III/A 42,5 N	
		Erstprüfung	Erhärtungsprüfung	Erstprüfung	Erhärtungsprüfung
Druckfestigkeit	3 d	13,4	16,7	14,4	15,4
	7 d	20,5	22,8	25,7	24,7
	28 d	21,7	24,4	30,6	26,4
Biegezugfestigkeit	3 d	2,9	3,3	2,9	3,4
	7 d	3,9	4,3	4,4	4,2
	28 d	4,4	4,3	5,1	4,5
Restfeuchte ¹⁾	3 d	4,7	4,2	4,8	4,3
	7 d	4,5	3,3	4,5	3,2
	28 d	3,9	1,8	4,1	1,8

V4: z = 300 kg/m³; w/z = 0,57 / ¹⁾ Ofentrocknung bei 105 °C

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei den VDZ-Mitgliedsunternehmen für die zur Verfügung gestellten Daten und die Kooperation bei der Erstellung dieses Beitrages.