

# Untersuchungen zur Überprüfung der Eignung der KRL-Methode zur Ermittlung des Feuchtegehaltes von Estrichen

Das Institut für Baustoffprüfung und Fußbodenforschung führte im Auftrag des Bundesverbandes Estrich und Belag e.V. (BEB), der Bundesfachgruppe Estrich und Belag im ZDB (BFG) und der Bundesfachschule Estrich und Belag e.V. (BFSE) Untersuchungen zur Überprüfung der Eignung der KRL-Methode zur Ermittlung des Feuchtegehaltes von Estrichen durch. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden mit IBF-Prüfbericht Nr. M 106/18 [1] veröffentlicht.

In der nachfolgenden technischen Information wird zu der Frage, ob und inwieweit der Feuchtegehalt von Estrichen anhand der Messung der korrelierenden relativen Luftfeuchte (KRL-Methode) ausreichend sicher ermittelt werden könnte, ergänzend zum IBF-Prüfbericht Nr. M 106/18 [1] Stellung genommen. Auf der Grundlage der Untersuchungen werden auch ergänzende Hinweise zur Möglichkeit der Bestimmung der Belegreife für Bodenbeläge bei Messung des Feuchtegehaltes nach der KRL-Methode gegeben. Der Inhalt des IBF-Prüfberichtes Nr. M 106/18 [1] behält dabei seine Gültigkeit.

Alle unten gemachten Ausführungen beziehen sich auf Feuchtemessungen über die gesamte Estrichdicke und auf die unmittelbar überprüften Estrichmischungen.

## 1. Calciumsulfatestriche (CA und CAF)

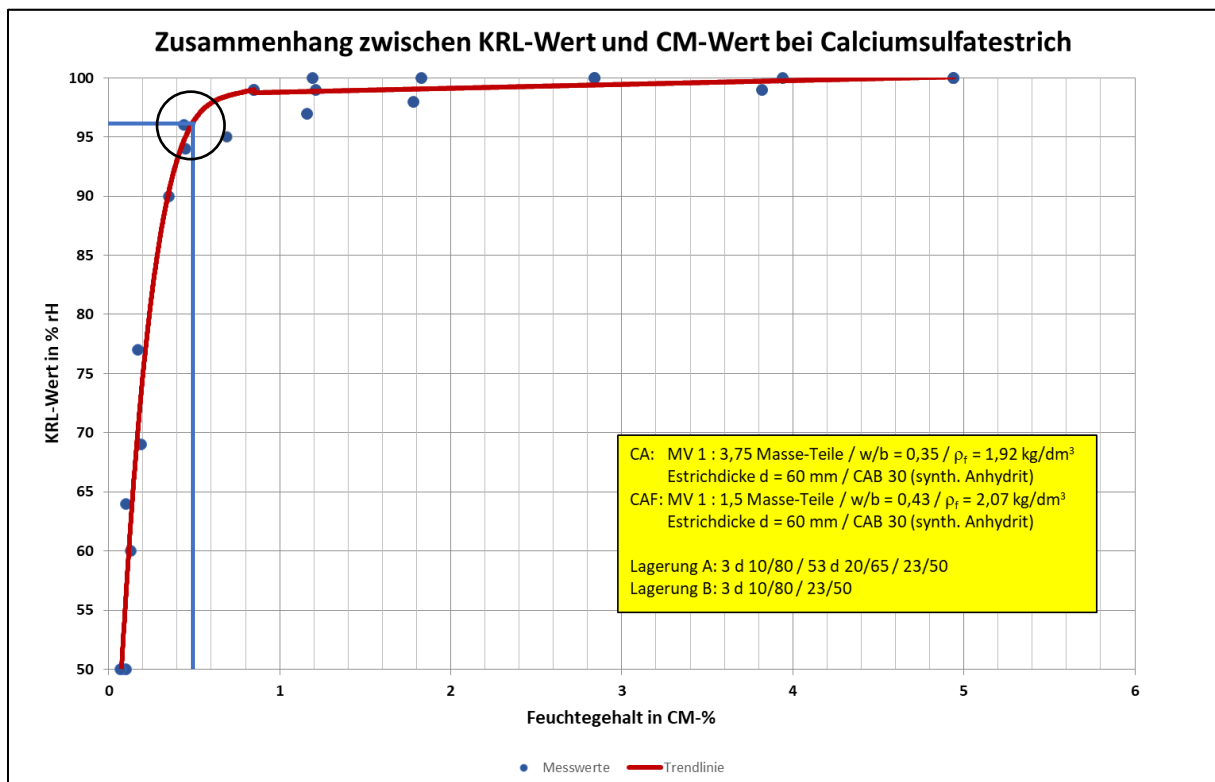


Bild 1: Skizze aus Prüfbericht M 106/18

Bild 1 gibt den prinzipiellen Zusammenhang zwischen KRL-Wert und CM-Wert bei Calciumsulfatestrichen (CA und CAF) wieder. Dabei war der Zusammenhang zwischen KRL-Wert und CM-Wert bei den geprüften Calciumsulfatestrichen (CA und CAF) trotz sehr unterschiedlicher Mischungszusammensetzungen praktisch gleichartig.

Nach DIN 18560-1:2021-02 - Estriche im Bauwesen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Prüfung und Ausführung - sind Calciumsulfatestriche bei einem CM-Wert  $\leq 0,5$  CM-% für die Verlegung von Bodenbelägen geeignet. Die in Bild 1 eingezeichnete blaue Markierungslinie zeigt, dass bei den geprüften Calciumsulfatestrichen (CA und CAF) bei einem Feuchtegehalt von 0,5 CM-% ein KRL-Wert von ca. 95 % r. H. gemessen wurde. Bei KRL-Werten  $> 90$  % r. H. ist aufgrund der Messunsicherheit des Messverfahrens aber keine ausreichend genaue Zuordnung zu einem CM-Wert mehr möglich. Die KRL-Messung ist daher bei Calciumsulfatestrichen zur Bestimmung der Belegreife für Bodenbeläge zur exakten Bestimmung eines Belegreifwertes von 0,5 CM-% nicht geeignet.

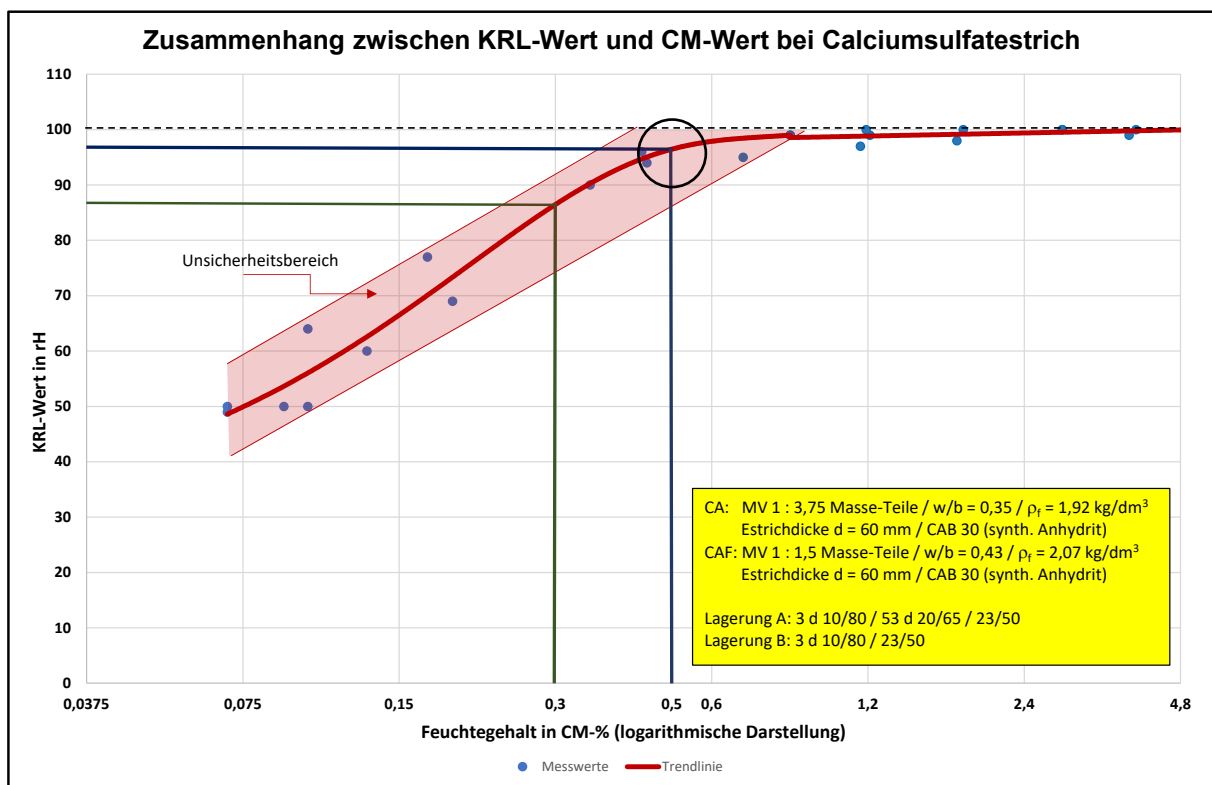


Bild 2: Skizze aus Prüfbericht M 106/18 (logarithmische Darstellung)

Die Abschätzung eines Feuchtegehaltes  $\leq 0,5$  CM-% kann nur bei Wahl eines ausreichend kleinen KRL-Wertes vorgenommen werden. Nach Bild 2 dürfte ein Feuchtegehalt  $\leq 0,5$  CM-% bei Berücksichtigung der möglichen Unsicherheit (rot markierter Bereich) dann vorhanden sein, wenn der KRL-Wert  $\leq$  ca. 80-85 % r. H. (siehe blaue Markierungslinie) beträgt.

Der Belegreifwert  $\leq 0,5$  CM-% gilt nach DIN 18560-1:2021-02 auch für beheizte Calciumsulfatestriche. In der Praxis wird dieser Belegreifwert allerdings zurzeit kontrovers

diskutiert und teilweise weiterhin ein Belegreifwert  $\leq 0,3$  CM-% für beheizte Calciumsulfatestriche gefordert. Entsprechend Bild 2 wurde bei den geprüften Calciumsulfatestrichen ein Feuchtegehalt  $\leq 0,3$  CM-% bei einem KRL-Wert von ca. 80-85 % r. H. (siehe grüne Markierungslinie) bei einer möglichen Streuung der Messwerte zwischen ca. 75-90 % r. H. festgestellt. Um einen Feuchtegehalt  $\leq 0,3$  CM-% sicher nachweisen zu können, dürfte nach Bild 2 bei Berücksichtigung der möglichen Unsicherheit (rot markierter Bereich) ein KRL-Wert von  $\leq$  ca. 70-75 % r. H. notwendig sein.

Anzumerken ist, dass die im Zuge der Untersuchungen des Prüfberichtes M 106/18 an zwei Calciumsulfatestrichen (CA und CAF) durchgeführten Prüfungen zu einer abschließenden Bewertung, bei welchem KRL-Wert ein CM-Wert von 0,3 CM-% erreicht wird, nicht ausreichen. Ein Vorteil einer KRL-Messung gegenüber einer CM-Messung ist aber für den Fall des möglicherweise notwendigen Nachweises eines geringeren Belegreifwertes unabhängig davon nicht zu erkennen.

## 2. Zementestriche mit Spezialzement

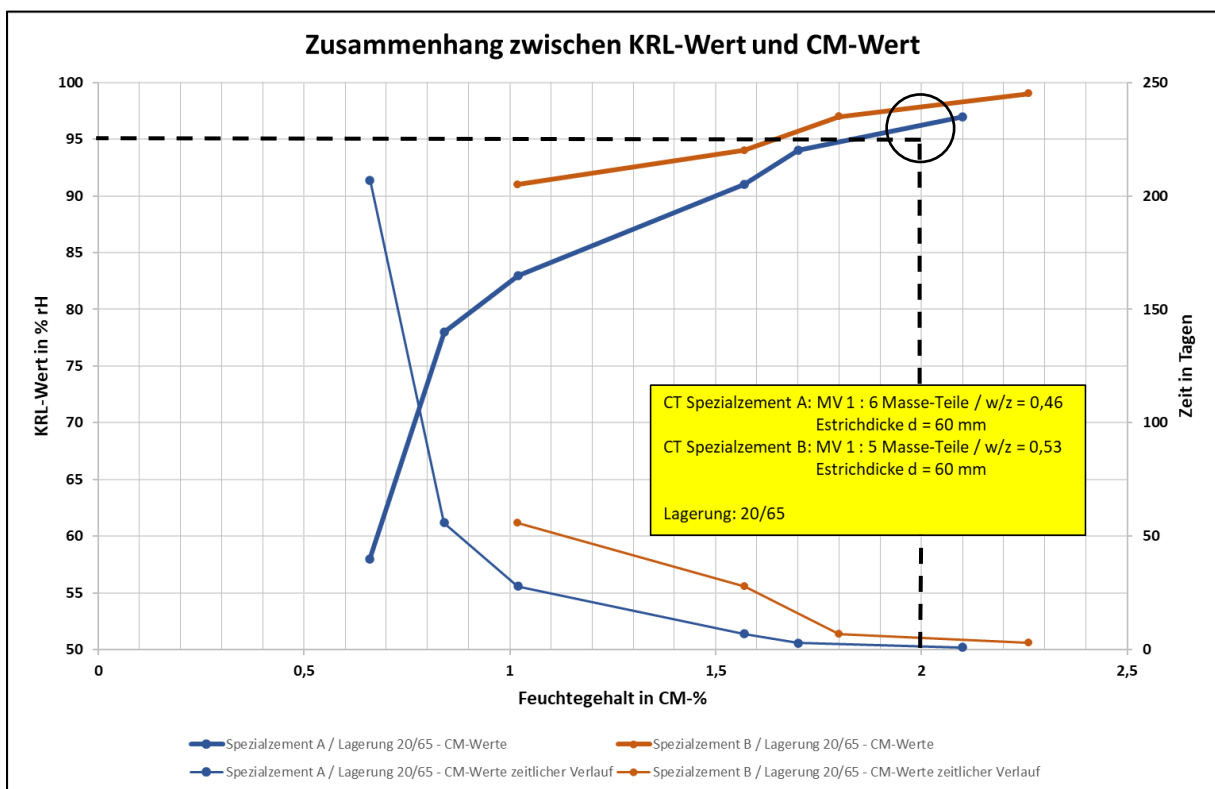


Bild 3: Skizze aus Prüfbericht M 106/18

Wie bereits im Prüfbericht Nr. M 106/18 erläutert, werden seitens der Produkthersteller die geprüften Schnellestriche bei einem CM-Wert  $\leq 2,0$  CM-% (unbeheizte Estriche) für die Verlegung von Bodenbelägen freigegeben. Bild 3 zeigt, dass zu diesem Zeitpunkt bei den geprüften Schnellestrichen ein KRL-Wert von  $> 95$  % r. H. (siehe schwarz gestrichelte Markierungslinie) gemessen wurde. Bei KRL-Werten  $> 90$  % r. H. ist aufgrund der Messunsicherheit des Messverfahrens aber, wie bereits weiter oben bei den Calciumsulfatestrichen erläutert, keine

genaue Zuordnung zu einem CM-Wert mehr möglich. Die KRL-Messung ist daher auch bei den geprüften Schnellestrichen zur Bestimmung der Belegreife für Bodenbeläge nicht geeignet.

### 3. Zementestriche mit Normalzement

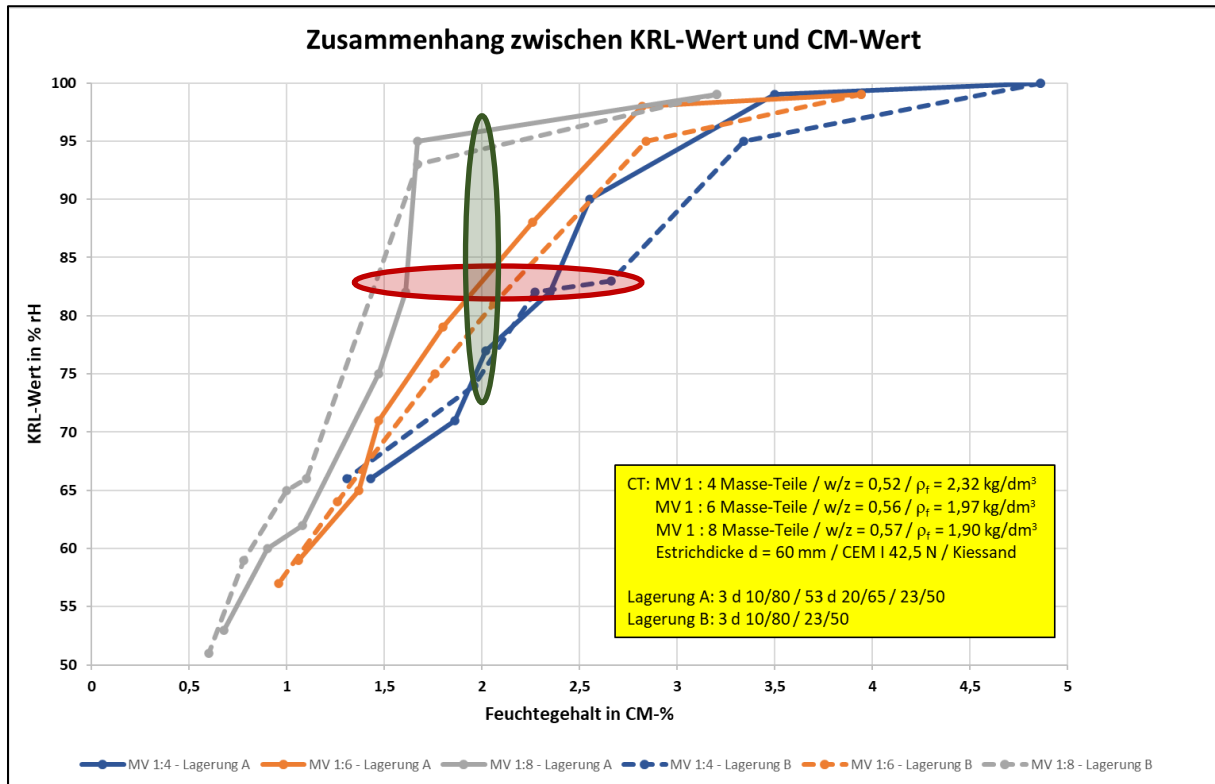


Bild 4: Skizze aus Prüfbericht Nr. M 106/18

Bild 4 gibt den prinzipiellen Zusammenhang zwischen KRL-Wert und CM-Wert bei mit Normalzement hergestellten Zementestrichen unterschiedlicher Zusammensetzung wieder.

Daraus kann folgender, grundsätzlicher Unterschied hinsichtlich der Bewertung der Belegreife bei einer Feuchtemessung mit der KRL-Methode und der CM-Methode abgeleitet werden:

#### a) Rot umgrenzter Bereich

Bei den untersuchten mit Normalzement hergestellten Zementestrichen wurde bei einem KRL-Wert von ca. 80-85 % r. H. und einem Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung = 1 : 6 Masse-Teile ein Feuchtegehalt von ca. 2 CM-% ermittelt. Wurde der Zementestrich bindemittelärmer (Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung = 1 : 8 Masse-Teile) gemischt, wies der Zementestrich bei diesem KRL-Wert einen CM-Wert von ca. 1,6 CM-% auf. Bei einer bindemittelreicheren Mischung (Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung = 1 : 4 Masse-Teile) stellte sich ein CM-Wert von ca. 2,5 CM-% ein.

Bei einer Bewertung der Belegreife eines mit Normalzement hergestellten Zementestrichs anhand

eines festen KRL-Wertes von ca. 80-85 % r. H. werden Zementestriche abhängig von der Mischungszusammensetzung also bei unterschiedlich hohen CM-Werten bzw. bei unterschiedlich hohen Mengen an freiem Wasser für die Belagsverlegung freigegeben. Gegenüber einem unabhängig von der Mischungszusammensetzung konstanten CM-Wert bedeutet dies für üblich zusammengesetzte schwimmende Zementestriche (Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung  $\cong 1 : 6$  Masse-Teile) keinen Unterschied in der Bewertung der Belegreife, egal ob nach KRL-Wert oder nach CM-Wert bewertet wird. Bei bindemittelärmeren Zementestrichen (Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung  $\cong 1 : 8$  Masse-Teile) lässt die KRL-Messung gegenüber einem CM-Wert von 2 CM-% nur eine geringere Menge an freiem Wasser zum Zeitpunkt der Belegreife zu, liegt also hinsichtlich der Bewertung der Belegreife auf der sicheren Seite. Bei bindemittelreicheren Zementestrichen (Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung  $\cong 1 : 4$  Masse-Teile) ist es umgekehrt; hier lässt die KRL-Messung gegenüber einem CM-Wert von 2 CM-% eine höhere Menge an freiem Wasser zum Zeitpunkt der Belegreife zu, liegt also hinsichtlich der Bewertung der Belegreife auf der unsicheren Seite.

#### b) Grün umgrenzter Bereich

Bei den untersuchten mit Normalzement hergestellten Zementestrichen entsprach der CM-Wert von 2 CM-% bei einem Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung = 1 : 6 Masse-Teile einem KRL-Wert von ca. 80-85 % r. H.. Wurde der Zementestrich bindemittelärmer (Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung = 1 : 8 Masse-Teile) gemischt, wies der Zementestrich einen KRL-Wert von ca. 90-95 % r. H. auf. Bei einer bindemittelreicheren Mischung (Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung = 1 : 4 Masse-Teile) stellte sich ein KRL-Wert von etwa 75-80 % r. H. ein.

Bei einer Bewertung der Belegreife eines mit Normalzement hergestellten Zementestrichs anhand eines festen CM-Wertes von 2 CM-% werden Zementestriche abhängig von der Mischungszusammensetzung, also bei unterschiedlich hohen KRL-Werten aber bei gleich hoher Menge an freiem Wasser, für die Belagsverlegung freigegeben. Gegenüber einem unabhängig von der Mischungszusammensetzung konstanten CM-Wert bedeutet dies für üblich zusammengesetzte Zementestriche (Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung  $\cong 1 : 6$  Masse-Teile) keinen Unterschied in der Bewertung der Belegreife, egal ob nach KRL-Wert oder nach CM-Wert bewertet wird. Bei bindemittelärmeren Zementestrichen (Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung  $\cong 1 : 8$  Masse-Teile) lässt die CM-Messung gegenüber einem KRL-Wert von ca. 80-85 % r. H. eine höhere Menge an freiem Wasser zum Zeitpunkt der Belegreife zu, liegt also hinsichtlich der Bewertung der Belegreife auf der unsicheren Seite. Bei bindemittelreicheren Zementestrichen (Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung  $\cong 1 : 4$  Masse-Teile) ist es umgekehrt; hier lässt die CM-Messung gegenüber einem KRL-Wert von ca. 80-85 % r. H. nur eine geringere Menge an freiem Wasser zum Zeitpunkt der Belegreife zu, liegt also hinsichtlich der Bewertung der Belegreife auf der sicheren Seite.

## Zusammenfassung:

Aufgrund der Hinweise unter a) und b) kann festgehalten werden, dass die Bewertung der Belegreife von mit Normalzement hergestellten Zementestrichen mit Hilfe eines festen KRL-Wertes gegenüber der Bewertung mit Hilfe eines festen CM-Wertes bei zementarm gemischten Zementestrichen eine höhere Sicherheit (geringere Menge an freiem Wasser bei Belagsverlegung), bei zementreicher gemischten Zementestrichen eine geringere Sicherheit (höhere Menge an freiem Wasser bei Belagsverlegung) im Hinblick auf mögliche Schäden durch bei Belagsverlegung noch vorhandener Restfeuchte bietet bzw. darstellt. Bei üblich zusammengesetzten Zementestrichen (Mischungsverhältnisse Zement : Gesteinskörnung  $\approx 1 : 5$  bis  $1 : 7$  Masse-Teile) dürften die Unterschiede in der Bewertung aber in der Regel vernachlässigbar sein.

Da eine geringere Menge an freiem Wasser bei Belagsverlegung nur durch eine längere Austrocknungszeit (bei sonst gleichen raumklimatischen Bedingungen) erreicht werden kann, bedeutet dies, dass man bei Feuchtemessungen mit der CM-Methode bei Anwendung eines festen Begreifgrenzwertes bei zementreicher gemischten Zementestrichen länger bis zur Belagsverlegung warten muss als bei der KRL-Messung mit festem KRL-Wert. Umgekehrt muss man bei der KRL-Messung mit festem KRL-Wert bei zementarm gemischten Zementestrichen länger bis zur Belagsverlegung warten als bei der Feuchtemessung mit der CM-Methode bei Anwendung eines festen Belegreifgrenzwertes.

Grundsätzlich wurde diese Abhängigkeit des Belegreifwertes für die Verlegung von Bodenbelägen von der Mischungszusammensetzung des Zementestrichs bereits bei den Untersuchungen zur Ausgleichsfeuchte von Zementestrichen festgestellt (siehe [2]). Bei den damaligen Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Belegreife für Beläge bei unbeheizten Zementestrichen bei einem Zementleimgehalt des frisch verlegten Zementestrichs von ca.  $320 \text{ kg/m}^3$  bis  $480 \text{ kg/m}^3$  (Zementestriche auf Dämmschicht oder Trennschicht mit üblichen Mischungsverhältnissen Zement : Gesteinskörnung  $\approx 1 : 5$  bis  $1 : 7$  Masse-Teile) mit  $\leq 2,0 \text{ CM-\%}$  bzw.  $\leq 3,6 \text{ Masse-\%}$  (Darren bei  $(105 \pm 3) \text{ }^\circ\text{C}$ ) angenommen werden kann. Bei Zementestrichen mit Zementleimgehalten des frisch verlegten Zementestrichs oberhalb des oben genannten Anhaltswertes (z.B. zementreicherer Zementestrich mit Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung  $\approx 1 : 4$  Masse-Teile mit einem Zementleimgehalt des frisch verlegten Zementestrichs  $> 480 \text{ kg/m}^3$ ) könnten die Werte für die Belegreife für Beläge nach den damaligen Untersuchungsergebnissen höher gewählt werden. Allerdings fehlte damals noch die Bestätigung der im Labor ermittelten Werte in der Praxis, so dass empfohlen wurde, zunächst die Belegreifgrenzwerte  $\leq 2,0 \text{ CM-\%}$  bzw.  $\leq 3,6 \text{ Masse-\%}$  (Darren bei  $(105 \pm 3) \text{ }^\circ\text{C}$ ) auch für diese Zementestriche zu verwenden. Zementreich gemischte Zementestriche werden für Estriche auf Dämmschicht oder Trennschicht in der Regel nicht verwendet, da bei diesen Estrichen mit zu großen Schwindverformungen gerechnet werden muss. Für Zementestriche mit Zementleimgehalten des frisch verlegten Zementestrichs unterhalb des oben genannten Anhaltswertes (z.B. zementärmerer Zementestrich mit Mischungsverhältnis Zement : Gesteinskörnung  $\approx 1 : 8$  Masse-Teile mit einem Zementleimgehalt des frisch verlegten

Zementestrichs  $< 320 \text{ kg/m}^3$ ) wurde aufgrund der damaligen Untersuchungen angeregt, die Werte für die Belegreife für Beläge niedriger zu wählen. Bei zementarm gemischten Zementestrichen werden wegen des geringen Zementgehaltes und der in der Regel schlechteren Verdichtbarkeit oftmals nicht die mindestens erforderlichen Festigkeitswerte für auf Dämmschicht oder Trennschicht verlegte Estriche erreicht. Zementestriche dieser Art sollten in der Praxis daher vermieden werden, sofern nicht hochwertige Normalzemente verwendet werden, die auch bei bindemittelärmeren Mischungen eine Einhaltung der erforderlichen Festigkeitswerte ermöglichen. An obiger Einschätzung hat sich zwischenzeitlich mit Ausnahme des Einsatzes hochwertiger Zementestriche bei zementarm gemischten Zementestrichen nichts geändert. Dies gilt insbesondere auch hinsichtlich der Bestätigung der zumindest im Labor ermittelten, gegebenenfalls möglichen höheren Belegreifewerte für zementreichere Zementestriche in der Praxis. Hier sollte auch nach heutigem Stand kein höherer Belegreifewert als 2 CM-% gewählt werden, solange die entsprechende Praxistauglichkeit eines höheren CM-Wertes nicht nachgewiesen ist.

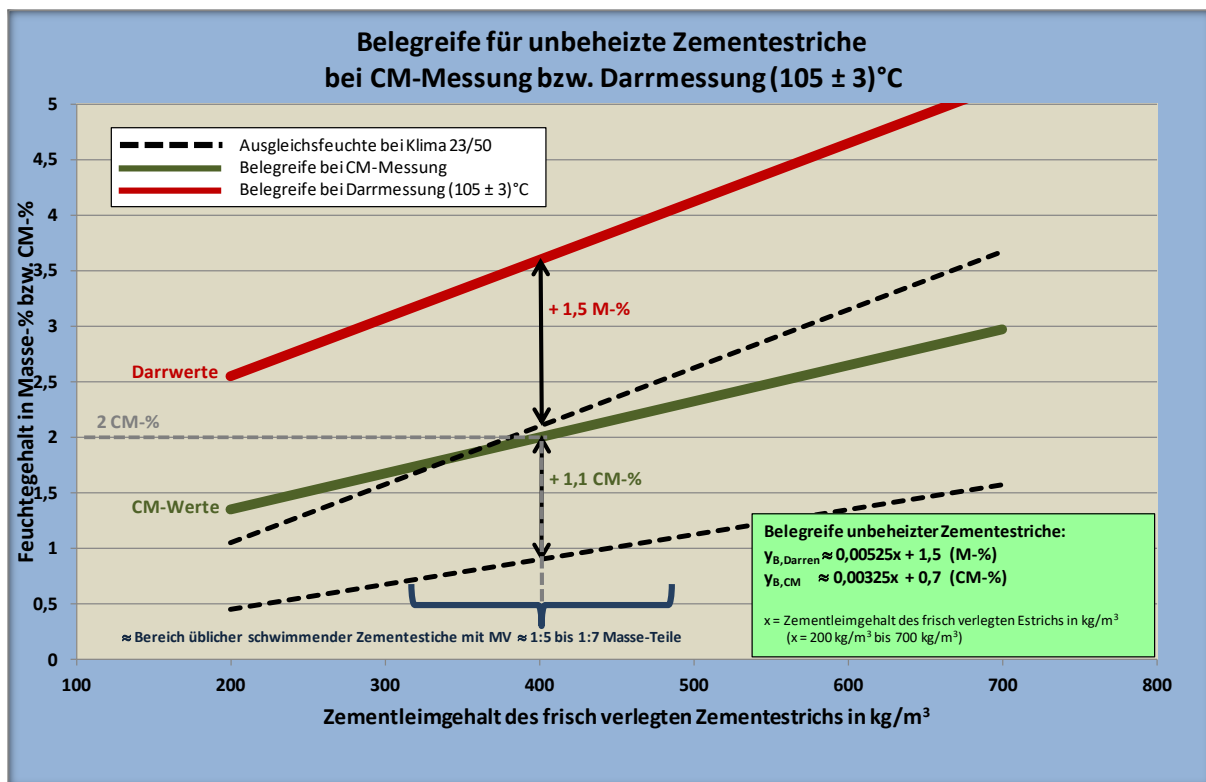


Bild 5: Skizze aus Technischer Information BEB Nr. 02/2013-A

Aus den Labor-Untersuchungsergebnisse kann zumindest theoretisch abgeleitet werden, dass eine zusätzliche KRL-Messung zur vorhergehenden CM-Messung in der Praxis bei mit Normalzement hergestellten zementärmeren Zementestrichen mehr Sicherheit bei der Belagsverlegung ermöglichen könnte. Bei einem CM-Wert von 2 CM-% und gleichzeitig hohem KRL-Wert (KRL-Wert  $\geq$  ca. 90 % r. H.) sollte der Bodenbelag dann gegebenenfalls erst bei Erreichen eines geringeren CM-Wertes verlegt werden. Bei mit Normalzement hergestellten zementreicheren Zementestrichen sollte der Belegreifgrenzwert bei  $\leq 2$  CM-% belassen werden,

solange keine entsprechenden ausreichenden Praxiserfahrungen für höhere Belegreifgrenzwerte vorliegen. In beiden Fällen ist bereits bei der Bauwerksplanung eine entsprechend längere erforderliche Trocknungszeit des Zementestrichs bis zur Erreichung der Belegreife für Bodenbeläge einzuplanen, damit auf den nachträglichen Einsatz feuchtesperrender Reaktionsharzschichten verzichtet werden kann.

#### **4. Sonstige Hinweise**

Alle oben gemachten Anmerkungen basieren auf unter Laborbedingungen durchgeführten Untersuchungen. Inwieweit sich diese labormäßig gemachten Feststellungen uneingeschränkt auf Praxismessungen unter Baustellenbedingungen übertragen lassen, ist nicht abschließend geklärt. Gleiches gilt für die Praxistauglichkeit der KRL-Messmethode unter Baustellenbedingungen, wobei aus unserer Sicht insbesondere die notwendige Kalibrierung der Messfühler problematisch sein dürfte. Hier fehlen aus unserer Sicht zumindest zurzeit bei der KRL-Messung im Gegensatz zur CM-Messung langjährige praktische Erfahrungen.

Die durchgeführten Untersuchungen dienen nicht zur Beantwortung der Frage, inwieweit der Feuchtegehalt von Estrichen mit Hilfe der KRL-Methode ausreichend sicher ermittelt werden könnte. Anhand der Untersuchungen sollten und können keine verbindlichen Belegreifwerte von Estrichen vor der Verlegung von Bodenbelägen festgelegt werden, die nach der KRL-Methode ermittelt werden. Sofern solche Festlegungen von dritter Seite unter Bezug auf die IBF-Untersuchungen vorgenommen wurden oder werden, geschah oder geschieht dies ohne Beteiligung oder Zustimmung des IBF.

#### **5. Literatur (Download unter [www.ibf-troisdorf.de/Fachartikel](http://www.ibf-troisdorf.de/Fachartikel))**

- [1] IBF-Prüfbericht Nr. M 106/18 - Untersuchungen zur Überprüfung der Eignung der KRL-Methode zur Ermittlung des Feuchtegehaltes von Estrichen (16.04.2020)
- [2] Technische Information BEB Nr. 02/2013-A (Ersatz für Fassung 02/2013 vom 25.04.2013) - Untersuchungen zur Ausgleichsfeuchte unbeheizter Zementestriche

IBF / Mü / Troisdorf, den 22.03.2021