



Belegreife und Feuchte:

Der „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 Änderungen	4
4. Anhang	4
4.1 Verzeichnis der Druckdateien	4
4.2 Bilder des Messbechers	5
4.3 Lohndruck	7

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.

Im TKB-Bericht 2¹ wird die Messmethode detailliert beschrieben. Dort wird in Bezug auf das Messgefäß ausgeführt: "Verschleißbares, sauberes und trockenes Gefäß (erfolgreich erprobt wurden: PE-Gefrierbeutel mit 3 l Volumen, CM-Flasche, PE-Flasche mit ca. 250 ml Volumen), ...". Kritiker 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.

Die TKB hat 2020 diesen Kritikpunkt aufgenommen und mit der ersten Fassung des TKB-Berichts 6 „Vorschlag für einen KRL-Messbecher“² einen Messbecher vorgeschlagen und dazu auch 3D-Druck Dateien publiziert, die jedermann die Herstellung eines geeigneten Messbechers m 3D-Druck-Verfahren ermöglichen.

Dieser Becher hat sich in der Zwischenzeit fest etabliert und viele praktische Probleme auf der Baustelle gelöst. Auch konnte im TKB-Bericht 8³ gezeigt werden, dass damit eine wesentliche Verbesserung der Messgenauigkeit erreicht wird und die KRL-Messung damit den etablierten Methoden (Darr- bzw. CM-Methode) überlegen ist.

¹ 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

² TKB-Bericht 6: Belegreife und Feuchte – Vorschlag für einen KRL-Messbecher; Technische Kommission Bauklebstoffe im Industrieverband Klebstoffe e.V., Düsseldorf, 2020

³ TKB-Bericht 8: Messgenauigkeit der hygrometrischen Feuchtebestimmung von Baustoffen nach der KRL-Methode; Technische Kommission Bauklebstoffe im Industrieverband Klebstoffe e.V., Düsseldorf, 2021-05-31

Dieser Bericht beschreibt nun einen überarbeiteten Messbecher, bei dem verschiedene Eigenschaften, die von Nutzern kritisiert worden waren, korrigiert werden.

Der eilige Leser sei darauf hingewiesen, dass zum Ausdruck der Becher-Bestandteile die STL-Dateien⁴ (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 Licence⁵ 4.0 mit Namensnennung: KRL-Messbecher der Technische Kommission Bauklebstoffe im Industrieverband Klebstoffe e.V., Düsseldorf, (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 Prüfgerät ist,
 - eine gewissen thermische Isolierung zur Umgebung ermöglichen,
 - einfach befüllbar und
 - einfach handhabbar
- sein.

3. Umsetzung

Dem Bericht liegt eine gepackte Datei „Druckdateien TKB-Messbecher, Modell 2023.zip“ im zip-Format bei, die die zum Druck notwendigen STL-Dateien enthält. Sie können unmittelbar an einen Druckdienst gegeben werden oder, nach dem sogenannte 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“⁶, verwendet. Das eigentliche Design ist in der SCAD-Datei (xxx.scad, befindet sich in der zip-Datei neben den STL-Dateien) niedergelegt und eröffnet die Möglichkeit, das Design weiter zu entwickeln.

Für den Testdruck wurde als Drucker ein „Original Prusa i3 MK3(S)“⁷ verwendet, das STL-Modell wurde dafür mit der aktuellen Version des PrusaSlicer3.x⁸ 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 75 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 416: Sensorklemme (dh2, b1bt, ar_sensor, ors_ir, ors_sd, ws); ⇒ wird gerendert

Zeile 416: //Sensorklemme (dh2, b1bt, ar_sensor, ors_ir, ors_sd, ws); ⇒ auskommentiert, wird nicht gerendert.

Es werden folgende 4 Teile benötigt:

- die Sensorklemme (Zeile 416)
- der Trichter (Z. 488)
- der Deckel (Z. 538)
- der Becher (Z. 569)
- optional: die Sensoratruppe (Z. 217), damit kann die Sensoröffnung verschlossen werden oder auch beim Befüllen ohne Trichter der Sensorkorb leer gehalten werden.

⁴ <https://de.wikipedia.org/wiki/STL-Schnittstelle>

⁵ siehe: <https://creativecommons.org/>, dort können auch Details der Lizenz und weitere juristische Details („Haftungsbeschränkung“) nachgesehen werden.

⁶ 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.

⁷ <https://shop.prusa3d.com/de/>

⁸ <https://www.prusa3d.com/drivers/>

Beim Trichter in Z. 488 findet man: „trichter (ar3, ar1, ar2, ar1+15,1.5*ws);“ Mit dem letzten Parameter („1.5*ws) kann man die Stabilität des Trichters einstellen, hier wird jetzt die 1.5 fache normale Wandstärke von 1.0 mm eingestellt.

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 Fa. BASF verwendet: EPR InnoPET mit einer Drucktemperatur von 220 bis 225 °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 (z. B. Kubisch) gewählt werden.

3.4. Geeignete Dichtringe

Es werden 2 Dichtringe aus NBR70 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

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

3.5. Änderungen

Für das TKB-Messbecher-Modell 2023 wurden im Wesentlichen folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Einige Teile sind nun „bedruckt“ und enthalten einen Hinweis auf die TKB und das Modell 2023
- b) Die Handräder an Deckel und Becher wurden dicker und mit gebrochenen Ecken gestaltet, damit entfallen die scharfen Kanten an den Rändern.
- c) Der Sensorbecher im Becher wurde auf 1,5 mm verstärkt.
- d) Die Bajonet-Riegel wurden leicht aus der horizontalen geneigt und erlauben jetzt ein teilweises zusammenschrauben.
- e) Das Handrad der Sensorklemme wurde vergrößert, zusammen mit dem „Schraubajonet“ ist die Befestigung des Sensors damit deutlich einfacher. Durch den partiellen Schraubgang wird ein Überdrehen unmöglich.
- f) Beim Trichter wurde eine zweite Trichterwand eingefügt, um die mechanische Stabilität zu erhöhen.
- g) Die Sensoratrappe wurde hinzugefügt.

4. Anhang

4.1 Verzeichnis der Druckdateien

In der zip-gepackten Datei "Druckdateien TKB-Messbecher, Modell 2023.zip" befinden sich folgende Dateien:

- "Becher, SB 1.5ws, TKB KRL MessBecher, Modell 2023, 2022-10-16.stl"
- "Deckel TKB KRL MessBecher, Modell 2023, 2022-10-16.stl"
- "Sensoratrappe TKB KRL MessBecher, Modell 2023, 2022-10-16 .stl"
- "Sensorklemme TKB KRL MessBecher, Modell 2023, 2022-10-16.stl"
- "Trichter 1_5 mm WS TKB KRL MessBecher, Modell 2023, 2022-10-16.stl"
- "Trichter 1 mm WS TKB KRL MessBecher, Modell 2023, 2022-10-16 Versuche.stl"

Sowie:

- "TKB KRL MessBecher, Modell 2023, 2022-12-19.scad"

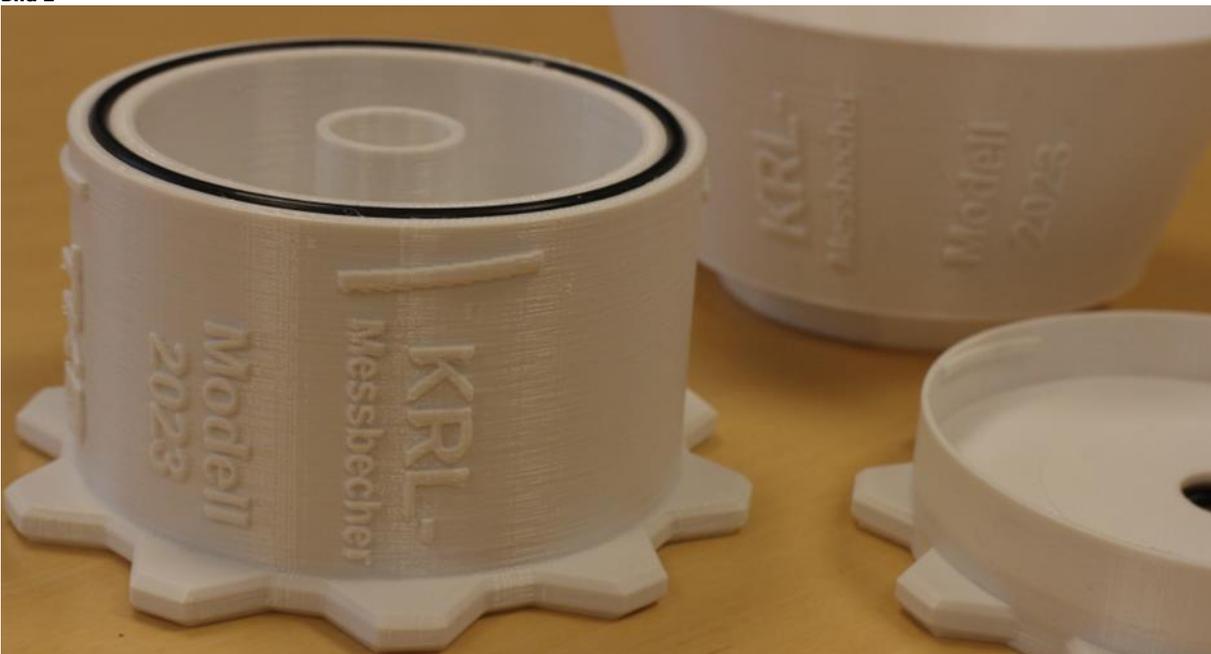
4.2 Bilder des Messbechers

Bild 1



Die vier Einzelteile des Bechers, von oben: Trichter, Becher, Deckel, Sensorklemme, Sensoratrappe

Bild 2



Becher und Trichter mit Aufschrift, man erkennt auch, dass die Bajonett-Rieger leicht schräg gestellt sind und damit geschraubt werden.

Bild 3



Becher mit aufgesetztem Trichter zum befüllen

Bild 4



Becher mit Sensoratruppe

Bild 5

Einsatzbereiter Messbecher ohne Sensor

Bild 6

Alle Teile des Bechers zusammen.

4.3 Lohndruck

Die Firma print3r hat für die TKB in den vergangenen Jahren Messbecher erfolgreich gedruckt.
Messbecher können über die E-Mail-Adresse:

tkb@print3r.de

bestellt werden.

Die komplette Adresse lautet:

Alexander Pauls

www.print3r.de

Laustraße 53

70597 Stuttgart

0172 9866146

alexander.pauls@print3r.de