

TKB-Bericht 7a

Stand: 11. Mai 2021



Industrieverband
Klebstoffe e.V.

Ein Kommentar zur IBF- Technische Information Nr. 1/2021 vom 22.03.2021

Erstellt von der Technischen Kommission Bauklebstoffe (TKB) im
Industrieverband Klebstoffe e.V., Düsseldorf

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	2
2 Kommentare zu den Kapiteln des IBF Berichts	3
2.1 Calciumsulfat-Estriche	3
2.1.1 Messgenauigkeit.....	3
2.2 Zementestrich mit Spezialzement.....	6
2.3 Zementestrich mit Normalzement	7
2.4 Zusammenfassung des IBF-Berichts	9
3. Zusammenfassende Bewertung	9

1. Einführung

Dieser Kommentar bezieht sich auf die

- IBF-Technische Information Nr. 1/2021¹ vom 22.03.2021, welcher eine Konkretisierung bestimmter Fragestellungen des
- IBF Prüfbericht M106/18 "Untersuchungen zur Überprüfung der Eignung der KRL-Methode zur Ermittlung des Feuchtegehalts von Estrichen", 16.04.2020²

darstellt.

Mit dem Prüfbericht hat sich die TKB intensiv auseinandergesetzt und das Ergebnis im

- TKB Bericht 7 „Eine zusätzliche Auswertung der Messdaten im Bericht des „IBF ,Untersuchungen zur Überprüfung der Eignung der KRL-Methode zur Ermittlung des Feuchte-gehalts von Estrichen““³

publiziert.

Die TKB begrüßt ausdrücklich diese neue Technische Information, da sie einige der von uns aufgenommenen Themen erneut kommentiert und detailliert Stellung nimmt und damit ein fortgesetzter Dialog ermöglicht wird.

Ziel und Zweck der neuen Technischen Information wird zu Anfang des Berichts (2. Absatz) wie folgt definiert:

„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.“

Im Folgenden soll der Bericht kritisch kommentiert werden. Die Gliederung des IBF wird dabei zur leichteren Orientierung beibehalten, allerdings mit einer vorlaufenden „2“, Kapitel 1 der IBF Technischen Information wird also hier in Kapitel 2.1. kommentiert.

¹ IBF-Technische Information Nr. 1/2021 vom 22.03.2021, „Untersuchungen zur Überprüfung der Eignung der KRL-Methode zur Ermittlung des Feuchtegehaltes von Estrichen“

² IBF Institut für Baustoffprüfung und Fußbodenforschung, 1. Ausfertigung, Prüfbericht M-106/18, Auftrag: "Untersuchungen zur Überprüfung der Eignung der KRL-Methode zur Ermittlung des Feuchtegehalts von Estrichen", 16.04.2020. Bezogen über die Homepage des

IBF: <https://www.ibf-troisdorf.de/page.3247.437028.0.0.40.0.de.htm> am 2020-08-05

³ 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“, Technische Kommission Bauklebstoffe im Industrieverband Klebstoffe e.V., 2020

2 Kommentare zu den Kapiteln des IBF Berichts

2.1 Calciumsulfat-Estriche

2.1.1 Messgenauigkeit

Die Diskussion im IBF-Bericht beginnt mit einer neuen Auswertung der CA und CAF Daten des Bericht M16/18. Dazu wird als Bild 1 die Skizze 8 des Berichts gezeigt:

Bild 1

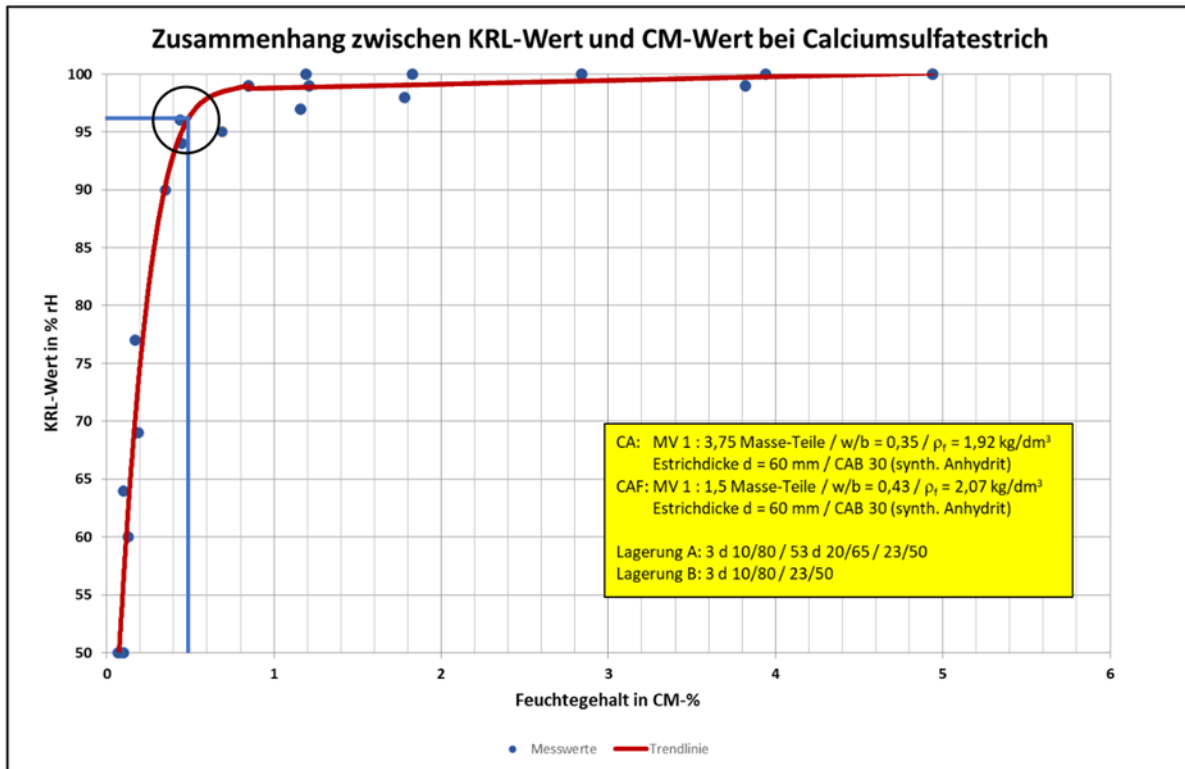


Bild 1: Skizze aus Prüfbericht M 106/18

Bild 1 aus der IBF Technischen Information

im TKB Bericht 7 wurden die gleichen Daten in zwei Bildern (das 2te Bild ist eine Vergrößerung des kritischen Bereiches von 0 bis 2 CM-%) wie folgt dargestellt:

Bild 2

Bild 20

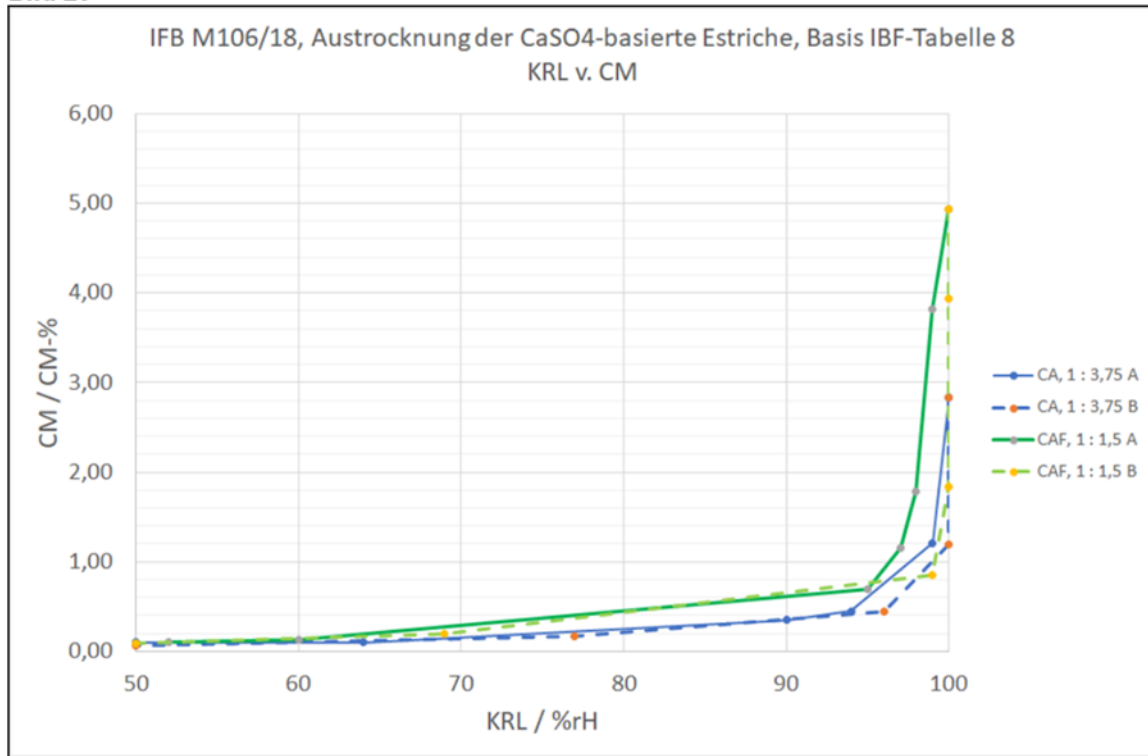


Bild 3

Bild 21

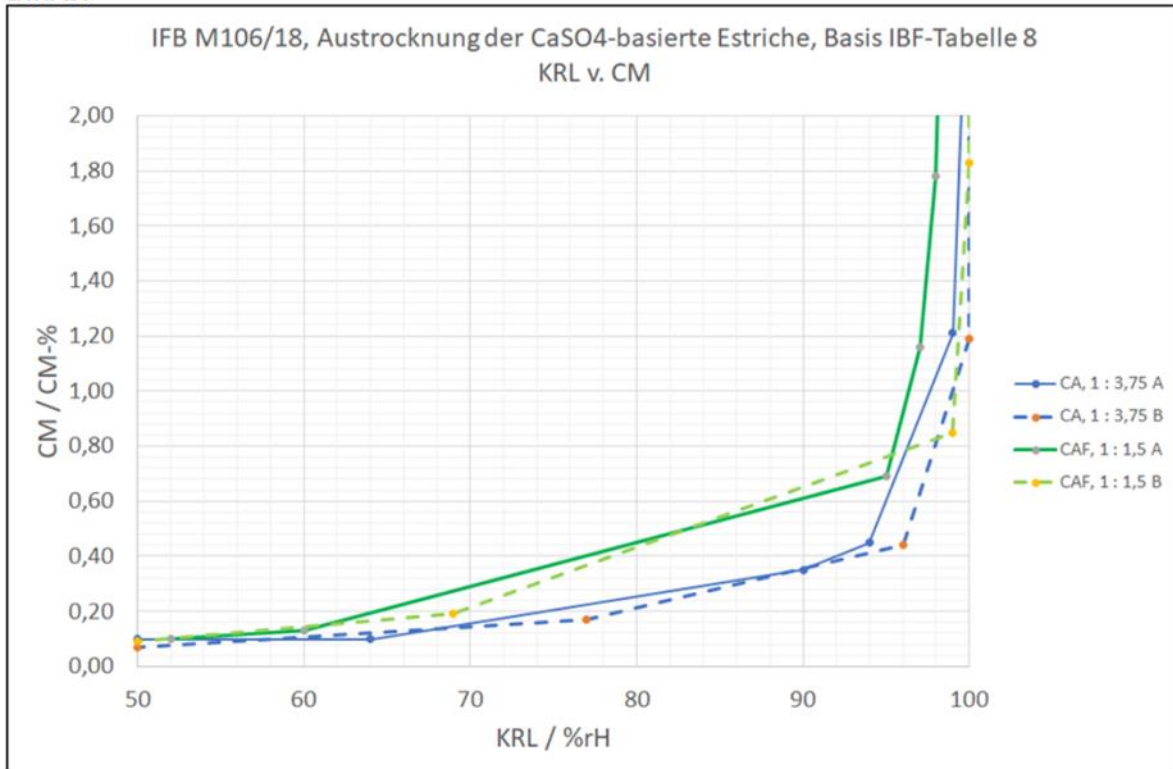


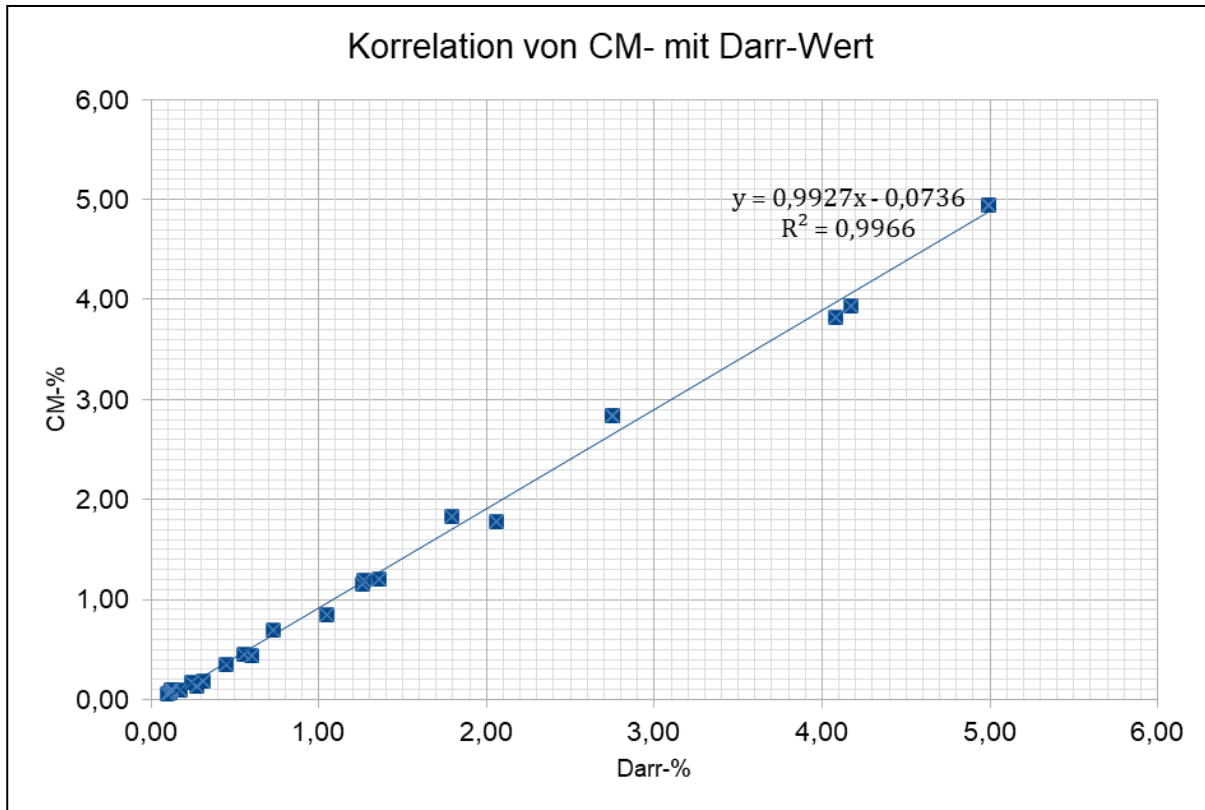
Bild 3: Vergrößerung von Bild 2

Neben dem Vertauschen der Achsen ist der offensichtliche wesentliche Unterschied zwischen diesen Darstellungen, dass das IBF eine Ausgleichskurve für alle Daten und die TKB 4 unterschiedliche Polynome für jeden der einzelnen Datensätze eingezeichnet hat.

Das IBF begründet dies indirekt damit, dass „Dabei war der Zusammenhang zwischen KRL-Wert und CM-Wert bei den geprüften Calciumsulfatestrichen (CA und CAF) trotz sehr unterschiedlicher Mischungszusammensetzung **praktisch gleichartig**“⁴.

Schon im TKB-Bericht 7 ist darauf hingewiesen worden, dass die Messdaten des IBF von hervorragender Qualität sind. Anders als in der Auswertung des IBF induziert die Darstellung der TKB, dass die Daten einen geringen Messfehler haben und individuell zu betrachten sind. Dies kann wie folgt begründet werden: Macht man von den Daten des IBF eine Auftragung von CM-Wert über Darr-Wert und berechnet eine Lineare Regression, erhält man für die Steigung einen Wert von 0,993(12)⁵ CM-%/Darr-% und für den Achsenabschnitt -0,074(25) CM-%. (Bild 4)

Bild 4



Man beachte, dass der negative Achsenabschnitt dem dreifachen der Standardabweichung entspricht und damit hochsignifikant ist. Der negative Achsenabschnitt kann auch leicht begründet werden: Während die Darr-Messung per Definition bis zur Gewichtskonstanz durchgeführt werden muss, wird die CM-Messung zu einem willkürlichen Zeitpunkt abgebrochen, bei der noch nicht das gesamte „freie“ Wasser durch das Carbid aufgenommen worden ist. Aus der Verteilung der Residuen der Messdaten um die Gerade kann eine Standardabweichung für die Einzel-CM-Messung mit 0,1 CM-% abgeschätzt⁶ werden. Schaut man sich nun erneut die CM-Werte im Bereich 80 bis 95 % KRL an, liegen diese in der Regel deutlich weiter als 0,1 CM-%

auseinander. Insbesondere liegen auch die Datenpunkte gleicher Mischung – aber anderer Lagerung – eng beieinander, aber um 0,2 bis 0,4 CM-% (= 2 bis 4 Standardabweichungen von 0,1 CM-%) von denen der anderen Mischung entfernt. Mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 99 % ist dies kein Zufall und die Messwerte sind daher individuell zu betrachten. Ebenso legen die Daten nahe, dass ähnlich wie bei den Zementestrichen die CM-Werte bei gleichem KRL-Wert letztendlich materialabhängig sind, also individuelle Trocknungs- und Sorptionsisothermen vorliegen. Bei den CA-Estrichen ist aber in der Tat ein guter messtechnischer Beleg schwierig und es existieren gerade im kri-

⁴ Hervorhebung durch die TKB

⁵ Standardabweichung der letzten 2 Stellen in Klammern, also für „0,993(12)“ gilt: Wert = 0,993, Standardabweichung = 0,012

⁶ Wir ersparen uns hier eine strenge Ableitung und verweisen als Beleg auf die Bilder

tischen Bereich zwischen 80 und 100 % r. LF nur wenig aussagefähige Messungen.

Für die KRL-Messung wird in der technischen Information postuliert, dass „bei KRL-Werten > 90 % r. H. (...) aufgrund der Messunsicherheit des Messverfahrens aber keine ausreichend genaue Zuordnung zu einem CM-Wert mehr möglich [ist].“ Die ist so nicht korrekt. Beispielsweise liegt bei den üblichen kapazitiven Sensoren die Messgenauigkeit im Bereich 90 .. 100 % im Bereich von +/- 3 %. Die Zuordnung zu den CM-Werten ist nur dann ein Problem, wenn die CM-Werte besser geeignet wären, die Belegereife zu definieren und die entsprechenden KRL-Werte nahe bei 100 % r. LF liegen würden. Dies ist, wie mehrfach belegt, sachlich objektiv falsch⁷.

Weiter wird dann diskutiert, dass damit die Belegreife-grenzwert von 0,5 CM-% nach DIN 18560-1:2021-2, der bei ca. 95 % r. H. läge, mit der beschriebenen Messunsicherheit der KRL-Sensoren nicht hinreichend sicher nachgewiesen werden kann und daher die KRL-Methode nicht geeignet wäre. Impliziert wird hier, dass der Belegreife-grenzwert von 0,5 CM-% a priori korrekt ist, allerdings ohne dies – außer mit dem Verweis auf die Norm – zu begründen. Die TKB sieht dies anders: Es

gibt sowohl theoretische wie auch praktische Gründe, die belegen⁸, dass die Belegereife durch einen Grenzwert von 80 % r. LF KRL definiert wird. Dies entspräche, wie es auch in der Technischen Information beschrieben wird, einem CM-Wert von ca. 0,3 CM-% (ohne hier zwischen CA und CAF zu differenzieren, was nach Meinung der TKB nicht sinnvoll ist und dann Werten von 0,2 bzw. 0,4 CM-% entspricht). Die Belegung eines Estrichs bei einer Feuchte von 95 % r. H. ist auf jedem Fall mit erheblichen Risiken belastet.

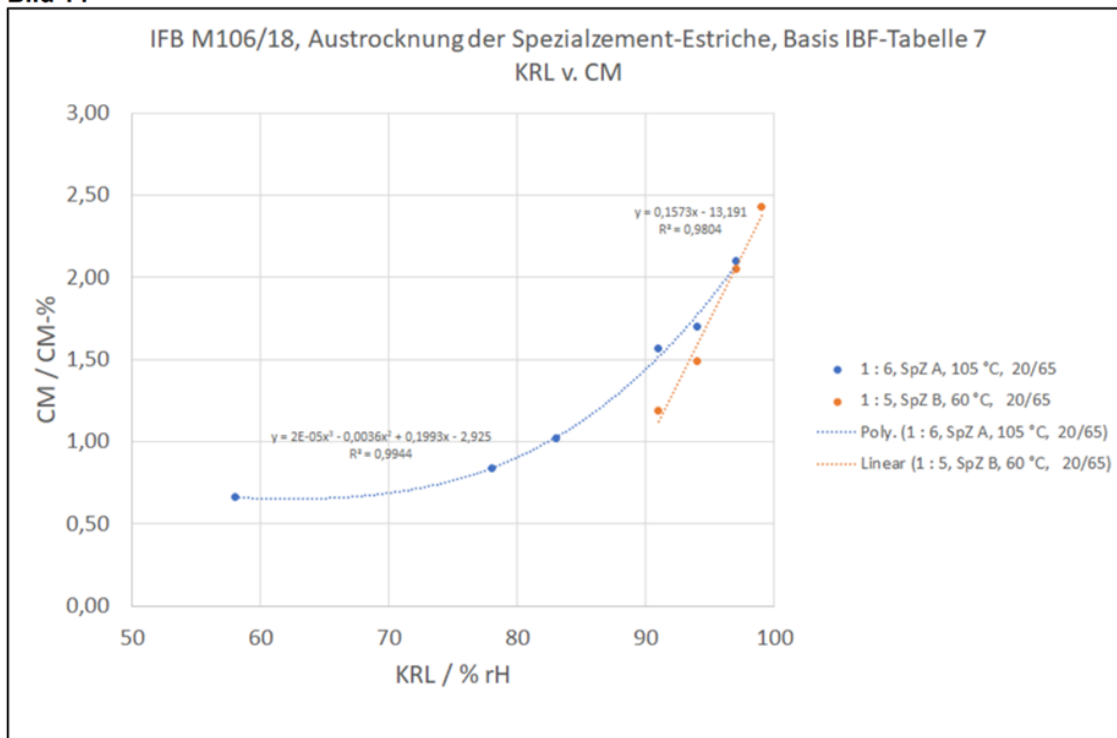
2.2 Zementestrich mit Spezialzement

Auch hier wird, wie bei den CA und CAF Estrichen, behauptet, „Die KRL Messung ist (...) auch bei den geprüften Schnellestrichen zur Bestimmung der Belegereife für Bodenbeläge nicht geeignet“. Begründet wird dies wie oben damit, dass aufgrund der Messunsicherheiten keine Zuordnung von CM- auf KRL-Werte möglich wäre.

Schaut man sich die vom IBF gemessenen Daten an, basiert diese Aussage auf dem Dogma, dass die Belegereife von Zementestrichen generell nur aufgrund ihres CM-Wertes, und zwar hier von 2,0 CM-%, beurteilt werden könne. In beiden Fällen hätten die Estriche hier Luftfeuchten um 95 % r. LF und wären damit sehr „nass“ und damit im Verständnis der TKB nicht belegreif:

Bild 5

Bild 14



⁷ ... so wie „2 x 3 macht 4“ objektiv falsch ist und auch nicht durch häufige Behauptung des Gegenteils richtig wird. Gegenteilige Behauptungen sind, ähnlich wie bei folgender Literaturstelle,

<https://efraimstochter.de/18-Pippi-Langstrumpf-Song-auf-deutsch.htm>, dem Reich der Phantasie zuzuordnen.

⁸ TKB Berichte 1 bis 7

Auch hier ist nicht die KRL-Messung das Problem. Würde hier die gleiche differenzierte Betrachtung wie bei den Normalzementestrichen (s. u.) durchgeführt, wäre von Seiten der Autoren der IBF Technischen Information die gleiche Schlussfolgerung zu treffen, wie bei den 1 : 8 Zementestrichen: „... sollte der Bodenbelag dann ggf. erst bei Erreichen eines geringeren CM-Wertes verlegt werden“⁹. Oder andersherum: macht man gleich eine KRL-Messung, erspart man sich die Verirrungen.

2.3 Zementestrich mit Normalzement

Die Diskussion findet auf Basis des Bild 4 in der IBF Technischen Information statt, hier als Bild 6 (Kopie des IBF Bildes) und Bild 7 (Darstellung der TKB) wiedergegeben. Die Unterschiede der beiden Darstellungen ergeben sich durch Vertauschen der Achsen und der Verbindung der Messpunkte: beim IBF durch Interpolation zwischen den eigentlichen Messwerten durch Geraden,

die dann insgesamt einen Polygonzug ergeben; bei der TKB durch Polynome, bestimmt nach der Methode der kleinsten Quadrate. Zur Kennzeichnung der „Belegreifgrenzen“ hat das IBF Ellipsen seinem Diagramm hinzugefügt, in der TKB Graphik wurden zusätzlich 2 transparente Balken für die Belegreifgrenzwerte eingezeichnet, wobei allerdings der korrekte KRL-Grenzwert von 80 % r. LF benutzt wurde.

Die Technische Information des IBF stellt hier eindeutig mit Bezug auf die rote Ellipse fest: „Bei einer Bewertung der Belegreife eines mit Normalzement hergestellten Zementestrichs anhand eines festen KRL-Wertes von 80 bis 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.“¹⁰

Bild 6

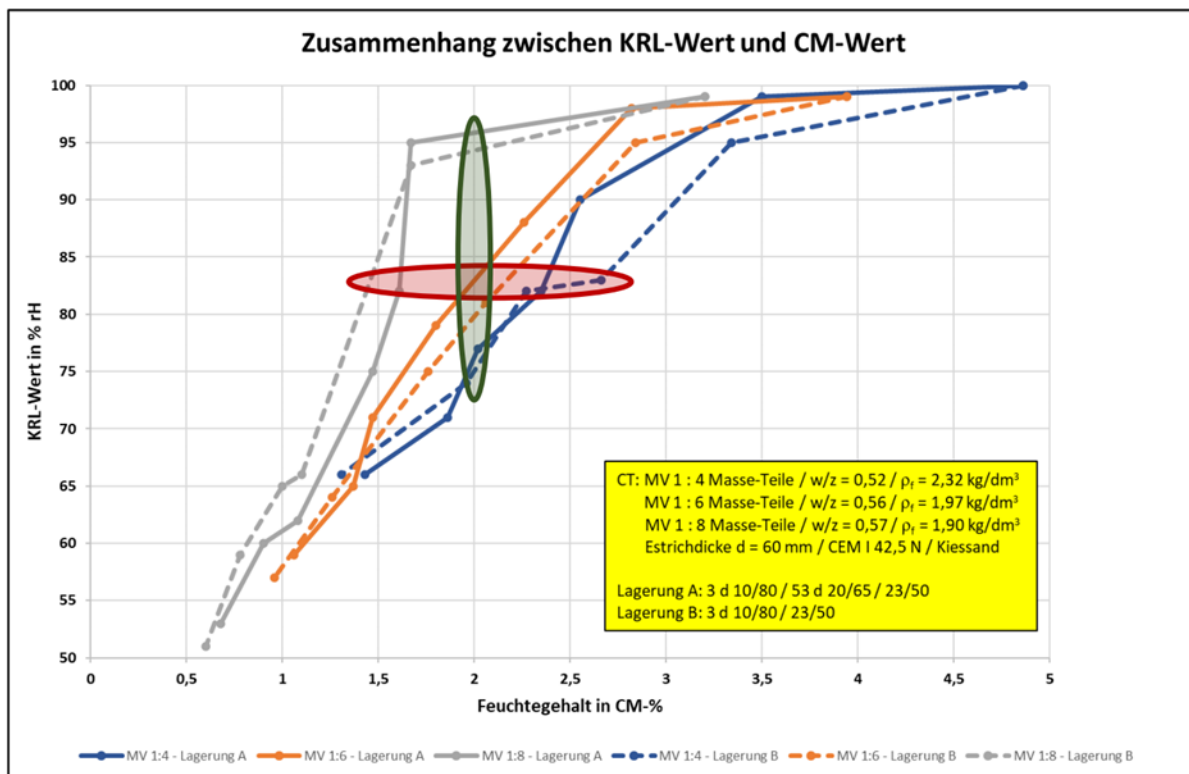
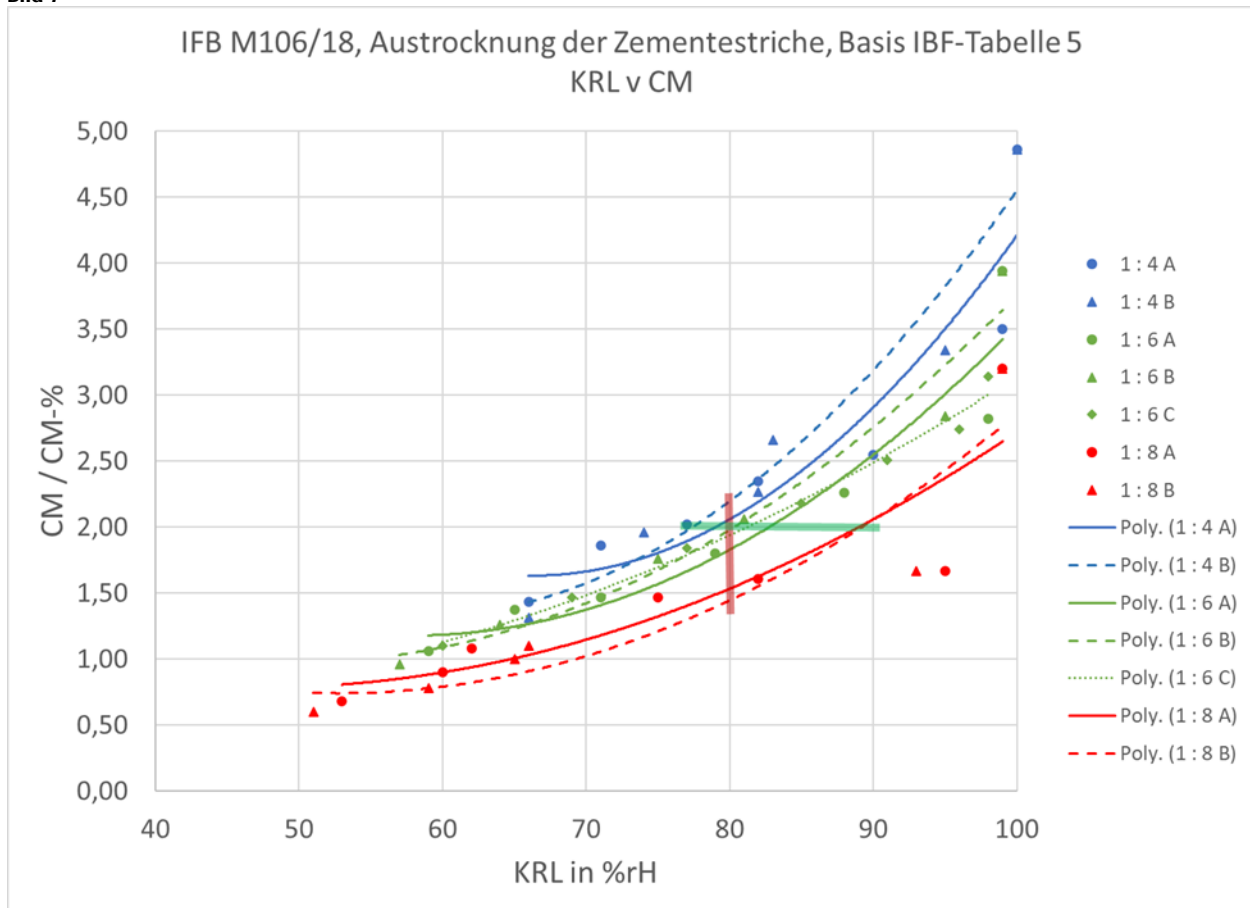


Bild 4: Skizze aus Prüfbericht Nr. M 106/18

⁹ 1, Seite 7, letzter Abschnitt

¹⁰ 1, Seite 4 unten und folgend

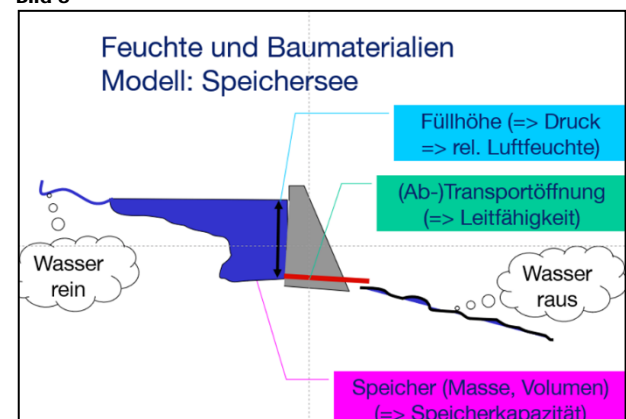
Bild 7



Das gibt die Tatsachen nach Ansicht der TKB gut wieder.

In der weiteren Diskussion weist das IBF darauf hin, dass im Verhältnis zur CM-Messung damit die KRL-Messung „Bei bindemittellärmeren Zementestrichen (...) nur eine geringere Menge an freiem Wasser zum Zeitpunkt der Belegreife zu[lässt]“ und „Bei bindemittelreicheren Zementestrichen (...) eine höhere Menge an freiem Wasser zum Zeitpunkt der Belegreife zu[lässt]“. Das ist korrekt, wenn man sich nur auf die CM-Werte fokussiert, unterschlägt aber, dass diese Unterschiede nicht zum Tragen kommen, da die treibende Kraft für den Feuchteangleich die relative Luftfeuchte und nicht der CM-Wert ist. Nimmt man den CM-Wert bei 80 % KRL und geht die Kurven in Bild 7 für die verschiedenen Estriche weiter runter Richtung 50 % r.LF (man beachte: die langfristige zu erwartende Feuchte liegt bei 50 % relative Luftfeuchte und nicht bei x CM-%!), sieht man, dass die absoluten Wassermengen, die langsam abgegeben werden, sehr ähnlich sind. Physikalisch wird die Situation durch das Talsperren-Modell beschrieben: die KRL entspricht dem Wasserstand in der Talsperre, die

CM-Messung der gesamten Wassermenge. Die fließende Wassermenge hängt aber davon ab, dass der Wasserstand gleich hoch wird und wie hoch die Diffusionswiderstände sind.

Bild 8¹¹

¹¹ Thomas Brokamp, Verlegereife und Feuchte – Grundlagen –, 25. TKB-Fachtagung „Klebstoffe in der Fußbodentechnik“ 18. März 2009, Frankfurt a.M., dort Chart 21

2.4 Zusammenfassung des IBF-Berichts

Die Zusammenfassung konkretisiert die in den vorangegangenen Kapiteln gemachten Aussagen und erläutert diese am Beispiel der Estriche mit Normalzementen in verschiedenen Mengen.

Zunächst wird die „Sicherheit“ der Belegreif-Aussagen betrachtet, die man bei einer Beurteilung der Belegreife mit einem fixen Grenzwert nach der KRL-Methode („80 bis 85 %“, richtig sind 80 % r. LF) bzw. der CM-Methode (2,0 CM-%) hat. Dabei werden 3 Fälle unterschieden:

- 1 „zementarm“:
Die KRL-Methode liefert mehr „Sicherheit“
- 2 „normal“ (MV Zement: Gesteinskörnung ~ 1 : 5 bis 1 : 7 Masse Teile):
Methoden liefern gleiche Aussagen
- 3 „zementreich“:
Die KRL-Methode liefert weniger Sicherheit.

Mit „Sicherheit“ ist gemeint, dass mehr (weniger sicher) oder weniger (sicherer) Wasser mengenmäßig schadenswirksam werden kann. Während die Aussage an sich korrekt ist, vermittelt sie doch ein falsches Modell der Realität, da das treibende Potential bei der Aussage nicht berücksichtigt wird. Umgekehrt ist aber auch richtig, dass bei der KRL-Methode die Wassermenge nicht berücksichtigt wird. Was wie wirkt wurde von der TKB vor 12 Jahren bei bereits oben zitierten 25. TKB-Fachtagung präsentiert und erläutert. Wichtig für das Verständnis der KRL-Methode ist, dass die absolute Wassermenge, sofern man die KRL richtig gemessen hat, in den allermeisten Fällen einfach egal ist. Umgekehrt gilt dies aber für CM-Methode nicht, auch geringe Mengen Wasser können bei hohem Potential schadenswirksam sein. Es ist wie bei einem Stromschlag: bei 1,5 V merkt man nichts, bei 1000 V schmerzt es auch bei einer nur sehr geringen Strommenge. Oder der Temperatur: ob ein heißer Gegenstand beim Berühren schmerzt, hängt zunächst NICHT von der gespeicherten Wärmemenge, sondern von der Temperatur ab. Eine Badewanne voll Wasser mit sehr viel gespeicherter Wärme und einer Temperatur von 39 °C wird keinem Baby etwas anhaben, eine 200 ml Milchflasche mit einer deutlich geringeren Wärmemenge, aber einer Temperatur von 100 °C, wird Verbrennungen verursachen. Bei der Belegreife ist es genauso: erst muss das Potential (die KRL) betrachtet werden, dann die (Wasser-)Menge.

Weiter kommentiert das IBF auch die Auswirkungen der Belegreifgrenzwerte für die Trockenzeiten der Estriche korrekt. Falsch verstanden wird aber wieder der Grund. Wenn eine geringere Trockenzeit mit einem höheren Feuchtepotential erkauft wird, ist die Wahr-

scheinlichkeit von „Schmerzen“ nach der Belegung deutlich erhöht.

Dass die hier aufgezeigten Effekte vom IBF schon vor längerer Zeit im Grundsatz korrekt beschrieben worden sind, wurde von der TKB bereits damals und auch später (siehe TKB Bericht 7) bestätigt. Die Diskussion betraf und betrifft immer noch im Wesentlichen die Auswirkungen und Konsequenzen, wenn man CM-Messungsergebnis ohne einen festgelegten Kontext beurteilt. Das ist problematisch! Während die CM-Methode in genau definierten Situationen gut funktioniert, hat die KRL-Methode den Vorteil, dass sie immer funktioniert, also auch in Situationen, die nicht klar definiert sind. Wenn also beispielsweise der vorhandene Calciumsulfatestrich für einen Zementestrich gehalten wird. Während die CM-Methode zu einem sicheren Problem führt, ist die KRL-Methode hier von sich aus (passiv) sicher.

3. Zusammenfassende Bewertung

Die Technische Information Nr. 1/2021 des dem BEB angeschlossenen IBF führt den Bericht des IBF M106/18 fort und hat als Aufgabe, zur Frage Stellung zu nehmen, „*ob und inwieweit der Feuchtegehalt von Estrichen anhand der Messung der korrelierenden¹² relativen Luftfeuchte (KRL-Methode) ausreichend sicher ermittelt werden könnte ...*“.

Auch wenn die Technische Information des IBF keine neuen Daten mitteilt, so wird doch versucht, die bisher gesammelten Daten konkreter zu deuten. Die TKB begrüßt ausdrücklich, dass das IBF einige seiner Positionen nun klarer formuliert hat, insbesondere dass

- die grundsätzliche Eignung der KRL-Methode zur Bestimmung der Belegreife, allerdings mit Ausnahmen¹³, bestätigt wird,
- mit einer KRL-Messung mehr Sicherheit bei der Beurteilung der Belegreife erreicht werden kann (Zitat: „*Aus den Labor-Untersuchungsergebnissen [...] zumindest theoretisch abgeleitet werden [kann], dass eine zusätzliche KRL-Messung zur vorhergehenden CM-Messung in der Praxis bei mit Normalzement hergestellten Zementestrichen mehr Sicherheit bei der Belagsverlegung ermöglichen könnte.*“)
- es Fälle gibt, bei denen eine KRL-Messung entscheidend für die Bestimmung der Belegreife ist (Zitat: „*Bei einem CM-Wert von 2 CM-% und gleichzeitig hohem KRL-Wert (KRL-Wert \geq 90 % r.H) sollte der Bodenbelag dann gegebenenfalls erst bei Erreichen eines geringeren CM-Wertes verlegt werden*“).

¹² Gemeint ist nicht die „korrelierende“ sondern die „korrespondierende relative Luftfeuchte“

¹³ ... die auf einer falschen Vorstellung über die Aussagekraft des CM-Wertes beruht ...

Kontrovers bleibt weiter, dass das IBF an mehreren Stellen eine CM-Messung als unabdingbar für die Bestimmung der Belegreife sieht. Die TKB bleibt hier der Ansicht, dass ein Boden mit einer relativen Feuchte von z. B. 95 % r. LF von vornherein nicht belegreif ist und nur zufällig eine sichere Verlegung erreicht werden kann. In Bezug auf die Beurteilung der Belegreife gilt, dass während die CM-Methode in genau definierten Situationen gut funktioniert, hat die KRL-Methode den Vorteil, dass sie immer funktioniert, also auch in Situationen, die nicht klar definiert sind.

Eine umfangreiche vertiefte Darstellung zu Technischen Information des IBF ist im TKB-Bericht 7 enthalten.