

U-Wert Verifikationsmessungen mit dem gSKIN® U-Value KIT von greenTEG an einem Minergie-zertifiziertem Neubau

Dr. Lukas Durrer, ETH Zürich, D-MAVT, Institut für Micro und Nanosysteme,
Tannenstrasse 3, 8092 Zürich, lukas.durrer@micro.mavt.ethz.ch

Einleitung

Mit dieser Studie soll verifiziert werden, ob es möglich ist, mit dem gSKIN® U-Value KIT von greenTEG U-Werte von Gebäudehüllenaufbauten mit heutigem Minergie-Standard genau zu messen.

Beim Studienobjekt handelt es sich um ein Einfamilienhaus (siehe Abbildung 1). Es wurde Ende Juni 2014 fertiggestellt und hat das Minergie Zertifikat, basierend auf den Energieberechnungen der Firma Otmar Spescha AG (Schwyz), bereits im Oktober 2013 erhalten.



Abbildung 1: Wärmeflussmessungen zur U-Wert Bestimmung wurden an einem Einfamilienhaus (Minergieholzhaus) in Rickenbach SZ durchgeführt, das am 1.7.2014 fertiggestellt wurde (links Südfassade, rechts Nordfassade).

Objektbeschreibung

Beim Objekt handelt es sich um ein Holzmodulbau. Der Wandaufbau basiert auf einer Dreischichtplatte (3-Schichtplatte) mit Innenwand, Flumroc (WD Flumroc Solo) als Isolationsmaterial und einer DHF Platte als Aussenwand. Die Statik wird über eine Zwischenverstrebung aus Holz (Ständerbau) sichergestellt. Abbildung 2 zeigt den berechneten U-Wert für die Aussenwand inklusive der Zwischenverstrebung aus Holz.

27 Aussenwand 2 EG zu Aussenluft						Summe Breite	
Bauteil Nr. Bauteil-Bezeichnung						Dicke [mm]	
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]							
innen R _{si} : 0.13							
außen R _{se} : 0.13							
Teilfläche 1	λ [W/(mK)]	Teilfläche 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Teilfläche 3 (optional)	λ [W/(mK)]		
1.	3-Schichtplatte	0.130				27	
2.	WD Flumroc Solo	0.036	zwischen Holzkonstruktion	0.130		280	
3.	DHF Platte	0.100				16	
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
Flächenanteil Teilfläche 2							
9.6%							
Flächenanteil Teilfläche 3							
Summe						32.3 cm	
U-Wert:						0.144 W/(m²K)	

Abbildung 2: Dämmwerte bzw. U-Wert von der zu messenden Wand; Auszug aus der Minergie Dokumentation der Otmar Spescha AG.

Die **U-Wert** Berechnung wurde von Energieingenieuren der Firma Otmar Spescha AG mit **0.144 W/(m²K)** protokolliert. Der **U-Wert** der gleichen Wand, jedoch **ohne Zwischenverstrebung**, kann einfach berechnet werden, und beträgt **0.118 W/(m²K)**. Die nachfolgende Formel zeigt die Berechnung für den U-Wert ohne Zwischenverstrebung:

$$U_{\text{ohneZwischenverstrebung}} = \frac{1}{R_{el} + \left(\frac{\lambda_{\text{3Schichtplatte}}}{d_{\text{3Schichtplatte}}}\right)^{-1} + \left(\frac{\lambda_{\text{Flumroc}}}{d_{\text{Flumroc}}}\right)^{-1} + \left(\frac{\lambda_{\text{DHF}}}{d_{\text{DHF}}}\right)^{-1} + R_{se}}$$

Versuchs- bzw. Messaufbaubeschreibung

Es wurde sowohl die Nord- als auch die Südwand gemessen. Der Wärmeflussensor wurde an der Innenseite der Wandmitte mit normalem Klebeband befestigt. Der Temperatursensor auf der Innenseite wurde in der Nähe des Wärmeflussensors befestigt. Der äussere Temperatursensor wurde auf der Aussenseite an einer von der Sonneneinstrahlung geschützten Stelle angebracht (siehe Abbildung 3).



Abbildung 3: Befestigung des Wärmeflussensors und Innentemperatursensor (links), Befestigung vom Aussentemperatursensor (rechts).

Es wurden mehrere Messungen durchgeführt. Die Südwand-Messung wurde im November 2014 über einen Zeitraum von 166 Stunden gemacht. In dieser Messung wurde darauf geachtet, dass keine schnelle Veränderungen der Raumtemperatur auftreten kann (Fenster durchgehend geschlossen, Heizung mit konstanter Leistung, meist bewölktetes Wetter).

Es wurden zwei weitere Messungen an der Nordwand bereits während der Bauphase im Mai 2014 durchgeführt. Dabei wurde die Heizperiode zum Trocknen des Anhydrid-Bodens ausgenutzt. Die erste der beiden Messungen wurde unter idealen Bedingungen mit nur geringen Innen- und Aussentemperaturschwankungen gemacht. Dies wurde durch die Benutzung von Secomaten für die Feuchteabführung ermöglicht. Während der zweiten Messung wurden die Räume tagsüber gelüftet, was zu massiven Schwankungen der Innentemperatur führte.

Resultate der Südwand-Messung

Resultate der Südwand-Messung sind in Abbildung 4 wiedergegeben. Der U-Wert beträgt $0.14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und hat eine Standardabweichung von 2.8%. Sie entspricht somit der ISO 9869 Norm. Am ersten Tag der Messung war die Sonneneinstrahlung stark, was dazu führte, dass die Innentemperatur (rote Linie) schnell von 22°C auf 25°C anstieg. Dieser Anstieg hatte zur Folge, dass durch das thermische Aufladen der Wand (Wärmekapazität der Wand), der Wärmefluss (blaue Linie) stark zunahm. Gleichzeitig nahm durch die Sonneneinstrahlung die Aussentemperatur (gelbe Linie) um fast 10°C zu. Diese sich überlagernde Effekte führten dazu, dass der „Moving Average“ des U-Werts (grüne Linie) ebenfalls stark anstieg. In der Nacht und an dem darauffolgenden Nebel-Tag war dann der Wärmefluss dementsprechend geringer, was mit einer thermischen Entladung der Wand (Kapazität) begründet werden kann. Dies führte dazu, dass der U-Wert bis auf $0.1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ absank. Im Laufe der darauffolgenden Tage mit nur geringer Sonneneinstrahlung stieg der U-Wert auf den im Bereich der Erwartung liegenden Wert von $0.14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ an.

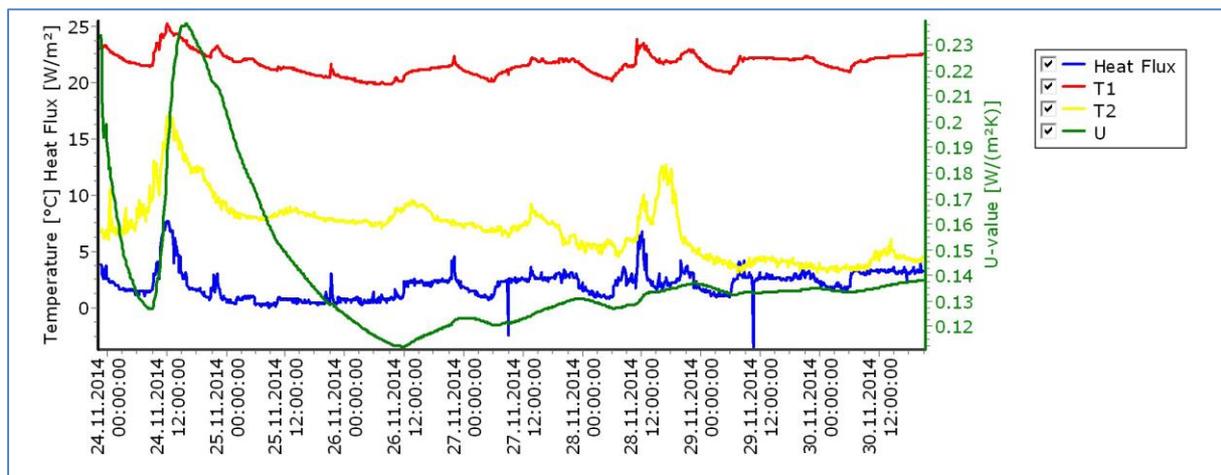


Abbildung 4: Resultate der Südwand U-Wert Messung gemäss ISO 9869 (Reportwiedergabe auf Basis greenTEG Software v.0.1.07 (2014))

Resultate weiterer Messungen

Resultate weiterer Messungen an der Nordfassade sind in der Tabelle 1 dargestellt und mit den berechneten Werten verglichen.

Messobjekt	Bedingungen	U-Wert gemessen	U-Wert spezifiziert	Standardabweichung von der ISO-Norm erfüllend
Nordfassade	Geringe Innen- und Aussentemperatur-schwankungen	$0.12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$0.12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Ja
Nordfassade	Starkes Lüften der Räume führte zu starken Innentemperatur-schwankungen	$0.95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$0.12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Nein

Tabelle1: Resultate von weiteren U-Wert Messungen an der Nordfassade im Vergleich mit den Angaben des Energie-Ingenieurs bzw. des Herstellers der Bauteile (Berechnung ohne Verstrebung)

Schlussfolgerung

Diese repräsentative Vergleichsmessung führt zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Wenn die Messung richtig gemacht wird (gemäss ISO 9869), ist es möglich, hoch gedämmte Wandaufbauten (Minergie-Standard) sehr genau in-situ zu messen.
- Die dem ISO 9869 entsprechende Messungen stimmen sehr gut mit dem vom Energieingenieur errechneten U-Wert überein (basierend auf Bauteilkatalog Vorgaben).
- Um aussagekräftige Messdaten zu erhalten ist es wichtig, die Innentemperatur möglichst konstant zu halten. Dies war nicht der Fall bei der zweiten Nordfassaden-Messung, so dass die gemessenen Werte im Vergleich zur ersten Messung auch nicht ISO konform waren.
- Aussagekräftige Messungen können selbst in Sommermonaten (Mai/Juni, vergleiche Messungen an der Südfassade) durchgeführt werden, wenn der Messaufbau den ISO Vorgaben folgt.