

KRL-Methode

Messung und Beurteilung der Feuchte von
mineralischen Estrichen

Stand: Februar 2021
(ersetzt die Fassung April 2020)

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



Video
Durchführung Feuchtemessung
nach KRL-Methode

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	2
2	Definitionen.....	2
3	Durchführung der Feuchte-messung nach der KRL-Methode.....	2
3.1	Geeignete Messgeräte.....	2
3.3	Probenentnahme und -vorbereitung	3
3.4.	Prüfungsdurchführung.....	3
3.5	Messwerterfassung.....	4
4	KRL-Methode und Belegreife	4
Anlage 1	Protokoll zur Estrichfeuchtemessung nach der KRL-Methode.....	5
Anlage 2	Anforderungen an Messgeräte, die für die KRL-Methode empfohlen werden können...	6
Anlage 3	Geeignete Geräte und deren Hersteller für die KRL-Messung	7

1 Einleitung

Mineralische Estriche als Unterböden zur Verlegung textiler und elastischer Bodenbeläge sowie Parkett dürfen erst belegt werden, wenn sie belegreif sind.

Die TKB arbeitet seit über 10 Jahren daran, Grundlagen zur Messung der korrespondierenden relativen Luftfeuchte von mineralischen Estrichen zu ermitteln und eine baustellen- und handwerkstaugliche Prüfmethode festzulegen.

Die Ergebnisse der zugehörigen Arbeiten sind in den TKB-Berichten 1 bis 4 publiziert.^{1,2,3,4}

In Ringversuchen mit Sachverständigen wurden von 2017 bis 2019 eine große Anzahl von Feuchtemessungen auf Baustellen durchgeführt, die ebenfalls die Eignung der KRL-Methode belegen. Diese Daten sind im TKB-Bericht 5 veröffentlicht.⁵

¹ TKB-Bericht 1: Belegreife und Feuchte - Versuche zur Trocknung von Estrichen, Technische Kommission Bauklebstoffe im Industrieverband Klebstoffe e.V., Düsseldorf, 2012.

² TKB-Bericht 2: Belegreife und Feuchte - Die KRL-Methode zur Bestimmung der Feuchte in Estrichen; Technische Kommission Bauklebstoffe im Industrieverband Klebstoffe e.V., Düsseldorf, 2013.

³ TKB-Bericht 3: Belegreife und Feuchte - Geeignete Messgeräte zur Feuchtebestimmung nach der KRL-Methode; Technische Kommission Bauklebstoffe im Industrieverband Klebstoffe e.V., Düsseldorf, 2016.

⁴ TKB-Bericht 4: Belegreife und Feuchte – Sorptionsisothermen und die Interpretation von KRL-Messungen; Technische Kommission Bauklebstoffe im Industrieverband Klebstoffe e.V., Düsseldorf, 2018.

⁵ TKB-Bericht 5: Belegreife und Feuchte – Ein Ringversuch zur Feuchtemessung mit der KRL-Methode; Technische Kommission Bauklebstoffe im Industrieverband Klebstoffe e.V., 2018.

Die unmittelbare und grundsätzlich material-unabhängige Aussage zum Feuchtezustand ist der große Vorteil der KRL-Messung. Das erhöht die Sicherheit bei der Feststellung der Belegreife insbesondere bei Estrichen mit Zusatzmitteln.

Das vorliegende Merkblatt beschreibt die Details zu dieser Messmethode, liefert Informationen zur Bewertung der Messergebnisse und enthält ein Protokoll zur Messwerterfassung.

2 Definitionen

Belegreife

Die Belegreife ist „der Zustand eines Estrichs, in dem er für die schadens- bzw. mangelfreie dauerhafte Aufnahme eines Bodenbelags geeignet ist.“^{6,7,8}

Korrespondierende relative Luftfeuchte

Die korrespondierende relative Luftfeuchte ist diejenige relative Luftfeuchte in Prozent [% r. F.], die sich im Luftraum über einer Stemmprobe des zu messenden Materials im Gleichgewichtszustand einstellt.

KRL-Methode

Die KRL-Methode erlaubt die Bestimmung des Feuchtezustands eines Untergrunds anhand der Messung der korrespondierenden relativen Luftfeuchtigkeit an einer aus dem Untergrund entnommenen Materialprobe. Der KRL-Messwert ist ein zuverlässiger Indikator für den Feuchtezustand eines Estrichs vor der Belegung mit Bodenbelägen oder Parkett.

3 Durchführung der Feuchtemessung nach der KRL-Methode

Zur Durchführung der Feuchtemessung nach der KRL-Methode steht in Ergänzung zu diesem Merkblatt ebenfalls ein Video unter www.klebstoffe.com zur Verfügung, welches den Vorgang sowie die Vorteile der Feuchtemessung nach der KRL-Methode veranschaulicht.

3.1 Geeignete Messgeräte

Zur Messung der relativen Luftfeuchte nach der KRL-Methode sollten nur dafür geeignete Messgeräte verwendet werden.

⁶ TKB Merkblatt 14: Schnellzementestriche und Zementestriche mit Estrichzusatzmitteln, Stand 11. August 2015, Technische Kommission Bauklebstoffe im Industrieverband Klebstoffe e.V., 2015.

⁷ W. Schnell, Zur Ermittlung von Belegreife und Ausgleichsfeuchte von mineralisch gebundenen Estrichen, BWD 1/1985.

⁸ W. Schnell, Das Trocknungsverhalten von Estrichen - Beurteilung und Schlussfolgerungen für die Praxis, in: Rainer Oswald (Hrsg.), „Aachener Bausachverständigentage 1994“, Neubauprobleme – Feuchtigkeit und Wärmeschutz, AIBau, Bauverlag GmbH, Wiesbaden 1994.

Messmethoden und Kriterien dazu sind ausführlich im TKB-Bericht 3 beschrieben. Technisch sind folgende von Relevanz:

1. Genauigkeit nach 30 min
2. Genauigkeit nach 60 min
3. Drift über einen Zeitraum von 5 Wochen
4. Baustelleneignung, d. h. Messgenauigkeit nach intensivem Bestauben mit Zement

Anlage 2 enthält die Anforderungen für die o. g. Prüfkriterien.

In Anlage 3 findet man eine Liste mit Geräten und Herstellern, bei denen eine gute bis sehr gute Übereinstimmung mit den Kriterien festgestellt bzw. bestätigt wurde.

3.2 Vor der Probenentnahme

Vor der Probeentnahme sind jeweils folgende Maßnahmen zu ergreifen:

- Prüfprotokoll vorbereiten (Angabe von Baustelle, Stockwerk, Raum, Prüfdatum, Prüfer und Prüfergebnis).
- Die Messgeräte müssen nach Herstellervorschrift kalibriert sein. Bei zweifelhaften Messergebnissen sollte eine Neukalibrierung erfolgen.
- Überprüfung der Messsonden. Der Sensor und die Schutzkappe müssen frei von Staub und Anhaftungen sein. Verschmutzungen des Sensors mit Estrich-Feinstaub führen zu fehlerhaften Messergebnissen.
- Waage bereitstellen.
- Schale, Hammer, Meißel und Löffel bereitlegen.
- Verschließbares, sauberes und trockenes Gefäß bereithalten (KRL-Messbecher, PE-Gefrierbeutel mit Klebeband, CM-Flasche oder PE-Flasche mit ca. 250 ml Volumen).
- Die Temperaturen von Probenmaterial, Prüfbehälter, Messsonde und Umgebungsluft müssen nahezu gleich sein.

3.3 Probenentnahme und -vorbereitung

Zur Probenentnahme und zur Behandlung des Stemmungsgutes vor der eigentlichen Messung haben sich die Verfahren zur CM-Messung bewährt. Daher entsprechen diese Schritte der KRL-Methode denen der CM-Messung.

Grundsätzlich ist – wie bei anderen Feuchte-messmethoden auch – darauf zu achten, dass bei der Probenvorbereitung weder Feuchtigkeit verloren geht noch Feuchtigkeit von außen zugeführt wird.

Daraus folgt:

- Die Probenentnahme und -vorbereitung muss so schnell wie möglich durchgeführt werden.

- Für die Probenentnahme dürfen keine Verfahren eingesetzt werden, die mit starker Wärmeentwicklung, z. B. Bohren oder Schneiden, oder mit einem Wassereintrag verbunden sind.
- Direkte Sonneneinstrahlung und Zugluft sollen bei der Probenentnahme gemieden werden.

3.4 Prüfungsdurchführung

1. Die zu messende Probe ist gleichmäßig über den gesamten Estrichquerschnitt zu entnehmen (Trichterbildung vermeiden).
2. Die Probe ist nur soweit zu zerkleinern, dass das gesamte Prüfgut in einer Körnung kleiner 8 mm vorliegt.
3. Einwaagemenge: 150 +/- 20 g Prüfgut.⁹
4. Befüllen des Messgefäßes:

Verwendung eines PE-Beutels:

Die Messsonde vorsichtig in den Beutel einführen und auf das Grobkorn des Prüfgutes auflegen.

Die Luft per Hand weitestgehend austreichen. Anschließend die Beutelöffnung eng um den Stab der Messsonde legen und mit Klebeband verschließen (Ankleben des Beutelrandes an den Sondenstab).

Verwendung einer PE- oder Stahlflasche:

Nach Einfüllen des Prüfguts den Verschluss mit der eingebauten Messsonde unverzüglich aufsetzen und dicht schließend befestigen.

Verwendung des KRL-Messbechers¹⁰

Zunächst wird der Sensor durch die Deckelöffnung geführt und dort so fixiert, dass sich der Sensor zentral in der Prüfkammer befindet. Der Becher wird über den Trichter mit dem Prüfgut gefüllt und anschließend, nach Entfernen des Trichters, mit dem Deckel verschlossen. Das Abwiegen einer definierten Prüfgutmenge ist nicht notwendig.

5. Die Temperatur der Probe und die Temperatur während der Messung müssen übereinstimmen. Daher muss das Gefäß mit Prüfgut und Messsonde bis zur Gleichgewichtseinstellung auf dem Boden an der Stelle der Probenentnahme bei gleichbleibender Temperatur gelagert werden (Prüftemperatur konstant zwischen 15 und 25 °C). Das Gefäß ist vor direkter Sonneneinstrahlung oder anderen Einwirkungen, die eine Temperaturänderung bewirken können, zu schützen. Das Gefäß darf nicht zu lange in der Hand gehalten werden, da sich die Probe sonst erwärmt.

⁹ Soll an dem Prüfgut anschließend eine CM-Messung durchgeführt werden, beträgt die Einwaage 50 g (CT) bzw. 100 g (CA).

¹⁰ TKB-Bericht 6 "Belegreife und Feuchte: Vorschlag für einen KRL-Messbecher"

3.5 Messwerterfassung

Am Messgerät wird die korrespondierende relative Luftfeuchte bei Erreichen des Gleichgewichtszustands abgelesen. Dieser gilt als erreicht, wenn sich der angezeigte Messwert innerhalb von 3 Minuten nicht wesentlich verändert ($\pm 1\%$ r. F.). Dies ist, abhängig vom Messgerät, in der Regel nach mindestens 30 Minuten der Fall.

Bei Messungen nach der KRL-Methode sind im Temperaturbereich $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ maximale Schwankungen von $\pm 2\%$ r. F. zu erwarten.¹¹

Die Dokumentation der Messung erfolgt über das vorbereitete Messprotokoll (Anlage zu diesem Merkblatt).

4 KRL-Methode und Belegreife

Bei Verlegewerkstoffen und Bodenbelägen sind bis zu einer relativen Luftfeuchte von 75 % keine schädlichen Wirkungen zu erwarten.

Für die korrespondierende relative Luftfeuchte gab es nach TKB-Bericht 2 Richtwerte von 75 % r. F. (unbeheizt) bzw. 65 % r. F. (beheizt) bei Probenahme gleichmäßig über den Estrichquerschnitt.

Die Ergebnisse des Ringversuchs von 2017 bestätigten den Richtwert von 75 % r. F. als sicheren Grenzwert für die Belegreife von unbeheizten Estrichen, gemessen am Estrichquerschnitt. Nach den Ergebnissen dieses Ringversuchs entspricht der Abminderungswert von 0,2 CM-% für beheizte Estriche einer Differenz beim KRL-Wert von 5 % r. F. Aus Vorsorgegründen wurde der Richtwert von 65 % r. F. für beheizte Estriche (TKB-Bericht 2) in diesem Merkblatt, Ausgabe 08-2018 zunächst beibehalten. Aufgrund der Ergebnisse der Ringversuche von 2018 und 2019 und der Untersuchungen am Institut für Baustoffprüfung und Fußbodenforschung¹² wurden die in der Ausgabe 08-2018 dieses Merkblatts veröffentlichten Grenzwerte neu festgelegt.

Die KRL-Grenzwerte für die Belegreife betragen demnach:

80 % r. F. für unbeheizte Estriche

75 % r. F. für beheizte Estriche

¹¹ Dr. Gernod Deckelmann: Das Feuchteaufnahme und – abgabeverhalten zementgebundener Estriche und Konsequenzen für die Bestimmung der KRL. Tagungsband der TKB-Fachtagung 2018, Köln, 14.03.2018, Industrieverband Klebstoffe e.V.

¹² Egbert Müller, Vorstellung IBF-Untersuchungsergebnisse/ KRL Feuchtemessung, 20. Internationales Sachverständigentreffen, Schweinfurt, 8./9. 11. 2019

Anlage 1

Protokoll zur Estrichfeuchtemessung nach der KRL-Methode

Angaben zur Lage des Estrichs im Gebäude					
Gebäude / Liegenschaft: Adresse Bauabschnitt / Bauteil des Gebäudes Stockwerk / Wohnungs-Nr./Raum-Nr.					
Auftragnehmer für Parkett-/Bodenbelagsarbeiten					
Name, Adresse, Ansprechpartner					
Auftraggeber der Bodenbelags- / Parkettarbeiten					
Name, Adresse, Ansprechpartner					
Angaben des Auftraggebers (ggf. nach Absprache mit Estrichhersteller) zum Estrich Die Angaben sind für jeden Raum einzeln zu machen!					
Estrichkonstruktion / Einbauart	a) schwimmender Estrich b) Estrich auf Trennlage				
Bindemittelart	a) Zementestrich (CT) a) 1. Zementart (z.B. CEM I, CEM II/A-LL) a) 2. Verwendetes Zusatzmittel b) Calciumsulfatestrich (CA/CAF) c) Schnellzementestrich				
Datum des Estricheinbaus	Ggf. differenziert nach Teilbereichen				
Estrich-Nennstärke	[mm]				
Maximale Estrichstärke	[mm]				
Warmwasser-Fußbodenheizung	Ja / Nein				
Dokumentation der Messergebnisse zur Estrichfeuchte					
Messstelle Nr.		1	2	3	4
Datum					
Prüfer					
Lufttemperatur	[°C]				
Relative Luftfeuchte	[%]				
Untergrund-Oberflächentemperatur	[°C]				
Bei Fußbodenheizung: Aufheizprotokoll vorhanden?	Ja / Nein				
Messstellen bei Fußbodenheizung gekennzeichnet / ausgewiesen?	Ja / Nein				
Estrichstärke	[mm]				
Einwaage	[g]				
Korrespondierende rel. Luftfeuchte (KRL-Wert)	[%]				
KRL-Wert abgelesen nach	[min]				
Probebehälter (PE-Beutel/B, PE-Flasche/F, Stahlflasche/S, KRL-Messbecher/M)					
Messgerätetyp					
Feuchtegrenzwert eingehalten	Ja / Nein				
Anmerkungen					
Bestätigung der Messergebnisse					
Datum / Unterschrift des Prüfers			Datum / Unterschrift des Auftraggebers		

Anlage 2

Anforderungen an Messgeräte, die für die KRL-Methode empfohlen werden können

Prüfkriterium	Anforderung	Jahr
Genauigkeit nach 30 min	Standardabweichung (s_i) < 5 % r. F.	
Genauigkeit nach 60 min	Standardabweichung (s_i) < 5 % r. F.	
Drift über einen Zeitraum von 5 Wochen	Steigung der Regressionsgeraden (r_i) über die Messzeit < 0,1	
Genauigkeit nach Bestäubung mit Zement (Anmerkung 1)	Keine Erhöhung der Messungenauigkeit im Vergleich zu 30 und 60 min, durchgeführt an 2 Kalibrierstandards	

Anmerkung 1: Der Bestäubungstest ist ausführlich in TKB-Bericht 3 beschrieben. Davon unabhängig ist auch ein vereinfachter Bestäubungstest möglich. Dazu wird der Sensor in einem geschlossenen Behälter aufgewirbeltem Zementstaub ausgesetzt. Der Zementstaub wird täglich zweimal im Abstand von 8 Stunden aufgewirbelt. Die Einwirkungsdauer beträgt 10 Testtage (im einfachsten Fall ein 1-L-PE Beutel mit 30 g Zementstaub).

Anlage 3

Geeignete Geräte und deren Hersteller für die KRL-Messung

Stand: Januar 2021

Die nachfolgende Tabelle enthält Geräte und deren Hersteller, die sich entsprechend Kapitel 3.1 dieses Merkblattes für KRL-Messungen eignen sowie das Jahr der Aufnahme in die Liste:

Hersteller	Gerät	Jahr
rotronic messgeräte gmbh Einsteinstr. 17-23 76275 Ettlingen Tel.: 07243 - 383 250 info@rotronic.de www.rotronic.com	Rotronic Hygropalm Rotronic HP23-A mit Fühler HC2A-S	2015 2019
Testo SE & Co. KGaA Testo-Straße 1 79853 Lenzkirch Tel.: 07653 - 681 700 vertrieb@testo.de www.testo.de	Testo Robust Testo Normal Testo 635-1 mit robustem Fühler	2015 2015 2019
Novasina GmbH Industriering Ost 66 47906 Kempen Tel.: 02152 - 95 99 701 joern.boedeker@novasina.de www.novasina.de	Novasina mit elektrolytischem Fühler	2019
TROTEC GmbH Grebbener Str. 7 52525 Heinsberg Tel.: 02452 - 962 0 info@trotec.de www.trotec.de	Trotec T3000 mit TS230SDI	2021