

Veröffentlichung Februar 2019

In dieser Fallstudie werden die Herausforderungen und die korrekte Durchführung einer U-Wert-Messung auf einem Dach beschrieben. Schwierigkeiten bei der Messung eines sehr niedrigen U-Wertes und die entsprechenden Methoden zur Beurteilung der Messqualität werden ebenfalls diskutiert. Eine mögliche Lösung in Form eines U-Wert Berechnungsalgorithmus wird vorgeschlagen, um die ISO 9869 Konformität schneller zu erreichen.

U-Wert-Messungen in einem Hallenbad

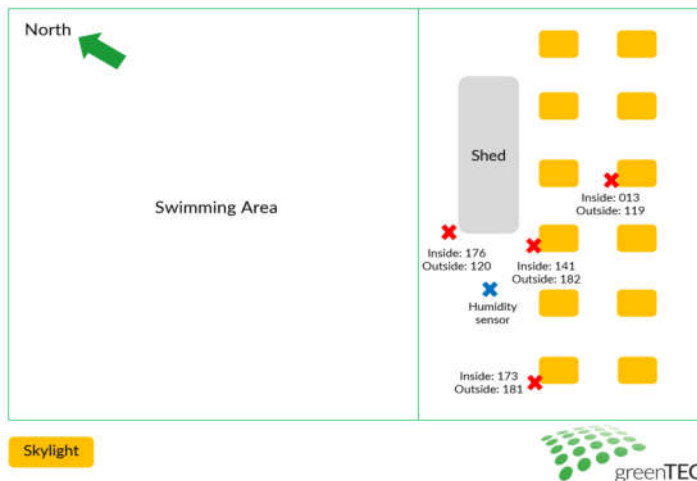
In Oberwil, Schweiz, stand die Renovierung einer Hallenbadanlage an. Vor der Renovierung wurde BERPLAN, ein Bauberatungsunternehmen, beauftragt, die Dämmeigenschaften der thermischen Gebäudehülle vor der Sanierung zu ermitteln. Mit dem gO-Messsystem von greenTEG wurde eine quantitative in-situ-Bewertung des Gebäudedaches durchgeführt.



Abbildung 1 Hallenbad (links) und Oberlichter auf dem Gebäudedach (rechts)

Messaufbau

Wie auf Abbildung 1 ersichtlich, befinden sich im Dach des Gebäudes Oberlichter. Mit Hilfe der Infrarot-Wärmebildtechnik konnte leicht festgestellt werden, dass diese Oberlichter aufgrund ihrer schlechten Isolierung eine große Quelle für Wärmeverluste darstellen. Darüber hinaus ergab eine Inspektion der Befestigungselemente der Dachfenster, dass diese auf Grund von Undichtigkeit ebenfalls thermische Verluste verursachen. Die U-Werte dieser Oberlichter wurden jedoch nicht ermittelt, da sie nur eine kleine Fläche des gesamten Daches ausmachen. Stattdessen wurden die U-Wert-Messungen an der Standard-Dachkonstruktion durchgeführt, nicht aber über dem Schwimmbereich, weil die Decke dort nicht zugänglich war. Die Standorte und Seriennummernpaare der einzelnen Knoten sind in Abbildung 2 dargestellt.



Paarnummer	Innen- Außenseite S/Ns
1	176-120
2	141-182
3	173-181
4	013-119

Tabelle 1 Seriennummern und Paarungen von Messknoten

Abbildung 2 Grobplan des Gebäudedachplans (nicht maßstabsgetreu), Lage der Sensoren und Paarung der Sensor-Seriennummern. Der Feuchtesensor wurde im Innenbereich platziert.

Eine weitere große Herausforderung bei der Durchführung von U-Wert-Messungen auf dem Dach war die Exposition gegenüber der Sonneneinstrahlung. Unter Ausnutzung des geringen Sonnenwinkels im Winter wurden die Sensoren an der Schattenseite jedes Oberlichts platziert, um die Auswirkungen der Sonneneinstrahlung auf die Außentempersensoren zu minimieren, wie in Abbildung 3 zu sehen ist.



Abbildung 3 Knoten, die auf der nordwärts gerichteten Seite des Oberlichts platziert sind, um eine direkte Sonnenbestrahlung zu vermeiden.

Da die Messungen auf einer ebenen Fläche durchgeführt wurden und die Wettervorhersagen für zwei aufeinander folgende Tage nach dem Messstart starke Schneefälle voraussagten, gab es einige Bedenken bezüglich des Wassereintritts in die gOMS-Elektronik. (Das gOMS ist wetterfest und spritzwassergeschützt nach IP44, jedoch nicht für den Einsatz unter Wasser oder bei längerer Wassereinwirkung ausgelegt.) Eine einfache, aber effektive Lösung wurde gefunden: Jeder Messknoten wurde in einen Plastikbeutel gelegt, aber nicht vollständig versiegelt, um die Knotenkabel und Sensoren aus dem Plastikbeutel herauszulassen. Dies ist in Abbildung 4 zu sehen.



Abbildung 4 Schutz der Knoten vor Wassereintritt mit Plastiktüten und Entfernung von Kies, bis eine ebene und saubere Oberfläche erreicht ist.

Eine weitere Herausforderung bei der Messinstallation war das Vorhandensein von losem Kies auf dem Dach, der die direkte Montage von Oberflächentempersensoren im Freien erschwert. An der Messstelle wurde der Kies entfernt und die Oberfläche gereinigt, bevor die Sensoren darauf montiert wurden. Es ist zu beachten, dass diese Schritte zur Montage des Außenflächentempersensors überflüssig sind, wenn keine R-Wert-Messungen erforderlich sind. (U-Wert-Messungen erfordern nur Wärmestrom- und Umgebungstemperatur-Messungen, nicht die Oberflächentemperatur).

Zusätzlich wurde ein Feuchtesensor in der Mitte des Empfangs-/Bürobereichs als Test-/Demonstrationsmessung platziert. Es waren keine Feuchtigkeits- oder Schimmelprobleme im Gebäude bekannt.

Ergebnisse und Analysen

Die Messergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Mit dem Cloud-basierten U-Wert Datenrechner von greenTEG konnten die U-Werte der einzelnen Messpunkte schnell und einfach abgerufen und in Echtzeit beobachtet werden. Ein Screenshot der U-Wert Ergebnisse ist in Abbildung 5 dargestellt. Die Materialzusammensetzung von Dach und Decke war nicht bekannt, daher ist kein theoretischer Vergleich gemacht worden. Allerdings weisen alle Stichprobenpunkte eine relativ gute Übereinstimmung eines sehr niedrigen U-Wertes ($\sim 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$) auf, was darauf hindeutet, dass die leitfähige Wärmedämmqualität des Daches unerwartet gut ist. Ein so niedriger U-Wert stellt die anspruchsvollen Grenzen der Messung niedriger Wärmeflusswerte dar und ist ein erfolgreicher Beweis für die hohe Empfindlichkeit und Leistungsfähigkeit der in das gO-Messsystem integrierten Wärmefluss-Sensoren von greenTEG. (Die meisten U-Wert-Messungen bei zu sanierenden Gebäuden reichen von $0,5 - 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, eine Größenordnung Differenz zu den Messungen hier).

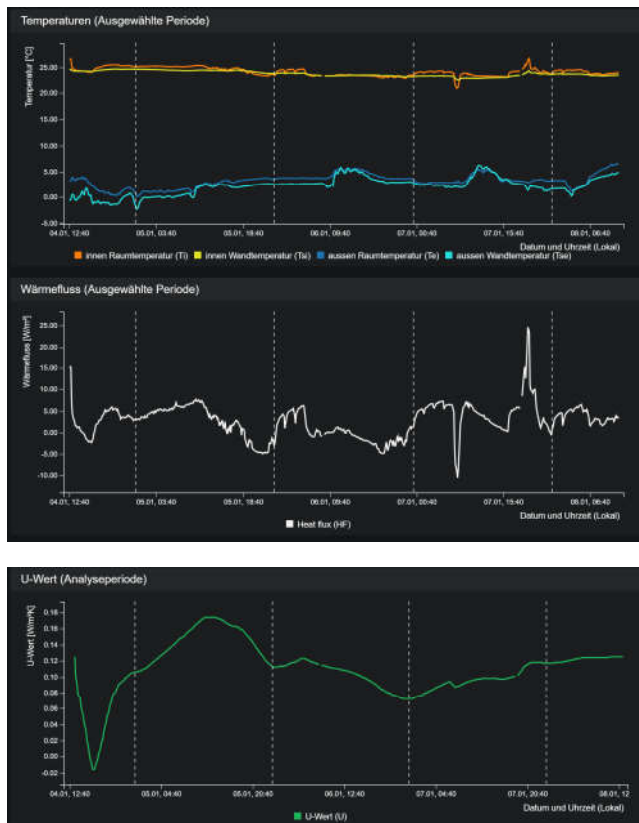


Abbildung 5 Screenshot des Cloud-basierten U-Wert Rechners, der die Ergebnisse in Echtzeit anzeigt.

Paarnummer	U-Wert (W/(m ² K))	Absoluter Fehler zum Durchschnitt (W/(m ² K))
1	0.054	-0.021
2	0.036	-0.039
3	0.125	0.050
4	0.083	0.008
Durchschnitt	0.075	0.030

Tabelle 2 Messergebnisse

Aufgrund der begrenzten Messzeit konnte die Messung nicht so lange durchgeführt werden, bis die prozentualen statistischen ISO 9869-Bedingungen erfüllt waren (z.B. der letzte U-Wert unterscheidet sich von dem vor 24 Stunden gemessenen U-Wert um <5%). Es wird erwartet, dass die Erreichung dieser Bedingungen mindestens einige zusätzliche Tage Messzeit erfordern würde.

Der Trend der U-Wert-Messungen war jedoch recht eindeutig und deutet damit auf ein qualitatives Vertrauen in die Ergebnisse hin. Zusätzlich zeigt eine grundlegende statistische Analyse der Messergebnisse, dass der maximale absolute Fehler aller Datenpunkte zum mittleren U-Wert von 0,075 W/(m² K) nur 0,051 W/(m² K) betrug.

Schlussfolgerungen

U-Wert-Messungen, die auf Dächern durchzuführen sind, stellen aufgrund von Sonnen-, Regen- und Schneebelastung anspruchsvolle Messbedingungen dar. Es können jedoch bestimmte Vorkehrungen und Schritte getroffen werden, um die Wärmefluss-Sensoren und -Knoten vor diesen Elementen abzuschirmen, um die Gültigkeit und Qualität der U-Wert-Messungen sicherzustellen. Darüber hinaus ist die Montage des Oberflächentempersensors auf einem Bauteil der Gebäudehülle ohne feste Oberfläche zur

Messung von R-Werten schwierig. Zuerst muss das lose Material entfernt und die darunterliegende Oberfläche gereinigt werden, bevor die Messung durchgeführt werden kann.

Für sehr niedrige gemessene U-Werte ($\sim 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$) ist das Erreichen der ISO-9869-Konformitätsbedingungen mit der laufenden Durchschnittsberechnungsmethode innerhalb einer Woche äußerst schwierig, so dass eine qualitative Bewertung und eine grundlegende fehlerbasierte Analyse eine praktische sowie effektive Methode zur Beurteilung der U-Wert Messqualität darstellen.

Für die Zukunft testet greenTEG derzeit einen nach ISO 9869 zugelassenen U-Wert Berechnungsalgorithmus, die so genannte dynamische Methode, der die Messzeit verkürzen und die Zuverlässigkeit der Messergebnisse verbessern könnte. Es wird davon ausgegangen, dass die Implementierung einer solchen Methode zu einer schnelleren ISO-Konformität bei Messsituationen wie der oben beschriebenen führen würde.