

Bibliografie:

- Manfred Kubny: „Feng Shui: Die Struktur der Welt“, Drachenverlag 2008, ISBN 978-3927369-34-4
- Francois Jullien: „Über die Wirksamkeit“, Merve Verlag Berlin 1999, ISBN 3-88396-156-6
- Michael John Paton: „Five Classics of Fengshui“, Brill 2013, ISBN 978-90-04-24986-8
- Achim Eckert, „Das heilende Tao“, Verlag Hermann Bauer 1998, ISBN 3-7626-0365-0
- Heiner Frühauf, Ph.D.: „Jede Krankheit kommt vom Herzen: Die Schlüsselrolle der Emotionen in der klassischen chinesischen Medizin“, <http://www.ClassicalChineseMedicine.org>, 2010
- Dr. med. Leon Hammer, „Psychologie & Chinesische Medizin“, Joy Verlag 2002, ISBN 3-928554-40-9
- Klaus-Dieter Platsch, „Die Fünf Wandlungsphasen“, Elsevier 2005, ISBN 3-437-56710-1
- Klaus-Dieter Platsch, „Psychosomatik in der chinesischen Medizin“, Elsevier 2005, ISBN 3-437-56111-1
- Edoardo Fazzioli: „Gemalte Wörter“, fourierverlag 2003, ISBN 3-932412-11-7

Wandfeuchte und U-Wert-Messungen zur Detektion von Schimmelbildung

greenTEG AG, Technoparkstrasse 1, 8005 Zürich

Zusammenfassung

In dieser Studie wird gezeigt, wie man die Oberflächenfeuchte von Außenwänden mit dem gO Mess-System von greenTEG bestimmen kann und wie eine Kombination von U-Wert- und Feuchtigkeitsmessung die zuverlässigste und kostengünstigste Lösung für die Schadensbegutachtung und -prävention darstellt.

Die Auswertung der in dieser Studie gesammelten Messdaten wird in einem weiteren Bericht beschrieben und kann auch selbst anschaulich durchgeführt werden.

Einleitung

Trotz guter Wärmedämmung kann es auch in Neubauten zu Schimmelbildung kommen. Ursachen für diese können unterschiedlicher Natur sein:

- Kellerwände aus Beton verlieren selbst nach mehreren Jahren nach deren Erstellung noch viel Wasser. Dies führt zu einer erhöhten Raumfeuchte, welche an der kalten Kellerwand kondensieren kann. Geeignete Maßnahmen dagegen sind: Richtiges Lüften und/oder die Installation eines Feuchttrockners.
- Eine gute Wärmedämmung der Wand im Wohnbereich kann bei nicht vorhandener oder schlecht eingestellter Lüftung zur Schimmelbildung an der kälteren Außenwand führen. Eine geeignete Massnahme dagegen ist: Verbessertes Lüftungsverhalten

- Durch nicht fachgerechte Wärmedämmung der Außenwand (d.h. durch Aufkommen von Wärmebrücken) ist die Wandinnenseite stellenweise kalt. Dies kann zu einer erhöhten Oberflächenfeuchte und somit zu Schimmelbildung führen. Eine geeignete Maßnahme dagegen ist: Bessere Isolation der Wand.

Vor allem bei letzterer Problematik stellt sich die Frage, was die Ursache ist und wer dafür verantwortlich ist, denn wenn der U-Wert der Wand an der gegebenen Stelle nicht der Mindestnorm von $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (Bsp. Schweiz) entspricht, haftet der Planer bzw. die Baufirma für den Schaden. Problem dabei: Der rechnerisch gegebene U-Wert erfüllt die Norm und das Lüftungsverhalten des Mieters ist korrekt. Wer ist also für den Schaden verantwortlich?

Bei dieser Problematik kann eine kombinierte Oberflächenfeuchte und U-Wert-Messung mit dem gO Mess-System von greenTEG Abhilfe schaffen.

Bauphysik im Kurztheorie-Überblick

Der aw-Wert beschreibt die relative Feuchte an der Oberfläche. Laut Norm SIA besteht die Gefahr von Schimmelbildung, wenn die Oberflächenfeuchte über 80 % liegt.

Der aw-Wert an der Oberfläche kann nicht direkt gemessen werden. Er kann jedoch durch die Messung

von Raumtemperatur, Raumfeuchte und Wandoberflächentemperatur über die folgende Formel bestimmt werden: „aw-Wert“=((Sättigungsdruck der Raumlufttemperatur*rel Feuchte))/(Sättigungsdruck der Bauteiltemperatur*100).

$$\text{„aw-Wert“} = \frac{(\text{Sättigungsdruck der Raumlufttemperatur} * \text{rel Feuchte})}{\text{Sättigungsdruck der Bauteiltemperatur} * 100}$$

Der Sättigungsdruck von Wasser kann mit der Magnus-Formel bestimmt werden:

$$P_{i,w} = A \exp \frac{m * \text{Temperatur}}{T_n + \text{Temperatur}}$$

Wobei A, m und T_n als Magnus-Parameter bezeichnet werden und in der Literatur gefunden werden können.

Objektbeschreibung

Das Haus ist ein Minergie-Holzmodulbau ohne Dampfsperre und mit Aktivlüftung, fertiggestellt in 2014. Der Wandaufbau basiert auf einer Dreischichtplatte mit In-

nenwand, Flumroc (WD Flumroc Solo) als Isolationsmaterial und einer DHF-Platte als Außenwand. Im Kellerbereich bestehen die Wände aus Beton.



Abb. 1: Testobjekt war ein Minergieholzhaus in Rickenbach SZ, welches am 1.7.2014 fertiggestellt wurde (fertiggestelltes Haus Nov. 2014)



Abb. 2: Testobjekt (finale Bauphase Mai 2014)

Problemzonen bezüglich Schimmel

Bad: An der Decke im Bad hatte der Hauseigentümer das Gefühl, im Sommer Sporen von Schimmel entdeckt zu haben. Die Frage ist nun, ob an dieser Stelle allenfalls die Wärmedämmung unzureichend ist, und wenn nicht, wie man die Bildung von Schimmel im Bad vermeiden kann.

Keller: Das Haus verfügt über keinen Dachstock, wodurch der Hauseigentümer gezwungen ist, das Lager im Keller zu halten. Zudem wird im Keller auch die Wäsche zum Trocknen aufgehängt. Um Schimmelbildung vorzubeugen, benützt der Hauseigentümer einen Entfeuchter. Es gilt nun die Frage zu klären, ob das Gerät nach drei Jahren noch notwendig ist.

Installation des Messgeräts

Das gO Mess-System ist ein portables, kabelloses Mess-System, basierend auf einer Basisstation, welche die Daten von bis zu 16 Messknoten sammelt und in die Cloud weitersendet. Durch die Verwendung von LoRaSC kann das System selbst durch dicke Bunkerwände senden und ermöglicht somit, dass drahtlose Messungen auch problemlos in Kellern durchgeführt werden können.

• Messung im Keller (aw-Wert-Bestimmung)



Knotentyp 2:
Oberflächentemperatur- und Umgebungstemperaturmessung



Knotentyp 3:
Umgebungstemperatur- und Raumfeuchtemessung

Messung im Bad (U-Wert- und aw-Wert-Bestimmung)



Knotentyp 1: Wärmefluss-, Oberflächen- und Umgebungstemperaturmessung (an der Stelle, an der Schimmelbildung vermutet wurde)



Knotentyp 2: Oberflächen- und Umgebungstemperaturmessung



Knotentyp 3:
Umgebungstemperatur- und Raumfeuchtemessung

Abb. 3: gOMS-Messinstallation für aw- und U-Wertmessungen

Die Basisstation war während der Messungen im 1. Obergeschoss positioniert. Für die aw- und U-Wert-Messungen wurden die Messknoten wie in Abbildung 2 dargestellt installiert. Für den aw-Wert ist es wichtig, dass der Feuchte-Messknoten möglichst in der Mitte des Raumes installiert wird.

Wenn nur der aw-Wert bestimmt werden soll, kann für die Oberflächentemperaturmessung ein Messknoten vom Typ 2 (ohne Wärmeflussmessung) verwendet werden (Kellermessung). Wenn jedoch gleichzeitig noch der U-Wert bestimmt werden soll, ist es ratsam, den Kombisensor mit Wärmefluss, Oberflächen- und Raumtemperatur zu verwenden (Messknoten Typ 1, siehe Badmessung). Korrekterweise müsste die Außentemperaturmessung genau auf der gegenüberliegenden Stelle der Wärmeflussmessung erfolgen. In diesem Falle wurde aus praktischen Gründen, der Außenknoten auf der Nordseite des Hauses installiert (siehe Außenknoten der Badmessung). Die Messdauer betrug > 72 h, was vor allem für die U-Wert-Messung essentiell ist.

Auswertung und Resultate

Auswertungssoftware

Das gO Mess-System ermöglicht eine schnelle und einfache Auswertung der Daten. Alle Daten werden in der Cloud gespeichert. Mit der cloud-basierenden Software kann die entsprechende Messung ausgewählt und dann im U-Wert oder aw-Wert Berechnungstool ausgewertet werden.

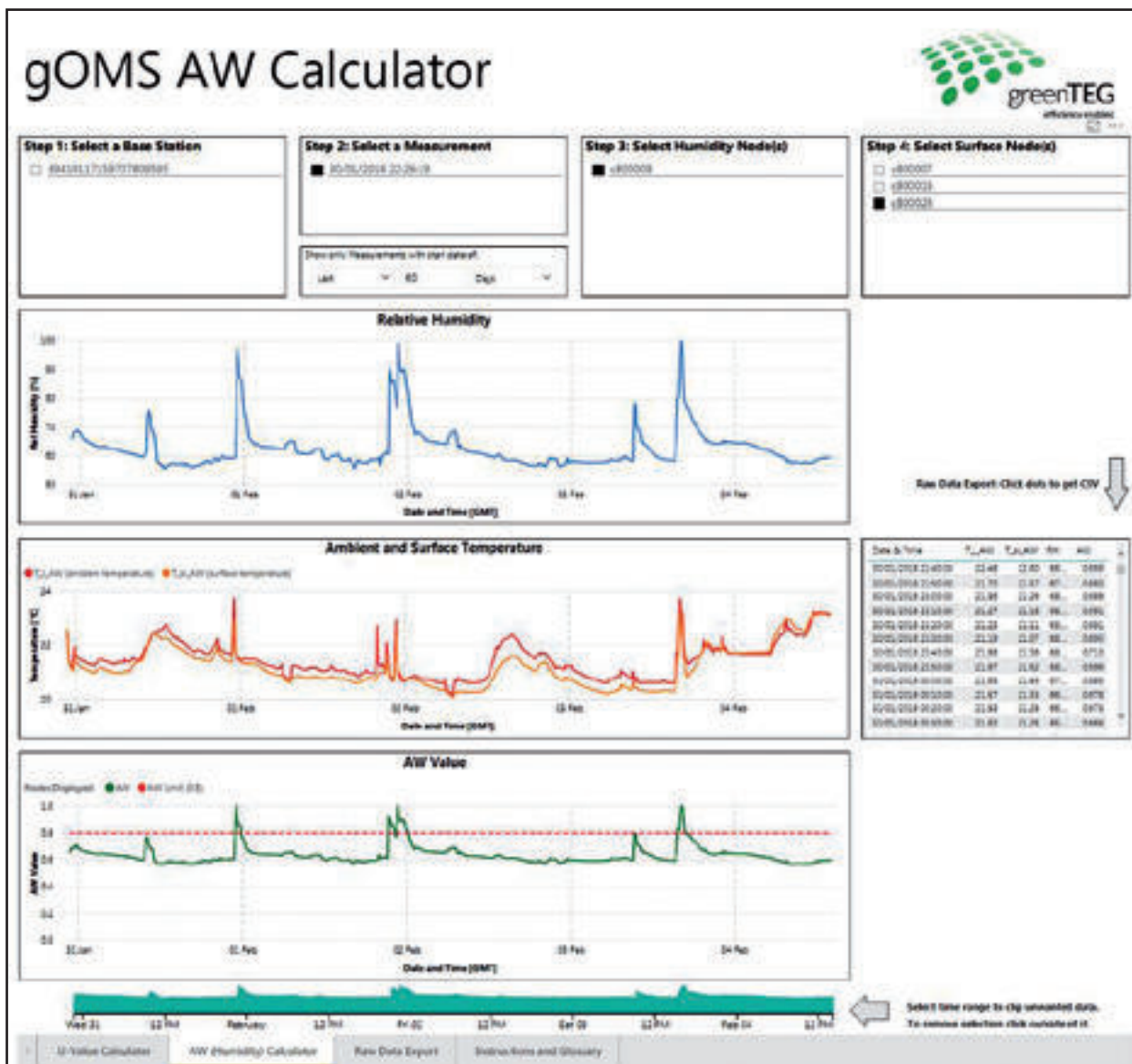


Abb. 4: Darstellung der Cloud-basierten gOMS Auswertungssoftware für Raumfeuchte und aw-Wert-Bestimmungen

In Abbildung 3 ist das Auswertungstool für die Raumfeuchte und den aw-Wert gezeigt. Durch Anklicken der entsprechenden Messknoten, wird Feuchte, Raumtemperatur und aw-Wert von der entsprechenden Messperiode dargestellt.

• *Messung im Bad*

Die Abbildung 3 zeigt die Messwerte vom Bad. In der Feuchtekurve ist gut erkennbar, wann geduscht oder gebadet wurde. Die relative Feuchtigkeit im Raum steigt jeweils kurzfristig auf über 80 % der kritischen Grenze

für Schimmelbildung an. Jedoch sank der aw-Wert durch jeweils innerhalb kurzer Zeit wieder unter die 80 %.

Eine weitere Frage für den Badbereich war, ob der durch die Norm bedingte maximale U-Wert nicht durch eine Wärmebrücke an der kritischen Stelle überschritten wird. Die U-Wert-Messung nach ISO-Standard (vgl. Abbildung 4) zeigt, dass die Decke einen U-Wert von 0.116 W/(m²K) aufweist, was unter dem maximalen U-Wert von 0.4 W/(m²K) ist. Zudem erfüllt der gemessene U-Wert die Minergie Norm, welche einen U-Wert von unter 0.15 W/(m²K) vorschreibt.

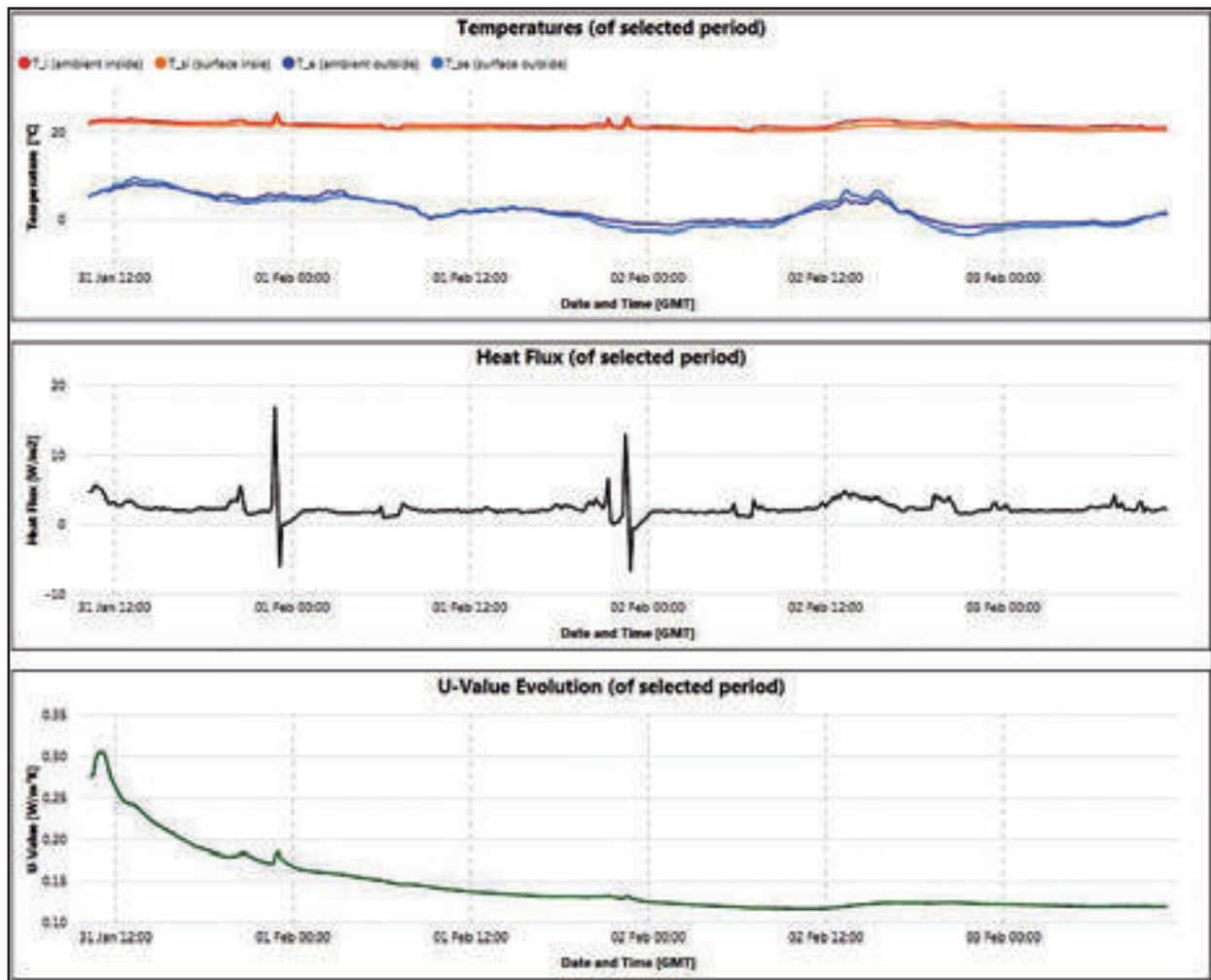


Abb. 5: U-Wert-Messung bei der für den Schimmelbefall problematischen Stelle im Dachbereich

Aus den Messungen vom Badbereich können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Der U-Wert des Daches entspricht der Norm.
- Im Winter, wenn das Bad beheizt wird, besteht mit der gegebenen minimalen Lüftungsmenge keine Gefahr von Schimmelbildung.
- Die aw-Wert-Messung müsste allenfalls nochmals im Sommer, wenn das Gebäude nicht beheizt wird, wiederholt werden, um zu überprüfen, ob allenfalls über die Sommermonate die Raumlüftung erhöht werden müsste.

• *Messung im Keller*

Abbildung 5 zeigt die Auswertung der Feuchtemessung im Keller. Zu Beginn waren die beiden Fenster offen und es war keine Wäsche aufgehängt. Der aw-Wert der Kelleraußenwand war für diese Zeit leicht unter der kritischen Grenze bei 75 %. Kurz nach Mittag vom 23. Dezember wurde dann Wäsche aufgehängt, was zu einem drastischen Anstieg der Luftfeuchte im Keller führte und eine damit verbundene Überschreitung des kritischen Wertes. Nachdem die Wäsche trocken war, fiel der aw-Wert wieder unter die kritische Grenze von 80 %. Am 24. Dezember wurden dann die beiden Kellerfenster geschlossen, was zwar einen leichten Anstieg der Wandtemperatur zur Folge hatte, jedoch auch eine Zunahme der relativen Luftfeuchtigkeit. Diese Zunahme führte dazu, dass die Oberflächenfeuchte die kritische Grenze für Schimmelbildung wiederum überschritt.

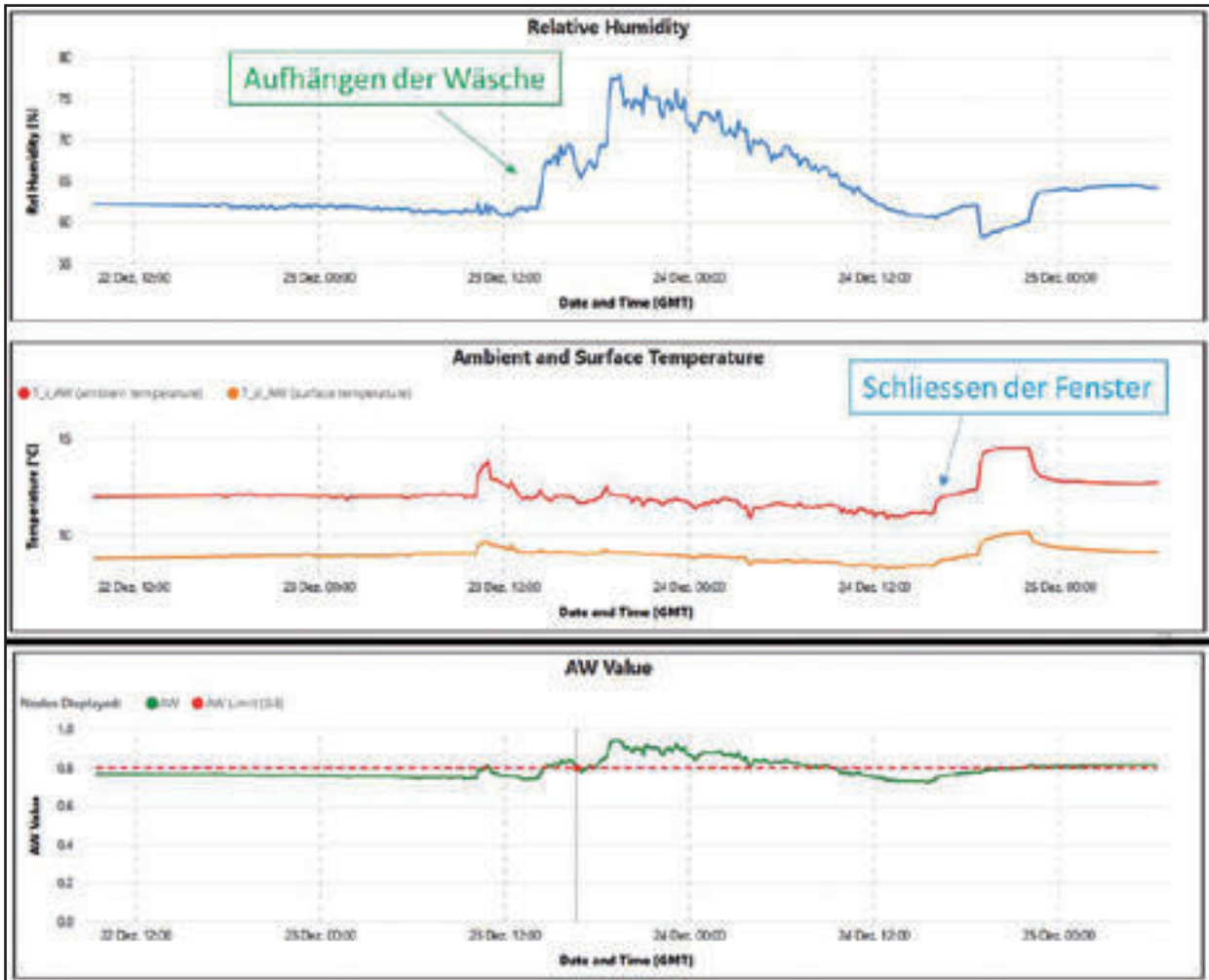


Abb. 6: Feuchte und aw-Wert-Messung im Keller

Aus den Messungen im Keller können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Im Winter ohne Wäsche und offenen Fenstern ist die Gefahr von Schimmelbildung nicht mehr vorhanden und der Entfeuchter kann ausgeschaltet bleiben.
- Während der Phase der Wäschetrocknung ist die Benutzung des Entfeuchters nach wie vor zu empfehlen.
- Im Sommer ist in kalten Kellerräumen die Luftfeuchte oft höher. Wahrscheinlich sollten an wärmeren Sommertagen der Luftentfeuchter wiedereingesetzt werden. Dies müsste jedoch mit einer Messung während der warmen Jahreszeit verifiziert werden.

Publikation: 12.02.2018

Für Fragen und Anregungen kontaktieren Sie bitte die Autoren direkt.

Kontakt:

lukas.durrer@greenTEG.com

holger.hendrichs@greenTEG.com