

Untersuchung zur U-Wert-Bestimmung

für:

PROCERAM GmbH & Co.KG

Christoph Dworatzky
Tiefenbroicher Weg 35, Halle A2
40474 Düsseldorf

von:

**Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits-
und Energietechnik UMSICHT**

Andreas Sengespeick
Osterfelder Straße 3
46047 Oberhausen

Andreas Sengespeick

Oberhausen, 18. Januar 2016

1	AUFGABENSTELLUNG.....	3
2	MESSORT	4
3	IR-AUFNAHME	4
3.1	Messbedingungen IR-Aufnahmen.....	4
3.2	IR-Aufnahmen	5
4	U-WERT MESSUNGEN.....	7
4.1	Überprüfung Temperatursensoren U-Wert Messgerät.....	7
5	FAZIT	10

1 Aufgabenstellung

Vergleichende Untersuchungen zur Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten, auch U-Wert genannt, wurden an drei Wandaufbauten durchgeführt. Bei den Außenwandaufbauten handelt es sich um folgende Aufbauten:

- Außenwand, unbehandelt als Referenz (Plattenbau Baujahr 1999)
- Außenwand, versehen mit Branelit Dämmputzsystem.
- Außenwand, versehen mit Aerobran Dämmputzsystem.

Zur Bestimmung des U-Werts wurde eine Temperaturdifferenzmethode eingesetzt. Als Messgerät kam ein Testo 635 zum Einsatz. Hierfür müssen folgende Temperaturen ermittelt werden: Innentemperatur, Außentemperatur und Wandoberflächentemperatur innen. Folgende Messvoraussetzungen müssen weitestgehend erfüllt sein:

- Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Raumtemperatur $> 15\text{ °C}$
- Außentemperaturschwankungen möglichst klein
- keine direkte Sonneneinstrahlung
- keine Heizstrahlung im Messbereich

Um Messfehler möglichst klein zu halten und vergleichende Aussagen bei den Wandaufbauten treffen zu können, wurden über Nacht vergleichend Messungen an den drei Wandaufbauten durchgeführt. Eine gleiche Himmelsausrichtung der Wände, um dieselben Witterungseinflüsse zu gewährleisten, ist ebenso nötig, wie vergleichbare Innenräume. Als Innenräume wurden Wohnzimmer/Schlafzimmer ausgewählt. Die Messgeräte wurden nach den Messungen mit einem kalibrierten Temperaturmessgerät abgeglichen und die Temperaturabweichungen herausgerechnet.

Ergänzend zu den U-Wert Messungen wurden Infrarotaufnahmen an den Wandaufbauten aufgenommen

2 Messort

Die Untersuchungen wurden vor Ort an mehreren Bauobjekten in Berlin (Schönefelder Chaussee 169-175; 177-179; 181-185, D-12524 Berlin) durchgeführt. Für die U-Wert Messungen wurden vergleichende Messungen an der westlich ausgerichteten Gebäudeseite durchgeführt, hierfür wurde jeweils über Nacht in ungeheizten Schlafzimmern gemessen.

Die U-Werte wurden beim BRANELIT Dämmputzsystem im zweiten OG vorgenommen. Die Testfläche mit dem Aerobran Dämmputzsystem wurde im Nachbargebäude mit Nordausrichtung im dritten Stock vermessen. Die Referenzmessung erfolgte im gleichen Gebäude und Ausrichtung im fünften Stock an der unbehandelten Fassade.

3 IR-Aufnahme

3.1 Messbedingungen IR-Aufnahmen

Die Grundvoraussetzung für das Thermografieren der äußeren Gebäudehülle ist immer dann gegeben, wenn ein durch Temperaturunterschiede erzwungener, zeitlich möglichst konstanter Wärmestrom fließt. Dieser Wärmestrom erzeugt dann durch die lokal unterschiedlichen Wärmewiderstände der durchströmten Bauteile lokal unterschiedliche Oberflächentemperaturen, die von der Thermografiekamera erfasst werden. Moderne hochauflösende Infrarot-Thermografiekameras können Temperaturdifferenzen an den Bauteiloberflächen von wenigen hundertstel Grad sichtbar machen, sodass zum Aufbau des Wärmestroms und zur eindeutigen Erkennung von Schwachstellen bereits Temperaturunterschiede zwischen dem Inneren eines zu untersuchenden Gebäudes und der Außenluft ab ca. 10 °C ausreichend sind. Neben einer definierten Außen- und Innenlufttemperatur können Umwelteinflüsse wie Wind, Regen und Sonneneinstrahlung zu einer Erwärmung oder Abkühlung der Gebäudehülle führen und die wärmestrombedingten Temperaturen an der Bauteiloberfläche verfälschen. Damit wird der Zeitraum zur Durchführung der Gebäudethermografie deutlich eingeengt, vorzugsweise auf die frühen Morgen- oder späten Abendstunden bei windstillem und trockenem Wetter.

Verwertbare Messergebnisse bei der Thermografie von Gebäuden im Außenbereich können nur erzielt werden, wenn folgende Voraussetzungen strikt eingehalten werden:

- Aufnahmezeit in späten Abend-/frühen Morgenstunden oder bedingt an trüben Tagen

- Differenz Außentemperatur - Raumtemperatur > (10 ... 20) °C
- trockene Witterung und Windverhältnisse < 2 m/s
- Innenräume gleichmäßig temperiert (Innentüren offen) und Fenster geschlossen
- eventuell vorhandene automatische Nachtabsenkung der Heizung außer Betrieb nehmen¹

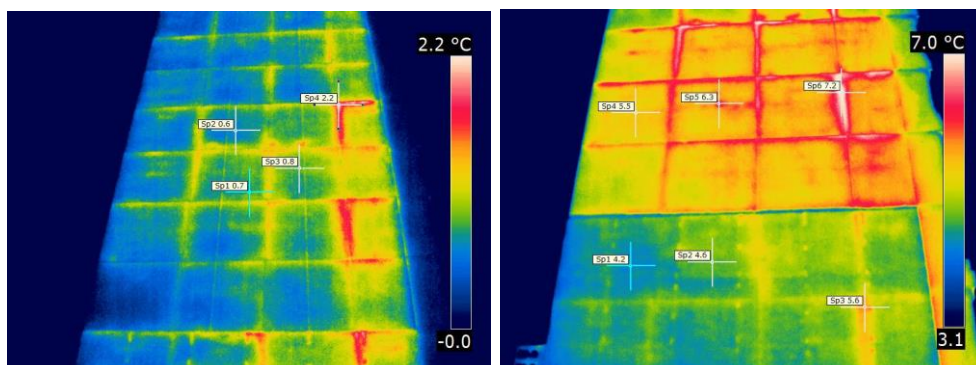
Die oben genannten Messbedingungen waren für die am 20.02.14, 04.02.15 und 16.01.2016 gemachten IR-Aufnahmen bei bedecktem Himmel erfüllt.

3.2 IR-Aufnahmen

Zur Aufnahme der IR-Bilder wurde eine Kamera vom Typ FLIR Systems SC620 mit < 40 mK Empfindlichkeit, Genauigkeit ± 2 % des Ablesewertes und einem Sichtfeld von $24^\circ \times 18^\circ / 0,3\text{m}$ aufgenommen. Zur Auswertung wurde die Software FLIR R&D in der Version 1.2 eingesetzt. Als Randbedingungen für die Auswertung der IR-Aufnahmen wurden ein Emissionsgrad von 0,96 und eine zuvor gemessene Luftfeuchtigkeit von 80 rF % eingestellt.

Die Nordseite mit der großflächigen Messfläche siehe Bild 3.1 zeigt zum einen eine deutlich geringere Wärmeabgabe über die sanierten Fugen. Auf der Fläche ergeben sich Unterschiede von über $1,0$ °C, was deutlich die Isolierwirkung des im Mittel 3 cm stark aufgetragenen BRANELIT Dämmputzsystem zeigt, siehe Bild 3.1. Vergleichend dazu sieht erkennt man im rechten Bildabschnitt einen früheren teilverputzten Bereich.

Bild 3.1: Schönefelder Chaussee 185, Nordseite, BRANELIT Dämmputzsystem links im Vergleich zum Teil verputzten Abschnitt rechts



¹ InfraTec GmbH, Infrarotsensorik und Messtechnik, Gebäudethermographie – ein effektives Verfahren zur Kontrolle der Bauausführung, 27.03.14, http://www.infratec.de/fileadmin/downloads/pdf/Bauartikel_InfraTec.pdf

Der obere unverputzte Bereich und vor allem die Wandfugen treten als deutliche Kältebrücken hervor.

Vergleichend dazu sieht man im Bild 3.2 den Aerobran Wärmedämmputz auf Aerogelbasis mit einer Auftragsstärke von ca. 6 cm. Hierbei sind keinerlei Kältebrücken mehr an den Fugen zu erkennen. Die Fassaden Oberflächentemperatur liegt beim Aerobran zwischen 0,3-0,8 °C, im Vergleich dazu erreicht das Branelit zwischen 0,6-0,9 °C wobei die Fugen Spitzenwerte von 2,2 °C ergeben. Die Unbehandelte Fassade erreicht Oberflächentemperaturen zwischen 1,2 – 1,9°C mit Spitzenwerten von 2,6 °C für die Fugen.

Bild 3.2: Schönefelder Chaussee 177-179, Nordseite, Aerobran Dämmputzsystem 2015

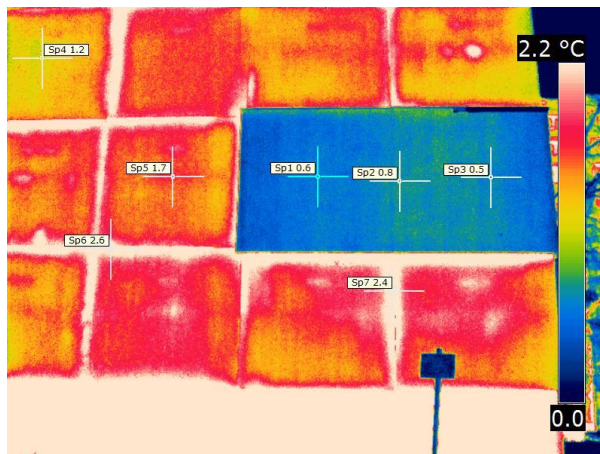
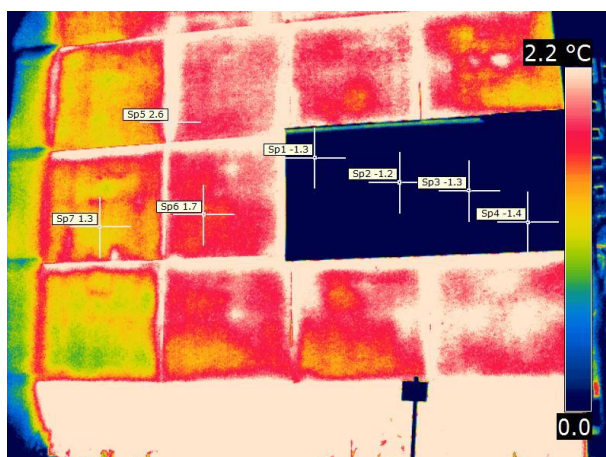


Abbildung 3.3 zeigt in einer Wiederholungsmessung vom 14.01.2016 ebenfalls die Wirkung des Aerobran Dämmputzsystems. Bei den Aufnahmen herrschten vergleichbare Witterungsbedingungen. Die unverputzten Gebäudetemperaturen liegen im gleichen Bereich siehe Tabelle 3.3. Die Verputzten Bereiche weisen im Vergleich zu den Messungen Anfang 2015 deutlich niedrigere Oberflächentemperaturen auf.

Bild 3.3: Schönefelder Chaussee 177-179, Nordseite, Aerobran Dämmputzsystem 2016



Ursache hierfür kann das mittlerweile Vollständig durchgetrocknete Aerobran Dämmputzsystem sein, was sich in gesteigerten Wärmedämmeigenschaften und in geringeren U-Werten wiedergespiegelt hat.

Tabelle 3.2: Temperaturunterschiede der beiden verputzten Gebäude

Schönefelder Chaussee 181-185, 2015	Aerobran verputzte Schönefelder Chaussee 177-179, 2015	Schönefelder Chaussee 169-175, 2016	Aerobran verputzte Schönefelder Chaussee 177-179, 2016
T min 1,2 °C	T min 0,6 °C	T min 1,3 °C	T min -1,4 °C
T mittel 1,7 °C	T mittel 0,5 °C	T mittel 1,7 °C	T mittel -1,3 °C
T max 2,6 °C	T max 1,8 °C	T max 2,6 °C	T max -1,2 °C

4 U-Wert Messungen

Zur Bestimmung des U-Werts wurde eine Temperaturdifferenzmethode eingesetzt. Als Messgerät kamen Testo 635 zum Einsatz. Für die U-Wert-Messungen wurden vergleichende Messungen an dem Gebäude in der Schönefelder Chaussee 169-175; 177-179; 181-185, D-12524 Berlin durchgeführt.

4.1 Überprüfung Temperatursensoren U-Wert Messgerät

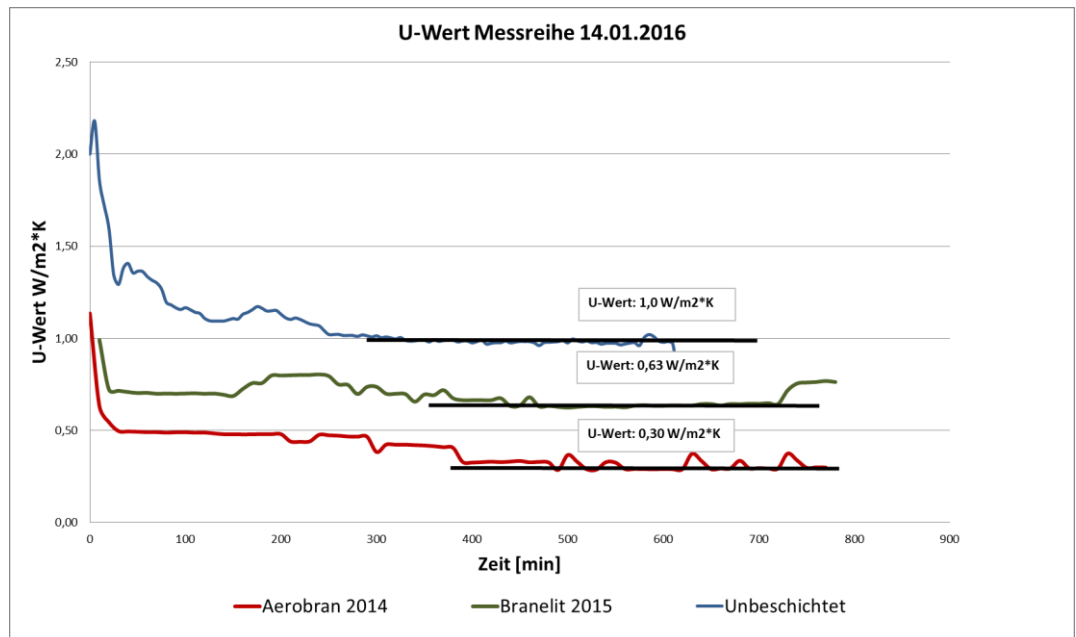
Tabelle 4.1: Messwertfehler Temperatursensoren

Messgerät 01 Wandsensor	Messgerät 02 Wandsensor	Messgerät 03 Wandsensor	Messgerät 04 Wandsensor
Eiswasser 0 °C			
0,3	0,1	0,3	0,0
0,3	0,1	0,2	0,0
0,4	0,1	0,2	0,0
0,3	0,1	0,2	0,0
0,3	0,0	0,3	0,0
Mittelwert			

0,32	0,08	0,24	0,00
Messabweichung			
0,32	0,08	0,24	0,00
Messgerät 01	Messgerät 02	Messgerät 03	Messgerät 04
T-Innen	T-Innen	T-Innen	T-Innen
20,4	20,3	20,2	20,2
20,4	20,4	20,3	20,2
20,4	20,2	20,1	20,1
20,3	20,3	20,3	20,2
20,3	20,3	20,3	20,2
Mittelwert			
20,36	20,30	20,24	20,18
Messabweichung			
0,18	0,12	0,06	0,00

Die Messreihen wurden an den Tagen 04.02.2015 und 14.01.2016, jeweils über Nacht, für mindestens 8h durchgeführt, um die oben genannten Messbedingungen zu erfüllen. Zum Anfang der Messreihen kommt es noch zum Einschwingen der Messgeräte, die Messfühler müssen noch Umgebungsbedingungen annehmen, was für den Außenfühler und den Innenraumfühler am längsten dauert. Die Messbedingungen waren für die Messreihe am 04.02.2015 rund 87 % relative Luftfeuchtigkeit bei -0,5 °C bis -3,2 °C Außentemperatur. In der Wiederholungsmessung am 14.01.2016 herrschten fast ideale Messbedingungen bei einer Luftfeuchtigkeit von rund 80 % schwankte die Außentemperatur zwischen +1,5 °C bis auf -0,9 °C.

Bild 4.1: Schönefelder Chaussee, Vergleich 2016



Die erfolgte Referenzmessung zeigte für die unbehandelte Fassadenoberfläche einen U-Wert von $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Für das im Herbst 2015 aufgetragene Branelit Dämmputzsystem ergaben sich U-Werte von $0,6\text{--}0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Das Branelit Dämmputzsystem welches bereits Ende 2014 aufgetragen wurde zeigte U-Werte von ca. $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, welches sich auch in Wiederholungsmessungen bestätigte. Das Ende 2015 aufgetragene Branelit Dämmputzsystem weist deutlich verbesserte Werte auf. Ursachen hierfür könnten veränderte Wandaufbauten an den Bauobjekten sowie eine höhere aufgetragene Dämmstärke sein.

Der ebenfalls Anfang 2015 untersuchte Aerobran Hochleistungsdämmputz ergab einen U-Wert von $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Wiederholungsmessungen Anfang 2016 zeigten hier eine Verschiebung zu besseren Messwerten von $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ursachen hierfür kann das mittlerweile vollständig durchgetrocknete Aerobran Hochleistungsdämmputz-System sein. Bei der Messung Anfang 2015 kann noch von recht hohen Restwassergehalten in dem Dämmputzsystem ausgegangen werden. Dies kann mit den zuvor durchgeführten IR-Aufnahmen bestätigt werden.

5 Fazit

Die Untersuchungen wurden vor Ort an mehreren Bauobjekt in Berlin (Schönefelder Chaussee 169-175; 177-179; 181-185, D-12524 Berlin) durchgeführt. Hierbei handelt es sich um einen Plattenbau von 1990. Die Außenwand ist dreischichtig mit einer 80 mm Kerndämmung aus Mineralwolle aufgebaut.

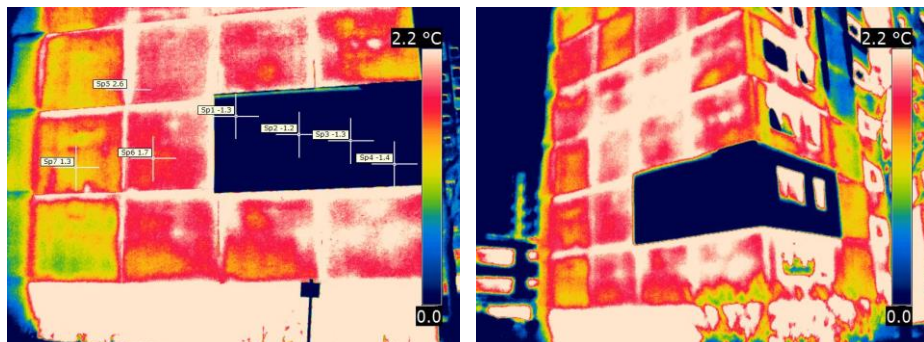
Aufgrund der nicht stationären Wetterbedingungen kommt es zu einer Abweichung der ermittelten U-Werte von den errechneten. Um repräsentative Aussagen über die Dämmwirkung der aufgetragenen Wärmedämmputze treffen zu können wurde zeitgleich vergleichende Messungen an unterschiedlichen Messstellen durchgeführt. Die Endperformance erreichen die Wärmedämmputze nach ca. einem Jahr wenn die Systeme vollständig abgetrocknet sind.

Die U-Wert Messungen zeigten folgendes Ergebnis:

- U-Wert ohne Wärmedämmputz ca. $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Messung vom 13.03.2014)
- U-Wert BRANELIT Dämmputzsystem in 40 mm Stärke ca. $0,6\text{-}1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- U-Wert Aerobran Dämmputzsystem in 60 mm Stärke $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

Der Wärmedurchgang konnte im Vergleich zum Ausgangszustand durch einen Auftrag von 60 mm Aerobran Dämmputzsystem mehr als ein Drittel gesenkt werden.

Bild 5.1: Schönefelder Chaussee 177-179, Nordseite, Aerobran Dämmputzsystem, EG-ZOG,



Infrarotaufnahmen siehe Abbildung 5.1 zeigen die Dämmwirkung des Aerobran Dämmputzsystem, ebenfalls ist es gelungen die Wärmebrücken die bisher an den Fugen des Plattenbaus bestanden zu beseitigen.