



## Belegreife und Feuchte: Vorschlag für einen „KRL- Messbecher“

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

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	2
2. Anforderungen an den KRL-Messbecher .....	3
3. Umsetzung .....	3
3.1 Verwendete Programme .....	3
3.2 Parametrisierung und Rendern des Modells .....	3
3.3 Druckmaterialien und Drucken der Bestandteile .....	4
3.4 Geeignete Dichtringe .....	4
3.5 Tests der Prototypen .....	4
4. Anhang .....	4
4.1 Verzeichnis der Druckdateien .....	4
4.2 Bilder des Messbechers .....	5

## 1. Einleitung

Die Feuchte von Unterböden ist ein wichtiges Kriterium für die sogenannte Belegreife, der Zustand, in dem der Unterboden mit Bodenbelägen oder Parkett belegt werden kann.

In den vergangenen Jahren hat die TKB, teilweise in Zusammenarbeit mit verschiedenen Universitätsinstituten, zu diesem Thema eine Reihe von Untersuchungen durchgeführt. Ziel dieser Untersuchungen war es,

1. das Trocknungsverhalten alter und heutiger Estrichrezepturen zu verstehen, ggf. auch mathematische modellieren zu können,
2. Kriterien für die Belegreife von Estrichen zu entwickeln, die nicht nur empirisch, sondern auch theoretisch begründbar sind,
3. Existierende und neue Messmethoden auf ihre Aussagekraft in Bezug auf den Feuchtezustand von Estrichen zu untersuchen und zu beschreiben,
4. Messgeräte auf ihre Eignung zu prüfen.

Die TKB hat inzwischen 5 Berichte und ein FAQ (Frequently Asked Questions, dt.: Häufig gestellte Fragen) zum Thema „Belegreife und Feuchte“ publiziert:

1. TKB Bericht 1  
„Versuche zur Trocknung von Estrichen“<sup>1</sup>
2. TKB Bericht 2  
„Die KRL-Methode zur Bestimmung der Feuchte in Estrichen“<sup>2</sup>
3. TKB Bericht 3  
„Geeignete Messgeräte zur Feuchtebestimmung nach der KRL-Methode“<sup>3</sup> und
4. TKB Bericht 4  
„Sorptionsisothermen und die Interpretation von KRL-Messungen“<sup>4</sup>
5. TKB Bericht 5  
„Ein Ringversuch zur Feuchtemessung mit der KRL-Methode“<sup>5</sup>
6. TKB FAQ  
„Fragen und Antworten der TKB zur KRL-Methode“<sup>6</sup>

Im Bericht 2 wird die Messmethode detailliert beschrieben. Dort wird in Bezug auf das Messgefäß ausgeführt:

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

<sup>2</sup> 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.

<sup>3</sup> TKB-Bericht 3: Belegreife und Feuchte – Geeignete Messgeräte zur Feuchtebestimmung nach der KRL-Methode; Technische Kommission Bauklebstoffe im Industrieverband Klebstoffe e.V., Düsseldorf, 2016, Ergänzt 2019

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

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

<sup>6</sup> TKB-FAQ: Fragen und Antworten der TKB zur KRL-Methode; Technische Kommission Bauklebstoffe im Industrieverband Klebstoffe e.V., Düsseldorf, 2020.

“Verschließbares, sauberes und trockenes Gefäß (erfolgreich erprobt wurden: PE-Gefrierbeutel mit 3 l Volumen, CM-Flasche, PE-Flasche mit ca. 250 ml Volumen), ...”.

Kritiker der Methode bemängelten häufig, dass die Messung im Beutel “improvisiert” wirkt und für die PE-Flaschen kein fertiger Sensoradapter existiert; beides könne auch die Möglichkeit für einer Reihe von Fehlern eröffnen und wäre damit passiv unsicher. Auch bei Nutzung einer CM-Flasche ist man nicht passiv sicher, da vor einer KRL-Messung diese jeweils sehr sorgfältig gesäubert werden müsse, da Reste von Calciumcarbid bzw. Calciumoxid den KLR-Wert verfälschen könnten. Zur Vermeidung dieser Nachteile wurde ein eigenständiger KRL-Messbecher entwickelt, der im Wesentlichen mit üblichen 3D-Druckern individuell ausdrückbar ist.

Der eilige Leser sei darauf hingewiesen, dass zum Ausdruck der Becher-Bestandteile die STL-Dateien<sup>7</sup> (xxx.stl) notwendig sind, für den individuellen Druck müssen diese aber noch für den Drucker in G-Code übersetzt werden. Die STL-Dateien können auch an einen der Lohndrucker gegeben werden, der dann den eigentlichen Druck ausführt.

Die Daten und Dateien für den KRL-Messbecher stehen unter der Creative Commons Licence<sup>8</sup> 4.0 mit Namensnennung: KRL-Messbecher der Technische Kommission Bauklebstoffe im Industrieverband Klebstoffe e.V., Düsseldorf, ([www.klebstoffe.com](http://www.klebstoffe.com)).



## 2. Anforderungen an den KRL-Messbecher

Der KRL-Messbecher soll

- aus einem Kunststoff sein, der selbst nur geringe Mengen oder kein Wasser absorbiert,
  - sicherstellen, dass der Sensor immer nahe am Prüf-gut ist,
  - eine gewissen thermische Isolierung zur Umgebung ermöglichen,
  - einfach befüllbar und
  - einfach handhabbar
- sein.

<sup>7</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/STL-Schnittstelle>

<sup>8</sup> siehe: <https://creativecommons.org/>, dort können auch Details der Lizenz und weitere juristische Details (“Haftungsbeschränkung”) nachgesehen werden.

## 3. Umsetzung

Die anliegenden STL-Dateien enthalten die 3D-Modelle der Becher-Bestandteile. Sie können unmittelbar an einen Druckdienst gegeben werden oder nach dem sogenannten Slicen mit einem 3D-Drucker gedruckt werden.

### 3.1 Verwendete Programme

Zum Design des Bechers, dem Rendern und Erzeugen der STL-Dateien wurde das Programm “OpenSCAD”<sup>9</sup>, verwendet. Das eigentliche Design ist in der SCAD-Datei (xxx.scad) niedergelegt und eröffnet die Möglichkeit, das Design weiter zu entwickeln.

Für den Testdruck wurde als Drucker ein “Original Prusa i3 MK3(S)”<sup>10</sup> verwendet, das STL-Modell wurde dafür mit der aktuellen Version des PrusaSlicer2.x<sup>11</sup> in eine druckfähige Datei umgewandelt.

### 3.2. Parametrisierung und Rendern des Modells

Um die Maße des Bechers leicht anpassen zu können, sind die SCAD-Modelle weitgehend parametrisiert. In Zeile 28 findet man beispielsweise folgenden Ausdruck:

```
ar_sensor= 15.2/2;
```

Der Außendurchmesser des Sensors beträgt 15,0 mm. Mit ein wenig Spiel von 0,2 mm wird dann der Außenradius des Sensors mit 15,2/2 mm berechnet. Für einen Sensor mit anderen Abmessungen kann dieser Wert leicht geändert werden, damit wird das Design des Bechers komplett auf diesen Radius angepasst.

Die Einzelteile des Modells sind jeweils in Module (Unterprogrammen in OpenSCAD) abgelegt. Das Programm ist so eingestellt, dass lediglich ein Teil ausgedruckt wird, die anderen Teile sind “auskommentiert”.

Beispiel:

Zeile 317: Sensorklemme (dh2, b1bt, ar\_sensor, ors\_ir, ors\_sd, ws); ⇒ wird gerendert

Zeile 317: //Sensorklemme (dh2, b1bt, ar\_sensor, ors\_ir, ors\_sd, ws); ⇒ **auskommentiert**, wird nicht gerendert.

<sup>9</sup> Homepage: <https://www.openscad.org>. OpenSCAD ist “Freie Software” (Free Software) und wird mit der “General Public License version 2” publiziert. Verwendet wurde die jeweils aktuelle Version.

<sup>10</sup> <https://shop.prusa3d.com/de/>

<sup>11</sup> <https://www.prusa3d.com/drivers/>

Es werden folgende 4 Teile benötigt:

- a) die Sensorklemme (Zeile 317)
- b) der Trichter (Z. 362)
- c) der Deckel (Z. 390)
- d) der Becher (Z. 410)

### 3.3. Druckmaterialien und Drucken der Bestandteile

Grundsätzlich ist eine Reihe von Kunststoffen für das Drucken des Bechers geeignet. Die TKB hat insbesondere gute Erfahrung mit PET gemacht. Für die Testdrucke wurde überwiegend PET der Firma BASF verwendet: EPR InnoPET mit einer Drucktemperatur von 200 bis 220 °C.

Der Becher und Deckel sind grundsätzlich doppelwandig ausgelegt. Für die thermische Isolation (Verringerung der Konvektion) sollte ein "Infill" von 15 ... 20 % mit einem geschlossenen Muster (Kubisch, ...) gewählt werden. Allerdings wurden auch gute Erfahrungen mit dem teiloffenen Gyroid-Muster erzielt, das für die mechanischen Stabilität von Vorteil ist.

### 3.4. Geeignete Dichtringe

Es werden 2 Dichtringe benötigt, die hinzugekauft werden müssen.

- a) O-Ring 15,00 mm x 2,50 mm
- b) O-Ring 70,00 mm x 2,50 mm

Für die Testmodelle wurde als Material NBR70 ausgewählt.

Die Ringe sind beispielsweise bei HUG TECHNIK UND SICHERHEIT GMBH ERGOLDING (<https://www.hug-technik.com/>) online erhältlich.

### 3.5. Tests der Prototypen

Von TKB-Mitgliedern wurden die 10 Becher in der Praxis getestet.

## 4. Anhang

### 4.1 Verzeichnis der Druckdateien

In den zip-gepackten Dateien befinden sich folgende Dateien:

#### Druckdateien KRL-Becher – 15 mm Durchmesser Sensoren, z. B. Rotronic

KRL Becher 14, Konvekt, Gitter, 2019-03-15.scad  
 KRL Becher 14, Becher, 2019-03-15.stl  
 KRL Becher 14, Deckel, 2019-03-15.stl  
 KRL Becher 14, Sensorklemme, 2019-03-15.stl  
 KRL Becher 14, Trichter, 2019-03-15.stl

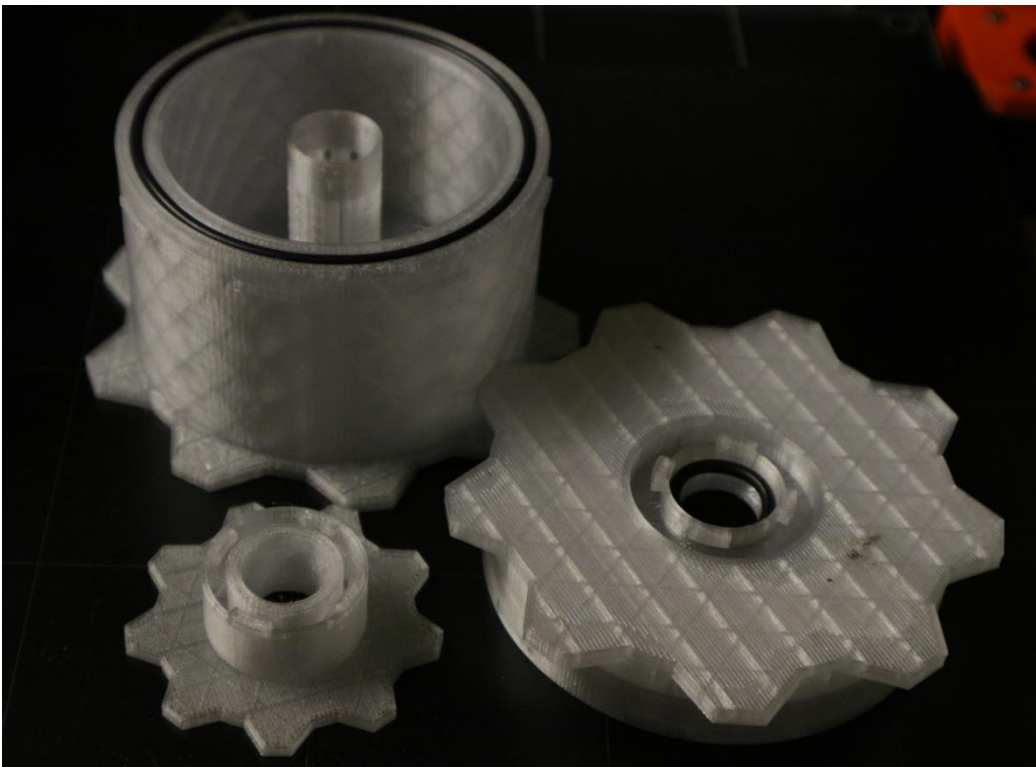
#### Druckdateien KRL-Becher – 12 mm Durchmesser Sensor, z. B. Trotec

KRL Becher 14, Konvekt, Gitter, 2021-02-27 Trotec.stl  
 KRL Becher 14, Konvekt, Gitter, 2021-02-27 Trotec.scad  
 KRL Deckel 14, Konvekt, Gitter, 2021-02-27 Trotec.stl  
 KRL Sensorhalter 14, Konvekt, Gitter, 2021-02-27 Trotec.stl  
 KRL Trichter 14, Konvekt, Gitter, 2021-02-27 Trotec.stl

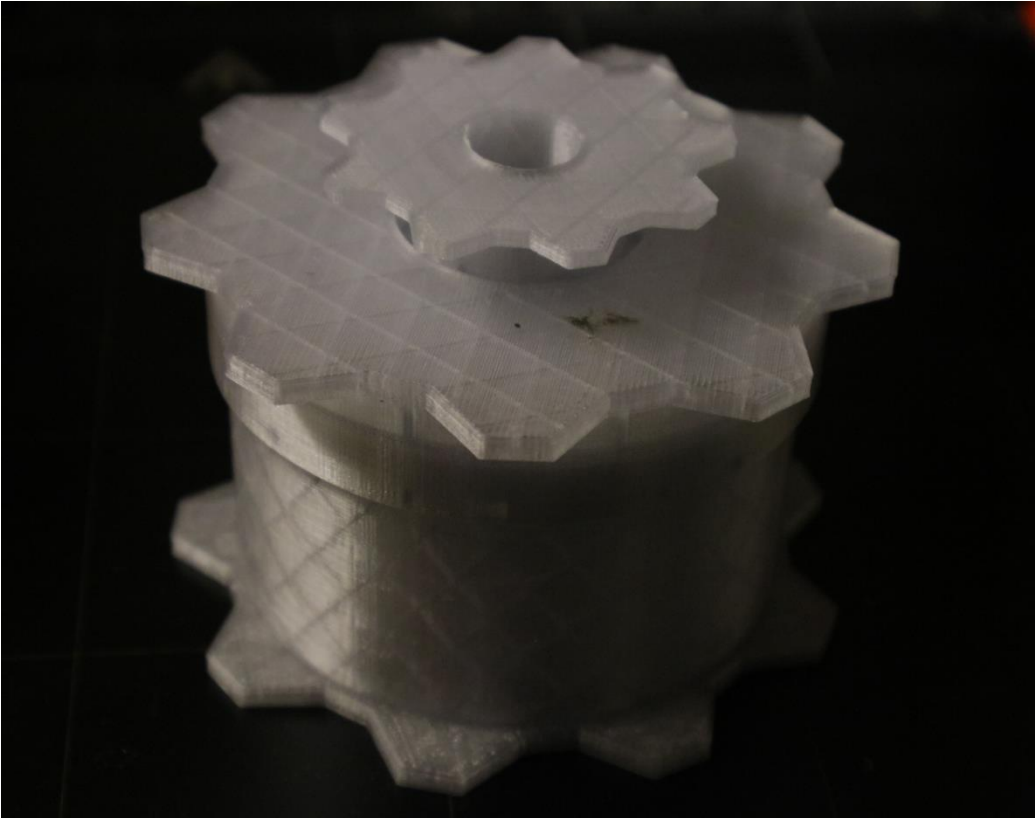
## 4.2 Bilder des Messbechers



**Bild 1:** Die drei Einzelteile des Bechers, von oben: Becher, Deckel, Sensorklemme



**Bild 2:** wie Bild 1, einsatzbereit mit eingesetzten Dichtringen



**Bild 3:** Der einsatzbereite Messbecher