

Beton-Informationen

6 · 2010



■
Themenheft
Zementestrich

Beton-Info intern – Beton-Info intern

Zementestriche: beständig, ästhetisch, nachhaltig

Zementestriche haben sich im Wohnungs-, Gewerbe- und Industriebau seit Jahrzehnten bewährt – sowohl im Innen- als auch im Außenbereich und zunehmend auch als ästhetisch anspruchsvoller Sichtestrich. Im Hinblick auf die Energie- und CO₂-Reduzierung sind auch mit CEM II-Zementen nach DIN EN 197-1 qualitativ hochwertige Estriche zielsicher herzustellen.

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Matthias M. Middel, BetonMarketing West GmbH, Annastraße 3, 59269 Beckum, matthias.middel@bmwest.de

Dr.-Ing. Christoph Müller, Verein Deutscher Zementwerke, Tannenstraße 2, 40476 Düsseldorf, mc@vdz-online.de

Dipl.-Ing. Egbert Müller, Institut für Baustoffprüfung und Fußbodenforschung (IBF), Industriestraße 19, 53842 Troisdorf, e.mueller@ibf-troisdorf.de

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

In einer Untersuchung des Forschungsinstituts der Zementindustrie wurden Vergleichsuntersuchungen an zementgebundenen Estrichen aus den Jahren 1998 bis 2008 ausgewertet. Dabei variierten lediglich die Zementzusammensetzungen, die Zusammensetzung der Estriche und die Herstellungs- und Prüfbedingungen waren jedoch identisch. So wurden die bautechnisch relevanten Eigenschaften wie Verarbeitbarkeit und Luftgehalt, Festigkeitsentwicklung, Endfestigkeit und Oberflächenfestigkeit, Restfeuchte sowie Schwinden und Aufschüsseln betrachtet.

Autoren:

Dr.-Ing. Maria Teresa Alonso Junghanns, Verein Deutscher Zementwerke, Tannenstraße 2, 40476 Düsseldorf, al@vdz-online.de

Dr.-Ing. Christoph Müller, Verein Deutscher Zementwerke, Tannenstraße 2, 40476 Düsseldorf, mc@vdz-online.de

Estrichuntersuchungen im Labor und Praxiserprobungen mit CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R

Gegenüber dem traditionellen Betonbau weist der Estrichbau einige Besonderheiten auf. Um in diesem Bereich das Verhalten von Estrichen beim Übergang von CEM I zu CEM II abzuklären, wurden zwei Estrichvergleichsuntersuchungen von CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R mit bzw. ohne Zusatzmittel im Labor durchgeführt. Dabei kamen zwei Zemente eines Herstellers zum Einsatz, bei denen sich der CEM II/B-S 32,5 R vom CEM I 32,5 R im Wesentlichen nur durch die Zugabe von ca. 25 % Hüttensandmehl unterscheidet, so dass alle Effekte ausschließlich dem Übergang vom CEM I zum CEM II zugeordnet werden können. Parallel zu den Laborprogrammen wurden Estriche mit den gleichen Zementen vergleichend beim Bau eines Verwaltungsgebäudes mit Produktionshalle eingesetzt und bewertet.

Autoren:

Dr.-Ing. Ditmar Hornung, Dyckerhoff AG, Biebricher Straße 69, 65203 Wiesbaden, Ditmar.Hornung@Dyckerhoff.com

Dipl.-Betriebsw. Michael Knobel, Glass AG, Gewerbestraße 13, 79258 Feldkirch, michael.knobel@baustoffwerke.de

Dipl.-Ing. Egbert Müller, Institut für Baustoffprüfung und Fußbodenforschung (IBF), Industriestraße 19, 53842 Troisdorf, e.mueller@ibf-troisdorf.de

Dipl.-Ing. Frank Seifert, Materialforschungs- und -prüfanstalt an der Bauhausuniversität Weimar, Coudraystraße 9, 99423 Weimar, frank.seifert@mfp.de

Dipl.-Ing. Peter Zweihaus, Dyckerhoff AG, Biebricher Str. 69, 65203 Wiesbaden, peter.zweihaus@dyckerhoff.com

Beton-Info intern – Beton-Info intern

Beton-Informationen

Eine periodisch erscheinende Informationsschrift für die Verwendung von hüttensandhaltigen Zementen

Heft 6 · 2010, 50. Jahrgang
ISSN 0170-9283

Herausgeber:

BetonMarketing Nord GmbH, Hannover
BetonMarketing Ost GmbH, Berlin
BetonMarketing Süd GmbH, Ostfildern
BetonMarketing West GmbH, Beckum

Redaktion:

Prof. Dr.-Ing. Matthias M. Middel (verantw.)
BetonMarketing West GmbH
Annastraße 3
59269 Beckum
Telefon 0 25 21 / 87 30-0
Telefax 0 25 21 / 87 30-29
E-Mail matthias.middel@bmwest.de

Redaktionsbeirat:

Ing. P. Bilgeri,
CEMEX WestZement GmbH
Dipl.-Ing. R. Büchel,
Verlag Bau+Technik GmbH
Dr.-Ing. A. Ehrenberg, FEhS – Institut für
Baustoff-Forschung e.V.
Dr.-Ing. R. Härdtl,
HeidelbergCement Technology Center GmbH
Dipl.-Ing. W. Hemrich,
SCHWENK Zement KG
Dr. M. Höppner, Holcim (Deutschland) AG
Dr.-Ing. D. Hornung, Dyckerhoff AG
Dipl.-Ing. A. Paatsch, LAFARGE Zement GmbH

Nachdruck nur mit Genehmigung
der Redaktion

Schutzgebühr: € 5,00 zzgl. 7 % MwSt.
Jahres-Abo.: € 25,00 zzgl. 7 % MwSt.

Konto: BetonMarketing West GmbH
Dresdner Bank Beckum (BLZ 412 800 43)
Konto-Nr. 0 554 122 000

Verlag: Verlag Bau+Technik GmbH
Postfach 12 01 10, 40601 Düsseldorf
Telefon 02 11 / 9 24 99-0

Layout / Grafiken: Caroline Lindner
Redaktion: Andrea Koenen, Kirsten Dittmar
Lithos und Druck:
Loose-Durach GmbH, Remscheid

Sofern nicht anders angegeben, liegen die
Rechte für die abgedruckten Bilder beim
jeweiligen Autor.

Titelbild: Gebeizter Estrich in einer Boutique
Rückbild: Sichtbeton-Boden in einem
Büroraum

Fotos: Estrich-Sommerfeld

Gestaltete Zementestriche

Aktuelle Entwicklungen in der Architektur verlangen nach naturbelassenen und großflächigen Strukturen und bereiten damit oberflächenfertigen Estrichen in optisch anspruchsvollen Bereichen den Weg. Den besonderen Reiz dieser unter Baustellenbedingungen gefertigten Böden macht ihr einzigartiges Erscheinungsbild aus, das verschiedene optische Effekte wie zum Beispiel Wolkenbildung oder unterschiedliche Oberflächenstruktur und Farbgebung einschließt. Verschiedene Sichtestrichvarianten, die durch eine besondere Estrichzusammensetzung bzw. eine spezielle Oberflächenbehandlung entstehen, werden vorgestellt.

Autorin:

Marion Sommerfeld, Estrich-Sommerfeld, Neugasse 6 b, 61130 Nidderau, estrich-sommerfeld@t-online.de

Zementestriche mit geschliffener Oberfläche

Ursprünglich eine Idee zur Kostensenkung durch Einsparung der Oberböden, bietet der geschliffene Zementestrich eine hohe Beständigkeit und eine optisch sehr ansprechende Oberfläche. Der Beitrag behandelt die einzelnen Schritte bei der Herstellung eines solchen Estrichs von der Planung über Einbau und Bearbeitung bis hin zu Vergütung, Schutz und Pflege.

Autor:

Dipl.-Ing. Andreas Funke, MKS Funke GmbH, Im Fisserhook 28, 46395 Bocholt, andreas.funke@mks-funke.de

*All unseren Lesern
und ihren Familien
wünschen wir ruhige
Feiertage und einen
guten Start in
ein gesundes
und erfolg-
reiches
Jahr 2011.*



Zementestriche: beständig, ästhetisch, nachhaltig

Von Matthias M. Middel, Beckum, Christoph Müller, Düsseldorf, und Egbert Müller, Troisdorf

Estriche sind vielfach stark beanspruchte Bauteile des Wohnungs-, Gewerbe- und Industriebaus –

besondere dann, wenn sie direkt belastet werden. Neben thermischen und hygrischen Einwirkungen neh-

men sie die Lasten aus der Nutzung in Form von Flächen-, Teilflächen-, Punkt- und Scherbeanspruchungen auf. Zementestriche haben sich hierbei in den vergangenen Jahrzehnten bewährt. Neben den klassischen Zementestrichen als Unterbau werden in den letzten Jahren zunehmend auch Sichtestriche im Wohnungsbau sowie bei der Gestaltung ästhetisch anspruchsvoller Gastronomie- und Ausstellungsräume verwendet.

Doch nicht nur Gebrauchstauglichkeit und Ästhetik sind maßgeblich bei der Herstellung von Zementestrichen. Darüber hinaus haben Themen wie Nachhaltigkeit und damit verbunden die Energie- und CO₂-Reduzierung im Sinne des Klimaschutzes verstärkt Einzug in das Baugeschehen gehalten. Die aktuellen Pläne der Bundesregierung sehen vor, die Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Jahr 1990 bis zum Jahr 2030 um 55 % und bis zum Jahr 2050 um 80 % zu senken (vgl. Bild 1). Diese ehrgeizigen Vorgaben haben zum

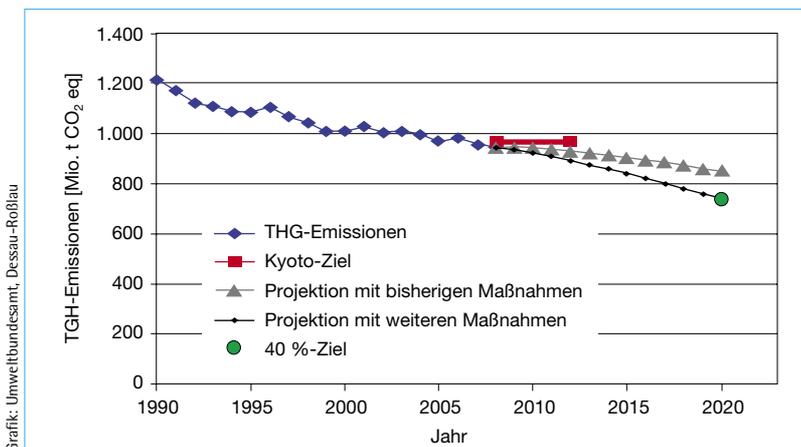


Bild 1: Für Deutschland prognostizierte Treibhausgas(THG)-Emissionen bis 2020



Bild 2: Böden aus Zementestrich sind optisch ansprechend und widerstandsfähig.

Ziel, die globale Erwärmung und damit die Schädigung unserer Umwelt zu begrenzen. Hierzu haben sich die meisten Industriestaaten mit dem Kyoto-Protokoll von 1997 verpflichtet. Die Zementindustrie gehört aufgrund ihrer Rohstoffkonzeption zu den stark betroffenen Industriezweigen des vorliegenden Energiekonzepts der Bundesregierung. Die Produktion von Portlandzementklinker ist CO₂-intensiv, denn beim Brennen von Portlandzementklinker entsteht CO₂ nicht nur durch Emissionen aus dem Brennvorgang. Der weitaus größere Teil entweicht als so genanntes geogenes CO₂ bei der Erhitzung des Kalksteinrohmaterials.

Zemente mit mehreren Hauptbestandteilen – z.B. hüttensandhaltige Zemente – können aufgrund ihres geringeren Zementklinkeranteils die CO₂-Bilanz verbessern und somit einen positiven Beitrag zum nachhaltigen Bauen leisten. CEM II- und CEM III-Zemente enthalten neben dem Klinker weitere Hauptbestandteile, z.B. Hüttensand, Kalkstein oder Steinkohlenflugasche, die sich seit

Jahrzehnten bei der Zementherstellung und im Betonbau bewährt haben.

Praktische Erfahrungen und eingehende Untersuchungen in den letzten Jahren haben gezeigt, dass sowohl Portlandzemente als auch Zemente mit zwei oder drei Hauptbestandteilen zur Herstellung von Estrichen gleichermaßen geeignet sind. Die Qualität eines Estrichs hängt also nicht davon ab, ob ein CEM I- oder ein CEM II-Zement nach DIN EN 197-1 verwendet wird. Darauf weist auch der „Leitfaden zur Herstellung von Zementestrichmörteln im Innenbereich“¹⁾ hin, der gemeinsam vom Bundesverband Estrich und Belag e.V. (BEB), dem Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ) sowie Vertretern der Estrichzusatzmittelhersteller verfasst wurde. Ziel des Leitfadens ist dabei insgesamt die Verbesserung der Qualität bei der

¹⁾ Der „Leitfaden zur Herstellung von Zementestrichmörteln im Innenbereich“ kann bezogen werden beim Bundesverband Estrich und Belag e.V., Troisdorf

²⁾ ebd., S. 1

Herstellung von zementgebundenen Estrichmörteln. Er soll allen Beteiligten als „Hilfestellung bei der Herstellung und Verarbeitung von konventionellen Zementestrichmörteln unter Verwendung von Normzementen dienen“²⁾. Vor dem Hintergrund zunehmender Verwendung von CEM II-Zementen bei der Herstellung von Zementestrichen bietet der Leitfaden für den Estrichleger eine Hilfestellung, Zementestriche auch in Zukunft mit den dort aufgeführten Zementen zielsicher herstellen zu können. Somit wird dem Estrichleger eine problemlose Umstellung von CEM I-Zementen auf CEM II-Zemente bei der Herstellung der Zementestriche ermöglicht.

Im Hinblick auf die Verbesserung der Qualität bei der Herstellung von zementgebundenen Estrichmörteln geht es jedoch nicht nur um die verwendeten Ausgangsstoffe (Zement, Gesteinskörnung, Zusatzmittel). Auch die Mörtelherstellung und die Mörtelverarbeitung selber haben einen unmittelbaren Einfluss auf die Qualität des Estrichs – genauso wie die an der Baustelle vorherrschenden Bedingungen und die Art der Nachbehandlung des Estrichs. Somit erfordert die Herstellung von hochwertigen Zementestrichen eine Berücksichtigung vieler verschiedener Faktoren. Dabei sollte nicht vernachlässigt werden, dass Nachhaltigkeitsbetrachtungen eine immer größere Rolle spielen, die über das Für und Wider einer Bauweise bestimmen. Denn wettbewerbsfähig wird in Zukunft nur die Bauweise sein, die sowohl qualitativ hochwertig als auch umweltverträglich ist. Somit sind Produzenten und Verbraucher gleichermaßen gefordert, solche nachhaltigen Konzepte wie die Verwendung von CEM II- und CEM III-Zementen auch bei der Herstellung von Zementestrich schnellstmöglich umzusetzen.

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 | Gebannter 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 zementestrichspezifische 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

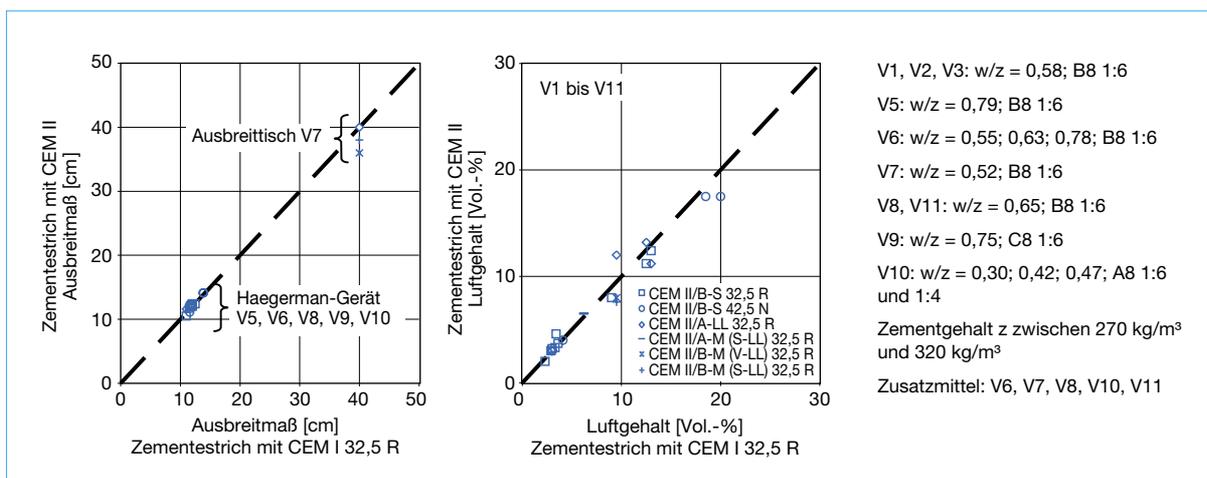


Bild 1: Ausbreitmaß und Luftgehalt zementgebundener Estriche

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.

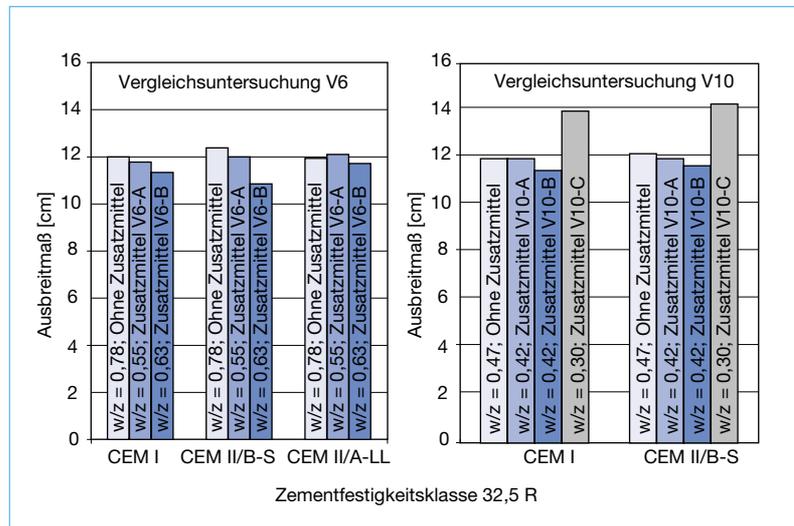


Bild 2: Verarbeitbarkeit (Ausbreitmaß, Haegerman-Gerät) zementgebundener Estriche

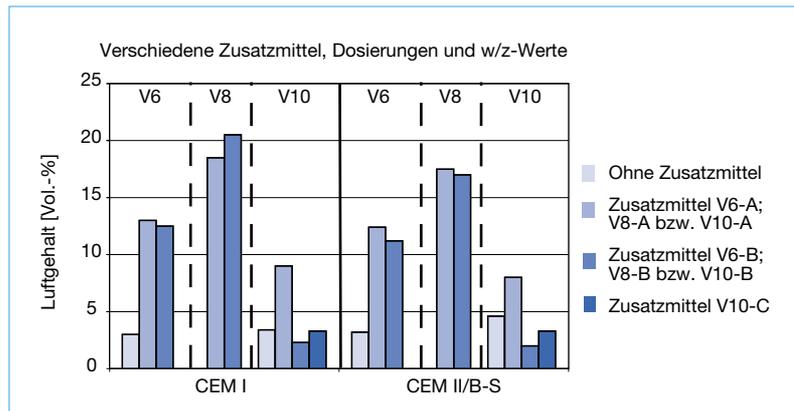


Bild 3: Luftgehalt zementgebundener Estriche in Abhängigkeit vom Zusatzmittel

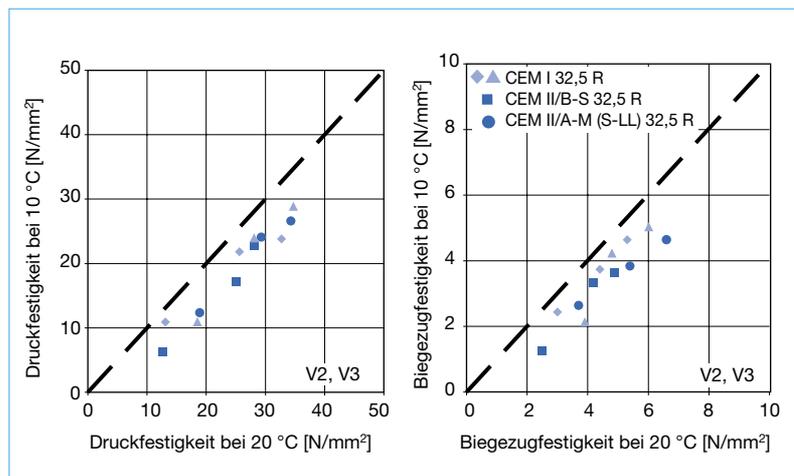


Bild 4: Einfluss der Temperatur auf die Druck- und die Biegezugfestigkeit

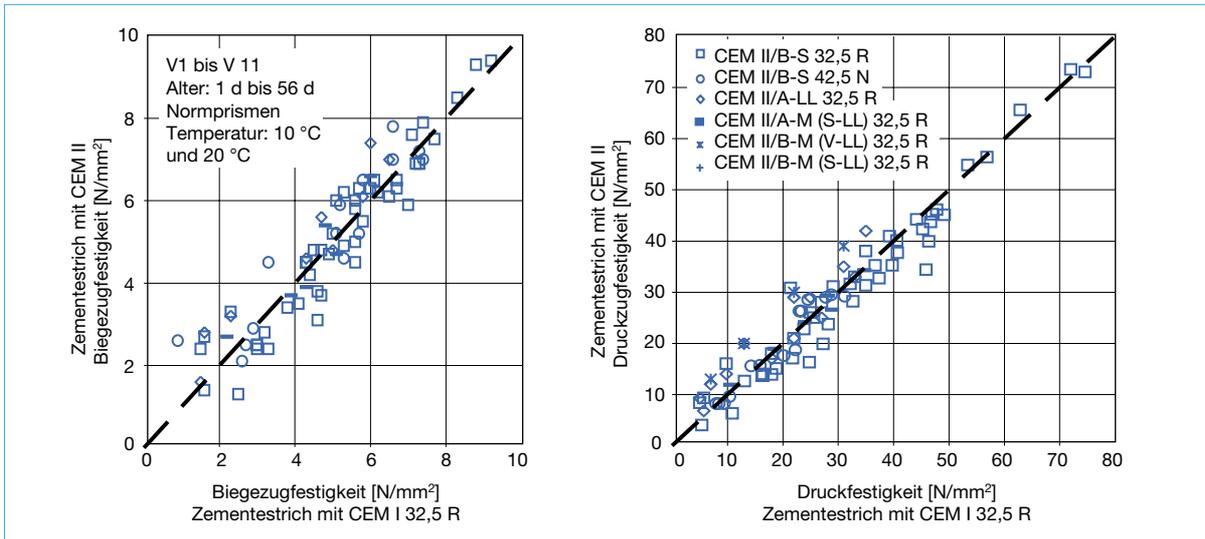


Bild 5: Biegezug- und Druckfestigkeit zementgebundener Estriche

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 Feuchtegehalt 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 Feuchtegehalt berechnet. Bei der CM-Me-thode wird die Probe in einer Stahl-

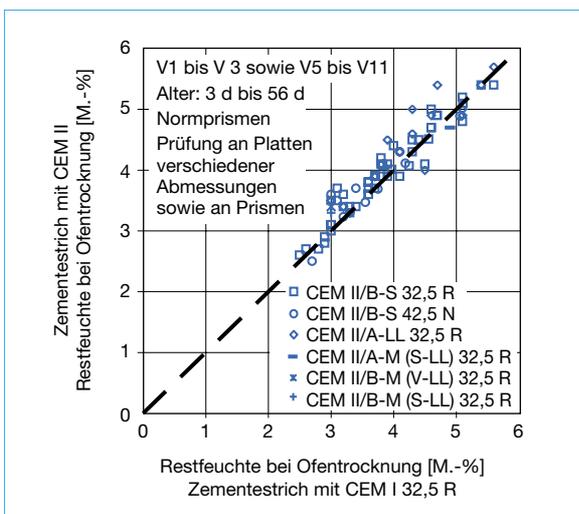


Bild 6: Restfeuchte zementgebundener Estriche bei Ofentrocknung (105 °C)

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

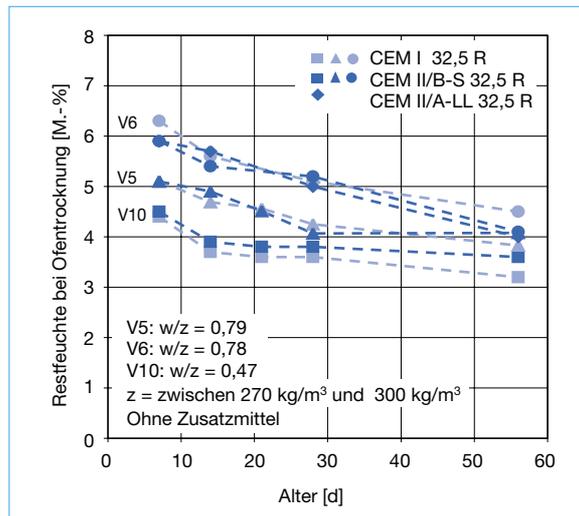


Bild 7: Altersabhängige Restfeuchte bei Ofentrocknung (105 °C; Mischungen ohne Zusatzmittel)

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-

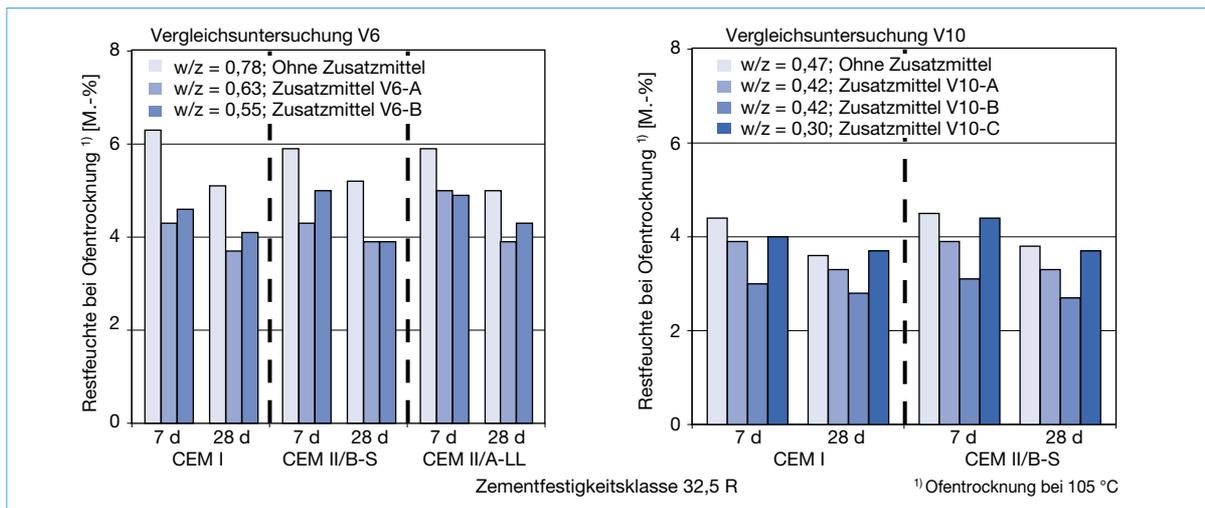


Bild 8: Restfeuchte bei Ofentrocknung bei den Untersuchungen mit und ohne Zusatzmittel

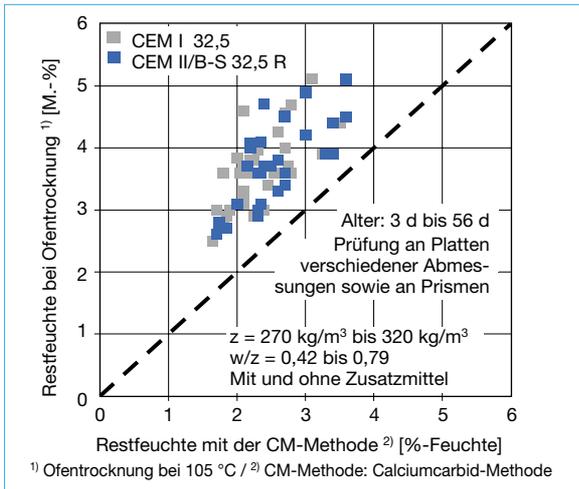


Bild 9: Restfeuchte in Abhängigkeit von der verwendeten Prüfmethode

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 | [N/mm ²] | 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 | [N/mm ²] | 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⁾ | [N/mm ²] | 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.

Estrichuntersuchungen im Labor und Praxiserprobungen mit CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R

Von Ditmar Hornung, Wiesbaden, Michael Knobel, Feldkirch, Egbert Müller, Troisdorf, Frank Seifert, Weimar, und Peter Zweihaus, Lengerich

1 Einleitung

Ein besonderer Anwendungsbereich von CEM I 32,5 R-Zementen war in der Vergangenheit der Estrichbau. Gegenüber dem traditionellen Betonbau weist dieses Anwendungsfeld einige Besonderheiten auf.

- Estriche sind sehr dünne Bauteile von nur wenigen cm Dicke.
- Bei Estrichen werden hohe Anforderungen an das Verformungsverhalten (Schwinden, Schüsseln) und
- hohe Anforderungen an das Austrocknungsverhalten (Belegreife für Oberbelag) gestellt.
- Estriche benötigen hohe Haftzugfestigkeiten (Verbund zum Oberbelag).

Wird für die Estrichherstellung ein Wechsel der Zementart vorgenommen – z.B. um Reduzierungen der CO₂-Emissionen bei der Zementherstellung zu bewirken – erfordert dies eine eingehende Beschäftigung mit den Besonderheiten dieser Bauteile. Um das Verhalten von Estrichen, die mit CEM II-Zementen hergestellt werden, im Vergleich zu Estrichen, die mit CEM I-Zementen hergestellt werden, abzuklären, haben die Zement- und Estrichindustrie in der Vergangenheit viele Untersuchungen durchgeführt. Nachfolgend wird ein Vergleich der Eigenschaften von Estrichen vorgestellt, die einerseits mit einem CEM I 32,5 R und andererseits

mit einem CEM II/B-S 32,5 R hergestellt wurden.

Es wurden bewusst zwei Zemente eines Herstellers gewählt, die sich im Wesentlichen nur durch die Zugabe von ca. 25 % Hüttensandmehl beim CEM II/B-S 32,5 R unterscheiden. Somit können die Effekte ausschließlich dem Wechsel der Zementart von CEM I zu CEM II/B-S zugeordnet werden und sind frei von Einflüssen aus einer anderen Klinkerprovenienz, z.B. beim Vergleich von zwei Zementen unterschiedlicher Hersteller. Die umfangreichen Vergleichsuntersuchungen wurden nacheinander in zwei Programmen durchgeführt:

1. Estrichvergleichsuntersuchungen mit CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R ohne Zusatzmittel, Institut für Baustoffprüfung und Fußbodenforschung Troisdorf [1] (siehe Abschnitt 2)
2. Estrichvergleichsuntersuchungen mit CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R mit Zusatzmittel, MFPA Weimar der Bauhausuniversität Weimar [2–6] (siehe Abschnitt 3).

Tafel 1: Frischmörteleigenschaften der untersuchten Estrichmörtel nach [7]

| Eigenschaften | | Zementestrich mit | |
|---------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | | CEM I 32,5 R | CEM II/B-S 32,5 R |
| Ausbreitmaß | cm | 12,5 | 12,4 |
| Rohdichte | kg/dm ³ | 2,31 | 2,30 |
| Luftgehalt | % | 2,9 | 3,0 |
| w/z-Wert | | 0,78 | 0,78 |

Parallel zu den Laborprogrammen wurden die Estriche mit CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R vergleichend in praktischen Bauvorhaben eingesetzt und bewertet (siehe Abschnitt 4).

2 Vergleichende Estrichuntersuchungen mit CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R ohne Zusatzmittel

2.1 Untersuchungsprogramm

Für die Untersuchungen [1] wurden zwei Zementestriche mit gleicher Zusammensetzung hergestellt. Der Unterschied lag lediglich in der Art des verwendeten Zements (CEM I 32,5 R bzw. CEM II/B-S 32,5 R). Es wurde eine Gesteinskörnung 0/8 mm (Regelsieblinie B8 nach DIN 1045-2) eingesetzt. Die Zementestriche wurden mit praxisüblicher plastischer Konsistenz in einem Mischungsverhältnis Wasser/Zement = 0,78 und Zement/Gesteinskörnung = 1/6,5 Masseanteile hergestellt.

An den Zementestrichen wurden folgende Eigenschaften vergleichend untersucht und bewertet:

- Frischmörteleigenschaften
- Rohdichte, Biegezugfestigkeit, Druckfestigkeit
- statischer Elastizitätsmodul
- Verformungsverhalten (Schwinden, Schüsseln, Durchbiegung)
- Oberflächenzugfestigkeit
- Austrocknungsverhalten

Tafel 2: Rohdichte, Biegezug- und Druckfestigkeit der untersuchten Estrichmörtel nach [8]

| Eigenschaften | | Zementestrich mit | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------|-------------------|------|------|------|------|------|-------------------|------|------|------|------|------|
| | | CEM I 32,5 R | | | | | | CEM II/B-S 32,5 R | | | | | |
| Prüfalter | d | 1 | 3 | 7 | 14 | 28 | 56 | 1 | 3 | 7 | 14 | 28 | 56 |
| Rohdichte | kg/dm ³ | 2,27 | 2,25 | 2,26 | 2,19 | 2,18 | 2,20 | 2,26 | 2,26 | 2,26 | 2,22 | 2,19 | 2,17 |
| Biegezugfestigkeit | N/mm ² | 1,6 | 4,1 | 5,6 | 6,1 | 7,3 | 7,3 | 1,4 | 3,5 | 4,5 | 6,5 | 6,9 | 6,5 |
| Druckfestigkeit | N/mm ² | 5,4 | 16,3 | 27,3 | 37,4 | 36,7 | 38,3 | 4,0 | 13,7 | 19,9 | 32,7 | 35,2 | 32,3 |

Die Untersuchungen wurden 2006 am Institut für Baustoffprüfung und Fußbodenforschung Troisdorf durchgeführt [1].

2.2 Frischmörteleigenschaften

Tafel 1 enthält die nach [7] ermittelten Frischmörteleigenschaften.

Zwischen den Zementestrichen – hergestellt mit CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R – bestehen bei den Frischmörteleigenschaften keine signifikanten Unterschiede.

2.3 Biegezug- und Druckfestigkeit

Die Ermittlung der Biegezug- und Druckfestigkeit erfolgte gemäß [8] an Prismen (4 cm x 4 cm x 16 cm). Tafel 2 enthält die Prüfergebnisse, die eine vergleichbare Festigkeitsentwicklung der beiden Estriche

Tafel 3: Statischer Elastizitätsmodul der untersuchten Estrichmörtel nach [11]

| Eigenschaft | | Zementestrich mit | |
|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | CEM I 32,5 R | CEM II/B-S 32,5 R |
| Statischer Elastizitätsmodul | N/mm ² | 21.400 | 23.700 |

ausweisen. Der Abfall der Biegezug- und Druckfestigkeit von 28 Tagen auf 56 Tage beim Estrich mit CEM II/B-S 32,5 R ist aus der Zementhydratation heraus nicht erklärbar und hat prüftechnische Ursachen (niedrige Rohdichte).

Beide Zementestriche erreichen im Alter von 28 Tagen die für einen CT-C35-F5 mindestens erforderlichen Festigkeiten.

2.4 Statischer Elastizitätsmodul

Der statische Elastizitätsmodul wurde nach Lagerung der Prismen ge-

mäß [9] im Alter von 28 Tagen nach [10] geprüft.

Die in Tafel 3 enthaltenen Ergebnisse weisen für den Estrich mit CEM II/B-S 32,5 R einen geringfügig höheren Wert für den statischen Elastizitätsmodul aus.

2.5 Verformungsverhalten

2.5.1 Längenänderung nach Graf-Kaufmann

Die Längenänderung nach Graf-Kaufmann wurde an Prismen 4 cm x 4 cm x 16 cm, die nach [9] hergestellt und im Normklima nach DIN 50014 (20 °C, 65 % r.F., Klasse 2) gelagert worden waren, bis zum Alter von 56 Tagen nach [12] gemessen. Das Schwinden war beim Zementestrich mit CEM II/B-S 32,5 R geringfügig höher als beim Zementestrich mit CEM I 32,5 R (Bild 1).

2.5.2 Längenänderung in der IBF-Frühswindrinne

Bei der IBF-Frühswindrinne handelt es sich um eine 50 cm lange Form mit dem Querschnitt von 4 cm x 4 cm. An einer der beiden Stirnseiten ist eine in den Prüfkörper ragende Schraube mit der Form fest verbunden. An der anderen Stirn-

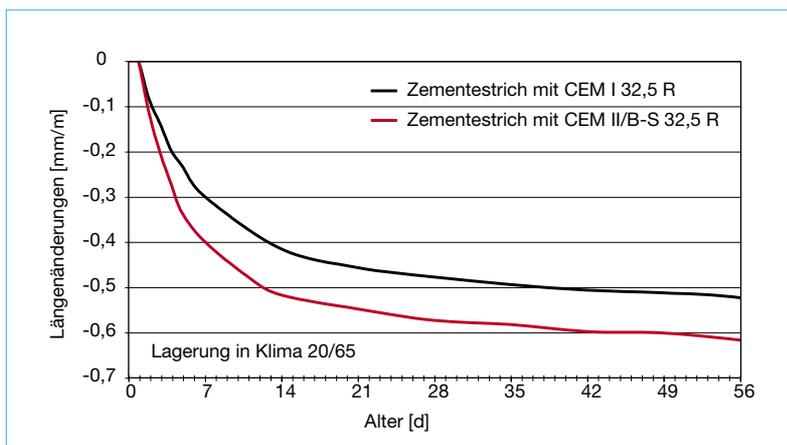


Bild 1: Längenänderung der Zementestriche nach Graf-Kaufmann

seite wird der Abschluss durch eine bewegliche dünne Glasplatte gebildet, deren horizontale Verschiebung mit einer Messuhr erfasst wird. Die Ausgangsmessung erfolgte bei einem Prüfkörperalter von einer Stunde.

Bild 2 enthält die Messergebnisse bis zum Prüfkörperalter von 56 Tagen. Das Schwinden war beim Estrich mit CEM II/B-S 32,5 R geringfügig höher als beim Estrich mit CEM I 32,5 R.

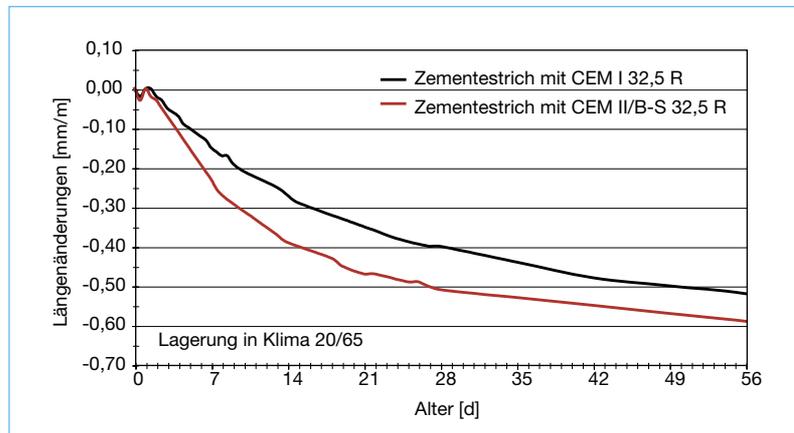


Bild 2: Längenänderung der Zementestriche in der IBF-Frühwindrinne

2.5.3 Vertikale Verformung, Durchbiegung und Biegezugfestigkeit (Bestätigungsprüfung)

Von beiden Zementestrichen wurden Probeplatten in einer Größe von 100 cm x 100 cm in einer Holzschalung mit folgendem Aufbau hergestellt:

- 20 - 2 mm Polystyrol-Trittschall-dämmplatten
- 0,1 mm PE-Folie
- 45 mm Zementestrich

Bei der Herstellung der Probeplatten war das Verarbeitungsverhalten der Estriche mit CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R ähnlich gut. Herstellung und Lagerung der Probeplatten (ohne Abdeckung) erfolgten in einer Prüfhalle bei Raumklima.

Die vertikale Verformung wurde an zwei diagonal gegenüber liegenden Plattenecken im Vergleich zur Plattenmitte bis zu einem Alter von 28 Tagen gemessen.

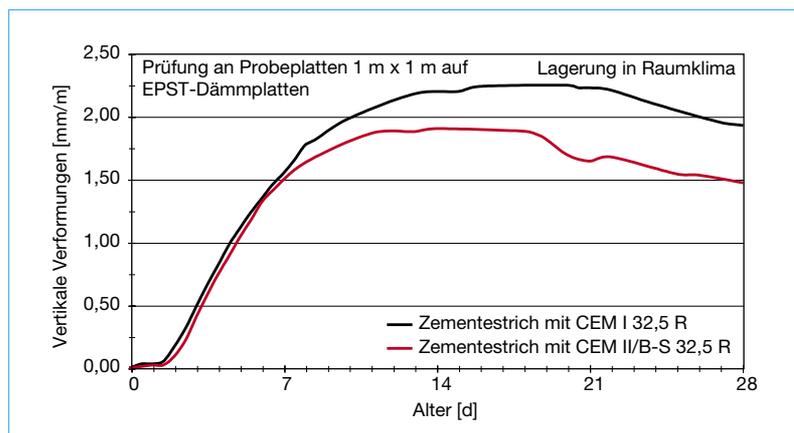


Bild 3: Vertikale Verformung der Zementestriche

Bild 3 zeigt die Prüfergebnisse, die eine um ca. 25 % geringere Schüsselform des Estrichs mit CEM II/B-S 32,5 R ausweisen. Um mögliche prüfbedingte Ursachen auszuschließen (Unterschiede in der Handverdichtung und/oder Dicke der Estriche) sind weitere Versuche erforderlich.

Die Durchbiegung der Probeplatten wurde nach [7], Abschnitt 6.2, im

Alter von 28 Tagen mit einer mittleren Prüfkraftbelastung von 400 N bestimmt. Die ermittelten Durchbiegungen sind **Tafel 4** zu entnehmen.

Die Zementestriche erfüllen die Anforderungen nach [13]. Das Durchbiegungsverhalten der untersuchten Estriche unterscheidet sich nicht.

Die Biegezugfestigkeit der Zementestriche der Probeplatten wurde nach [13] im Alter von 28 Tagen geprüft. Die Ergebnisse sind in **Tafel 5** dargestellt. Beide Zementestriche erfüllen die Anforderung an die Biegezugfestigkeit in der Bestätigungsprüfung eines Zementestrichs der Festigkeitsklasse CT-F5.

Tafel 4: Durchbiegung der Zementestriche nach [13]

| Eigenschaft | | Zementestrich mit | |
|------------------------|----|-------------------|-------------------|
| | | CEM I 32,5 R | CEM II/B-S 32,5 R |
| Estrichdicke | mm | 46 | 49 |
| Durchbiegung bei 400 N | mm | 0,14 | 0,13 |

2.5.4 Oberflächenfestigkeit

Die Oberflächenzugfestigkeit wurde – nach Entfernung der schlämmeartigen Partikel – gemäß [11] an den Probeplatten geprüft. Die Ergebnisse enthält **Tafel 6**. Die gemessenen Oberflächenzugfestigkeiten beider Zementestriche lagen im üblichen Bereich für die vorhandene Festigkeitsklasse. Die qualitative Bewertung der Oberflächenfestigkeit mit der Gitterritzprüfung unterschied sich nur unwesentlich.

2.6 Austrocknungsverhalten

Zur Bestimmung des Austrocknungsverlaufs wurden Probeplatten mit 30 cm Kantenlänge und einem Aufbau wie unter Abschnitt 2.5.3 beschrieben verwendet. Die Probeplatten lagerten nach der Herstellung ohne Abdeckung bis zum Alter von 56 Tagen im Normklima nach DIN 50 014-20/65-2. Der Feuchtegehalt der Zementestriche wurde an mehreren Prüfterminen durch Darren (105 +/- 3) °C sowie nach der CM-Methode gemäß [14] bestimmt. Das Prüfgut wurde dabei aus dem gesamten Estrichquerschnitt entnommen. **Bild 4** enthält die Messergebnisse, die im Rahmen der Messgenauigkeiten der Verfahren für die Estriche mit

Tafel 5: Biegezugfestigkeit der Zementestriche (Bestätigungsprüfung) nach [13]

| Eigenschaft | | Zementestrich mit | |
|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | CEM I 32,5 R | CEM II/B-S 32,5 R |
| Estrichdicke | mm | 45 | 48 |
| Biegezugfestigkeit | N/mm ² | 3,6 | 4,1 |

Tafel 6: Oberflächenzugfestigkeit der untersuchten Zementestriche nach [11]

| Eigenschaft | | Zementestrich mit | |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | CEM I 32,5 R | CEM II/B-S 32,5 R |
| Oberflächenzugfestigkeit | N/mm ² | 0,71 | 0,77 |
| Bruchfläche bis zu einer Tiefe von | mm | 3–5 | 3–6 |

CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R einen übereinstimmenden Trocknungsverlauf ausweisen.

2.7 Gesamtbewertung der vergleichenden Estrichprüfungen ohne Zusatzmittel

Die Zemente entstammen der gleichen Rohstoff- und Klinkerbasis eines Zementherstellers und unterscheiden sich nach Angabe des Herstellers stofflich im Wesentlichen nur durch die Zugabe von ca. 25 % Hüttensandmehl (gemahlene granuliert Hochofenschlacke) beim CEM II/B-S 32,5 R. Bei den durchge-

führten Estrichuntersuchungen an Estrichen aus CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R ohne Zusatzmittel wurden keine wesentlichen Unterschiede festgestellt.

Für die Zementestriche mit CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R wurden die normativen Parameter eines CT-C35-F5 gleichermaßen sicher erfüllt. Die verwendeten CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R sind bezüglich Verarbeitbarkeit und mechanischer Eigenschaften als gleichwertig für die Estrichproduktion anzusehen (Estrichherstellung ohne Zusatzmittel).

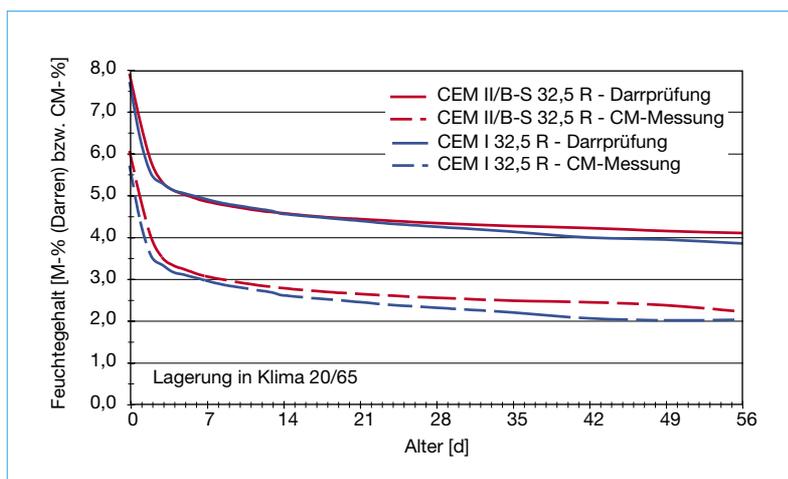


Bild 4: Austrocknungsverlauf der Zementestriche nach Darr- und CM-Prüfung

3 Vergleichende Estrichuntersuchungen mit CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R mit Zusatzmittel

3.1 Untersuchungsprogramm

Entsprechend den Untersuchungen unter Abschnitt 2 wurden an der Materialforschungs- und Prüfanstalt (MFPA) der Bauhaus-Universität Weimar vergleichende Estrichuntersuchungen unter Verwendung eines CEM I 32,5 R und eines CEM II/B-S 32,5 R und Einsatz von handelsüblichen Estrichzusatzmitteln zur Plasti-

Tafel 7: Zusammensetzung der untersuchten Estrichmörtel mit Zusatzmitteln

| | | Estrichmörtel mit | | | | | | | |
|--|--------------|-------------------|----------|---------|----------|-------------------|----------|---------|----------|
| | | CEM I 32,5 R | | | | CEM II/B-S 32,5 R | | | |
| Nummer der Zusammensetzung | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung | Masseanteile | 1 : 6 | 1 : 6 | 1 : 6 | 1 : 4 | 1 : 6 | 1 : 6 | 1 : 6 | 1 : 4 |
| Gesteinskörnung 0/4 mm 4/8 mm | M.-% | 60 | 60 | 60 | 50 | 60 | 60 | 60 | 50 |
| | M.-% | 40 | 40 | 40 | 50 | 40 | 40 | 40 | 50 |
| Zusatzmittel Art Gehalt | M.-% v.z | - | P 0,3 | EB 3 | EV 10 | - | P 0,3 | EB 3 | EV 10 |
| w/z-Wert | | 0,47 | 0,42 | 0,42 | 0,30 | 0,47 | 0,42 | 0,42 | 0,30 |

fizierung (P), Erhärtungsbeschleunigung (EB) und Estrichvergütung (EV) durchgeführt [14]. Die Untersuchungen umfassten folgende Parameter:

- Frischmörteleigenschaften [2]
- Festmörteleigenschaften (Druck- und Biegezugfestigkeit, Oberflächenzugfestigkeit, Durchbiegung) [3]
- Verformungsverhalten (Schwinden, Schüsseln) [4, 5]
- Austrocknungsverhalten [6]

Es wurden Gesteinskörnungen von 0 mm bis 8 mm verwendet, deren Kornfraktionen 0/4 und 4/8 im Verhältnis 60/40 bzw. 50/50 zusammengesetzt wurden. Die Sieblinien lagen nahe der Regelsieblinie A8 nach DIN 1045-2. Das Mischungsverhältnis Zement/Gesteinskörnung betrug 1/6 bzw. 1/4 in Gewichtsanteilen. Die Zusatzmitteldosierung erfolgte entsprechend der Herstellerempfehlung. Das Zusatzmittel wurde der Mischung zusammen mit dem Anmachwasser

zugegeben. Neben den zusatzmittelhaltigen Zusammensetzungen wurde für beide Zementarten eine Referenzzusammensetzung ohne Zusatzmittel geprüft. **Tafel 7** enthält die Zusammensetzung der untersuchten Estriche.

Die Lagerung der Prüfkörper zur Bestimmung der Festmörteleigenschaften erfolgte gemäß [8]. Abweichend davon wurden die Proben der Zusammensetzungen 3 und 7 mit

Tafel 8: Frischmörteleigenschaften der untersuchten Estriche

| | | Estrichmörtel mit | | | | | | | |
|--|--------------------|-------------------|----------|---------|----------|-------------------|----------|---------|----------|
| | | CEM I 32,5 R | | | | CEM II/B-S 32,5 R | | | |
| Nummer der Zusammensetzung | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung | Masseanteile | 1 : 6 | 1 : 6 | 1 : 6 | 1 : 4 | 1 : 6 | 1 : 6 | 1 : 6 | 1 : 4 |
| Gesteinskörnung 0/4 mm 4/8 mm | M.-% | 60 | 60 | 60 | 50 | 60 | 60 | 60 | 50 |
| | M.-% | 40 | 40 | 40 | 50 | 40 | 40 | 40 | 50 |
| Zusatzmittel Art Gehalt | M.-% v.z | - | P 0,3 | EB 3 | EV 10 | - | P 0,3 | EB 3 | EV 10 |
| w/z-Wert | | 0,47 | 0,42 | 0,42 | 0,30 | 0,47 | 0,42 | 0,42 | 0,30 |
| Ausbreitmaß | mm | 120 | 120 | 115 | 140 | 122 | 120 | 117 | 143 |
| Frischmörtelrohddichte | kg/dm ³ | 2,34 | 2,27 | 2,34 | 2,37 | 2,32 | 2,24 | 2,34 | 2,38 |
| Luftgehalt | % | 3,4 | 9,0 | 2,3 | 3,3 | 4,6 | 8,0 | 2,0 | 3,3 |

Tafel 9: Festmörtelkennwerte der untersuchten Estriche

| | | Estrichmörtel mit | | | | | | | |
|--|-------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|
| | | CEM I 32,5 R | | | | CEM II/B-S 32,5 R | | | |
| Nummer der Zusammensetzung | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung | Masseanteile | 1 : 6 | 1 : 6 | 1 : 6 | 1 : 4 | 1 : 6 | 1 : 6 | 1 : 6 | 1 : 4 |
| Zusatzmittel Art | | | P | EB | EV | | P | EB | EV |
| Zusatzmittel Gehalt | M.-% v.z | - | 0,3 | 3 | 10 | - | 0,3 | 3 | 10 |
| Prüfalter 7 d | | | | | | | | | |
| Biegezugfestigkeit | N/mm ² | 4,3 | 5,7 | 5,6 | 7,4 | 4,5 | 6,3 | 6,0 | 7,9 |
| Druckfestigkeit | N/mm ² | 29,1 | 39,8 | 46,4 | 53,4 | 31,1 | 35,2 | 39,9 | 54,8 |
| Prüfalter 28 d | | | | | | | | | |
| Biegezugfestigkeit | N/mm ² | 5,3 | 7,3 | 7,0 | 8,8 | 6,2 | 6,9 | 5,9 | 9,3 |
| Druckfestigkeit | N/mm ² | 40,7 | 47,8 | 45,3 | 72,0 | 37,7 | 46,1 | 42,3 | 73,5 |
| Prüfalter 56 d | | | | | | | | | |
| Biegezugfestigkeit | N/mm ² | 7,7 | 7,1 | 6,7 | 9,2 | 7,5 | 7,6 | 6,5 | 9,4 |
| Druckfestigkeit | N/mm ² | 56,9 | 47,0 | 44,2 | 74,6 | 56,4 | 45,2 | 44,2 | 73,0 |
| Durchbiegung | mm | 0,24 | 0,19 | 0,26 | 0,20 | 0,22 | 0,21 | 0,25 | 0,23 |
| Bestätigungsprüfung Biegezugfestigkeit | N/mm ² | 4,3 | 4,2 | 5,3 | 7,2 | 4,8 | 4,7 | 4,7 | 6,8 |
| Oberflächenzugfestigkeit | N/mm ² | 1,9 | 2,1 | 2,4 | 4,9 | 2,9 | 2,5 | 1,6 | 4,2 |

dem Zusatzmittel EB durchgängig im Klima 20 °C/65 % r.F. gelagert.

3.3 Frischmörteleigenschaften

Die Untersuchungen der Frischmörteleigenschaften [2], die in Tafel 8

zusammengefasst sind, verdeutlichen, dass die Zementart CEM I 32,5 R oder CEM II/B-S 32,5 R keinen Einfluss auf die Frischmörteleigenschaften hat. Durch die Verwendung unterschiedlicher Zusatzmittel kann eine plastifizierende Wirkung bzw.

Reduzierung des Wassergehalts erreicht werden. Abhängig von der Zusatzmittelart werden bei beiden Zementen gleichartig die Luftporenkennwerte und damit die Frischmörtelrohlichten beeinflusst.

3.4 Festmörteleigenschaften

Tafel 9 enthält die Festmörtelkennwerte [3] der untersuchten Estrichmörtel für eine Erhärtungszeit von 28 Tagen sowie zusätzlich die Daten für Biegezug- und Druckfestigkeit für 7 Tage und 56 Tage.

Wie bereits in Abschnitt 2.7 diskutiert, stellt sich auch hier bei den Festmörtelkennwerten der zusatzmittelfreien Mörtel (Referenzzusammensetzungen), die anhand der Biegezugfestigkeiten (Biegezugfestigkeit, Bestätigungsprüfung Biegezugfestigkeit, Durchbiegung, Oberflächenzugfestigkeit) bewertet wurden, eine Gleichwertigkeit des

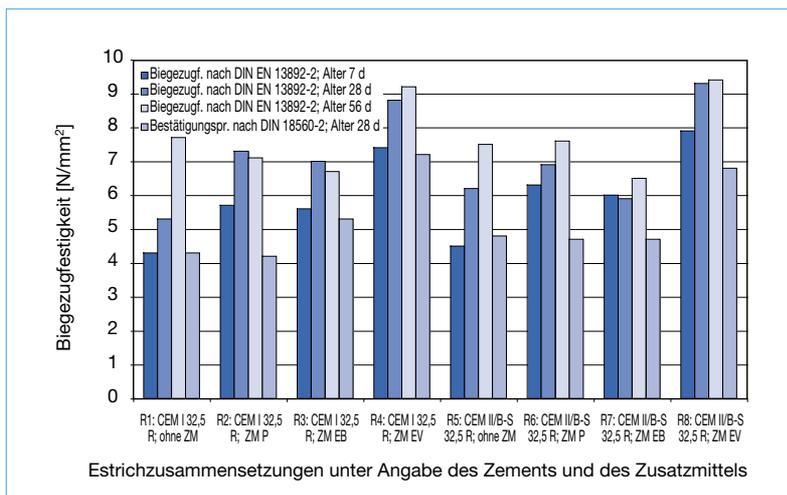


Bild 5: Vergleich spezifischer Festmörtelkennwerte der Referenzzusammensetzungen ohne Zusatzmittel

Estrichs mit CEM II/B-S 32,5 R gegenüber CEM I 32,5 R dar. Bild 5 enthält den direkten Vergleich dieser Parameter.

Bei der Wirkung der Zusatzmittel auf die Festmörteleigenschaften der Estriche mit CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R gibt es keine systematischen Unterschiede.

3.5 Verformungsverhalten

3.5.1 Längenänderung in Anlehnung an DIN EN 13454-2

Wie Tafel 10 zeigt, wurde an den zusatzmittelfreien Estrichmörteln hinsichtlich des Verformungsverhaltens [4] kein signifikanter Unterschied in der Längenänderung zwischen den Zementen CEM I 32,5 R

und CEM II/B-S 32,5 R festgestellt. An den Estrichmörteln mit Zusatzmitteln ist das Längenänderungsverhalten der Estriche mit CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R bei Berücksichtigung der messverfahrensbedingten Streuung der Daten ebenfalls identisch. Die Prüfung erfolgte an 4 cm x 4 cm x 16 cm großen Prismen.

Tafel 10: Längenänderung in Anlehnung an DIN EN 13454-2 [4]

| | | Estrichmörtel mit | | | | | | | |
|---|--------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|
| | | CEM I 32,5 R | | | | CEM II/B-S 32,5 R | | | |
| Nummer der Zusammensetzung | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung : Wasser | Masseanteile | 1 : 6 : 0,47 | 1 : 6 : 0,42 | 1 : 6 : 0,42 | 1 : 4 : 0,30 | 1 : 6 : 0,47 | 1 : 6 : 0,42 | 1 : 6 : 0,42 | 1 : 4 : 0,30 |
| Zusatzmittel Art | | - | P | EB | EV | - | P | EB | EV |
| Zusatzmittel Gehalt | M.-% v.z | - | 0,3 | 3 | 10 | - | 0,3 | 3 | 10 |
| Mittelwert der Längenänderung nach | | | | | | | | | |
| 3 Tagen | mm/m | -0,03 | -0,01 | -0,21 | 0,05 | 0,00 | 0,03 | -0,15 | 0,05 |
| 7 Tagen | mm/m | -0,03 | 0,00 | -0,29 | 0,08 | 0,02 | 0,03 | -0,21 | 0,07 |
| 28 Tagen | mm/m | -0,33 | -0,30 | -0,41 | -0,25 | -0,30 | -0,26 | -0,35 | -0,28 |
| 56 Tagen | mm/m | -0,39 | -0,38 | -0,45 | -0,36 | -0,36 | -0,33 | -0,42 | -0,38 |

Tafel 11: Längenänderung nach MFPA-Verfahren Frühschwinden

| | | Estrichmörtel mit | | | | | | | |
|---|--------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|
| | | CEM I 32,5 R | | | | CEM II/B-S 32,5 R | | | |
| Nummer der Zusammensetzung | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung | Masseanteile | 1 : 6 : 0,47 | 1 : 6 : 0,42 | 1 : 6 : 0,42 | 1 : 4 : 0,30 | 1 : 6 : 0,47 | 1 : 6 : 0,42 | 1 : 6 : 0,42 | 1 : 4 : 0,30 |
| Zusatzmittel Art | | - | P | EB | EV | - | P | EB | EV |
| Zusatzmittel Gehalt | M.-% v.z | - | 0,3 | 3 | 10 | - | 0,3 | 3 | 10 |
| Mittelwert der Längenänderung – Verfahren: Frühschwinden – nach | | | | | | | | | |
| 1 Tag | mm/m | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| 2 Tagen | mm/m | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 0,01 |
| 3 Tagen | mm/m | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |

Vertikale Verformung einer schwimmend verlegten Estrichplatte (100 cm x 100 cm x 4 cm) nach Zusammensetzung 1

Prüftermin: 28 Tage nach der Herstellung; Lagerung: 7 Tage mit Folie abgedeckt, dann bei 20 °C und 65 % r.F.; Angabe der Änderung der Höhen in mm

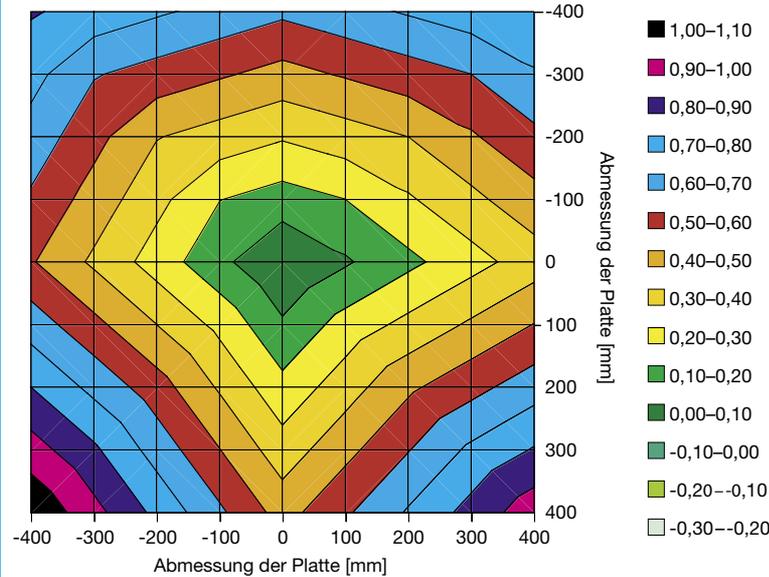


Bild 6: Vertikale Verformung am Estrichmörtel der Referenzzusammensetzung – ohne Zusatzmittel hergestellt mit CEM I 32,5 R – nach 28 Tagen

Vertikale Verformung einer schwimmend verlegten Estrichplatte (100 cm x 100 cm x 4 cm) nach Zusammensetzung 5

Prüftermin: 28 Tage nach der Herstellung; Lagerung: 7 Tage mit Folie abgedeckt, dann bei 20 °C und 65 % r.F.; Angabe der Änderung der Höhen in mm

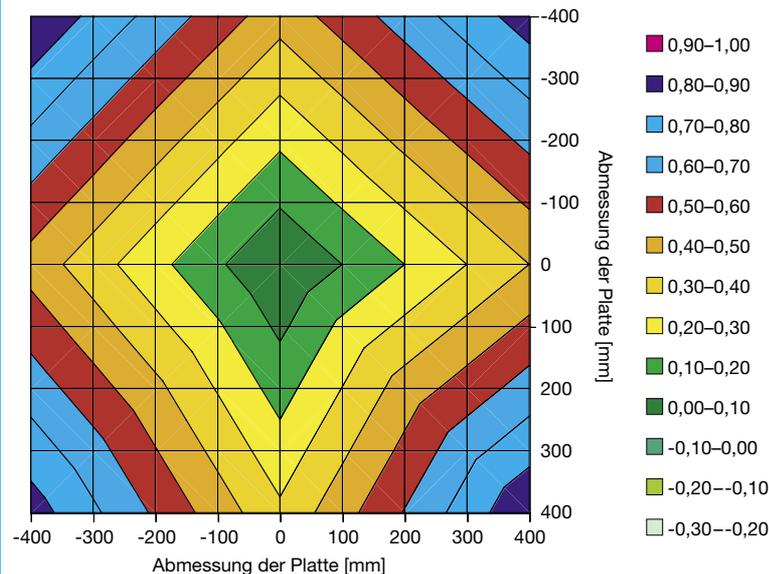


Bild 7: Vertikale Verformung am Estrichmörtel der Referenzzusammensetzung – ohne Zusatzmittel hergestellt mit CEM II/B-S 32,5 R – nach 28 Tagen

3.5.2 Längenänderung nach MFPA-Verfahren Früh-schwinden

Die Prüfeinrichtung besteht aus einer Schwindrinne 4 cm x 4 cm x 50 cm, mit der längsaxiale Schwind- und Quellvorgänge gemessen werden können. Die Untersuchungen [4] wurden im Normklima 20/65 durchgeführt. Die Ergebnisse in **Tafel 11** zeigen für alle Zusammensetzungen eine leichte Ausdehnung. Ein praxisrelevanter Unterschied im Längenänderungsverhalten abhängig von der Zementart ist nicht zu erkennen.

3.5.3 Vertikale Verformung

Die Untersuchung der vertikalen Verformung [5] erfolgte an Platten mit den Abmessungen 100 cm x 100 cm x 4 cm. Die Platten wurden 7 Tage bei 20 °C mit einer PE-Folie luftdicht abgeschlossen und anschließend bei 20 °C und 65 % r.F. gelagert. Mit Hilfe von neun auf der Plattenoberfläche verteilten Messmarken wurde die Verformung mit elektronischen Messuhren erfasst. Die Ergebnisse werden in Form von Höhenliniendiagrammen visualisiert.

In **Bild 6** ist das Höhenliniendiagramm für die zusatzmittelfreien Estrichrezepturen mit CEM I 32,5 R dargestellt, **Bild 7** zeigt das entsprechende Diagramm für den CEM II/B-S 32,5 R. Die Aufwölbung der Randbereiche mit bis zu 0,4 mm und der Eckbereiche mit bis zu 0,8 mm ist in beiden Estrichen vergleichbar. Ein zementbedingter Unterschied besteht nicht.

Bei den zusatzmittelhaltigen Zusammensetzungen ergab sich ein analoges Bild. Es wurde kein Einfluss der Zementart auf das Verformungsverhalten festgestellt. Der zeitliche Verlauf der Verformung ist insbesondere in der Anfangsphase signifikant abhängig von den Lagerungsbedin-

Tafel 12: Trocknungsfeuchte der Estriche nach CM-Verfahren und Trockenschrankverfahren

| | | Estrichmörtel mit | | | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|
| | | CEM I 32,5 R | | | | CEM II/B-S 32,5 R | | | |
| Nummer der Zusammensetzung | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung : Wasser | Masseanteile | 1 : 6 : 0,47 | 1 : 6 : 0,42 | 1 : 6 : 0,42 | 1 : 4 : 0,30 | 1 : 6 : 0,47 | 1 : 6 : 0,42 | 1 : 6 : 0,42 | 1 : 4 : 0,30 |
| Zusatzmittel Art | | - | P | EB | EV | - | P | EB | EV |
| Gehalt | M.-% v.z | - | 0,3 | 3 | 10 | - | 0,3 | 3 | 10 |
| Prüfalter 7 Tage | CM-Feuchte | 3,5 | 3,3 | 2,4 | 2,7 | 3,6 | 3,3 | 2,4 | 3,4 |
| | Trocknungsfeuchte | 4,4 | 3,9 | 3,0 | 4,0 | 4,5 | 3,9 | 3,1 | 4,4 |
| Prüfalter 28 Tage | CM-Feuchte | 2,2 | 2,1 | 1,8 | 2,1 | 2,6 | 2,6 | 1,9 | 2,4 |
| | Trocknungsfeuchte | 3,6 | 3,3 | 2,8 | 3,7 | 3,8 | 3,3 | 2,7 | 3,7 |
| Prüfalter 56 Tage | CM-Feuchte | 2,1 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 2,4 | 2,0 | 1,7 | 2,2 |
| | Trocknungsfeuchte | 3,2 | 3,0 | 2,5 | 3,6 | 3,6 | 3,1 | 2,6 | 3,7 |

gungen. Der Wert der Verformung war nach 28 Tagen bei allen Proben ähnlich.

3.6 Austrocknungsverhalten

Das Austrocknungsverhalten der Estriche [6] wurde an Probeplatten mit der Größe 15 cm x 15 cm x 4 cm, die gemäß [8] hergestellt und gelagert worden waren, bestimmt. Die Feuchtebestimmung erfolgte nach dem Trockenschrankverfahren (105 °C) und mit Hilfe der CM-Methode. **Tafel 12** enthält die Ergebnisse.

Bei den zusatzmittelfreien Referenzzusammensetzungen 1 und 5 sind die Feuchtwerte für die beiden Zemente nach beiden Messverfahren nach 7 Tagen praktisch gleich. Nach 56 Tagen liegen die Feuchtwerte für den CEM II/B-S 32,5 R tendenziell über denen des Zements CEM I 32,5 R, wobei der Unterschied im Bereich des Messfehlers der Verfahren liegt (+/- 0,2 CM-%). Bei den zusatzmittelhaltigen Zusammensetzungen

ergibt sich keine eindeutige Tendenz hinsichtlich des Austrocknungsverhaltens der beiden Zementestriche. Während bei der Darr-Methode im Mittel der Restfeuchtegehalt bei beiden Zementen gleich ist, liegt bei der CM-Methode der rechnerische Mittelwert der Restfeuchte für die CEM II/B-S-Estriche (alle Zusammensetzungen und Prüfzeitpunkte) um 0,2 % höher als bei den CEM I-Estrichen. Der Unterschied liegt damit im Bereich der Genauigkeit des CM-Verfahrens.

3.7 Gesamtbewertung der vergleichenden Estrichprüfungen mit Zusatzmittel

In Ergänzung zu dem Prüfprogramm ohne Zusatzmittel [10] wurde ein erweitertes Programm unter Einbeziehung handelsüblicher Estrichzusatzmittel durchgeführt (Plastifizierer P, Estrichbeschleuniger EB, Estrichvergütung EV). Den Untersuchungen an zusatzmittelhaltigen Estrichmörteln wurden Untersuchungen an zusatzmittelfreien Estrichmörteln (Refe-

renzzusammensetzungen) mit beiden Zementen CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R vorangestellt. Die Ergebnisse an den zusatzmittelfreien Estrichmörteln zeigten ein ähnliches Bild wie in [10].

Bei den untersuchten Parametern besteht unabhängig von den hier verwendeten Zementarten Gleichwertigkeit. Die verwendeten Zusatzmittel P (Plastifizierer), EB (Estrichbeschleuniger) und EV (Estrichvergütung mit Kunststoffdispersion) beeinflussen die Frischmörtelkennwerte und den Erhärtungsverlauf der Estriche deutlich.

Ein Unterschied in der Wirkung der eingesetzten Zusatzmittel auf die Estricheigenschaften in Abhängigkeit vom verwendeten Zement war nicht zu erkennen. Die Zusatzmittel wirken auf den CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R in gleicher Art und Weise.

Zusammenfassend kann für die an Estrichen durchgeführten Laborver-



Foto: Asclepiion Laser Technologies, Jena

Bild 8: Außenansicht des Verwaltungsgebäudes in Jena

suche festgestellt werden, dass auch bei Einbeziehung der dargestellten handelsüblichen Estrichzusatzmittel die Gleichwertigkeit für die hier verwendeten CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R nachgewiesen wurde.

4 Praxisvergleich CEM I 32,5 R zu CEM II/B-S 32,5 R

4.1 Ausgangssituation

Im Rahmen der Bewertung der Vergleichbarkeit von CEM I- zu CEM II-Zementen im Estrichbau wurden neben den umfangreichen Laborversuchen auch Praxisversuche unter Baustellenbedingungen an einem repräsentativen Objekt durchgeführt.

Einer der weltweit führenden Spezialisten der medizinischen Lasertechnologie errichtete zur Kapazitätserweiterung ein neues Verwaltungsgebäude mit Produktionshalle in Jena.

Das Projekt startete im Jahr 2006 mit Entwurf und Planung. Anfang März 2008 war das Gebäude bezugsfertig (Bild 8). Das Estrich-Verlegeunternehmen konnte den Planer und Bauherrn auf der Grundlage der oben aufgeführten umfangreichen Vergleichsversuche überzeugen, die Estricharbeiten parallel mit einem CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R durchzuführen. Die Gesteinskörnung 0/8 wurde als Korngemisch aus einer nahe liegenden Kiesgrube bereitgestellt. Den Plastifizierer der

als Zusatzmittel zur Wasserreduzierung und Verarbeitungsverbesserung eingesetzt wurde, lieferte ein Zusatzmittelhersteller aus dem südlichen Baden-Württemberg. Zudem wurden vom Zusatzmittelhersteller die Estricharbeiten anwendungstechnisch betreut. Die beiden Zemente kamen von einem Thüringer Zementproduzenten, bei dem sichergestellt war, dass beide Zemente dieselbe Klinkerbasis besitzen und sich einzig durch die Komponente Hüttensandmehl unterscheiden.

Für das Verwaltungsgebäude wurde ein üblicher schwimmender Estrich nach DIN 18560 als CT-C25-F4 in einer Dicke von 55 mm ausgeschrieben ohne Anforderungen an eine frühe Belegreife. Der Estrichmörtel war nach der unten aufgeführten Zusammensetzung für eine erdfeuchte Konsistenz zusammengestellt und wurde nach Zugabe aller Komponenten in den Estrichmischer noch ca. eine Minute gemischt und anschließend über Druckluft zur Einbaustelle gepumpt.

4.2 Zusammensetzung des Estrichs

Die Zusammensetzung des Estrichs kann Tafel 13 entnommen werden.

Tafel 13: Gewählte Estrichrichtzusammensetzung für die Verwendung von CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R im Praxisvergleich

| | | |
|--|----|------------------------------------|
| Mischungsgröße | I | 200 |
| Estrichsand 0/8 mm (Feuchte ca. 3,5 %) | kg | 310,0 (inkl. 10,5 kg Eigenfeuchte) |
| Zement (CEM I 32,5 R bzw. CEM II/B-S 32,5 R) | kg | 50,0 (2 x 25) |
| Plastifizierer (0,2 % v.z) | kg | 0,1 |
| Wasserzugabe | kg | 12,0 |
| Mischungsverhältnis Zement: Gesteinskörnung | | 1 : 6 |
| w/z-Wert | | 0,45 |

Tafel 14: Daten der untersuchten Estriche im Praxisvergleich

| Zement | | CEM I 32,5 R | CEM II/B-S 32,5 R |
|---------------------------------|--------------------|--------------|-------------------|
| Rohdichte (28 d) | kg/dm ³ | 2,01 | 1,99 |
| Biegezugfestigkeit (28 d) | N/mm ² | 4,7 | 4,9 |
| Druckfestigkeit (28 d) | N/mm ² | 28,0 | 28,1 |
| Oberflächenzugfestigkeit (14 d) | N/mm ² | 2,7 | 2,8 |

4.3 Ausführung und Prüfungen

Die Estricharbeiten wurden von dem Estrichfachunternehmen mit einer Drei-Mann-Kolonnen in der Zeit vom 1. bis zum 23. November 2007 durchgeführt. Als Maschine wurde eine übliche Standard-Estrichpumpe (Druckluftförderer) eingesetzt, bei der der Nutzinhalt bei einer guten Mischwirkung ca. 200 l betrug. Die Arbeiten wurden bei niedrigen Temperaturen (außen 2 °C und innen 11 °C) durchgeführt.

Der Wasserbedarf in der Praxis mit einem w/z-Wert von 0,45 bestätigte die Daten und Ergebnisse aus den Laborversuchen. Der Estrich hatte

sowohl beim CEM I 32,5 R als auch beim CEM II/B-S 32,5 R gute Verarbeitungseigenschaften. Das Pumpen, Fördern und Abziehen wurde bei beiden Estrichen vom Estrichleger als vergleichbar gut eingestuft. Auf der Baustelle wurden Estrichprismen angefertigt und im hauseigenen Labor des Zusatzmittelherstellers geprüft (Tafel 14). Weiterhin wurden vor Ort Oberflächenzugfestigkeit und CM-Feuchte bestimmt.

Beide Estriche erfüllten die Anforderung an den ausgeschriebenen CT-C25-F4. Bei den Praxisprüfungen der CM-Feuchte ergab sich ein Unterschied, der beim CEM II/B-S 32,5 R auf die tiefere Probenahmestelle zu-

rückzuführen ist. Das Probenmaterial war beim Estrich mit CEM II/B-S 32,5 R gegenüber dem CEM I 32,5 R im Mittel über eine 5 mm und 10 mm höhere Messtiefe entnommen worden.

Die Belagsarbeiten für die Fliesenarbeiten starteten am 28. Januar 2008 und für den Textilbelag am 8. Februar 2008. Anfang März konnte der Bauherr planmäßig mit den Umzugsarbeiten an den neuen Standort innerhalb von Jena beginnen und war nach einer Woche Produktionsstillstand in der Lage, den Betrieb wieder aufzunehmen. Am 1. April wurde der neue Standort mit Verwaltung und Produktion offiziell eröffnet (Bild 9).

4.4 Bewertung des vergleichenden Praxiseinsatzes von CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R zur Estrichherstellung

Wie im Laborprüfprogramm wurden auch in der Praxis ein CEM I 32,5 R und ein CEM II/B-S 32,5 R mit Plas-

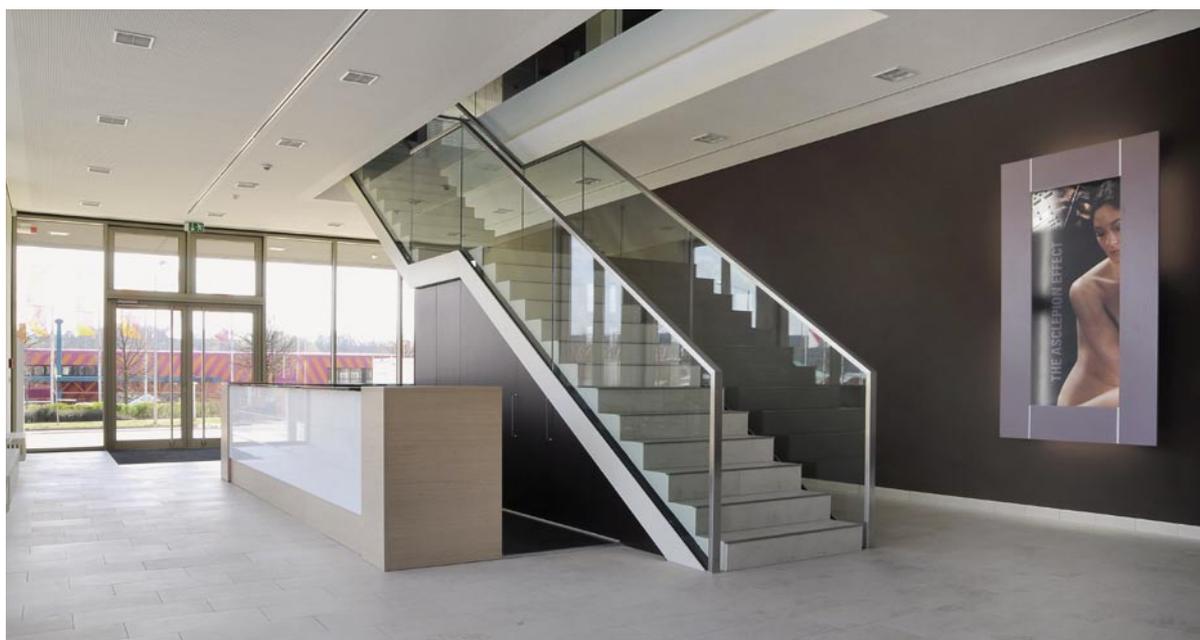


Foto: Ascleptron Laser Technologies, Jena

Bild 9: Innenaufnahme des Verwaltungsgebäudes

tifizierer verwendet. Die Wassereinstellung (w/z-Wert) auf der Baustelle war nahezu identisch mit der Einstellung im Labor. Das verwendete Zusatzmittel wirkte auf die Estriche – hergestellt mit CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R – gleichermaßen. Die Ergebnisse der unter Praxisverhältnissen durchgeführten Untersuchungen der Druck-, Biegezug- und Haftzugfestigkeit sowie der CM-Feuchte belegen sowohl die praktische Gleichwertigkeit der beiden Zemente als auch die gute Anbindung an die vorangegangenen Laborergebnisse.

Zusammenfassend kann auch hier festgestellt werden, dass in der Praxis der Nachweis für die Gleichwertigkeit der hier untersuchten Estrichzemente CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R gezeigt wurde.

5 Resümee

Nachdem in der Vergangenheit Zementestrich überwiegend mit CEM I-Zementen hergestellt wurden, haben sich seit mehreren Jahren auch zunehmend CEM II-Zemente etabliert. Aufgrund ökologischer und politischer Forderungen zur Ressourceneinsparung ist die Zementindustrie in die Pflicht genommen, ihre Produktion auf CO₂-Einsparungen auszurichten. Hieraus ergab sich für das Einsatzgebiet Estrich die Notwendigkeit, labortechnische und praktische Nachweise zu erbringen, die die Eignung von CEM II-Zementen belegen.

Unabhängig von den hier vorliegenden Untersuchungsergebnissen ist der Estrichleger als Mörtelhersteller grundsätzlich verpflichtet, die Eignung der von ihm verwendeten Ausgangsstoffe (Zement, Gesteinskörnung, Zusatzstoff, Zusatzmittel) für die Herstellung seines Estrichs

über eine Eignungsprüfung nachzuweisen. Die oben aufgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass alle für den Estrich relevanten physikalischen Kennwerte bei der Verwendung eines mit CEM II/B-S 32,5 R hergestellten Estrichs erfüllt wurden. Auch die Verwendung ausgesuchter Zusatzmittel zur Modifizierung von Estrichmörteln konnte für den CEM II/B-S 32,5 R im Estrich sowohl im Labor als auch auf der Baustelle bestätigt werden.

6 Literatur

- [1] Prüfbericht des IBF Troisdorf Nr. M307/05 vom 05.05.2006: Vergleichsprüfung zwischen Zementestrichen hergestellt mit CEM I 32,5 R und CEM II/B-S 32,5 R
- [2] Prüfbericht der MFPA Weimar Nr. B 12.07.017.01: Bestimmung von Kennwerten an Zementestrichen unter Verwendung unterschiedlicher Zementarten und Estrichzusatzmittel – Teil 1: Prüfung der Frischmörteleigenschaften (2007)
- [3] Prüfbericht der MFPA Weimar Nr. B 12.07.017.02: Bestimmung von Kennwerten an Zementestrichen unter Verwendung unterschiedlicher Zementarten und Estrichzusatzmittel – Teil 2: Prüfung der Festmörtelkennwerte (2007)
- [4] Prüfbericht der MFPA Weimar Nr. B 12.07.017.03: Bestimmung von Kennwerten an Zementestrichen unter Verwendung unterschiedlicher Zementarten und Estrichzusatzmittel – Teil 3: Längenänderung (2007)
- [5] Prüfbericht der MFPA Weimar Nr. B 12.07.017.05: Bestimmung von Kennwerten an Zementestrichen unter Verwendung unterschiedlicher Zementarten und Estrichzusatzmittel – Teil 5: Untersuchung der Längenänderung und der Verformung an schwimmend verlegten Estrichplatten (2007)
- [6] Prüfbericht der MFPA Weimar Nr. B 12.07.017.04: Bestimmung von Kennwerten an Zementestrichen unter Verwendung unterschiedlicher Zementarten und Estrichzusatzmittel – Teil 4: Austrocknungsverhalten (2008)
- [7] DIN 18555-2:1982-09 – Prüfung von Mörteln mit mineralischen Bindemitteln – Teil 2: Frischmörtel mit dichten Zuschlägen, Bestimmung der Konsistenz, der Rohdichte und des Luftgehaltes
- [8] DIN EN 13892-2:2003-02 – Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen – Teil 2: Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeit
- [9] DIN EN 13892-1:2003-02 Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen – Teil 1: Probenahme, Herstellung und Lagerung der Prüfkörper
- [10] DIN 1048-5:1991-06 Prüfverfahren für Beton; Festbeton, gesondert hergestellte Probekörper
- [11] DIN EN 13892-8:2003-02 – Prüfverfahren für Estrichmörtel und Estrichmassen – Teil 8: Bestimmung der Haftzugfestigkeit
- [12] DIN 52450:1985-08 – Prüfung anorganischer nichtmetallischer Baustoffe; Bestimmung des Schwindens und Quellens an kleinen Probekörpern
- [13] DIN 18560-2:2004-04 – Estriche im Bauwesen; Teil 2: Estriche und Heizestrichen auf Dämmschichten (schwimmende Estriche)
- [14] Schnittstellenkoordination bei beheizten Fußbodenkonstruktionen – Arbeitsanweisung / Dokumentation FBH-AG / CM-Messung, Februar 2005

Bauschild

| | |
|-----------------|--|
| Bauherr | Asclepion Laser Technologies GmbH, Jena |
| Planer | Schettler & Wittenberg Architekten, Weimar |
| Statik | Ingenieurbüro Dr. Krämer GmbH, Weimar |
| Prüfinstitute | IBF Institut für Baustoffprüfung und Fußbodenforschung, Troisdorf; MFPA Weimar Materialforschung- und Prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar, Weimar |
| Estrichverleger | Barbarossa Plan Estrichbau GmbH, Sondershausen |
| Zusatzmittel | Kurt Glass AG, Feldkirch |
| Zement | Dyckerhoff AG (Deuna Zement GmbH), Deuna |

Gestaltete Zementestriche

Von Marion Sommerfeld, Nidderau

1 Der Zementestrich als Unikat

Aktuelle Entwicklungen in der Architektur, die nach klar definierten, naturbelassenen und großflächigen Strukturen verlangen, haben den Wunsch nach oberflächenfertigen Estrichen außerhalb der traditionellen Industrienutzung geweckt. Beim Einsatz von oberflächenfertigen Estrich ist jedoch zu beachten, dass diese Methode dem Industriebau entstammt, wo man lediglich den Nutzen der Konstruktion verlangt hat, jedoch weniger die optische Güte. Der momentane Trend, diese Böden auch in optisch anspruchsvolle Bereiche zu verlegen, erfordert hingegen seitens der Fach-

firmen einige Hinweise an Planer und Bauherren, denn schließlich handelt sich bei diesen farbigen oder naturfarbenen Böden um handwerkliche Unikate, die nicht reproduzierbar sind (**Bild 1**).

Auch die besonderen Eigenschaften von direkt genutzten Estrichen – wie eventuelle Wolkenbildung oder ggf. sichtbare Risse durch Schwinden bzw. unterschiedliche Oberflächenstruktur und Farbgebung – müssen gewünscht sein, da die Materialhaftigkeit den besonderen Reiz dieser Böden ausmacht. Die Zusammensetzungen dieser Estriche sind nicht mit denen von Belagestrichen vergleichbar. Die Estrichqualität bzw. -güte muss für die direkte Nutzung der

Böden deutlich höher angesiedelt werden, damit der Nutzer auch über viele Jahre Freude an einem intakten Boden hat.

Trotz gleicher Estrichzusammensetzungen können unterschiedliche Farbgebungen auftreten, da es sich um keine industrielle Fertigung, sondern um eine Herstellung unter Baustellenbedingungen handelt. Faktoren, die für das Erscheinungsbild eines Sichtestrichs eine entscheidende Rolle spielen, sind u.a. die Feuchtigkeit des Sandes oder auch die Kiesgrube, aus der der Sand gefördert wurde. Die regionalen Sandvorkommen bieten ein großes Farbspektrum. Ferner haben je nach Hersteller und Region die Zemente abweichende Farbtöne, was bei der Ausführung bedacht und bemustert werden muss.

Nachfolgend werden verschiedene so genannte Sichtestrichvarianten vorgestellt.



Bild 1: Jeder Boden ist ein Unikat – hier ein gebeizter Zementestrich mit einer sehr warmen Ausstrahlung



Bild 2: Pigmentierter Zementestrich in einem Wohnraum

2 Pigmentierte Zementestriche

Pigmentierte Zementestriche werden mit Grau- oder Weißzementen als konventionelle Estriche hergestellt. Über Pigmente ergibt sich die Möglichkeit, eine Einfärbung des Estrichs vorzunehmen (Bild 2). Im Gegensatz zu keramischen Belägen sind diese Böden angenehm fußwarm und vermitteln durch ihre großen Feldgrößen (Scheinfugen sind anzulegen) eine empfundene Weite (Bild 3).

In Abstimmung auf die spätere Nutzung können diese Böden

- imprägniert,
- gewachst oder geölt,
- mit Epoxidharz oder Polyurethan versiegelt bzw.
- mit Epoxidharz oder Polyurethan beschichtet

werden. Der Oberflächenschutz muss bei den pigmentierte Zementestrichen der späteren Nutzung angepasst



Bild 3: Für stark genutzte Bereiche bieten sich Zementestriche an, da sie widerstandsfähig und schmutzunempfindlich sind.



Bild 4: Auch für Nassbereiche sind Zementestrichböden bestens geeignet, da sie feuchteunempfindlich sind.

sein. Die Zielsetzung ist hierbei, einen leicht zu reinigenden und schmutzunempfindlichen Boden entsprechend der späteren Belastung zu erstellen (**Bild 4**). Weitere optische Gestaltungsmöglichkeiten ergeben sich über eine pigmentierte Imprägnierung. Dabei wird in den strukturierten Bereichen eine stärkere Farbgebung erreicht und der wolkenartige Effekt nochmals verstärkt (**Bild 5**). Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, Farbnuancen der Estrichoberfläche mittels gezielter Lasurtechniken zu erreichen.

Um die möglichen Eigenspannungen des Bodens zu reduzieren, werden dem Estrich entsprechende Zusatzmittel zugegeben. Die Oberflächen werden maschinell geglättet. Je strukturierter die Oberfläche ausgeführt wird, umso deutlicher erzielt man den wolkenartigen Effekt. Diesen kann man über eine anschließende Glättung mit der Hand noch verstärken. Der Boden bekommt somit eine optische Tiefe und eine lebendige Gestaltung.

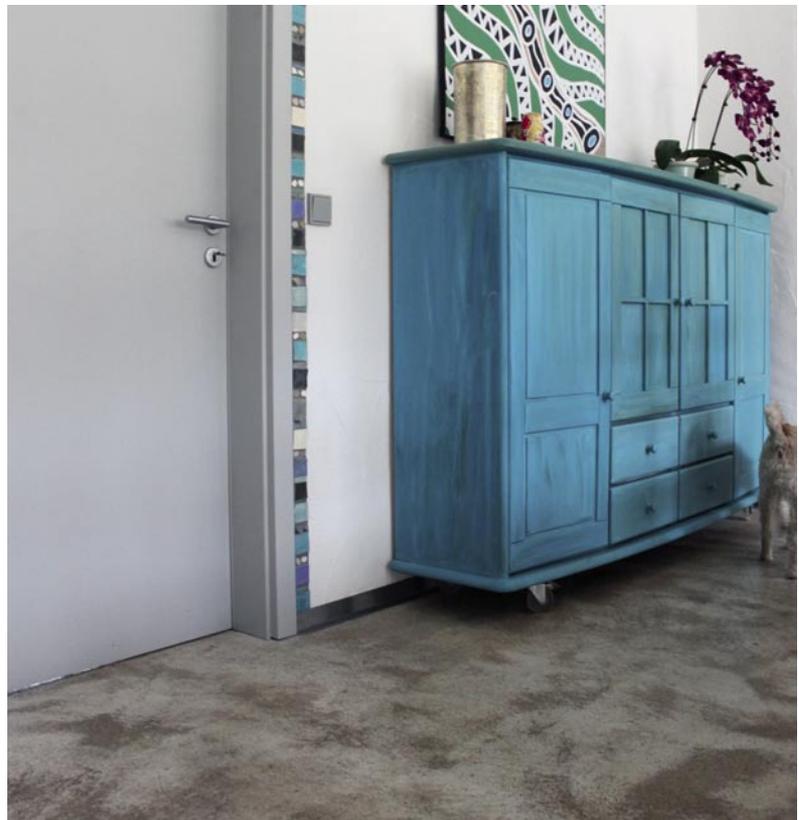


Bild 5: Durch Pigmentierung und Oberflächenbearbeitung entstehen interessante Strukturen.



Bild 6: Wolkenartige Strukturen auf einem mit Schleiertechnik veredelten Zementestrich



Bild 7: Der Zementestrich greift die Farben der Umgebung in diesem Café auf.

3 Schleiertechnik bei gestalteten Betonböden

Entwickelt wurde die spezielle Schleiertechnik von Architekten und Ingenieuren aus Italien. Sie hat sich in den letzten zehn Jahren in optisch anspruchsvollen und stark frequentierten Innenräumen wie Discoteken, Restaurants oder Ladenlokalen bewährt (Bild 6). Eine verbindliche Farbbestimmung, z.B. anhand von Musterplatten, ist durch variable Zement- und Sandanteile, die innerhalb der Fläche ein interessantes Farbspiel erzeugen, allerdings nicht möglich. Besondere Materialien und eine neue Verarbeitungstechnik auf frischen Betonflächen, die einen wolkenartigen Effekt hervorrufen (Bild 7), machen jedoch jeden Boden zu einem kreativen Unikat, der darüber hinaus pflegeleicht, in hohem Maße lichtstabil sowie mikrogriffig und daher rutschhemmend ist. Grundsätzlich wird diese Technik auf Betonflächen ausgeführt, da das Einarbeiten des Farbpigmentes einen gewissen Wasserhaushalt des Untergrunds voraussetzt.

Dank der Schleiertechnik weist jeder gestaltete Betonboden besondere Eigenschaften auf:

- Er stellt einen großen visuellen Effekt dar.
- Die Auswahl an Farben ist fast grenzenlos.
- Er besitzt eine gute mechanische und chemische Beständigkeit.
- Er ist einfach und unkompliziert zu reinigen.
- Er vermittelt einen sehr speziellen Charakter.

4 Beiztechnik

Die Grundlagen der Beiztechnik wurden um 1904 in den USA erfunden. Vor ca. 15 Jahren wurde das

System weiterentwickelt, um der wachsenden Nachfrage nach ausgefallenen Böden gerecht zu werden. Betonbeize ist keine Farbe und kein beschichtendes Mittel. Sie ist eine chemische Reaktion, die auf allen zementhaltigen Materialien einen Farbprozess auslöst. Das Resultat ist eine außergewöhnliche Färbung (**Bild 8**). Das Verfahren kann bei neuen oder alten Estrichflächen sowie Beton angewendet werden. Die Beiztechnik für Beton bzw. Estrich ist mit dem traditionellen Holzbeizen zu vergleichen.

In Verbindung mit einem hochwertigen Raumdesign erfreut sich ein gebeizter Boden im so genannten „used look“ oder „vintage look“ einer immer größeren Beliebtheit (**Bild 9**). Selbst neu verlegte Estrichflächen lassen sich über partielle Nachspachtelungen vor dem Beizvorgang zu



Bild 8: Mit Beiztechnik bearbeiteter Zementestrich, der gleich mehrere Farben enthält.



Bild 9: Durch ihre Robustheit eignen sich Zementestriche für stark genutzte Flächen in optisch ansprechender Umgebung.



Bild 10: Struktur und Farbe des Zementstrichs betonen das moderne Ambiente.

Böden realisieren, welche den Charakter einer lang genutzten Industriehalle entsprechen und damit ein charismatisches Ambiente erzeugen (Bild 10).

Bei der Beiztechnik ergeben sich innerhalb einer Fläche durch variable Zement- und Sandanteile interessante Farbspiele. Durch unterschiedliche Applikationstechniken ist eine Vielzahl von Effekten zu erreichen und durch Scheinfugen werden klare Abgrenzungen erreicht (Bild 11). Beizen kann man die Oberfläche eines Betons der Festigkeitsklasse C30/37, der mit speziellen Hartstoffeinstreuungen flügelgeglättet wird. Der Beton hat dadurch Abriebswerte, die einem Beton der Festigkeitsklasse C45/55 entsprechen. Bei geringerer Anforderung an die Verschleißschicht kann man auch einen Zementstrich ausführen und gestalten, der mindestens der Druckfestigkeitsklasse C35 und der Biegezugfestigkeitsklasse F6 für Estrichmörtel entspricht. Nach dem Beizvorgang wird die Oberfläche mit einem Neutralisierer ausgewaschen und gemäß den örtlichen Anforderungen versiegelt.



Bild 11: Optische Unterteilung der Fläche durch Scheinfugen

5 Beton-Stempeltechnik

Die Beton-Stempeltechnik ermöglicht eine vielfältige Form- und Farbgestaltung des frischen Betons. Ein großer Vorteil ist hierbei die Anpassungsfähigkeit der Farben und Muster an Gebäude und Umgebung. Es stehen vielfältige Druckform-Muster zur Verfügung, die miteinander kombinierbar sind. Auch firmeneigene Logos können eingebunden werden. Ecken, Rundungen und Kanten sind hierbei problemlos zu gestalten. Ein weiterer Vorteil dieser Technik liegt in der kostengünstigen optischen Reproduktion von antiken Bodenbelägen.

Im herkömmlichen Bauverfahren werden für die Beton-Stempeltechnik mindestens zwei Bauabschnitte für Tragwerk und Oberfläche benötigt, wobei bei der Herstellung vor allem auf das Problem der Spannungsbildung geachtet werden muss. Bei der fachgerechten Ausführung verhalten sich Tragwerk und Oberfläche jedoch wie in einem Arbeitsgang gefertigt.

Auf den frisch eingebrachten Beton werden eine pigmentierte Einstreuung (auch Farbhärter genannt) und ein für die Formgebung der Oberfläche notwendiges Trennmittel aufgebracht. Dieses lässt auch die gezielte Steuerung der Farbgestaltung der Fugen zu. Mit der anschließenden Matt- oder Glanzversiegelung wird eine widerstandsfähige und zugleich pflegeleichte Oberfläche erreicht, die auch hohen Beanspruchungen gerecht wird.

6 Schleiftechnik

Weitere Effekte lassen sich über spezielle Schleiftechnologien von Beton- oder Estrichflächen erreichen (Bilder 12 und 13). Durch die unterschiedliche Abtragtiefe und den Schleifgrad können hierbei aus ein und dem selben Belag sehr unterschiedliche Flächenwirkungen erzielt werden (vgl. Beitrag auf S. 110 bis 115).

Zusätzlich wird durch eine Oberflächennachbehandlung wie Imprägnierung, Versiegelung oder Beschichtung eine zusätzliche Möglichkeit geschaffen, die Flächen für verschiedenartige Anwendungszwecke herzustellen. Wichtig ist bei der Schleiftechnik, bereits in der Planungsphase die richtige Bearbeitungstechnologie festzulegen, die der letztendlichen Nutzung gerecht wird.



Bild 12: Geschliffener Estrich in einem Büroraum

7 Fazit

Wer sich für einen Sichtestrich entscheidet, hat sich für einen „Unikat-Boden“ entschieden. Diese Einzigartigkeit macht den besonderen ästhetischen Reiz dieser Böden aus. Absolut identisch lassen sich Sichtestriche nicht reproduzieren, da viele äußere Faktoren einen großen Einfluss auf das Ergebnis haben. Dabei ist bei der Erstellung von Sichtestrichen eine enge Zusammenarbeit zwischen Verarbeiter, Planer und den Folgewerken zwingend erforderlich, um

unnötige optische Mängel abzuwenden. Für welche Sichtestrichvariante sich ein Bauherr auch entscheidet: Empfehlenswert ist es, sich vorab Musterflächen von verlegten Böden anzuschauen, um über Erfahrungen bezüglich der Nutzung der Böden zu sprechen. Ausschließlich von Musterplatten lassen sich Optik und Eigenschaften der Böden nicht wiedergeben. Und ausführende Unternehmen können mit ihren „Referenzflächen“ ihre Erfahrung und Kompetenz im Bereich Sichtestriche unter Beweis stellen.



Bild 13: In diesem geschliffenen Zementestrich sind die verschiedenen Farben der Gesteinskörnung gut zu erkennen.

Zementestriche mit geschliffener Oberfläche

Von Dipl.-Ing. Andreas Funke, Bocholt

1 Einleitung

Immer häufiger werden von Architekten und Planern Zementestriche mit geschliffener Oberfläche in der zeitgenössischen Architektur eingesetzt. Gegenüber der Oberfläche von „nur flügelgeglätteten“ Estrichen bieten angeschliffene oder terrazzo-ähnlich bearbeitete Estriche vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten und Vorteile in Bezug auf Reinigungsfähigkeit und Beständigkeit der Oberfläche (Bild 1).

Aus der ursprünglichen Idee zur Kostensenkung durch Einsparung der Oberböden hat sich eine kreative Produktidee mit vielfältigen Einsatzbereichen entwickelt.

Sie eröffnet dem ambitionierten Planer wie auch dem auf diese Art von Estrichen spezialisierten Estrichleger

die Möglichkeit, hochwertige monolithische Unikat-Böden zu schaffen. Die Gestaltungsmöglichkeiten dieser Böden definieren sich dabei durch die Kreativität des Verarbeiters; die Verwendung lokal vorhandener Gesteinskörnungen, eventuell verwendete Farb- und Dekorzuschläge sowie die Bearbeitung der Oberfläche sind nur einige der zahlreichen Möglichkeiten.

Geschliffene Estriche werden auch als Design- oder Architekturestriche bezeichnet. Oft wird auch der Begriff „Sichtestrich“ verwendet. Er beschreibt vielleicht am ehesten die Notwendigkeit, gute Planung und gute handwerkliche Ausführung zu kombinieren: Sichtestriche „verschwinden“ nicht unter einem Oberboden. Die Oberfläche und damit selbstverständlich auch eventuell entstandene Imperfektionen sind

nach der Bearbeitung sichtbar. Nur selten sind optische Mängel im Nachhinein kaschierbar, so dass eine gute Planung und gewissenhafte Ausführung unabdingbar sind.

2 Planung

Einsatzbereiche für Designestriche sind der private Wohnbereich, Büro- und Verkaufsräume sowie Ausstellungs- und Repräsentationsbereiche (Bild 2).

Aus der Nutzung leiten sich Ansprüche an die Festigkeit des Bodens und auch an die Ausrüstung der Oberfläche in Bezug auf Fleckbeständigkeit und Reinigungsmöglichkeit ab.

Grundsätzlich sollten geschliffene Estriche zur Erzielung eines ausreichend dichten Gefüges und einer gut feinschliff-fähigen Oberfläche eine Güte entsprechend eines CT-C35-F5 aufweisen. Zum Einsatz kommen vor Ort gemischte Sand-Zementestriche, Industriestriche, Zement-Fließestriche und fertig formulierte terrazzo-ähnliche Estriche von Werk trockenmörtel-Anbietern.



Foto: RSB Steinbodensanierung / Thomas Szczodry

Bild 1: Estrich mit fein geschliffener Oberfläche



Foto: MKS Funke GmbH

Bild 2: Hochglanzpolierter Designestrich

Bei individuell hergestellten Estrichen können der Farbton der Matrix sowie der Farbton und – in Grenzen – die Größe und Beschaffenheit der Gesteinskörnungen bestimmt werden.

Zusätzlich kann über die Gestaltung des Schleifprozesses bestimmt werden, ob der Designestrich flächendeckend terrazzo-ähnlich bis zum Größtkornquerschnitt aufgeschliffen werden soll oder ob ein leichter Anschliff ausreichend ist. Bei der leicht angeschliffenen Variante werden nur die Feinkornanteile sichtbar, um das terrazzo-ähnliche Aussehen zu vermeiden (**Bild 3**).

Die meisten durchgefärbten Estriche werden mit einem Pigmentanteil von ca. 3 % bis 5 % vom Zementgewicht gefärbt. Bei exotischen Pigmenten kann so allein das Einfärben einen wesentlichen Teil der Gesamtkosten ausmachen. Bei den zur Verfügung stehenden Farbtönen werden daher zumeist eine Reihe eher kostengünstiger Standard-Farbpigmente favorisiert. Das sind vor allem Farbtöne wie rot und braun sowie schwarze Pigmente zur Herstellung von anthrazit-farbenen Estrichen. Die kostenintensiveren Pigmente wie z.B. Blau oder Grün kommen eher selten vor und werden dann meist in zweischichtigen Aufbauten verwendet. Intensive Färbungen werden mit hellen hüttensandhaltigen Zementen oder Weißzementen erreicht. Alternativ können Grauzemente durch die Verwendung von TiO_2 aufgehellt werden.

Bei der Festlegung der Gesteinskörnungen lassen sich nicht immer alle Wünsche der Auftraggeber berücksichtigen. Wer sich hier auf bewährte Erfahrungswerte verlässt, ist gut beraten: Denn der gleich starke Schleifverschleiß des Zements und der Gesteinskörnungen ist Basis

einer dauerhaften Funktion der mineralischen Oberfläche. Das gilt für den klassischen Terrazzo ebenso wie für den terrazzo-ähnlichen Designestrich.

So sollte bei der Wahl der Schmuck-Gesteinskörnungen und bei dem Wunsch nach einem großen Anteil feinkörniger quarzitischer Gesteinskörnungen überlegt werden, ob sich die gewünschte homogene Oberfläche tatsächlich schleiftechnisch einwandfrei herstellen lässt und ob sie dann auch in der Nutzung bestehen kann. Die Gefahr besteht, dass sich durch die inhomogene Härte der Gesteinskörnungen und die erheblich unterschiedlichen Abriebsfestigkeiten von Gesteinskörnung und Zement schnell eine Verschleißsituation einstellen kann. Kritisch zu sehen ist auch die Verwendung von Marmoren als Schmuckkorn. Eine Alternative ist die Verwendung kompakter und fester Kalksteine. Oftmals hilft bei der Bestimmung geeigneter Zuschläge auch der Blick auf einen klassischen Terrazzo. Hier gehört die Verarbeitung qualitativ hochwertiger Kalksteine zum Standard. Bei exotischen Zuschlägen wie z.B. Edel-

stahlgranulaten, Gläsern oder Perlmutter gilt: Generell sind solche Zuschläge machbar, jedoch sollten Estrichbauer und Schleifdienstleister sich mit den Eigenschaften solcher Zuschläge bei der Herstellung und Bearbeitung auskennen. Eine Musterfläche kann hier für Sicherheit sorgen.

3 Details

Bei der Planung von Designestrichen empfiehlt sich eine intensive Zusammenarbeit von Planer und Bodenbauer. Die preisorientierte Auswahl des Bodenbauers über die Ausschreibung führt nur in seltenen Fällen zu einem erfolgreich abgeschlossenen Gewerk. Zielführender ist die Überprüfung der Qualifikation über Referenzobjekte vor der Vergabe. Oftmals kann der Bodenbauer auch eigene Erfahrungswerte in die Planung einbringen.

Besonderes Augenmerk sollte bei Designestrichen auf Details gelegt werden. Schon frühzeitig können hier die Weichen für das erfolgreiche Gelingen gestellt werden.



Foto: MKS Funke GmbH

Bild 3: Ange-schliffener Est-rich mit leichtem Terrazzo-Effekt



Bild 4: Eckdetail

In den Ausführungen des Wandanschlusses gibt es zahlreiche Gestaltungsmöglichkeiten. In den meisten Fällen wird der Estrich bis an die Wand geführt (Bild 4). Ein Randdämmstreifen sorgt für die Trennung zur Wand. Die Anschlussfuge wird abschließend dauerelastisch ausgefüllt oder mit Kork geschlossen.

Alternativen zu dieser Ausführung können Installationskanäle sein, die mit Holz, satiniertem Glas (auch hinterleuchtet) oder Naturstein abgedeckt werden. Die manuelle Bearbeitung der Wandanschlüsse während des Schleifprozesses entfällt bei Montage geeigneter Instal-

lationskanäle größtenteils. Gleichzeitig können Installationen unkompliziert entlang der Wand geführt und auch jederzeit wieder geändert werden.

Wer die unvermeidbaren Spuren der Nass-Reinigung auf der gestrichenen oder geputzten Wand vermeiden möchte, kann sich beim Steinmetzen aus „Engineered Stone“, einem Quarz-Komposit-Werkstoff, individuell zugeschnittene Sockelleisten in Wunschfarbe und Wunschmaßen anfertigen lassen. Weitere Alternativen für die Ausbildung der Wandanschlüsse sind Schattenfugen oder auch das nachträgliche Verkleiden

der Wände mit Paneelen oder ähnlichen Bauteilen.

Zur Vermeidung „runder Ecken“ sollten Randdämmstreifen bei der Auskleidung von Innen- und Außenecken nicht durchgehend geführt werden. Besser ist das Trennen und Wiederaeinanderrücken des Streifens durch Verkleben mit einem starken Gewebeklebeband. Damit der Dämmstreifen beim Einbau des Estrichs in Position bleibt, ist die dauerhafte Fixierung des Streifens an Wand und aufgehenden Bauteilen notwendig.

Fugen sind in der Vorplanung eines Designestrichs sehr oft Grund zur Diskussion. Erörtert wird oftmals die maximal machbare Feldgröße, die Anordnung von Fugen und deren Ausbildung. Generell sei gesagt: Die Ausbildung von Bewegungsfugen ist besonders bei einem Designestrich in der Regel unvermeidbar. Dabei obliegt die Erstellung des Fugenplans dem Architekten. Auch wenn der Wunsch nach möglichst wenigen Fugen stets präsent ist – es gilt der Grundsatz: „Je mehr Fugen angelegt werden, desto besser.“ Die Erfahrung zeigt einfach, dass eine professionell ausgeführte Fuge wesentlich „gekonnter“ aussieht als ein spontan entstandener und meist nicht „unsichtbar“ in stand zu setzender Riss (Bild 5).

Fugen können geschnitten (Achtung bei Fußbodenheizung) oder mit einem Fugenprofil ausgebildet werden. Bei der Wahl der Fugenprofile sollte darauf geachtet werden, dass aufgrund des Schleifwiderstands nicht alle Arten von Fugenprofilen problemlos überschleiffen werden können. An nicht überschleiffbare Fugenprofile, wie sie z.B. für Gebäudetrennfugen verwendet werden, muss mit einem hohen Bearbeitungsaufwand von beiden Seiten herangeschliffen werden. Um ein



Bild 5: Eckdetail mit Alu-Schienen und Schattenfuge

flächendeckend gleichmäßiges Schleifbild zu gewährleisten und den Schleifaufwand nicht unnötig zu steigern, sollte bei den normalen Bewegungsfugen drauf geachtet werden, dass gut schleifbare Materialien wie z.B. Kunststoff, Messing oder Aluminium verwendet werden (**Bild 6**). Edelstahlprofile sollten eine maximale Schenkeldicke von 1,5 mm haben. Je nach Estrich und Erfordernis empfiehlt sich eventuell auch die Verwendung von Doppelwinkelkonstruktionen mit einer Zwischenlage aus Zellgummi.

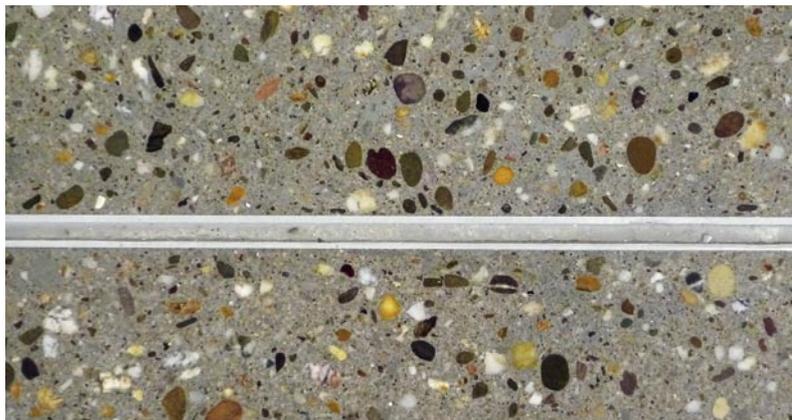


Bild 6: Doppelschiene aus Aluminium

Foto: MKS Funke GmbH

Bei Bodenleuchten oder Boden-Anschlussstanks muss die Anordnung und konstruktive Einbindung in den Estrich (Rissgefahr) sorgfältig geplant werden. Wichtig ist hierbei neben den Maßnahmen zur Rissvermeidung auch die Positionierung in der Fläche. Dies ist besonders deshalb erforderlich, damit der Schleifer die Umgebungsbereiche der Bodeneinbauten praxisgerecht bearbeiten kann.

4 Einbau

Ist die Gesamtplanung des Bodens eine gemeinsame Aufgabenstellung für das Team aus Planer und Bodenbauer, so stellt der fachgerechte Einbau des Designestrichs insbesondere eine Herausforderung für den Bodenbauer dar. Es gilt einige Grundlagen zu beachten, die den oberflächenfertigen Designestrich deutlich von den herkömmlichen Unterlagsestrichen unterscheiden.

Zur Gewährleistung einer gleichmäßigen Farbe des Bodens sollte die Dosierung der einzelnen Bestandteile der Estrichzusammensetzung über geeignete Verfahrensweisen so geregelt werden, dass jede Mischung gleich ist. Der Zement sollte für den gesamten Boden aus einer Charge

kommen. Ist das nicht möglich, sollte die Gesamtfläche in sinnvolle Abschnitte aufgeteilt werden. Diese werden dann jeweils mit dem Zement aus einer Charge gefertigt.

Um eine gleichmäßige Kornverteilung zu erreichen, ist die intensive Durchmischung des Estrichs wichtigste Grundlage. Viele Estrichleger nutzen für terrazzo-ähnliche Estriche eine eher steife Konsistenz um eine möglichst gleichmäßige und oberflächennahe Kornverteilung zu unterstützen. Je nach Estrichtyp und Zusammensetzung eignen sich konventionelle Estrichpumpen für das Mischen des Estrichs. Teilweise werden auch Zwangsmischer verwendet.

Nach dem Mischen muss der Estrich ohne Entmischungen zum Einbauort befördert werden. Für die Förderung wird ebenfalls in den meisten Fällen mit der Estrichpumpe gearbeitet. Einige Estrichleger bevorzugen jedoch den Transport mit einer Karre um Entmischungen sicher vorzubeugen.

Für die Herstellung eines oberflächenfertigen Designestrichs ist der möglichst planebene und höhengerechte Einbau eine weitere wesentliche Voraussetzung. Besondere Aufmerksamkeit verdienen dabei an-

grenzende Bauteile mit Fertighöhe OKFF (Oberkante Fertigfußboden). Hier muss darauf geachtet werden, dass der Designestrich gegenüber dem angrenzenden Bodenbelag mit einer Überhöhung um den Abschleifbetrag eingebaut wird. Dieser beträgt in der Regel ca. 2 mm bis 3 mm, bei Körnung > 8 mm kann er jedoch auch höher sein.

Abschließend wird der frisch eingebaute Estrich flächendeckend gleichmäßig intensiv geglättet (**Bild 7**). Die Verdichtung mit einem Glättteller ist ein Prozess, der die Qualität der Estrichoberfläche im Wesentlichen bestimmt. Der Glättprozess sorgt für die dichte Packung von Gesteinskörnung und Zement in der oberflächennahen Randzone. Bei Unterlagsestrichen werden Kleinstflächen und Wandanschlüsse in der Regel mit der Kelle angeglättet. Abweichend davon ist bei Designestrichen besonders zu beachten, dass alle Anschlüsse an Wänden und aufgehenden Bauteilen sowie Kleinstflächen mit Glättmaschinen entsprechender Größe sorgfältig verdichtet werden. Es muss die gleiche Verdichtung wie im Kern der Fläche erreicht werden. Gelingt dieses nicht, kann sich der Randbereich in Kornverteilung, Farbe und Porigkeit deutlich von der Fläche abheben.



Bild 7: Glätten eines Designstrichs

Die Nachbehandlung ist bodenspezifisch nach Anweisung des Bodenbauers auszuführen und einzuhalten. Zu den wichtigsten Bestandteilen einer Nachbehandlung zählt vor allem die Beachtung der Dauer, in der der Boden durch nachfolgende Gewerke und den Bauherren nicht benutzt werden darf.

5 Bearbeitung

Die schleiftechnische Bearbeitung des Sichtstrichs geschieht mit spe-

ziellen Bodenschleifmaschinen und Diamantwerkzeugen, die in Ihrer Schleifleistung auf den Boden abgestimmt sind. Designstriche werden im staubfreien Trockenschliff (Bild 8) oder im Nass-Schliff geschliffen.

Mit den Schleifarbeiten wird, je nach Estrich, nach einer bis vier Wochen nach dem Einbau begonnen. Der Schleifprozess gliedert sich in mehrere Stufen. Der erste Schliff, Grobschliff genannt, legt das Zuschlagkorn in seinem Größt-Quer-

schnitt zur Erzielung des terrazzo-ähnlichen Effekts frei. Im Anschluss an den Grobschliff erhält die Fläche in drei bis fünf weiteren, immer feiner abgestimmten Schleifgängen eine gleichmäßig feine Oberfläche. Je nach Anforderungen an die Trittsicherheit und das Finish kann die Oberfläche bis zu einem hochglänzenden Finish ausgeführt werden.

Beim Glätten oder Schleifen eventuell entstandene kleinere Lunker werden mit einer auf den Estrich abgestimmten Spachtelmasse verfüllt (Bild 9). Die Spachtelstellen bekommen durch das Schleifen das gleiche Finish und sind nicht mehr sichtbar. Die Bearbeitung der Randbereiche erfolgt stets im Takt der Flächenbearbeitung mit den großen Bodenschleifmaschinen und wird mit handgehaltenen Maschinen oder speziellen Randschleifmaschinen ausgeführt.

6 Vergütung

Wichtiger Bestandteil des Schleifprozesses ist die Vergütung mit einem Natriumsilikat mit hohem Feststoffanteil. Das Alkalisilikat, auch „Densifyer“ oder „Wasserglas“ genannt, führt durch Verkieselung zu einer weiteren Vergütung des ohnehin schon durch die sorgfältige Verdichtung minimierten Porengefüges. Vergütete Designstriche zeichnen sich durch eine dichtere Oberfläche mit dauerhaft besserer Abriebfestigkeit und Reinigungsfähigkeit aus.

Das Natriumsilikat wird ab dem zweiten Schleifgang, je nach Estrich, ein- oder mehrfach angewendet. Es wird jeweils tränkend auf die Oberfläche aufgetragen. Nach der Erhärtung wird am folgenden Tag der Überschuss mit einem weiteren Schleifgang entfernt.



Bild 8: Bodenschleifmaschine auf Sand-Zementestrich

7 Schutz und Pflege

Besonders die Reinigungsfähigkeit gehört zur einwandfreien Funktion und Dauerhaftigkeit eines Designestrichs. Einfache Reinigung und Pflege sind Voraussetzung für den Erhalt des Bodens in seiner ursprünglich geplanten Beschaffenheit. Der Gesetzgeber würdigt diesen Sachverhalt, indem er die Übergabe einer verbindlichen Reinigungs- und Pflegeanleitung zur Auflage macht. Diese Anleitung definiert die Art und zu verwendenden Produkte für die fachgerechte Reinigung unter Berücksichtigung des Schutzkonzepts.

Generell ist die Reinigungsfähigkeit eines Designestrichs abhängig von der Güte und Oberflächenbeschaffenheit des Estrichs. Die Eigenschaften des Estrichs und seine Nutzung bestimmen das Schutz- und Pflegekonzept.

Designestriche in privaten Wohnräumen unterliegen anderen Belastungen als z.B. Designestriche in der Gastronomie. Die mechanische Belastung ist wesentlich größer und auch der Anfall von Schmutz und Fleckbildnern erreicht bei gewerblicher Nutzung eine ganz andere Dimension.

Je nach Anspruch und zu erwartender Verschmutzungsintensität stehen verschiedene Schutzsysteme für den Schutz und die Pflege von geschliffenen Estrichen zur Verfügung. Sie unterscheiden sich vor allem durch den Grad des Schutzes gegenüber Fleckbildnern.

Mit Imprägnierungen und Versiegelungen finden zwei unterschiedliche Produktgruppen für den Fleckschutz mineralischer Oberflächen Verwendung: Imprägnate verankern sich in den Poren des Bodens und bauen



Bild 9: Spachtelarbeiten nach dem Grobschliff

eine diffusionsoffene Schutzfunktion auf. Sie verändern weder den Farbton noch die Reflektion des Bodens. Versiegelungen dagegen liegen in einem dünnen Film auf der Oberfläche auf und können die Lichtreflektion verändern. In der Regel führen sie zu einer Vertiefung des Farbtons.

Nach der Imprägnierung oder Versiegelung des Bodens erfolgt als weiterer Grundschutz die Einpflege (Bild 10). Die Unterhaltsreinigung ist auf das Schutzkonzept abgestimmt und sollte zusammen mit Empfehlungen für die Fleckentfernung in der Pflegeanleitung enthalten sein.



Bild 10: Abschließende Einpflege eines geschliffenen Estrichs

