

U-Wert und Schimmelmessung – Potentiale und technische Realisierbarkeit bei der Sanierung von denkmalgeschützten Bauten

Lukas Durrer¹, Holger Hendrichs¹

¹ greenTEG AG, Technoparkstrasse 1, 8005 Zürich, Schweiz

Der nachfolgende Artikel ist im Springer Vieweg Verlag erschienen, im Buch „Denkmal und Energie 2019 - Energieeffizienz, Nachhaltigkeit und Nutzerkomfort“ Hrsg. Bernhard Weller und Leonie Scheuring

Im Rahmen dieser Fallstudien wurden U-Wert und aw-Wert Messungen an einem denkmalgeschützten Haus in der Schweiz durchgeführt. Ziel war es, die für eine Sanierung erforderliche Mindestdämmung zu bestimmen und den Keller des Hauses auf die Gefahr von Schimmelbildung zu untersuchen. Alle dafür erforderlichen Messungen wurden mit dem gO Mess-System von greenTEG und einer Wärmebildkamera gemacht.

Schlagwörter: U-Wert Messung, denkmalgeschützter Altbau, Sanierung, Schimmelgefahr, Feuchtemessung

1 Einleitung

Bei der Sanierung von denkmalgeschützten Altbauten gilt es einige Aspekte zu berücksichtigen. Darunter fällt beispielsweise die Gewährung von Fördermitteln, welche in der Schweiz kantonal geregelt ist und die Einhaltung einer Mindestdämmung vorsieht. Bei der Planung der Dämmung erschweren dann wiederum regulatorische Fragestellungen die Durchführung, weil die Fassade in vielen Fällen nicht verändert werden darf. Dies hat zur Folge, dass auf eine Innendämmung zurückgegriffen werden muss. Um eine Überdimensionierung und eine damit verbundene unnötig hohe Reduktion der Wohnfläche zu vermeiden, ist eine U-Wert Messung oftmals der einzig zielführende Weg, weil diese eine genaue Bestimmung des U-Wertes ermöglicht. Weiter sollte die Problematik von zu hoher Feuchtigkeit und das damit verbundene Risiko von Schimmelbildung gerade bei älteren Gebäuden gut analysiert werden. Die Gründe dafür können vielseitig sein und sowohl mit mangelnder Isolation (bspw. aufgrund von Wärmebrücken) als auch mit Wasser-/Feuchtigkeitseintritt durch Gebäudeelemente zusammenhängen.

Im vorliegenden Fall handelt es sich um ein Herrenhaus aus dem 16. Jahrhundert in Schwyz (Schweiz), welches vom Besitzer eigenhändig restauriert wird, um die Räumlichkeiten in Zukunft für Veranstaltungen vermieten zu können (<https://www.immenfeld.com/>). Dabei kamen die folgenden Fragestellungen auf:

- Könnte man die vorgeschlagene Dämmdicke von 16 cm Schafwolle (Empfehlung des Experten) an der Innenwand vermindern (reduzierte Innendämmung).
- Darf der Keller als Lager für Möbel etc. verwendet werden, ohne dass die Gefahr von Schimmelbildung besteht?

Für eine genaue quantitative Beurteilung der Lage, wurden am Gebäude mehrere Messungen mit dem gO Mess-System von greenTEG gemacht. Zum einen wurde der U-Wert einer Wand vor der Sanierung und an einer Wand nach dessen Sanierung durchgeführt. Um die Kellerräumlichkeiten auf Schimmelbildung zu analysieren, wurde die Luftfeuchtigkeit und die Entwicklung des Taupunktes auf der Wand (aw-Wert) über einen längeren Zeitraum erfasst.

2 Objektbeschreibung



Bild 2-1: Luftaufnahme des Anwesens aus dem 16. Jh. mit dem Herrenhaus in der Mitte.

Das Objekt an dem die Messungen stattfanden, ist ein Herrenhaus (ersichtlich in Abbildung 2-1) welches im Jahre 1580 erbaut wurde und ein typischer Riegelbau ist. Erste An- und Umbauten fanden im Jahre 1671 statt, worunter die Konstruktion eines Erkers, der Bau des Dachgiebels und die Errichtung einer Hofmauer fielen. 1687 wurde dann zusätzlich noch eine Kapelle auf dem Anwesen errichtet und 1710 ein Festsaal im Gebäude erbaut. Nach diversen Besitzerwechseln ist das Anwesen nun seit 1947 im Besitz der Familie Weber. Gut 300 Jahre nach den letzten Umbauten renovierte Thomas Weber 2017 das komplette Anwesen. Die Renovation beinhaltet eine Vielzahl von Arbeiten wie die

Sanierung von Fassade, Dach oder der Hofmauer, aber auch die Instandsetzung von Böden oder der Kapelle. In dieser kurzen Fallstudie liegt der Fokus auf der Sanierung der Fassade, wofür die Wärmedämmung der Wand dimensioniert werden musste und der Beurteilung der Feuchtigkeitslage (d.h. Potential für Schimmelbildung) in den Kellerräumlichkeiten.

3 Messgerät und Messaufbau

Das gO Mess-System ist ein kabelloses Mess-System, welches von der Schweizer Firma greenTEG entwickelt wurde. Es besteht aus einer Basisstation, welche die Messdaten von bis zu 16 Messknoten via LoRa (868MHz Signal, speziell geeignet für den Gebäudebereich) empfängt. Diese werden über das Mobilfunknetz(2G/3G) in die Cloud (Microsoft Azure Hosting) gesendet. Von dort lassen sich alle Daten bequem überwachen und auswerten. Dabei bietet insbesondere die Multikanal Möglichkeit den Vorteil, dass mehrere Messungen mit nur einem System parallel durchgeführt werden können. Dies vereinfacht die Installation der Messgeräte und die Auswertung aller Messdaten. Für das System werden drei verschiedene Messknotentypen angeboten. Je nach Typ kann so Umgebungstemperatur, Wandtemperatur, Luftfeuchtigkeit und/oder Wärmefluss gemessen werden. Die genauen Spezifikationen der verschiedenen Messknoten sind in Tabelle 3-1 ersichtlich. Je nach Kombination der Messknoten kann aus den Messdaten der U-Wert (nach ISO 9869) und der aw-Wert errechnet werden. Mehr Informationen zum gO Mess-System sind verfügbar unter: https://www.greenteg.com/gO_20Mess-System/.




Messknoten Typ 1	Messknoten Typ 2	Messknoten Typ 3
		
Messung von: - Wärmefluss - Oberflächentemperatur - Umgebungstemperatur	Messung von: - Oberflächentemperatur - Umgebungstemperatur	Messung von: - Umgebungstemperatur - rel. Luftfeuchtigkeit

Tabelle 3-1: Übersicht über die verschiedenen Messknoten vom gO Mess-System

Wie bereits zuvor beschrieben, wurden am Gebäude die U-Werte an einer gedämmten und einer nicht gedämmten Wand, als auch Feuchtigkeit und Taupunkt im Keller gemessen. Für die U-Wert Messungen wurde je ein Messknoten vom Typ 1 innen an der Wand

angebracht, um Wärmefluss und Innentemperatur zu erfassen. Weiter wurde ein Messknoten vom Typ 2 aussen installiert, der die Aussentemperatur (Oberfläche/Aussenluft) über die Messperiode erfasste. Alle drei Messknoten sind in Abbildung 3-1 ersichtlich.



Abbildung 3-1: Messknoten vom Typ 1 an der ungedämmten Wand (links), Messknoten vom Typ 1 an der gedämmten Wand (mitte) und Messknoten vom Typ 2 aussen (rechts)

Im Keller wurde die relative Luftfeuchtigkeit und der aw-Wert in zwei unterschiedlichen Räumlichkeiten gemessen. Dafür wurde jeweils ein Messknoten vom Typ 3 für die Messung der relativen Luftfeuchtigkeit in der Mitte des Raumes und ein Messknoten vom Typ 2 zur Messung der Oberflächentemperatur an einer kritischen Stelle an der Wand installiert. Die vier Messknoten sind in Abbildung 3-2 ersichtlich.





Abbildung 3-2: Messknoten vom Typ 3 zur Messung der relativen Luftfeuchte (links oben/unten) und Messknoten vom Typ 2 zur Messung der Wandtemperatur (rechts oben/unten)

4 Messresultate

4.1 U-Wert Messungen

Vorbereitend für die U-Wert Messungen wurden die zu vermessenden Wände mit einer Wärmebildkamera analysiert, um sicherzustellen, dass der U-Wert an einem möglichst repräsentativen, homogenen Wandabschnitt gemessen wird.

Die U-Wert Messung an der nicht isolierten Wand fanden zwischen dem 10.02.2018 und 13.02.2018 statt. Die Messergebnisse sind in Abbildung 4-1 ersichtlich. Die meteorolo-

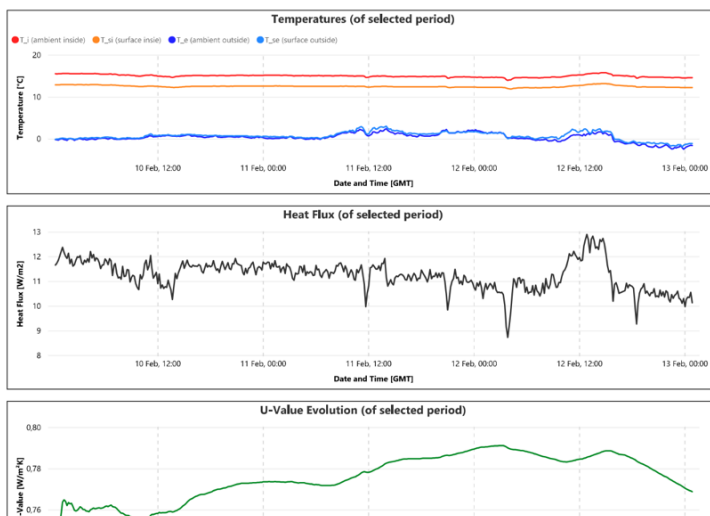


Abbildung 4-1: U-Wert Messdaten der ungedämmten Wand

gischen Bedingungen waren während der Messperiode sehr konstant und mit einer konstanten Temperaturdifferenz von ca. 20°C ideal für eine U-Wert Messung. Der gemessene U-Wert liegt bei $0.77 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, was besser als erwartet war.

Um die kantonalen Vorgaben für den Erhalt der Fördermittel zu erreichen, dürfen sanierte Wände einen maximalen U-Wert (U_{max}) von $0.3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ aufweisen. Als Dämmmaterial wurde Schafwolle gewählt, welche einen λ -Wert von $0.04 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ hat ($\lambda_{Schafwolle}$). Daraus lässt sich die erforderliche Dämmstärke ($d_{Schafwolle}$) wie folgt berechnen:

$$U_{max} = \frac{1}{\frac{1}{U_{Wand}} + \frac{d_{Schafwolle}}{\lambda_{Schafwolle}}}$$

$$d_{Schafwolle} = \left(\frac{1}{U_{max}} - \frac{1}{U_{Wand}} \right) \cdot \lambda_{Schafwolle} = \left(\frac{1}{0.3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}} - \frac{1}{0.77 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}} \right) \cdot 0.04 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} = 0.08 \text{ m}$$

Die geforderte Dämmstärke liegt für diese Wand also bei 8 cm , was deutlich unter den vom Experten empfohlenen 16 cm liegt.

Die Messungen an der Wand welche bei der laufenden Sanierung bereits mit rund 16 cm Schafwolle gedämmt wurde, fanden gleichzeitig statt wie die Messungen an der noch nicht gedämmten Wand. Es herrschten also die gleichen – idealen – Messbedingungen. Die Messresultate sind in Abbildung 4-2 ersichtlich. Der gemessene U-Wert lag bei $0.078 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Er liegt somit deutlich unter dem berechneten U-Wert, der bei Verwendung der oben verwendeten Formel bei $0.19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ liegen müsste. Der wahrscheinlichste Grund dafür ist, dass die ursprünglich ungedämmte Wand nicht den identischen Aufbau/Dicke hat, wie die zuvor gemessene ungedämmte Wand, wodurch s

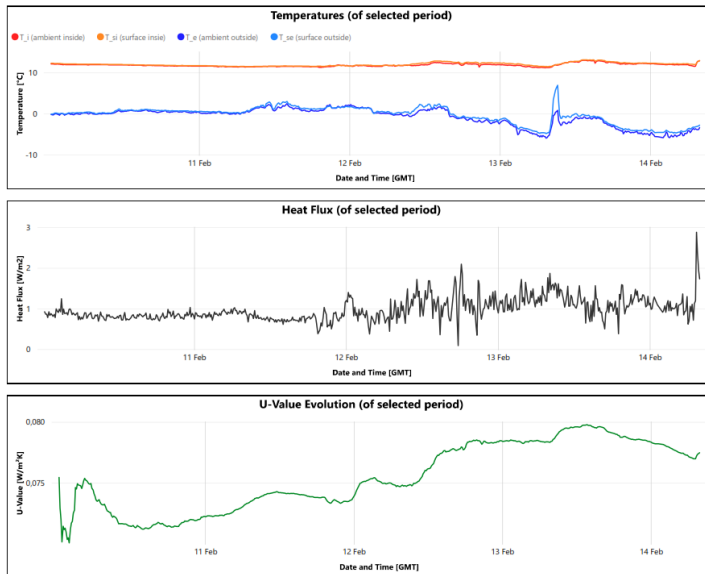


Abbildung 4-2: U-Wert Messungen der gedämmten Wand

4.2 Feuchtigkeit und aw-Wert Messungen

Um die Kellerräumlichkeiten auf das Risiko von Schimmelbildung zu prüfen, fanden in zwei verschiedenen Kellerräumen Feuchtigkeit und aw-Wert Messungen statt. Beide Messungen wurden zwischen dem 08.02.2018 und 14.02.2018 vorgenommen.



Abbildung 4-3: Messdaten von Kellerraum 1

Die Messdaten von Kellerraum 1 (vgl. Abbildung 3-2 oben) können Abbildung 4-3 entnommen werden. Die relative Luftfeuchte lag über den gemessenen Zeitraum konstant bei ca. 65%. Die Raumtemperatur lag bei ca. 7.5 °C und die Wandtemperatur bei ca. 6.5°C. Der daraus errechnete aw-Wert lag durchschnittlich bei ca. 0.7 und somit knapp unter der kritischen Grenze von 0.8.

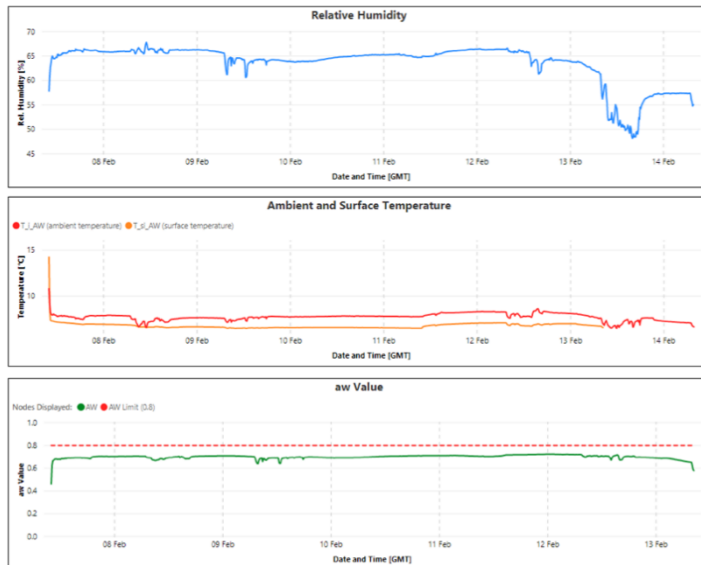


Abbildung 4-4: Messdaten von Kellerraum 2

Die Messungen in Kellerraum 2 (vgl. Abbildung 3-2 unten) sind in Abbildung 4-4 ersichtlich. Es zeigte sich in etwa die gleiche Tendenz wie in Kellerraum 1. Die Luftfeuchtigkeit lag bei ca. 65%, die Raumtemperatur bei ca. 7 °C und die Wandtemperatur bei ca. 6.5°C. Der errechnete aw-Wert war schwankte ebenfalls um die 0.7.

Da in beiden Räumen die aw-Werte nur knapp unter der kritischen Grenze liegen, kann man grundsätzlich sagen, dass die Gefahr von Schimmelbildung besteht. Da in Altbauten die Gefahr von Schimmelbildung im Sommer tendenziell noch höher sein kann, sollten die Messungen im Sommer wiederholt werden. Zudem ist es aufgrund der Messresultate ebenfalls sinnvoll, die Luftfeuchtigkeit in den Räumen regelmässig zu überprüfen und gegebenenfalls einen Luftentfeuchter einzusetzen.

5 Schlussfolgerungen

Im Rahmen dieser Fallstudie wurden U-Wert und aw-Wert (/Feuchtigkeit) Messungen an einem über 400 Jahre alten Gebäude durchgeführt. Ziel war es, die erforderliche Dämmung zu dimensionieren und die Kellerräumlichkeiten auf die Gefahr von Schimmelbildung zu untersuchen. Die Verwendung des gO Mess-System ermöglichte dabei eine genaue quantitative Beurteilung der Lage.

In der Fallstudie konnte gezeigt werden, wie schwierig es ist, die Isolationswirkung von Mauerwerk in alten Gebäuden einzuschätzen. Dies führte im vorliegenden Fall zu einer Überdimensionierung der Dämmung. Gerade bei denkmalgeschützten Bauten, wo in der Regel eine Innenisolation verwendet wird, führt dies neben hohen Kosten zu einer unnötig hohen Reduktion der Wohnfläche, welche bei einer genaueren Dimensionierung hätte vermieden werden können. Zudem zeigten die Messungen ebenfalls, dass die Wandaufbauten nicht immer homogen sein müssen. Daher werden idealerweise zuerst die verschiedenen Wände mittels thermografischer Aufnahmen miteinander verglichen. Danach kann bestimmt werden, von welchen Wänden der U-Wert zur Sanierungsplanung gemessen werden muss.

Die im Keller durchgeführten aw-Wert Messungen waren hilfreich, um eine Aussage über die Gefahr von Schimmelbildung treffen zu können und somit dessen Eignung als Lager-/Archivraum zu beurteilen. Die Luftfeuchtigkeit war zwar nicht übermässig hoch, doch durch die eher tiefen Temperaturen besteht dennoch ein gewisses Risiko von Schimmelbildung, weshalb es ratsam wäre, die Luftfeuchtigkeit in den Räumen regelmässig zu überprüfen und einen Luftentfeuchter einzusetzen.