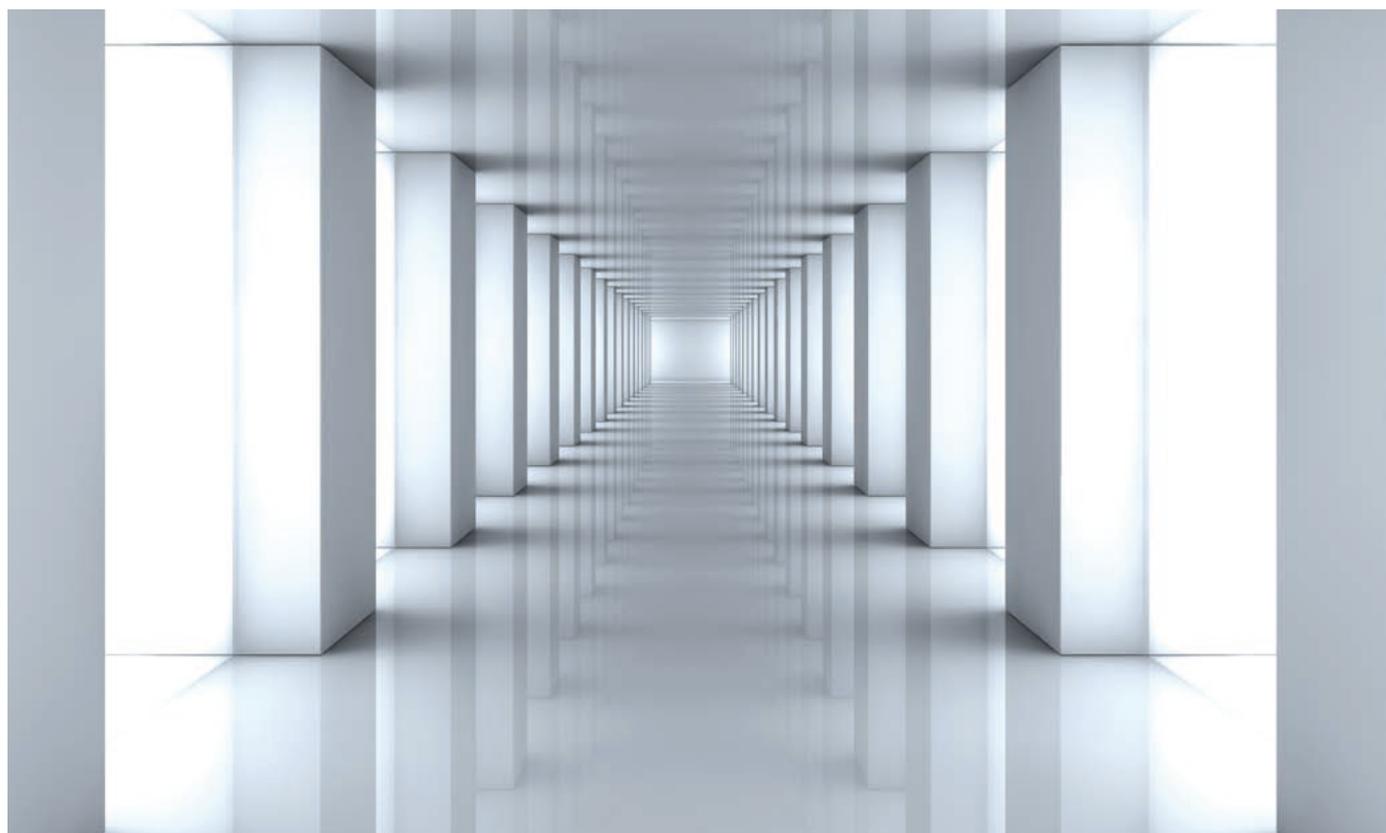


Wann ist ein Zementestrich belegereif?



Welcher Fliesenleger kennt nicht folgendes Szenario: Trotz minutiös ausgearbeiteter Zeitabläufe gerät er als eines der letzten Gewerke in Zeitnot. Der Übergabetermin steht fest und es verbleiben nur noch wenige Tage, um Fliesen- oder Natursteinarbeiten auszuführen.

Eigentlich kein Problem für den routinierten Fliesenlegermeister, wenn der Zementestrich bzw. die Betonwand belegereif sind. Aber nach welchen Kriterien kann man die Belegereife von Zementestrichen resp. Betonwänden beurteilen? Welche Kriterien geben die einschlägigen Regelwerke vor?



Autor

Prof. Dr. Josef Felixberger
Leiter Anwendungstechnik
der PCI Augsburg GmbH

Restfeuchte als Kriterium für die Belegereife

In der DIN 18157-1 „Ausführung keramischer Bekleidungen im Dünnbettverfahren – Hydraulisch erhärtende Dünnbettmörtel“ wird unter Punkt 5.1 „Allgemeine Anforderungen an Ansetz- und Verlegeflächen“ gefordert, dass sich Untergründe „...nach dem Anbringen der Bekleidungsstoffe (= Keramikbelag, Anmerkung des Autors) nur begrenzt verformen dürfen. Bei schwindenden Untergründen müssen daher die Keramikbeläge möglichst spät aufgebracht werden“. Als Richtwert wird für Beton nach DIN 1045 ein Mindestalter von 6 Monaten und für Zementestriche nach DIN 18560 ein Mindestalter von 28 Tagen angegeben.

Nach dem Merkblatt des Fachverbandes Fliesen und Naturstein im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes (ZDB) für „Beläge auf Zementestrichen“, Ausgabe 2007 und „Schnittstellenkoordination“, Ausgabe 2009, Fachverband Flächenheizung, ist die Belegereife von Zementestrichen bei einer Restfeuchte $\leq 2,0$ CM-%, gemäß Merkblatt „Beläge auf Calciumsulfatestrichen“ für unbeheizte Calciumsulfatestriche bei $\leq 0,5$ CM-% und für beheizte Calciumsulfatestriche bei $\leq 0,3$ CM-% gegeben.

Untergrund	Mindestalter nach DIN 18157-1	Maximale Restfeuchte nach ZDB-Merkblatt
Beton	6 Monate	Keine Angabe
Zementestrich	28 Tage	2,0 CM-%
Unbeheizter Calciumsulfatestrich	Keine Angabe	0,5 CM-%
Beheizter Calciumsulfatestrich	Keine Angabe	0,3 CM-%

Tab. 1 – Regelwerkvorgaben für normengerechte Untergründe

Wie wird die Restfeuchte ermittelt?

Im Rahmen seiner Prüfpflichten hat der Fliesenleger vor Verlegung des Keramikbelages die Belegereife von Estrichen zu prüfen. Gemäß den einschlägigen Normen, Richtlinien, Merkblättern und vor Gericht hat dies durch Bestimmung der Restfeuchte mit der Carbidmethode, der sogenannten „CM-Methode“, zu erfolgen.

Bei diesem Verfahren wird aus dem Estrich über den gesamten Querschnitt eine Probe entnommen, zerkleinert, abgewogen und in eine Druckflasche gegeben. Dann werden Stahlkugeln und eine Glasampulle mit Calciumcarbid vorsichtig zugegeben.

Abb. 1 – Werkzeuge zur Durchführung einer CM-Messung



Wichtige Aspekte der CM-Messung

- Zügige Probenentnahme, um Feuchteverlust zu vermeiden
- Estrichprobe schnell zerkleinern, evtl. in dickem Plastikbeutel
- Exakte Menge Estrichprobe in die Druckflasche einwiegen (100 g für Calciumsulfatestriche, 50 g für Zementestriche)
- Richtige Anzahl an Stahlkugeln und Carbidampulle in die Druckflasche geben
- Manometerkopf gasdicht verschließen
- Schüttel- und Wartezeiten einhalten

Die Druckflasche wird mit einem Manometer gasdicht verschlossen und anschließend geschüttelt, wodurch die Glasampulle zertrümmert und die Estrichprobe zerkleinert wird, so dass ein inniger Kontakt des Calciumcarbids und der Estrichprobe erreicht wird. Die Restfeuchte der Estrichprobe reagiert mit Calciumcarbid zu Acetylen gas, wodurch in der gasdicht verschlossenen Flasche Druck aufgebaut wird. Je höher dieser resultierende Gasdruck ist, desto größer ist die Restfeuchte der Estrichprobe. Über eine kalibrierte Skala kann dann die Restfeuchte direkt am Manometer in CM-% abgelesen werden.

Die exakte Vorgehensweise für die CM-Messung ist dem Merkblatt „Arbeitsanweisung CM-Messung“, Ausgabe 2007, Bundesfachgruppe Estrich und Belag (BEB) zu entnehmen.

Warum ist die Restfeuchte so wichtig?

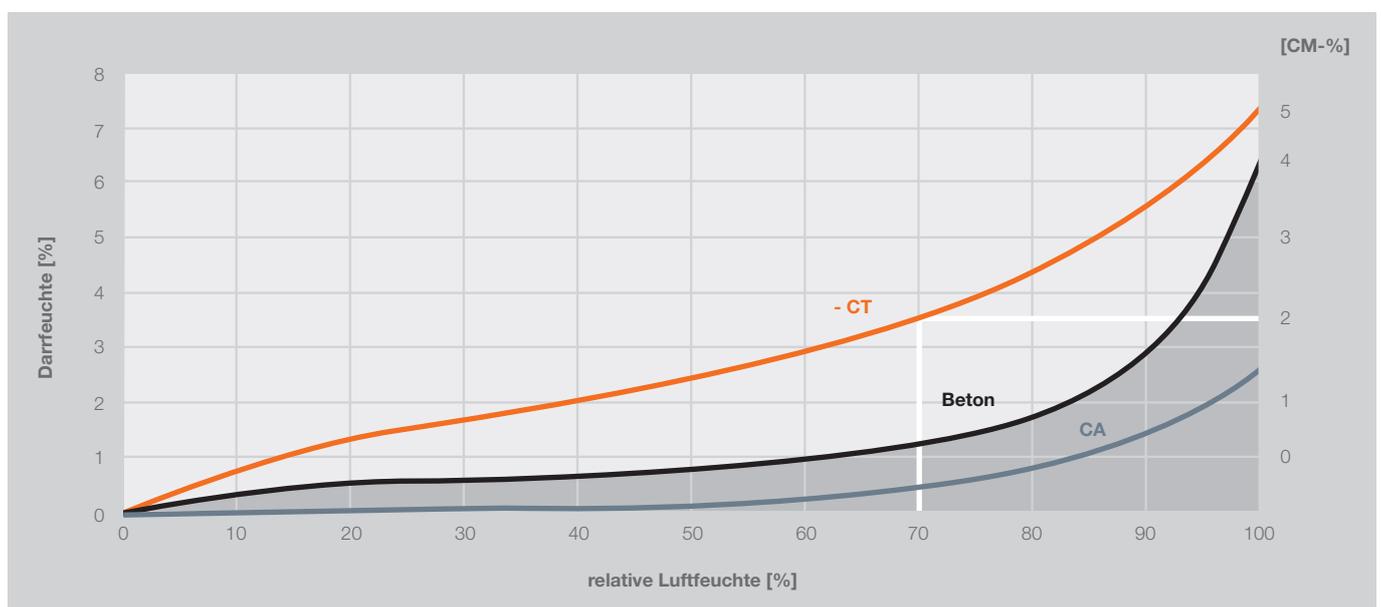
Die Restfeuchte eines schwimmenden Zementestrichs lässt Rückschlüsse auf dessen Schwindpotential zu.

Welchen Einfluss hat die relative Luftfeuchte auf die Restfeuchte eines Werkstoffes?

Für einen Werkstoff stellt sich mit der Zeit eine sogenannte Ausgleichsfeuchte abhängig von der relativen Luftfeuchte ein. Die graphische Darstellung dieses Zusammenhangs für eine bestimmte Temperatur nennt man Sorptionsisotherme. Sorptionsisothermen müssen durch Ermittlung der Ausgleichsfeuchte bei unterschiedlichen relativen Luftfeuchten experimentell ermittelt werden. Für Beton (schwarze Linie) und einige Normenestriche (CT = orange Linie, CA = graue Linie) gibt es entsprechende Literaturdaten.

Je höher die relative Luftfeuchte in einem Raum, umso höher die resultierende Ausgleichsfeuchte im Zementestrich. So stellt sich beispielsweise bei 70 % relativer Luftfeuchte im Zementestrich (orange Linie) mit der Zeit eine Ausgleichsfeuchte von 3,7 % Darrfeuchte (linke Skala) resp. 2,0 CM-% (rechte Skala) ein (Abb. 2).

Abb. 2 – Sorptionsisotherme für Zementestriche (CT), Beton und Anhydritestriche (CA), CM-Skala nur für Zementestrich (CT, orange Linie) gültig



Welchen Einfluss hat die Restfeuchte auf das Schwindmaß von Zementestrichen?

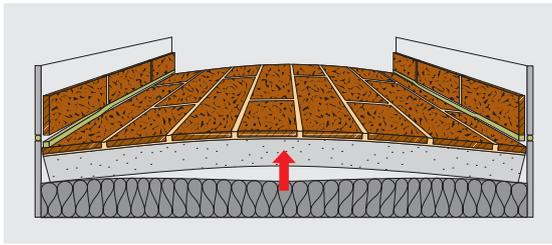


Abb. 3 – Aufwölbung eines Keramikbelages durch Schwinden des „schwimmend“ eingebauten Zementestrichs

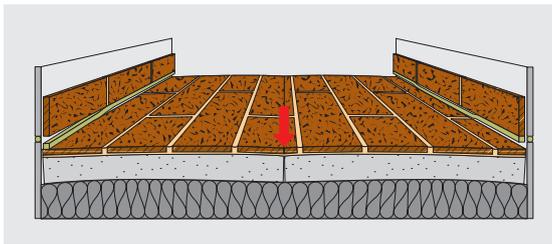


Abb. 4 – Bruch durch zu hohe Eigenlast des aufgewölbten Zementestrichs

Unter Schwinden von zementären Estrichen versteht man deren Verkürzung während der Aushärtephase. Mit fortschreitender Aushärtung nehmen der Wassergehalt des Estrichs ab und das Schwinden zu, bis ein Grenzwert erreicht ist.

In der Literatur wird unterschieden zwischen

- Frühschwind durch unzureichende Nachbehandlung
- chemisches Schwinden durch Zementhydratation
- Trocknungsschwinden durch Abgabe von Überschusswasser
- Carbonatisierungsschwind durch Reaktion mit Kohlendioxid

Für den Fliesenleger sind das chemische Schwinden und das Trocknungsschwinden von Relevanz. Bei der Hydratation des Estrichmörtelgemischs entsteht Zementstein, dessen Volumen kleiner ist als das Gesamtvolumen der Ausgangsstoffe Zement, Sand und Wasser. Die vollständige Hydratation kann sich – insbesondere bei dickeren Bauteilen – über Monate oder gar Jahre erstrecken. Allerdings erfolgt der Großteil des dadurch verursachten Schwindens bereits in den ersten Tagen. Der Verlauf des chemischen Schwindens ist unumkehrbar. Für die vollständige Hydratation wäre ein Verhältnis von Wasser zu Zement (w/z) von 0,4 ausreichend.

Für eine bessere Verarbeitbarkeit werden jedoch auf der Baustelle w/z-Verhältnisse von 0,6 bis 0,7 gewählt, so dass Estriche mit der Zeit während der Trocknungsphase Überschusswasser abgeben, wobei sie sich verkürzen. Raumtemperatur und relative Luftfeuchte entscheiden, wie groß der Betrag des Trocknungsschwindens von Zementestrichen ist. Im Umkehrschluss gilt, dass ein bereits sehr trockener Zementestrich bei hoher relativer Umgebungsluftfeuchte wieder Feuchtigkeit aufnimmt und dadurch anquillt. Somit ist das Trocknungsschwinden ein nahezu reversibler Vorgang, d. h. Zementestriche „atmen“ in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte der Umgebungsluft.

Relative Luftfeuchte	Korrelierende Ausgleichsfeuchte	Endschwindmaß
100 %	5,2 CM-%	0,00 ‰
93 %	4,0 CM-%	0,08 ‰
90 %	3,5 CM-%	0,14 ‰
70 %	2,0 CM-%	0,43 ‰
50 %	1,3 CM-%	0,75 ‰

Tab. 2 – Einfluss der Luftfeuchte auf Restfeuchte und Endschwindmaß eines Zementestrichs

Je nach Estrichdicke und Luftwechsel kann das Erreichen des Endschwindmaßes Monate dauern. Als Faustregel gilt, dass sich bei doppelter Estrichdicke die Trocknungszeit vervierfacht.

Kann ein zu hohes Schwindmaß für Keramikbeläge schädlich sein?

Ja, insbesondere bei zu früher Belegung von Zementestrichen auf Trennlage bzw. bei „schwimmenden“ Estrichkonstruktionen. Nach Aushärtung des Dünnbettverlegemörtels besteht ein starrer Verbund zwischen Estrich und Keramikbelag. Falls dann der schwimmende Estrich noch zu hohe Restfeuchte aufweist, wird dieser durch langsames Austrocknen über Monate und Jahre schwinden. Da der Keramikbelag jedoch nicht schwindet, wölbt sich die Verbundkonstruktion in der Mitte auf (Konvexverformung, Bimetalleffekt) (Abb. 3). Diese Aufwölbung kann zum Abreißen der elastischen Randfuge, zu klemmenden Türen bis hin zum Einbrechen des Estrichs in der Belagsmitte führen (Abb. 4 und 5).

Ist die Forderung nach 2 CM-% Restfeuchte für einen Zementestrich sinnvoll?

Wie die Sorptionsisotherme zeigt, kann ein Zementestrich eine Ausgleichsfeuchte von ≤ 2 CM-% nur erreichen, wenn dieser über Wochen und Monate einer relativen Raumlufffeuchte von ≤ 70 % ausgesetzt ist. In den schwülwarmen Sommermonaten oder in Neubauten beträgt in den ersten Monaten nach Fertigstellung die Luftfeuchte mehr als 70 % (Abb. 6), so dass ein Zementestrich 2 CM-% nicht erreichen kann. Zwar kann ein Zementestrich nach längerer Austrocknungszeit in den „trockenen“ Wintermonaten 2 CM-% Restfeuchte erreichen, allerdings nimmt diese bei zunehmender Luftfeuchte wieder zu. Estriche auf Balkonen und Terrassen sind ganzjährig höherer Luftfeuchte ausgesetzt. Eine generelle Forderung nach 2 CM-% Restfeuchte für Zementestriche ist somit nicht sinnvoll.

Dass in der Praxis selbst unter ungünstigen klimatischen Bedingungen für Zementestriche Restfeuchten unter 2 CM-% gemessen werden, liegt nach Meinung des Autors meist an nicht sachgemäß ausgeführten CM-Messungen. Die häufigsten Fehler sind falsche Probenahme, Feuchteverlust während der Probenzerkleinerung, zu kurze Schüttel- und Wartezeiten und ein nicht dichter Verschluss der Schüttelflasche. Alles Fehler, die zu einem zu kleinen Messwert für die CM-Feuchte führen.

Warum lässt PCI für Zementestriche Restfeuchten bis zu 4 CM-% zu?

In Neubauten werden im ersten Jahr unter baupraktischen Bedingungen keine Restfeuchten für Zementestriche unter 2 CM-% erreicht (Abb. 6). Selbst beim Bauen im Bestand ist dieser Grenzwert jahreszeitlich nicht erreichbar, ganz zu schweigen auf Terrassen oder Balkonen. Mit Trocknungsgeräten kann zwar einem Raum Feuchtigkeit entzogen werden, so dass die Restfeuchte eines zementären Estrichs unter 2 CM-% abfällt. Dieser „künstliche“ Zustand ist jedoch nicht zielführend, da nach Abschalten der Trocknungsaggregate der Estrich wieder aufweicht.

Des Weiteren beträgt der Restschwind nach 28 Tagen nur noch wenige Zehntel Millimeter pro Meter Estrich (Tab. 2 und Abb. 7, dunkelgrauer hinterlegter Bereich). Seit Markteinführung von Flexmörteln, d.h. durch Kunststoffpulver flexibilisierte zementäre Fliesenkleber, können solche geringen Restbewegungen kompensiert werden. Ein Verlegemörtel wie z. B. PCI Flexmörtel wirkt als „flexibles“ Kopplungsglied zwischen Zementestrich und Keramikbelag, so dass das reversible Restrocknungsschwinden eines zementären Estrichs keine zerstörerischen Kräfte auf den Fliesenbelag ausüben kann.



Abb. 5 – Riss im Keramikbelag (siehe rote Linie), verursacht durch Aufwölben und einhergehenden Bruch des Zementestrichs

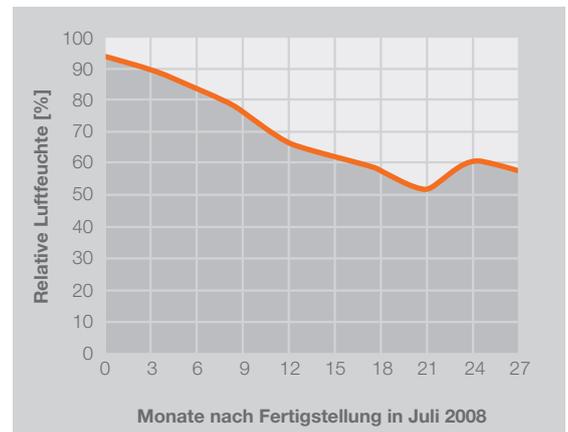


Abb. 6 – Neubauten weisen über ein langen Zeitraum hohe Raumlufffeuchten aus

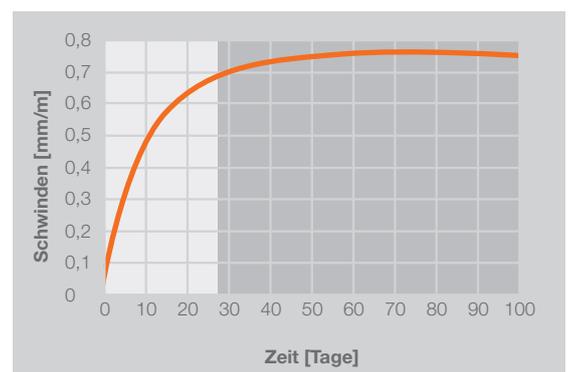


Abb. 7 – Schwinden eines Zementestrichs nach Norm unter Laborbedingungen (23 °C, 50 % rLF). Der Restschwind nach 28 Tagen (dunkelgrauer Bereich) liegt unter 0,1 mm/m

PCI-Vorgaben für die Belegereife von Zementestrichen und Beton

PCI Verlegemörtel	Beton Mindestalter	Zementestrich Mindestalter/max. Restfeuchte
PCI Nanolight	3 Monate	28 Tage, max. 4 CM-%
PCI Flexmörtel	3 Monate	28 Tage, max. 4 CM-%
PCI Nanoflott light PCI Rapidflott	28 Tage	28 Tage, max. 4 CM-%
PCI FT-Klebemörtel + PCI Lastoflex	28 Tage	28 Tage, max. 4 CM-%
PCI Bicollit Classic PCI Bicollit Extra	28 Tage	
PCI Everflex	7 Tage	Sobald begehbar

Tab. 3 – Belegereife von Untergründen für verschiedene PCI Verlegemörtel

Um es auf den Punkt zu bringen: PCI Augsburg GmbH stellt für die Belegereife von Zementestrichen lediglich zwei Anforderungen

- Ein Mindestalter von 28 Tagen
- Eine Restfeuchte von maximal 4 CM-%, die nach 28 Tagen in der Praxis so gut wie immer gegeben ist

Die PCI Augsburg GmbH – ein Pionier in der Flexmörteltechnologie – hat mit dieser Vorgehensweise in den letzten Jahrzehnten nur positive Erfahrung gemacht. Ein erhöhtes Reklamationspotential auf Grund des erhöhten Grenzwertes für die Belegereife konnte nicht beobachtet werden.

Schlussbemerkung

Für Fälle, wenn die Trocknungszeit von 28 Tagen nicht eingehalten werden kann, kann die PCI mit innovativen Entkopplungsschichten (PCI Seccoral 2K, PCI Pecilastic), hochkunststoffhaltigen Klebern (PCI Everflex) oder Schnellestrichen (PCI Novoment) bewährte Lösungen anbieten.

Glossar

Ausgleichsfeuchte

Ausgleichsfeuchte ist derjenige Wassergehalt, der sich in einer Estrichprobe nach längerer Lagerung bei konstanter relativer Luftfeuchte und konstanter Temperatur einstellt. Nach Erreichen der Ausgleichsfeuchte gibt die Estrichprobe unter den definierten klimatischen Bedingungen keine Feuchtigkeit mehr ab und nimmt auch keine mehr auf.

Belegereife

Die Belegereife eines Estrichs wird angenommen, wenn dieser eine definierte maximale Restfeuchte unterschreitet. Je nach Estrich, Oberbelag und Herstellervorgaben findet man in der Literatur unterschiedliche Grenzwerte für die maximal zulässige Restfeuchte.

Chemisches Schwinden

Chemisches Schwinden bezeichnet die Verkürzung von erhärtenden Zementmörteln auf Grund der Zementhydratation. Zementstein weist ein kleineres Volumen auf als die Ausgangsstoffe Zement, Sand und Wasser in Summe. Das irreversible chemische Schwinden ist bei hochfesten Mörteln ($w/z = 0,45$) die dominierende Schwundkomponente.

CM-Feuchte

Eine genau abgewogene Estrichprobe wird zusammen mit einer Carbidampulle und Stahlkugeln in eine Druckflasche aus Stahl gegeben. Nach dem Verschließen der Flasche wird diese geschüttelt, wodurch die Glasampulle zertrümmert und die Estrichprobe fein zerkleinert wird. Carbid reagiert mit Feuchtigkeit zu Acetylen, so dass sich in Abhängigkeit von der Restfeuchte des Estrichs Druck in der Stahlflasche aufbaut. Über ein kalibriertes Manometer kann dann die Restfeuchte in CM-% abgelesen werden.

Darrfeuchte

Bei der Bestimmung der Darrfeuchte wird eine Estrichprobe in einem Trockenschrank (105 °C für Zementestrich, 40 °C für Anhydritestrich) bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Aus der Gewichts-differenz von feuchter und trockener Estrichprobe wird der prozentuale Feuchtigkeitsanteil bestimmt. Für zementäre Normestriche gilt, dass die Darrfeuchte etwa 1,5 % größer ist als die CM-Feuchte.

Restfeuchte

Die Restfeuchte ist die Istfeuchte der Estrichprobe zum Zeitpunkt der Messung. Die Restfeuchte entspricht der Ausgleichsfeuchte, wenn über einen langen Zeitraum Umgebungsfeuchte und -temperatur des Estrichs konstant geblieben sind.

Sorptionsisotherme

Die graphische Darstellung der Ausgleichsfeuchte in Abhängigkeit von der relativen Umgebungsluftfeuchte für eine definierte Temperatur wird Sorptionsisotherme genannt. Bei Kenntnis der Restfeuchte ist mit Hilfe der Sorptionsisotherme sofort erkennbar, ob ein Estrich noch Feuchtigkeit an die Umgebung abgibt oder aufnimmt.

Schwinden

Schwinden ist die Verkürzung zementärer Mörtel im Laufe der Zeit infolge von Feuchtigkeitsabgabe und Zementhydratation während der Festigkeitsbildung.

Trocknungsschwinden

Trocknungsschwinden ist die Verkürzung von Zementmörteln durch Abgabe von Überschusswasser über Kapillaren an die Umgebung. Da die Wasserbeladung des Kapillarsystems von Umgebungstemperatur und -luftfeuchte abhängt, stellt das Trocknungsschwinden einen reversiblen Vorgang dar. Somit „atmen“ Zementestriche in Abhängigkeit vom Luftfeuchtegehalt. Für baupraktische Zementestriche ($w/z \approx 0,7$) ist das Trocknungsschwinden die dominierende Schwundkomponente.



Für Bau-Profis

PCI Augsburg GmbH

Piccardstr. 11 · 86159 Augsburg
Postfach 10 22 47 · 86012 Augsburg
Tel. + 49 (8 21) 59 01-0
Fax + 49 (8 21) 59 01-372
www.pci-augsburg.de

PCI Augsburg GmbH

Niederlassung Österreich
Biberstraße 15/Top 22 · 1010 Wien
Tel. + 43 (1) 5 12 04 17
Fax + 43 (1) 5 12 04 27
www.pci.at

PCI Bauprodukte AG

Im Schachen · 5113 Holderbank
Tel. + 41 (58) 958 21 21
Fax + 41 (58) 958 31 22
www.pci.ch



Telefonischer PCI-Beratungsservice für anwendungs-technische Fragen:

(01 80) 5 21 72 17

Automatische Verbindung mit der nächstgelegenen Beratungszentrale zum Tarif von 14 ct/Min. aus dem deutschen Festnetz; Mobilfunkhöchstpreis 42 ct/Min.

Oder direkt per Fax:

PCI Augsburg GmbH

Fax +49 (8 21) 59 01-419

PCI Augsburg GmbH,

Werk Hamm

Fax +49 (23 88) 3 49-252

PCI Augsburg GmbH,

Werk Wittenberg

Fax +49 (34 91) 6 58-263

PCI Verkaufsbüro:

Bad Homburg

Faxbestellung +49 (8 21) 59 01-416

>**Zur Sache**< enthält wichtige Informationen für jeden Fliesenleger. Folgende Beiträge können Sie bestellen:

- _____ Stück **Nr. 01** Auf die Mischung kommt es an.
- _____ Stück **Nr. 02** Verlegearbeiten in Schwimmbädern.
- _____ Stück **Nr. 03** Schimmelpilzbildung auf Silikon-Fugen – muss das sein?
- _____ Stück **Nr. 05** Fugenabriss der elastischen Randfuge des Fliesen- oder Plattenbelages – ein Materialproblem?
- _____ Stück **Nr. 06** Schäden vermeiden bei stark beanspruchten Keramikbelägen im Innen- und Außenbereich.
- _____ Stück **Nr. 07** Sanierung schadhafter Keramik- und Naturwerksteinbeläge auf Balkon und Terrasse.
- _____ Stück **Nr. 08** Dünnbett-Fußbodenheizsysteme in Verbindung mit Fliesen und Platten.
- _____ Stück **Nr. 10** Calciumsulfatfließestrich – ein beherrschbarer Verlegeuntergrund für keramische Fliesen und Platten und Naturwerkstein im Dünnbettverfahren?
- _____ Stück **Nr. 11** Wann ist ein Zementestrich belegereif?
- _____ Stück **Nr. 12** Verbundabdichtungen herstellen und an Installationsteile anschließen.
- _____ Stück **Nr. 13** Rechtsfragen für Fliesenleger bei der Bauausführung.
- _____ Stück **Nr. 16** Ausgewaschene Fugen in der häuslichen Dusche.
- _____ Stück **Nr. 19** Kunst-/Naturwerksteine sicher verlegt und verfugt.
- _____ Stück **Nr. 20** Sichere Verlegung von Glasmosaik und Glasfliesen.
- _____ Stück **Nr. 21** Großformatige Fliesen und Platten verlegen – was ist zu beachten?

>**Zur Sache**< finden Sie auch im Internet unter www.pci-augsburg.de, Bereich Download – Fachaufsatz Zur Sache.

Ich wünsche den Besuch eines PCI-Fachberaters.

Vorname, Name

Firma

Straße

PLZ, Ort

Telefon

Fax / E-Mail