

## Fallstudie:

### U-Wert-Messung eines Fensters mit dem gO Mess-System

Jedes Bauelement hat einen spezifischen U-Wert, auch Wärmedurchgangskoeffizient genannt, der die Isolationseigenschaften beschreibt: Umso tiefer der U-Wert, desto besser die Isolation. Der U-Wert kann mit greenTEGs gO Mess-System (gOMS) präzise durch die Wärmeflussmethode<sup>1</sup> bestimmt werden.

In dieser Fallstudie werden die Fenster eines Reihenhauses von 1930 charakterisiert. Die Fenster sind doppelt verglast und wurden 2009 eingebaut. Das Ziel dieser Fallstudie ist es, zu zeigen, wie U-Werte von Fenstern mit dem gO Mess-System von greenTEG gemessen werden können.

#### 1. Messung

Unter der Annahme, dass alle Fenster die gleichen Eigenschaften und damit den gleichen U-Wert haben, wurde die Messung an einem nach Nordosten ausgerichteten Fenster durchgeführt. Das gOMS wurde, wie im Handbuch beschrieben und auf den Fotos dokumentiert, am Fenster montiert. Die Messung wurde am 18. Mai 2019 gestartet. Die Live-Ergebnisse wurden regelmäßig über den Cloud-Zugriff überprüft. Da der gemessene U-Wert der dritten Nacht um 28% vom Wert der beiden vorhergehenden Nächte abwich, wurde die Messung verlängert und am 24. Mai 2019 beendet.

#### Schlüsselinformationen

Gemessenes Element:  
Doppelglasfenster, 2009.

Datum und Ort:  
Mai 2019, Zürich, CH.

Methode:  
Wärmeflussmethode.  
Fortlaufende Messung über 5 Tage mit anschließender Analyse mithilfe der Cloud und EXCEL.

System:  
gO Mess-System.

Gemessener U-Wert:  
0.87 W/m<sup>2</sup>K.



Fig. 1: Fenster mit Messknoten Typ 1 (rechts) und Messknoten Typ 2 (links). Sicht aus dem Inneren des Gebäudes.



Fig. 2: Fensterscheibe mit Sensoren auf beiden Oberflächen.



Fig. 3: Reihenhause aus den 1930er-Jahren.

<sup>1</sup> ISO 9869-1, Thermal insulation - Building elements - In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance; Part 1: Heat flow meter method. 2014, ISO, Switzerland.

## 2. Auswertung der Daten

Die Rohdaten (Lufttemperatur, Oberflächentemperatur, Wärmefluss) werden in den folgenden Graphen gezeigt:

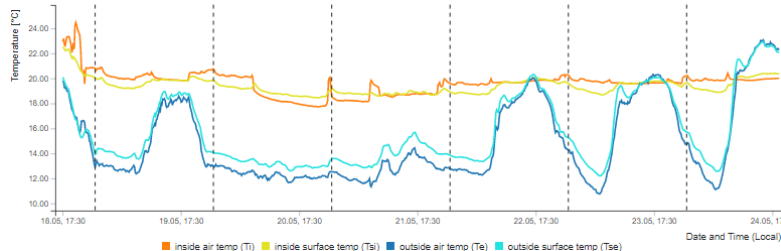


Fig. 4: Gemessene Oberflächen- und Lufttemperaturen

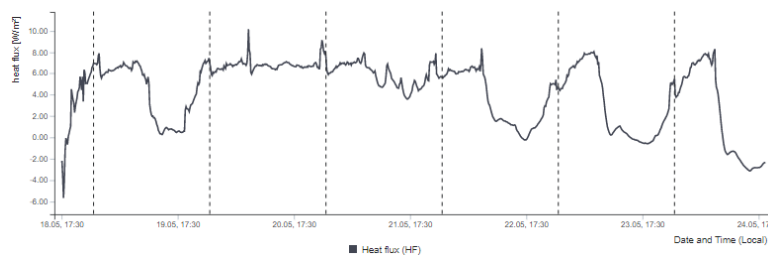


Fig. 5: Gemessener Wärmefluss

Da Sonneneinstrahlung den gemessenen Wärmefluss beeinflusst, können nur Messdaten aus der Nacht zur Analyse herangezogen werden. Während des Messzeitraums dauerten die Nächte in Zürich (Schweiz) von 21h05 (Sonnenuntergang) bis 5h40 (Sonnenaufgang). Zusätzlich wird eine minimale Temperaturdifferenz (innen – aussen) von 5°C empfohlen, um genaue Ergebnisse zu erzielen. Daher wurden nur Messdaten aus Zeiträumen, die diese Kriterien erfüllen, zur Analyse herangezogen.

Es gibt zwei Methoden, um die Daten nur für ausgewählte Zeiträume zu analysieren. Die erste nutzt ausschließlich die Cloud, die zweite nutzt EXCEL. Beide Methoden sind im Anhang beschrieben und führen zu den gleichen Ergebnissen:

	Nacht 1	Nacht 2	Nacht 3	Nacht 4	Nacht 5	Nacht 6	Durchschnitt
<b>Datum</b>	18.05.	19.05.	20.05.	21.05.	22.05.	23.05.	
<b>Zeit</b>	22:10 – 5:30	21:30 – 5:30	21:30 – 5:30	21:30 – 5:30	22:50 – 5:30	23:30 – 5:30	
<b>U [W/m²K]</b>	<b>0.88</b>	<b>0.88</b>	<b>(1.13)</b>	<b>0.90</b>	<b>0.84</b>	<b>0.84</b>	<b>0.87</b>
<b>+/- %*</b>	1.8%	0.9%		3.6%	-3.4%	-3.4%	

Tabelle 1: Gemessener U-Wert pro Nacht (\*prozentuale Abweichung vom Durchschnitt)

Der in der dritten Nacht gemessene U-Wert war deutlich höher als alle anderen und wurde deswegen nicht weiter berücksichtigt<sup>2</sup>. Der Durchschnitt der U-Werte aller Nächte betrug 0.87 W/m²K.

## 3. Fazit

Der gemessene  $U_g$ -Wert (0.87 W/m²K) ist eher niedrig für ein Doppelglasfenster<sup>3</sup>. Daraus kann geschlossen werden, dass die Fenster bereits im Neuzustand von guter Qualität waren und dass sich der Zustand seither nicht massgeblich verschlechtert hat.

Bei der Renovation der Fenster wurde Doppel- anstatt Dreifachglas gewählt, da das Haus ein altes Haus und insgesamt nicht besonders gut isoliert ist. Um die Energieeffizienz des Hauses zu verbessern, ist es wahrscheinlich sinnvoller, Wärmebrücken zu orten und die Isolation der Wände zu verbessern, als die Fenster noch einmal auszuwechseln.

<sup>2</sup> Die Messung der dritten Nacht wurde durch die starke Aktivität der Heizung unter dem Fenster beeinflusst.

<sup>3</sup> EnergieSchweiz: *Merkblatt Fenster. Das Fenster im Energienachweis*. 2009, Bundesamt für Energie BFE, Ittigen, Schweiz.

**Anhang**

Auswertung mit der Cloud

1. Auf der Cloud werden mithilfe des Schiebereglers ganz unten auf der Seite jeweils die Messdaten einer Nacht ausgewählt.

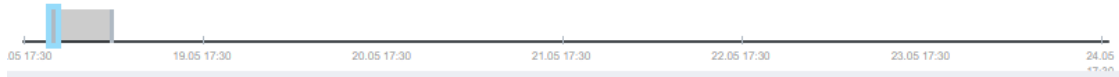


Fig. 6: Auswahl der ersten Nacht mittels Schieberegler

Start of selected period	18.05.2019 21:30
End of selected period	19.05.2019 05:30

Fig. 7: Die Box oben rechts zeigt das genaue ausgewählte Zeitfenster an.

Das Zeitfenster muss eventuell noch einmal angepasst werden, damit der Temperaturunterschied während des gesamten Zeitfensters immer mindestens 5°C beträgt.

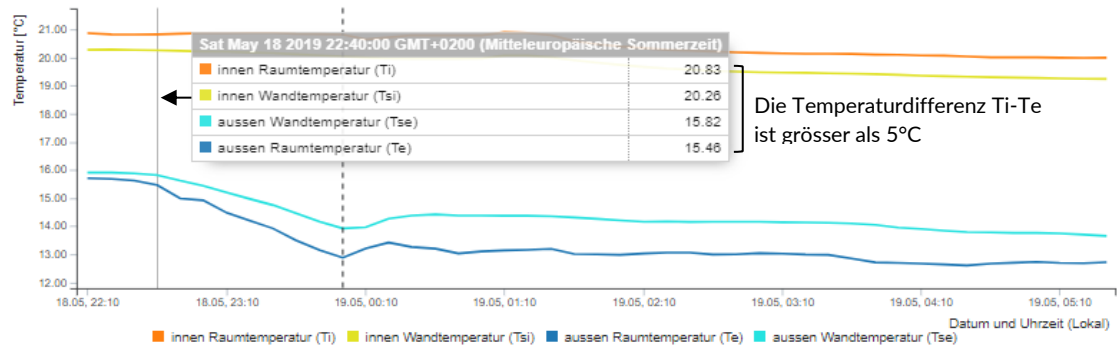


Fig. 8: Wenn man mit der Maus über den Temperatur-Graphen fährt, werden die exakten Messergebnisse angezeigt und die Temperaturdifferenz kann berechnet werden.

2. Für jedes Zeitfenster wird nun der U-Wert abgelesen. Der U-Wert für ein Zeitfenster entspricht dem allerletzten Wert des U-Wert-Graphen und wird angezeigt, wenn man mit der Maus über diesen Punkt fährt.

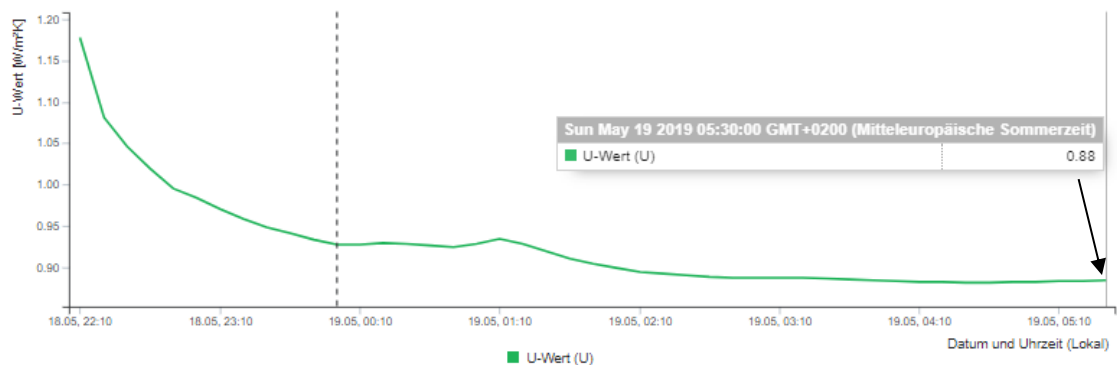


Fig. 8: Der U-Wert für ein Zeitfenster entspricht dem allerletzten Wert des U-Wert-Graphen und wird angezeigt, wenn man mit der Maus über diesen Punkt fährt.

3. Die U-Werte der verschiedenen Zeitfenster können nun miteinander verglichen werden (um Ausreisser oder Fehler auszuschliessen) und der Durchschnitt wird berechnet.

### Auswertung mit Excel

1. Die Rohdaten werden von der Cloud exportiert:
  - > Auswahl "Bericht"
  - > Auswahl Datenanalyse: "Rohdatenexport"
  - > Auswahl der Messperiode
  - > Auswahl der «Base Station» (Basisstation), der «Measurement» (Messung), des «node» (Knoten)
  - > Auswahl "Rohdaten CSV"
2. In Excel werden jeweils die Daten einer Nacht ausgewählt<sup>4</sup>. Eventuell muss die Auswahl noch einmal angepasst werden, damit der Temperaturunterschied während des gesamten Zeitfensters immer mindestens 5°C beträgt.
3. Der U-Wert wird nun für jedes Zeitfenster separat mithilfe der folgenden Formel berechnet:

$$U - Wert = \frac{\sum q_i}{\sum (T_{int.} - T_{ext.})}, \text{ mit } q = \text{Wärmefluss}$$

4. Die U-Werte der verschiedenen Zeitfenster können nun miteinander verglichen werden (um Ausreisser oder Fehler auszuschliessen) und der Durchschnitt wird berechnet.

### Literatur

- [1] EnergieSchweiz: *Merkblatt Fenster. Das Fenster im Energienachweis*. 2009, Bundesamt für Energie BFE, Ittigen, Schweiz.
- [2] *ISO 9869-1, Thermal insulation - Building elements - In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance; Part 1: Heat flow meter method*. 2014, ISO, Switzerland.

---

<sup>4</sup> Excel template für Kunden von greenTEG verfügbar.