

gSKIN® Anwendungsbeschreibung: Bauphysik

Lernen Sie das thermische Verhalten Ihres Gebäudes kennen

Haben Sie sich je gefragt, wie stark Ihre Heizrechnung durch schlecht isolierte Fenster und Wände verursacht ist? Oder wieviel Energie Sie sparen könnten mit der Anpassung der Raumtemperatur? Messungen mit dem gSKIN® Wärmeflussensor ermöglichen Ihnen die Beantwortung dieser und vieler anderer Fragen. Der gSKIN® Wärmeflussensors besitzt die folgenden Merkmale:



Einfache Auslesung

„Verwenden Sie greenTEG's Messlösung, um Ihre Messungen selber durchführen zu können und auf Ihrem Computer zu überprüfen“

Simple Montage & Integration

„Der Sensor ist kompakt, klein und dünn. Er lässt sich leicht mit Klebeband genau dort festmachen, wo der Wärmefluss gemessen werden soll.“

Robust

„Der Sensor ist robust und funktioniert auch im Aussenbereich. Der Sensor kann wieder verwendet werden und hinterlässt keine Rückstände am Messbereich.““

Anwendungsbeispiele

Ein Gebäude ist ein komplexes thermisches System. Thermische Energie tritt hauptsächlich über die Heizung und Sonneneinstrahlung in ein Gebäude ein. Der Energieaustausch zwischen Gebäude und Umgebung findet über das Dach, die Wände, Fenster und andere thermische Brücken wie Balkone statt, als Austausch mit der Umgebungsluft oder dem Boden. Messungen mit dem gSKIN® Wärmeflussensor führen zu einem verbesserten Verständnis über das thermische System eines Gebäudes. Sie können den gSKIN® Wärmeflussensor verwenden um

- die Wärmemenge, die durch verschiedene Arten von Wandaufbauten fließt, zu vergleichen
- den gesamten Wärmetransferkoeffizient (U-Wert) einer Wand oder eines Fensters mit Hilfe der greenTEG Spezialsoftware zu berechnen, um herauszufinden, ob Ihr Gebäude ausreichend isoliert ist
- die Energiebilanz eines Raumes zu quantifizieren: Wieviel Energie wird von der Heizung abgegeben und wo geht diese Energie verloren?
- die Energiemenge, die ein Heizbrenner liefert zu berechnen, um die Heizrechnung vorauszusagen
- die Heizung/Kühlung optimal zu justieren
- das thermische Verhalten von Räumen und Gebäuden bei unterschiedlichen Temperaturen zu analysieren

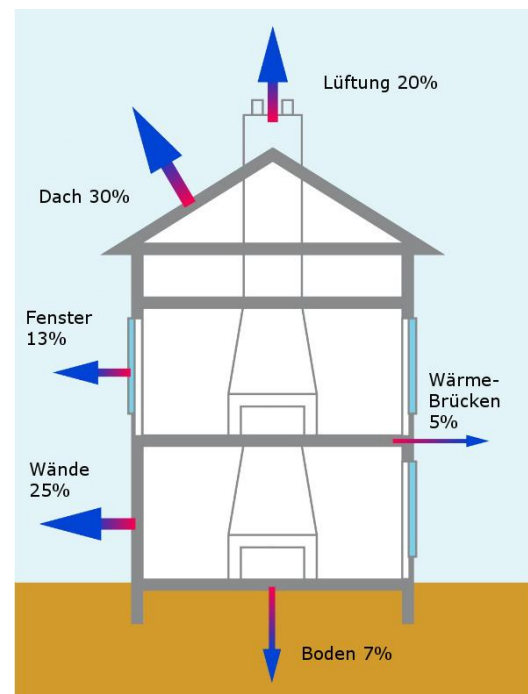


Abbildung 1: Wärmeverluste eines Gebäudes an einem Wintertag in % vom Gesamtverlust

Messungen: Resultate für verschiedene Anwendungen

Allgemeine Bemerkungen

- Thermische Energieeffizienzstudien in Gebäuden bedingen eine Mindest-Temperaturdifferenz zwischen dem Inneren und dem Äusseren des Gebäudes um aussagekräftige Resultate zu zeigen. Mit dem **gSKIN® Wärmeflussensor** erhalten Sie präzise Resultate ab einer Temperaturdifferenz von lediglich 5 °C (die Tabelle im Appendix 2 gibt Ihnen genauere Angaben für verschiedene Baumaterialien).
- Messen Sie an einer aussagekräftigen Stelle der Gebäudefläche. Eine Infrarotkamera kann Ihnen helfen aussagekräftige Messpunkte in einem Gebäude zu identifizieren. Generell sind folgende Stellen für die Analyse des thermischen Verhaltens von Interesse:
 - Wände jedweder Ausrichtung um Unterschiede verschiedener Wände zu vergleichen.
 - Fussboden des untersten Stockwerks (Wärmetransfer durch kalten/warmen Boden)
 - Unter dem Dach (in vielen Gebäuden geht ein grosser Teil der Energie durch das Dach verloren, siehe Abbildung 1)
 - Fenster und Fensterrahmen (achten Sie darauf, dass Sonneneinstrahlung Ihre Messung nicht verzerrt. Am besten messen Sie während der Nacht)
- Messen Sie innerhalb des Gebäudes. Wenn Sie den Sensor am gleichen Ort im Inneren des Gebäudes platzieren, messen Sie den gleichen Wärmefluss, wie wenn Sie aussen am Gebäude messen würden.
- Die meisten Wände haben inhomogene Isolationseigenschaften (unterschiedliche Materialien verbaut, nur in einigen Teilen der Wand verbaute Rohre, etc.). Um aussagekräftige Messresultate zu erhalten, sollten Sie mit mehreren Sensoren an der gleichen Wand messen und die Werte mitteln.

Aufbau der Messung

Die folgende Abbildung 2 illustriert den Messaufbau an einer typischen Hauswand.

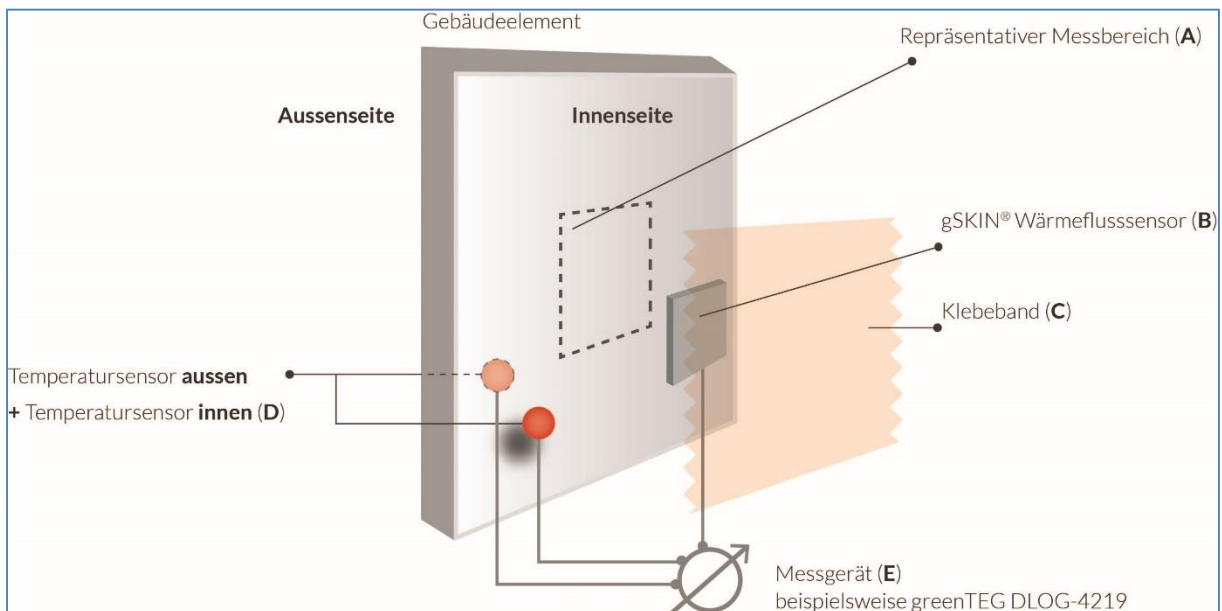


Abbildung 2: Typischer Messaufbau

Um eine Messung durchzuführen, gehen Sie wie folgt vor:

- Wählen Sie eine aussagekräftige Stelle (**A**) auf der Oberfläche, die Sie untersuchen wollen.
- Stellen Sie sicher, dass die Stelle flach, trocken und staubfrei ist.
- Bringen Sie den [gSKIN®-XO 67 7C](#) (**B**) mit Klebeband (**C**) an der gewünschten Stelle an
- Wenn Sie den U-Wert eines Gebäudeelements berechnen wollen, müssen Sie auch zwei Temperatursensoren (**D**) anbringen. Der erste Temperatursensor misst die Temperatur im Innern des Gebäudes, der zweite die Aussentemperatur. Die Temperatursensoren sollten die Lufttemperatur messen und deshalb keinen direkten Kontakt zum Gebäudeelement haben.
- Optional: Um eine genaue Messung durchzuführen, empfiehlt es sich die Oberfläche des Sensors, die der Luft ausgesetzt ist, ähnlich zu gestalten wie die Oberfläche der zu messenden Wand/des Fensters. Wenn beispielsweise die Oberfläche einer zu messenden Wand schwarz gestrichen ist, erhalten Sie eine maximale Messpräzision, wenn Sie die Sensoroberfläche mit der gleichen Farbe streichen.

Überprüfung der Messdaten und Berechnung des Wärmeflusses

- Verwenden Sie den [greenTEG DLOG](#) (**E**), um die Wärmeflussmessdaten aufzuzeichnen.
- Wenn Sie einen anderen Datenlogger Multimeter oder ein sonstiges Auslesegerät verwenden, sollten Sie sicherstellen, dass das Gerät eine Auflösung von $1\mu\text{V}$ oder höher hat. Gehen Sie nun wie folgt vor:
 - Verbinden Sie den gSKIN® Wärmeflussensor mit Ihrem Messgerät und zeichnen Sie die Ausgangsspannung U auf
 - Berechnen Sie den Wärmefluss φ unter Berücksichtigung der sensorspezifischen Sensitivität S (Sie finden diese Angabe auf dem Begleitzertifikat des Wärmeflussensors)
 - Die Gleichung für die Berechnung des Wärmeflusses lautet wie folgt:

$$\varphi = U / S \quad [\text{W}/\text{m}^2]$$

wobei gilt:

φ	Wärmefluss in W/m^2
U	gemessene Spannung in V
S	Sensorspezifische Sensitivität in $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$

Interpretation der Messresultate

Wie können Heizkosten berechnet werden?

Basierend auf dem gemessenen Wärmefluss können Sie berechnen wieviel thermische Energie verloren geht und wie stark Ihre Heizkosten dadurch beeinflusst werden. Als Beispiel soll hier eine schlecht isolierte Wand dienen:

- Sie haben Ihre Messung wie oben beschrieben durchgeführt und erhalten einen Wärmefluss von **50 W/m^2** , ein typischer Wert für einen europäischen Wintertag.
- Berechnen Sie jetzt die Fläche der zu untersuchenden Stelle. In unserem Beispiel haben wir eine Betonwand von einer Grösse von $2,5\text{m} \times 6\text{m}$ gemessen. Die Fläche beträgt **15 m^2** .
- Als nächstes berechnen wir die thermische Leistung, die durch die Wand fließt, in dem wir den Wärmefluss ($50 \text{ W}/\text{m}^2$) mit der Fläche der Wand (15 m^2) multiplizieren. Die thermische Leistung, die durch die Wand fließt, beträgt **750 W** .



Abbildung 3: Schlecht isolierte Gebäude verursachen hohe Heizkosten

- Als nächstes soll herausgefunden werden, wie stark die Heizkosten durch die schlecht isolierte Wand beeinflusst werden. Hierzu müssen wir die Leistung (750 W) mit der Stundenzahl eines Monats (720 Std.) multiplizieren. Das Resultat ist die Energie, die durch die Wand während eines Monats verloren geht, wenn eine konstante Raumtemperatur angenommen wird. In diesem Beispiel beträgt diese **540 kWh**. Zusätzlich sollte der Wärmeverlust weiterer Bauteile, z.B. Fenster, auf gleiche Weise berechnet werden.
- Durch die Multiplikation dieser verlorenen Wärme mit dem Preis für 1kWh thermischer Energie (z.B. durch Verwendung eines Standardwertes von **0.10 €/kWh**) können Sie den Wert der verlorenen Energie schätzen. In diesem Beispiel müsste **54€** der gesamten Heizrechnung per Wintermonat für diese schlecht isolierte Wand bezahlt werden.

Berechnung des U-Wertes (benötigt zwei zusätzliche Temperatursensoren)^b

Wenn Sie verstehen wollen, wie gut ein Gebäudeelement isoliert ist, gehen Sie wie folgt vor:

- Bauen Sie die Messung mit zwei zusätzlichen Temperatursensoren auf, wie auf Abbildung 2 dargestellt. Platzieren Sie einen der Sensoren im Innern und einen am Äusseren des Gebäudes. Stellen Sie sicher, dass sich die beiden Temperatursensoren etwa gegenüber liegen und in der Nähe des Wärmeflussmessors platziert sind. Die Temperatursensoren sollten die Lufttemperatur messen und deshalb nicht mit direktem Wandkontakt befestigt werden.
- Die Gleichung zu Berechnung des U-Wertes lautet:

$$U\text{-Wert} = \varphi / \Delta T \quad [W/(m^2K)]$$

wobei gilt

U-Wert	gesamter Wärmetransferkoeffizient in W/(m ² K)
φ	Mittelwert aller Wärmeflussmesspunkte in W/m ²
ΔT	Mittelwert aller Temperaturdifferenz Messpunkt in °C

- Die Tabelle in Anhang 2 listet typische U-Werte für Gebäudematerialien auf und gibt Ihnen somit eine Indikation über deren Isolationsqualität. Die Tabelle zeigt auch typische Wärmeflusswiderstandswerte und die benötigten minimalen Temperaturdifferenzen an, die mit dem gSKIN[®]-Wärmeflussmessoren gemessen werden können. Als weitere Beispiele finden Sie in dieser Tabelle auch wieviel Energie bei einer Temperaturdifferenz von 10°C des jeweiligen Materials per Wintermonat verloren geht.

^a Vorausgesetzt der Wärmefluss ist gleichmässig verteilt über die ganze Fläche

^b Eine detaillierte Beschreibung von U-Wert Messungen und Auswertungen finden Sie in der [U-Wert Fallstudie](#)

Appendix 1 Gerätespezifikationen



Abbildung 4: gSKIN®-XO (Silicone) und DLOG-4219

Alle Spezifikationen der Wärmeflussensoren von greenTEG sowie der Datenlogger finden Sie online auf <http://shop.greenteg.com/shop/building/>

Appendix 2 Spezifikationen verschiedener Gebäudematerialien

Die folgende Tabelle zeigt Spezifikationen und typische Messresultate unterschiedlicher Gebäudematerialien an:

- **Materialspezifische thermische Leitfähigkeit:** tiefe Werte sind gut für Isolationszwecke und hohe Werte weisen darauf hin, dass das Material Wärme gut leitet (2 W/(mK) für Standard Betonmaterial).
- **Materialdicke:** Für Wände wurde eine Standarddicke von 25cm angenommen, für Fenster 2.5 oder 5 cm
- Der **U-Wert** beschreibt, wieviel Wärme durch ein spezifisches Gebäudeteil fließt: dieser Wert berechnet sich aus der Wärmeleitfähigkeit und der Dicke eines Materials.
- **Typischer Wärmefluss** für ein ΔT von 10 °C zur Validierung Ihrer eigenen Resultate.

Gebäudematerial	λ (thermische Leitfähigkeit) [W/(mK)]	Dicke [m]	U-Wert [W/(m ² K)]	Wärmefluss bei $\Delta T=10\text{ °C}$ [W/m ²]
Beton ¹	2	0.25	3.39	33.9
Backstein ¹	0.58	0.25	1.36	13.6
Isolierte Wand ¹	k.A.	0.44	0.24	2.4
Glas ²	0.8	0.025	5.8	58
Doppelverglasung ²	k.A.	0.05	1.4	14

¹ Quelle: U-wert.net, Insulated wall with materials: Gypsum plaster, solid brick, lime cement render, plaster, polyester insulation.

² Quelle: VFF, Mehr Energie sparen mit neuen Fenstern, März 2014

Appendix 3: Beispiel einer Langzeitmessung

Abbildung 5 zeigt ein typisches Schweizer Wohnhaus mit Minergie-Zertifizierung. Wir haben an diesem Haus eine Langzeitmessung von mehr als 72 Stunden durchgeführt (in diesem Fall 166 Stunden, ISO Zertifizierung bereits nach 72 Stunden gewährleistet). Ein Messdatenpunkt alle 10 Minuten ist ausreichend, um genaue und aussagekräftige Resultate zu erhalten. Kürzere Messperioden (< 72 Std.) ergeben auch robuste Resultate, würden dann aber nicht dem ISO 9869 Standard folgen. Abbildung 6 zeigt den Mess-Report (Wärmefluss, Innen- und Aussentemperatur, U-Wert). Die so gewonnenen Daten können verwendet werden um das thermische Verhalten des Gebäudes zu dokumentieren bzw. zu überwachen.

Die Messung zeigt:

- Der Wärmefluss (blau) reagiert auf die Differenz zwischen Innen- und Aussentemperatur. In diesem Fall, eine Süd-West ausgerichtete Wand, ist vor allem am ersten Tag der Messung ein starker Wärmezuwachs durch die Sonneneinstrahlung zu beobachten. Nichtsdestotrotz variiert der entsprechende U-Wert nur leicht über die gesamte Messperiode (Min. 0.12 – Max. 0.22).
- Der U-Wert der gemessenen Wand beträgt $0.14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, was auf eine sehr gute Isolation hinweist; dies wird auch durch die Minergie-Zertifizierung des Gebäudes bestätigt.



Abbildung 5: Minergie-Zertifiziertes Schweizer Gebäude (Objekt der Langzeitmessung)

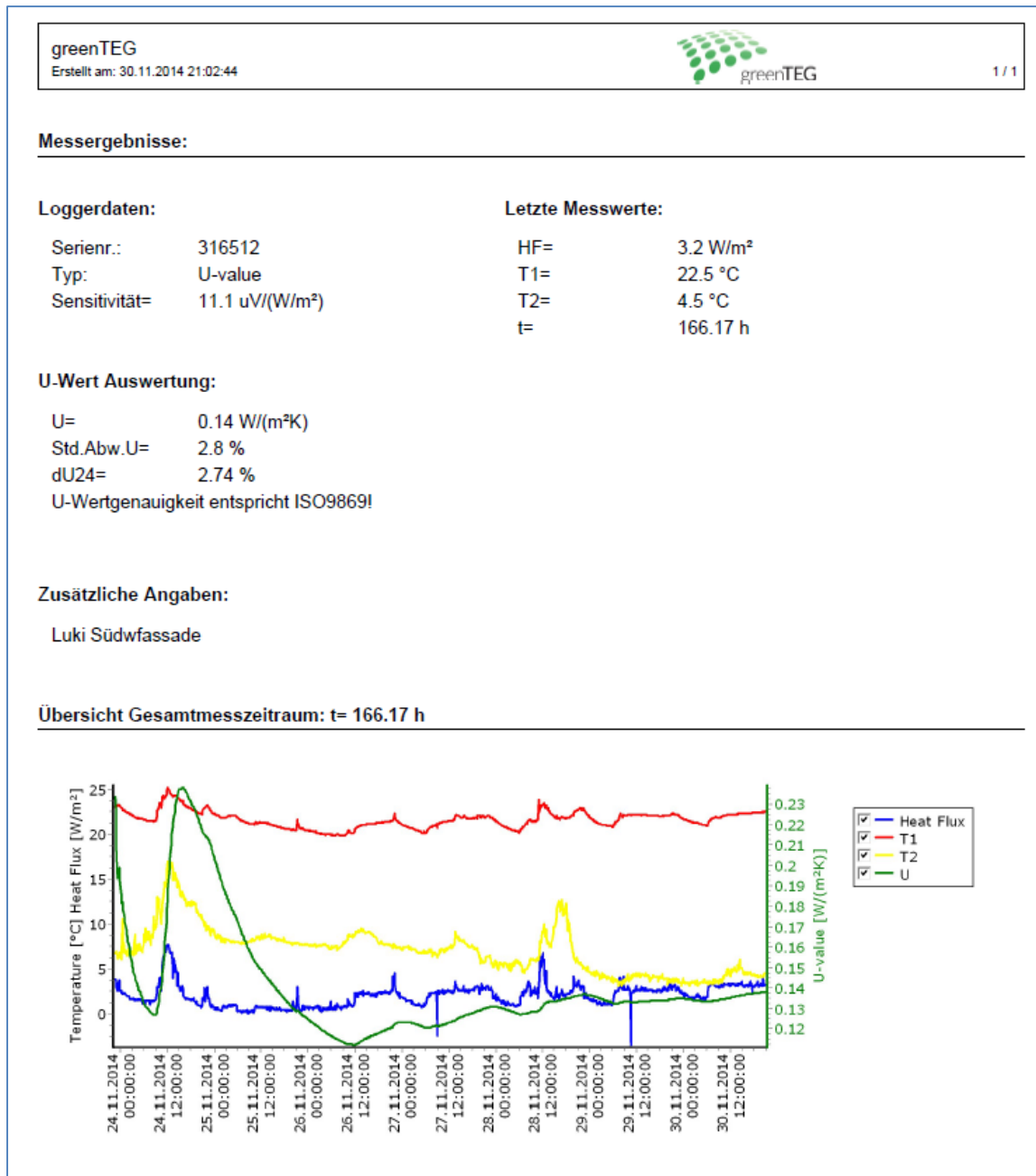


Abbildung 6: Wärmefluss, Aussen- und Innentemperatur und U-Wert Messung an einem modernen Schweizer Gebäude mit Minergie Zertifizierung. Die Grafik wurde mit der im U-Wert KIT enthaltenen Software generiert

Appendix 4: Material Liste

Diese Liste beinhaltet alle notwendigen Bestandteile, um eine Messung wie in diesem Dokument beschrieben durchzuführen.

- gSKIN® Wärmeflussensor gSKIN®-XO 63 9C
- Klebeband
- Messgerät
 - greenTEG Datenlogger DLOG-4219
 - oder: Multimeter/Datenlogger
- Temperatursensoren, enthalten im greenTEG U-Wert KIT

Ausschlussklausel

Die in diesem Dokument erwähnten Einschränkungen, Empfehlungen, Materialien etc. decken nicht alle möglichen Fälle und Gegenstände ab. Dieses Dokument kann nicht als vollständig betrachtet werden und kann ohne vorherige Benachrichtigung geändert werden.

Dokumentation

Copyright greenTEG AG, Alle Rechte vorbehalten
Bilder von greenTEG AG und flickr

Revisionsgeschichte

Datum	Revision	Änderungen
13.01.2015	1.0	Erstellung deutsche Version
16.03.2015	1.1	Ergänzungen bei Fallstudien, Updates Software