

In-Situ-Messgerät für die zerstörungsfreie Messung der Wasseraufnahme

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

KURZFASSUNG. In diesem Fachaufsatz wird der Prototyp eines In-Situ-Messgerätes vorgestellt. Das Wasseraufnahmemessgerät erlaubt eine zerstörungsfreie Ermittlung der zeitabhängigen Funktion der Wasseraufnahme von Wänden. Mit dem neuartigen Verfahren wird eine Fläche von 40 x 51 cm künstlich beregnet. Das gravimetrische Messprinzip erreicht eine reproduzierbare Genauigkeit von bis zu $\pm 0,05 \text{ kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{h}})$. Speziell für Sichtmauerwerkfassaden ergibt sich damit die Möglichkeit einer integralen Messung der Wasseraufnahme über mehrere Stein- und Fugenschichten hinweg.

ABSTRACT. This essay introduces a prototype of an in-situ-measuring device. The „Wasseraufnahmemessgerät“ allows nondestructive determination of time based function of water penetration of walls. The new procedure waters an area about of 40 x 51 cm. The gravimetric measuring system reaches a repeatable accuracy up to $\pm 0,05 \text{ kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{h}})$. Especially on exposed masonry it is possible to measure the water penetration on a averaged area with stones and mortar.

Schlagwörter: Schlagregen, Wasseraufnahme, In-Situ-Messgerät, zerstörungsfrei

1 Einleitung

Innendämmungen haben aus bauphysikalischer Sicht gegenüber außenseitigen Dämmungen einige Nachteile. Für deren Einsatz ist besonders das Feuchtmanagement der Konstruktion zu beachten. Der hygrothermische Nachweis von innen gedämmten Außenwänden kann nach dem aktuellen Stand der Technik über das vereinfachte Verfahren nach WTA-Merkblatt 6-4 oder eine hygrothermische Simulation nach DIN EN 15026 geführt werden. Für beide Fälle ist ein ausreichender konstruktiver Schlagregenschutz eine wichtige Voraussetzung. Der Wasseraufnahmekoeffizient (W_w -Wert) gilt dabei als ein entscheidendes Kriterium für dessen Beurteilung. Bei der Planung von Innendämmungen in Kombination mit Sichtmauerwerkfassaden stellt sich häufig die Frage nach dem vorhandenen Schlagregenschutz. In der DIN 4108-3 wird für einen wasserabweisenden Regenschutz ein W_w -Wert $\leq 0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{h}})$ gefordert. Bei hygrothermischen Simulationsberechnungen fließt der W_w -Wert als Teil der Funktion der Flüssigwasserleitfähigkeit direkt in das Berechnungsmodell ein. Die ausreichend genaue Ermittlung des W_w -Wertes von bestehenden Fassaden ist derzeit jedoch nur mit einer zerstörenden Entnahme von Material und einer anschließenden Untersuchung im Labor möglich. Dies ist besonders für die Untersuchung von denkmalgeschützten Fassaden nicht akzeptabel. Ferner werden für die Verbesserung der Schlagregensicherheit von Sichtmauerwerkfassaden häufig Mauerwerkshydrophobierungen eingesetzt. Dabei ist es nach Durchführung einer Hydrophobierungsmaßnahme genauso wichtig den Erfolg quantitativ zu bewerten. Im Folgenden soll der Prototyp eines In-Situ-Messgerätes zur Wasseraufnahme vorgestellt und erste Ergebnisse gezeigt werden.

2 Vergleich bekannter Prüfverfahren

2.1 Allgemeines

In der Fachwelt existieren eine Reihe von Prüfverfahren und Geräten zur Bestimmung der Wasseraufnahme von Baustoffen. Der Laborversuch nach DIN EN ISO 15148 stellt dabei die Grundlage dar. Weiterhin sind eine Reihe von In-Situ-Prüfgeräten und Verfahren zu nennen. Diese ermöglichen eine direkte Messung am Bauwerk, besitzen gegenüber dem DIN-Versuch jedoch einige Nachteile. Beispielsweise wird bei den meisten In-Situ-Prüfverfahren nicht die Wasseraufnahme infolge kapillaren Saugens, sondern der Wasserverlust aus einem definierten System bewertet. Ferner werden beim DIN-Versuch konditionierte Proben bei konstanter Temperatur gemessen. Bei der Messung am Bauwerk ist dies nicht möglich. Außerdem kann bei einem In-Situ-Prüfverfahren nicht von einer eindimensionalen Wasserverteilung ausgegangen werden.

Bisher vorhandene In-Situ-Prüfverfahren liefern, nicht zuletzt aufgrund der o.g. Gründe nur pauschale Aussagen für die kapillare Wasseraufnahme. Die meisten Verfahren nutzen zusätzlich einen statischen Wasserdruck, um einen Windstaudruck bei Schlagregenereignissen zu simulieren. Für die Bestimmung der reinen kapillaren Wasseraufnahme ist dies nicht notwendig. Entsprechend sind diese für eine Beurteilung der Schlagregensicherheit nach DIN 4108-3 bzw. für die Kennwertermittlung bei hygrothermischen Simulationsberechnungen nicht bzw. nur teilweise geeignet. Folgend werden die vier wichtigsten Geräte und Verfahren gegenübergestellt.

2.2 DIN EN ISO 15148, Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten bei teilweisem Eintauchen

Die DIN EN ISO 15148 beschreibt einen normierten Laborversuch zur Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten von porösen Baustoffen. Dabei wird ein trockener Probekörper wenige Millimeter in ein Wasserbad getaucht. Die Massezunahme entspricht der auf die eingetauchte Fläche bezogenen Wasseraufnahme des Probekörpers. Der Versuch wird häufig auch für die Ermittlung der Wasseraufnahme von Bestandskonstruktionen eingesetzt. Dafür wird an geeigneter Stelle Material entnommen und im Labor untersucht. Durch die Entnahme von einzelnen Steinen und Mörtelproben kann nur ein Bruchteil einer Wandfläche tatsächlich gemessen werden. Vor dem Hintergrund einer hohen Streuung der Materialeigenschaften historischer Baustoffe, ist so nur eine bedingte Schlussfolgerung auf die tatsächliche Wasseraufnahme einer ganzen Fassade möglich. Ein weiteres Problem stellt die Bewertung von Fugenmaterial dar. Neben einer komplizierten Entnahme stellt sich die Frage ob das o.g. Verfahren für eine Bestimmung der Wasseraufnahme von Mörtelproben überhaupt geeignet ist.

2.3 Prüfröhrchen nach Karsten

Das Prüfröhrchen nach Karsten ist das klassische Gutachterwerkzeug für die Bestimmung der Schlagregensicherheit von Fassaden. Mithilfe eines dauerelastischen Dichtungskitts wird hier ein Glaskörper an die Probefläche angedichtet. Durch ein Einfüllröhrchen mit aufgedruckter Messskala wird das Gefäß bis zur Nullmarke mit Wasser gefüllt. Dabei drückt ein hydraulischer Wasserdruck entsprechend der Höhe des Röhrchens von 10 cm gegen die Prüffläche. Durch Ablesen des Wasserstandes im Röhrchen, wird auf die Wasseraufnahme des Baustoffes geschlossen. Es handelt sich somit um ein volumetrisches Messverfahren. Die Messwerte in [ml/min] werden schließlich mit Grenzwerten verglichen. Das Prüfröhrchen nach Karsten ist ein einfach zu bedienendes, preiswertes und schnelles Instrument. Aufgrund einer geringen Prüffläche von nur 7 cm² und einer sehr kurzen Messdauer kann jedoch nur eine grobe Einschätzung der Wasseraufnahme erfolgen.

2.4 WD-Prüfplatte nach Franke

Die WD-Prüfplatte nach Franke [5] 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 deutlich vergrößerte Prüffläche von etwa 200 cm². Trotzdem ist mit der WD-Prüfplatte nach Franke nur eine qualitative Abschätzung der Wasseraufnahme möglich. Schwerpunkt der Arbeit war die Beurteilung von Hydrophobierungsmaßnahmen bei verschiedenen statischen Wasserdrücken.

2.5 In-Situ-Messverfahren nach ASTM C1601

Die internationale Norm ASTM C1601 [6,7] beschreibt einen Feldversuch zur Bestimmung der Wasseraufnahme von Sichtmauerwerk. Der Versuchsaufbau besteht aus einer Testkammer mit einer rechteckigen Öffnung, einem Sprühbalken, einer Pumpe, einem Wasserzähler, einem Wasservorratsbehälter mit integrierter Wasserstandskala, einem Kompressor und einem Luftdruckmessgerät. Die Testkammer ist mindestens 0,9 m x 1,2 m groß und wird mechanisch am Untergrund befestigt. Die Abdichtung der Kammer erfolgt mithilfe einer Dichtungsmasse. Im oberen Teil der Kammer ist ein Sprühbalken angebracht, der eine definierte Beregnung der Probekörperoberfläche simuliert. Eine Pumpe speist den Sprühbalken mit Wasser aus dem Wasservorratsbehälter. Der Wasserdurchfluss wird mit einem Wasserzähler ermittelt. Während der Messung wird in der Messkammer ein Überdruck von 500 Pa erzeugt. Das an der zu prüfenden Oberfläche ablaufende Wasser läuft schließlich über einen Schlauch wieder in den Vorratsbehälter zurück. Für die Ermittlung der Wasseraufnahme wird die Menge an Wasser gemessen, die auf dem geschlossenen Kreislauf in die Prüfoberfläche entweicht. Das erfolgt über die Dokumentation des Wasserstandes im Vorratsbehälter. Mit einem sehr aufwändigen und zeitintensiven Verfahren wird hier eine repräsentative Beanspruchungsfläche von etwa 1 m² geprüft. Durch das volumetrische Messverfahren wird jedoch nur eine Genauigkeit von ± 100 ml erreicht. Entsprechend ist die ASTM C1601 für die Bestimmung der Wasseraufnahme von wassersaugenden bis wasserhemmenden Untergründen geeignet.

2.6 Zusammenfassung der Prüfverfahren

In der folgenden Tabelle sind Vor- und Nachteile o.g. Prüfverfahren zusammengefasst.

Tabelle 1: Vergleich von Prüfverfahren zur Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme

Kriterium	DIN-Versuch	Prüfröhrchen nach Karsten	WD-Prüfplatte nach Franke	ASTM C 1601
Zerstörungsgrad	zerstörend	zerstörungsfrei	zerstörungsfrei	zerstörungsarm
zeitlicher Aufwand	hoch	gering	gering	hoch
Messprinzip	gravimetrisch	volumetrisch	volumetrisch	volumetrisch
Handling	mittel	gut	gut	schlecht
(1) Prüffläche	≥ 50 cm ²	7 cm ²	200 cm ²	10800 cm ²
(2) Ablesegenauigkeit	-	± 1 ml	± 1 ml	± 100 ml
rel. Genauigkeit (2)/(1)	-	± 1,4 l/m ²	± 0,05 l/m ²	± 0,1 l/m ²
Versuchsdauer	24h	15 min	15 min	4 h

einwirkender Wasserdruck	≈ 0	1 kN/m ²	1...0,5 kN/m ²	0,5 kN/m ²
Durchfeuchtung der Wand	keine	minimal	minimal	stark

3 Neuentwicklung eines In-Situ-Wasseraufnahmemessgerätes

3.1 Anforderungen an die Geräteentwicklung

Ziel der Forschungsarbeit war es, ein Messgerät für die zerstörungsfreie Bestimmung der Funktion der Wasseraufnahme von Fassaden zu entwickeln. Bisherige In-Situ Messgeräte basieren auf einem volumetrischen Messverfahren. Um besonders bei einer geringen Wasseraufnahme möglichst hohe Genauigkeiten zu erreichen, wurden während der Entwicklung besonders gravimetrische Messmethoden untersucht. Weitere Anforderungen an das Gerät:

- leicht bedienbar (durch maximal eine Person)
- zerstörungsfrei
- preiswert und robust
- integrale Messung über Steine und Fugen bei Sichtmauerwerk

Im Gegensatz zu den meisten vorhandenen In-Situ-Prüfverfahren wird hier bewusst auf einen statischen Wasserdruck verzichtet. Das Ziel ist die Simulation eines Laborversuches, nicht die Nachahmung einer Schlagregenbelastung.

3.2 Aufbau des Wasseraufnahmemessgerätes

Das neu entwickelte Messverfahren „Wasseraufnahmemessgerät“ besteht aus drei Komponenten: einem Messgerät, einem Wasserbehälter und einer Waage ($\pm 1g$). Das Messgerät besitzt ein Sichtfenster, das bei Bedarf geöffnet werden kann. Weiterhin ist an dem Messgerät eine Pumpe befestigt. Die Pumpe fördert Wasser aus dem Behälter über einen Schlauch in die Messkammer. Die Messkammer mit der zu benetzenden Wandoberfläche hat eine Höhe von 40 cm und eine Breite von 51 cm. Im Boden der Messkammer befindet sich eine Öffnung als Wasserablauf. Die Waage steht, zusammen mit dem Wasserbehälter im unteren Abschnitt des Messgerätes. Als Hilfsstoff für die Abdichtung und Befestigung der Messkammer wird ein spezieller wiederverwendbarer dauerelastischer Dichtungskitt verwendet. Für den Betrieb der Pumpe ist zusätzlich eine Stromquelle mit 12 V DC nötig. Die Waage wird mit einer Batterie betrieben. Eine Zeichnung des Wasseraufnahmemessgerätes ist in Abbildung 1 dargestellt.

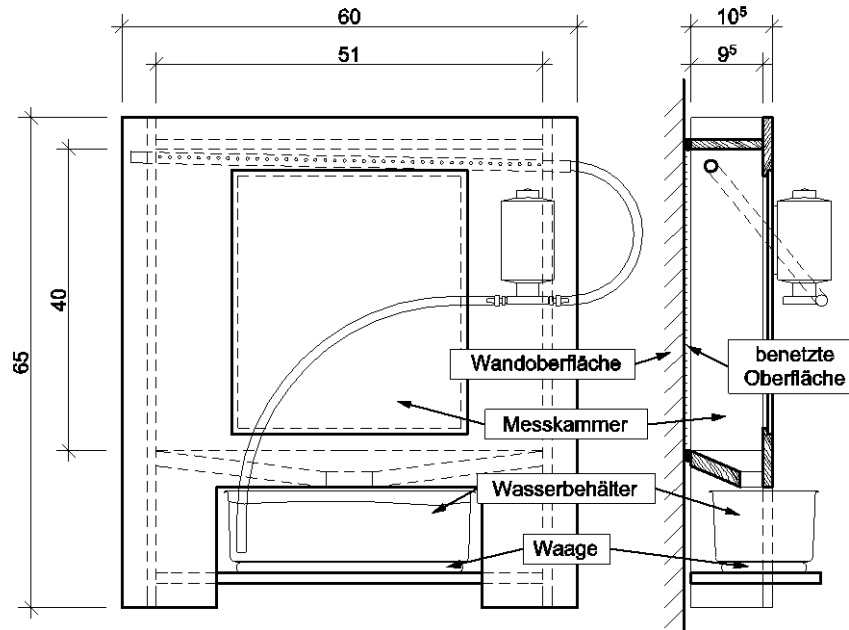


Abbildung 1: Zeichnung des entwickelten Wasseraufnahmemessgerätes

3.3 Messprinzip

Das Messprinzip des Wasseraufnahmemessgerätes beruht auf der kontinuierlichen Messung der Masse eines mit Wasser gefüllten Behälters. Eine Pumpe fördert Wasser aus dem Behälter in die Messkammer. Über ein perforiertes Rohr wird dabei der zu untersuchenden Fassadenbereich bewässert. Innerhalb der Messkammer wird so ein geschlossener Wasserfilm auf der Probekörper-Oberfläche erzeugt. Je nach Qualität der Prüffläche wird ein Teil des ablaufenden Wassers aufgesaugt. Der Rest des Wassers läuft zurück in den Behälter. Es besteht ein Kreislauf, den das Wasser nur über die Fassadenoberfläche infolge kapillaren Saugens verlassen kann. Im Gegensatz zum Versuch nach DIN EN ISO 15148 wird durch das Wasseraufnahmemessgerät nicht die Massezunahme des untersuchten Baustoffes, sondern der Masseverlust des Wasserbehälters gemessen.

3.3 Messablauf

Die Probefläche sollte trocken, frei von Staub, Schmutz und losen Teilen sein. Für die Abdichtung der Messkammer wird das Dichtungsmaterial fingerdick an den Rand der Messkammer angebracht. Durch feste Schläge wird das Messgerät an der Prüffläche fixiert. Die Waage wird austariert und zusammen mit dem Wasserbehälter in das Messgerät gestellt. Dabei ist darauf zu achten, dass der Behälter frei auf der Waage steht. Mit dem Einschalten der Pumpe wird gleichzeitig die Zeit gestoppt. In einem regelmäßigen Abstand werden Messwerte der Waage notiert. Die Dauer der Messung ist in Abhängigkeit der Wasseraufnahme der untersuchten Prüffläche zu wählen.

3.4 Grundsätze der Auswertung

Für die Auswertung werden zunächst die Behältermassen vor und nach der Messung mit einem Kalibrierungswert verrechnet (1). Von einem fixen Endwert werden dann rückwärts die Differenzen der Zwischenwerte abgezogen und in ein Diagramm eingetragen. Anschließend erfolgt die Bestimmung der vertikalen Wasseraufnahmekoeffizienten W_v in $\text{kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{h}})$ (2).

$$\Delta m = m_{\text{vor}} - m_{\text{nach}} - m_K \quad (1)$$

$$W_{v,t} = \frac{\Delta m}{A \cdot \sqrt{t}} \quad (2)$$

Wobei:

m_{vor}	= Behältermasse vor der Messung	[kg]
m_{nach}	= Behältermasse nach der Messung	[kg]
m_K	= Kalibrierungswert	[kg]
A	= benetzte Fläche	[m ²]
t	= Messdauer	[h]

4 Versuche

Die durchgeführten Versuche werden in zwei grundsätzliche Kategorien unterteilt. Dabei wurden in Laborversuchen zunächst die Funktionsweise, prinzipielle Eignung und Genauigkeit des entwickelten Wasseraufnahmemessgerätes untersucht. Aufgrund von erhöhten Anforderungen an die Qualität der Messungen wurde für diese Laborversuche z. T. eine Laborwaage mit einer Genauigkeit von $\pm 0,1$ g und Datenlogger-Funktion eingesetzt. Im Anschluss daran wurden In-Situ-Messungen an unterschiedlichen Fassaden durchgeführt.

4.1 Laborversuche

4.1.1. Kalibrierung des Versuchsaufbaus

Für die Bestimmung von verschiedenen Wasserverlusten des Wasseraufnahmemessgerätes wurden Messungen an einer kunststoffbeschichteten Platte – mit einer Wasseraufnahme = 0 – durchgeführt. Die Messreihe wurde analog zum prinzipiellen Messablauf bei Messungen am Bauwerk durchgeführt. Die dabei entstandenen Daten dienen neben der Bestimmung von Benetzungs- und Systemverlusten auch für die Abschätzung der absoluten Genauigkeit des Messsystems. Die Daten wurden anschließend zu einer allgemeinen Kalibrierungsfunktion zusammengefasst. Ein Teil der Ergebnisse der Versuchsreihe sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Angaben zur Genauigkeit des Wasseraufnahmemessgerätes

Messdauer t	Abweichung Δm_K	Auswirkung von Δm_K auf $W_{v,t}$
20 Minuten	± 10 g	$\pm 0,1$ kg/(m ² √h)
60 Minuten	± 10 g	$\pm 0,05$ kg/(m ² √h)

4.1.2 Vergleich Wasseraufnahmemessgerät mit DIN EN ISO 15148

In einer weiteren Versuchsreihe wurde die Wasseraufnahme eines Porenbetonblockes (0,625 m x 0,625 m x 0,175 m; $\rho_d = 0,55$ kg/dm³) und einer Betonplatte (C30/37; 0,55 m x 0,46 m x 0,04 m; $\rho_d = 2,1$ kg/dm³) mit dem entwickelten Wasseraufnahmemessgerät und nach DIN EN ISO 15148 gemessen. Bei den Messungen mittels Wasseraufnahmemessgerät wurden zusätzlich die Probekörpermassen vor und nach dem Versuch bestimmt. Dabei konnte eine sehr gute Übereinstimmung aus Messwerten des Wasseraufnahmemessgerätes und der Massezunahme der Probekörper festgestellt werden. Die Abweichungen lagen im Bereich der in Tabelle 2 ermittelten Grenzen. Die in Abbildung 2 dargestellten Messkurven für Porenbeton und Beton mittels Wasseraufnahmemessgerät sind ohne Messpunkte gezeichnet, da die eingesetzte Laborwaage auf ein Zeitinter-

vall von 1 Sekunde eingestellt war. Im zweiten Schritt wurden beide Probekörper getrocknet und deren Wasseraufnahme nach DIN EN ISO 15148 bestimmt. Bei der Betonplatte wurde eine sehr gute Übereinstimmung der beiden Verfahren festgestellt. Im Gegensatz dazu wurden bei den Funktionen der Wasseraufnahme des Porenbetonprobekörpers geringe Differenzen festgestellt. Die durch das Wasseraufnahmemessgerät gemessene Kurve verlief zwar parallel, aber etwas niedriger als beim Versuch nach DIN. Dieser systematische Fehler wird mit einer großen Oberflächenbenetzung des Materials begründet. Die in Abbildung 2 dargestellten Ergebnisse belegen eindeutig die gute Übereinstimmung zwischen klassischen Laborversuch und dem Prototypen des In-Situ-Messgerätes.

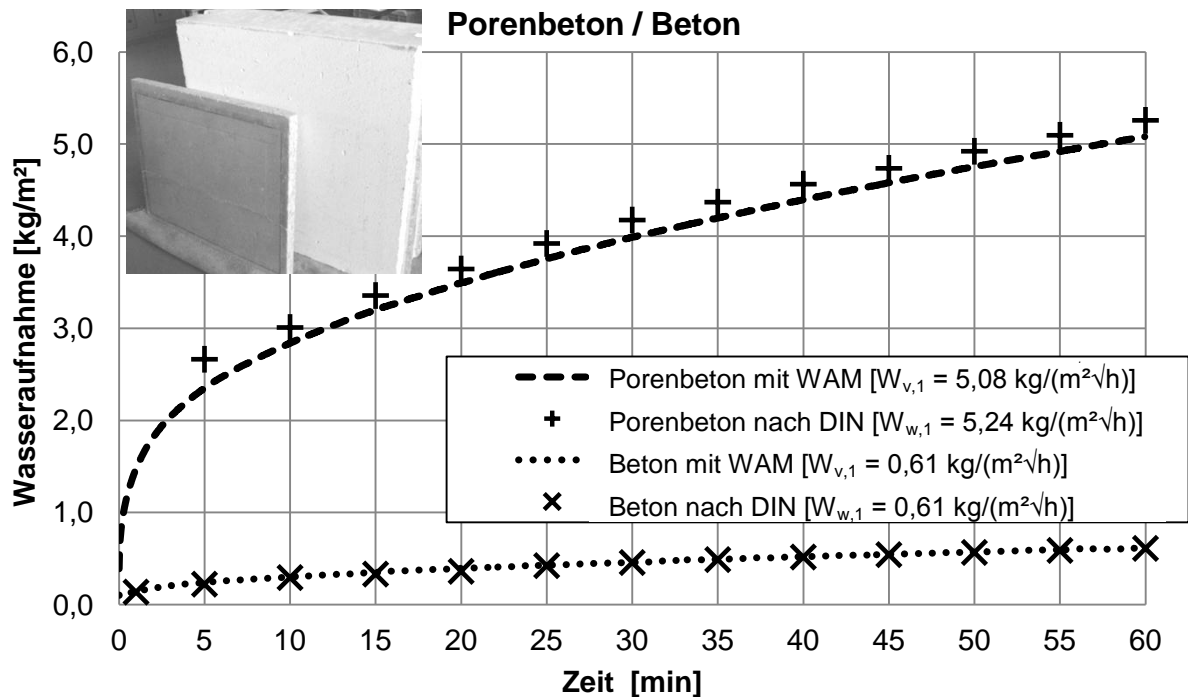


Abbildung 2: Messergebnisse für Porenbeton und Beton mit dem Wasseraufnahmemessgerät (WAM) und nach DIN EN ISO 15148

4.1.3 Messungen an einem Mauerwerksprobekörper

Im nächsten Schritt wurde ein Mauerwerksprobekörper als Sichtmauerwerk, mit einer Breite von 0,615 m, einer Höhe von 0,65 m und einer Dicke von 0,24 m hergestellt. Für den Probekörper wurden handelsübliche Klinker im Normalformat mit einer Rohdichte von $\rho_d = 2,05 \text{ kg}/\text{dm}^3$ verwendet. Die kapillare Wasseraufnahme der Steine liegt nach dem DIN-Versuch im Mittel bei $W_{w,1} = 0,95 \text{ kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{h}})$. Für die Fugen wurde ein spezieller Fugenmörtel für Sichtmauerwerk verwendet. Der Mörtel besitzt eine Rohdichte von $\rho_d = 1,65 \text{ kg}/\text{dm}^3$ und einer Wasseraufnahme von $W_{w,1} = 0,8 \text{ kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{h}})$. Bezogen auf die anteiligen Flächen aus Steinen und Fugen ergibt sich eine theoretische kapillare Wasseraufnahme von $W_{w,1} = 0,94 \text{ kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{h}})$. In dem Versuch wurde dieser Mauerwerksprobekörper mithilfe des Wasseraufnahmemessgerätes mehrfach mit je unterschiedlicher Ausgangsfeuchte gemessen. Die Ergebnisse der Wasseraufnahme über der Zeit sind in Abbildung 3 dargestellt. Die obere Kurve beschreibt den trockenen Ausgangszustand, während die untere Kurve den feuchten Zustand des Mauerwerksprobekörpers beschreibt. Der schraffierte Bereich kennzeichnet unterschiedliche Ausgangsfeuchten bei Messbeginn. Dabei wurde beobachtet, dass das Wasseraufnahmevermögen mit zunehmender Ausgangsfeuchte sinkt.

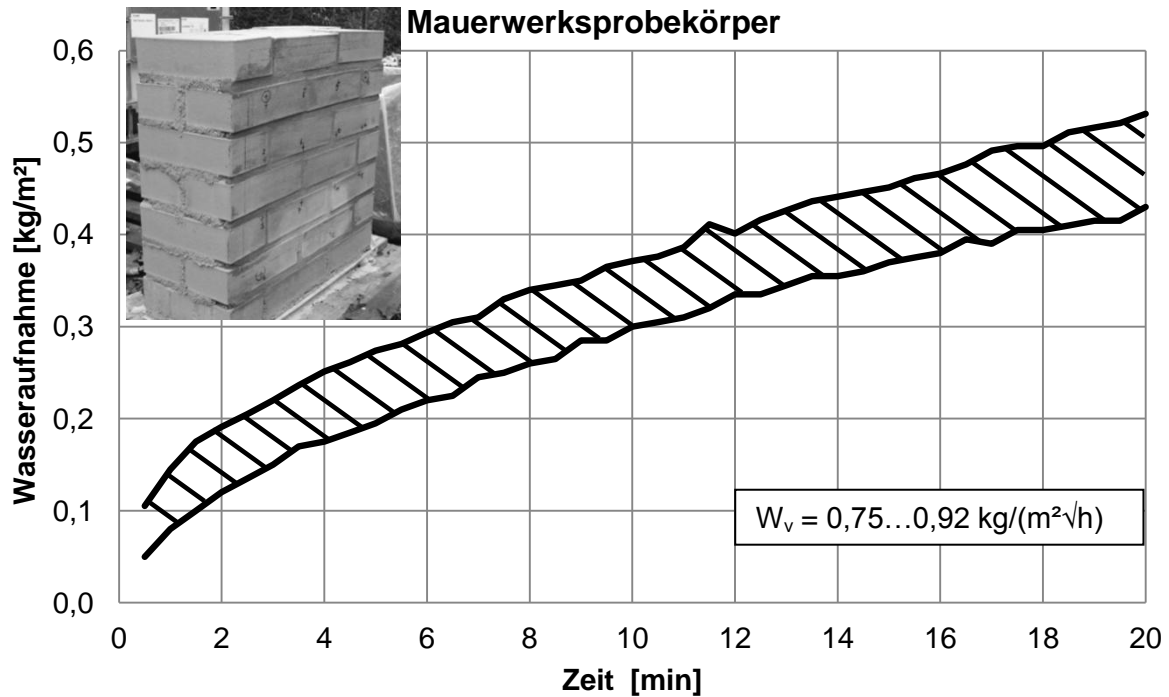


Abbildung 3: Messreihe des Wasseraufnahmemessgerätes an Mauerwerksprobekörper

4.2 Feldversuche

Die Ergebnisse aus In-Situ-Versuchen an zwei völlig unterschiedlichen Sichtmauerwerkfassaden sind in den Abbildungen 4 und 5 dargestellt. Bei den untersuchten Fassaden war eine Entnahme von Baustoffproben leider nicht möglich. Entsprechend konnte keine Überprüfung der gemessenen Daten erfolgen. Ziel der Feldversuche war es, die Praxistauglichkeit des entwickelten Wasseraufnahmemessgerätes zu belegen.

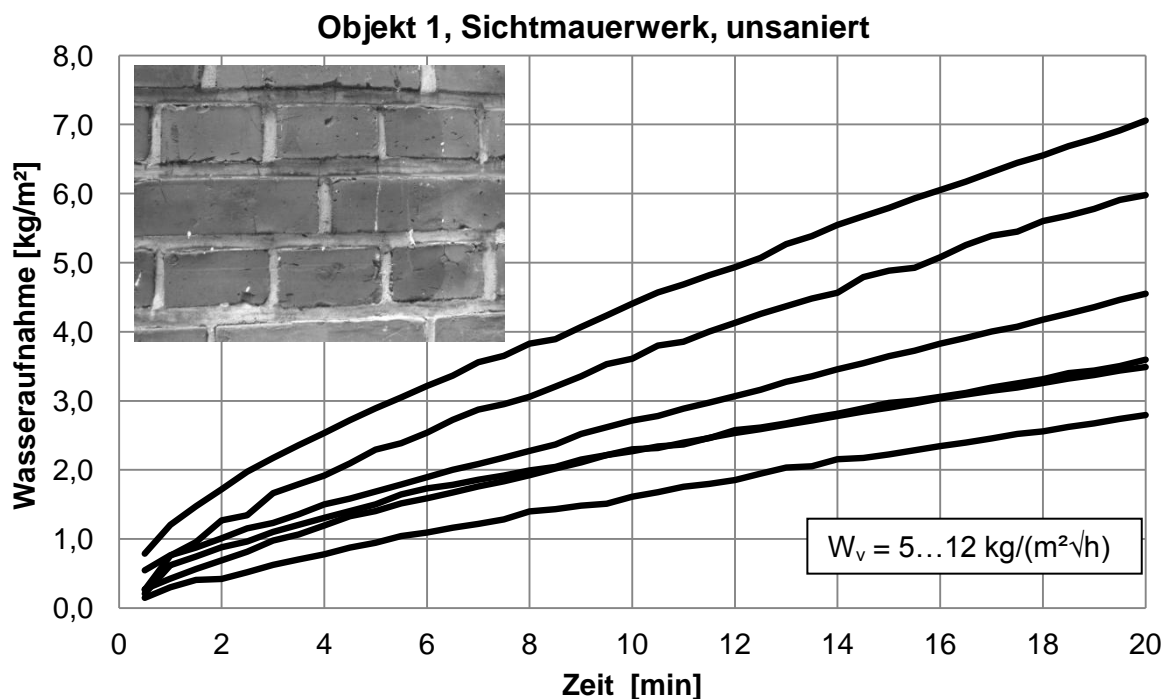


Abbildung 4: In-Situ-Messung mit Wasseraufnahmemessgerät, Objekt 1

Beim Objekt 1 handelt es sich um eine größere Wohnanlage, die in der Nachkriegszeit entstanden ist. Die Messungen wurden an den unterschiedlichsten 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 Abbildung 4 dargestellten Wasseraufnahme deutlich wird. Bedeutsam ist die Auswertung des vertikalen Wasseraufnahmekoeffizienten mit einer großen Streubreite mit W_v 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.

Am Objekt 2 wurde ein mit Schlämmverfugung und Hydrophobierung saniertes Sichtmauerwerk gemessen. Das Ergebnis ist in Abbildung 5 dargestellt. Beim Vergleich mit Objekt 1 fällt sofort die deutlich geringere – mehr als Faktor 10 – Wasseraufnahme auf. Die deutlich geringere Wasseraufnahme ergibt optisch einen nicht ganz so homogenen Kurvenverlauf. Allerdings ist die Genauigkeit der Waage ($\pm 1\text{g}$) ausreichend um auch bei einer 20-minütigen Messzeit einen W_v -Wert von 0,3 $\text{kg}/(\text{m}^2\sqrt{\text{h}})$ errechnen zu können.

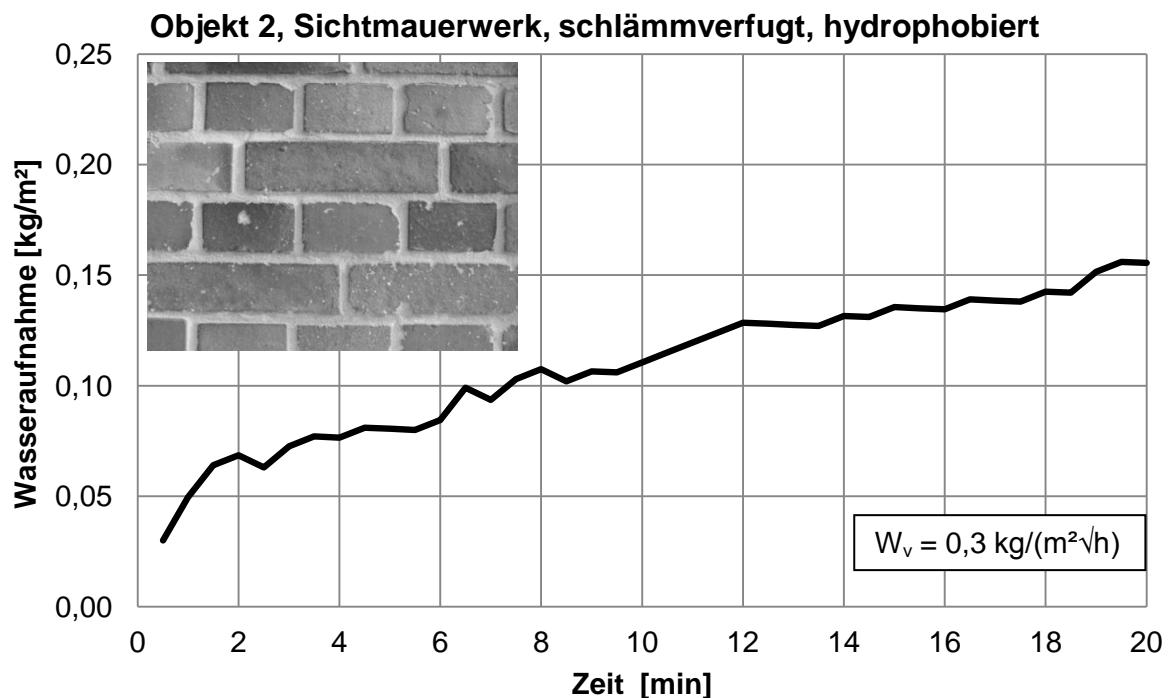


Abbildung 5: In-Situ-Messung mit Wasseraufnahmemessgerät, Objekt 2

5 Zukünftige Entwicklungen

Die Entwicklungsarbeit des hier vorgestellten Prototypens steht noch am Anfang. Weitere Praxisversuche sind geplant. Die dadurch gewonnenen Erfahrungen werden entsprechend in die Geräteentwicklung einfließen. Für zukünftige Optimierungen werden zwei unterschiedliche Ansätze verfolgt. Zum Einen soll das Wasseraufnahmemessgerät hinsichtlich seiner Handhabung und Praxistauglichkeit für den Einsatz durch Gutachter und Baustoffprüfer etc. verbessert werden. Zum Anderen ist geplant den Messaufbau für den Einsatz im Bereich der Forschung zu verbessern. Hier sind besonders die Anforderungen einer möglichst hohen Messgenauigkeit und Messwertauflösung von Bedeutung.

6 Zusammenfassung

Nach einer kurzen Darstellung der Zusammenhänge und Problematik von Wasseraufnahme infolge Schlagregen bei innen gedämmten Fassaden, werden unterschiedliche bekannte Prüfverfahren zur Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme vorgestellt. Es folgt eine Gegenüberstellung der Verfahren mit Darstellung der jeweiligen Vor- und Nachteile. Anschließend werden die verfolgten Ziele, der Aufbau, das Messprinzip, der Messablauf und die Messauswertung des entwickelten Wasseraufnahmemessgerätes erläutert. Es folgen die Ergebnisse aus verschiedenen Labor- und Feldversuchen.

Das entwickelte Wasseraufnahmemessgerät ermöglicht eine genaue und zerstörungsfreie Messung der kapillaren Wasseraufnahme direkt am Bauwerk. Durch eine benetzbare Oberfläche von 40 x 51 cm ist es speziell bei Sichtmauerwerkfassaden möglich eine integrale Wasseraufnahme über mehrere Stein- und Fugenschichten zu messen. Mithilfe eines weitgehend automatisierten Messablauf werden evtl. Bedienungsfehler weitgehend minimiert. In unterschiedlichen Laborversuchen konnte die Funktionsfähigkeit des Gerätes belegt werden. In anschließenden Feldversuchen wurden Sichtmauerwerkfassaden unterschiedlicher Qualität mit dem Wasseraufnahmemessgerät untersucht. Die ersten Ergebnisse an Sichtmauerwerkfassaden zeigen deutlich die qualitativen Unterschiede bei alten Fassaden. Gleichzeitig konnte aber auch an einer sanierten Fassade gezeigt werden, dass trotz deutlich niedrigerer Wasseraufnahme auch der W_v -Wert schon nach 20-minütigem Messzyklus bestimmt werden konnte. Perspektivisch werden somit auch quantitative Qualitätskontrollen von Fassadensanierungen möglich.

Literatur

- [1] DIN 4108, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung, 2012-01
- [2] WTA Merkblatt 6-4, Innendämmung nach WTA I – Planungsleitfaden, 2009-05
- [3] DIN EN 15026, Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation, 2007-07
- [4] DIN EN ISO 15148, Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten bei teilweisem Eintauchen, 2003-03
- [5] 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
- [6] ASTM E514/E514-11, Standard Test Method for Water Penetration and Leakage Through Masonry, 2011-12
- [7] ASTM C1601-11, Standard Test Method for Field Determination of Water Penetration of Masonry Wall Surfaces, 2011-12

Kontakt:

Prof. Dr. -Ing. Ulrich Möller, Institut für Hochbau, Baukonstruktion und Bauphysik der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Karl-Liebknecht Str. 132, 04277 Leipzig; Tel.: 0341 – 3076 6281; Fax: 0341 – 3076 7044; E-mail: ulrich.moeller@fb.htwk-leipzig.de

Dipl. -Ing. (FH) Mario Stelzmann, Institut für Hochbau, Baukonstruktion und Bauphysik der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Karl-Liebknecht Str. 132, 04277 Leipzig; Tel.: 0341 – 3076 6284; Fax: 0341 – 3076 7044; E-mail: stelzmann@r.htwk-leipzig.de