

## **AKTUELLE ESTRICH-ZUSAMMENSETZUNGEN UND DIE BEURTEILUNG DER BELEGREIFE DIE TKB-BERICHTS (UG 15)**

Die EU-Regelung zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes bedingte ab 2010 eine drastische Senkung des Energieverbrauchs der Zementindustrie. Der technische Prozess der Zementherstellung ist weitestgehend optimiert und eine spürbare Reduzierung des Energieeinsatzes war daher nicht möglich. Durch den Zusatz von weiteren Stoffen zum Portlandzementklinker kann die Energiebilanz des Endproduktes dennoch verbessert werden.

Für den Estrichbau bedeutend: Es hat sich nicht nur die Zusammensetzung des eingesetzten Zementes verändert, sondern seit den Arbeiten von Werner Schnell aus den 1980er Jahren hat es weitere grundlegende Änderungen an Estrichsystemen gegeben. Die Folge:

### **GELTEN DIE IN DER VERGANGENHEIT ERMITTELTEN AUSGLEICHSFEUCHTEN FÜR ALLE AKTUELLEN ESTRICHZUSAMMENSETZUNGEN?**

Die Ausgleichsfeuchte eines Estrichs wird im Wesentlichen durch den Anteil und die Art des Bindemittels sowie der Porenstruktur bestimmt. Diese Größen wiederum werden beeinflusst von der Zementart (genauer gesagt von den neben Portlandzement vorhandenen weiteren Hauptbestandteilen eines Kompositzements), dem W/Z-Wert, der wiederum durch Estrichzusatzmittel gesteuert werden kann, und dem Verhältnis von Bindemittel zu Zuschlag, welches sich in den letzten 30 Jahren ebenfalls verschoben hat. Daher ist nicht davon auszugehen, dass die Ausgleichsfeuchten von Estrichzusammensetzungen, die in den 1980er und 1990er Jahren ermittelt wurden, auch für heutige Estrichzusammensetzungen gelten.

### **Portlandkompositzement (CEM II) als Ersatz für klassischen Portlandzement (CEM I)**

Neben dem klassischen Portlandzement ist den neuen CEM II-Zementen ein weiterer Hauptbestandteil beigemischt, der hydraulisch, puzzolanisch oder anderweitig reagiert. CEM III, CEM IV und CEM V-Zemente enthalten hohe bis sehr hohe Anteile an latent hydraulischen oder puzzolanisch reagierenden Hauptbestandteilen, werden aber in der Regel nicht für die Estrichherstellung verwendet.

### **Hüttensand**

Hütten- oder Schlackensand entsteht durch das Granulieren von

flüssiger Hochofenschlacke mit Wasser und/oder Luft. Er ist ein feinkörniges, glasiges Nebenprodukt der Roheisenherstellung. Gemahlener Hüttensand wird seit über 100 Jahren in einem Gemisch mit Portlandzement als Portlandhütten- oder Hochofenzement eingesetzt. Nun trägt er zum Beispiel die Bezeichnung CEM II/A-S für slag (engl.: Schlacke). Betone mit diesen Zementen sind besonders resistent gegen den Angriff von Alkalien wie z.B. Streusalz. Die Hydratation ist allerdings etwas verlangsamt.

### **Flugasche**

Flugasche entsteht bei der Verbrennung von Steinkohle in Kraftwerken mit Staubfeuerung bei Temperaturen >1000°C. Sie wird aus dem Rauch abgeschieden und gesammelt. Hier handelt es sich vorwiegend um runde Körner. Hauptbestandteile der Flugasche sind Siliciumdioxid, Aluminiumoxid und Eisenoxid. Dies sind ebenfalls die Hauptbestandteile natürlicher Puzzolane. Flugasche bewirkt durch ihre passende Korngrößenverteilung und latente Reaktivität eine deutliche Festigkeitserhöhung im Beton.

### **Puzzolane**

Puzzolan beschreibt im Wesentlichen die glasige Ablagerung von Vulkanasche. Die Eigenschaften ähneln sehr denen der Flugasche, Puzzolane sind aber natürliche Gesteine und daher scharfkantig.

### **Kalkstein**

Die letzte moderne Zementart bezieht den Kalkstein, der durch das Brennen zum Bindemittel wird, in den Zement mit ein, was ebenfalls zu guten Festigkeiten führt. Eine mögliche Bezeichnung lautet CEM II/A-LL mit LL für Limestone.

### **WAS SIND DIE FOLGEN FÜR DEN ESTRICHBAU?**

Die alternativ zu den CEM I-Zementen eingesetzten CEM II-Zemente besitzen einen niedrigeren Gehalt an Zementklinker und einen erheblichen, in definierten Grenzen variablen Anteil an latent-hydraulischen oder puzzolanischen Bestandteilen. Daraus resultieren andere, in der Regel niedrigere Hydratationsgeschwindigkeiten, ein geändertes Schwindverhalten und eine andere Lage der Sorptionsisothermen, also auch der Ausgleichsfeuchte und daraus abgeleiteten Belegreif-Richtwerten. Die Wirkungsweisen und die Effekte der heute in den meisten Fällen bei der Estrichherstellung eingesetzten Estrichzusatzmittel ist schon für CEM I-Zement-Estriche nur bedingt verstanden bzw. bekannt; dies gilt in noch stärkerem Maße für Komposit-Zement-Estriche. Die genaue Berechnung des Wasserbedarfs für die vollständige Hydratation bzw. eine gute Verarbeitbarkeit ist bei CEM II-Zement-Estrichen nicht exakt möglich, da die Zusammensetzung des Zements nicht genau bekannt ist.

## TECHNISCHE INFORMATIONEN

### ERKENNTNISSE AUS DEN TKB-BERICHTEN

Die Lage der Sorptionsisothermen ist stark von der Estrichzusammensetzung abhängig, insbesondere vom W/Z-Wert. Die Konsequenz ist, dass die bislang gängigen Richtwerte für CT von 2,0 CM-% bzw. 1,8 CM-% (bei Warmwasser-Fußbodenheizung) nicht für jeden Estrich die Belegreife anzeigen. Der Anteil des in Hydratphasen chemisch gebundenen Wassers ist zumindest bei Estrichen, die mindestens 2 bis 3 Wochen alt sind, bei CEM II-Zementen nicht wesentlich geringer als bei CEM I-Zementen.

### WAS SIND DIE FOLGEN FÜR DEN BODENLEGER?

Der Bodenleger kann sich nicht mehr sicher darauf verlassen, dass ein Messwert von 2,0 CM-% für einen Zementestrich bzw. von 1,8 CM-% für einen Zementestrich mit Warmwasser-Fußbodenheizung die Belegreife des Estrichs anzeigt.

### IST DIE CM-MESSUNG NOCH SINNVOLL?

Der Verleger ist verpflichtet, die Belegreife eines Estrichs zu prüfen. Der Feuchtezustand eines Estrichs ist dabei nur eines von zahlreichen Kriterien, die die Belegreife definieren. Die seit vielen Jahren angewandte und von den allermeisten Fachleuten bevorzugte Methode zur Bestimmung der Estrichfeuchte ist die CM-Messung. Wenn eine CM-Messung ordnungsgemäß durchgeführt wurde, diese ordnungsgemäß protokolliert wurde und die Messergebnisse die Belegreife des Estrichs hinsichtlich seines Feuchtezustands ergeben haben, war bisher davon auszugehen, dass der Verleger von der Haftung wegen der tatsächlich nicht vorliegenden Belegreife (hinsichtlich des Feuchtezustands) befreit ist. Die Durchführung einer CM-Messung, die Ermittlung von CM-Werten und eine sorgfältige Protokollierung sind für den Verleger daher von großer Bedeutung. Die sich anschließende Feststellung der Belegreife anhand der ermittelten CM-Werte ist allerdings nur bei Kenntnis der Estrichzusammensetzung möglich, es können nicht mehr generell die Richtwerte von 2,0 bzw. 1,8 CM-% herangezogen werden. Die für einen Estrich gültigen Belegreife-Werte müssen vom Estrichleger/Bauherrn benannt werden. Genormt ist inzwischen die KRL-Methode (DIN EN 17668) und stellt damit den Stand der Technik dar.

### KAPAZITIVE MESSUNG: ALS VORPRÜFUNG ZUR CM-MESSUNG ZUR ERMITTLUNG DER FEUCHTESTEN STELLE

Elektronische Messungen messen die Änderung eines elektrischen Feldes, die durch die Änderung der Feuchtigkeit in einem Bauteil verursacht wird. Die einfachste Möglichkeit, dies zu tun, ist die kapazitive Methode, bei der entweder Kondensatorplatten direkt aufgelegt werden oder aber eine Kugel zum Einsatz kommt, in der die Kondensatorplatten verbaut sind. Das elektrische Feld dringt so in das Bauteil ein und verändert sich in Abhängigkeit von der Leitfähigkeit des Bauteils, die im Wesentlichen durch die

Feuchtigkeit bestimmt wird.

Eine Messung dauert hier wenige Sekunden. Allerdings ist die Leitfähigkeit des Bauteils noch von anderen Faktoren abhängig als nur von der Feuchtigkeit und zusätzlich wird grundsätzlich eine bestimmte Feldstärke angelegt, mit der die Eindringtiefe bestimmt wird. Ist das Bauteil wesentlich dünner oder stärker als die Eindringtiefe vorhersagt, so können Teile erst gar nicht gemessen werden oder das Signal wird verfälscht. Zusätzlich wirkt das elektrische Feld an der Oberfläche natürlich wesentlich stärker als im Bauteil.

### WIDERSTANDSMESSUNG

Die Widerstandsmessung arbeitet ähnlich. Allerdings bringt man bei dieser Methode in der Regel 2-4 Elektroden in den Estrich ein und untersucht den Widerstand zwischen den Elektroden. Mit dieser Methode, auch Impedanz-Messung genannt, kann man sogar ein tiefenaufgelöstes Feuchteprofil generieren. Die Elektroden müssen jedoch in irgendeiner Weise in das Bauteil eingelassen oder von Anfang an eingebaut werden. Dies geschieht recht häufig bei Bauwerken wie Brücken o.ä., bei denen eine kontinuierliche Überwachung erforderlich ist.

### DARR-METHODE

Die Darr-Methode ist eine Labormethode, die einen genau einstellbaren Trockenschrank benötigt, um zu funktionieren. Hier wird momentan diskutiert, welches Wasser in Abhängigkeit von seinem Bindungszustand bei 105°C (Zement) und 40°C (Gips) erfasst wird und die daraus abzuleitenden Konsequenzen für die Definition der Belegreife.

### MESSUNG DER KORRESPONDIERENDEN RELATIVEN LUFTFEUCHTE IM BAUTEIL MITTELS BOHRLOCH

Die Luftfeuchtigkeit im Estrich als Bauteil wird ermittelt. Ein Feuchtesensor wird in ein Bohrloch im Bauteil (Betondecke oder dicker Estrich) eingeführt, die Öffnung dicht verschlossen und nach Gleichgewichtseinstellung ein Wert für die relative Luftfeuchte in der Tiefe des Bohrlochs abgelesen. Die Messgenauigkeit ist natürlich stark abhängig von der erreichten Abdichtungsqualität.

### FOLIENMESSUNG – QUALITATIVE BETRACHTUNG DER FEUCHTEDIFFUSION AUS DER ESTRICHOBERFLÄCHE

Es wird eine Folie auf den Estrich geklebt, unter der sich entweder ein Messgerät befindet oder nach 1 Tag eingeführt wird. Zusätzlich können Feuchtigkeitsansammlungen unter der Folie Hinweise auf einen zu feuchten Estrich geben. Hier ist natürlich ebenfalls die Abdichtungsqualität wichtig. Die Messung dauert lange.

## TECHNISCHE INFORMATIONEN

### **TKB-BERICHTE 1 BIS 8 UND TKB-MERKBLATT NR. 18: DIE KRL-METHODE**

Bei der KRL-Methode handelt es sich um die Messung der korrespondierenden relativen Luftfeuchtigkeit an einer Estrichprobe.

Hierfür wird ein Loch, ähnlich wie bei der CM-Messung, gestemmt, das Material zerkleinert (Körnung kleiner 8 mm) und in einen KRL-Messbecher, alternativ Kunststoffbeutel oder eine auch CM-Metallflasche gegeben. Um die Feuchtegleichgewichtseinstellung zu beschleunigen, ist die Kunststoffflasche möglichst weit zu befüllen bzw. die Luft aus dem Beutel vor dem Verschließen weitestgehend auszustreichen. Ein Feuchtesensor wird eingeführt und die Flasche/der Beutel dicht verschlossen. Nach der Einstellung des Feuchtegleichgewichts, nach ca. 15 bis 30 min, wird die sich eingestellte korrespondierende relative Luftfeuchte abgelesen. Am sichersten und einfachsten ist das Einfüllen in den KRL-Messbecher, bis zu 5 mm unter den oberen Rand. Anschließend mit dem Deckel verschließen, Sensor durch die Deckelöffnung führen und fixieren. Wenn sich der angezeigte Messwert der relativen Luftfeuchte innerhalb von 3 Minuten nicht wesentlich verändert (+/- 1%) ist die Messung abgeschlossen. In der Regel ist dies nach 15 Minuten der Fall.

Inzwischen sind im Handel auch Messbecher mit integrierten Luftfeuchtemessgeräten verfügbar.

Zu diesem KRL-Wert gibt es verschiedene internationale Richtwerte für die Belegreife. Je nach Norm, Land und Oberbelag schwanken diese zwischen 60 und 90% relativer Luftfeuchtigkeit. Die gebräuchlichsten und unserer Meinung nach sicheren Werte liegen bei <80% rel. Luftfeuchtigkeit für unbeheizte Estriche und <75% für Estriche mit Warmwasser-Fußbodenheizung. Unsere Empfehlung entspricht dem den TKB-Berichten 1-8 und dem TKB-Merkblatt 18 und aus Erfahrungen der Praxis.

Die Vorteile sind, dass die Messung bezüglich Stemmgutentnahme kaum von der CM-Messung unterscheidet und parallel zur CM-Messung durchgeführt werden kann. Die Messung ist baustellengeeignet, ausreichend genau und benötigt keine exakte Einwaage des Messguts. Sie ist einfach durchzuführen und unabhängig vom Estrichbindemittel oder Zusatz. Es gibt keine Verwechslungsfehler bei der Estrichbestimmung (Zement- oder Calciumsulfatestrich). Auch bei beschleunigten Estrichen gelten

die gleichen Grenzwerte. Es wird kein Carbon-Ampulle benötigt, dadurch entfallen Gefahrstoffbeschränkungen und schlechter Geruch bei der Messung. Die TKB-Berichte und Merkblätter finden Sie im Original unter [www.klebstoffe.com](http://www.klebstoffe.com)

Die vorstehenden Angaben entsprechen dem derzeitigen Entwicklungsstand. Sie sind insofern als unverbindlich zu betrachten, da wir keinen Einfluss auf die Verlegung haben und die Verlegevoraussetzungen örtlich unterschiedlich sind. Ansprüche aus diesen Angaben sind daher ausgeschlossen. Dasselbe gilt auch für den kostenlos und unverbindlich zur Verfügung gestellten kaufmännischen und technischen Beratungsdienst. Wir empfehlen daher, ausreichende Eigenversuche durchzuführen und selbst festzustellen, ob sich das Erzeugnis für den vorgesehenen Verwendungszweck eignet. 10/2020, aktualisiert 03/2024