

Sanierung erhaltenswürdiger Gebäude in der Südeifel mit regionaltypischen Bruchsteinmauerwerk im Kontext der Innendämmung

Lukas Müller¹, Sebastian Joachim Latz², Andreas Thewes¹

¹ Hochschule Trier, D-54293 Trier, E-Mail: l.mueller@mueller-massivbau.de; a.thewes@hochschule-trier.de

² Université du Luxembourg, L-1359 Luxembourg, E-Mail: sebastian.latz@uni.lu

Einleitung

Um eine Innendämmung, welche an Bestandsgebäuden oftmals aufgrund baurechtlicher Einschränkungen die einzige Möglichkeit zur thermischen Ertüchtigung der Fassade darstellt, entsprechend planen und nachweisen zu können, sollten die bauphysikalischen Randbedingungen der Außenfassade sowie des darunterliegenden Bruchsteinmauerwerks messtechnisch erfasst und entsprechend gedeutet werden. Mit Hilfe korrekt abgeschätzter Eingangsparameter für notwendige, hygrothermische Berechnungen lassen sich spätere Bauschäden, welche die Folge eines fehlerhaften Sanierungskonzepts wären, weitestgehend ausschließen. Diese Studie befasst sich mit typischen Baustoffen für die „Südeifel“ (Sandstein, Schiefer und Kalkstein). An drei realen Wohngebäuden wurden entsprechende Messungen durchgeführt und deren Einfluss auf die Planung einer Innendämmmaßnahme untersucht. Die Ergebnisse wurden zusammengeführt und dienen als Grundlage für möglichst realitätsnahe, dynamische Simulationen.

Darüber hinaus sollen die Untersuchungen den Leitfaden für „Innendämmung bei historischen Sandsteingebäuden in Luxemburg“ [1] anhand der beispielhaften Anwendung an den zuvor genannten, regionaltypischen Gesteinen der Südeifel validieren.

Vormessungen und Simulation

Simulationsparameter und deren Vormessung

Auf Basis der relevantesten Simulationsparameter im Kontext der Innendämmung an Bestandsgebäuden können neben einer Bestandsaufnahme grundsätzlich folgende Vormessungen empfohlen werden [1], [2]:

- Wärmeleitfähigkeit Bestand: Messung des Wärmeffusses („Bestandsermittlung U-Wert“)
- Feuchteintrag von außen: Messung des Wasseraufnahmekoeffizienten der (Bestands-)Außenfassade
- Feuchtelast von innen: Messung und Deutung des Innenklimas (rel. Feuchte, Lufttemperatur)
- Erstellung von Thermografie-Aufnahmen zur Lokalisierung von Störstellen (z.B. Stahlträger) oder bereits realisierten Dämmmaßnahmen
- Laboranalysen der vorhandenen Baustoffe zur Bestimmung von Materialkenndaten von Putz, Mörtel und Ähnlichem sowie den petrophysikalischen Eigenschaften der Gesteine

Nutzung der Vormessungen bei der Planung einer Innendämmung

Die Ergebnisse der Vormessungen und deren Deutung sind direkt verantwortlich für den Erfolg oder Misserfolg einer

geplanten Innendämmung. Die Messung des Wasseraufnahmekoeffizienten beispielsweise liefert aufschlussreiche Informationen über die Außenfassade und zeigt, ob der Schlagregenschutz gewährleistet und somit der Feuchteintrag von außen (als der sensitivste Simulationsparameter) reduziert wird.

Da bei der Sanierung die Anbringung einer Dämmschicht auf der Innenseite des Mauerwerks von Seiten des Gesetzgebers keine Mindestanforderungen mit sich bringt, kann durch die Bestimmung der Wärmedurchgangskoeffizienten (und damit verbunden der Wärmeleitfähigkeit) des Bestandsmauerwerks bei der weiteren Planung von konservativen Annahmen abgesehen und somit die wirtschaftlichste Lösung unter Berücksichtigung des aktuellen Standes der Technik gewählt werden. Darüber hinaus kann aus Teilen der Daten der U-Wert-Messung (Außentemperatur) und einer Erhebung weiterer Werte (Innentemperatur u. relative Luftfeuchte innen) anhand des Wasserdampfpartialdrucks das Innenklima entsprechend des WTA-Arbeitsblatts 6-2 bestimmt werden

Die Laboranalysen der vorhandenen Baustoffe dienen insbesondere dazu, diese möglichst realitätsnah im entsprechenden Simulationsprogramm (hier: WUFI Pro) abzubilden, sofern die bestehende Datenbank keine vergleichbaren Materialdatensätze liefern kann.

Messergebnisse

Messung Wasseraufnahmekoeffizient

Mithilfe des WAM100B der Firma hf-sensor (Netzteilung der Fassade (Probefläche: 0,3x0,4 m) und ständige Wägung des Masseintrages in kg/m²) konnten folgende Ergebnisse generiert werden:

- Referenzgebäude 1 (kurz: RG1) (Sandstein): $0,35 \frac{\text{kg}}{(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})}$
- Referenzgebäude 2 (kurz: RG2) (Schiefer): $0,66 \frac{\text{kg}}{(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})}$
- Referenzgebäude 3 (kurz: RG3) (Kalkstein): $1,78 \frac{\text{kg}}{(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})}$

Gemessen wurde dabei grundsätzlich an den westlich ausgerichteten Fassaden der Gebäude; den „Wetterseiten“.

Die Werte sind plausibel und lassen sich auf Grundlage der Bestandsaufnahme erklären (z.B. RG1: immer wieder neu angestrichen; RG2: Fassade bereits saniert, Außenanstrich, welcher zwar $w_a \leq 0,1 \frac{\text{kg}}{(\text{m}^2 \cdot \sqrt{\text{h}})}$ garantiert, allerdings erst einfach angebracht wurde; RG3: älteste Fassade und unsaniert).



Abbildung 1: Messung Wasseraufnahmekoeffizient

Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit des Bruchsteinmauerwerks

Die Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit der Bauteile erfolgt auf Basis der Wärmeflussmessung durch eine Wärmeflussplatte sowie der Erfassung der Außen- und Innentemperaturen. Aus dem gleitenden Mittel der Wärmestromdichte q sowie der Messung der Oberflächentemperaturen außen und innen kann dann der Bauteilwiderstand bestimmt werden. Durch den Zusammenhang $R = \frac{d}{\lambda}$ und unter Berücksichtigung des Innen- und Außenputzes ergibt sich die Wärmeleitfähigkeit des reinen Bruchsteinmauerwerks einschließlich der Fugen [4]:

- Referenzgebäude 1 (Sandstein): $\lambda = 0,726 \frac{W}{mK}$
- Referenzgebäude 2 (Schiefer): $\lambda = 1,448 \frac{W}{mK}$
- Referenzgebäude 3 (Kalkstein): $\lambda = 1,90 \frac{W}{mK}$

Petrophysikalische Eigenschaften der Gesteine

Zur Bestimmung der petrophysikalischen Eigenschaften wurden Probewürfel angefertigt und im Labor des Instituts für Steinkonservierung e.V. analysiert. Zudem wurden Musterplatten erstellt, welche zukünftig mit den entsprechenden Materialdaten im Natursteinkataster des IFS hinterlegt sind und somit in weiteren Simulationen berücksichtigt werden können.



Abbildung 2: Probewürfel und Musterplatten

Es ergeben sich folgende Mittelwerte aus je drei Materialproben:

- Sandstein: $\rho = 1,99 \text{ g/cm}^3$; $\Phi = 24,72 \text{ Vol.}\%$;
- Schiefer: $\rho = 2,55 \text{ g/cm}^3$; $\Phi = 7,11 \text{ Vol.}\%$
- Kalkstein: $\rho = 2,76 \text{ g/cm}^3$; $\Phi = 2,85 \text{ Vol.}\%$

Außerdem wurden die Wasseraufnahmekoeffizienten ermittelt, um bei der Simulation die Feuchtetransportvorgänge „Saugen und Weiterverteilen“ mithilfe der entsprechenden Approximation über den Diffusionssatz abbilden zu können. Dabei weisen Kalkstein ($0,17 \frac{kg}{(m^2 \cdot \sqrt{h})}$) und Schiefer ($0,6 \frac{kg}{(m^2 \cdot \sqrt{h})}$) recht niedrige w_a -Werte auf, während es beim Sandstein bei einer der drei Proben zu einer Durchfeuchtung und allgemein zu einem höheren Ergebnis kommt ($5,0 \frac{kg}{(m^2 \cdot \sqrt{h})}$).

Auswertung und Diskussion

Auswertung

Die gemessenen w_a -Werte der Außenfassaden liegen grundsätzlich über der Empfehlung des WTA-Merkblatts 6-2. Im weiteren Verlauf der Simulationen wurden deshalb sowohl die Anbringung verschiedener Innendämmungen auf der unbehandelten Fassade sowie auf Fassaden mit einem verbesserten Witterungsschutz (in Form von hydrophobierenden Maßnahmen) betrachtet.

Des Weiteren ist ein direkter Zusammenhang des Gesteins und der Bauphysik des Mauerwerks erkennbar. So weist das Mauerwerk aus Sandstein (und damit aus dem Gestein mit der niedrigsten Rohdichte und höchsten Porosität) zwar den besten Wärmeschutz auf, ist durch den hohen Wasseraufnahmekoeffizienten allerdings auch am stärksten saugend. Diese Korrelation besteht beim Schiefer und Kalkstein ebenfalls.

Auswirkung auf die Simulation

Da WUFI keine inhomogenen Bauteile darstellen kann, wurden Materialdateneinträge für das Mauerwerk erstellt, denen die Eigenschaften des Gesteins sowie ein bestehender Eintrag eines „feinen Kalkmörtels“ der TU Wien zugrunde liegen (Annahme: Fugenanteil des Bruchsteinmauerwerks von ~25%). Es konnten folgende Parameter auf Basis der Vormessungen angepasst werden:

- Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks
- Flüssigtransportkoeffizienten Saugen und Weiterverteilen generiert aus den Wasseraufnahmekoeffizienten des Gesteins und des Mörtels
- Wasseraufnahmekoeffizient der Fassade

Insbesondere die Betrachtung der Außenseite hat sich im Rahmen der Simulation als besonders sensitiv herausgestellt. So konnten ökonomische Dämmmaßnahmen entwickelt werden, welche teils nur unter Berücksichtigung einiger Begleitmaßnahmen funktionieren. Während noch bei RG1 ein Dämmputz ohne Verbesserung des Witterungs-

schutzes nachgewiesen wurde und somit unnötige Mehrkosten vermieden werden konnten, bedarf es hingegen bei RG2 und RG3 bei der Anbringung diffusionsoffener, plattenförmiger Innendämmssysteme einer Senkung des Wasseraufnahmekoeffizienten. In der Praxis wurden deshalb ein zweiter Anstrich der ohnehin gegenwärtig sanierten Fassade (RG2) bzw. ein kompletter Neuanstrich mit einer hydrophob, aber diffusionsoffen wirkenden Fassadenfarbe (RG3) empfohlen, da der Effekt dieser Maßnahmen in der Simulation anhand modifizierter w_a -Werte bestätigt werden konnte [3].

Ausblick

Durch die Messung der Wärmedurchgangskoeffizienten und damit verbunden mit der Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks konnten die wirtschaftlich sinnvollsten Dämmstärken gewählt werden. Durch die Bestimmung der Wasseraufnahmekoeffizienten der Außenfassaden wurden zudem überflüssige Begleitmaßnahmen vermieden. Dies zeigt, dass gezielte Vormessungen dazu dienen, den Fachplaner so ökonomisch wie möglich arbeiten zu lassen.

Als ein weiterer, sinnvoller Schritt, die Bestandskonstruktion optimal zu erfassen und zu nutzen, hat sich im Rahmen dieser Arbeit die Ermittlung der petrophysikalischen Eigenschaften des Gesteins erwiesen. Die dabei erkannte Korrelation kann außerdem eine erste Vorbemessung einer Dämmmaßnahme erlauben. Kommt es im Rahmen von Bestandssanierungen häufiger zu Laboranalysen, werden Kataster wie die des Instituts für Steinkonservierung ständig erweitert, sodass zukünftig vermehrt auf regionaltypische Materialdaten zurückgegriffen werden kann.

Die Frage, ob der Leitfaden für Innendämmung [1], welcher sich tendenziell auf Sandsteinfassaden in Luxemburg bezieht, auch in der grenznahen Eifel und deren typischen Baumaterialien angewendet werden kann, konnte zudem durch die erfolgreiche Anwendung an drei Referenzgebäude bestätigt werden.

Literatur

- [1] Latz, Sebastian: Praxisleitfaden Innendämmung 2020, Université du Luxembourg und Administration des bâtiments publics, Luxemburg 2020
- [2] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege: Merkblatt 6-2 - Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2014
- [3] Fraunhofer-Institut für Bauphysik: „Willkommen bei WUFI“, 2002
URL: https://wufi.de/download/wufi_pro33_d_help.pdf
- [4] Hoos, T. et al.: Messtechnische Ermittlung der U -Werte von Altlaufassaden im Vergleich mit Typolgewerten, Bauphysik 37 (2015) H. 5, 273-276

Curriculum Vitae

Lukas Müller, B.Eng.

Ausbildung:

2016	Abitur am Staatlichen Eifel-Gymnasium Neuerburg
2016-2020	Hochschule Trier, Duales Studium Bachelor Bauingenieurwesen und Maurer
2020-2022	Hochschule Trier, Master Bauingenieurwesen

Beruflicher Werdegang:

2016-2020	Ausbildung zum Maurer im Rahmen des Dualen Studiums bei der Firma Müllerbau, D-Mettendorf
Ab 2020	Technischer Mitarbeiter bei der Firma Müller S.à.r.l., L-Bettel

Sebastian Latz, M.Eng.

Ausbildung:

2009	Abitur am Burg-Gymnasium Schorndorf
2010-2016	Studium der Versorgungstechnik / TGA und des Energiemanagements an der Hochschule Trier
10/2017	Promotion zum Thema: Möglichkeiten und Grenzen der Innendämmung bei der Sanierung öffentlicher Gebäude in Luxemburg

Beruflicher Werdegang:

10/2016-09/2017	Betriebsingenieur Gebäudetechnik bei Kuehne + Nagel S.à.r.l, L-Contern
Ab 10/2017	Wissenschaftlicher Mitarbeiter Fakultät für Naturwissenschaft, Technologie und Kommunikation, Université du Luxembourg