

So messen Sie die Restfeuchte

CM-Messung

von Dipl.-Phys. O. Erning und Dipl.-Ing. W. Limp

veröffentlicht in - Fliesen und Platten - (Heft 8/August 2007)

Die CM-Methode ist derzeit das Messverfahren zur Beurteilung des Feuchtegehaltes eines Estrichs auf der Baustelle. Was man bei einer solchen Messung alles beachten muss und wie alternative Messverfahren derzeit einzuschätzen sind, darüber äußern sich die Autoren im folgenden Beitrag.

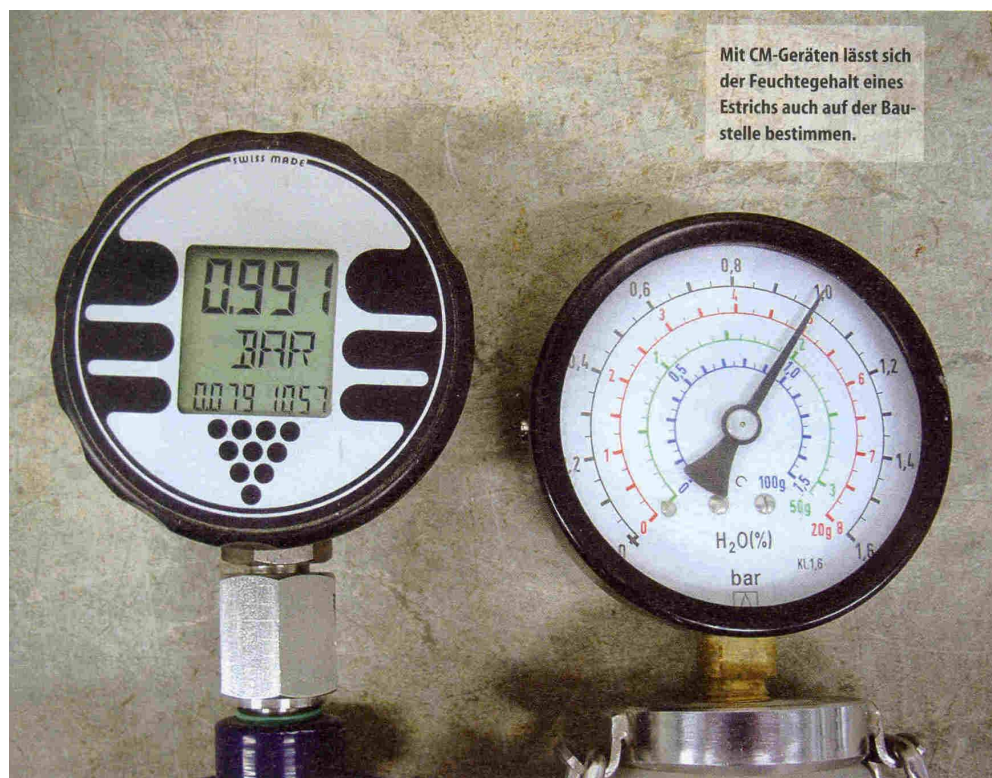


Bild 1

Der Auftragnehmer hat bei seiner Prüfung Bedenken insbesondere geltend zu machen bei "... ungenügender Beschaffenheit des Untergrundes, zum Beispiel ... zu feuchte ... Flächen ...". Die ATV DIN 18 352 - Fliesen und Plattenarbeiten - verankert hier

bereits die Prüfpflicht des Fliesen- und Plattenlegers hinsichtlich der Restfeuchte des Verlegeuntergrundes. Im Laufe der Jahrzehnte hat sich die CM-Messung (Bild 1) als das für die Baupraxis am besten geeignete Messverfahren herauskristallisiert. Die Art und Weise der Messung ist in der Literatur gut beschrieben, zum Beispiel in der 2005 erschienenen Neufassung der "Schnittstellenkoordination bei beheizten Fußbodenkonstruktionen". Wichtig ist, dass die Messung "richtig" und sorgfältig durchgeführt wird.



Bild 2

Das aus dem Estrich herausgestemte Prüfgut muss aus dem gesamten Estrichquerschnitt und möglichst aus einem Bruchstück bestehen.

Das A und O einer richtigen Messung beginnt bei der Entnahme des Prüfgutes. An der - bei Heizestrichen hoffentlich - markierten und vorgesehenen Messstelle ist das Prüfgut durch Herausstemmen zügig zu entnehmen und so vorzubereiten, dass ein repräsentativer Estrichquerschnitt zur Verfügung steht. Möglichst sollte die Probe aus einem Estrichbruchstück bestehen (Bild 2). Das setzt aber voraus, dass eine genügend große Entnahmestelle angelegt wird. Homöopathische Probengrößen oder sich stark verjüngende Löcher sind Zeugen einer schlechten Probenentnahme. Problematisch ist dabei, dass man immer nur weniger Feuchte messen kann, als tatsächlich vorhanden ist.

Das Probenmaterial wird zügig zerkleinert und abgewogen. Die Einwaage richtet sich dabei nach dem zu erwartenden Feuchtegehalt. Bei Zementestrichen im Bereich der Belegreife hat sich eine Einwaage von 50 Gramm bewährt, bei Calciumsulfatestrichen eine Einwaage von 100 Gramm. Das zerkleinerte Prüfgut wird in die Flasche gefüllt, anschließend werden



die Stahlkugeln und die Carbid-Ampulle hinzugegeben und das Gerät verschlossen. Nun beginnt der "schweißtreibende" Teil der Messung: Zwei Minuten schütteln, bis zur fünften Minute ruhen lassen und eine weitere Minute schütteln, bis kurz vor zehn Minuten ruhen lassen und vor dem Ablesen erneut kurz aufschütteln. Nach zehn Minuten wird der Manometerdruck abgelesen und der CM-Wert aus dem abgelesenen Druck und der Einwaage anhand einer Tabelle ermittelt. Abschließend erfolgt die Prüfgutkontrolle. Ist das Prüfgut wirklich fein zerkleinert worden? Nur dann ist die Prüfung gültig. Erkennt man noch Glasscherben der Carbid-Ampulle oder noch zusammenhängende Estrichbruchstücke, muss man die Messung verwerfen.

Die CM-Messung ist ein baustellengerechtes Verfahren. Im Vergleich zu Laborverfahren (Darrprüfung) ist die Genauigkeit allerdings etwas geringer angesiedelt. Die Darrprüfung, bei der das Prüfgut bei einer geeigneten Temperatur bis zur Gewichtskonstanz getrocknet wird, ist als "Referenz" anzusehen.

Aufgrund der großen möglichen Probenmenge ist das Ergebnis repräsentativer als bei anderen Messverfahren, zudem liegt die Genauigkeit von Laborgeräten (beispielsweise Waagen) über der der Baustellengeräte. Als Laborverfahren ist die Darrprüfung daher nicht als baustellengerecht anzusehen und benötigt in der Regel einige Tage, bis das Ergebnis vorliegt. Der bei einem Calciumsulfatestrich mittels Darren bei 40 Grad Celsius ermittelte Feuchtegehalt entspricht in etwa dem der CM-Messung. Bei Zementestrichen werden in der Darrprüfung bei 105 Grad Celsius in der Regel, zumindest im Bereich der Belegreife, im Vergleich zur CM-Messung absolut etwa 1,5 Prozent höhere Werte gemessen.

Mögliche Fehlerquellen bei der CM-Messung

Grundsätzlich kann auch bei sorgfältiger Ausführung der Messwert einer CM-Messung um etwa $\pm 0,2$ CM-Prozent abweichen. Vielfältige Einflüsse können sich auf das Messergebnis auswirken: Eine zu langsame Prüfgutvorbereitung führt möglicherweise schon zum Wasserverlust des Prüfguts vor der Messung und damit zu einem zu geringen Messwert.

Ein halbherziges Schütteln macht sich in aller Regel auch mit zu geringen Messwerten bemerkbar. Natürlich birgt das Gerät selber potenzielle Fehlerquellen. Eine verschmutzte oder verbogene Waage verfälscht die Einwaage, poröse Dichtungen des Manometers verringern den Druckaufbau oder versehentlich verschüttete und nicht passend ersetzte Stahlkugeln verändern das Volumen der Flasche. Vor der Messung sollten Flasche und Manometer sauber sein, aber bitte trocken gereinigt. Die Eignung des Gerätes kann mit speziellen Messampullen überprüft werden. Der Aufwand sollte nicht gescheut werden, ist doch das CM-Gerät mitverantwortlich für den Erfolg der später zu erbringenden Leistung. Fahrzeuge und Baumaschinen werden schließlich auch regelmäßig einer Inspektion unterzogen, warum sollten Messgeräte eine Ausnahme machen? Versuche in unserem Institut haben gezeigt, dass bei Beachtung aller Parameter - Prüfgutentnahme, Gerätezustand und so weiter - bei unterschiedlichen Geräten keine signifikanten Unterschiede festgestellt wurden. Ändert man die Prüfgutentnahme, lässt man also das Prüfgut „aus dem mittleren bis unteren Estrichquerschnitt“ entnehmen, so steigen die Unterschiede auf bis zu $\pm 0,3$ CM-Prozent. Entnimmt man nur aus der oberen Zone, stieg der Fehler bei unseren Versuchen auf 0,8 CM-Prozent.

Ein ungenügendes oder zu kurzes Schütteln kann ebenfalls dazu führen, dass bis zu 0,8 CM-Prozent weniger gemessen werden. Ein Teil der durch Feuchte hervorgerufenen Schäden an Fußböden hätte durch eine richtige CM-Messung vermieden werden können.

Mit alternativen Messverfahren Tendenzen ermitteln

Die CM-Messung erfordert einen zerstörenden Eingriff in den Estrich, zudem wird der zeitliche Aufwand häufig als zu hoch angesehen. Aus diesem Grund wurden alternative Messverfahren entwickelt, die einen geringen bis gar keinen Eingriff in den Estrich erfordern. Diese beruhen in der Regel auf Messung des Widerstandes zwischen zwei Elektroden oder auf Messung der Änderung eines elektrischen Feldes einer Elektrode (elektronische Verfahren). Zudem wurde die Messung der relativen Luftfeuchte im Estrich angeregt. Die elektrischen Eigenschaften werden maßgeblich vom Feuchtegehalt beeinflusst, dies machen sich elektronische Messgeräte zu Nutze. Daneben haben auch



weitere Aspekte einen Einfluss auf das Messergebnis: Eingelagerte Salze, Porositäten, die Rohdichte und Dicke, Inhomogenitäten, Kontakt der Elektrode und andere beeinflussen ebenfalls das Messergebnis. Diese Einflüsse können elektrische Messverfahren in der Regel nicht kennen und daher nicht berücksichtigen. Zudem wirken die Elektroden häufig nur auf eine auf wenige Zentimeter beschränkte Tiefe. Bei größeren Estrichdicken wird daher der, meistens noch sehr feuchte, untere Estrichbereich schlichtweg nicht gemessen. Verwirrend ist auch die Anzeige vieler Geräte, die "Digits" oder „%“, ohne Angabe, ob es sich um CM-Prozent oder Masse-Prozent handelt, umfasst. Trotzdem haben diese Geräte ihre Berechtigung. Man kann mit diesen Geräten mit nur geringem Aufwand Tendenzen ermitteln und abschätzen, ob eine CM-Messung zu diesem Zeitpunkt sinnvoll ist oder nicht. Mehr geht allerdings kaum. Der aktuelle Trend ist die Messung der relativen Luftfeuchte in einem Bohrloch. Alle mineralischen Baustoffe stehen mit ihrer Umgebung in einer Wechselwirkung und tauschen Feuchtigkeit miteinander aus. Frühere Untersuchungen haben die Abhängigkeit des Feuchtegehaltes eines Estrichs von dem umgebenden Klima veranschaulicht ("Sorptionsisothermen"). Die einfache "Bohrlochmessung" misst die relative Luftfeuchte in einem Bohrloch und stellt den Messwert eben einer dieser Sorptionsisothermen gegenüber. Liegt der Messwert über der beispielsweise in der Sorptionsisotherme für Zementestriche enthaltenen Angabe von 65 Prozent relative Luftfeuchte (entsprechend einem Feuchtegehalt von 3,5 Masse-Prozent), so ist der Estrich noch nicht belegreif. Diese Betrachtung hinkt, da die Sorptionsisotherme nur für den Gleichgewichtszustand gelten und davon ist man im Bohrloch weit entfernt. In Skandinavien werden Betone mit diesem Verfahren gemessen. Allerdings hat man bei Betonen mehr Zeit, da sich nach Angaben des Messgeräteherstellers das Gleichgewicht in einem Bohrloch erst nach drei Tagen einstellt. Dann kann man nach unserer Auffassung auch direkt eine Darrprüfung durchführen. Die unbefriedigend lange Zeitdauer zum Erreichen des Gleichgewichtes wurde bei unseren Untersuchungen auch an Estrichen bestätigt. Ob eine Weiterentwicklung dieses Verfahrens zu einer sinnvollen auf der Baustelle einsetzbaren Methode führt, steht in den Sternen, momentan ist dieses Verfahren für die Baustelle so noch unbrauchbar.

Zusammenfassend können elektrische Messgeräte zur Orientierung herangezogen werden, um etwa die feuchteste Stelle im Estrich aufzufinden. Eine solche Vorprüfung in Zusammenhang mit persönlicher Erfahrung mit einem bestimmten Messgerät liefert eine hinreichende Abschätzung in Bezug auf den Feuchtegehalt eines Estrichs, aber noch keine Aussage zu dessen Belegreife.

"Spezialestriche" brauchen eigene Grenzwerte

Auch die Aussagekraft einer CM-Messung hat ihre Grenzen. Die in den bekannten Veröffentlichungen benannten Grenzwerte der Belegreife gelten nur für einen üblichen Zement- oder Calciumsulfatestrich und beruhen auf jahrelanger Erfahrung mit diesen Estrichen. Für die in Mode gekommenen Estriche mit trocknungsbeschleunigenden Zusatzmitteln oder Zusatzstoffen beziehungsweise auch für Schnellzemente können diese Grenzwerte häufig nicht herangezogen werden. Deshalb darf man aber nicht das CM-Messverfahren verändern, sondern muss Grenzwerte angeben, wann belegt werden kann. Hier sind die Hersteller gefordert, klare und vor allem fundierte Aussagen zu treffen, bei welchem Grenzwert, gemessen mit dem CM-Gerät, eine sichere Belegreife erreicht wird. Für falsche Angaben kann das Messverfahren nichts. Herstellerangaben zu erforderlichen Trocknungszeiten liegen oft vor, doch sollte das "Kleingedruckte" beachtet werden, dass Einschränkungen hinsichtlich der Estrichdicke und des Raumklimas enthält. Häufig werden Messungen mit dem CM-Gerät vorgeschrieben, zusätzlich aber Abzüge vom Ergebnis konstruiert. Bisher konnte uns in vielen Fällen die Berechtigung eines Korrekturfaktors nicht glaubhaft gemacht werden. Deshalb sollte der Handwerker auf ein aussagekräftiges Prüfzeugnis bestehen oder den Hersteller messen lassen.

Nicht das CM-Messverfahren kann bei vielen "Spezialprodukten" keine Anwendung finden, sondern die veröffentlichten Grenzwerte für die Belegreife.

Ein zu feuchter Estrich und die Folgen

Was sind die Folgen einer Belagsverlegung auf einem zu feuchten Estrich? Hier muss zwischen Zementestrichen und Calciumsulfatestrichen unterschieden werden.

Calciumsulfatestriche verlieren ihre Festigkeit im feuchten Zustand. Wird ein Calciumsulfatestrich zu früh mit zum Beispiel einem keramischen Belag im Dünnbettmörtel belegt, so kann sich Feuchtigkeit in der oberen Estrichrandzone anreichern. Als Folge verliert diese ihre Festigkeit und damit der Belag beziehungsweise der Mörtel die Haftung. Auch bei bestimmungsgemäßer Nutzung oder bei üblichen thermisch bedingten Längenänderungen kann sich der Belag dann vom Estrich lösen (Bild 3).



Bild 3

Wird ein Calciumsulfatestrich zu früh mit Fliesen belegt, verliert der Belag beziehungsweise der Mörtel seine Haftung.

Bei Zementestrichen und zementären Dünnbettmörteln ist weniger der erhöhte Feuchtegehalt bei einer zu frühen Belagsverlegung kritisch, denn Zemente sind hydraulische Bindemittel und erhärten auch unter Wasser, sofern nicht feuchteempfindliche Zusätze enthalten

sind. Vielmehr das Schwinden eines Zementestrichs führt zu den bekannten Schäden.



Bild 4

Randabsenkungen sind bei zu früh mit Fliesen belegten Zementestrichen typische Reklamationsfälle.

Auch ein nach den üblichen Grenzwerten belegreifer Zementestrich hat noch nicht sein endgültiges Schwindmaß erreicht, doch führt das verbleibende Schwinden nur noch zu geringen Verformungen. Wird ein zu feuchter Zementestrich belegt, so ist dessen Schwindprozess aber noch nicht weit genug abgeschlossen. Der Zementestrich trocknet langsam weiter aus und schwindet auch weiter, wird aber an der Oberseite vom starren Belag daran gehindert. Zuerst stellen sich Absenkungen in den Ecken ein (Bild 4), die zu ersten Reklamationen seitens des Bauherren führen. Mit dem Absenken der Ecken und des Randes wölbt sich der Zementestrich in der Mitte auf und hebt sich von der Dämmschicht ab. Ohne die vollflächige Auflagerung auf der Dämmschicht ist die Tragfähigkeit des Estrichs nicht mehr gegeben, das Eigengewicht des Fußbodens und die übliche Nutzung können daher zum Riss führen. Charakteristisch für die Risse ist, dass die Rissflanken eine deutliche Absenkung zeigen (Bild 5).

Neben den vorgenannten Bildern kann natürlich die im Estrich vorhandene Feuchte Salze lösen und diese an die Oberfläche transportieren; das Ergebnis sind Ausblühungen. Darüber hinaus können in einzelnen Naturwerksteinen noch Umwandlungen entstehen.

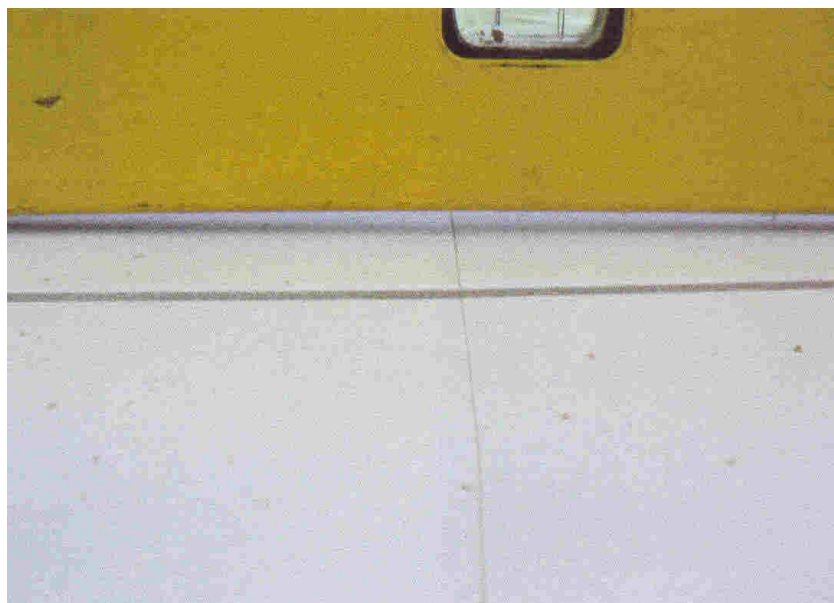


Bild 5

Riss in Zementestrich und Fliesen mit charakteristischer Absenkung.

Fazit

Die CM-Methode ist und bleibt wohl auch das Messverfahren zur Beurteilung des Feuchtegehaltes eines Estrichs auf der Baustelle. Wenn man sorgfältig misst, kann man mit ausreichender Sicherheit Feuchteprobleme erkennen und somit Schäden vermeiden.