

Die TKB informiert zu den charakteristischen Eigenschaften von „beschleunigten“ Zementestrichen und Schnellzementestrichen

Einleitung

Möchte man die Wartezeiten beim Einsatz von Zementestrichen verkürzen, so werden häufig "Schnellestriche" als Alternative zu üblichen Zementestrichen betrachtet. Unter dem Begriff "Schnellestriche" werden dann "beschleunigte" Zementestriche und Schnellzementestriche (SZE) zusammengefasst, was für den Anwender irreführend ist und den unterschiedlichen Eigenschaften der beiden Produktgruppen nicht gerecht wird. Im TKB-Merkblatt 14 [1] wurden 2015 erstmals eindeutige Definitionen für die beiden Produktgruppen eingeführt. Diese haben sich bis heute bewährt, wobei offensichtlich bei vielen Anwendern, und insbesondere auch bei Planern, immer noch erhebliche Unsicherheiten festzustellen sind.

Nach TKB-Merkblatt 14 [1] werden "beschleunigte" Estriche durch Zugabe von Esrichzusatzmitteln (EZM) zu Normalzementestrichmörteln auf der Baustelle hergestellt. Die relative Zusatzmenge der als "Beschleuniger" bezeichneten EZM bewegt sich dabei meistens im Bereich von 0,3 – 3 % bezogen auf den Normalzementgehalt.

Schnellzementestriche (SZE) hingegen bestehen aus einem Spezialbindemittel, dem Schnellzement (SZ), und der Gesteinskörnung (= Zuschlag). Baustellenüblich sind dabei Mischungsverhältnisse SZ : Zuschlag von 1 : 4 bis 1 : 6 sowie die Wasserzugabe nach Herstellerangabe.

Auch wird in diesem Merkblatt festgestellt, dass die Zusammenfassung dieser beiden Produktgruppen unter der Bezeichnung Schnellestriche irreführend ist.

Mitausgelöst durch die Einführung der KRL-Methode wurden mittlerweile weitere Untersuchungen zum Trocknungsverhalten von Zementestrichen mit EZM durchgeführt und publiziert [2]. Sie bestätigen durchweg die Angaben im TKB-Merkblatt 14 [1]. Dieser Kenntnisstand ist ebenfalls in die überarbeitete Ausgabe der DIN 18560-1 [3] vom Februar 2021 eingeflossen; dort werden jetzt wasserreduzierende Estrichzusatzmittel (EZM) und Schnellzemente separat voneinander aufgeführt.

Nachfolgend ist der heutige Kenntnisstand zu den wesentlichen Eigenschaften und Unterschieden zwischen Zementestrichen mit wasserreduzierenden EZM, sog. "beschleunigten" Zementestrichen, und Schnellzementestrichen zusammenfassend beschrieben. Ziel ist es dabei, anschaulich darzustellen, wie die Leistung dieser beiden Produktgruppen einzuschätzen ist und auch, wo ihre Einsatzgrenzen liegen.

Normung

Nach DIN EN 13813 [4] sind für Estrichmörtel "Bindemittel, Zuschläge, Zusatzstoffe und Wasser zu verwenden, die nachweislich für Estrichmörtel und Estrichmassen geeignet sind." Weitergehende Festlegungen, z. B. über die Art der Bindemittel oder Zusatzstoffe, werden dort nicht getroffen.

Das Trocknungsverhalten und der Feuchtegehalt eines Estrichmörtels sind dort weder bei den Eigenschaften zur Klassifizierung noch bei den besonderen Eigenschaften aufgeführt.

Unter "Sonstige Eigenschaften" wird dort ausgeführt: "Wenn ein Hersteller besondere Eigenschaften eines Estrichmörtels, die von dieser Norm nicht erfasst sind, deklariert, muss er das zur Beurteilung dieser Eigenschaften angewendete Verfahren, das am

Anwendungsort gültig ist, angeben." Dieser Verweis lenkt den Blick direkt auf die DIN 18560:

Im Teil 1 der Normenreihe DIN 18560 [3] wird unter Punkt 5.6 der Feuchtegehalt aufgeführt: "Der Feuchtegehalt ist ein Kriterium zur Beurteilung der Belegreife eines mineralisch gebundenen Estrichs. Die Messung des Feuchtegehalts erfolgt über die Calciumcarbid-Methode."

Weiterhin heißt es: "Der Wasseranspruch von mineralisch gebundenen Mörteln kann durch Zusatzmittel reduziert werden. Ein exakter Belegreife-Zeitpunkt kann jedoch nicht vorhergesagt werden.

Estriche mit definiertem, frühem Belegreife-Zeitpunkt sind durch die Verwendung von geeigneten Bindemitteln (z. B. Schnellzemente) herstellbar."

Somit lassen sich aus den für Estrichmörtel bzw. Estriche maßgeblichen Normen folgende wesentliche Aussagen über Schnellzementestriche und Zementestriche mit EZM treffen:

- Schnellzemente sind, sofern vom Hersteller dafür ausgelobt, zur Herstellung von Zementestrichen geeignete Bindemittel.
- Entsprechendes gilt für vom Hersteller als geeignet ausgelobte Zusatzmittel.
- Ein exakter Belegreife-Zeitpunkt kann für Estriche mit EZM nicht vorhergesagt werden.
- Ein definierter Belegreife-Zeitpunkt ist durch Einsatz geeigneter Schnellzemente erreichbar.

Hydratation von Portlandzement und von Schnellzementen

Portlandzement

Die beim Brennen entstandenen Klinkerphasen des Portlandzements reagieren mit Wasser zu Calciumsilicathydrat-Phasen. Die Wasserzugabe bei Zementestrichmörteln, bestehend

aus Gesteinskörnung/Zuschlag, Zement und ggf. EZM, startet diese Erhärtungsreaktionen. Zu Beginn der Mörtelerhärtung sinkt infolge der Hydratation der Wassergehalt im Mörtel rasch ab (Bild 1). Nach ca. 5 – 7 Tagen ist der überwiegende Teil der Klinkerphasen abreagiert und der Wassergehalt sinkt primär infolge physikalischer Trocknung weiter. Von Portlandzement kann durch die mit der Hydratation verbundenen chemischen Reaktionen eine Wassermenge gebunden werden, die einem Wasser-/Bindemittelwert (W/B-Wert) von ca. 0,2 – 0,25 entspricht. Die Wasserzugabe beim Anmischen des Zementestrichmörtels entspricht jedoch einem W/B-Wert von ca. 0,6 – 0,7. Dieser hohe Wasserüberschuss ist notwendig, um einen verarbeitbaren Mörtel zu erhalten. Durch den Einsatz von Fließmitteln als EZM kann der W/B-Wert auf ca. 0,45 – 0,55 reduziert werden. Solche Zusatzmittel finden heute als sog. "Beschleuniger" einen breiten Einsatz bei der Estrichherstellung. Diese Zusatzmittel üben praktisch keinen Einfluss auf die Art der sich bildenden Hydratationsprodukte des Portlandzements aus, weshalb Zementestrichmörtel mit und ohne EZM aus mineralogischer Sicht gleichbehandelt werden müssen. Es bilden sich weiterhin Calciumsilicathydrat-Phasen, deren kristalline Wasserbindung nicht erhöht ist. Lediglich durch den verminderten Anmachwassergehalt ist der Zeitbedarf bis zum Erreichen der Belegreife bei "beschleunigten" Zementestrichen gegenüber solchen ohne "Beschleuniger" verkürzt.

Schnellzemente

Bei Schnellzementen können zwei Hauptgruppen unterschieden werden:

- Binäre Schnellzemente (SZ-B nach [1]): Diese bestehen aus Mischungen von Portland- und Aluminatzement. Der Aluminatzement beschleunigt die Hydratation des Portlandzements und beeinflusst dabei die Menge des durch Hydratation gebundenen

Wassers kaum. Bei Estrichen mit diesen Bindemitteln muss das für die Verarbeitbarkeit notwendige Überschusswasser überwiegend verdunsten.

- Ternäre Schnellzemente (SZ-T nach [1]): Diese Bindemittel bestehen aus drei Hauptkomponenten, nämlich Portlandzement, Aluminatzement und einer Sulfatquelle (häufig Calciumsulfat). Bei deren chemischer Reaktion mit Wasser entsteht ein basisches Calcium-Aluminium-Sulfat, das über das chemisch gebundene Wasser hinaus große Mengen Kristallwasser einlagert.
- Diese nach ihrem ersten Fundort (Ettringen in der Eifel) Ettringit benannte Verbindung verleiht dem erhärteten Mörtel seine Festigkeit und bindet darüber hinaus einen großen Anteil des Anmachwassers kristallin. Solche Schnellzementestriche vermögen bei ihrer Hydratation eine Wassermenge zu binden, die einem W/B-Wert von bis zu 0,43 entspricht. Hohes Wasserbindungsvermögen, niedriger Gehalt an Anmachwasser verbunden mit der hohen Reaktivität des Aluminatzements führen zu dem für diese Produkte bekannten schnellen Festigkeitsaufbau und darüber hinaus zu einer von den Umgebungsbedingungen praktisch unabhängigen, raschen Trocknung des Mörtels.

Vergleich der Hydratation von Estrichmörteln mit Portlandzement und ternären Schnellzementen anhand physikalischer Methoden

Rasterelektronenmikroskopie (REM)

Über Rasterelektronenmikroskopie erhält man hochaufgelöste Bilder der kristallinen Phasen in ausgehärteten Estrichmörteln. Diese geben Aufschluss über die Art und die Menge der für die Festigkeit des Mörtels verantwortlichen Hydratphasen.

Bild 2 zeigt die REM-Aufnahmen eines Portlandzement-Estrichmörtels ohne und mit EZM. Eine Ausbildung der Hydratphasen ist in beiden Proben gleich und Ettringit zeigt sich nicht.

Bild 3 zeigt die entsprechenden REM-Aufnahmen eines Zementestrichmörtels mit einem ternären Schnellzement (SZ-T). Die ausgeprägte Ettringit-Bildung ist deutlich erkennbar.

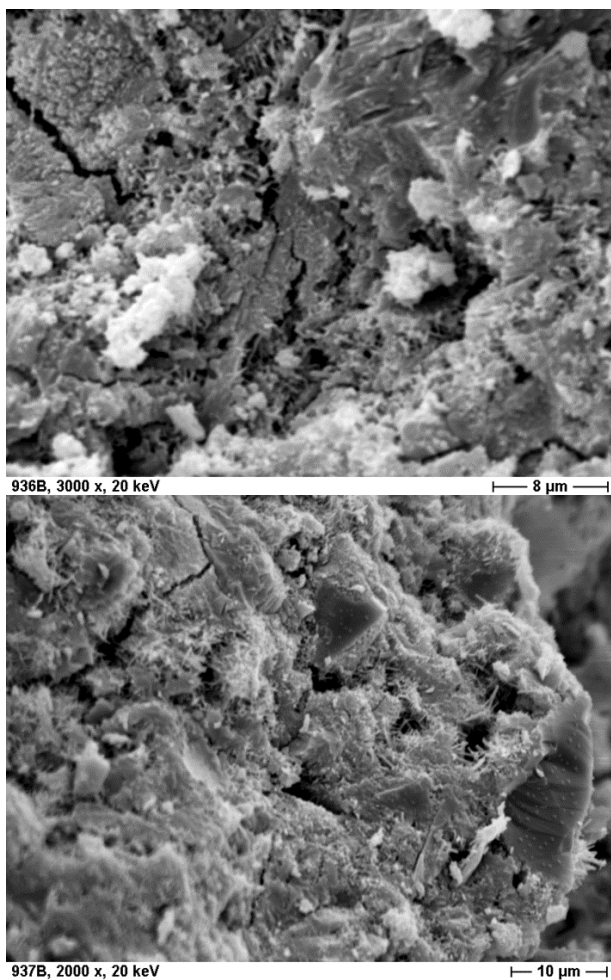


Bild 2: Estrichmörtel mit CEM I 52,5 R ohne EZM (links) und mit EZM (rechts). Keine Ausbildung von Ettringit oder anderer abweichender Mineralphasen

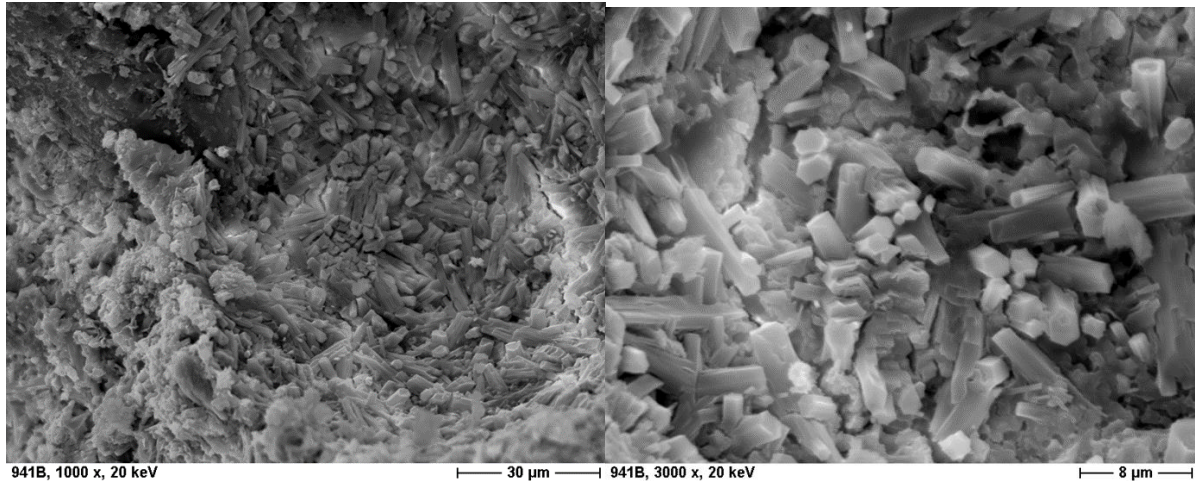


Bild 3: Ettringitbildender Estrichmörtel mit kristalliner Ausbildung von Ettringitsäulen (SZ-T, Ternäres System)

Röntgenbeugung

Durch Röntgenbeugung (engl. X-Ray-Diffraction, XRD) lassen sich die Mineralphasen in Mörtelsystemen identifizieren und die jeweilige Menge qualitativ analysieren.

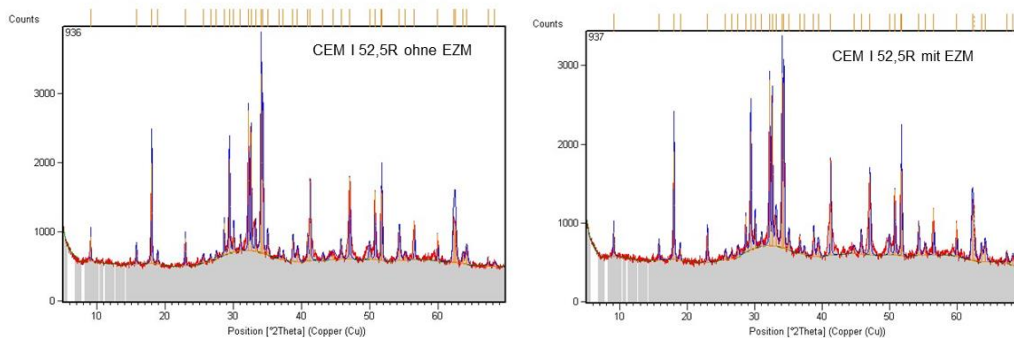


Bild 4: XRD-Diagramme: CEM I 52,5 R, links ohne EZM und rechts mit EZM

Für Portlandzement-Estrichmörtel ohne und mit EZM ergeben sich praktisch identische Diagramme (Bild 4), sie lassen die Bildung von Portlandit, Larnit und Hatrurit, sowie von

geringen Mengen an Ettringit erkennen. Konkret bedeutet dies, dass das EZM keine Auswirkungen auf die mineralogische Zusammensetzung des erhärteten Estrichmörtels hat. Gelegentlich wird für "beschleunigend" wirkende EZM ein zusätzlicher Einfluss auf die Hydratation des Portlandzements postuliert. Die vorliegenden Befunde liefern keinerlei Hinweis für diese Hypothese.

Für einen Zementestrichmörtel mit einem ternären Schnellzement (SZ-T) erhält man ein erkennbar anderes Beugungsdiagramm als beim Portlandzement-basierten Mörtel (Bild 5). Die Bildung von Ettringit als Hauptphase ist sehr gut am zugehörigen charakteristischen Peak erkennbar.

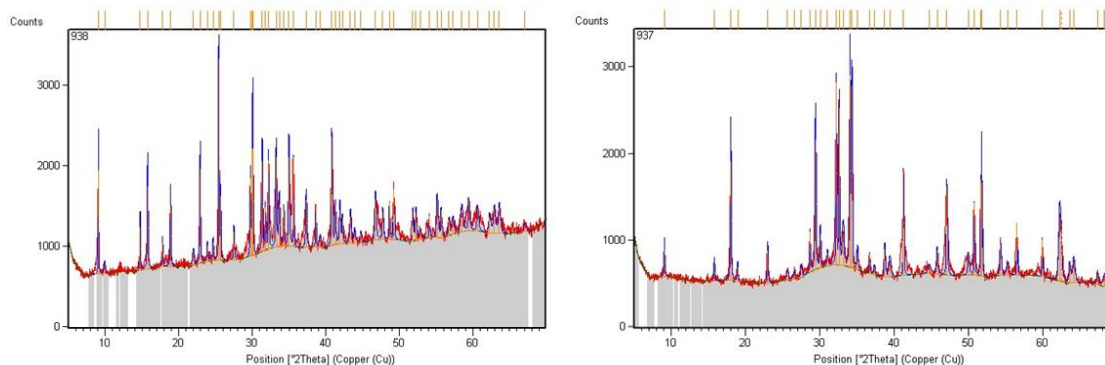


Bild 5: SZ-T mit typischen Ettringit-Peaks (links) und CEM I 52,5 R mit typischen Peaks von Haturit, Larnit und Portlandit

Wärmeflusskalorimetrie

Durch Wärmeflusskalorimetrie (engl. Differential Scanning Calorimetry, DSC) lässt sich die bei einer chemischen Reaktion frei werdende Energie in ihrem zeitlichen Verlauf verfolgen. Dadurch ist es möglich, Rückschlüsse auf den Reaktionsverlauf und auf die insgesamt dabei freiwerdende Energie zu ziehen.

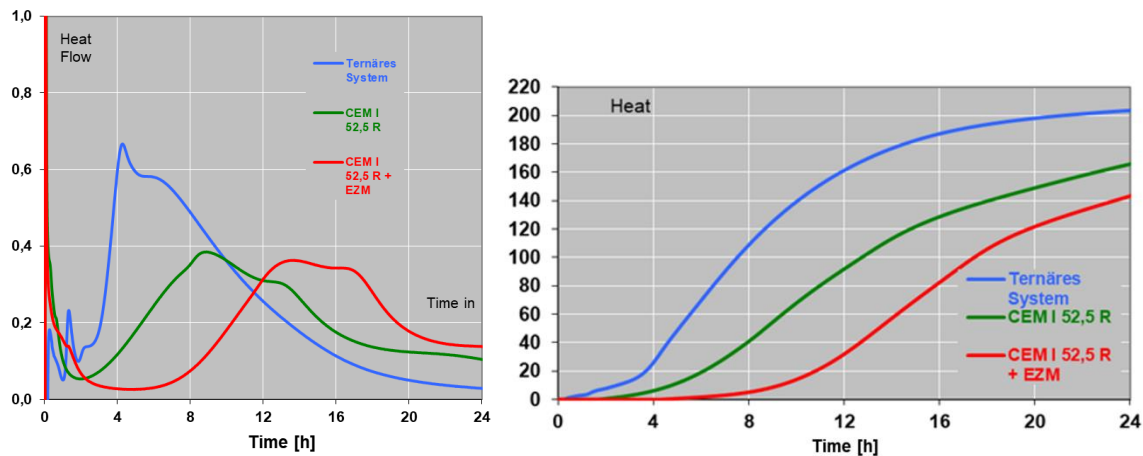


Bild 6: Wärmefluss-Diagramme: links: zeitlicher Ablauf der Reaktion (differenziell); rechts: Darstellung der gesamten freigesetzten Wärme (Integral, kumulierte Wärme)

In Bild 6 sind die Wärmeflussdiagramme eines SZ-T sowie die eines Portlandzements ohne und mit EZM wiedergegeben. Es ist gut erkennbar, dass die Energiefreisetzung beim SZ-T früher beginnt und insgesamt höher ausfällt als bei den beiden Portlandzement-Systemen. Darüber hinaus kann das eingesetzte EZM, ein häufig verwendetes Fließmittel, zu einer Verzögerung der Portlandzement-Hydratation führen. Dieses Verhalten ist typisch für viele als "Beschleuniger" eingesetzte Fließmittel. Da diese Reaktion für die Trocknung des Estrichmörtels eher untergeordnet ist, besitzt sie für die Praxis allerdings keine Relevanz.

Trocknungsverhalten von Zementestrichmörteln mit Portlandzement bzw. ternären Schnellzementen

Portlandzement-basierte Estrichmörtel

Bereits 2002 wurden vergleichende Daten zum Trocknungsverhalten von "beschleunigten" Zementestrichen publiziert [5]. Damals wurde festgestellt "die Trocknungsbeschleunigung ergibt sich ausschließlich aus dem reduzierten Anfangswassergehalt" und "die Kurven der Zusatzmittel zeigen den gleichen prinzipiellen Verlauf wie die Kurven der Nullestriche". Diese Ergebnisse wurden in einer weiteren IBF-Untersuchung 2016 [6] sowie durch die in [2] publizierten Untersuchungen bestätigt. Zusammen mit den Ergebnissen aus den physikalischen Untersuchungen zur Hydratation von "beschleunigten" Zementestrichen (s. o.) ergibt sich somit, in Übereinstimmung mit den Feststellungen in [1], ein konsistentes Bild für das Verhalten von Portlandzement-basierten Estrichmörteln:

- Der Hydratationsverlauf, die Trocknungsmechanismen und die Trocknungsgeschwindigkeiten sind in Zementestrichmörteln mit und ohne "Beschleuniger" nahezu gleich.
- EZM in "beschleunigten" Zementestrichmörteln reduzieren deren Anmachwasserbedarf,
- die Hydratation der "beschleunigten" Zementestrichmörtel bleibt davon unbeeinflusst,
- die Wartezeit bis zur Belegreife ist bei "beschleunigten" Zementestrichen infolge des reduzierten w/z-Werts gegenüber solchen ohne "Beschleuniger" verkürzt,
- eine verlässliche Voraussage des Zeitpunkts der Belegreife ist bei diesen Estrichmörteln nicht möglich,
- Zementestriche ohne EZM und "beschleunigte" Zementestriche sollten hinsichtlich des CM-Grenzwerts für die Belegreife gleich beurteilt werden,
- die Trocknung der Portlandzement-basierten Estrichmörtel ist stark abhängig von deren Dicke und vom Baustellenklima und

- für die Berechtigung erhöhter Belegreifgrenzwerte "beschleunigter" Zementestrichen gibt es keine publizierten Belege.

Estrichmörtel mit ternären Schnellzementen

Für die Zusammensetzung ternärer Schnellzemente aus den drei Basiskomponenten Portlandzement, Aluminatzement und Sulfatspender gibt es eine Vielzahl herstellerspezifisch unterschiedlicher Rezepturen.

Dementsprechend sind bisher auch keine systematischen Untersuchungen des Trocknungsverhaltens von Estrichmörteln mit SZ-T als Bindemittel, die die gesamte Produktgruppe umfassen, publiziert worden. Aus den oben erwähnten Faktoren lassen sich dennoch folgende Charakteristika für das Trocknungsverhalten ableiten:

- Die Hydratationsgeschwindigkeit ternärer Schnellzemente ist wesentlich höher als bei Portlandzement-basierten Estrichen mit und ohne EZM.
- Der Anteil an Überschusswasser im angemischtem Estrichmörtel ist relativ gering.
- Die Trocknung erfolgt überwiegend "innerhalb des Estrichs" und die Trocknung über die Estrichoberfläche ist nur von untergeordneter Bedeutung.
- Aufgrund der hohen Hydratationsenergie ist die innere Trocknung nur wenig temperaturabhängig.
- Estrichdicke und Raumklima spielen bei der Trocknung dieser Estrichmörtel nur eine untergeordnete Rolle.- Aussagen zur Belegreife sind nur anhand der produktspezifischen Herstellerangaben möglich.

Zusammenfassung

Bei Zementestrich lässt sich die Wartezeit bis zur Belegreife auf zwei Wegen verkürzen:

- Zum einen durch den Einsatz von ternären Schnellzementen (SZ-T). Diese trocknen weitgehend unabhängig von Estrichdicke und Raumklima. Mit ihnen lassen sich definierte, frühe Belegreif-Zeitpunkte realisieren.
- Zum anderen durch den Einsatz von anmachwasserreduzierenden EZM (sog. "Beschleuniger"). Die Wartezeit bis zur Belegreife wird dadurch verkürzt. Ein exakter Belegreifzeitpunkt ist jedoch nicht vorhersagbar und die Trocknungszeit ist stark dicken- und raumklimaabhängig.

Diese Aussagen werden durch die vorgestellten Untersuchungsergebnisse bestätigt und sind über die überarbeitete DIN 18560-1 [3] inzwischen auch in die Normung eingeflossen.

Eine Gleichsetzung der beiden Zementestricharten unter dem Begriff "Schnellestrich" wird diesen Tatsachen nicht gerecht. Für die Planung kann sie irreführend sein und sollte daher vermieden werden.

Literatur

- [1] TKB-Merkblatt 14, Schnellzemente und Zementestriche mit Estrichzusatzmitteln. Stand August 2015. Technische Kommission Bauklebstoffe (TKB) im Industrieverband Klebstoffe e.V. (IVK), Düsseldorf. Verfügbar unter: www.klebstoffe.com
- [2] TKB-Bericht 8, Messgenauigkeit der hygrometrischen Feuchtemessung von Baustoffen nach der KRL-Methode, 5-2021. Technische Kommission Bauklebstoffe (TKB) im Industrieverband Klebstoffe e.V. (IVK), Düsseldorf. Verfügbar unter: www.klebstoffe.com
- [3] DIN 18560-1:2021-02, Estriche im Bauwesen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Prüfung und Ausführung. Berlin: Beuth Verlag GmbH. Februar 2021.
- [4] DIN EN 13813:2003-01, Estrichmörtel, Estrichmassen - Eigenschaften und Anforderungen. Berlin: Beuth-Verlag GmbH. Januar 2003.
- [5] Zusatzmittel für schnelle Belegreife - Anspruch und Wirklichkeit, Trocknungsbeschleuniger bergen viele Fehlerquellen, https://www.ibf-troisdorf.de/files/ZusatzmittelfursschnellesBelegreifes_Er.pdf (05.04.2022)
- [6] IBF-Prüfbericht M 10/15-A, <https://www.ibf-troisdorf.de/files/M10-15-AsBFSE.pdf> (05.05.2022)

Über den Industrieverband Klebstoffe e. V. (IVK):

Der Industrieverband Klebstoffe vertritt die wirtschaftspolitischen und technischen Interessen der deutschen Klebstoffindustrie gegenüber der Öffentlichkeit, Behörden, Verbrauchern und wissenschaftlichen Institutionen. Dem IVK gehören rund 150 Klebstoff-, Klebeband-, Dichtstoff- und Klebrohstoffhersteller sowie wissenschaftliche Institute und Systempartner an. Der IVK ist – auch im globalen Wettbewerbsumfeld – der größte und im Hinblick auf das angebotene Serviceportfolio gleichzeitig der weltweit führende Verband im Bereich Klebtechnik. Insgesamt beschäftigt die deutsche Klebstoffindustrie mehr als 17.000 Mitarbeiter/-innen.

Düsseldorf, 04.07.2022

Wir informieren Sie gerne:

Industrieverband Klebstoffe e. V.
Dr. Vera Haye
Völklinger Str. 4
40219 Düsseldorf
Tel. 0211 67931-10
Fax 0211 67931-33
info@klebstoffe.com
www.klebstoffe.com