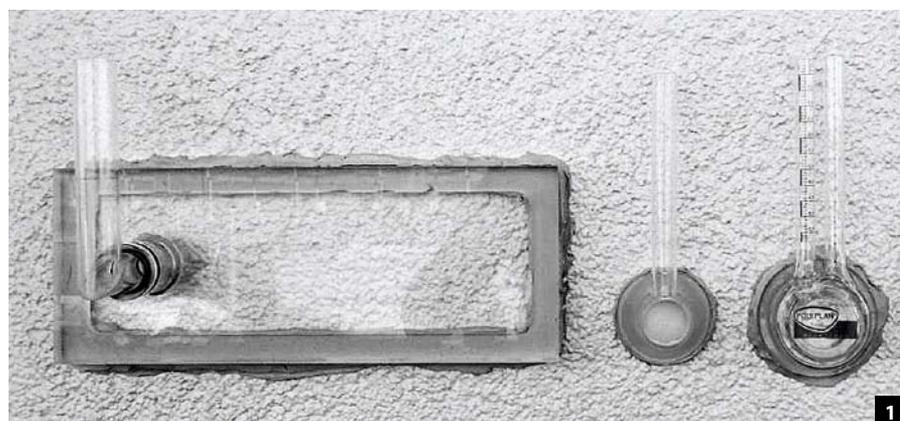


# Was ist bei Karsten & Co. zu beachten?

**Beurteilung des Regenschutzes einer Fassade** ■ Der Regenschutz schlagregenbelasteter Fassaden gewinnt vor allem beim nachträglichen Einbau einer Innendämmung an Bedeutung. Im Vorfeld einer solchen Sanierung sollte daher die Wasseraufnahme der Fassadenoberflächen bestimmt werden, um beurteilen zu können, ob der Schlagregenschutz verbessert werden muss. Vielfach werden für das Ermitteln der Wasseraufnahme zerstörungsfreie Messverfahren wie das Prüfröhr nach Karsten, das Prüfröhr nach Pleyers oder die Franke-Platte eingesetzt. Am Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) in Holzkirchen wurde die Handhabung und Genauigkeit dieser Prüfgeräte untersucht und daraus Empfehlungen für die praktische Handhabung abgeleitet. **Kerstin Haindl, Tobias Schöner, Daniel Zirkelbach und Cornelia Fitz**



Alle Abb.: IBP, Holzkirchen

**Abb. 1:** Mit den Messgeräten nach Franke (links), Karsten (Mitte) und Pleyers (rechts) lässt sich die Wasseraufnahme von Fassadenoberflächen zerstörungsfrei bestimmen.

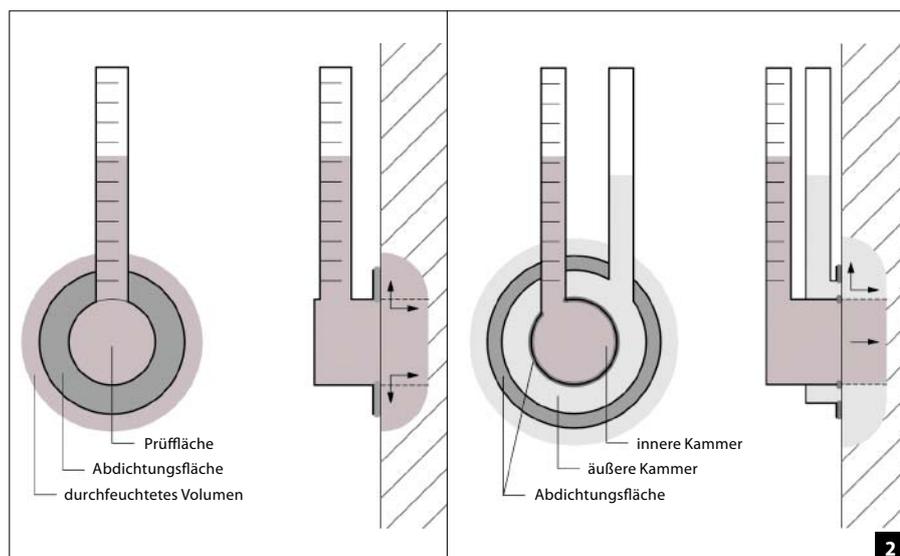
Der Regenschutz schlagregenbelasteter Fassaden gewinnt bei gut gedämmten Bauteilen an Bedeutung, denn mit den geringen Wärmeverlusten steht nur wenig Energie zur Verfügung, um die Oberfläche des Bauteils zu trocknen. Dies ist vor allem bei der Sanierung und dem nachträglichen Einbau einer Innendämmung zu beachten, da der Regenschutz in diesen Fällen – wenn überhaupt – ursprünglich für ein deutlich wärmeres Bauteil ausgelegt wurde. Der Regenschutz ist also zu prüfen und bei Bedarf zu verbessern.

Maßgebliche Größe für die Beurteilung ist der Wasseraufnahmekoeffizient ( $w$ -Wert) der Fassadenoberfläche. Er beschreibt, wie viel Wasser pro Zeiteinheit aufgenommen werden kann, und dient auch zur Definition des Flüssigtransports bei hygrothermischen Simulationen.

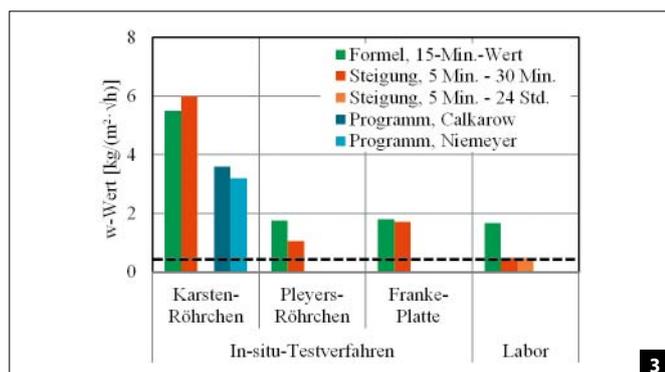
Um den  $w$ -Wert im Labor zu bestimmen, muss eine Probe entnommen werden. Das ist aufwendig und nicht ohne die Beschädigung der Fassade möglich. Die zerstörungsfreie Messung direkt an der Fassade, ist nur mit weniger genauen Messverfahren möglich. Übliche Prüfgeräte hierfür sind das Karsten-Röhrchen, das Pleyers-Röhrchen und die Franke-Platte (Abb. 1). Die Handhabung und Genauigkeit dieser Messverfahren wurde am Fraunhofer Institut für Bauphysik in Holzkirchen untersucht und daraus Empfehlungen für die praktische Handhabung abgeleitet.

## Labor- und In-situ Messungen wurden miteinander verglichen

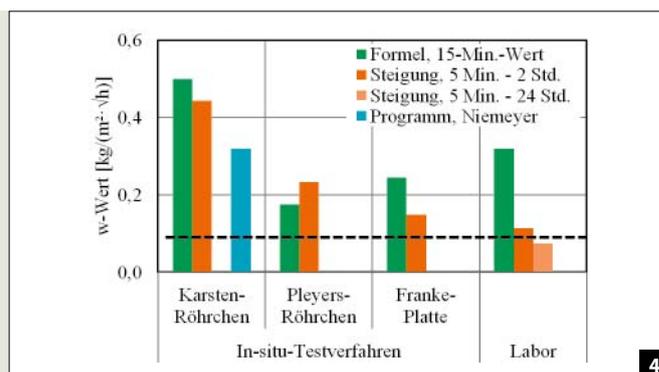
Für die Messungen werden die In-situ-Messgeräte reversibel mit Abdichtungsmaterial auf



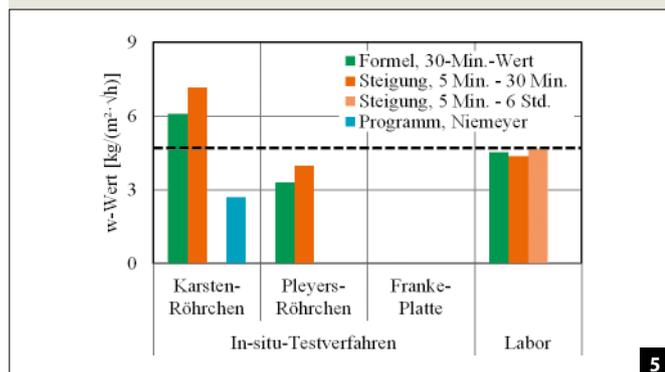
**Abb. 2:** Schema der Wasseraufnahme beim Prüfröhrchen nach Karsten mit einer Kammer (links) und nach Pleyers mit zwei getrennten Kammern (rechts)



3



4



5

**Abb. 3:** Vergleich der mit den verschiedenen Messverfahren und Auswerte-Methoden ermittelten w-Werte von Putz 1: Alle Messungen liegen über dem im Labor unter Normbedingungen ermittelten w-Wert.

**Abb. 4:** Vergleichende w-Wert-Messungen an den konditionierten Probekörpern von Putz 2: Auch hier weichen die In-situ-Messungen deutlich vom Laborergebnis ab.

**Abb. 5:** Vergleichende w-Wert-Messungen an Kalksandsteinprobekörpern: Die Abweichungen zu den Labormessungen fallen geringer aus als bei den Putzproben, teilweise fallen die ermittelten w-Werte geringer aus.

die Fassade geklebt und mit Wasser befüllt. In bestimmten Zeitabständen wird die vom Bauteil aufgenommene Wassermenge abgelesen und anschließend in Relation zur Saugfläche in einen w-Wert umgerechnet. Dabei ist zu beachten, dass das Wasser durch die Wassersäule einen gewissen hydrostatischen Druck aufweist, der die Wasseraufnahme bei größeren Poren und Rissen erhöht.

Darüber hinaus wird das Wasser drei- und nicht nur eindimensional transportiert. Der Randeinfluss ist beim Karsten-Röhrchen aufgrund seiner kleinen Saugfläche von meist 30 bis 50 Millimeter Durchmesser am stärksten. Der durchfeuchtete Bereich hat hier die Form eines Zylinders mit umgebendem Vierteltorus (Abb. 2). Der Zylinderquerschnitt kann mit den Auswerteprogrammen nach Wendler [1] oder nach Niemeyer [2] mathematisch korrigiert werden.

Beim Pleyers-Röhrchen [3] ist keine rechnerische Korrektur erforderlich, da der seitliche Transport durch eine separate äußere Kammer abgefangen wird und die Auswertung nur anhand der inneren Kammer erfolgt (Abb. 2).

Bei der Franke-Platte entspricht die Prüffläche der Größe eines Normalformatziegels zuzüglich einer Stoß- und Lagerfuge (250 mm × 83 mm). Sie ist damit fast 30-mal größer als bei Karsten und Pleyers (Abb. 1), sodass sich der Randeinfluss weniger stark

auswirkt. Eine weitere Korrektur wird nicht vorgenommen.

Um die Eignung der In-situ-Messverfahren zu beurteilen, wurden die w-Werte an zwei Putzen und einer Kalksandsteinprobe nicht nur mit diesen Messverfahren, sondern zusätzlich auch mit Labormessungen nach DIN EN ISO 15148 [4] bestimmt. Neben den Messverfahren wurden – soweit möglich – auch die für die verschiedenen Verfahren empfohlenen Auswertemethoden miteinander verglichen:

- pauschal auf Basis des Messwerts nach 15 Minuten Messdauer (Empfehlung für Franke-Platte nach [5]),
- ohne Anfangsverhalten der ersten fünf Minuten, über 24 Stunden (nur im Labor) in Anlehnung an [4],
- beim Karsten-Röhrchen zusätzliche rechnerische Auswertung mit Calkarow [1] beziehungsweise nach Niemeyer [2].

### Vor allem bei schwach saugenden Oberflächen Unterschiede festgestellt

Am mineralischen Putz 1 wurde an einem Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS) mit zweischichtigem Dickputzsystem direkt an der Fassade gemessen. Für die Laborprüfung wurde eine Probe aus der Wandfläche entnommen.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 dargestellt. Die gestrichelte Linie repräsentiert den

nach Norm im Labor mit der Steigungsgerade ermittelten w-Wert von  $0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})$ . Dabei fällt auf, dass der 15-Minuten-Messwert auch im Labor um den Faktor 3 höher ist. Im Vergleich dazu liegen die Werte mit Pleyers und Franke um den Faktor 2 bis 4, mit dem Karsten-Röhrchen ohne Auswertungssoftware um den Faktor 12 und mit rechnerischer Korrektur um etwa den Faktor 7 höher.

Für Putz 2 wurden alle Messungen an vorher identisch konditionierten Proben und nicht an der Fassade im Freilandversuchsgelände durchgeführt. Trotzdem blieben die Unterschiede zwischen den In-situ-Verfahren und der Labormessung groß (Abb. 4). Allerdings liegen die Abweichungen bei Pleyers und Franke jetzt nur noch bei einem Faktor von 2, bei Karsten bei 3 bis 5 Mal höheren Werten.

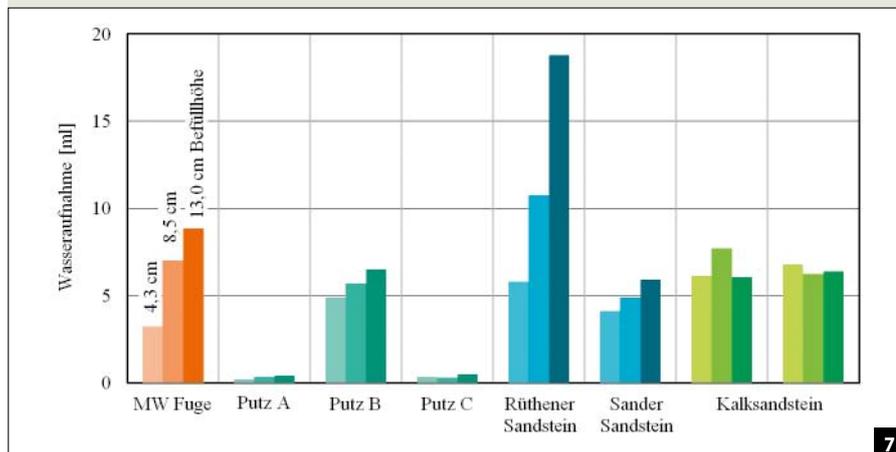
Die Messung an den Kalksandsteinproben kann mit der Franke-Platte nicht durchgeführt werden, da diese für die Proben zu groß ist. Die Messung nach Norm ergibt einen w-Wert von  $4,7 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})$ . Dieser ist im Diagramm als gestrichelte Linie dargestellt (Abb. 5).

Bei der Karsten-Messung ohne Auswerteprogramm ergeben sich mit 6 und 7  $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})$  um den Faktor 1,5 höhere, mit Auswerteprogramm nach Niemeyer um etwa den Faktor 0,4 niedrigere Werte. Das Pleyers-Röhrchen liefert mit gut 3 bis 4  $\text{kg}/$



**Abb. 6:** Die Befüllhöhe beeinflusst die Messwerte durch den unterschiedlich starken hydrostatischen Druck.

**Abb. 7:** Wasseraufnahmemenge verschiedener Materialien in Abhängigkeit von der Befüllhöhe: Diese beeinflusst die Messergebnisse vor allem bei stärker saugenden Materialien.



( $m^2 \cdot \sqrt{h}$ ) ebenfalls niedrigere Werte als die Norm-Messung.

### Viel Kitt verkleinert die Saugfläche

Für das Anbringen der Messgeräte wird ein Dichtkitt verwendet, der auch das seitliche Austreten des Wassers verhindert. Je nach Kittmenge und Anpressdruck reduziert sich dabei die verbleibende Saugfläche. Die Saugfläche nach Abnahme des Geräts nachträglich zu ermitteln, ist in der Praxis oft nicht möglich, da ein Teil des Kitts an der Fassade kleben bleibt.

Eine exemplarische Prüfung der Saugfläche auf einem transparenten Untergrund führte beim Karsten-Röhrchen im Mittel zu einer Reduktion der Saugfläche um 15 Prozent bei  $\pm 10$  Prozent Abweichung. Bei der Franke-Platte ist der Einfluss des Kitts aufgrund der Größe der Prüffläche geringer. Beim filigraneren Pleyers-Röhrchen werden vorgefertigte Kittstreifen mit definierter Dicke verwendet, um die beiden Kammern voneinander zu trennen. In beiden Fällen wurde eine Schwankungsbreite der Saugfläche von lediglich  $\pm 3$  Prozent ermittelt.

Bei den beiden Röhrchen ist die Prüffläche deutlich kleiner als bei der Franke-Platte und der Messung nach Norm. Letztere schlägt drei Prüfkörper mit je 100 Quadratzentimeter Saugfläche vor. Um mit Karsten oder Pleyers die gleiche Saugfläche

zu erreichen, wären jeweils 50 Messungen erforderlich – bei der Franke-Platte reichen dagegen zwei Messungen. Bei den In-situ-Verfahren sollte also auf eine ausreichende Anzahl von Messungen geachtet werden, um ein repräsentatives Ergebnis zu erzielen.

### Bei vollen Röhrchen wird mehr Wasser aufgenommen

Auch die Befüllhöhe kann die Messwerte beeinflussen, da sich ein unterschiedlich starker hydrostatischer Druck einstellt. Dieser ist nicht nur nachteilig, da die reale Belastung durch Regen und Wind ebenfalls mit erhöhtem Druck einhergeht. Nach [6] kann die Befüllhöhe in eine äquivalente Windgeschwindigkeit umgerechnet werden. Beim Karsten-Röhrchen entspricht die halbe Befüllung mit vier Millilitern bereits dem Druck bei einer Windgeschwindigkeit von 35 m/s. Zum Vergleich: Am Standort Holzkirchen sind in den Jahren 2013 und 2014 bei Schlagregenereignissen nur Windgeschwindigkeiten von maximal 18 m/s aufgetreten.

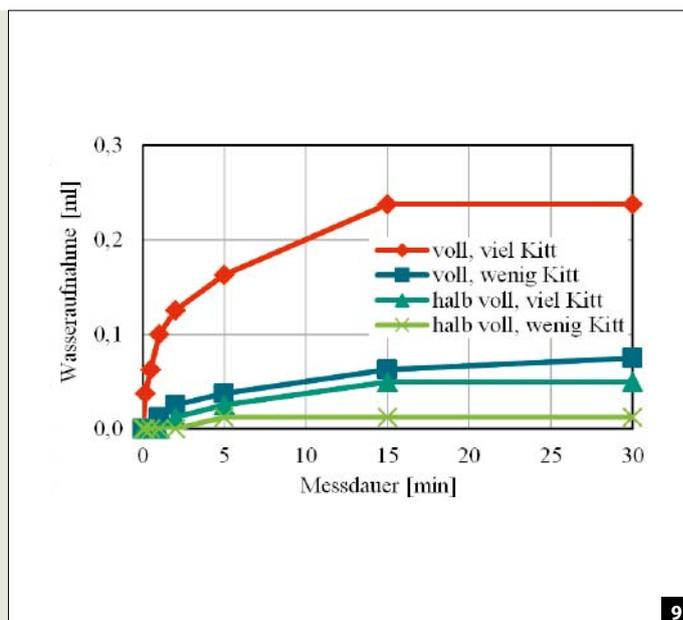
Der Einfluss der Befüllhöhe wurde anhand von unterschiedlich hoch befüllten Karsten-Röhrchen exemplarisch untersucht (Abb. 6). Die Ergebnisse in Abbildung 7 zeigen, dass die Befüllhöhe die Messergebnisse bei schwach saugenden Materialien nur gering, bei stärker saugenden Materialien stärker beeinflusst. >>



8

**Abb. 8:** Es wurde untersucht, ob und wie sich die aufgetragene Kittmenge bei unterschiedlichen Füllhöhen auf die Messung und das Ergebnis auswirkt.

**Abb. 9:** Die Kittausdehnung suggeriert eine vermeintlich höhere Wasseraufnahme der Oberfläche.



9

Tendenziell ist bei abgerissenen Fugen und sehr groben Poren ein größerer Einfluss des hydrostatischen Drucks zu erwarten, da dieser hier im Vergleich zum kapillaren Unterdruck immer größer wird.

**Kitt-Ausdehnung täuscht Wasseraufnahme vor**

Darüber hinaus wirkt sich der hydrostatische Druck auf die Kittfuge aus. Das elastische Abdichtungsmaterial zeigt unter Druck eine langsame Kriechverformung, bei der sich das Röhrchen etwas von der Wand entfernt und dadurch das Volumen des Röhrchens steigt.

Dieser Einfluss wurde mit dem Karsten-Röhrchen anhand von vier zeitgleich durchgeführten Messungen untersucht. Diese unterschieden sich in der aufgetragenen Kittmenge (Abb. 8) und der Befüllhöhe (voll und halb voll).

Abbildung 9 zeigt den zeitlichen Verlauf der vermeintlichen Wasseraufnahme auf einer dichten Prüffläche. Das volle Röhrchen mit viel Kitt suggeriert durch die Kriechverformung nach 30 Minuten einen w-Wert von  $0,6 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})$ . Mit wenig Kitt und halber Befüllung (hellgrüne Kurve) wird dagegen ein deutlich realistischeres Ergebnis erzielt.

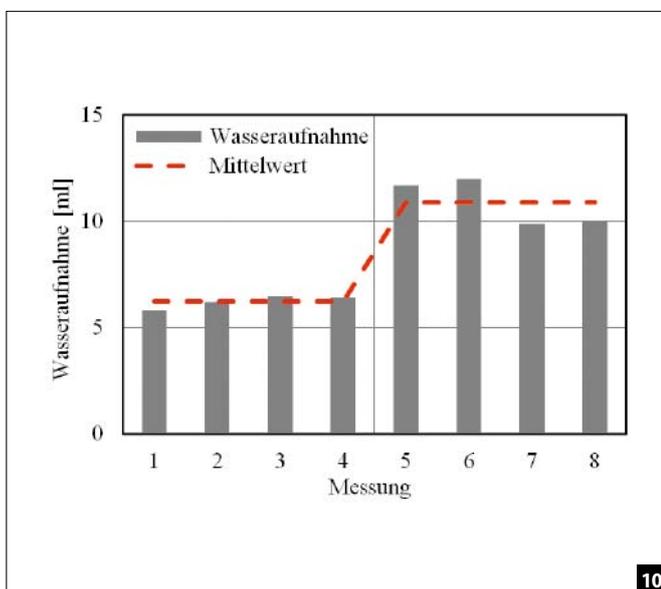
**Nachmittags an der trockenen Fassade messen**

Dass die Fassade für die Messung mit den In-situ-Verfahren trocken sein sollte, ist hinreichend bekannt. Bei der Definition von „trocken“ wird es schon schwieriger. Wenn die Poren teilweise bereits mit Wasser gefüllt sind, wird entsprechend weniger Wasser aufgesaugt. Das letzte Regenereignis sollte daher möglichst lange, auf jeden Fall aber mehrere Tage zurückliegen.

Wie das Wetter die Messergebnisse beeinflusst, wurde an zehn für die Messung geeigneten Tagen überprüft. Dabei ergab sich eine Standardabweichung der Messungen von etwa 20 Prozent. Überraschend war, dass sich die Ergebnisse vom selben Tag auch deutlich unterschieden, je nachdem, ob die Messung vormittags oder nachmittags durchgeführt wurde. Abbildung 10 zeigt, dass vermutlich infolge der nächtlichen Betauung der Putz auf der Westfassade vormittags oberflächennah noch so feucht ist, dass die Wasseraufnahme knapp 40 Prozent niedriger bleibt als am selben Tag nachmittags.

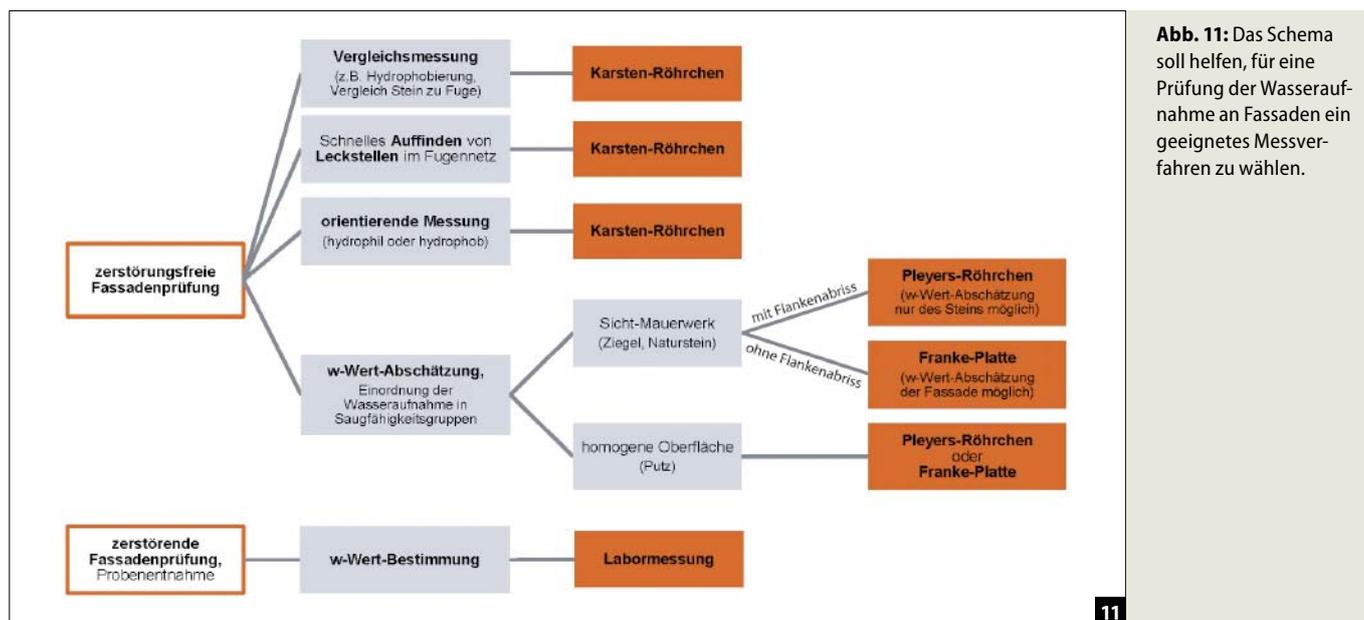
**Aus Untersuchungen Empfehlungen für die Praxis abgeleitet**

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die w-Werte beträchtlich differieren können, je nachdem, ob sie mit den In-situ-Messverfahren oder im Labor ermittelt werden. Die Messungen sollten daher sorgfältig durchgeführt und dokumen-



10

**Abb. 10:** Wasseraufnahme eines WDVS-Dickputzes am Vormittag (Messungen 1–4) und am Nachmittag (Messungen 5–8): Auch die Tageszeit, an der die Messung durchgeführt wird, beeinflusst das Ergebnis deutlich.



**Abb. 11:** Das Schema soll helfen, für eine Prüfung der Wasseraufnahme an Fassaden ein geeignetes Messverfahren zu wählen.

tiert werden. Folgende Punkte sind dabei zu beachten:

- Eine große Prüffläche reduziert den Randeinfluss und liefert repräsentativere Ergebnisse.
- Für die Dicke des Kitts gilt: So dick wie nötig, aber so dünn wie möglich auftragen, um eine Reduktion der Prüffläche sowie das Kriechen des Kitts bei hydrostatischem Druck zu minimieren.
- Eine geringere Befüllhöhe ist wegen des geringeren Drucks zu bevorzugen – nur bei stark saugenden Materialien kann es erforderlich werden, die Röhrchen ganz zu befüllen.
- Die Messungen sollten mit mehrtägigem Abstand zum letzten Niederschlagsereignis möglichst nachmittags an trockenen Tagen durchgeführt werden.
- Bei schwach saugenden Materialien sollte die Messdauer mindestens eine Stunde betragen.
- Tendenziell führt ein Beginn der Auswertung erst etwa fünf Minuten nach Messbeginn zu besseren Ergebnissen, da die Anfangsphase mit Benetzung der Oberfläche nicht mit einfließt.

Das Karsten-Röhrchen ist leicht zu handhaben und eignet sich gut für Vergleichsmessungen wie zum Beispiel die Bewertung einer Hydrophobierung (vorher – nachher). Den w-Wert mit diesem Prüfröhr zu bestimmen, ist nicht zu empfehlen, da bei schwach saugenden Materialien der Laborwert auch mit rechnerischen Auswertever-

fahren teilweise um ein Vielfaches übertroffen wird. Mit einiger Erfahrung kann zwar aus dem Verlauf der Kurve ein eventuell auftretender Quertransport erkannt und rechnerisch korrigiert werden – für den normalen Anwender ist dies allerdings kaum festzustellen.

Mit dem Pleyers-Röhrchen, das den Quertransport durch eine zweite äußere Kammer minimiert, und der Prüfplatte nach Franke, bei der die Randeffekte aufgrund der großen Prüffläche gering bleiben, kann dagegen eine bessere Abschätzung des w-Werts gelingen. Die Prüfplatte nach Franke ist infolge ihrer Geometrie für die Einschätzung eines Mauerwerks besser geeignet. Bei

Flankenabrissen zwischen Fuge und Stein kann mit dem Prüfröhr nach Pleyers allerdings besser die Wasseraufnahmefähigkeit des Steins selbst gemessen werden.

Auf Basis der Untersuchungen wurde das in Abbildung 11 dargestellte Auswahl-schema entwickelt, das bei der Wahl des Testverfahrens helfen kann. Es wurde jedoch deutlich, dass für einen verlässlichen Einsatz der In-situ-Messverfahren weiterer Forschungsbedarf besteht. Zudem ist eine WTA-Arbeitsgruppe geplant, die sich spezifisch mit diesen Fragestellungen auseinandersetzen und Richtlinien für die Praxis sowie einheitliche Auswerteverfahren erarbeiten soll.

#### LITERATUR

- [1] Wendler, E.; Snethlage, R.: Der Wassereindringprüfer nach Karsten – Anwendung und Interpretation der Messwerte, in: Bautenschutz + Bausanierung 6/1989, S. 110–115
- [2] Niemeyer, R.: Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme mit dem Prüfröhrchen nach Karsten. 2013 (Zu finden über Suche auf [www.denkmalpflege.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation\\_id=33521&article\\_id=117788&psmand=45](http://www.denkmalpflege.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=33521&article_id=117788&psmand=45))
- [3] Pleyers, G.: Zerstörungsfreie Prüfung der Flüssigkeitsaufnahme von Baustoffen – das Prüfröhrchen nach Pleyers. Aedificatio Publishers: Freiburg, 1999
- [4] DIN EN ISO 15148:2002 Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten bei teilweisem Eintauchen
- [5] Schmidt-Döhl, F.: Die WA-Prüfplatte nach Franke zur Beurteilung der Wasseraufnahme von Fassaden ([www.tuhh.de/t3resources/bp/PDF/WAPruefplatteneu.pdf](http://www.tuhh.de/t3resources/bp/PDF/WAPruefplatteneu.pdf))
- [6] Knöfel, D.; Henkel, S.; Aschhoff, A.: Ist die Messung der Wasseraufnahme mit dem Karsten'schen Prüfröhrchen zuverlässig?, in: Bautenschutz + Bausanierung 6/1995, S. 36–41

#### AUTOR

**Kerstin Haindl, Tobias Schöner, Daniel Zirkelbach und Cornelia Fitz**  
Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP  
Holzkirchen

**B+B** Bauen im Bestand24.de

#### SERVICE – ARCHIV

Thema:  
**Außenwände**  
Schlagworte:  
**Bauwerksdiagnostik, Fassade, Innendämmung, Schlagregenschutz, Wasseraufnahme**

