
Titel: Über den Sinn und Unsinn neuer Messmethoden
Datum: 06/18
Autor: BEB Arbeitskreis Sachverständiger Thomas Brendel
Firma: Der Arbeitskreis Sachverständige im BEB

Der nachfolgende Artikel wurde nicht von Flooright AG verfasst. Er wurde entweder vom Autor im Auftrag von Flooright AG verfasst oder die Publikation auf der Plattform von Flooright AG erfolgte mit der ausdrücklichen Genehmigung des Autors. Der Artikel ist urheberrechtlich geschützt und darf ohne Genehmigung des Autors nicht weiter verwendet werden.

Der Arbeitskreis Sachverständige im Bundesverband Estrich und Belag (BEB) versteht sich als ausgewiesener Expertenkreis der Fussbodenbranche und sieht es deshalb als eine seiner wesentlichen Aufgaben an, über aktuelle Themen aus der Fussbodenpraxis zu informieren. Mit diesem, in unregelmässigen Abständen erscheinenden Rundschreiben nimmt der Arbeitskreis Sachverständige Stellung zu wichtigen oder strittigen Themen aus dem Bereich der Fussbodenkonstruktionen. Das Motto dabei lautet: aus der Praxis – für die Praxis. Der Arbeitskreis Sachverständige behält sich vor, sich nur zu Themen zu äussern, die vom Arbeitskreis für die Branche als wirklich wichtig eingestuft werden.

Schenkt man dem Artikel „Grundlagen der KRL-Methode“ in der FussbodenTechnik (Ausgabe 5/2018) Glauben, scheint die Technische Kommission Bauklebstoffe (TKB) mit ihren langjährigen Bestrebungen, für die Bestimmung des Feuchtegehalts in Estrichen die Messung der sogenannten „Korrespondierenden Luftfeuchte“ (KRL) als neuen Standard zu etablieren, inzwischen am Ziel. Die Titel-Unterschrift „Warum sich Schäden

damit sicher vermeiden lassen“ suggeriert, die KRL-Methode sei sicher und möglicherweise sicherer, als andere Messmethoden.

Der Schein trügt. Denn bei der Messung der korrespondierenden Luftfeuchte (KRL-Methode) handelt es sich keineswegs um eine aussagefähige Messmethode. Die KRL-Methode ermöglicht weder eine verlässliche Aussage, inwiefern sich der Feuchtegehalt mineralischer Estriche, insbesondere bei Zementestrichen, auf Bodenbeläge schädigend auswirkt, noch gibt die KRL-Messung dem Handwerker auf der Baustelle eine verlässliche Hilfestellung, um den richtigen Zeitpunkt der Belegreife zu bestimmen. Hierfür ist die KRL-Methode auch nach heutigem Erkenntnisstand nach wie vor ungeeignet.

„Bei der KRL-Methode handelt es sich keineswegs um eine aussagefähige Messmethode.“

Seit Jahren wird in Fachkreisen über die KRL-Methode sehr kontrovers diskutiert. Dabei hatte sich im Arbeitskreis „Feuchte“, der 2009 vom damaligen ZVPF (Zentralverband Parkett und Fussbodentechnik, heute BVPF) ins Leben gerufen und aus Sach-

verständigen und Handwerkern der Estrich-, Parkett- und Bodenbelagsbranche sowie Vertretern der Industrie zusammengesetzt worden war, schon frühzeitig herauskristallisiert, dass die KRL-Methode für die Bestimmung der Belegreife von Estrichen nicht geeignet ist. Leider entsprachen die Ergebnisse, die in dem engagiert angetretenen Arbeitskreis erarbeitet wurden, jedoch nicht den Erwartungen der Initiatoren der KRL-Messung. So wurde der Arbeitskreis nach vier Jahren guter Basisarbeit eliminiert, um die KRL-Methode seitens TKB möglichst ohne kritische Zwischenrufe „durchzudrücken“. Umso mehr müssen jetzt die Aussagen der TKB zur Richtigkeit und Glaubwürdigkeit der KRL-Methode hinterfragt werden.

Komplexer Feuchtetransport in Zementestrich

Im Gegensatz zum Werkstoff Holz sind bei Zementestrichen der Feuchtetransport, die Trocknung und der Feuchtehaushalt sehr komplex und keinesfalls banal mit der Entwässerung eines Stausees zu vergleichen. Bei Zementestrichen ist der Feuchtegehalt nicht nur u. a. sehr stark abhängig von der Trocknung, sondern massgeblich

unter anderem auch von den Hydratationsbedingungen. Bei der Erhärtungsreaktion des Zements (Hydratation) wird das im Frischmörtel enthaltene Wasser teilweise „verbraucht“ und chemisch-physikalisch in den Zementstein fest eingebunden. Das verbrauchte Wasser steht unter normalen Klimabedingungen bei der Austrocknung nicht mehr zur Verfügung. Auch wenn es sich bei der Hydratation tatsächlich nicht um Trocknung handelt, wird durch die Hydratation der messbare Feuchtegehalt im Estrich erheblich reduziert. Je nach Zement können bis ca. 40 Masse-% Wasser hydratisiert werden. Wie viel Wasser aber tatsächlich in den Zementstein eingebunden wird, hängt entscheidend von den jeweiligen Hydratationsbedingungen und dem Hydratationsgrad ab. Sie werden von vielen Faktoren beeinflusst:

- Zementart, -menge, Mahlfineinheit
 - w/z-Wert und Gesamtwassergehalt
 - Konsistenz, Verdichtung, Einbaudicke
 - Einbaubedingungen, Nachbehandlung
 - Baustellenklima, Trocknungsbeginn, -verlauf
- Natürlicherweise sind der Verlauf und die Dauer der Hydratation von Baustelle zu Baustelle unterschiedlich. Dies nicht alleine aufgrund der Vielzahl verschiedener Zemente, sondern auch, weil für die Hydratation die Temperatur und insbesondere das Feuchteangebot eine massgebliche Rolle spielen. Je nach Gefügedichte und Feuchteangebot handelt es sich bei der Hydratation um einen sehr langwierigen Prozess, der – je nach Qualität – bei Estri-

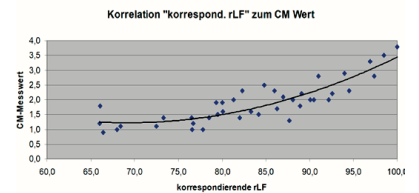
chen mehrere Monate, bei Beton sogar Jahre andauern kann.

Die eigentliche Trocknung, also die Frage, wie viel Wasser in welcher Zeit aus dem Estrich verdunstet und welche Ausgleichsfeuchte letztlich erreicht wird, hängt nicht allein von den klimatischen Umgebungsbedingungen ab (Temperatur und relative Luftfeuchte der Umgebungsluft, Luftbewegung/Luftzirkulation/ Lüftung etc.), sondern massgeblich auch von der Dicke und Verdichtung (Gefügedichte) des Estrichs sowie von der Porosität des Zementsteins.

„Mobilität“ des Wassers ist entscheidend

Aufgrund der vielen Variablen, die das Ergebnis nachhaltig beeinflussen, ist eine pauschale Aussage zur Trocknung von Zementestrich und zu der Frage, wie viel Wasser im Zementstein chemisch-physikalisch, u. a. adsorptiv an den Porenwandungen gebunden wird, in der Baupraxis nicht möglich. Im Hinblick auf die Verlegung von Bodenbelägen ist es letztlich aber auch nicht massgebend, wie viel Restfeuchte der Zementestrich tatsächlich enthält. Für die alles entscheidende Frage, ob Restfeuchte aus dem Zementestrich dem Bodenbelag (oder der Verklebung) schaden kann, ist allein wichtig, wie fest das Wasser im Estrich gebunden ist bzw. ob aus dem Estrich überhaupt Feuchtigkeit entweichen kann und wenn ja, in welcher Zeitspanne dies passieren wird. Wenn das Wasser nur langsam genug entweicht, ist auch ein höherer Feuchtegehalt unkritischer zu bewerten, als weniger Rest-

feuchte, die schneller entweicht. Entscheidend ist also nicht nur die Menge, sondern vor allem die „Mobilität“ des Wassers.



Grafik 1: Labormessungen an Zementestrichen, Mischungsverhältnis 1:4 – 1:6, w/z-Wert 0,4 bis 0,7



Grafik 2: Die Messtoleranz hochwertiger Hygrometer wird üblicherweise mit +/- 1 bis 2 % angegeben. Baustellen-übliche Geräte liegen bei +/- 2 bis 3 %. Leider ist auch nach ausreichender Klimatisierung im Labor bei verschiedenen Messgeräten mit unterschiedlichen Ergebnissen zu rechnen.

Die Mobilität des Wassers wird bestimmt von den Eigenschaften des jeweiligen Baustoffs, insbesondere von der Porosität (Porenvolumen, Art, Grösse und Verteilung der Poren). Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass grobporige Baustoffe mit ausgeprägter Kapillarität (z. B. Holz) sehr viel schneller und sehr viel stärker trocknen, als zementäre Baustoffe. Zementstein weist eine sehr komplexe und extrem feinporige Struktur mit sehr engen Kapillarporen sowie geschlossenen und anderen, nicht trocknungsaktiven Nano- und Mesoporen auf

(Gel- und Flaschenhalsporen – Flaschenhalsporen = Poren mit schmalen Poreneingang und geweitetem Porenkörper).

Im Gegensatz zum Baustoff Holz, dessen Poren häufig noch mit blossen Auge oder mithilfe einer einfachen Lupe sichtbar sind, liegen die Gelporen im Zementstein mit Durchmessern von wenigen Nanometern (10-9) in Bereichen, die mit herkömmlichen Methoden nicht mehr sichtbar sind. Sie können nur noch mithilfe sehr spezieller Methoden (u. a. REM, Quecksilberporosimetrie) erfasst werden. In den extrem kleinen Gelporen reicht ein nur wenige Wassermoleküle dünner Sorbatfilm aus, um in der Pore Sättigungszustand zu erreichen. Dies darf sinngemäss auch für andere, extrem feine Poren (Kapillar- und Flaschenhalsporen) angenommen werden, die unter Normalklimabedingungen nie, zumindest nie vollständig entwässert werden.

Porenstruktur bindet Wasser

Die komplexe und extrem feine Porenstruktur des Zementsteins und die daraus resultierende, extrem grosse spezifische, innere Porenoberfläche sind dafür verantwortlich, dass bei Beton – und dies gilt ebenso für gut hydratisierte Zementestriche – im Bereich der Belegreife (2 CM-%) KRL-Werte gemessen werden, die meist über 80 bis 85 % liegen, bei Estrichen sehr hoher Festigkeit auch bis 90 %. Dabei ist jedoch der dünne Sorbatfilm an den Porenwandungen keineswegs mobil. Im Gegenteil: Der Wasserfilm ist aufgrund der Wechselwirkungen zwischen

dem Substrat und dem Wasser (Polarität der Wassermoleküle und Zusammensetzung der Porenlösung) so fest gebunden, dass er für die Austrocknung des Zementseins und die Bodenbelagsarbeiten überhaupt keine Rolle spielt.

Bei der „korrespondierenden Luftfeuchte“ handelt es sich keineswegs um eine materialunabhängige Grösse, wie seitens des Klebstoffverbands TKB Glauben gemacht werden soll. Für die messbaren Ergebnisse spielen sehr wohl die Art und Beschaffenheit des Baustoffs und insbesondere seine Porenstruktur und die Polarität der Oberflächen eine ganz entscheidende Rolle. Inwieweit die Ergebnisse der KRL-Messung möglicherweise auch durch im Zementstein (aber auch bei Calciumsulfatbindemittel) in grossen Mengen enthaltenen Salze verfälscht werden, wurde bislang noch nicht untersucht. Die physikalische Gesetzmässigkeit, dass sich über gesättigten Salzlösungen stets bestimmte salzspezifische Luftfeuchteverhältnisse einstellen und die materialcharakteristische Adsorption und Desorption bei verschiedenen Temperaturen, darf bei den Betrachtungen – zumindest im frühen Stadium – aber sicherlich auch nicht gänzlich vernachlässigt werden.

KRL-Messung ist materialabhängig

Den Nachweis, dass die Ausgleichsfeuchte im Estrich und damit auch das Ergebnis der KRL-Messung sehr wohl materialabhängig ist und nachhaltig von der Art und Qualität des Ze-

mentestrichs und insbesondere von seinem Zementleimgehalt beeinflusst wird, hat das Institut für Baustoffprüfung und Fussbodenforschung (IBF) bereits im Jahr 2013 geführt. Schon allein aufgrund vorgenannter Zusammenhänge und Ergebnisse ist die Tauglichkeit der KRL-Methode für die Beurteilung, ob in Estrichen kritische Feuchtegehalte vorliegen, in Frage zu stellen. Auch die inzwischen über mehrere Jahre gesammelten Praxiserfahrungen bestätigen, dass die Ergebnisse der KRL-Messung keine verbindliche Aussage zum (schadensrelevanten) Feuchtepotential im Estrich zulassen und dass im Bereich der durch CM-Messung abgesicherten Belegreife bei Zementestrichen (2 CM-%) bei Labormessungen KRL-Werte in der Grössenordnung von 85 bis 90 % gemessen werden (vgl. Grafik 1).

Bereits unter Laborbedingungen ergeben sich aufgrund der stofflichen und systematischen Unwägbarkeiten nicht tolerierbare Messwert-Schwankungen.

Insofern erscheint das Messprozedere als solches, insbesondere aber die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messung für die Baustellenpraxis und die Interpretation der dabei ermittelten Ergebnisse äusserst fraglich.

Luftfeuchte-Messung ist unpräzise

Im Gegensatz zur Temperaturmessung ist die Methode zur Messung der relativen Luftfeuchte langsam und stets unpräzise. Hygrometrische Messwertgeber, wie sie in baustellenüblichen

Messgeräten eingesetzt werden, sind mit einem Messband ausgestattet, das sich je nach Feuchtigkeit dehnt oder zusammenzieht. Das Messband setzt sich aus vielen Einzelfasern (Messharfe) zusammen, die aus organischem Material und/oder aus Kunststoff bestehen. Nachdem die Feuchtigkeitsaufnahme des Messbands zeitabhängig stattfindet, müssen Hygrometer ausreichend lange akklimatisiert werden.

Die Messtoleranz hochwertiger Hygrometer wird üblicherweise mit +/- 1 bis 2 % angegeben. Baustellenübliche Geräte liegen bei +/- 2 bis 3 %. Leider ist auch nach ausreichender Klimatisierung im Labor bei verschiedenen Messgeräten mit unterschiedlichen Ergebnissen zu rechnen (vgl. Bild).

Hygrometer-Sensoren sind staubsensibel und müssen insofern vor Verschmutzungen geschützt werden. Wie dies bei der KRL-Messung sichergestellt werden soll, wenn doch der Sensor in den staubigen PE-Beutel gesteckt werden muss, ist kaum begreiflich. Schmutzeinlagerungen führen zwangsläufig zu verfälschten Ergebnissen, vor allem, wenn häufiger gemessen und der Sensor zunehmend mit Staub befrachtet wird.

Fehlerhaft in der Baupraxis

Leider ist auch festzustellen, dass die in Baustellenmessgeräten üblichen Messfühler mit zunehmender Messdauer häufig nach oben abdriftende Messwerte zeigen, wenn das Messband selbst Feuchtigkeit aufnimmt. Mit

teils über 10 % ist die Messwertdrift keinesfalls tolerierbar. Dass auch Messtechnik verfügbar ist, die solche Messwertabweichungen nicht zeigt, hilft in der Baupraxis nicht weiter. Es kann nicht erwartet werden, dass vom Handwerker für KRL-Messungen auf der Baustelle Labormessgeräte zu horrenden Preisen gekauft werden.

Messdauer häufig nach oben abdriftende Messwerte zeigen, wenn das Messband selbst Feuchtigkeit aufnimmt. Mit teils über 10 % ist die Messwertdrift keinesfalls tolerierbar. Dass auch Messtechnik verfügbar ist, die solche Messwertabweichungen nicht zeigt, hilft in der Baupraxis nicht weiter. Es kann nicht erwartet werden, dass vom Handwerker für KRL-Messungen auf der Baustelle Labormessgeräte zu horrenden Preisen gekauft werden.



Grafik 3: Der Sensor des Messgerätes wird mit Staub befrachtet.

Nachdem Dampfdiffusion natürlicherweise ein sehr träge Vorgang ist, erfordert die KRL-Messung viel Zeit. Die im TKB-Merkblatt angegebene Mindestwartezeit von 30 Minuten ist erfahrungsgemäss nicht ausreichend, um Gleichgewichtszustand und damit ein endgültiges Ergebnis zu erhalten. Für die notwendige Wartezeit sind z. B. die Grösse des Messgefässes, der

Füllstand und der über dem Prüfobjekt befindliche Luftraum massgebend sowie die Diffusionsgeschwindigkeit, die wiederum massgeblich vom Feuchtepotential (Wasserdampfpartialdruck) und der Temperatur bestimmt wird.

Erfahrungsgemäss ist es nicht sinnvoll, die Messung unter Zeitdruck auf der Baustelle auszuführen, sondern sich besser 24 Stunden Zeit zu nehmen und die Messung frei von Baustelleninflüssen bei gleichbleibenden Temperaturen vorzunehmen.

Temperaturabhängigkeit vernachlässigt

Überhaupt wird neben den Unwägbarkeiten des Messprozesses und der Messtechnik letztlich der Zusammenhang „Temperatur und relative Luftfeuchte“ völlig vernachlässigt. Die Tatsache, dass sich die relative Luftfeuchte stets temperaturabhängig ändert, lässt sich nicht mit der lapidaren Bemerkung abtun, der Einfluss wäre in einem Temperaturbereich zwischen 15 bis 25 °C vernachlässigbar. Immerhin kann jeweils ein Grad Temperaturschwankung eine Änderung der rel. Feuchte von 2 bis 3 % bedeuten.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die KRL-Methode bei Zementestrichen, aber auch bei Calciumsulfatestrichen, mit grossen Unsicherheiten behaftet ist. Die KRL-Methode lässt auf der Baustelle keine qualitative Aussage zum tatsächlichen Feuchtegehalt und insbesondere keine verbindliche Aussage zum Erreichen der Belegreife von Est-

richen zu.

- Die Genauigkeit baustellenüblicher Hygrometer ist mit +/- 2 bis 3 % ungenügend. Die Ergebnisse der staubsensiblen Sensoren werden durch die Messung in dem, mit zerkleinertem Estrichmörtel gefüllten PE-Beutel verfälscht und letztlich falsch interpretiert.

„Die KRL-Ergebnisse schwanken je nach Art und Qualität des Estrichs in einem breiten Spektrum.“

- Eine Messdauer von 30 Minuten reicht für ein endgültiges Ergebnis nicht aus.

- Kein Hygrometer kann auf Dauer eine halbwegs präzise Messung der relativen Feuchte garantieren, wenn es nicht regelmässig kalibriert wird, was mit erheblichem Zeit- und Kostenaufwand verbunden ist.

- Ein Grad Temperaturschwankung kann bei gleich bleibendem absolutem Feuchtegehalt der Luft eine Änderung der rel. Luftfeuchte von 2 bis 3 % bewirken.

- Übermässig lange Messdauern und/oder die Durchführung mehrerer Messreihen können infolge „schleichender Messwertdrift“ zu überhöhten Messwerten führen, wenn der Messfühler des Hygrometers selbst feuchtigkeitsempfindlich reagiert.

- Bei der korrespondierenden Luftfeuchte handelt es sich nicht um eine materialunabhängige Grösse. Die KRL-Ergebnisse schwanken je nach Art und Qualität des Estrichs in einem breiten Spektrum. Häufig werden im Bereich nachweislich vorhandener Belegreife absurd hohe KRL-Ergebnisse gemessen, die ein ver-

meintlich schädliches Feuchtepotential im Estrich vorspiegeln, das tatsächlich nicht besteht.

- Die KRL-Messung sagt nichts aus über die Mobilität des Wassers im Estrich. Dies ist die Domäne und das unschlagbare Argument der bewährten CM-Messung. Bei der CM-Messung wird das freie, ungebundene Wasser im Estrich erfasst, sodass eine verlässliche Beurteilung des Schädigungspotentials möglich ist.

- Die KRL-Methode wird in Sachverständigenkreisen als äusserst zweifelhaft und nicht handwerksgerecht angesehen.

Seit Jahren bleibt die TKB den Beweis angeblicher Feuchteschäden, die trotz richtig durchgeführter CM-Messung entstanden sein sollen, schuldig. Dass die diesbezügliche (nicht repräsentative) Umfrage im Auditorium der Kölner Sachverständigentage unter 140 anwesenden Branchen-Sachverständigen, die per se ständig mit Schadensfällen am Fussboden konfrontiert sind, keine verwertbaren Treffer ergab, spricht eine klare Sprache.

Fazit

Vor dem Hintergrund der vorliegenden Erkenntnisse sind die von der TKB empfohlenen KRL-Grenzwerte (75 bzw. 65 %) technisch völlig unbegründet. Sie lassen sich bei Zementestrichen und Calciumsulfateestrichen unter baupraktischen Bedingungen nicht innerhalb üblicher Wartezeiten erreichen. Sie kommen letztlich nur Bestrebungen zur Absenkung der CM-Belegreifgrenzwerte auf Werte um 1,2 bis 1,5 % gleich. Sie dienen zur Ar-

gumentation teurer und physiologisch bedenklicher Massnahmen zur Abdichtung angeblich nicht belegreifer Estriche, wenn – wie dies bei KRL-Messungen zu erwarten ist – der Estrich zum vorgesehenen Zeitpunkt der Bodenbelagsarbeiten diese Grenzwerte nicht unterschreitet. Zu solchen Abdichtungsmassnahmen besteht aber aus technischer Sicht überhaupt keine Notwendigkeit. Denn die bei normalen Zementestrichen gültigen Belegreifgrenzwerte (1,8 bzw. 2,0 CM-%) sind durch jahrzehntelange Erfahrungen abgesichert. Sie entsprechen den anerkannten Regeln der Technik und gelten als sicher, wenn vor der Belagsverlegung konsequent richtig mit der CM-Methode gemessen wird. Trotz aller Untersuchungen hat sich an der KRL-Messung und der ungenügenden Qualität der Ergebnisse in den vergangenen Jahren nichts geändert. Entgegen den Aussagen der TKB ist die KRL-Methode keineswegs materialunabhängig. Im Gegenteil: Die Ergebnisse werden massgeblich bestimmt von der Art und Porosität des Zementsteins und den jeweiligen Hydratationsbedingungen. Die Genauigkeit der KRL-Methode ist ungenügend, um damit eine verbindliche Aussage zu treffen. Ihre Eignung zur verlässlichen Beurteilung von Estrichen wird in Sachverständigenkreisen bezweifelt. Von einer verlässlichen Aussage zur Belegreife von Estrichen – und nur darum kann es im Interesse der Fussbodengerwerke gehen – ist die KRL-Methode nach wie vor weit entfernt. Und von einer sicheren Methode, wie man seitens TKB mit dem Artikel in der FussbodenTechnik

05 / 2018 Glauben machen wollte, kann keine Rede sein. Sicher ist nur eines: Mit der KRL-Methode ist die TKB auf dem Holzweg, der sich nicht auf mineralische Mörtel, insbesondere nicht auf Zementestriche übertragen lässt.