

Wie Wärme durch die Wand entweicht

Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) ist für Planer und Bauphysiker eine zentrale Kennzahl. Dank eines neuartigen Verfahrens lässt sich der U-Wert einer Wand, eines Dachs oder einer Fensterfront jetzt mit einer nicht invasiven Methode vor Ort bestimmen. Das Messverfahren kann bei der Erneuerung von Altbauten gute Dienste leisten, wie eine neue Studie zeigt.

Text **Dr. Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)**
Fotos **B.Vogel**
Illustration **greenTEG**

Der Gebäudeenergieausweis der Kantone – kurz GEAK – ist ein mittlerweile gut etablierter Nachweis, der über Energieeffizienz und Energieverbrauch eines Gebäudes Auskunft gibt und unter anderem als wichtige Entscheidungshilfe für Kaufinteressenten oder Mieter dient. In seiner ausführlichen Variante («GEAK Plus») formuliert der GEAK auch Vorschläge, wie sich ein Gebäude mit geeigneten Sanierungsschritten energetisch flott machen lässt. In der landesweiten GEAK-Datenbank sind unterdessen 44000 Gebäude verzeichnet. Damit diese Datenbank aktuell bleibt, muss der «Energiesteckbrief» für jedes Gebäude spätestens alle zehn Jahre bestätigt bzw. erneuert werden.

Für die Erstellung eines GEAK bzw. eines GEAK Plus ist Expertenwissen gefragt. Für die Ausarbeitung eines solchen Energieausweises macht der Energieberater eine Begehung des fraglichen Gebäudes, sichtet Planungsdokumente und Energieabrechnungen und beschafft nach Bedarf zusätzliche Informationen. Ist die Baudokumentation der betreffenden Liegenschaft lückenhaft oder ganz verschwunden, muss sich der Energieberater bei der Erstellung des GEAK teilweise auf Annahmen stützen. Dies gilt unter anderem für die Qualität der Wärmedämmung. Sind für das Gebäude keine verlässlichen Angaben verfügbar, stützt sich der Energieberater auf die Richtwerte, die in der GEAK-Software – einem internetbasierten Berechnungstool – hinterlegt sind oder korrigiert diesen anhand des BFE-Bauteilkatalogs.



Werner Hässig, Inhaber der Hässig Sustech GmbH, zeigt, wie der Temperaturfühler des gSKIN-Messkits an der Aussenwand montiert wird, um den U-Wert zu messen.

Die Energieetikette

Typische Merkmale der GEAK-Klassen in der Energieetikette

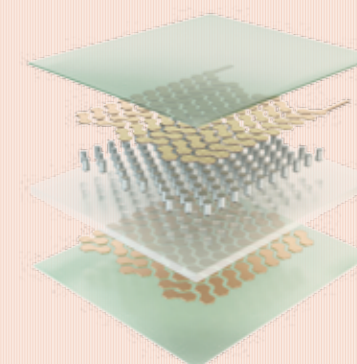
	Effizienz der Gebäudehülle	Gesamtenergieeffizienz
A	Hervorragende Wärmedämmung. Fenster mit Dreifach-Wärmeschutzverglasung.	Hocheffiziente Gebäudetechnik für die Wärmeerzeugung (Heizung und Warmwasser) und die Beleuchtung. Ausgezeichnete Geräte. Einsatz erneuerbarer Energie.
B	Neubauten erreichen aufgrund der gesetzlichen Anforderungen die Kategorie B.	Neubaustandard bezüglich Gebäudehülle und Gebäudetechnik. Einsatz erneuerbarer Energie.
C	Altbauten mit umfassend erneuerbarer Gebäudehülle.	Umfassende Altbauerneuerung (Wärme und Gebäudetechnik).
D	Nachträglich gut und umfassend gedämmter Altbau, jedoch mit verbleibenden Wärmebrücken.	Weitgehende Altbauerneuerung, jedoch mit deutlichen Lücken oder ohne Einsatz erneuerbarer Energie.
E	Altbauten mit erheblicher Verbesserung der Wärmedämmung inkl. neuer Wärmeschutzverglasung.	Teilerneuerte Altbauten, z. B. neue Wärmeerzeugung und evtl. neue Geräte und Beleuchtung.
F	Gebäude, die teilweise gedämmt sind.	Bauten mit höchstens teilweiser Modernisierung. Einsatz einzelner neuer Komponenten oder Einsatz erneuerbarer Energie.
G	Altbauten mit höchstens lückenhafter oder mangelhafter nachträglicher Dämmung und grossem Erneuerungspotenzial.	Altbauten mit veralteter Anlagentechnik und ohne Einsatz erneuerbarer Energie, die ein grosses Verbesserungspotenzial aufweisen.

Reale U-Werte liegen tiefer

Der U-Wert quantifiziert den Wärmedurchgang von Wänden, Dächern, Fenstern und Böden. In der GEAK-Software wird für Wände von Altbauten (Baujahr vor 1975) ein U-Wert von 1.4 W/m²K angenommen. Ob dieser Wert die Realität realistisch abbildet, gab in der Vergangenheit immer wieder Anlass zu Diskussionen. Verschiedentlich haben Bauexperten die Vermutung geäussert, der Wert sei zu hoch angesetzt, der U-Wert der vor 1975 erstellten Gebäude liege also in Wahrheit tiefer, ihre Wände seien also besser gedämmt, als es die im GEAK-Berechnungstool hinterlegten Werte glauben machen.

Diese Vermutung wird nun durch eine

neue Studie erhärtet, die im Auftrag des Bundesamts für Energie und mit finanzieller Unterstützung von drei Dämmstoffproduzenten (Flumroc AG, Isofloc AG, Agitec AG) erstellt wurde. Das Planungsbüro Hässig Sustech GmbH (Uster) hat in der Untersuchung den U-Wert bei 32 überwiegend unsanierten Altbauten durch eine Messung bestimmt und diese Messwerte anschliessend mit den im GEAK-Berechnungstool hinterlegten Richtwerten verglichen. Fazit der Studie: «Die Resultate zeigen, dass die im GEAK-Tool verwendeten U-Werte 50 bis 60 Prozent höher liegen als die gemessenen U-Werte. Infolge dieser grossen Abweichungen empfehlen die Autoren, dass die U-Werte des



Ein Messgerät zur Bestimmung des U-Werts

Das innovative Element des gSKIN-Messkits ist der Wärmeflussensor: Das 3 mal 3 Zentimeter grosse und 2 Millimeter dicke Plättchen wird auf der Innenwand des Gebäudes angebracht und misst dort, wie viel Wärme aus dem warmen Innenraum durch die Hauswand nach aussen fliesst.

Technisch gesehen handelt es sich bei dem Sensor um einen thermoelektrischen Generator (TEG): Herrscht an beiden Seitenflächen des TEG eine unterschiedliche Temperatur, entsteht eine Spannung und es fliesst ein Strom. Die Stärke dieses Messstroms ist abhängig von der Temperaturdifferenz, von den verwendeten Materialien und dem Temperaturbereich, in dem gemessen wird. Die Firma greenTEG nutzt den Messstrom im Messkit, um über einen Algorithmus den U-Wert zu bestimmen.

Die Grafik zeigt das Konstruktionsschema des TEG: In der mittleren Folie sind die ausgestanzten Löcher erkennbar; diese werden durch elektrochemische Abscheidung mit Thermopaaren gefüllt, die anschliessend oben und unten mit Kontakten versehen und damit in Serie geschaltet werden. Die ganze Anordnung wird oben und unten mit einer Schutzfolie (grün) geschützt.

GEAK für Wände mit Baujahr vor 1976 von bisher 1.4 auf 1.0 W/m²K gesenkt werden sollten. Bei Wänden mit Baujahr zwischen 1976–1985 ist es angezeigt, die GEAK U-Werte auf je 0.6 W/m²K (bisher liegen sie für schwere Wände bei 0.8 und bei leichten Wänden bei 0.6) zu senken.»

Glaubwürdigkeit gewährleisten

Die Ergebnisse bedeuten, dass Energieberater dort, wo sie sich wegen lückenhafter Baudokumentation auf das GEAK-Berechnungstool verlassen, den Dämmschutz von Gebäuden bislang eher zu pessimistisch einschätzen – und folglich gegenüber dem Gebäudeeigentümer tendenziell einen zu grossen Sanierungsbedarf

veranschlagen. «Gewiss war es ein Stück weit auch Absicht, die im GEAK-Tool hinterlegten U-Werte konservativ anzusetzen, um energetische Sanierungen voranzutreiben», sagt Werner Hässig, Geschäftsleiter und Inhaber von Hässig Sustech. «Allerdings sollten die hinterlegten U-Werte doch so realitätsnah wie möglich gewählt werden, sonst leidet die Glaubwürdigkeit des GEAK», so der Bauphysik-Experte.

«Die Studie hat interessante Ergebnisse hervorgebracht und sie gibt uns Anlass, die im GEAK-Softwaretool verwendeten Werte zu überprüfen und Extremfälle zu korrigieren», sagt GEAK-Präsident Ulrich Nyffenegger, selber diplomierter Energieingenieur und heute Leiter des Amtes für Umweltkoordination und Energie des Kantons Bern. Für die Anpassung der Werte hat der Verein GEAK allerdings nur begrenzten Spielraum, denn GEAK stützt seine Werte auf die im Bauteilkatalog des Bundesamtes für Energie (BFE) ausgewiesenen Materialwerte (π -Werte). «Der GEAK hat diese Werte übernommen und dabei bewusst den ungünstigsten Fall angenommen. Wir vertrauen darauf, dass die Energieberater diese Werte während der GEAK-Erstellung im Lichte der konkreten Verhältnisse korrigieren», sagt Nyffenegger. Der GEAK-Präsident räumt ein, dass der BFE-Bauteilkatalog die π -Werte insbesondere bei Bauteilen ohne SIA-Überwachung viel zu schlecht ansetzt. «Das BFE sollte die Studie zum Anlass nehmen, den Bauteilkatalog zu überarbeiten», sagt Ulrich Nyffenegger, «der GEAK würde die angepassten Werte dann in den GEAK übernehmen.»

Vor-Ort-Messungen mit mobilem Kit

Die Bestimmung des U-Werts ist nicht trivial. Sind die verwendeten Baumaterialien und -konstruktionen bekannt, könnten die Werte auf der Grundlage des BFE-Bauteilkatalogs berechnet werden. Bei lückenhafter oder fehlender Baudokumentation musste bisher hingegen gegebenenfalls mit Bohrungen die Bauweise von Wänden eruiert werden, bevor die Berechnung durchgeführt werden konnte. Neuerdings macht es nun ein Messgerät möglich, den U-Wert von Wänden und anderen Gebäudeteilen vor Ort (in situ) zu bestimmen, und zwar ohne Beeinträchtigung der Wand. Entwickelt hat dieses nicht invasive Messinstrument namens «gSKIN-U-Wert-Kit» die Zürcher Firma greenTEG, ein Spin-off der ETH Zürich. Der Messkit besteht aus drei Sensoren, die beidseitig an das zu messende Bauteil (z. B.

eine Wand) angebracht werden. Ein Datenlogger zeichnet die Messwerte auf, und eine Analysesoftware ermittelt aus ihnen anschliessend den U-Wert. Mit dem Messkit kann der U-Wert im Zuge einer dreitägigen Messperiode mit einer Genauigkeit von +/- 20 Prozent bestimmt werden (vgl. Kasten).

Die Tücken der Messung

Die Untersuchung von Hässig Sustech hat Altbauten mit unterschiedlichen Wandtypen berücksichtigt. Dabei handelte es sich in der Regel um Backsteinwände ohne Wärmedämmung. Der Backstein war entweder nur verputzt oder aber mit einer nicht wärmedämmenden Zementfaserplatte (Eternit) oder Holz belegt. Auch wenn eine doppelte Backsteinmauer vorlag (Doppelschalen-Mauerwerk), wurde der dazwischenliegende Spalt teilweise nicht für eine Wärmedämmung genutzt.

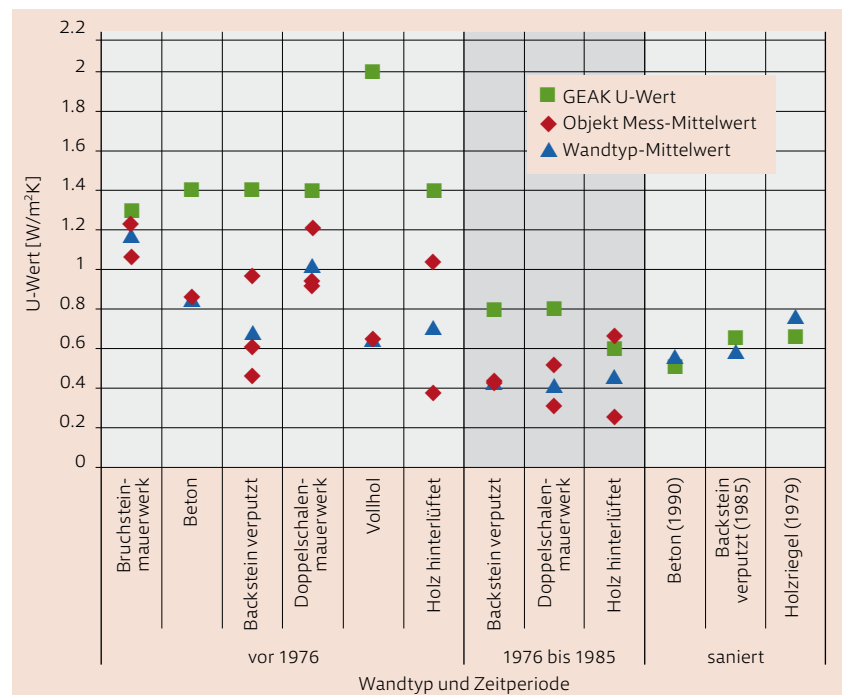
Werner Hässig und seine Mitarbeiterin Sara Wyss haben die Erfahrung gemacht, dass die Messung des U-Werts einige Tücken bereithält. So fällt der U-Wert höher aus, wenn man an einer Stelle misst, wo Mörtel statt direkt ein Backstein unter dem Verputz liegt. Auch können Effekte wie die Reflexion des Nachbarhauses die Messung beeinträchtigen. Bei der Anwen-

dung des Messgeräts sei daher immer ein Fachmann erforderlich, der die Ergebnisse einzuordnen wisse, sagt Werner Hässig. «Das Messgerät ist ein nützliches Instrument zur Einschätzung des Zustands von älteren Gebäuden, die vor einer Sanierung stehen. Gerade im Bereich denkmalgeschützter Gebäude hat die Messmethode ein grosses Anwendungspotenzial, da hier oft nur unvollständige oder gar keine Planungsunterlagen vorhanden sind.»

Den Schlussbericht zum Projekt «Feldmessungen von U-Werten zur Überprüfung der im Gebäudeenergieausweis (GEAK) hinterlegten U-Werte» (UFELD) kann unter www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=37271 heruntergeladen werden.

Weitere Auskünfte zu dem Projekt erteilt Rolf Moser (moser@enerconom.ch), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Gebäude und Städte.

Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Gebäude und Städte sind unter www.bfe.admin.ch/CT/gebaeude zu finden.



Die Grafik macht das Hauptergebnis der Studie anschaulich: Die gemessenen U-Werte (rot) liegen in der Regel deutlich tiefer als die im GEAK-Berechnungstool hinterlegten Werte (grün). In blauer Farbe sind die Werte dargestellt, die bei rechnerischer Ermittlung des U-Werts mit Material- π -Werten aus der Baustoff-Kennwerte-Tabelle des SIA (SIA 279) resultieren.
Grafik: Schlussbericht UFELD