

Zerstörungsfreie Bewertung des kapillaren Wasseraufnahmeverhaltens von Fassaden

Schlagregenbeanspruchung von Fassaden entsteht bei Regen und gleichzeitiger Windanströmung. Das auftreffende Regenwasser kann durch kapillare Saugwirkung der Oberfläche oder über Risse in die Konstruktion eindringen. Der Schlagregenschutz einer Fassade definiert sich aus bauphysikalischen Eigenschaften der vorhandenen Fassadenbaustoffe. Ein möglichst geringes kapillares Wasseraufnahmeverhalten begrenzt den Eintritt von Regenwasser in die Konstruktion. Werden entsprechende Grenzwerte der Fassadenbaustoffe überschritten, sollte eine Sanierung erfolgen.

Ein wasserabweisender Anstrich auf Putz bzw. ein Austausch von Fugenmaterial oder eine hydrophobierende Imprägnierung bei steinsichtigem Mauerwerk kann eine unkontrollierte Aufwechtung der Konstruktion verhindern. Dies kann Schäden wie Frostabplatzungen, Reduzierung des Wärmeschutzes, Befall durch Schimmelpilze etc. vorbeugen. Neben der Festlegung von Grenzwerten an das Wasseraufnahmeverhalten sind auch Messmethoden erforderlich, die diese Grenzwerte kontrollieren können.

Entwicklung eines Messgerätes für Fassaden

Das neu entwickelte Messverfahren erlaubt eine zerstörungsfreie Bewertung des kapillaren Wasseraufnahmeverhaltens von Fassaden. Es beruht auf der drucklosen kontinuierlichen Wasserbenetzung einer definierten Fassadenfläche (Bild 1). Dafür wird ein repräsentativer Fassadenbereich künstlich beregnet. Ein Teil des Wassers wird von den Fassadenmaterialien aufgesaugt. Der Rest läuft zurück in einen Wasserbehälter. Der kontinuierliche Wasserverlust aus dem Behälter entspricht der von der Fassade aufgenommenen Wassermenge. Die Bestimmung dieser Wassermengen erfolgt gravimetrisch durch eine Waage. Damit erreicht dieses Messprinzip gegenüber bereits vorhandenen volumetri-



Bild 1. Messprinzip des neu entwickelten Messgerätes

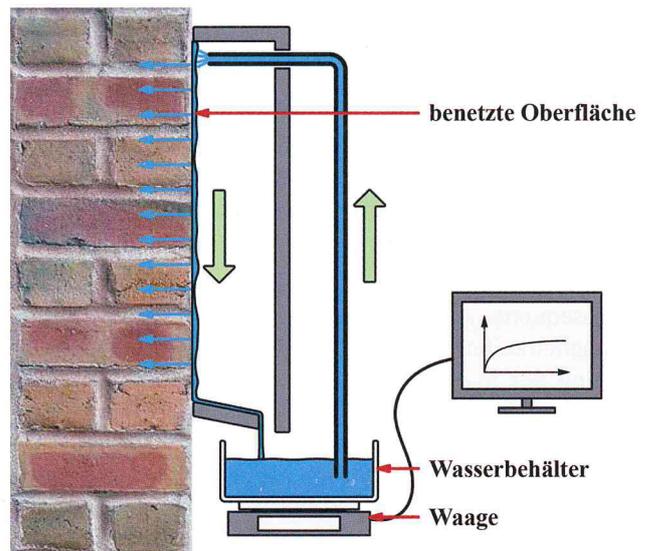


Bild 2. Prüfröhrchen nach Karsten

schen Messverfahren wie z. B. dem Prüfröhrchen nach Karsten (Bild 2) eine deutlich höhere reproduzierbare Genauigkeit.

Ein erster Geräte-Prototyp dieses Messprinzips wurde 2012 an der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur (HTWK) Leipzig entwickelt. Das sogenannte Wasseraufnahmemessgerät besteht aus einem wasserdichten Rahmen mit einem Sichtfenster auf der Vorderseite und einer Öffnung von 40 cm × 51 cm auf der Rückseite. Im unteren Bereich des Messgerätes befindet sich eine Waage, auf der ein mit Wasser gefüllter Behälter steht. Mithilfe einer Pumpe wird nun Wasser aus dem Behälter in das Innere des Messgerätes gepumpt. Über ein perforiertes Rohr wird der durch das Gerät eingeschlossene Fassadenbereich künstlich beregnet. An der Fassadenfläche abfließendes Wasser läuft über eine Öffnung im Gerät zurück in den Wasserbehälter. Bereits wenige Sekunden nach dem Start einer Messung stellt sich ein eingeschwungener Zustand ein und die Masse des mit Wasser gefüllten Behälters sinkt kontinuierlich ab. Dieser Wasserverlust entspricht der Wasseraufnahme der untersuchten Fassadenfläche. In einer anschließenden Messauswertung werden systembedingte Verluste wie Oberflächenbenetzung innerhalb des Messsystems berücksichtigt. Auch eine dreidimensionale Wasserverteilung im Prüfkörper kann nachträglich berücksichtigt werden [1]. In zahlreichen Laborversuchen wurde die reproduzierbare Genauigkeit des Verfahrens mit $\pm 0,05 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ bestimmt [2]. An verschiedenen Baustoffen konnte auch eine gute Korrelation zwischen klassischen Wasseraufnahmekoeffizienten und Messwerten des entwickelten Gerätes festgestellt werden [1]. Die Befestigung des Gerätes erfolgt zerstörungsfrei über eine Konsole, die am Gerüst befestigt wird, oder zerstörungsarm über einen Ha-

ken, der in die Fassade gebohrt wird. Die Versuchsdauer beträgt üblicherweise 60 min, ist jedoch nicht von der Messmethode abhängig. Bei stark saugenden Untergründen können auch 20-minütige Messungen zu aussagekräftigen Ergebnissen führen.

2014 hat die hf sensor GmbH aus Leipzig gemeinsam mit der HTWK Leipzig dieses prototypische Verfahren in ein serienfähiges Produkt überführt [3] [4]. Das WAM 100B ist kompakter und besitzt eine etwas kleinere Untersuchungsfläche von 30 cm × 40 cm. Funktionsweise und Messprinzip sind mit denen des Prototyps identisch. Zur vereinfachten Datenaufzeichnung und -auswertung wurde eine spezielle WAM-Software programmiert. In Bild 3 ist das WAM 100B während einer Messung zu sehen.

Einsatzszenarien in der Praxis

Das Wasseraufnahmemessgerät kann das Wasseraufnahmeverhalten von Fassaden zerstörungsfrei bestimmen. Aus den gemessenen Werten kann schließlich auf den Wasseraufnahmekoeffizienten der untersuchten Fassadenfläche geschlossen werden. Für eine Anwendung des neu entwickelten Messverfahrens ergeben sich unterschiedliche Einsatzszenarien und Möglichkeiten.

Prüfung des Schlagregenschutzes für den Einsatz von Innendämmung

Der bauphysikalische Nachweis von innen gedämmten Außenwänden kann über das vereinfachte Verfahren nach WTA-Merkblatt 6-4 [5] oder durch eine hygrothermische Simulationsrechnung [6] [7] geführt werden. In beiden Fällen ist ein ausreichender Schlagregenschutz eine wichtige Voraussetzung. In den Normen [5] [6] [8] werden je nach Lage und Ausrichtung des Fassade w-Werte von 0,1 bis 2,0 kg/(m²√h) gefordert. Das Wasseraufnahmemessgerät ist in der Lage, die Einhaltung dieser Grenzwerte nachzuweisen. Speziell bei der Anwendung von hygrothermischen Simulationsprogrammen können die ermittelten w-Werte direkt in die Berechnungen einfließen.

Prüfung der Hydrophobierbarkeit von Sichtmauerwerkfassaden

Bei der Anwendung von hydrophobierenden Imprägnierungen auf Sichtmauerwerk sind eine Reihe von Faktoren



Bild 3. Wasseraufnahmemessgerät WAM 100B

**Baustoffprüfmaschinen
Baustoffprüfgeräte
Laborsystem-Möbel**

**FORM+TEST®
PRÜFSYSTEME**

**Probenschleifmaschine
für Zylinder bzw. Bohrkern
von Ø 40 bis 160 mm**

Choose the Original
Choose Success!

FORM+TEST Seidner&Co. GmbH
Telefon +49 (0) 7371 9302-0
sales@formtest.de
www.formtest.de

zu berücksichtigen [9]. Neben dem Wasseraufnahmeverhalten der unbehandelten Fassadenoberfläche sind u. a. die Art der Auftragung, die Kontaktzeit und der Wirkstoffgehalt des Hydrophobierungsmittels für den Erfolg der Hydrophobierung von Bedeutung. Für die Auswahl des richtigen Hydrophobierungsmittels könnten am konkreten Objekt verschiedene Mittel auf Versuchsflächen aufgetragen werden. Diese Bereiche könnten anschließend mit dem Wasseraufnahmemessgerät untersucht und deren Funktionsfähigkeit bewertet werden.

Prüfung von Fassadensanierungsmaßnahmen nach Ausführung

Nachdem eine Fassadensanierung bereits ausgeführt wurde, lässt sich nur sehr schwer nachweisen, ob das vereinbarte Produkt verwendet bzw. ob die Ausführung korrekt durchgeführt wurde. Mit dem Wasseraufnahmemessgerät kann der Schlagregenschutz einer bereits sanierten Fassade überprüft werden.

Überwachung des Schlagregenschutzes

Hydrophobierende Imprägnierungen von Mauerwerk oder Beton sollten nach einigen Jahren erneuert werden. Für die Bestimmung der erforderlichen Sanierungsintervalle kann das Wasseraufnahmemessgerät eingesetzt werden. Nach bestimmten Zeitabschnitten kann so der tatsächlich vorhandene Schlagregenschutz kontrolliert werden. Auf Grundlage dieser Untersuchung kann dann festgelegt wer-



Bild 4. Untersuchte Sichtmauerwerkfassade Objekt 1

den, ob eine Erneuerung der Hydrophobierung erforderlich ist.

Schadensanalyse

Bei Feuchteschäden an Außenwänden kann das Wasseraufnahmemessgerät genutzt werden, um die Schadensursache zu bestimmen. Das Gerät kann den Schlagregenschutz von Fassaden bewerten und somit eine Aussage über den Regen als mögliche Schadensursache treffen.

Beispieluntersuchungen

Im folgenden Abschnitt werden Messergebnisse von insgesamt zwei Objektuntersuchungen präsentiert, die mit dem Wasseraufnahmemessgerät-Prototyp bzw. mit dem serienreifen WAM 100B untersucht wurden.

Beim Objekt 1 handelt es sich um eine Grundschule im Berliner Stadtteil Tempelhof. Die historische Sichtmauerwerkfassade ist als zweischaliges Verblendmauerwerk ausgeführt. Die vorhandenen Steine und das Fugenbild machten optisch einen positiven Eindruck (Bild 4). Im Rahmen einer Voruntersuchung sollte der vorhandene Schlagregenschutz bestimmt werden. Mit der Untersuchung des Wasseraufnahmeverhaltens sollte geklärt werden, ob weitere Sanierungsmaßnahmen bzw. Untersuchungen erforderlich sind.

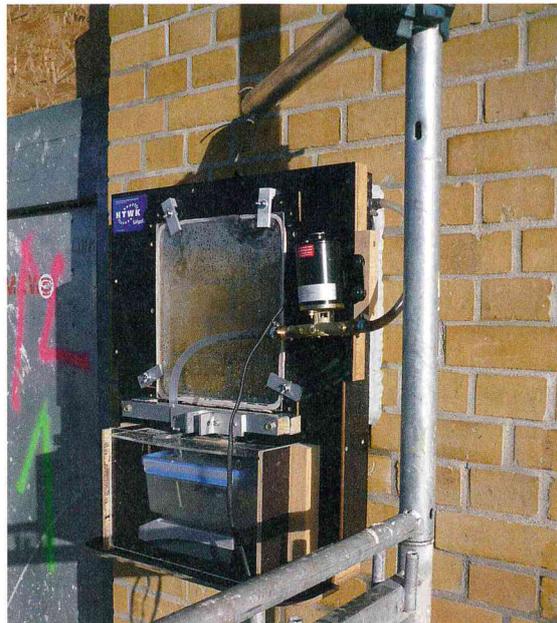


Bild 6. Wasseraufnahmemessgerät Prototyp an Objekt 2

Die Fassade wurde an drei unterschiedlichen Messstellen mit dem WAM 100B untersucht. Im Mittel wurde ein Wasseraufnahmekoeffizient von $\geq 20 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})$ bestimmt. Im Vergleich zur Ausführung einer wasserhemmenden Putzfassade mit einem Wasseraufnahmekoeffizienten von $< 2,0 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})$ weist diese Fassade einen 10-fach höheren Wert auf und entspricht damit einem stark saugfähigen Untergrund.

Das Objekt Nr. 2 befindet sich in Leipzig und besitzt ebenfalls eine historische Sichtmauerwerkfassade. Hier handelt es sich um eine planmäßig einschalige Konstruktion. Die alten Fugen wurden bereits entfernt und im Schlämmverfahren neu verputzt. Bei dem denkmalgeschützten Gebäude ist eine Innendämmung geplant. Für den bauphysikalischen Nachweis der Innendämmung wurde der vorhandene Schlagregenschutz der bereits sanierten Fas-

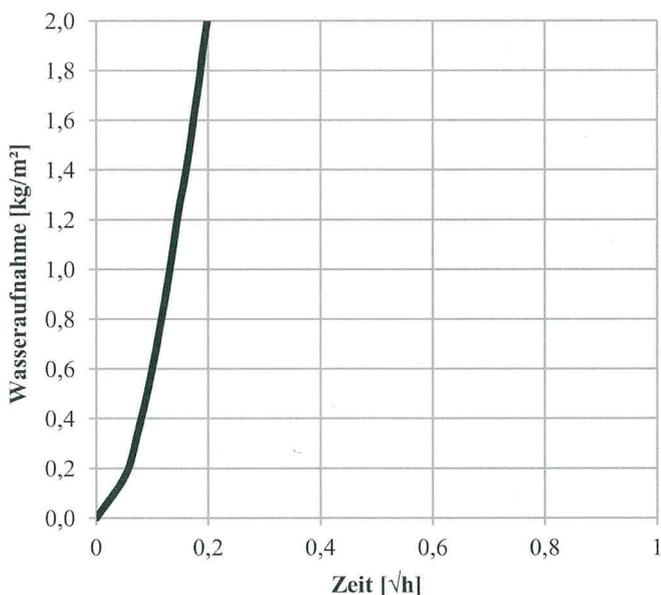


Bild 5. Messergebnisse Objekt 1: Wasseraufnahme $\geq 20 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})$

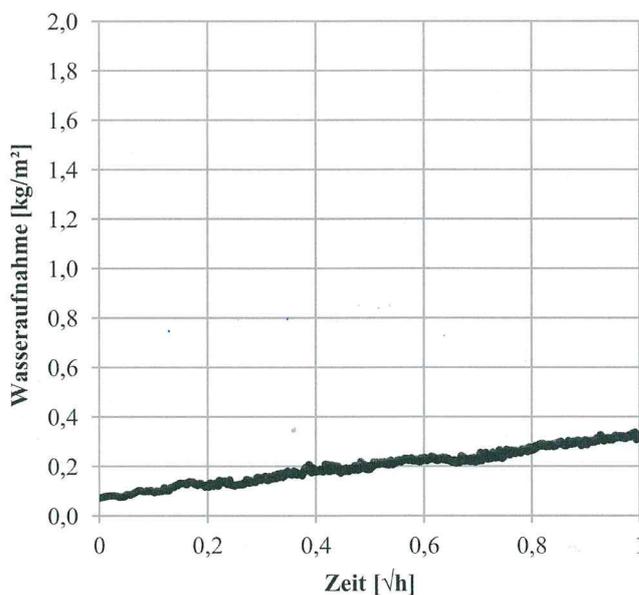


Bild 7. Messergebnisse Objekt 2: Wasseraufnahme ca. $0,3 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})$
(Fotos/Grafiken: Autoren)

sade nochmals überprüft. Durch eine Untersuchung des Wasseraufnahmeverhaltens sollte geklärt werden, ob die ausgeführte Schlammverfugung einen ausreichenden Schlagregenschutz bietet. Gegebenenfalls würde die steinsichtige Fassade zusätzlich mit einer hydrophobierenden Imprägnierung ausgestattet. Die Messungen an drei verschiedenen Stellen ergaben einen mittleren Wasseraufnahmekoeffizient von $0,3 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Dies entspricht einer wasserabweisenden Oberfläche und gilt damit für den Standort Leipzig, mit einer allgemein geringen Schlagregenbeanspruchung, als schlagregensicher. Die Ausführung einer zusätzlichen hydrophobierenden Imprägnierung ist somit nicht notwendig.

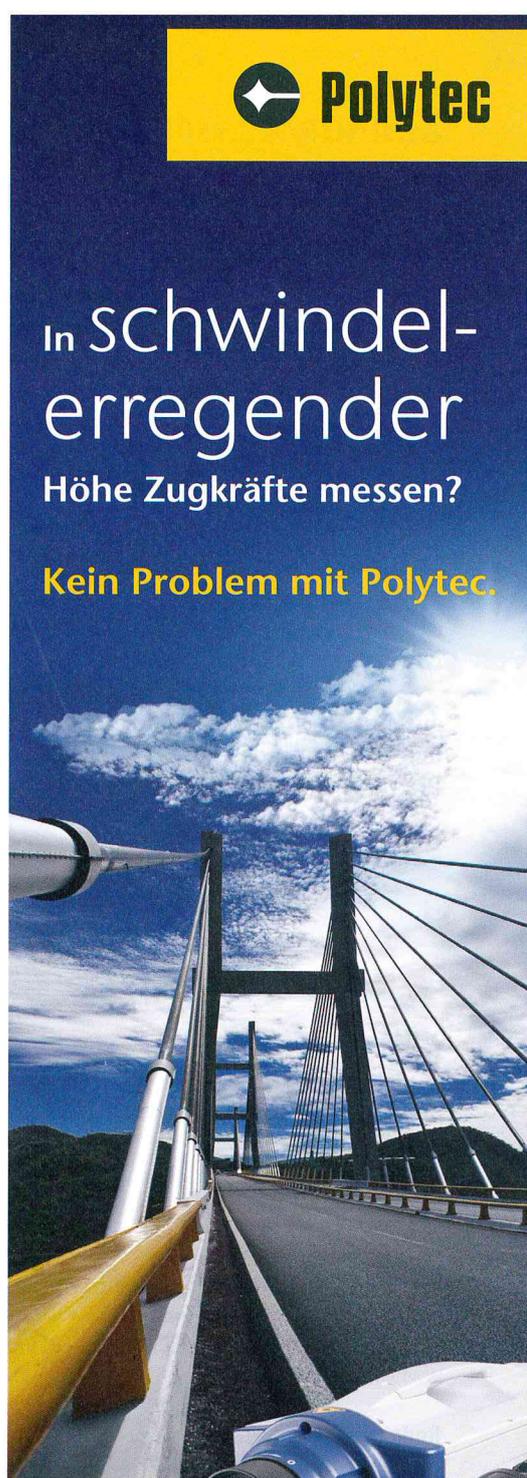
Zusammenfassung

Das neu entwickelte Wasseraufnahmemessgerät ist in der Lage, das Wasseraufnahmeverhalten einer beliebigen Fassade zerstörungsfrei zu bestimmen. Mit dem neuen Verfahren wird ein repräsentativer Fassadenbereich künstlich beregnet. In verschiedenen Laborversuchen wurde die prinzipielle Funktionsweise nachgewiesen [2]. Auch eine positive Korrelation zwischen Messwerten des Wasseraufnahmemessgerätes und dem Wasseraufnahmekoeffizienten konnte an verschiedenen Baustoffen dargestellt werden [1]. Ein zunächst prototypischer Aufbau wurde 2014 durch die hf sensor GmbH in ein serienfähiges Messgerät überführt [3] [4]. Durch zahlreiche Fassadenuntersuchungen bereits während der Entwicklungsphase wurde der messtechnische Aufbau stets aus Praxissicht beurteilt und verbessert. Die aufgeführten Messbeispiele zeigen zum einen die prinzipielle Notwendigkeit, den vorhandenen Schlagregenschutz zu untersuchen, zum anderen belegen sie die Praxistauglichkeit und Handhabung auf der Baustelle.

Literatur

- [1] Stelzmann, M.; Möller, U.; Plagge, R.: Messverfahren zur zerstörungsfreien Bewertung der kapillaren Wasseraufnahme von Fassaden. In: Bauphysiktagung Kaiserslautern vom 27. bis 28. November 2013 in Kaiserslautern, Tagungsunterlagen. Kornadt, O.; Lorenz, D., et. al. (Hrsg.) Kaiserslautern 2013. S. 89–91.
- [2] Möller, U.; Stelzmann, M.: In-Situ-Messgerät für die zerstörungsfreie Messung der Wasseraufnahme. In: 2. Internationaler Innendämmkongress vom 12. bis 13. April 2013 in Dresden, Tagungsunterlagen; Grunewald, J.; Plagge, R. (Hrsg.). Dresden 2013. S. 188–197.
- [3] Über das eigene Know-how hinaus – hf sensor GmbH. In: Erfolgsstorys made by IHK; Industrie- und Handelskammer zu Leipzig (Hrsg.). 3. Ausg. 2014. S. 10–11.
- [4] WAM 100B Datenblatt und Produktunterlagen; hf sensor GmbH 2014.
- [5] WTA Merkblatt 6-4, 2009: Innendämmungen nach WTA I – Planungsleitfaden.
- [6] WTA Merkblatt 6-5, 2014: Innendämmungen nach WTA II – Nachweis von Innendämmsystemen mittels numerischer Berechnungsverfahren.
- [7] DIN EN 15026:2007-07: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation, 2007.
- [8] DIN 4108:2014-11: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung, 2014.
- [9] WTA Merkblatt 3-17, 2010: Hydrophobierende Imprägnierung von mineralischen Baustoffen.

Weitere Informationen:
hf sensor GmbH,
Weißenfeller Straße 67,
04229 Leipzig,
Tel. (0341) 497 26-0,
Fax (0341) 497 26-22,
sales@hf-sensor.de,
www.hf-sensor.de



In schwindel- erregender Höhe Zugkräfte messen?

Kein Problem mit Polytec.

RSV-150

Mit der laserbasierten Schwingungsmessung können Sie Zugkräfte an Trageilen **sehr schnell und höchst genau berechnen**. Außerdem haben Sie weniger Aufwand und **sparen Nerven, Zeit und Kosten**.

Mehr unter:

www.polytec.de/rsv150

