

Neue Messmethode zur Bewertung der kapillaren Wasseraufnahme von Fassaden

Dr. -Ing. Ulrich Möller und Mario Stelzmann*

Einleitung

Für die feuchtetechnische Bewertung von Fassadenbauteilen ist die Schlagregenbelastung und die daraus resultierende kapillare Wasseraufnahme über die Fassadenoberfläche von herausragender Bedeutung. Die Beurteilung von Baustoffen erfolgt im Regelfall über die Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten (W_w -Wert). In verschiedenen Regelwerken (z. B. Putznorm DIN EN 998-1, DIN 4108-3 zum klimabedingten Feuchteschutz oder WTA-Merkblatt 6-4 Innendämmung nach WTA [2, 3, 4]) sind Grenzwerte für den W_w -Wert festgelegt. So wird zum Beispiel für einen Außenputz in der Schlagregengruppe III ein maximaler W_w -Wert von $0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{h}})$ gefordert. Die W_w Werte selbst werden in einem Laborversuch bestimmt. Eine Auskunft der kapillaren Wasseraufnahme von in Bauwerken verbauten Baustoffen kann mit diesem Laborversuch jedoch nicht gegeben werden. Dafür wäre eine zerstörende Entnahme von Material notwendig. Neben der Tatsache, dass eine solche Entnahme von Baustoffproben nicht immer möglich oder erwünscht ist, kann dadurch die Baustoffstruktur gestört werden und zu verfälschten Ergebnissen führen. Als ein Beispiel sind historische Sichtmauerwerkfassaden zu nennen. Aufgrund der schwierigen Entnahme bleibt hier im Regelfall das Fugenmaterial komplett unberücksichtigt. Dabei ist fraglich, ob wenige Laborproben von Sichtmauersteinen Rückschlüsse auf das hygrische Verhalten einer ganzen Fassade geben können. Ein weiteres Beispiel stellt die Langzeitüberwachung von Fassadenbeschichtungs- und Sanierungssystemen dar. Eine kontinuierliche Entnahme von Baustoffproben ist in der Regel nicht möglich. Vor diesem Hintergrund ist es notwendig, eine zerstörungsfreie Messmethode zu entwickeln, die möglichst einfach bei einer ausreichend großen Probefläche eine aussagekräftige Beschreibung der Wasseraufnahme von Fassaden ermöglicht.

Bisherige Messgeräte

Das Prüfröhrchen nach Karsten ist das klassische Gutachterwerkzeug für die Bestimmung der Wasseraufnahme von Fassaden. Mithilfe eines dauerelastischen Dichtungskittes wird hier ein Glaskörper an die Probefläche angedichtet. Durch ein Einfüllröhrchen mit aufgedruckter Messskala

wird das Gefäß bis zur Nullmarke mit Wasser gefüllt. Durch Ablesen des Wasserstandes im Röhrchen wird auf die Wasseraufnahme des Baustoffes geschlossen. Die Messwerte in $[\text{ml}/\text{min}]$ werden schließlich mit Grenzwerten verglichen. Das Prüfröhrchen nach Karsten ist ein einfach zu bedienendes, preiswertes und schnelles Messinstrument. Aufgrund einer geringen Prüffläche kann jedoch nur eine grobe Einschätzung der kapillaren Wasseraufnahme erfolgen.

Die WD-Prüfplatte nach Franke [6] gilt als eine Weiterentwicklung des Prüfröhrchens nach Karsten. Das Gerät wurde für die Überprüfung von Mauerwerkshydrophobierungen entwickelt. Mit einer Breite von 25 cm und einer Höhe von 8,1 cm erfasst die Prüffläche einen Stein im Normalformat sowie eine Lager- und eine Stoßfuge. Damit besitzt die WD-Prüfplatte gegenüber dem Prüfröhrchen nach Karsten eine vergrößerte Prüffläche. Trotzdem ist mit der WD-Prüfplatte nach Franke nur eine qualitative Abschätzung der Wasseraufnahme möglich.

Die internationale Norm ASTM C1601 [7] beschreibt einen Feldversuch zur Bestimmung der Wasseraufnahme von Sichtmauerwerk. Der Versuch wird in einer etwa 1 m^2 großen Testkammer durchgeführt. Die eingeschlossene Probefläche wird künstlich mit Wasser beaufschlagt. Der Wasserverlust entspricht der von der Wand aufgenommenen Wassermenge. Mit einem sehr aufwändigen und zeitintensiven Verfahren wird hier eine repräsentative Beanspruchungsfläche von etwa 1 m^2 geprüft. Durch das volumetrische Messverfahren wird jedoch nur eine Genauigkeit von $\pm 100 \text{ ml}$ erreicht. Entsprechend ist die ASTM C1601 lediglich für die Bestimmung der Wasseraufnahme von wassersaugenden bis wasserhemmenden Untergründen geeignet. Eine genauere Analyse der Stärken und Schwächen der hier beschriebenen Messsysteme findet sich in [1].

Neue Messmethode

Im Rahmen eines vom Freistaat Sachsen finanzierten Forschungsprojektes wurde ein Messgerät zur zerstörungsfreien Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme von vertikalen Bauteilen entwickelt. Das Wasseraufnahmemessgerät ist in Bild 1 gut zu erkennen. Es besteht aus drei Komponenten: Einem Messgerät, einem Wasserbehälter und einer Waage. Das Messgerät besitzt ein Sichtfenster, das bei Bedarf geöffnet werden kann. Weiterhin ist rechts oben an

* Prof. Dr. -Ing. Ulrich Möller, Dipl. -Ing. (FH) Mario Stelzmann, Institut für Hochbau, Baukonstruktion und Bauphysik, Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig

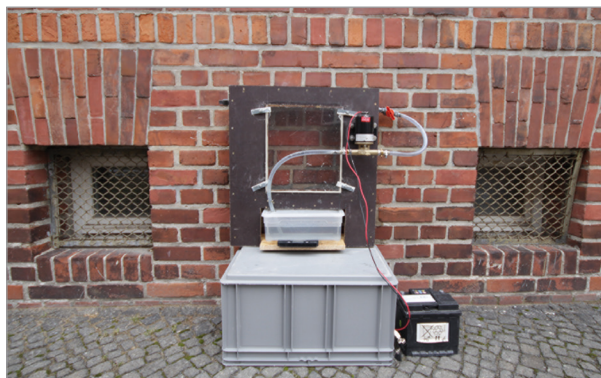


Bild 1: Das Wasseraufnahmemessgerät an einer Sichtmauerwerkfassade

dem Messgerät eine Pumpe befestigt. Diese wird mit einer Autobatterie betrieben. Wasserbehälter und Waage stehen in einer separaten Öffnung im unteren Bereich des Messgerätes. Für eine Messung wird das Messgerät mit einer Prüf­fläche von 40 x 51 cm an eine Fassade angebracht. Die Befestigung erfolgt zerstörungsfrei mithilfe einer speziellen dauerelastischen Dichtungsmasse. Diese Dichtung sorgt zusätzlich für eine wasserdichte An­kopplung des Messgerätes an die Prüf­fläche. Die prinzipielle Funktionsweise ist in Bild 2 zu erkennen. Beim Messvorgang wird Wasser

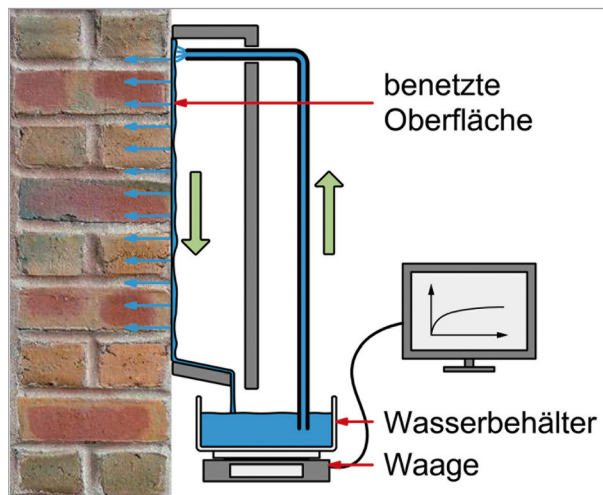


Bild 2: Messprinzip des neu entwickelten Wasseraufnahmemessgerätes

aus dem Wasserbehälter in die Kammer des Messgerätes gepumpt. Über ein perforiertes Rohr wird nun der von der Kammer eingeschlossene Fassadenbereich mit einem geschlossenen Wasserfilm beaufschlagt. Je nach Qualität der Fassade wird ein Teil des Wassers aufgesaugt. Der Rest fließt über eine Öffnung zurück in den Wasserbehälter. Es besteht ein Kreislauf, den das Wasser nur über die Fassadenoberfläche infolge kapillaren Saugens verlassen kann. Der Wasserverlust aus dem Messsystem entspricht somit der kapillaren Wasseraufnahme der untersuchten Fassadenfläche. Mithilfe der Waage wird dafür die Behältermasse vor und nach sowie kontinuierlich während einer Mess-

durchführung bestimmt. Damit arbeitet das entwickelte Wasseraufnahmemessgerät im Gegensatz zu den bereits bekannten Methoden über ein gravimetrisches Prinzip. In der anschließenden Messauswertung werden systembedingte Verluste wie Oberflächenbenetzung innerhalb des Messsystems berücksichtigt. Das Ergebnis ist die Funktion der kapillaren Wasseraufnahme einer bestehenden Fassade. Die Versuchsdauer beträgt üblicherweise 60 Minuten, ist jedoch nicht von der Messmethode abhängig. Bei stark saugenden Oberflächen können bereits 20-minütige Messungen zu aussagekräftigen Ergebnissen führen. Das Ziel der entwickelten Messmethode ist das Imitieren des Laborversuches nach DIN EN ISO 15148 „Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten bei teilweisem Eintauchen“ [5] an einer bestehenden vertikalen Fläche. Im Gegensatz zu den bisherigen Messgeräten wird daher in dem entwickelten Messablauf auf einen einwirkenden Überdruck verzichtet.

Messergebnisse

Für den Nachweis der Funktionsweise der neuen Messmethode wurden zunächst Laborversuche durchgeführt. Dafür wurde klassisch der Wasseraufnahmekoeffizient einer Betonplatte mit den Abmessungen 55 cm x 46 cm x 4 cm in Anlehnung an [5] bestimmt. Die Messwertaufnahme erfolgte manuell in einem Zeitabstand von 5 Minuten. Nach Trocknung wurde die Wasseraufnahme an derselben Beton-

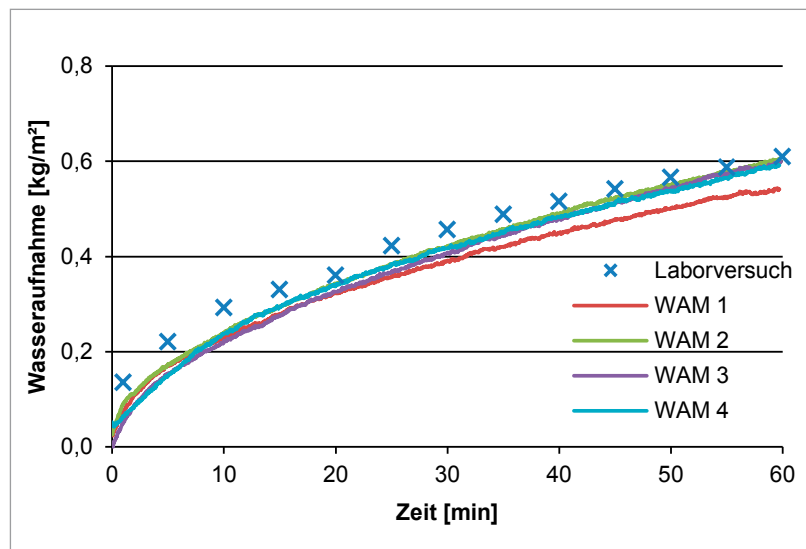


Bild 3: Messergebnisse zur kapillaren Wasseraufnahme einer Betonplatte nach DIN EN ISO 15148 und mithilfe des Wasseraufnahmemessgerätes, W_w -Wert $\approx 0,6 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{Vh})$

platte mithilfe des Wasseraufnahmemessgerätes gemessen. Die Messwerterfassung erfolgte mithilfe einer Laborwaage mit Datenanschluss. Die Daten wurden in einem Zeitraster von 1 Sekunde abgefragt, was den graphisch kontinuierlichen Verlauf erklärt. Die gute Übereinstimmung der beiden Experimente ist in Bild 3 dargestellt.

Bei der Entwicklung des Wasseraufnahmemessgerätes war stets die Praxistauglichkeit des Versuchsaufbaus von großer Wichtigkeit. Deshalb wurden während der Entwicklung zahlreiche Feldversuche an unterschiedlichen Fassaden durchgeführt. Folgend werden Messreihen an 2 Objekten vorgestellt.

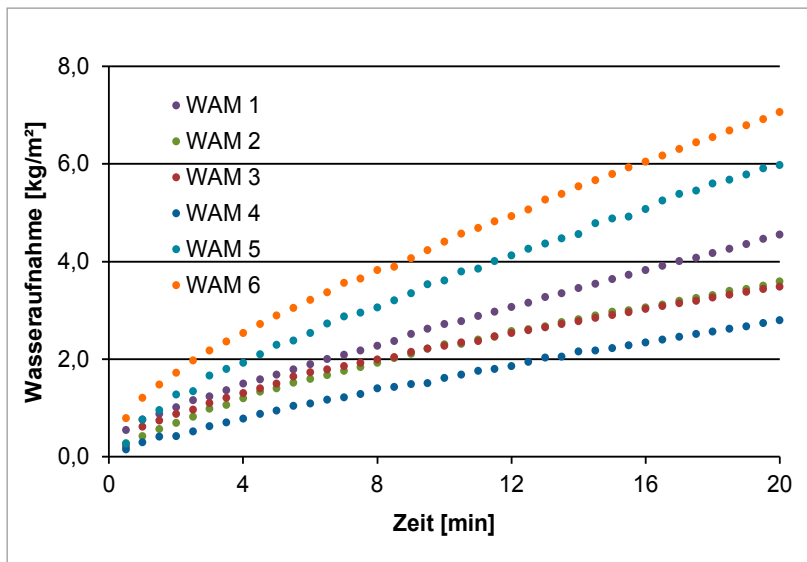


Bild 4: Messergebnisse zur kapillaren Wasseraufnahme am Objekt 1 - Sichtmauerwerkfassade

Beim ersten Objekt handelt es sich um eine in der Nachkriegszeit entstandene Wohnanlage mit Sichtmauerwerk. Die Messungen wurden an unterschiedlichen Stellen des Gebäudes durchgeführt. Die Fassade macht optisch einen altersentsprechenden Eindruck. Die Messungen selbst haben gut funktioniert, was auch durch den homogenen Verlauf der in Bild 4 dargestellten Wasseraufnahme, aufgetragen über die Zeit, deutlich wird. Die Messwertefas-

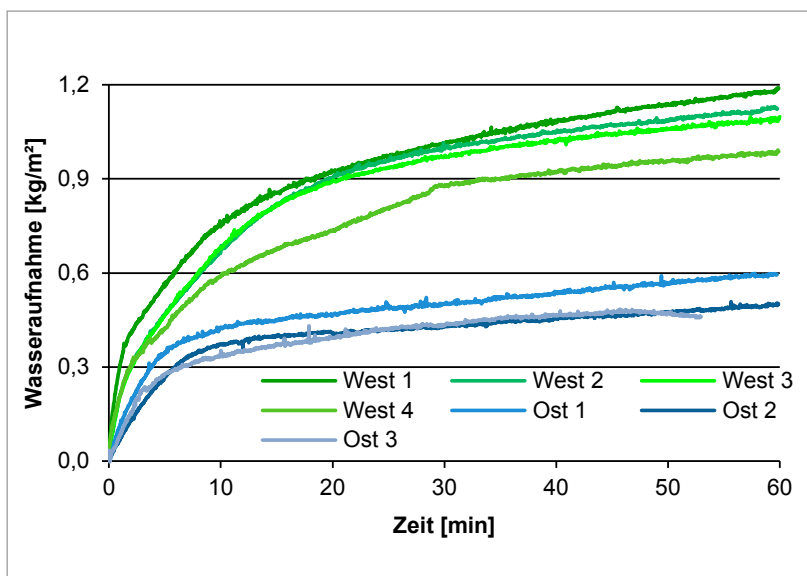


Bild 5: Messergebnisse unterschiedlicher Fassadenausrichtungen am Objekt 2- verputzte WDVS-Fassade

sung erfolgte durch Ablesen der Gewichtsänderungen im 30-Sekundentakt. Aufgrund der sehr hohen Wasseraufnahme, konnten die Versuche bereits nach 20 Minuten beendet werden. Bedeutsam ist die Auswertung der Messungen mit einer großen Streubreite mit W_w -Werten von 5 bis 12 $\text{kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{h}})$. Zwischen der optischen Beurteilung und dem messtechnischen Ergebnis ist nicht immer ein Zusammenhang zu finden.

Mit dem zweiten Objekt wurde eine 12 Jahre alte WDVS-Fassade untersucht. Die Besonderheit der Messungen liegt in den unterschiedlichen Orientierungen der Messstellen. Zunächst wurde die kapillare Wasseraufnahme von wettergeschützten Fassadenbereichen auf der Ostseite in Höhe des Geländes gemessen. Anschließend erfolgten Messungen an einem frei bewitterten wetterseitig ausgerichteten Fassadenbereich auf der Westseite in einer Höhe von etwa 16 m über Gelände. Im Gegensatz zu den Messstellen in Geländehöhe sind hier oberflächlich netzartige Risse mit einer Rissbreite von etwa 0,1 mm festgestellt worden. Es wurden insgesamt 4 Messungen auf der Westseite und 3 Messungen auf der Ostseite mit kontinuierlicher Wägung über 60 Minuten durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Bild 5 dargestellt. Die Umrechnung auf den W_w -Wert ergab für die Westseite im Mittel einen Wert von 1,0 $\text{kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{h}})$ und für die wettergeschützte Ostseite von 0,5 $\text{kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{h}})$.

Zusammenfassung

Das entwickelte Wasseraufnahmemessgerät ermöglicht eine genaue und zerstörungsfreie Messung der kapillaren Wasseraufnahme direkt am Bauwerk. Durch eine benetzte Oberfläche von 40 cm x 51 cm ist es speziell bei Sichtmauerwerkfassaden möglich, eine integrale Wasseraufnahme über mehrere Stein- und Fugenschichten zu messen.

In unterschiedlichen Laborversuchen konnte die Funktionsfähigkeit des Gerätes belegt werden. In anschließenden Feldversuchen wurden unterschiedliche Fassaden erfolgreich untersucht. Die ersten Ergebnisse an Sichtmauerwerkfassaden zeigen deutlich die qualitativen Unterschiede bei alten Fassaden. Mithilfe des entwickelten Messgerätes wird es zukünftig möglich, die Schlagregensicherheit von Fassaden quantitativ, in einem zerstörungsfreien Messverfahren bewerten zu können. Weiterhin konnten an einer verputzten Fassade die unterschiedlichen Bewitterungseffekte (West-Ostseite) anhand der durchgeführten Messungen quantitativ nachgewiesen werden.

Die Entwicklungsarbeit am hier vorgestellten Messgerät ist aktuell noch nicht abgeschlossen. Vorhandene Ergebnisse belegen jedoch die prinzipielle Funktionsweise der entwickelten Messmethode. Die Firma hf sensor und das Institut für Hochbau, Baukonstruktion und Bauphysik der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig arbeiten gemeinsam an einem serienfähigen Modell.

Literatur

- [1] Möller, U., Stelzmann, M.: In-Situ-Messgerät für die zerstörungsfreie Messung der Wasseraufnahme, Grunewald, J., Plagge, R. (Hrsg.): 2. Internationaler Innendämmkongress, Tagungsunterlage, TU Dresden, Institut für Bauklimatik, Dresden, 2013, S. 188 - 197.
- [2] DIN EN 998-1, Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau - Teil 1: Putzmörtel, 2010-12.
- [3] DIN 4108, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz - Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung, 2012-01.
- [4] WTA Merkblatt 6-4, Innendämmung nach WTA I - Planungsleitfaden, 2009-05.
- [5] DIN EN ISO 15148, Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten bei teilweisem Eintauchen, 2003-03.
- [6] Franke, L., Bentrup, H., Einfluß von Rissen auf die Schlagregensicherheit von hydrophobiertem Mauerwerk und Prüfung der Hydrophobierbarkeit, Bautenschutz + Bausanierung, 1991, Heft 14, S. 98-101 und 117-121.
- [7] ASTM C1601-11, Standard Test Method for Field Determination of Water Penetration of Masonry Wall Surfaces, 2011-12.