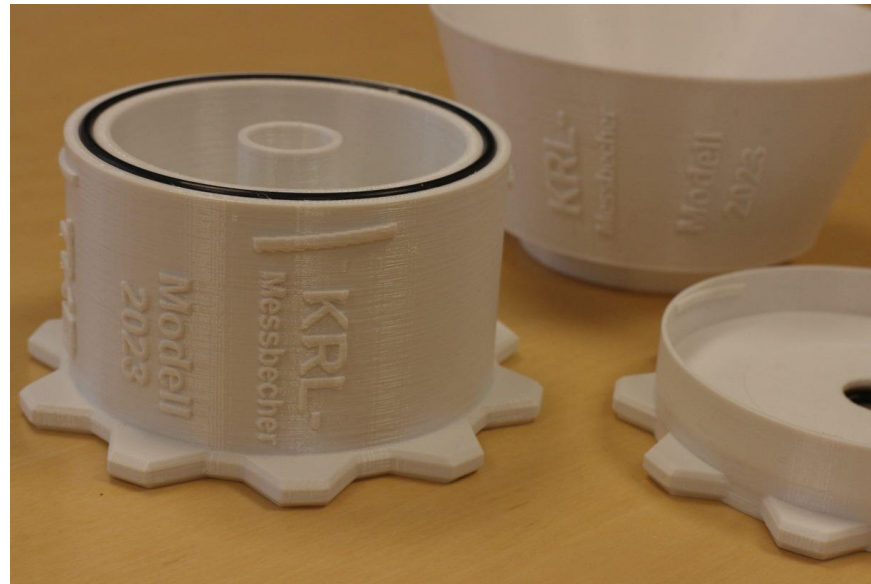


KRL-Methode - Feuchtemessung an Untergründen



Dr. Norbert Arnold, Uzin Utz SE
15. Juni 2023

Inhalt

- 1 Einleitung
- 2 Normsituation
- 3 Messprinzipien der KRL- und CM-Messung
- 4 KRL-Messung - Grundlagen
- 5 Feuchtemessung-Messung und Belegreife - Harte Fakten
- 6 Zusammenfassung



1 Einleitung

KRL-Methode

- Bearbeitet durch die TKB seit 2009
- Ausgangspunkte:
 - o Feuchteschäden bei „beschleunigten“ Estrichen
 - o Unsicherheiten bei der Bewertung von Estrichen mit CEM-II-Zementen
- KRL-Methode = Messung der korrespondierenden relativen Luftfeuchte
= Bestimmung der Material-/Baustofffeuchte
- Materialfeuchtebestimmung ist am Bau in D bewährt
(Schimmel, Ausgleichsfeuchte)
- Materialfeuchtebestimmung ist am Boden weltweit etabliert
- Materialfeuchtebestimmung am Boden ist in D noch unüblich



Aktuelle Situation

- Die KRL-Methode ist wissenschaftlich fundiert und genormt
- Die KRL-Methode wird teilweise kontrovers diskutiert

Ziele des Vortrags

- Grundlagen für Feuchteschäden aufzeigen
- Neues Wissen zur Feuchte-Messung vermitteln
- Funktionsweise der KRL-Messung darlegen
- Feuchte in Untergründen sicher bewerten können
- Mögliche Auswirkungen auf die Fliesenverlegung aufzeigen



2 Norm-Situation

Estrich - Belegreife als Estrichabnahme-Kriterium

DEUTSCHE NORM

Februar 2021

	DIN 18560-1	
--	-------------	---

Wird ein Estrich mit einem Bodenbelag versehen, darf dessen Verlegung erst dann erfolgen, wenn der Estrich seine Belegreife erreicht hat. Die Beurteilung der Belegreife des Estrichs muss unmittelbar vor der Verlegung des Oberbelages erfolgen.

Die Messung des Feuchtegehalts zur Beurteilung der Belegreife auf der Baustelle erfolgt durch die Calciumcarbid-Methode (siehe auch Anhang A).

Alternative Messmethoden (z.B. dielektrische, hygrometrische Methoden, KRL) können ggf. zur Vorprüfung und zur Eingrenzung feuchter Flächen dienen.



Parkett

DEUTSCHE NORM

September 2016

DIN 18356

DIN**Bodenbeläge**

DEUTSCHE NORM

September 2016

DIN 18365

DIN**3.1.1 Als Bedenken nach § 4 Abs. 3 VOB/B können insbesondere in Betracht kommen:**

— nicht genügend trockener Untergrund hinsichtlich der Belegreife,

— nicht genügend trockener Untergrund nach DIN 18560 (alle Teile) „Estriche im Bauwesen“,

Fliesen und Platten

DEUTSCHE NORM

September 2019

DIN 18352

DIN

— ungeeignete Beschaffenheit des Untergrundes, z. B. grobe Verunreinigungen, fehlerhafte Abdichtungen, Ausblühungen, zu glatte, zu feuchte, verölte oder gefrorene Ansetz- und Verlegeflächen, Risse,

3.2.3 Ansetzen und Verlegen im Dünnbett

Für das Ansetzen und Verlegen im Dünnbett gelten:

DIN 18157-1

Ausführung von Bekleidungen und Belägen im Dünnbettverfahren — Teil 1: Zementhaltige Mörtel

Fliesen und Platten

DEUTSCHE NORM

April 2017

DIN 18157-1

DIN

Die Fliesenarbeiten sind nicht vor 28 Tagen und im Innenbereich bei einem Feuchtegehalt $\leq 2,0\%$ bis $2,5\%$, gemessen nach CM-Methode, auszuführen.

Bei beheizten Estrichen ist die Belegreife bei einer Restfeuchte $\leq 0,3\%$, bei unbeheizten bei einer Restfeuchte $\leq 0,5\%$, jeweils gemessen nach CM-Methode, gegeben.

Bestimmung der feuchtebezogenen Belegreife von Untergründen

KRL-Messung: DIN EN 17668 (Genormt)

CM-Messung: Anerkannte Regel der Technik (Nicht genormt)

Elektronische Prüfung: Orientierende Prüfung

Diskussion:

- Genormte Methode legt Schluss auf a. R. d. T. nahe
- Erfüllt der Verleger bei der Feuchtemessung nach KRL-Methode seine Prüfpflicht korrekt?



DEUTSCHE NORM		November 2022
	DIN EN 17668	<u>DIN</u>
ICS 83.180		
Klebstoffe für Bodenbeläge – Vorbereitung der Klebstoffanwendung – Prüfverfahren zur Bestimmung der korrespondierenden Luftfeuchte von mineralischen Untergründen; Deutsche Fassung EN 17668:2022		

KRL-Messung - Aktueller Status

Möglichkeiten

- CT und CA Estriche können zuverlässig bewertet werden

Grenzen

- Für Calciumsulfatestriche liegen bisher wenige Untersuchungen/Praxiserfahrungen vor
- Bewertung der Belegreife von Untergründen mit hochreaktiven Bindemitteln (Schnellzementestriche, Spachtelmassen)
- Nur begrenzte Auswahl geeigneter Messgeräte verfügbar



CM-Messung - Aktueller Status

Möglichkeiten

- „Übliche“ Zementestriche (CT) können zuverlässig bewertet werden
- Calciumsulfatestriche (CA) gelten bei den bisherigen Grenzwerten als sicher belegbar

Grenzen

- Bewertung der CM-Messung bei „beschleunigten“ CT
- Bewertung „magerer“ CT
- Bewertung von CT mit CEM-II/III-Zementen
- Fehlen einer baustellengerechten Alternative zur CM-Messung



3 Messprinzipien der KRL- und CM-Messung

Voraussetzungen für das Auftreten von feuchtebedingten Schäden (Hierarchie)

- Allgemein

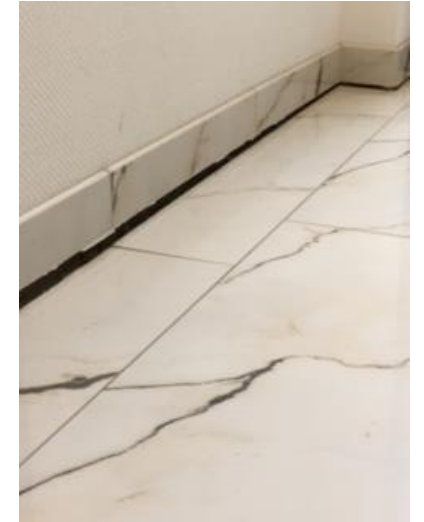
1. Die Feuchte muss durch die **offene Oberfläche** in den verlegten Boden gelangen
 2. Der **Wasserdampfdruck** im Untergrund muss ausreichend hoch sein (KRL-Messung)
 3. Die **Wassermenge** muss ausreichen, um einen Schaden zu verursachen (CM-Messung)
- Sind alle drei Voraussetzungen gegeben kann ein Schaden auftreten



Voraussetzungen für das Auftreten von feuchtebedingten Schäden

- Sonderfall Fliesen und Platten

- Die Belegreife ist erreicht, wenn die Festigkeit ausreichend hoch und die Schwindung/Verformung ausreichend abgeklungen ist
 - Festigkeit und Schwindung werden nicht direkt gemessen, sondern über die Bestimmung des Feuchtegehalts abgeschätzt
 - „Feuchte“-Schäden treten indirekt auf
 - Als Folge von Verformungen (CT)
 - Als Folge von Restschwinden (CA)
- Feuchtezustand und Verformungs/Schwindungs/Festigkeits-Potenzial korrelieren **nicht** direkt
- Feuchtebezogene Belegreifgrenzwerte dienen als Indikator für das Risiko für diese Schäden
- Der Zusammenhang Feuchte zu Verformung/Restschwinden ist nur empirisch/gefühl



Messprinzip der KRL-Messung

Bestimmung des Wasserdampfdrucks als relative Luftfeuchte (**Hierarchiestufe 2**)

→ Direkte Bestimmung des Feuchtezustands (Belegreife)

→ Gemessen wird der Druck, mit dem das Wasser aus der Probe herauskommt

Messprinzip der CM-Messung

Bestimmung der Wassermenge als %-Gehalt (**Hierarchiestufe 3**)

→ Feuchtezustand (Belegreife) wird indirekt ermittelt (über Sorptionsisotherme)

→ Gemessen wird das Wasser, das in der Probe ist

Es gibt keine allgemeingültige Korrelation zwischen CM- und KRL-Wert

-

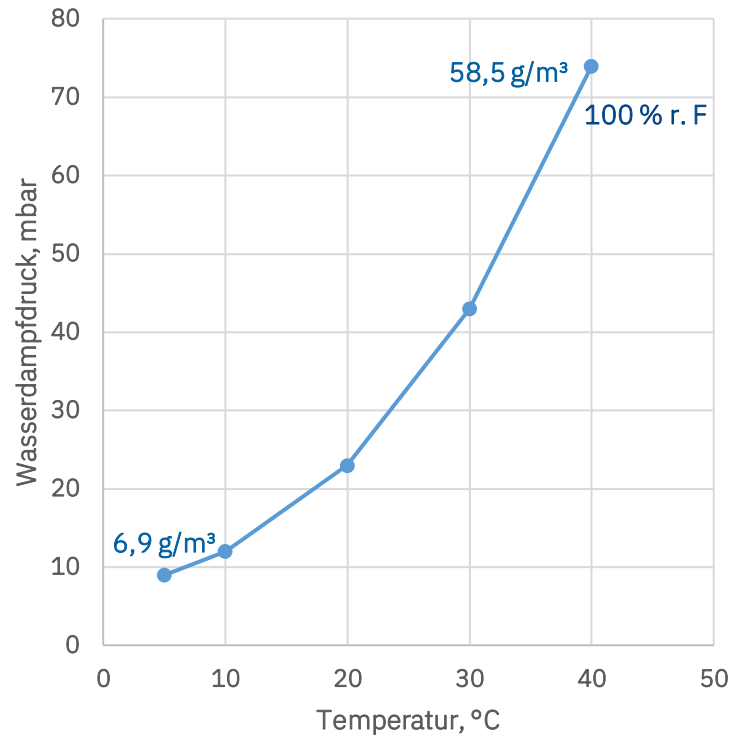


Vergleich Feuchte/Elektrizität

	Menge	Wirkung
Wasser/Feuchte	CM-Messung	KRL-Messung
	Wassergehalt (%)	Dampfdruck bzw. rel. Luftfeuchte (% r. F.)
Elektrizität	Stromstärke (A)	Spannung (V)

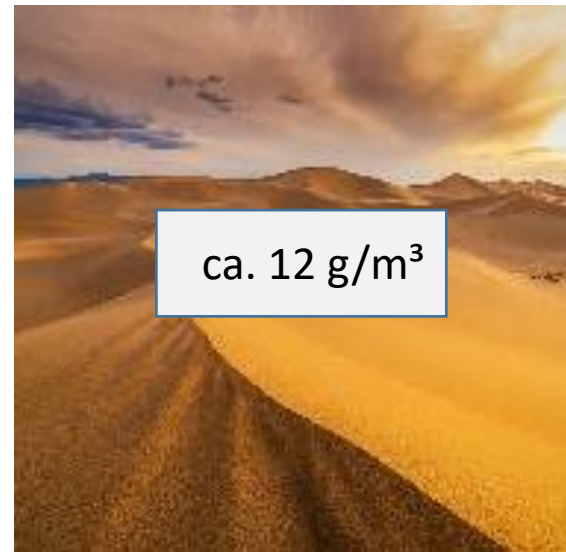


4 KRL-Messung - Grundlagen



Wüstenklima

40 °C // 20 % r. F.



„Schmuddelwetter“

5 °C // 80 % r. F.



Der absolute Feuchtegehalt der Luft ist im Wüstenklima doppelt so hoch wie bei „Schmuddelwetter“

→ Die Intuition kann trügen!

KRL-Messung - Aussagekraft

Die KRL-Messung zeigt, ob ein Feuchteschaden möglich ist (Hierarchiestufe 2)

→ Unterschreitung des Grenzwerts verhindert **immer(!)** Feuchteschäden

→ Der Feuchtezustand und das Verformungspotenzial korrelieren **nicht** direkt

Die KRL-Messung ist **materialunabhängig** (Wie eine Temperaturmessung)

→ Die Bewertung der KRL-Messung kann **materialabhängig** sein

(Bei einem neueingebrachten Estrich verändern sich die Materialeigenschaften im Zeitverlauf)



Belegreife-Grenzwerte (TKB-Merkblatt 18)

Unbeheizte Estriche 80% r. F.

Beheizte Estriche 75% r. F.

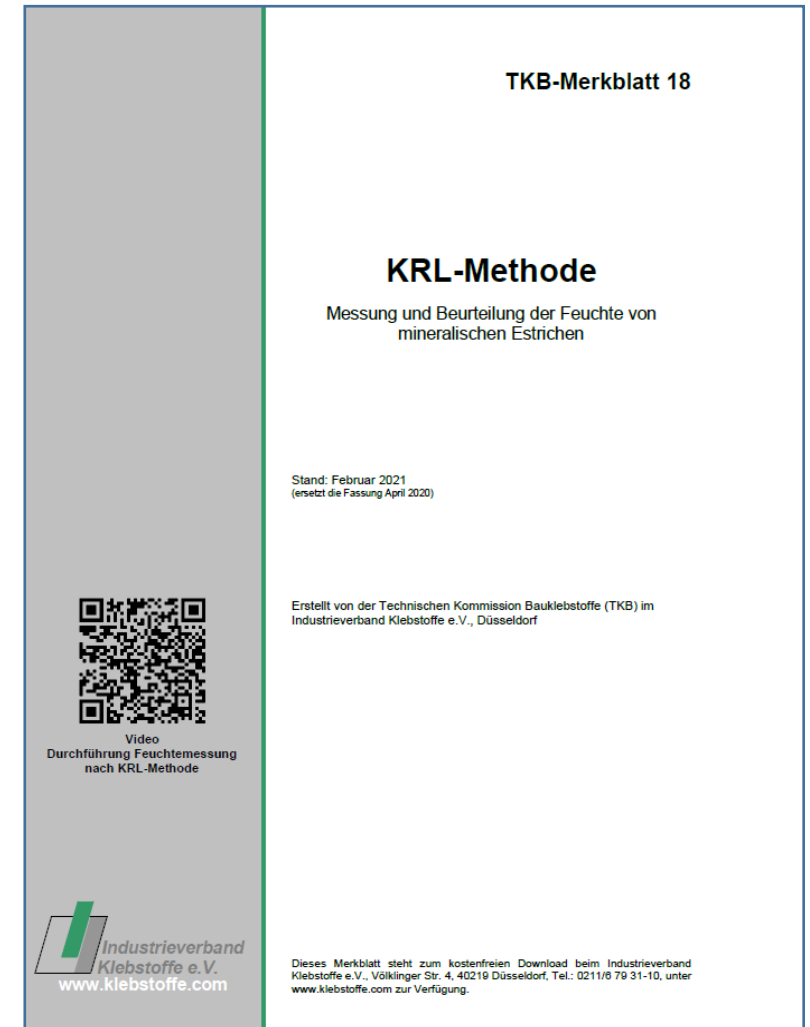
Grenzwerte gelten für **alle** mineralischen Estriche!

Grenzwerte sind **immer** sicher!

Zementestriche:

Grenzwerte sind praxisbewährt

Grenzwerte entsprechen bei üblichen CT 2,0/1,8 CM-%

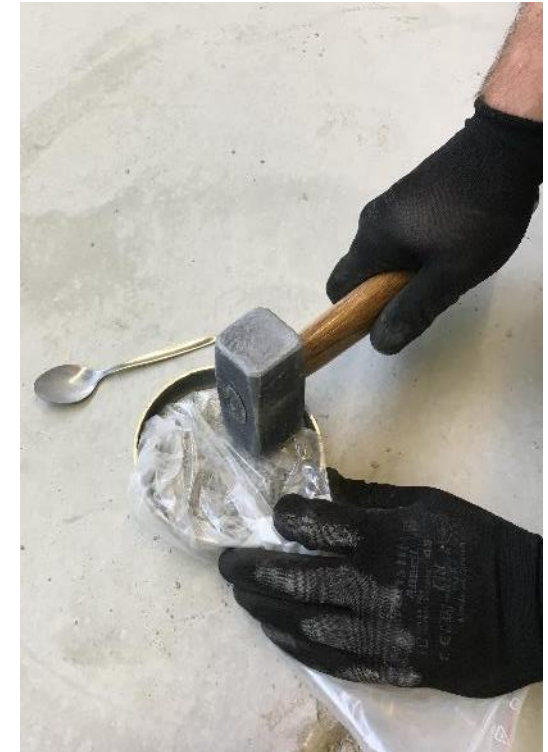
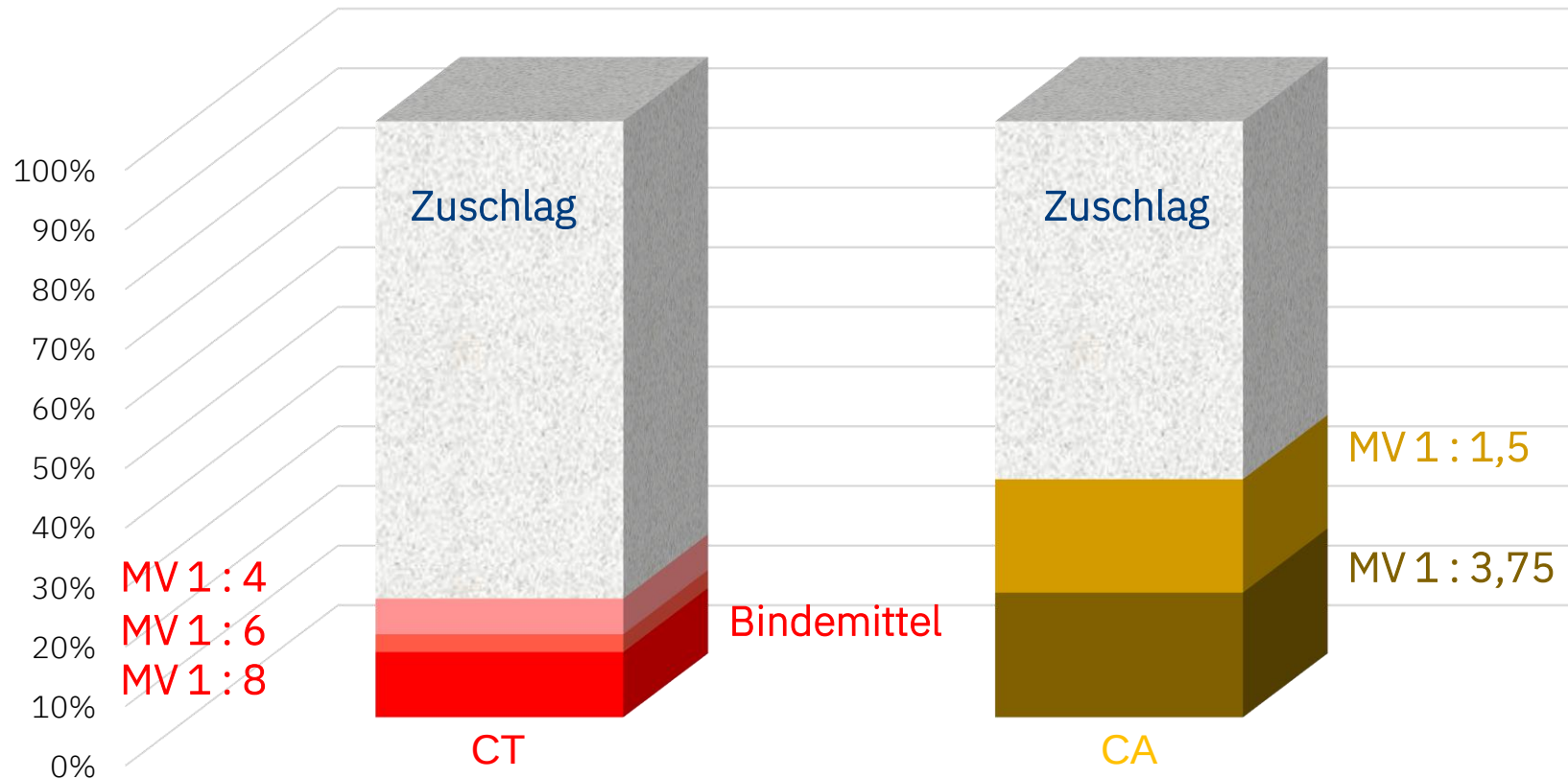


5 Feuchtemessung und Belegreife - Harte Fakten

Belegreife:

CT - 2,0 CM-%

CA/CAF - 0,5 CM-%



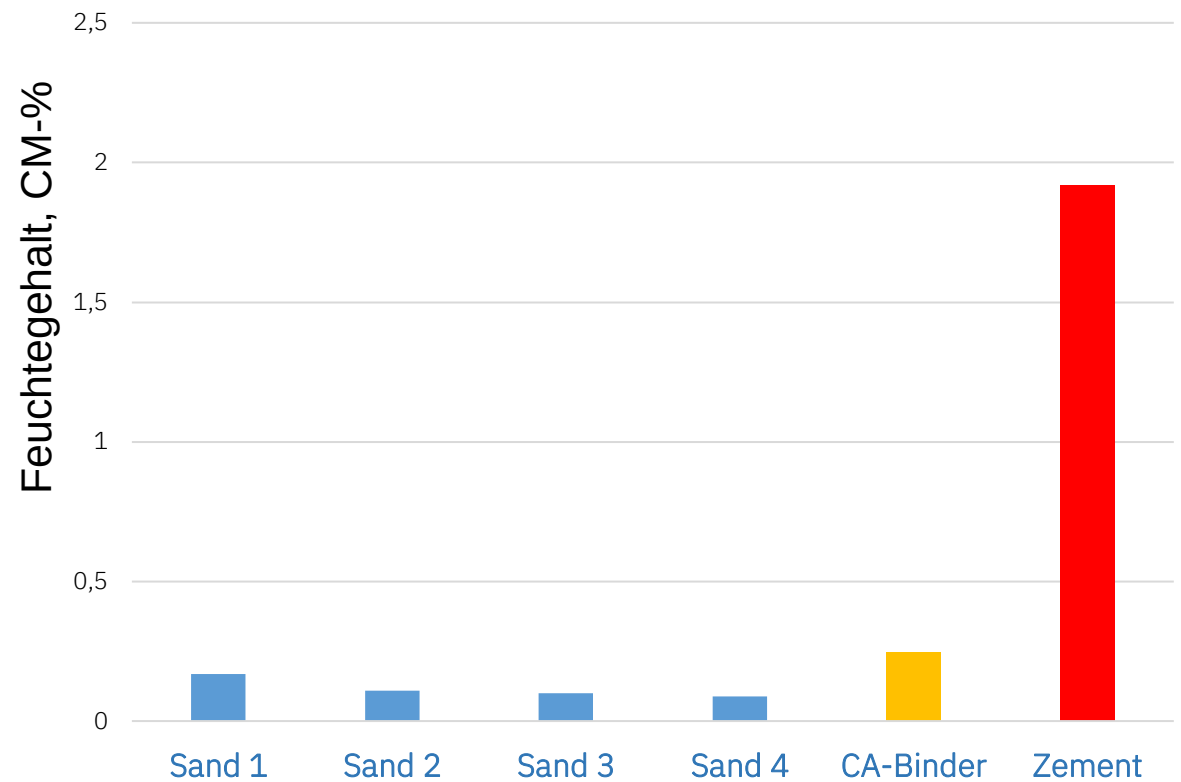
Bestandteile von üblichen mineralischen Estrichen

Estrich = Bindemittel + Sand



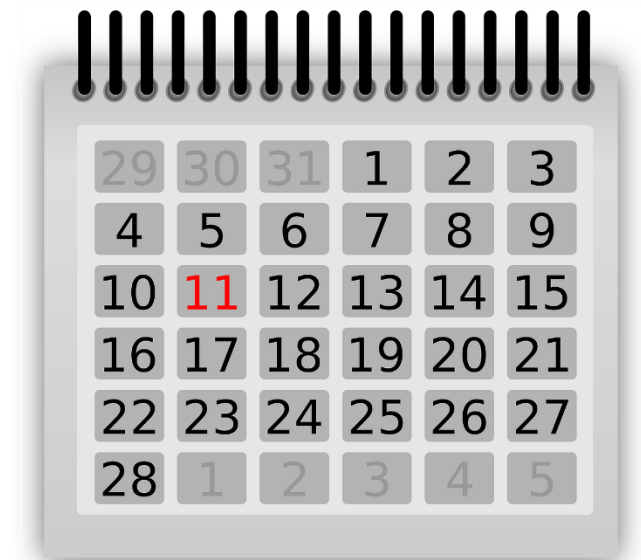
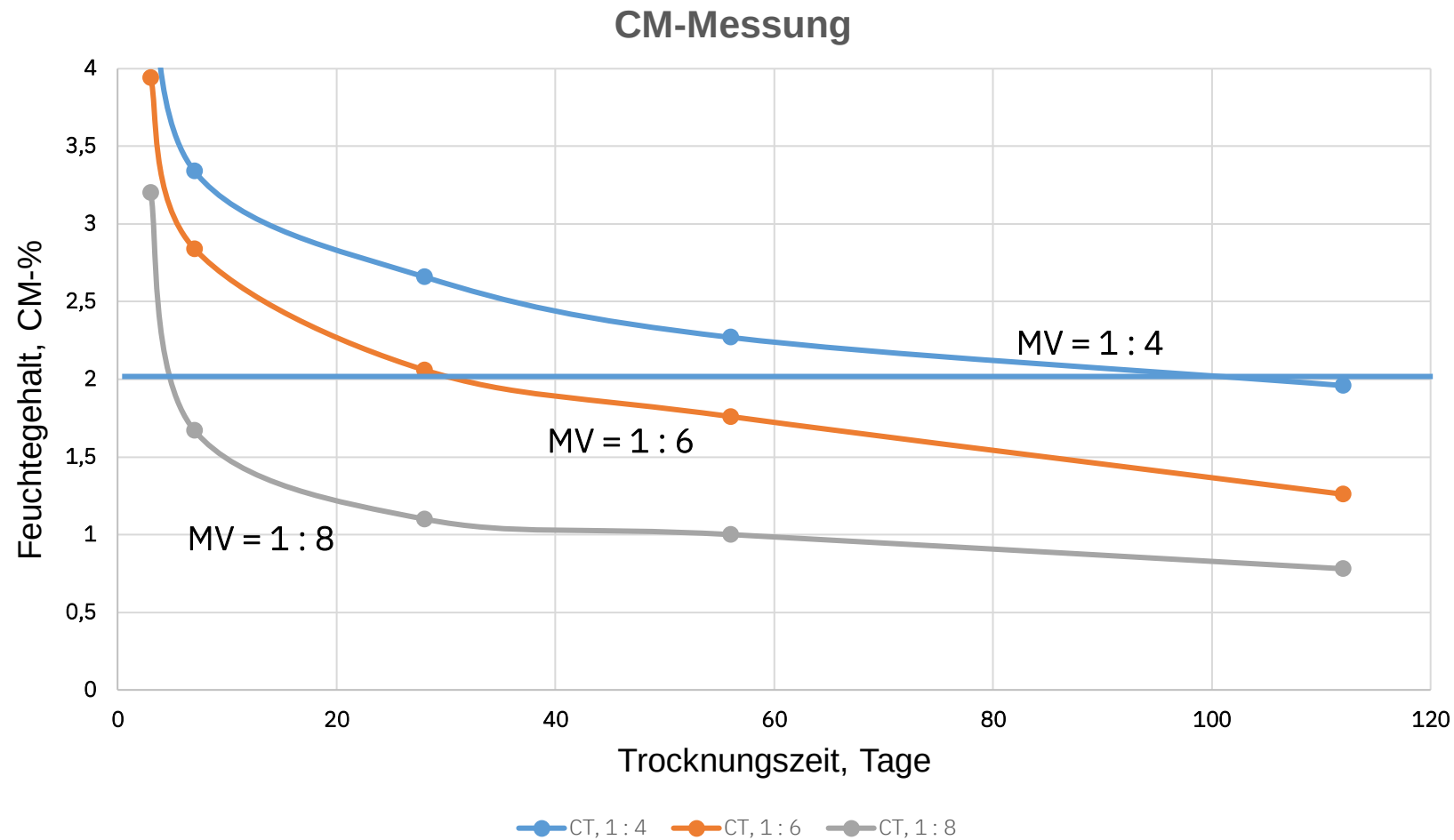
Beispiel Zementestrich, MV 1 : 6

Feuchtegehalte Zuschlag/Bindemittel
Trocknungszeit: 28 Tage, 20 °C/40 % r. F.



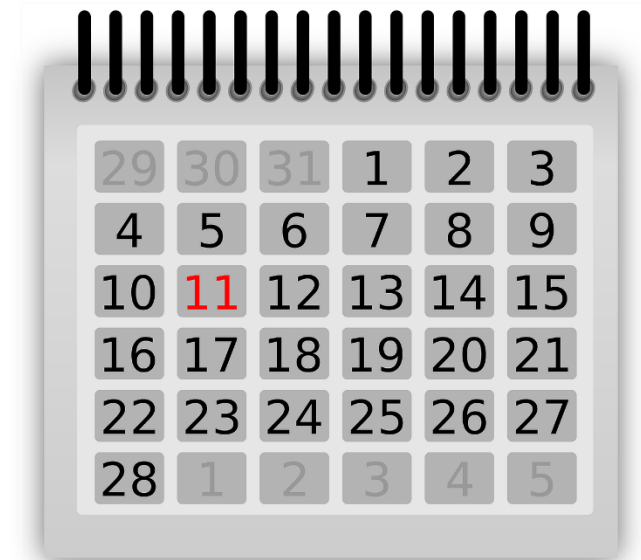
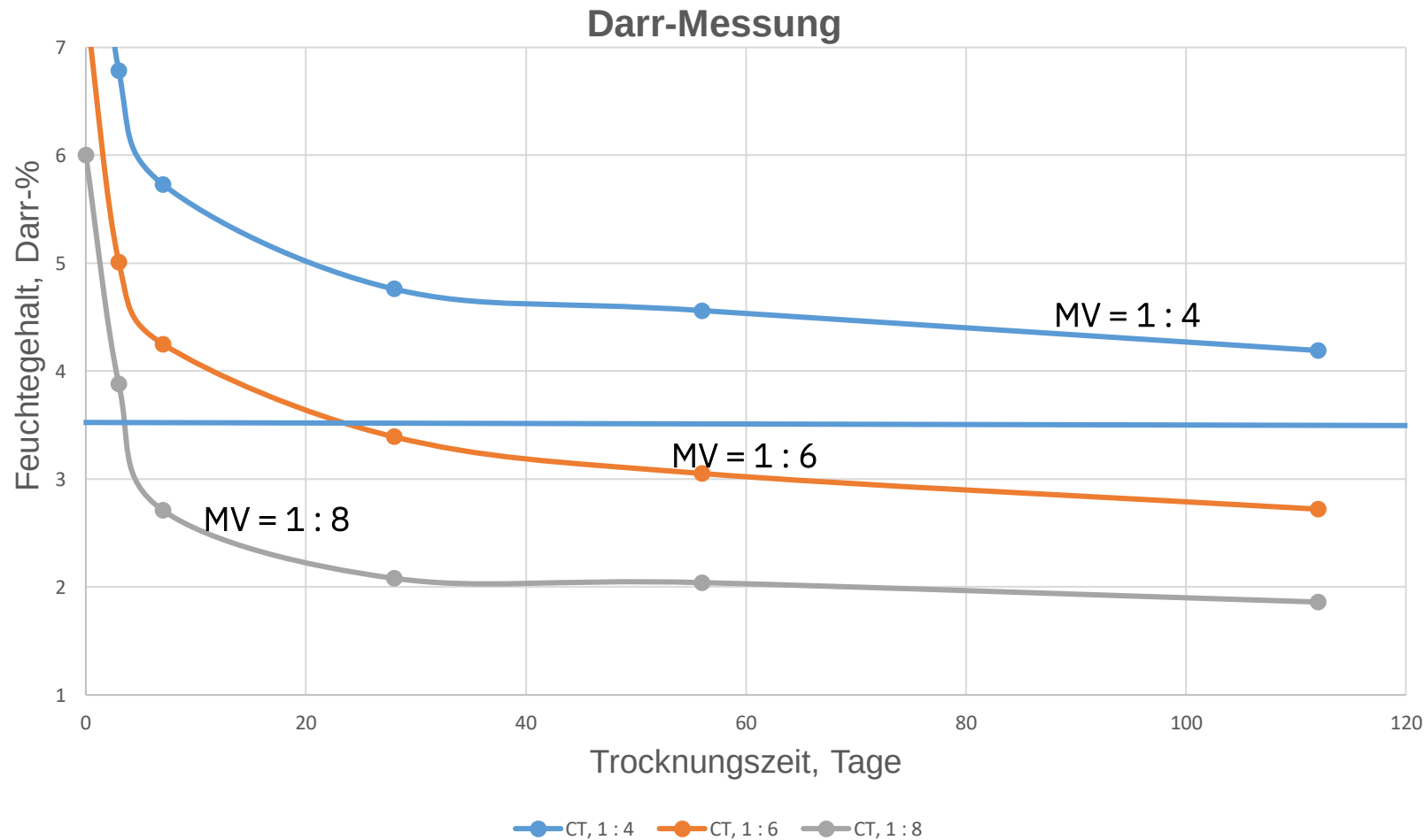
CA-Binder bindet mehr Wasser als Sand und bindet erheblich weniger Wasser als Zement

Trocknungsverhalten von Zementestrichen (IBF 2019)



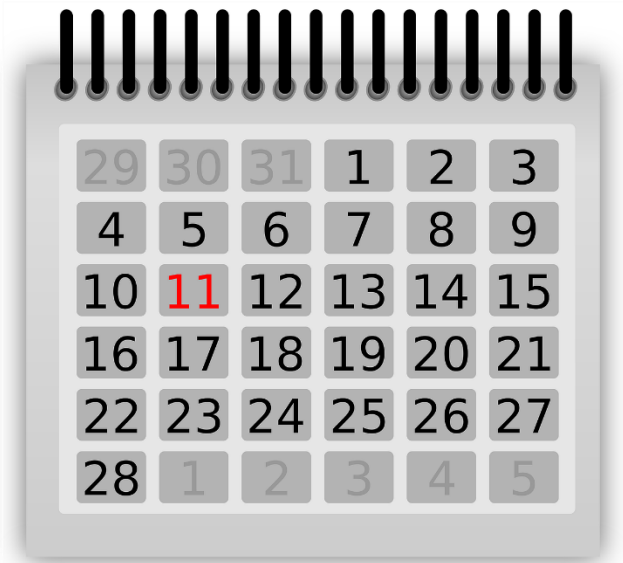
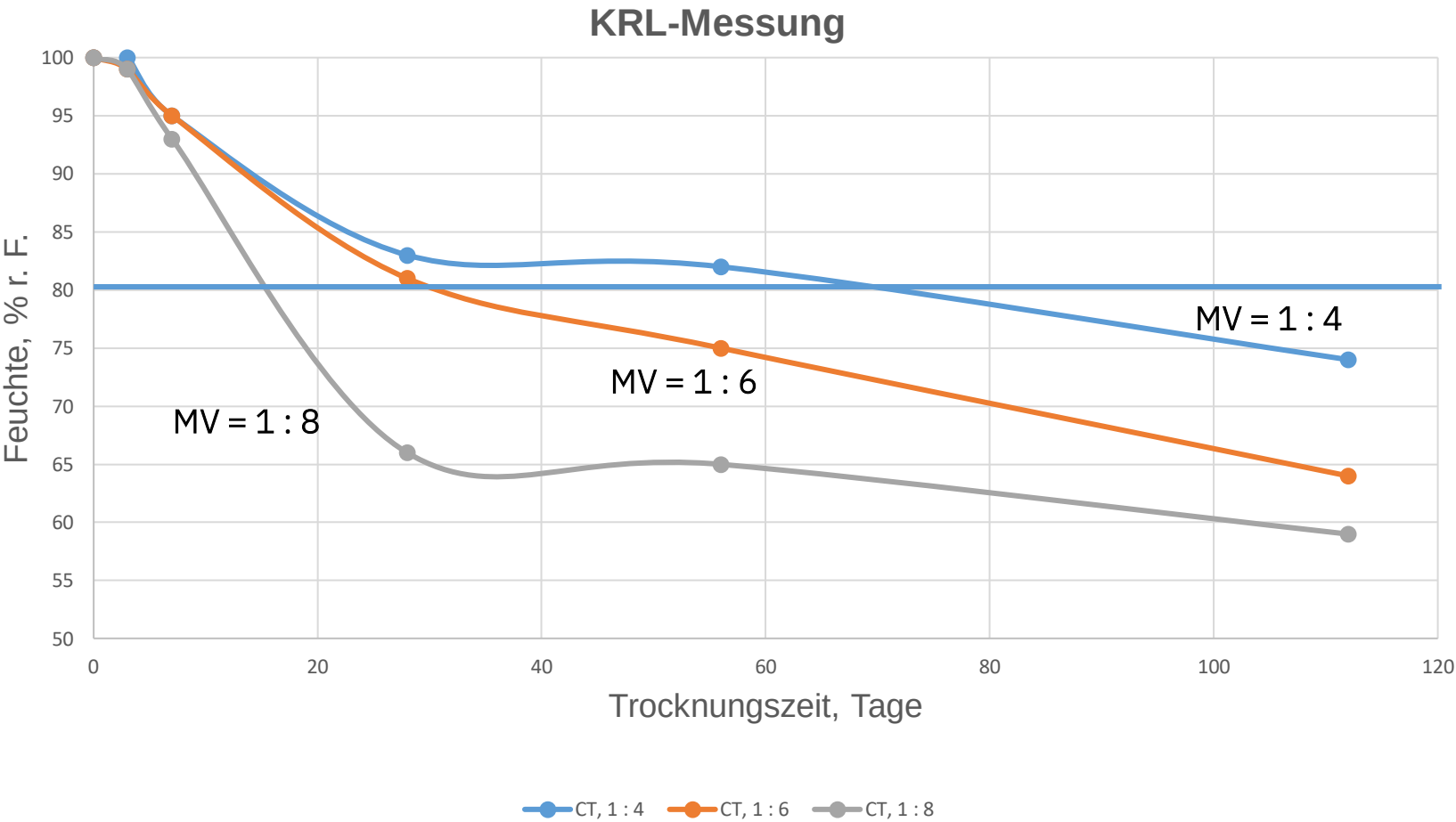
Quelle: IBF-Bericht M106/18, <https://www.ibf-troisdorf.de/files/M106-18sKRL-Methode.pdf>, eigene Darstellung

Trocknungsverhalten von Zementestrichen (IBF 2019)



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

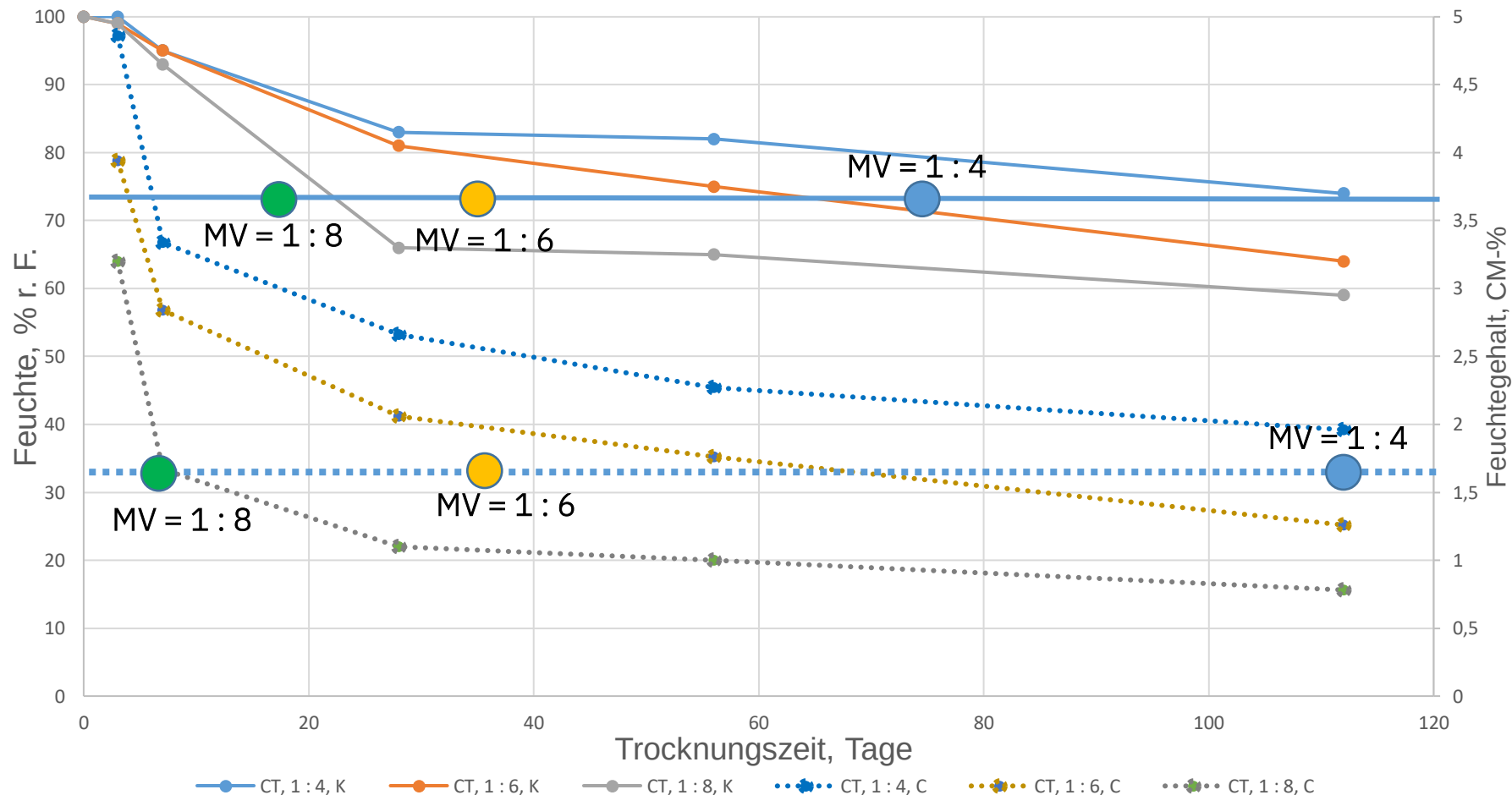
Trocknungsverhalten von Zementestrichen (IBF 2019)



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

Trocknungsverhalten von Zementestrichen (IBF 2019)

Vergleich KRL-/CM-Messung



Vergleich KRL-/CM-Messung

MV 1 : 6

Wartezeit bis zur Belegreife ist bei beiden Verfahren gleich lang

MV 1 : 4

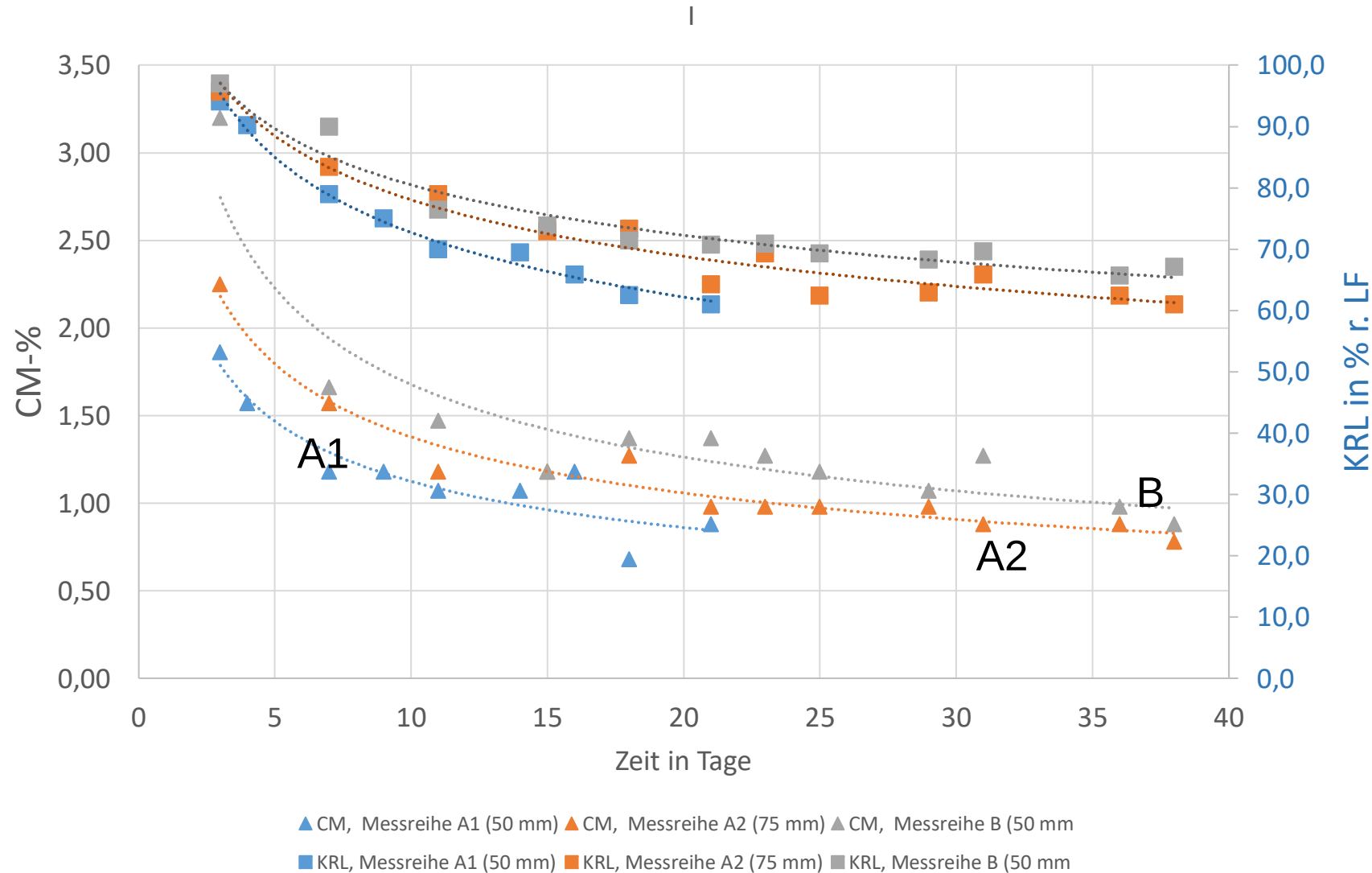
Wartezeit bis zur Belegreife ist bei KRL-Messung deutlich kürzer

MV 1 : 8

Wartezeit bis zur Belegreife ist bei KRL-Messung deutlich länger

● ● ● = Belegreife

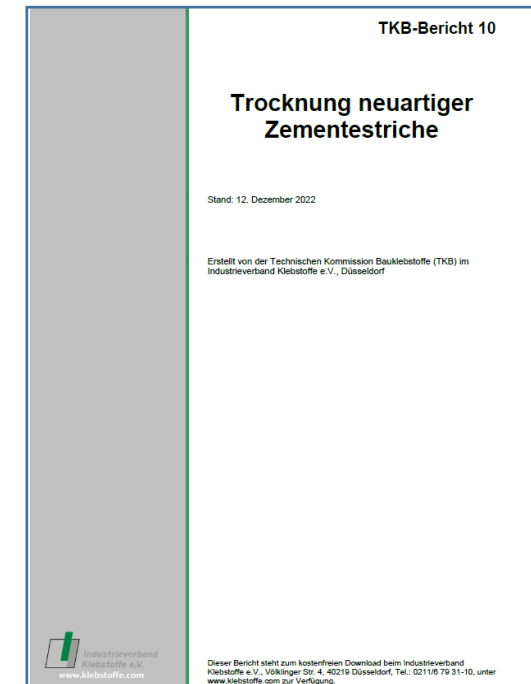
Trocknungsverhalten von mageren Zementestrichen (TKB 2022)



A1 = MV 1 : 7,5, 50 mm

A2 = MV 1 : 7,5, 75 mm

B = MV 1 : 6, 50 mm



Trocknungszeiten bis zur Belegreife bei Zementestrichen



Nach DIN 18560 soll der Zementgehalt in Zementestrich möglichst niedrig sein

→ Niedriger Zementgehalt im Estrich führt zu geringeren Spannungen/Verformungen

Der Vergleich der Trocknungszeiten bis zur Belegreife zwischen KRL- und CM-Messung zeigt

- Bei heute üblichen Zementgehalten (MV 1 : 6) sind die Trocknungszeiten etwa gleich
- Bei zementreichen Estrichen sind die Trocknungszeiten bei der KRL-Messung deutlich kürzer
- Bei zementarmen („mageren“) Estrichen sind die Trocknungszeiten bei der KRL-Messung deutlich länger

Zementarme Estriche weisen nach CM-Messung teilweise extrem kurze Trocknungszeiten auf

→ Festigkeitsaufbau/Spannungsabbau sind zu diesem Zeitpunkt bei weitem nicht beendet

→ Damit erhöht sich das Schadensrisiko für Fliesen



Bedeutung für die CM-Messung

- Die Belegreife wäre abhängig vom Zementgehalt festzulegen (Unpraktikabel)
- Ein Grenzwert für alle CT ist unzutreffend
- Heute **übliche** Zementestriche besitzen ein Mischungsverhältnis von 1 : 6
 - Diese Estriche sind bei 2,0/1,8 CM-% **sicher** belegbar
- CT mit **höherem** Zementgehalt erlauben theoretisch höhere CM-Werte als Belegreifgrenzwerte
 - Diese Estriche sind bei 2,0/1,8 CM-% **sicher** belegbar
 - Deren Trocknungsdauer ist deutlich länger



Bedeutung für die CM-Messung (Fortsetzung)

- CT mit **geringerem** Zementgehalt („Magere CT, MV 1 : $\geq 7,5$) sind erst bei niedrigeren CM-Werten belegreif

→ Solche Estriche sind bei 2,0/1,8 CM-% **nicht sicher** belegbar

→ Solche Estriche sind für den Boden-, Parkett- und Fliesenleger nicht erkennbar

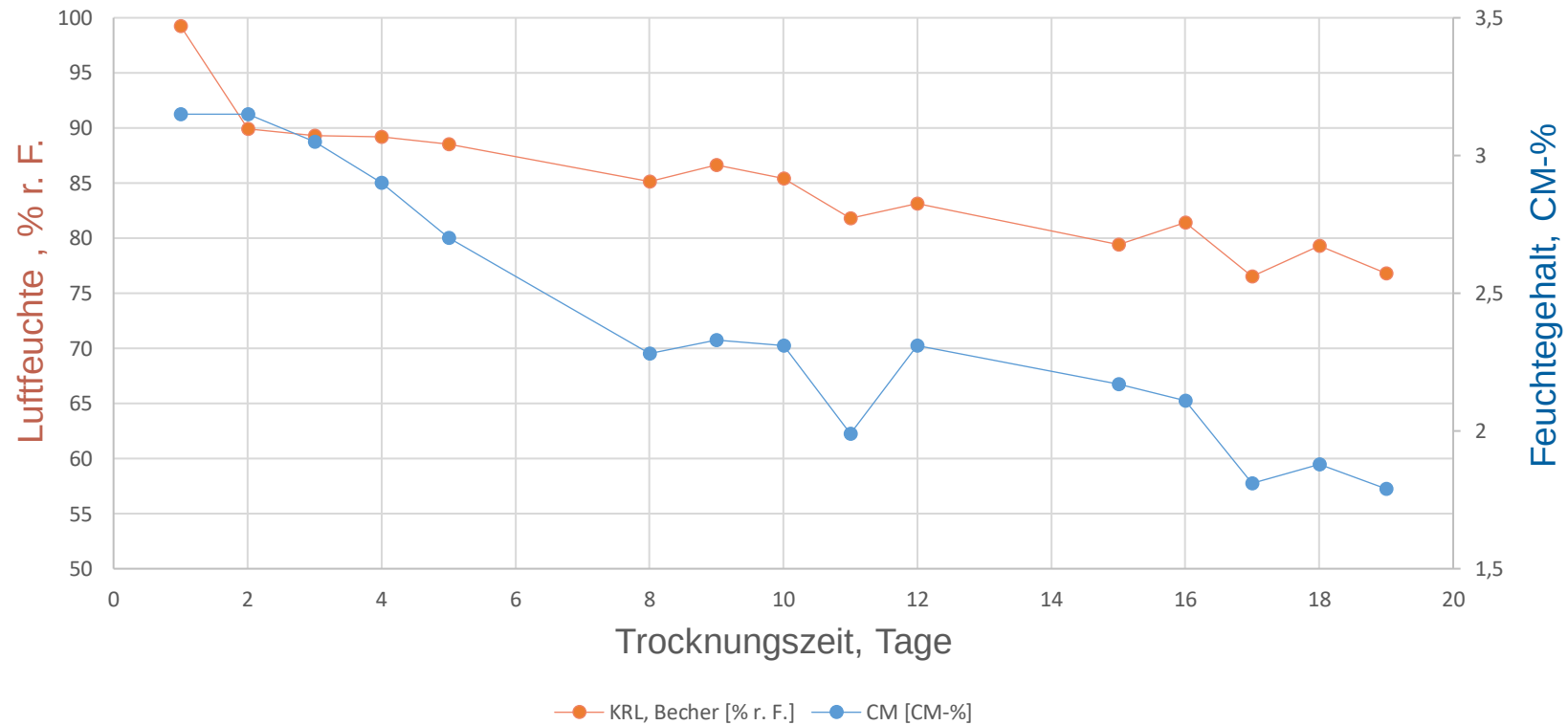
Schwankungen im Zementgehalt der Estrichprobe führen zu relativ hohen Messwertschwankungen

→ Die Messfehler bei der CM-Messungen sind relativ hoch

Hinweis: Die CM-Messung erfordert den Umgang mit einem Gefahrstoff - mit allen Folgen



Messfehler bei der CM-Messung - CT, MV = 1 : 6



Messfehler: **KRL: 2,9 %** // **CM: 8,0 %**

Siehe auch TKB-Bericht 8

BEB-SV-Treffen, 2022 // IBF-Forschungsbericht Nr. M 153/21

Untersuchung klinkereffizienter Zemente



Ergebnisse zur CM-Messung

	Zemente, bisher	Zemente, neu
ca. 2 CM-% erreicht nach	21 Tage	32 Tage
Ausgleichfeuchte, 20/65	0,8 CM-%	1,1 CM-%
Ausgleichfeuchte, 23/50	0,8 CM-%	1 CM-%

Fazit zur Feuchtemessung nach CM-Methode

Zusammenfassende Bewertung	Anmerkungen
Keine Abweichungen	CM-Messung bei CT mit klinkereffizienten Zementen uneingeschränkt möglich Belegreifgrenzwert $\leq 2\%$ anwendbar



Ausgabe 1/2 2023

VDZ Betontechnische Berichte (Jochen Reiners, Christoph Müller):

- „Aufgrund ihrer Sorptionsisotherme liegt die absolute Ausgleichsfeuchte von Zementestrichen mit hüttensandhaltigen Zementen höher als die mit Portlandzement“
- „Soll die absolute (CM-) Feuchte von Zementestrichen auch in Zukunft als Maßstab für die Belegreife herangezogen werden, so sollten in Abhängigkeit von der Zementart unterschiedliche Grenzwerte festgelegt werden“
- „Die Messung der relativen Feuchte von Estrichen erscheint gut geeignet, um zu beurteilen, ob die Belegreife eines Zementestrichs erreicht ist“

6 Zusammenfassung

- KRL-Messung = Genormt, Stand der Technik
- CM-Messung = Anerkannte Regel der Technik
- CM-Messung ist sicher bei üblichen Zementestrichen
- CM-Messung ist bei „beschleunigten“ Zementestrichen nicht aussagekräftig
- „Magere“ Zementestriche sind bei CM-Messung nicht erkennbar/risikobehaftet
- Messungengenauigkeit ist bei CM-Messung von Zementestrichen relativ hoch
- Der Feuchtezustand bzw. -gehalt und das Verformungs-/Schwindungs-/Festigkeits-Potenzial korrelieren **nicht** direkt
- CM-Messung ist bei Calciumsulfatestrichen eine bewährte Methode



Zusammenfassung (Fortsetzung)

- Die KRL-Messung ist bei allen(!) neu verlegten Estricharten sicher
- Die KRL-Messung bietet dem Verleger höhere Sicherheit vor Feuchteschäden bzw. Schäden durch Verformungen/Restschwinden
- Die KRL-Messung zeigt sicher die Belegreife bei „beschleunigten“ Zementestrichen an
- Für zementreiche/hochfeste Zementestriche ergeben sich bei der KRL-Messung kürzere Trocknungszeiten bis zur Belegreife
- Für zementarme/magere Zementestriche ergeben sich bei der KRL-Messung längere Trocknungszeiten bis zur Belegreife
- Die KRL-Messung vermeidet den Umgang mit Gefahrstoffen

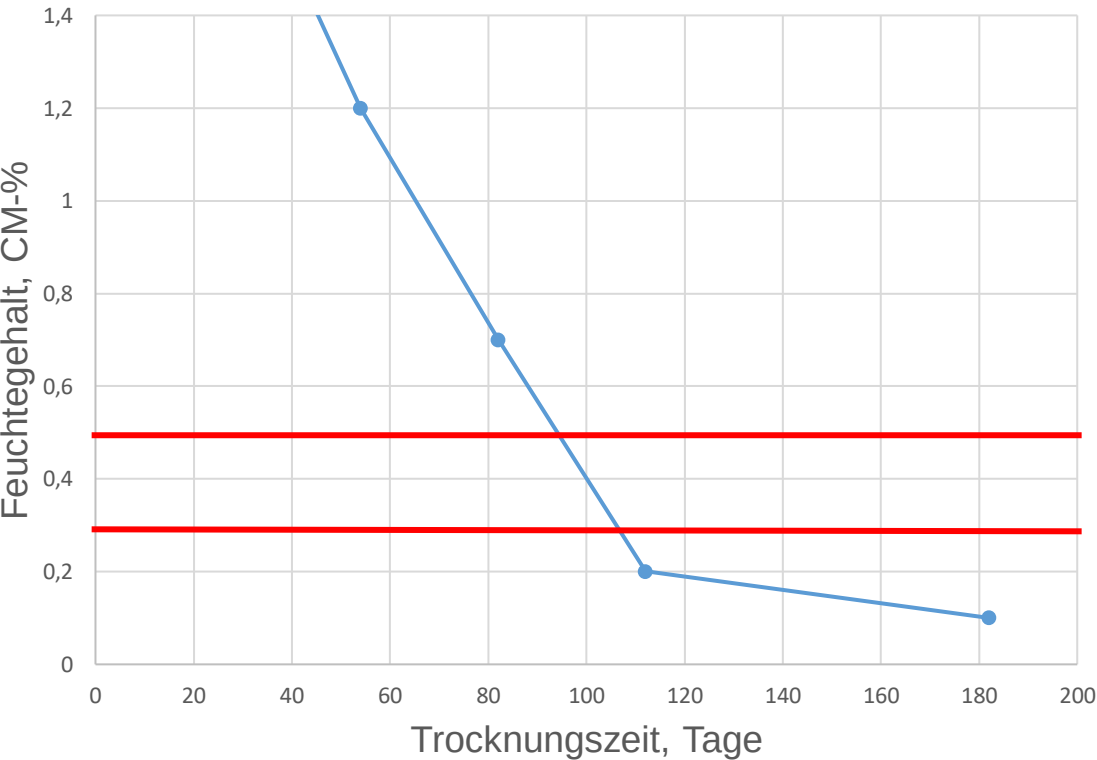


Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

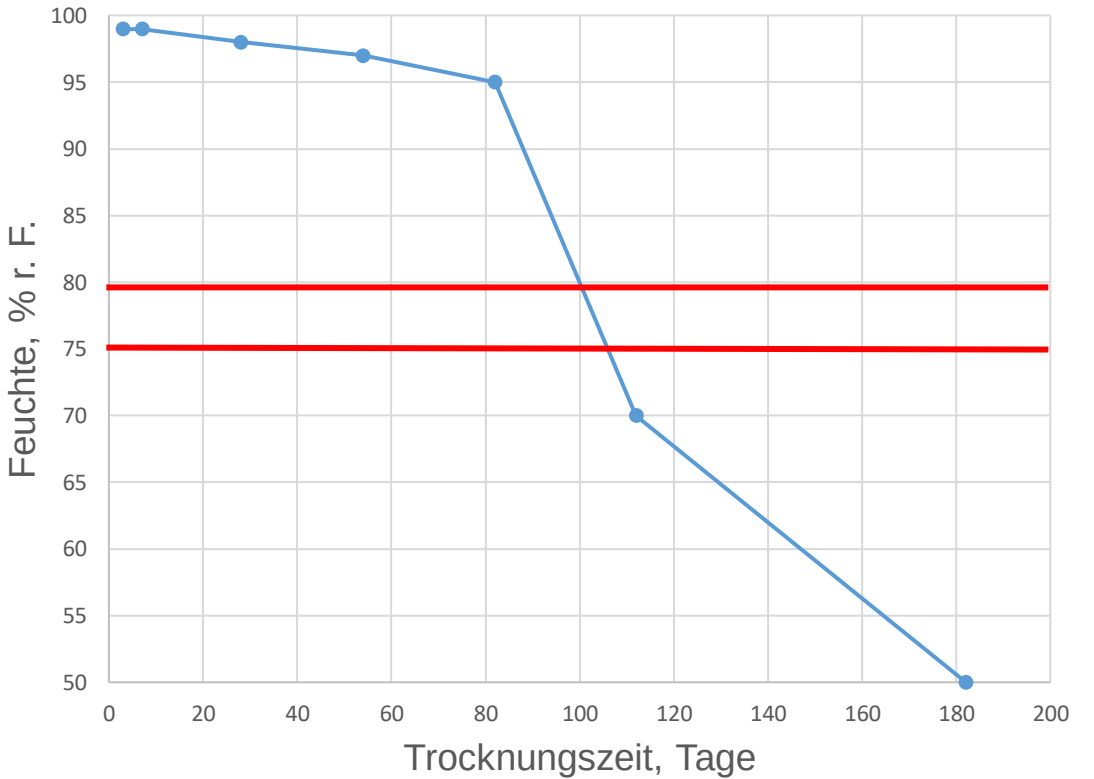


Ergebnisse IBF 2019

CAF - CM-Messung

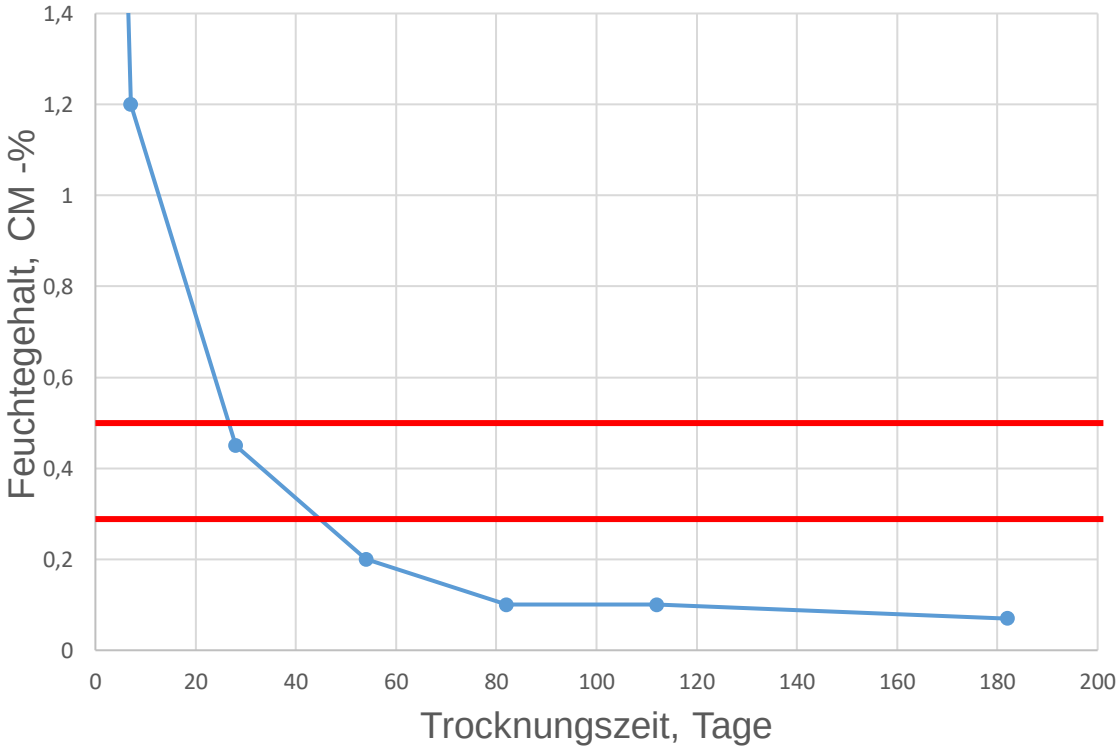


CAF - KRL-Messung

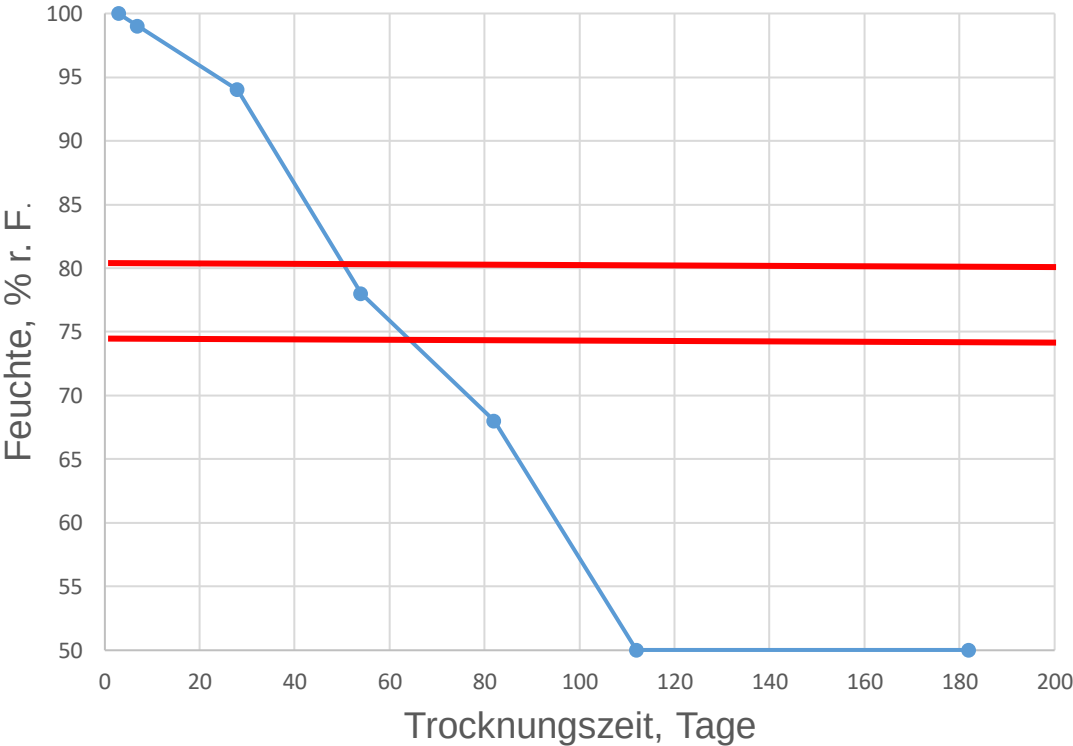


Ergebnisse IBF 2019 - CA

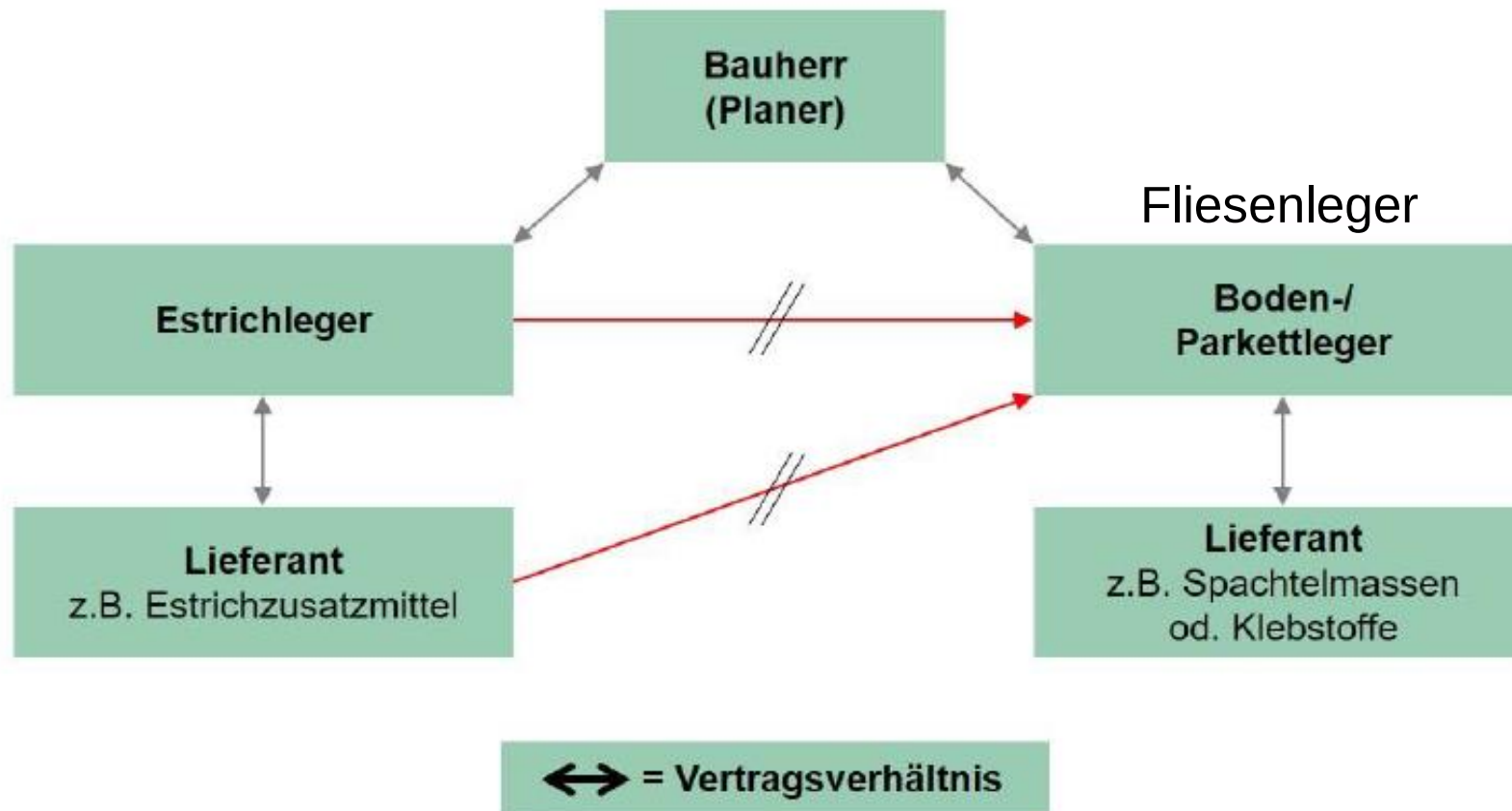
CA - CM-Messung



CA - KRL-Messung



2 Vertragsverhältnisse auf der Baustelle



FACHINFORMATION

BVPF & TKB informieren:

Bedeutung des zeitlichen Ablaufs vom Estricheinbau bis zur Belegreife für Bodenbeläge und Parkett

Ein Untergrund für einen Belag muss so beschaffen sein, dass er für die Aufnahme des vorgesehenen Oberbodens geeignet ist. Die hierfür erforderlichen Eigenschaften werden vom Planer/Auftraggeber vorgegeben und abgenommen.

Ein Untergrund ist dann belegreif, wenn er für die dauerhafte schadens- und mängelfreie Aufnahme dieser Beläge geeignet ist (Schnell, 1994, TKB-Merkblatt 14). Der Untergrund ist vom Auftraggeber belegreif zur Verfügung zu stellen.

Folgende Untergrundeigenschaften müssen u. a. für die Belegreife gegeben sein:

- eine ausreichende Festigkeit,
- ein ausreichender Abbau der Verformung bzw. Spannungen und
- eine ausreichende Trockenheit.

Bei Zement-, Calciumsulfat- und Magnesia-Estrichen ändern sich diese Eigenschaften im Verlauf der Zeit nach dem Einbau.

Sollte die Belegreife für den Auftragnehmer/Verleger bei Abruf der Leistung erkennbar nicht erreicht sein, hat er nach DIN 18356 bzw. DIN 18365 (auch DIN 18352) Bedenken anzumelden.

Fazit:

Der Auftraggeber/Planer hat dem Verleger des Belags als Vorleistung einen belegreifen Untergrund zur Verfügung zu stellen (Obliegenheitspflicht).