

KRL

Genormt in
DIN EN 17668

Korrespondierende **Relative Luftfeuchtigkeit**

sicher • einfach • universell

Die KRL-Methode zur Feuchtemessung

KRL

Genormt in
DIN EN 17668

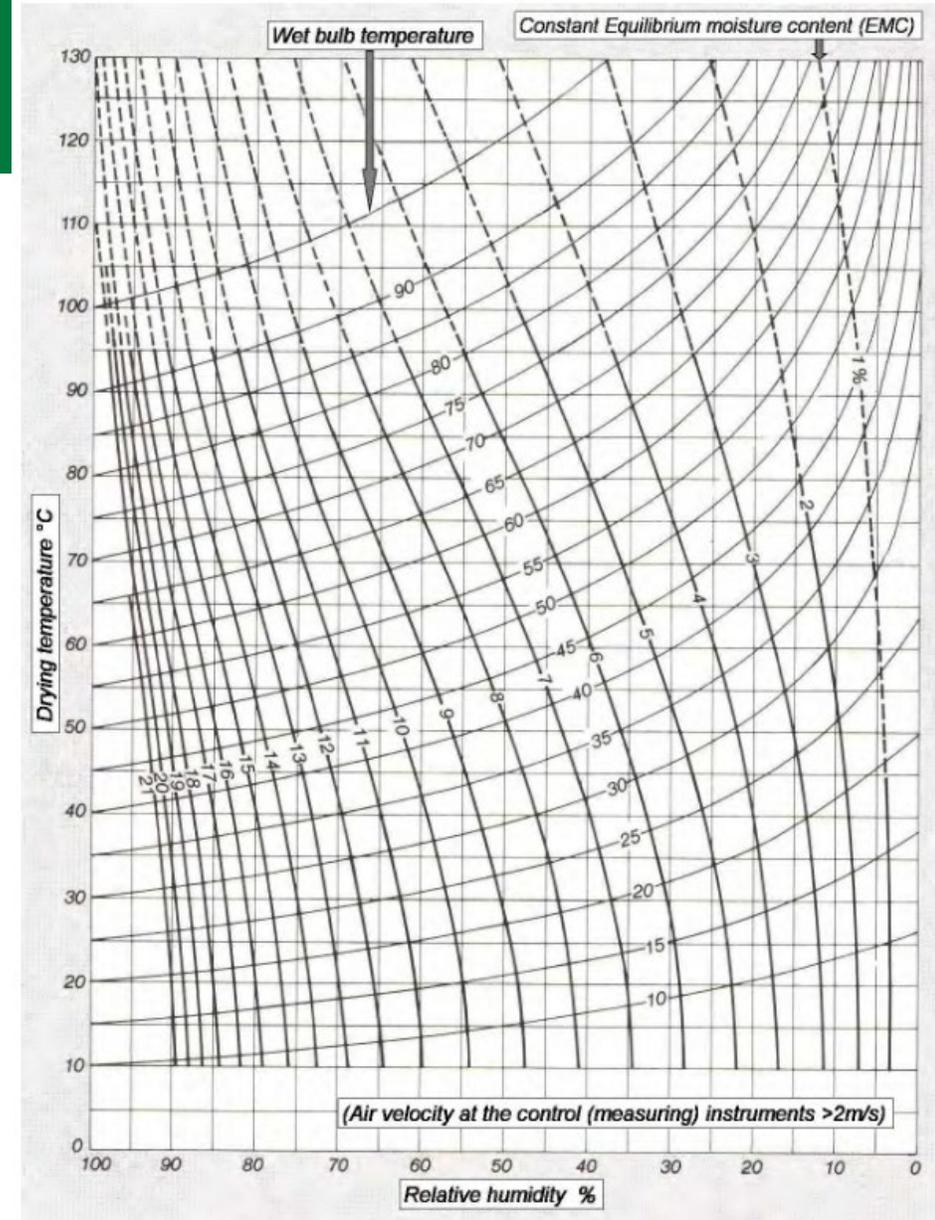
Korrespondierende **R**elative **L**uftfeuchtigkeit

sicher • einfach • universell

Grundlagen, Historie und Milestones

Grundlagen – Was jeder Parkettleger weiß

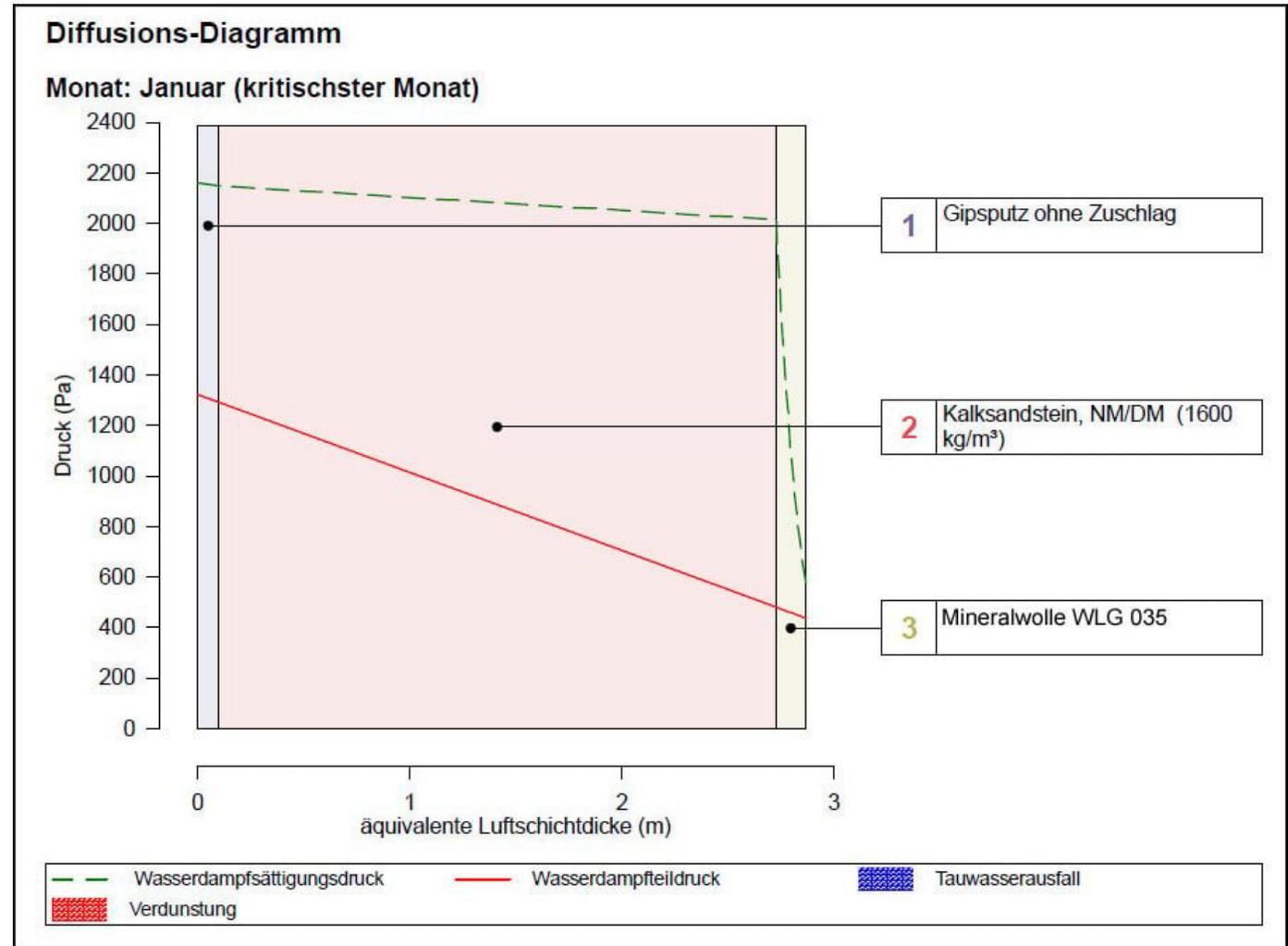
- Holzfeuchte richtet sich nach der Luftfeuchte
=> die Holzfeuchte gleicht sich IMMER der Luftfeuchte an
- "Keylwerth-Diagramm"



Keylwerth, R.: Betriebsblatt 1, Sorptionsgleichgewicht von Holz. Holz als Roh- und Werkstoff 22 (1964) Heft 1, S. 31.

Grundlagen – Was jeder Architekt wissen sollte

- Glaser Verfahren, 1959: Bildet sich Tauwasser in einer Baukonstruktion?
- Luftfeuchte als treibendes Potential
- Linear im s_D -Raum
- Aber: In Deutschland erst 1981 genormt: DIN 4108, Teil 5



Grundlagen – Was alle Parkett- und Bodenleger *ignoriert* haben

- Luftfeuchte ist auch die treibende "Kraft" für andere Materialien, die Feuchte auf- oder abgeben
- W. Schnell, 1985, die Trocknung von Estrichen
 - => Angleich an Luftfeuchte
 - => Korrelation zur Darrfeuchte
 - => Korrelation der Darrfeuchte zur CM-Feuchte

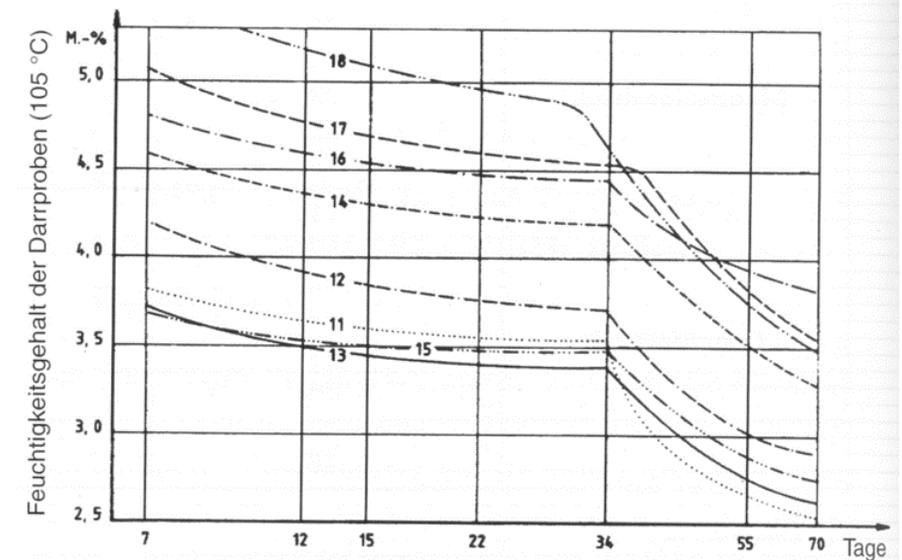
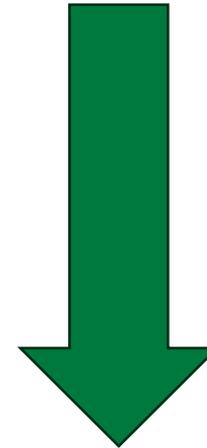


Bild 4: Austrocknungsverlauf der Zementestriche bei Lagerung in feuchtem (13 / 80) und anschließend in trockenem (22 / 50) Klima

Luftfeuchte = Repräsentant des Feuchte-Potentials

Luftfeuchte
als treibende Kraft
ist schon lange bekannt!

Grundlagen – Wieso die Fokussierung auf die CM-Messung in DACH?

- "Schuld" war: Erich Rosenbaum, Bodenleger und SV (Gerichts-GA)
- Feuchteschäden mussten vor Gericht erklärt werden
- Richter fragen nach Messmethode, um Feuchteschäden zu vermeiden
- Ca. 1970: Propagierung der CM-Methode, da:
 - auf der Baustelle durchführbar
 - Showeffekt: Bezahlung!
 - Hintergründe nie betrachtet
- Erste systematische Untersuchungen durch Schnell 1985

Grundlagen - Probleme der CM-Methode

- Grenzwerte mussten regelmäßig der Estrichtechnologie angepasst werden:
- Bsp. Zementestriche für Parkettarbeiten

Jahr: 1977 / 1985 / 1994

CM-Grenzwert 6,0 bis 3,0 / 2,5 / 2,0 (u.1/3) bzw. 1,8 in CM-%

Grundlagen - Probleme der CM-Methode (um das Jahr 2000)

- Grenzwerte galten für bestimmte Estrichzusammensetzungen
- Aber: Wie unterscheidet der Handwerker eine CT von einem CA?
- Und: sind alle CTs (CAs = CAF?) gleich?
- Neue Zemente: 20 % Portlandzement ersetzt mit Kalksteinmehl
 - Muss sich da nicht der Grenzwert ändern?

Die Bestimmung der Feuchte mit der Carbid-Methode (CM)

- Werte und ihre Interpretation -

Von Dr. Thomas Brokamp, Bona GmbH

19. TKB Fachtagung
"Klebstoffe in der Fußbodentechnik"
12. März 2003, Frankfurt a.M.



1

Ein Fall aus der Praxis

Vorhanden: "Fließestrich"
Farbe und Aussehen: ZE, an der Oberfläche
Zementschlämme
Nennstärke: 5 cm
Alter: 3 Monate
Gebäude: Alter > 1 Jahr, wird "normal"
geheizt und belüftet
CM-Messung: 0,9 CM-%

- > Beurteilung des Parkettlegers:
"trockener ZE", kann verlegen (10 mm Esche)
- > Resultat: Verlegte Esche "wirft" sich, Holzfeuchte
oben 9 %, **unten 12 %** (el. Messung)

Meine Werte:

0,75 CM-% (10 min)
0,85 CM-% (20 min)

0,89 Darr-% (40 °C)
6,88 Darr-% (105 °C)

93,15 % r. LF (25 °C)

=> **nasser AE**



34

Fazit

- CM-Messungen können nur dann eine Aussage zur Belegereife eines Estrichs machen, wenn der spezifische Grenzwert für diesen Estrich bekannt ist.
- Bei Zementestrichen ist aufgrund von unterschiedlichen Zusammensetzungen die Aussagekraft der CM-Messung deutlich eingeschränkt.
- Messungen der korrespondierenden Luftfeuchte können bei unbekanntem oder zweifelhaften Estrichmaterialien eine Einstufung als „Feucht“ oder „Trocken“ deutlich erleichtern.
- Liegt bei einem Estrich auch eine Probe vor, die an ein Klima mit 50 % r.LF. angepaßt ist, ist die Differenz der beiden CM-Messungen ein gutes Maß für die Menge an freisetzbarem Wasser
- Wie bei allen anderen Messungen auch, braucht man für eine korrekte CM-Messung einiges an Erfahrung und ggf. Schulung.



- Vortrag Prof. Rieche, Bewertung der Verlegereife mit hygrometrischen Methoden [hygrometrische Methoden = Luftfeuchte-Messungen]
- Intensive Diskussion in der TKB
- Aufruf von Dr. Krieger, Vorsitzender der TKB:

"Wir untersuchen das Thema!"

- Arbeitsgruppe gebildet, Grundlagenpapier erstellt
- Zusätzliche Brisanz durch Zementdiskussion in der Branche



Hinweise zur Herstellung zementgebundener Estriche

Der Bundesverband Estrich und Belag e.V. (BEB), der Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ) und die Bundesfachgruppe Estrich und Belag im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V. (ZDB) geben in der Absicht, einen gemeinsamen Beitrag zur Sicherung und zur weiteren Verbreitung einer qualitativ hochwertigen Zementestrichbauweise zu leisten, die folgende Erklärung heraus:

Die Estrichherstellung ist ein komplexer Prozess, auf den die Auswahl geeigneter Ausgangsstoffe und die Rahmenbedingungen auf der Baustelle wie Transport, Lagerung, Mischen, Fördern und Verlegen am Einbauort, einen wesentlichen Einfluss haben (siehe auch BEB-Merkblatt „Hinweise zur Auswahl von Zementen für die Estrichherstellung im Wohnungs- und Verwaltungsbau“ - 09/2002).

Die Anforderungen an die Schonung der Ressourcen, an die Verringerung des Energieeinsatzes und an den Klimaschutz sowie steigende Energiepreise stellen alle Industrien vor erhebliche Herausforderungen. Die Zementhersteller stellen sich dieser Herausforderung, indem sie ihre Herstellprozesse im Hinblick auf Rohstoff- und Energieeinsatz in den vergangenen Jahrzehnten fortlaufend optimiert haben. Portlandkompositzementen (CEM II) und Hochofenzementen aus der Gruppe CEM III/A kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Diese Zemente führen zu einem verringerten Energieeinsatz und CO₂-Ausstoß bei der Zementherstellung und durch ihren Einsatz auch zu einer Verringerung der Umweltwirkungen bei der Herstellung von Estrichen.

Laboruntersuchungen in den zurückliegenden Jahren und praktische Erfahrungen bestätigen die grundsätzliche Eignung von Portlandzement und hütten sand-, kalkstein- und ölschieferhaltigen Zementen mit zwei bzw. drei Hauptbestandteilen für Estriche.

Die vorliegenden Laboruntersuchungen wurden im Auftrag der Mitgliedsunternehmen des VDZ an verschiedenen Einrichtungen durchgeführt. Aus einer Datenbank mit mehr als 700 Einzelergebnissen wurden die relevanten Estricheigenschaften (z. B. Festigkeitsentwicklung, Oberflächenfestigkeit, Restfeuchte), analysiert. Dabei konnte kein signifikanter Einfluss der Zementart festgestellt werden. Im IBF durchgeführte Vergleichsuntersuchungen zwischen CEM I-Zementen und CEM II-Zementen jeweils des gleichen Zementwerkes ergaben ebenfalls keine signifikanten Unterschiede bei den überprüften Kriterien.

Aus der Praxis wird von den Estrichlegern allerdings manchmal von Problemen (z. B. Oberflächenfestigkeit, Hohlstellenbildung, Austrocknung) bei der pauschalen Umstellung von CEM I-Zement auf CEM II-Zement berichtet.

Bei Wechsel der Ausgangsstoffe wird vor diesem Hintergrund dringend empfohlen, entsprechende Eignungsprüfungen durchzuführen.

Derzeit werden insbesondere die folgenden CEM II-Zemente für die Herstellung von Zementestrichen eingesetzt:

- Portlandkalksteinzement CEM II/A-LL 32,5 R
- Portlandölschieferzement CEM II/B-T 42,5 N
- Portlandhüttenzement CEM II/A-S 32,5 R
- Portlandhüttenzement CEM II/B-S 32,5 R
- Portlandhüttenzement CEM II/B-S 42,5 N
- Portlandkompositzement CEM II/B-M (S-LL) 32,5 R

Zemente ohne Angabe der Zementhauptbestandteile oder ohne die notwendigen Konformitätsbescheinigungen bzw. Übereinstimmungszeichen sollten nicht eingesetzt werden.

Gemeinsam mit dem BEB werden die Zementindustrie und Vertreter der Estrichzusatzmittelhersteller einen Leitfaden zur Verbesserung der Qualität bei der Herstellung von zementgebundenen Estrichen erarbeiten. Dieser Leitfaden wird neben den Einflüssen der Ausgangsstoffe auch Einflüsse aus Herstellung, Einbau und Baustellenbedingungen berücksichtigen. Diese Zusammenarbeit dient der technischen und ökologischen Weiterentwicklung der Estrichbauweise.

Troisdorf/Düsseldorf/Berlin den 27.05.2008

Bundesverband Estrich und Belag e.V. (BEB)

Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ)

Bundesfachgruppe Estrich und Belag im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V. (ZDB)

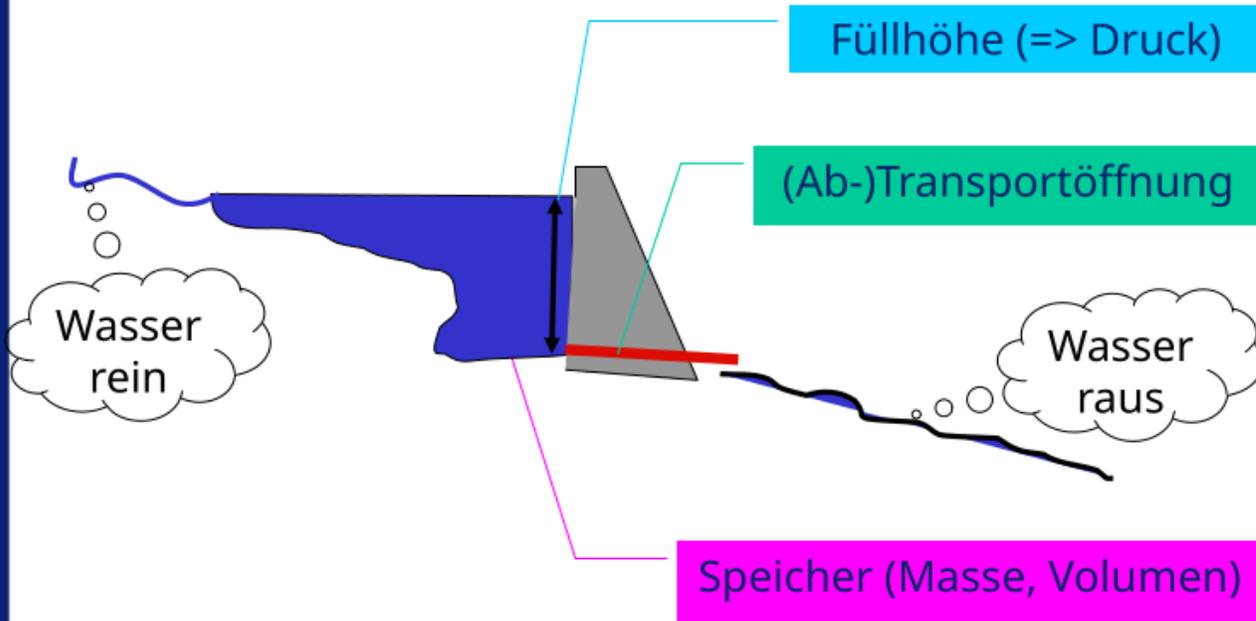
25. TKB Fachtagung
"Klebstoffe in der Fußbodentechnik"
18. März 2009, Frankfurt a.M.

Verlegereife und Feuchte - Grundlagen -

Bona[®]

von Dr. Thomas Brokamp

Feuchte und Baumaterialien Modell: Speichersee



Bona®



Feuchte- reaktionen

Genügend trocken???

Immer dann, wenn – nach dem Belegen - keine schädlichen Feuchtereaktionen auftreten!

Wann treten keine schädlichen Feuchtereaktionen auf?

a) Feuchtezustand prüfen

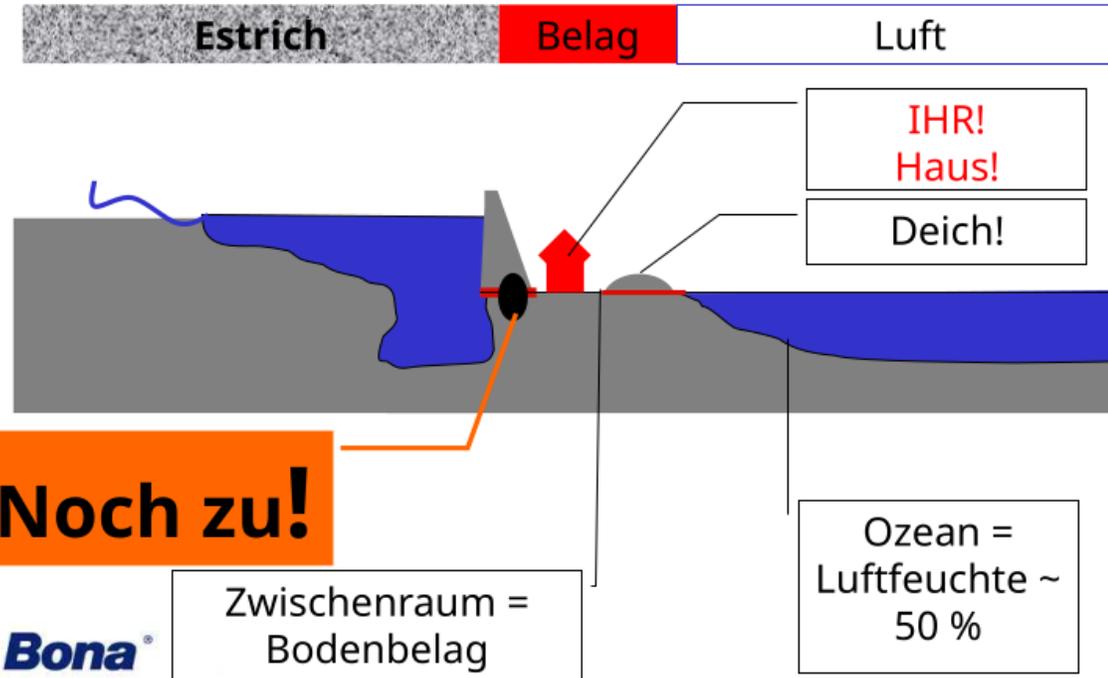


b) **Schätzung:** welcher Feuchtezustand stellt sich nach der Verlegung in Untergrund und Belag ein?

c) Gibt es dann **Feuchtereaktionen?**

Bona[®]

IHR Haus ist in GEFAHR!



- TKB-Bericht 1: Belegreife und Feuchte / Versuche zur Trocknung von Estrichen. Bericht und Tabelle
- TKB-Bericht 2: Die KRL-Methode zur Bestimmung der Feuchte in Estrichen
- TKB-Bericht 3: Belegreife und Feuchte / Geeignete Messgeräte zur Feuchtebestimmung nach der KRL-Methode
- TKB-Bericht 4: Belegreife und Feuchte / Sorptionsisothermen und die Interpretation von KRL-Messungen Anlage: Tabelle
- TKB-Bericht 5 (Update 09/2018): Belegreife und Feuchte: Ein Ringversuch zur Feuchtemessung mit der KRL-Methode Anlage: Tabelle T
- KB-Bericht 6: Belegreife und Feuchte: Vorschlag für einen „KRL-Messbecher“ Druckdateien KRL-Becher-15 mm Durchmesser Sensoren, z.B. Rotronic: Download Druckdateien KRL-Becher-12 mm Durchmesser Sensoren, z.B. Trotec: Download
- TKB-Bericht 6a: Belegreife und Feuchte: Der „KRL-Messbecher“ Druckdateien TKB-Messbecher, Modell 2023: Download

- TKB-Bericht 7: Eine zusätzliche Auswertung der Messdaten im Bericht des IBF “Untersuchungen zur Überprüfung der Eignung der KRL-Methode zur Ermittlung des Feuchtegehalts von Estrichen” T
- TKB-Bericht 7a: Ein Kommentar zur IBF-Technische Information Nr. 1/2021 vom 22.03.2021
- TKB-Bericht 8: Messgenauigkeit der hygrometrischen Feuchtebestimmung von Baustoffen nach der KRL-Methode
- TKB-Bericht 10: Trocknung neuartiger Zementestriche
- FAQ: Fragen und Antworten der TKB zur KRL-Methode

DEUTSCHE NORM

November 2022

	DIN EN 17668	DIN
ICS 83.180		
Klebstoffe für Bodenbeläge – Vorbereitung der Klebstoffanwendung – Prüfverfahren zur Bestimmung der korrespondierenden Luftfeuchte von mineralischen Untergründen; Deutsche Fassung EN 17668:2022		
Adhesives for floor coverings – Preparation of adhesive application – Test methods for the determination of corresponding humidity of mineral substrates; German version EN 17668:2022		
Adhésifs pour revêtements de sol – Préparation de l'application d'adhésif – Méthodes d'essai pour la détermination de la teneur en humidité relative d'équilibre dans les supports minéraux; Version allemande EN 17668:2022		

- KRL bei Holz ist seit 2 Jahrhunderten bekannt und genutzt
- Luftfeuchte als treibendes Potential im Bau wird seit 1959 benutzt
- CM-Methode ist ein "Irrweg" aus "praktischen Gründen"

Stand der KRL-Methode heute:

- Grundlagen erarbeitet und dokumentiert
- **Praxis ist sicher, einfach und universell!**
(Besonders im Vergleich zur CM-Methode)

KRL

Genormt in
DIN EN 17668

Korrespondierende Relative Luftfeuchtigkeit

sicher • einfach • universell

Situation von Estrichen heutzutage

1. Einleitung
2. Trocknungsverlauf von mineralischen Estrichen
3. Aktuelle Situation bei Zement-Estrichen (CT)
4. Aktuelle Situation bei Calciumsulfat-Estrichen (CA)
5. Bewertung von Feuchtemessergebnissen



1. Einleitung - Trocknung von Estrichen, Grundsätzliches



Belegreife: 2 CM-%



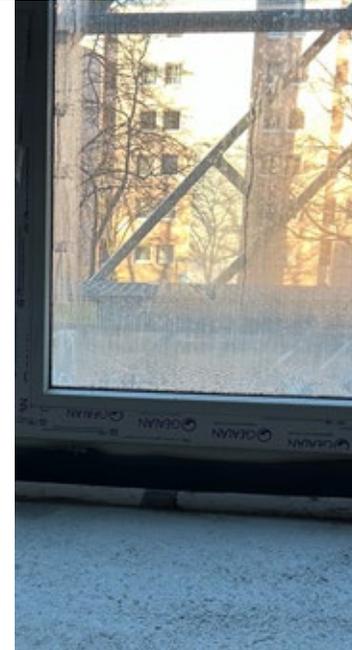
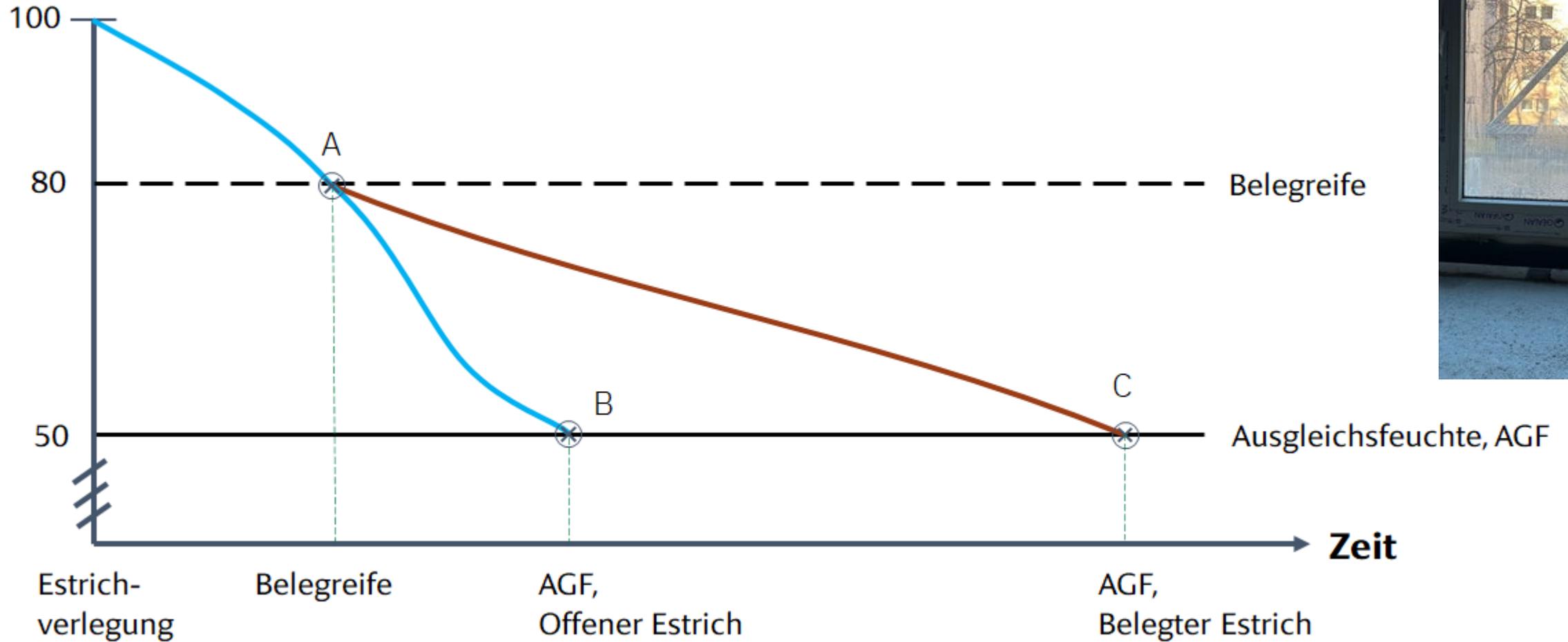
0,5 CM-%

Belegreifbestimmung

- Für CM-/Darr-Messergebnisse Rezeptur-abhängig
- Dennoch nur ein Grenzwert für alle unterschiedlichen Estrichmörtel
- Bestehende Grenzwerte müssen gesamte Rezeptur-Bandbreite auffangen
- Rezeptur-Bandbreite wird zunehmend größer (CO₂-Einsparung)
 - „Sicherheitspolster“ beim Grenzwert wird aufgebraucht
 - Schadensrisiko erhöht sich
- Konsequenz:
 - Grenzwerte erniedrigen
 - Neue Messmethode einführen → **KRL-Methode**

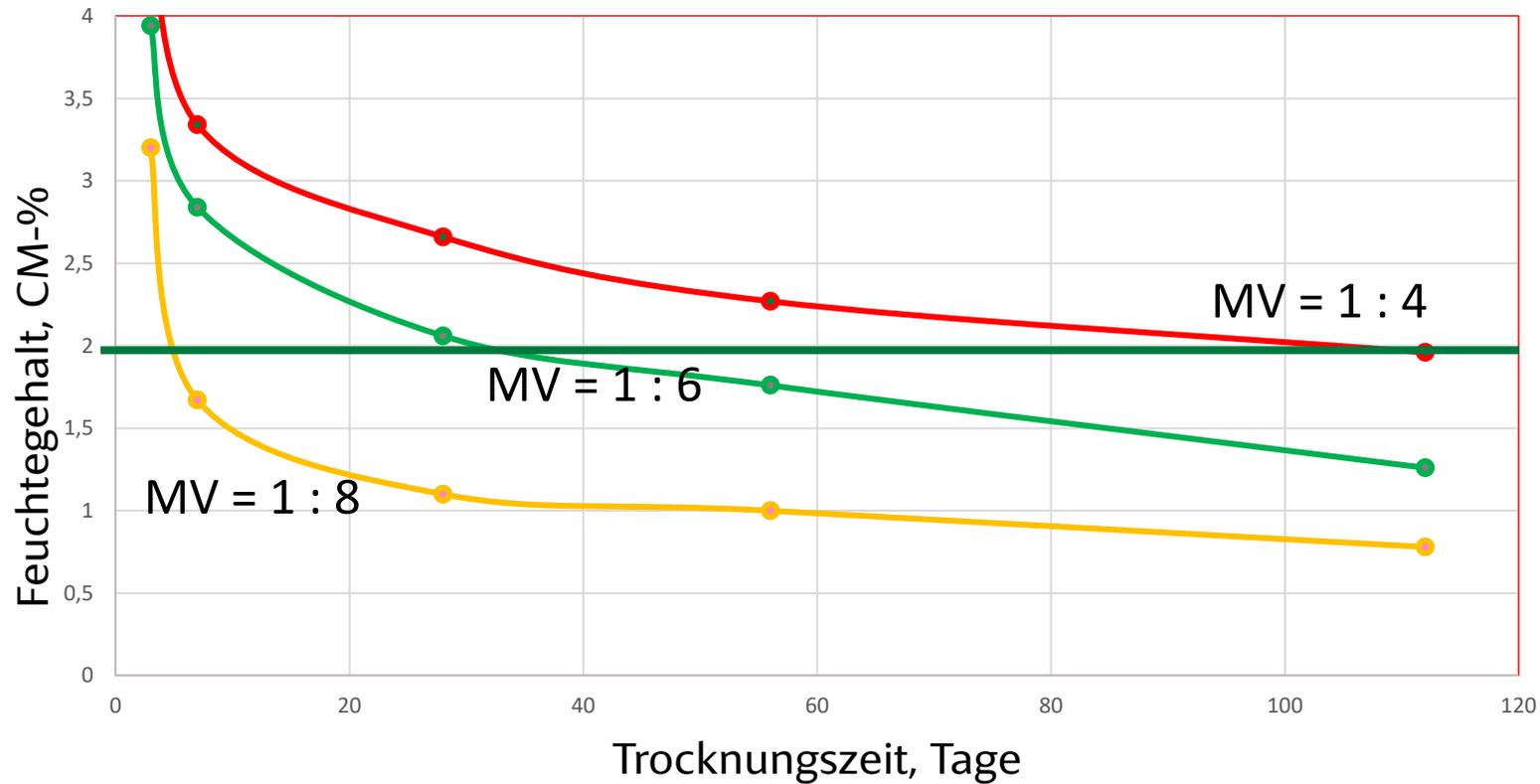


2. Trocknungsverlauf von mineralischen Estrichen



3. Aktuelle Situation bei Zementestrichen

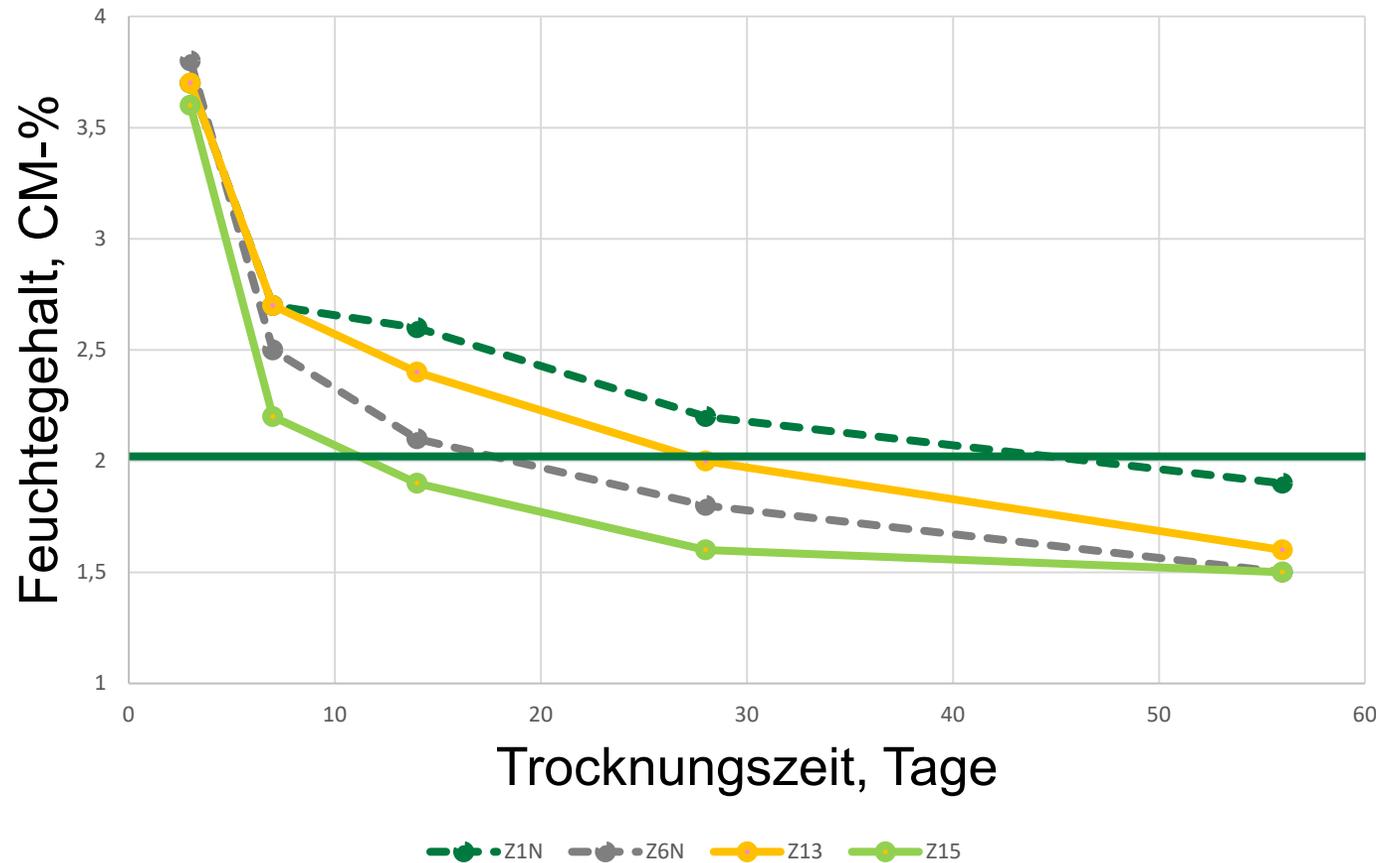
Zementgehalt



Quelle: IBF-Bericht M106/18, <https://www.ibf-troisdorf.de/files/M106-18sKRL-Methode.pdf>, eigene Darstellung

3. Aktuelle Situation bei Zementestrichen

„Neue“ Zemente (Hüttensandhaltig)



Ausgleichsfeuchten:

Z1N: 1,3 CM-%

Z6N: 1,0 CM-%

Z13: 0,8 CM-%

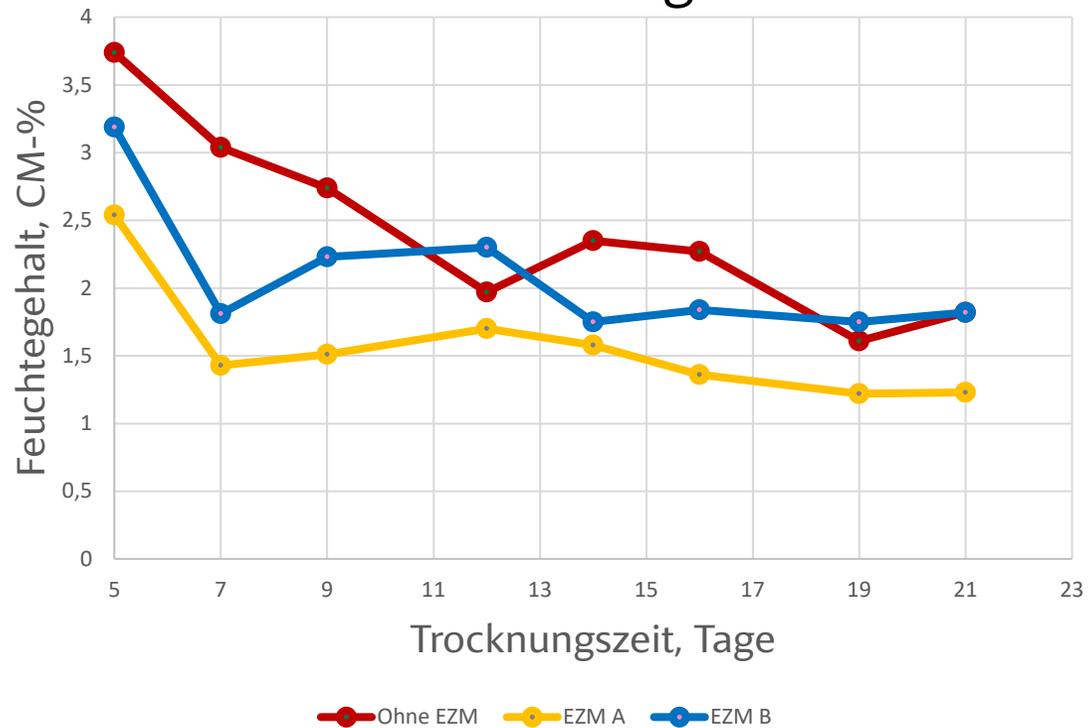
Z15: 0,7 CM-%

Quelle: IBF-Forschungsbericht Nr. M 153/21, eigene Darstellung

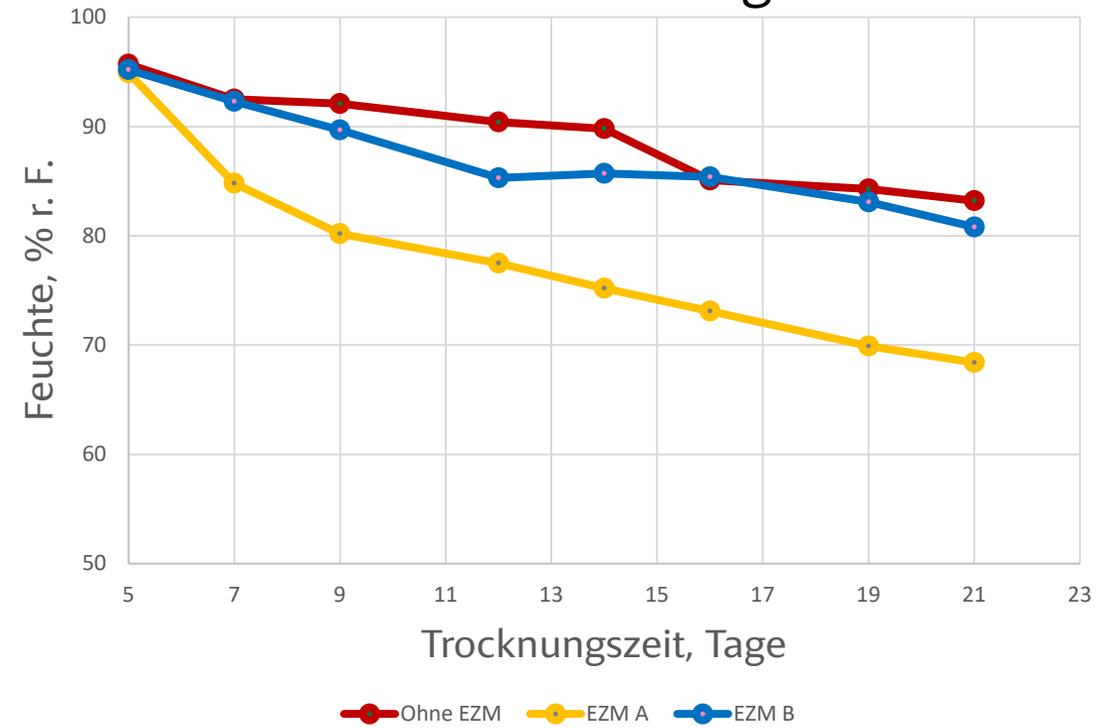
3. Aktuelle Situation bei Zementestrichen

Estrichzusatzmittel

CM-Messung



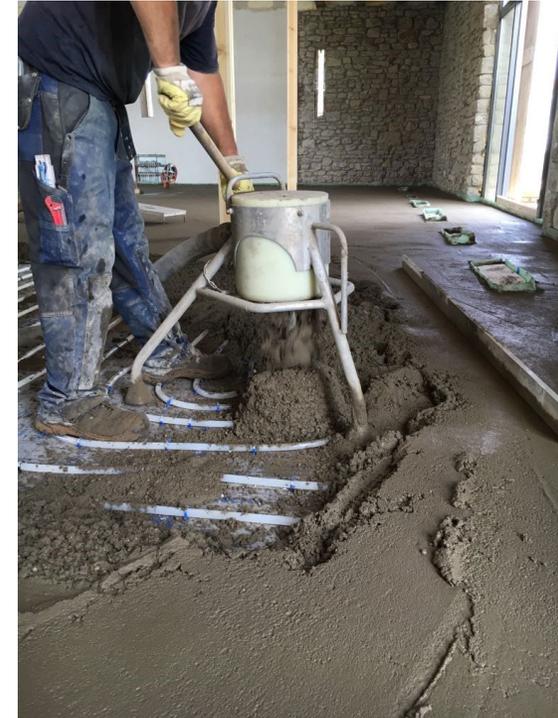
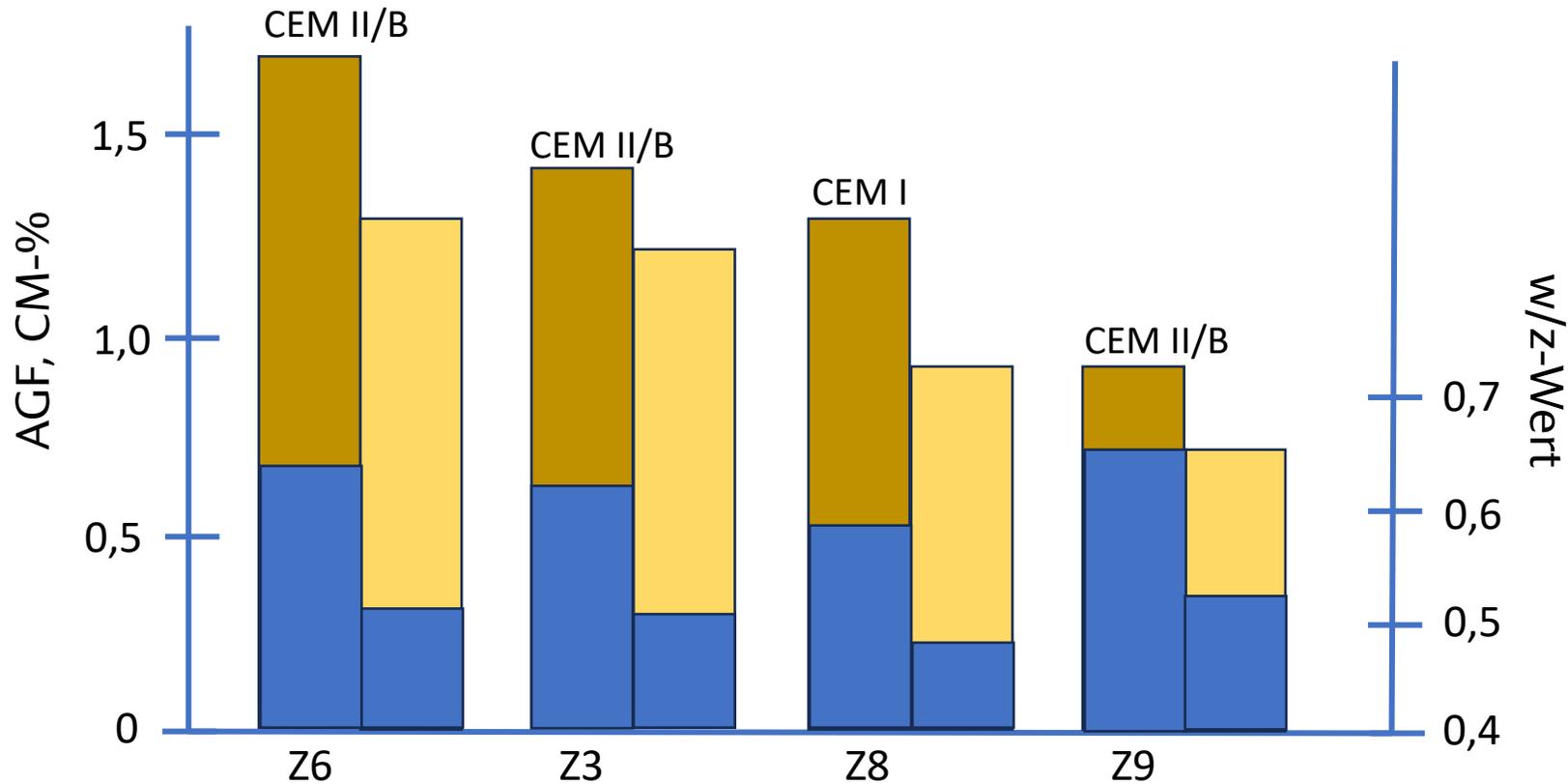
KRL-Messung



Quelle: Prüfbericht Uzin Utz SE

3. Aktuelle Situation bei Zementestrichen

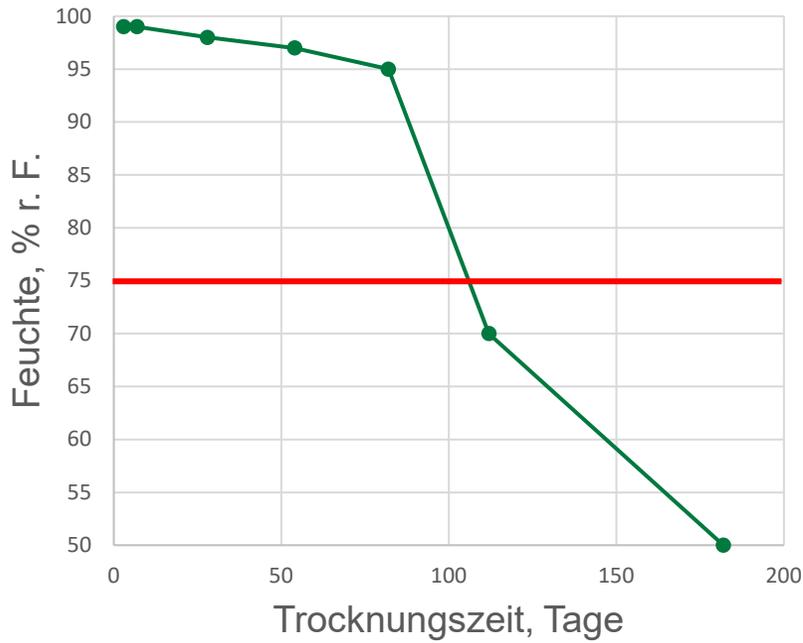
w/z-Wert // Zementart // Ausgleichsfeuchte



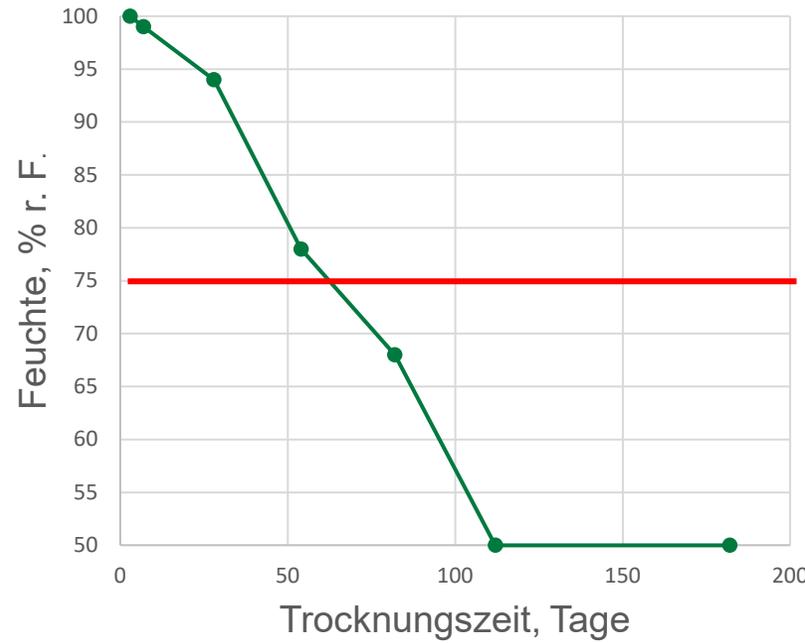
Quelle: BEB/IBF: Vergleichsuntersuchung an CEM I- und CEM II-Zementestrichen, Fußbodentechnik 1/2010

4. Aktuelle Situation bei Calciumsulfatestrichen (CA)

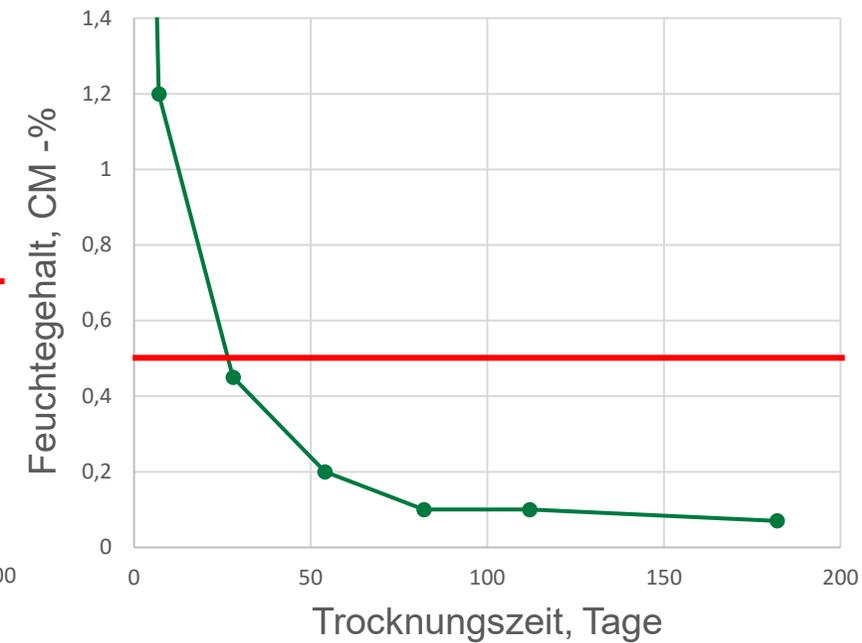
CAF - KRL-Messung



CA - KRL-Messung



CA - CM-Messung



Quelle: IBF-Bericht M106/18, <https://www.ibf-troisdorf.de/files/M106-18sKRL-Methode.pdf>, eigene Darstellung

4. Aktuelle Situation bei Calciumsulfatestrichen (CA)

CA-Schaden, April/Mai 2023



Schadensbild

Feuchte

0,27 CM-%
(April)

99 % r. F.
(April)

91 % r. F.
(Mai)

5. Bewertung von Feuchtemessergebnissen

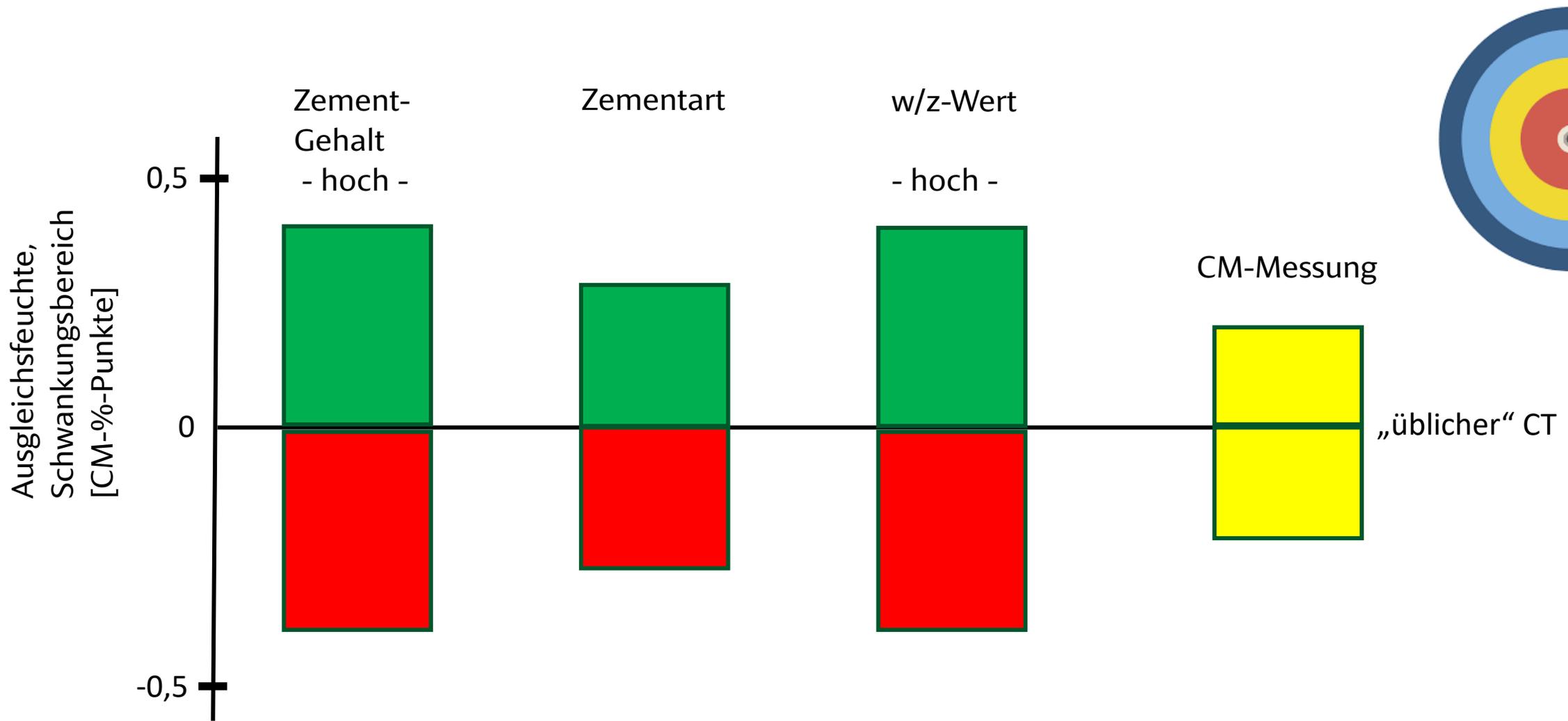
Einfluss der Rezepturbestandteile auf Trocknung bzw. AGF:

- Zementgehalt: Sehr hoher Einfluss - Niedriger Zementgehalt → Niedrige AGF
- Zementart: Mittlerer Einfluss - Noch keine Voraussage möglich (Hüttensand?)
- EZM-Art: Einfluss vorhanden - Keine Voraussage möglich
- w/z-Wert: Hoher Einfluss - Niedriger w/z-Wert → Niedrige AGF

Einfluss der Messgenauigkeit:

- CM-Messung: ca. $\pm 10 - 15 \%$
- KRL-Messung: ca. $\pm 2 - 3 \%$

Fazit





- **CT-Rezepturbestandteile** beeinflussen erheblich Trocknungsverhalten und AGF
- „Ein **einheitlicher CM-Grenzwert** wird der Zementestrichsituation zukünftig nicht mehr gerecht!“ (C. Müller/VDZ)
- Bestimmung der feuchtebezogenen Belegreife über **Feuchtegehalt** und pauschalen Grenzwert wird **zunehmend kritisch**
- „Die Messung der **relativen Baustofffeuchte (KRL)** erlaubt zuverlässige Bewertung der Belegreife!“ (C. Müller/VDZ)
- Parkett-/Bodenleger sollten keinesfalls anhand von **Rezepturinformationen** das Trocknungsverhalten bzw. die Belegreife bewerten

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Die Lösung:
KRL-Methode

- sicher
- einfach
- universell



KaRL