

Einfamilienhaus in Erlenbach: IR Heizung & IR reflektierender Anstrich eine Auswertung

Erstveröffentlichung auf der Internetseite des [FEWB](#)

Dieses Dokument ist eine Zusammenstellung von Auswertungen auf der Grundlage gemessener Werte.

Es handelt sich um ein Einfamilienhaus. Der Wandaufbau besteht aus 24cm Porenbeton, innen und außen gesamt 3,0 cm Putz sowie innen und außen mit ThermoShield beschichtet (d.h. außen mit ThermoShield Exterieur und innen mit ThermoShield Interieur).

Beheizt wird mit IR (Infrarot) Strahlungsplatten, die primärenergetisch verteuflten elektrischen Strom verbrauchen und eine bessere thermische Behaglichkeit schaffen, als es jede Konvektionsheizung vermag.

Die hier installierte Infrarotheizung schafft in Verbindung mit der IR reflektierenden Beschichtung ThermoShield ein Maximum an Behaglichkeit und Wirtschaftlichkeit. Für den Zeitraum März 2008 bis März 2010 sind Heizkosten unter 450 € p.a. nachgewiesen.

Gleichzeitig führt die Auswertung der Messergebnisse die U-Wert-Theorie ad absurdum. Es wird analytisch und messtechnisch belegt, dass der so genannte U-Wert ein Phantasieprodukt ist.

Berlin, 19.07.2011



Matthias G. Bumann

Dipl.-Ing., Bausachverständiger

www.dimagb.de

Mitglied im FEWB e.V.

www.fewb.de

Beratendes Mitglied im VDIH e.V.

www.vdih.org

Quellennachweis:

Fotos und Messreihen von Mario Döhler

www.innovativbauen.de

ThermoShield ist ein Produkt der SICC GmbH

www.sicc-coatings.de

Berechnungen, Energieausweis: DIMaGB

www.haus-klinik.de

Ein Beitrag von Chr. Gräbert

www.ibg-baumanagement.de

E 0927

EFH in Erlenbach

Erläuterungen

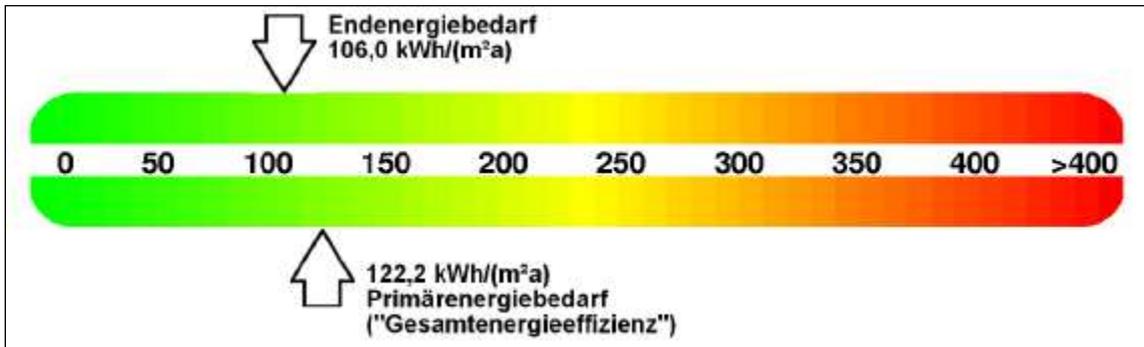


Bild 1: Variante: mit Vaillant Gastherme (alt)

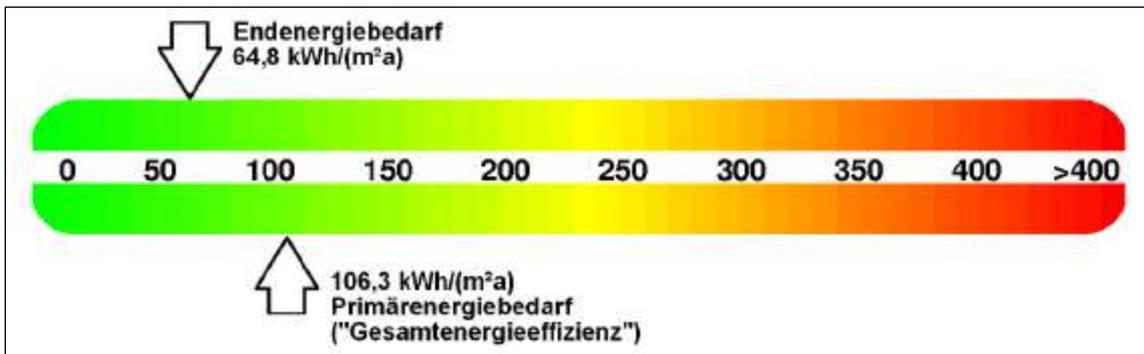


Bild 2: Variante Ist: mit ThermoShield, Durchlauferhitzern und Strahlungsheizung

Mit den Begriffen Endenergiebedarf und Primärenergiebedarf können die wenigsten etwas anfangen. Vermutlich ist das auch gewollt. Zum Verständnis trägt eher die Kenngröße Heizwärmebedarf bei: siehe Folgeseite, Vergleich der Kurzergebnisse. Man vergleiche die Größen vom Heizwärmebedarf und vom Endenergiebedarf – sie sind gelb hinterlegt. Bei der Bewertung der Ergebnisse muss man berücksichtigen, dass die Berechnungsverfahren nach EnEV eine Reihe von Abstrakta beinhalten.

Immer wieder zur Stolperfalle, insbesondere für Hausverwalter, ist der Begriff „Nutzfläche“. Die Gebäudenutzfläche AN hat mit der Wohn- und/oder Nutzfläche gar nichts zu tun. Man errechnet das beheizte Volumen, dann wird mit einem festgelegten Faktor das Luftvolumen berechnet und daraus wiederum mit einem festgelegten Faktor die so genannte Gebäudenutzfläche.

Zone Wohnbereich (4 WE in den 2 OG) (beheizte Zone)

beheiztes Volumen V_e	410 m ³
Luftvolumen V	312 m ³
Nutzfläche A_N	131 m ²

Zum Vergleich: die Wohnfläche rd. 110 m²

Kurzergebnisse, Berechnung vom 05.08.2009

Berechnungsmodus: EnEV Monatsbilanzverfahren (Regelverfahren für alle Wohngebäude)

Klimaregion: Referenzklima

Zonen: Zone Unbeheizt (unbeheizte Zone)

Zone Wohnbereich (beheizte Zone)

beheiztes Volumen V_e	410 m ³
Luftvolumen V	312 m ³
Nutzfläche A_N	131 m ²
Innentemperatur	19,0 °C
Luftwechselrate	0,6 1/h

Bauphysik:

beheiztes Volumen V_e	410 m ³
Nutzfläche A_N	131 m ²
Verhältnis A/V_e	0,81 1/m
Luftvolumen V	312 m ³
Fläche Gebäudehülle A	330,4 m ²
Fläche Außenwände A_{AW}	157,7 m ²
Fläche Fenster A_F	21,8 m ²
Fensterflächenanteil $A_F/(A_{AW} + A_F)$	12 %

Wärmebilanz:

Heizwärmebedarf Q_h	10479 kWh/a
spezifischer Heizwärmebedarf q_h	80 kWh/m ² a
Transmissionswärmeverluste Q_t	12445 kWh/a
Lüftungswärmeverluste Q_v	5332 kWh/a
solare Warmgewinne Q_s	2957 kWh/a
interne Warmgewinne Q_i	4341 kWh/a
Warmwasserwärmebedarf Q_{tw}	1640 kWh/a

Ergebnisse:

Endenergiebedarf Q_e	13904 kWh/a
Primärenergiebedarf Q_p	16035 kWh/a
Anlagenverluste Q_a	1785 kWh/a
Anlagenaufwandszahl e_p	1,32
spezifischer Transmissionswärmeverlust H_t'	0,45 W/m ² K
zulässiger spez. Transmissionswärmeverlust zul. H_t'	0,49 W/m ² K
spezifischer Primärenergiebedarf Q_p''	122,2 kWh/m ² a
spezifischer Primärenergiebedarf Q_p'	39,1 kWh/m ³ a
zulässiger spez. Primärenergiebedarf zul. Q_p''	122,9 kWh/m ² a

Ist-Zustand mit ThermoShield, Durchlauferhitzern und Strahlungsheizung

Wärmebilanz:

Heizwärmebedarf Q_h	7136 kWh/a
spezifischer Heizwärmebedarf q_h	54 kWh/m ² a
Transmissionswärmeverluste Q_t	8560 kWh/a
Lüftungswärmeverluste Q_v	5383 kWh/a
solare Warmgewinne Q_s	2688 kWh/a
interne Warmgewinne Q_i	4118 kWh/a
Warmwasserwärmebedarf Q_{tw}	1640 kWh/a

Ergebnisse:

Endenergiebedarf Q_e	8495 kWh/a
Primärenergiebedarf Q_p	13939 kWh/a
Anlagenverluste Q_a	587 kWh/a
Anlagenaufwandszahl e_p	1,59
spezifischer Transmissionswärmeverlust H_t'	0,31 W/m ² K
zulässiger spez. Transmissionswärmeverlust zul. H_t'	0,49 W/m ² K
spezifischer Primärenergiebedarf Q_p''	106,3 kWh/m ² a
spezifischer Primärenergiebedarf Q_p'	34,0 kWh/m ³ a
zulässiger spez. Primärenergiebedarf zul. Q_p''	129,4 kWh/m ² a

ENERGIEAUSWEIS

für Wohngebäude
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

gültig bis: 05.08.2019 1

Gebäude

Gebäudetyp	Einfamilienhaus	
Adresse	[REDACTED]	
Gebäudeteil	das gesamte Haus	
Baujahr Gebäude	2007	
Baujahr Anlagentechnik	2008	
Anzahl Wohnungen	1	
Gebäudenutzfläche (A _N)	131 m ²	
Anlass der Ausstellung des Energieausweises	<input type="checkbox"/> Neubau <input type="checkbox"/> Modernisierung (Änderung/Erweiterung) <input type="checkbox"/> Vermietung/Verkauf <input checked="" type="checkbox"/> Sonstiges (freiwillig)	



Erläuterungen zu Grundlagen und Hintergründen

Auf folgende Passagen im Energieausweis nach EnEV sei besonders hingewiesen:

Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes

Die energetische Qualität eines Gebäudes kann durch die Berechnung des Energiebedarfs unter standardisierten Randbedingungen oder durch die Auswertung des Energieverbrauchs ermittelt werden. Als Bezugsfläche dient die energetische Gebäudenutzfläche nach der EnEV, die sich in der Regel von den allgemeinen Wohnflächenangaben unterscheidet. Die angegebenen Vergleichswerte sollen überschlägige Vergleiche ermöglichen.

Hinweise zur Verwendung des Energieausweises

Der Energieausweis dient lediglich der Information. Die Angaben im Energieausweis beziehen sich auf das gesamte Wohngebäude oder den oben bezeichneten Gebäudeteil. Der Energieausweis ist lediglich dafür gedacht, einen überschlägigen Vergleich von Gebäuden zu ermöglichen.

S. 1 Erläuterungen zum Verfahren

Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche (A_N) nach Energieeinsparverordnung. Der tatsächliche Verbrauch einer Wohnung oder eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens vom angegebenen Energieverbrauchskennwert ab.

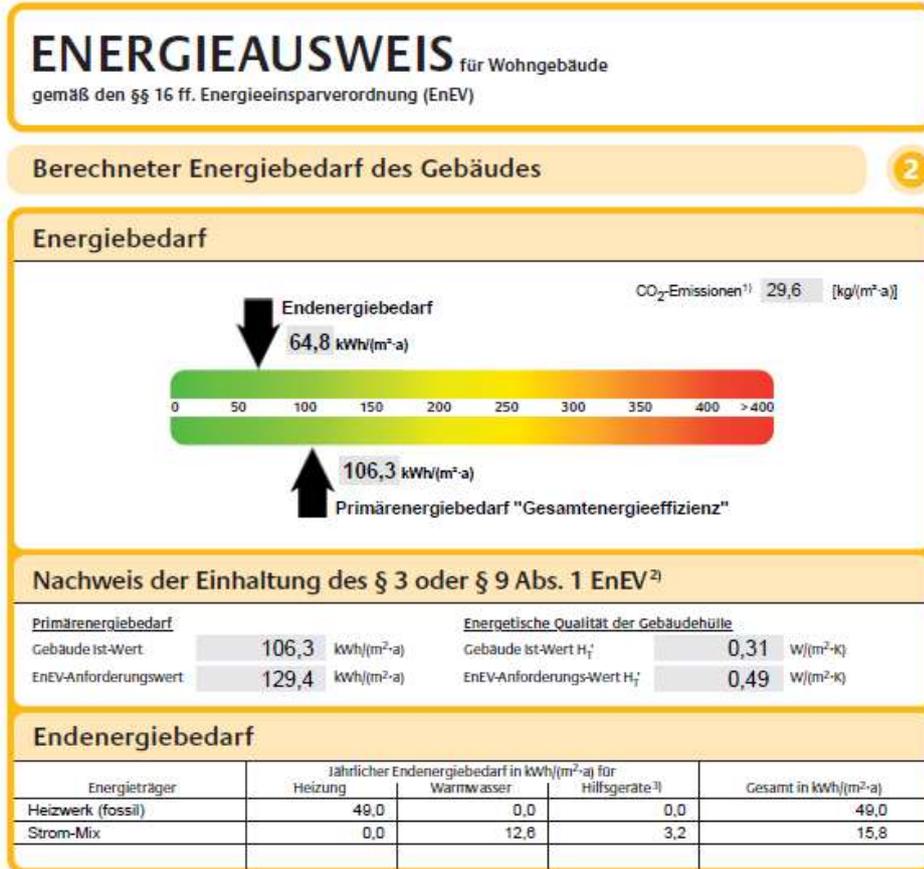
S. 3 Erläuterungen

Energiebedarf – Seite 2

Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch.

S. 4

Dies muss man nicht weiter kommentieren. Die Berechnung der Variante „Holzfaser-WDVS + TS-E“ erfolgt auf der Grundlage der EnEV / DIN 4108 in Verbindung mit Berechnungsverfahren außerhalb der Norm, nach Stand der Wissenschaft und der Technik 2005/2006.



Zum vertiefenden Verständnis und als Beleg zu den bisherigen Ausführungen werden bezogene Quellen aufgeführt. Zur Entlastung des E-Mail-Postfaches werden hier die URL der betreffenden Dokumente aufgeführt:

Dokumente als PDF im Download:

Hauser: Unrealistische Bilanzeinschätzung

http://download.dimagb.de/docs/bumann/Normen_zum_Waermeschutz_von_Gebaeuden.pdf

Sorption, Feuchte in Bauteilen

<http://download.dimagb.de/docs/bumann/Sorption080819.pdf>

Solare Erträge opaker Bauteile (Studie)

http://download.dimagb.de/docs/bumann/Solare_Gewinne_opaker_Bauteile.pdf

U-Wert: Theorie und Praxis

http://download.dimagb.de/docs/bumann/U_Wert_Theorie_und_Praxis.pdf

Objektreport: Kindergarten in Litauen

<http://download.dimagb.de/docs/bumann/SaulesGojus.pdf>

Objektreport: Holzfaser-WDVS in Berlin

<http://download.dimagb.de/docs/bumann/HolzfaserWDVSThermoShield.pdf>

ThermoShield, Bauphysik

<http://download.dimagb.de/html/thermoshield.htm>

Bauphysik im Internet:

http://www.dimagb.de/info/bauphys/a_bauphysik.html

<http://www.richtigbauen.de/info/phy/phy00.htm>

<http://www.richtigsanieren.de/info/bt/bt00.htm>

05.08.2009

Protokoll über Messungen des U-Wertes von Außenwänden mehrerer Einfamilienhäuser mit verschiedenem Wandaufbau.

Die durchgeführten Messungen belegen den positiven Einfluss von ThermoShield Interieur und, oder Exterieur auf den U-Werts bei Außenwänden von Einfamilienhäuser.

Inhaltsverzeichnis

- Aufgabenstellung
- Messort und –Anordnung
- Messgerät und -Verfahren
- Messdurchführung
- Messprotokolle

Aufgabenstellung:

Die Aufgabe der Messungen besteht darin, den positiven Einfluss von Interieur und, oder Exterieur auf den U-Wert von Außenwänden mit verschiedenen Wandaufbauten zu belegen. Weiterhin soll das Auskühlverhalten sowie die Aufwärmphase der Luft und der Wandtemperatur ermittelt werden.

Messort und Anordnung:

Messorte sind Einfamilienhäuser mit verschiedenen Wandaufbauten die im Messprotokoll einzeln beschrieben werden. Gemessen wird an der Westseite des Hauses in einer Höhe von ca. 3- 5m. Alle Messungen unterliegen soweit es geht den gleichen Bedingungen mit einer Temperaturdifferenz zwischen Innen und Außen von ca. >15°C. Es eignen sich daher vornehmlich die Nacht- oder frühen Morgenstunden vor Sonnenaufgang.

Messgerät und Verfahren:

Eingesetzt wurde zu einen das Messgerät TESTO 635 und die Fühler PT100
Nähere Infos unter www.messbar.de

Messdurchführung:

Für die Messung des U-Wertes werden ermittelt die Oberflächentemperatur T_w des Bauteiles (innen), Innentemperatur T_i und die Außentemperatur T_a . Zur Messung der Außentemperatur wird ein Funkfühler verwendet. Alle Daten werden über ein Messprogramm im Messgerät aufgezeichnet, gespeichert und anschließend mit Hilfe der Software ausgewertet und dokumentiert.



U-Wert , W/m²K:

Der Wandaufbau besteht aus 24cm Porenbeton, innen und außen gesamt 3,0 cm Putz sowie innen und außen ThermoShield beschichtet. Der U-Wert ist im Durchschnitt 0,30 W/m²K bezogen auf die Messpunkte 58- 62. Der Anstieg des U-Wertes am 20.02.2010 um 21.04 Uhr ist auf die Stoßlüftung zurückzuführen.

Auskühlverhalten und Aufwärmphase:

Stoßlüftung am 20.02.2010 von 20,59 Uhr- 21.04 Uhr (5min). In diesen Zeitraum war die Heizung ausgeschaltet. Die Lufttemperatur fiel von 21,9°C auf 15,6°C. Das ist ein Temperaturverlust von 6,3°C. Die Wandtemperatur fiel von 20,9°C auf 19,8°C. Das ist ein Temperaturverlust von 1,1°C. Nach 20min um 21.24 Uhr betrug die Lufttemperatur wieder 20,2°C und die Wandtemperatur 19,9°C. Nach dem Lüften betrug die Temperaturdifferenz zwischen Luft- und Wandoberfläche max. 1,6°C.

Heizverhalten während der Messung:

Gemessen wurde in einen geschlossenen Raum mit einer Größe von 12m² bei normaler Raumhöhe. Geheizt wird mit Infrartheizung. Maße 900 x 600 mit einer Leistung von 480 Watt. Während der Messung lief die Heizung 5,5 Std. von 17,30- 19,00 Uhr, von 23,00- 1,00 Uhr und von 5,00- 7,00 Uhr.

Messprotokoll : Haus 2

Der Wandaufbau besteht aus 36,5cm Porenbeton, innen 15 mm Putz. Außen wurde nicht verputzt. Der U-Wert ist im Durchschnitt 0,30 W/m²K so wie es auch der Hersteller in seinen Flyer ausschreibt. Der Anstieg des U-Wertes am 20.02.2010 um 21.04 Uhr ist auf die Stoßlüftung zurückzuführen.

Hinweise zu einem durchgeführten Messgang Grundlagen und Interpretation der Daten

Gemessen wurden vom 20.02.2010 17:30 bis 21.02.2010 9:00 verschiedene Messgrößen im Raum und außen:

- Raumlufttemperatur innen
- Lufttemperatur außen
- Wandoberflächentemperatur innen
- „der U-Wert“
- rF [%]; wahrscheinlich die rel. Luftfeuchte außen
- Mat [%], die Materialfeuchte an unbekanntem Ort

Es handelt sich um eine 24 cm Porenbetonwand, beidseitig geputzt und mit ThermoShield Exterieur und Interieur beschichtet. Geheizt wird mit einer Infrarot (IR) Heizung.

Im Folgenden sollen einige Gedanken zu den einzelnen Messgrößen dazu anregen, zukünftig bei der Interpretation der Messergebnisse vorsichtig und Ziel führend heranzugehen.

Der U-Wert

Es handelt sich um eine Materialkenngröße von vielen. Aufgrund wirtschaftlicher Interessen wird dem U-Wert die entscheidende Funktion bei der Energiebilanz von Gebäuden zugewiesen. Einen wissenschaftlichen Nachweis dafür gibt es nicht, zahlreiche Messergebnisse der Vergangenheit belegen das Gegenteil.

Beim U-Wert handelt es sich um eine Kunstgröße, die für den stationären Zustand im Labor gilt. Um die U-Wert-Theorie in sich beweisen zu können ($3 \times 4 = 9$, denn $9 : 4 = 3$), sind praxisferne Randbedingungen erforderlich.

Man muss aus der Fourierschen Wärmeleitungsgleichung die spezifische Wärme und die Rohdichte weglassen. Insofern erscheint es geradezu konsequent, wenn für die Feuchte normierte Zustände gesetzt werden.

Zum Rekapitulieren: Der U-Wert

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{se} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + R_{si}}$$

$$\frac{1}{U} = R_T = R_{se} + \sum R_i + R_{si}$$

Der U-Wert ist das Reziproke der Summe der Wärmewiderstände, wobei es normierte unveränderliche Übergangswiderstände innen und außen gibt sowie die Wärmewiderstände der Materialschichten. Die Wärmewiderstände der Materialschichten werden aus der Materialstärke und der Wärmeleitfähigkeit berechnet.

$$q = \frac{\vartheta_{L,i} - \vartheta_{L,a}}{1/k}$$

$$q = U(\theta_i - \theta_e)$$

Aus der Differenz von Innen- und der Außentemperatur sowie dem Wärmedurchgangswiderstand des Bauteils ermittelt man die Wärmestromdichte q [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$] für den stationären Zustand. Daraufhin lässt sich ein Temperaturprofil durch das Bauteil für den stationären Zustand, jeweils an den Schichtgrenzen, errechnen. Auf der Folgeseite ist solch ein Beispiel aufgeführt.

Der U-Wert als Rechengröße

Formeln lassen sich umstellen. Dies wird im vorliegenden Fall vom Messgerätehersteller über die mitgelieferte Software bewerkstelligt. Es gelten die theoretischen und stationären Randbedingungen der U-Wert-Theorie, Ausgangsgrößen sind die gemessenen Temperaturen.

Der U-Wert wird nicht gemessen, sondern er ist eine Rechengröße, die aus gemessenen Werten unter bestimmten Randbedingungen abgeleitet wird.

Deutlich wird dies an dem starken Kurvenausschlag kurz nach 21:00 Uhr. Durch Stoßlüftung werden sowohl die Raumluft- als auch die Wandoberflächentemperatur beeinflusst. Dass der U-Wert von 0,36 auf 2,15 (auf fast 600%!) steigt, um dann über 1,16 auf 0,32 zu fallen, lässt sich nur anhand des theoretisierenden Rechenweges erklären.

Der U-Wert eines Bauteils wird durch eine Stoßlüftung nicht verändert (zumindest nicht wesentlich; marginal mögen sich Verbesserungen infolge oberflächennaher Entfeuchtung (Desorption) darstellen lassen).

Anhand dieses simplen Beispiels wird die deutliche Diskrepanz zwischen Theorie und Praxis anschaulich verdeutlicht. Insofern handelt es sich bei diesen Messungen und den von einem Hersteller beworbenen absurden Berechnungsverfahren um eine sehr gute Bestätigung der Untauglichkeit der U-Wert-Theorie in der instationären Praxis.

Das Dilemma wird zudem durch die überhöhte Darstellung in Abbildung 3 verdeutlicht. Mal fällt der U-Wert, mal nimmt er zu, das wiederum in unterschiedlichem Maße. Vergl. hierzu auch Abbildung 5, die eine Korrelation zwischen Innen- und Außenlufttemperatur sowie dem U-Wert nicht bestätigt.

Mit der Interpretation dieses Werteverhaltens möge sich befassen, wer will. Mehr als Kaffeesatzleserei wird dabei nicht herauskommen.

$$\begin{aligned} \theta_{oi} &= \theta_i - U \cdot R_{si} (\theta_i - \theta_e) \\ &= 20,00 - 1,21 \cdot 0,13 (20,0 - -10,0) \leftarrow \\ &= 20,00 - 4,73 \\ &= 15,27 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \theta_i - U \cdot \frac{d_1}{\lambda_1} (\theta_i - \theta_e) \\ &= 15,27 - 1,21 \cdot \frac{0,015}{0,80} (20,0 - -10,0) \leftarrow \\ &= 15,27 - 0,68 \\ &= 14,59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta_2 &= \theta_i - U \cdot \frac{d_2}{\lambda_2} (\theta_i - \theta_e) \\ &= 14,59 - 1,21 \cdot \frac{0,300}{0,50} (20,0 - -10,0) \leftarrow \\ &= 14,59 - 21,83 \\ &= -7,24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta_3 &= \theta_i - U \cdot \frac{d_3}{\lambda_3} (\theta_i - \theta_e) \\ &= -7,24 - 1,21 \cdot \frac{0,025}{0,70} (20,0 - -10,0) \leftarrow \\ &= -7,24 - 1,30 \\ &= -8,54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta_{oe} &= \theta_i - U \cdot R_{se} (\theta_i - \theta_e) \\ &= -8,54 - 1,21 \cdot 0,04 (20,0 - -10,0) \\ &= -8,54 - 1,48 \\ &= -10,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{si} &= 0,13 \\ R_1 &= 0,02 \\ R_2 &= 0,60 \\ R_3 &= 0,04 \\ R_{se} &= 0,04 \\ \Sigma R &= \underline{0,82} \\ U &= 1,21 \end{aligned}$$

$$d_{ges} = 0,34 \text{ m}$$

Das Rechenbeispiel zum Temperaturverlauf aus Rechenwerte ThermoShield, Teil 6.1: TS-I. Erarbeitung von Grundlagen für ein Berechnungsmodell für die Innenbeschichtung ThermoShield Interieur, Dipl.-Ing. M. Bumann, DIMaGB, Berlin, für die SICC GmbH, Berlin, 22.05.2008

Heizzeiten

Der gesamte Zeitraum umfasst die Zeit von 17:30 bis 9:00 Uhr des Folgetages.

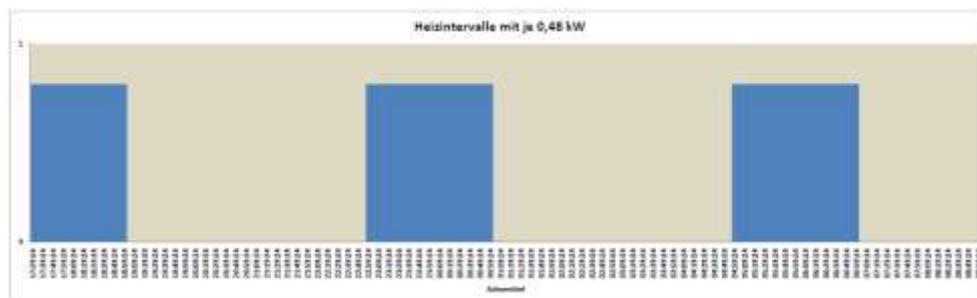


Abbildung 1: Grafik der Heizperioden

Anhand der Aufzeichnungen sind folgende Heizintervalle dokumentiert:

17:30 bis 19:00 (1,5h)

23:00 bis 01:00 (2,0h)

05:00 bis 07:00 (2,0h)

Die Heizleistung beträgt 480 W. Die Heizung läuft also nicht kontinuierlich, sondern in 3 Intervallen zu insgesamt 35% der Gesamtzeit. Die abgegebene Heizleistung beträgt 2,64 kWh.

Dieser Wert ist in Relation zur Grundfläche des beheizten Raumes zu setzen und mit dem Heizwärmebedarf (inklusive Wirkungsgrad ist es die Endenergie) zu vergleichen.

Raumlufttemperatur

Anhand der Grafik wird deutlich, dass die Raumlufttemperatur recht genau der Wandoberflächentemperatur folgt. Oder sollte man provokant fragen: Oder Umgekehrt? Das Wesen der IR-Heizung besteht darin, dass die Wandoberflächentemperaturen erhöht werden.

Da man an jedem Messpunkt zum selben Zeitpunkt einen anderen Wert erhält, wird verständlich, dass dies über die mittlere Hüllflächentemperatur definiert wird. Steigt die mittlere Hüllflächentemperatur, wirkt sich das auf die Empfindungstemperatur aus (beachte: die gefühlte Temperatur ist wieder etwas anderes). Man verbessert die thermische Behaglichkeit, auch ohne die Raumtemperatur anzuheben.

Offensichtlich ist aber eine gute Kopplung von Raumluft- und Wandoberflächentemperatur gegeben. Vergl. hierzu Abbildung 2.

Wie ist dieser Widerspruch aufzulösen? - Hierzu muss man die Frage wie folgt stellen: Was wird gemessen? Ist es wirklich die Raumlufttemperatur?

Die Wandoberflächentemperaturen steigen, weil der IR-Heizer Wärmestrahlung aussendet. Dabei wirkt neben der Primärstrahlung die Sekundärstrahlung mit. Das ist der Grund dafür, dass auch verdeckte Wandflächen, die sich nicht im direkten Kegel des Heizers befinden, z.B. hinter einem Sessel, wärmer werden.

Der Messfühler für die Raumlufttemperatur zeigt nicht die eigentliche Messgröße an, sondern einen höheren Wert. Das liegt daran, dass er genauso angestrahlt und somit erwärmt wird.

In **[Fehler! Textmarke nicht definiert.]** wird darauf hingewiesen: „Aus [2] geht hervor, dass die on der SICC GmbH initiierte Raumklimaanalyse bereits von Wettbewerbern nachgestellt wurde. Insofern sind die zu [1] veröffentlichten Berichte als Grundlagenwissen anzusehen und bei zukünftigen Messprojekten zu berücksichtigen.“

Mit den veröffentlichten Berichten ist hier gemeint: Prof. Dr. Marx: "Protokoll über Messung des thermischen Raumklimas im Gebäude der Deutschen Welle in 53113 Bonn, Kurt-Schumacher-Str. 3", TFH Berlin, 06.09.2005 - berichtet in: dib: "Die Raumklima-Analyse vom 01. und 02.09.2005 bei der Deutschen Welle in Bonn", SICC GmbH, 16.09.2005.

Aus der Literatur zu dem 1975 erfundenen elektronischen Raumklimaanalysator geht hervor, dass der Sensor für die Raumlufttemperatur strahlungsgeschützt eingehaust ist, um eben diesen Messfehler auszuschließen.

Strahlungsphysik

Wenn es um Strahlungsvorgänge geht, ist die U-Wert-Theorie fehl am Platze. Sie trägt lediglich zur Verwirrung und Verwässerung bei, als dass sie einen modellhaften Erklärungsbeitrag liefert. Das liegt daran, dass Strahlungsvorgänge der U-Wert-Theorie wesensfremd sind.

Die Raumlufttemperatur ist nicht die bestimmende Größe, wenn es um IR-Vorgänge geht. Hierbei geht es um Strahlungsphysik im Wellenlängenbereich um die 10 µm und zwar in folgenden Fällen:

- mit thermokeramischer Membrantechnologie beschichtete Flächen (IR Reflexion)
- Beheizung mit Heizungssystemen nach dem Prinzip der Wärmestrahlung (IR Heizung)
- die Kombination von IR Heizung und IR reflektierender Beschichtung

Das Schrifttum hierzu ist gegeben.

01.03.2010

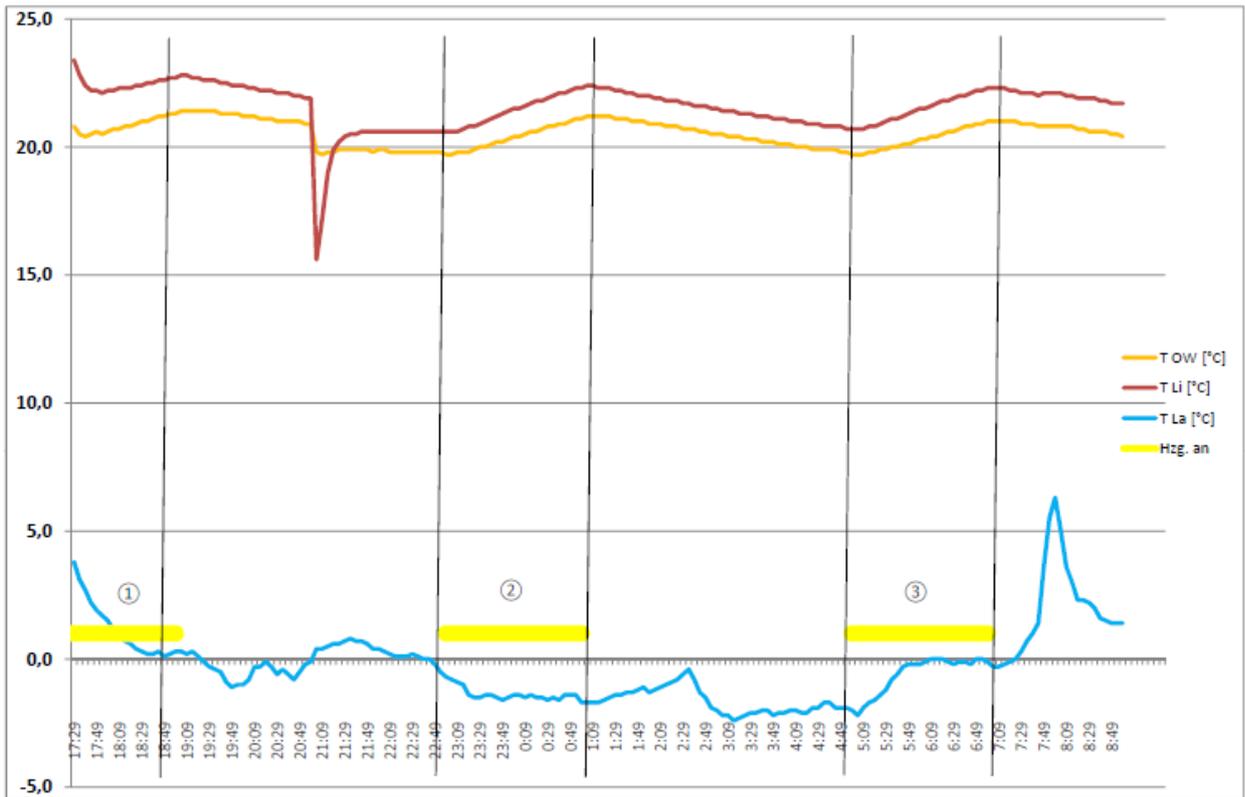


Abbildung 2: Grafik zu mehreren Messgrößen (Lufttemp. Innen und außen, Wandoberflächentemp., Heizzeit)

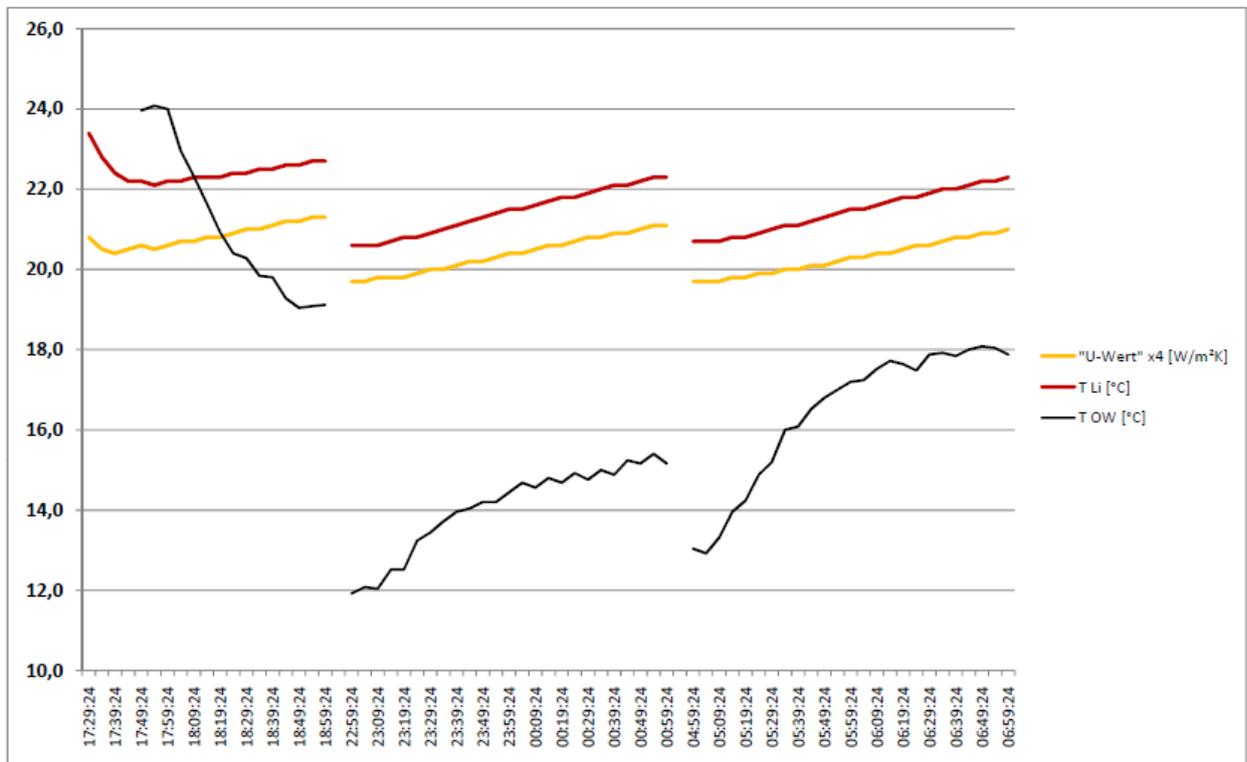


Abbildung 3: „U-Wert“ sowie Raumluft- u. Wandoberflächentemperaturen während der Heizzeiten

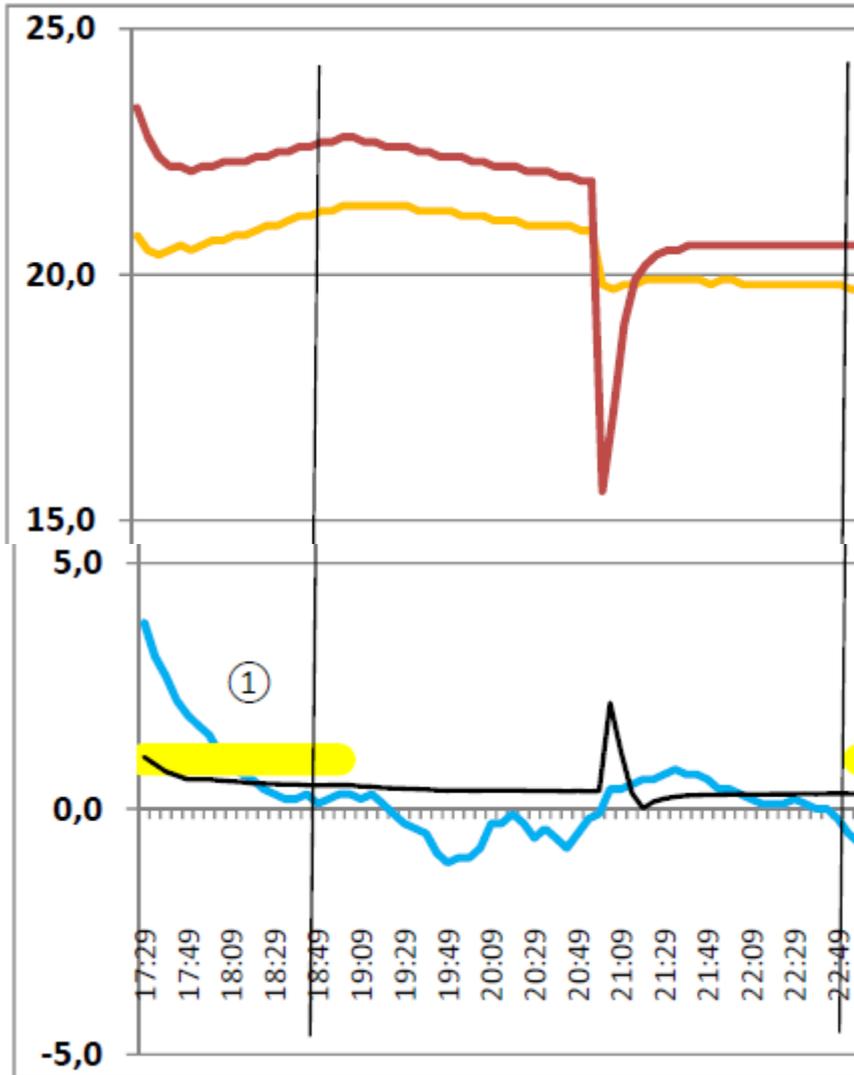


Abbildung 4: Das Wunder des springenden U-Wertes durch Stoßlüftung bei ca. 21:00

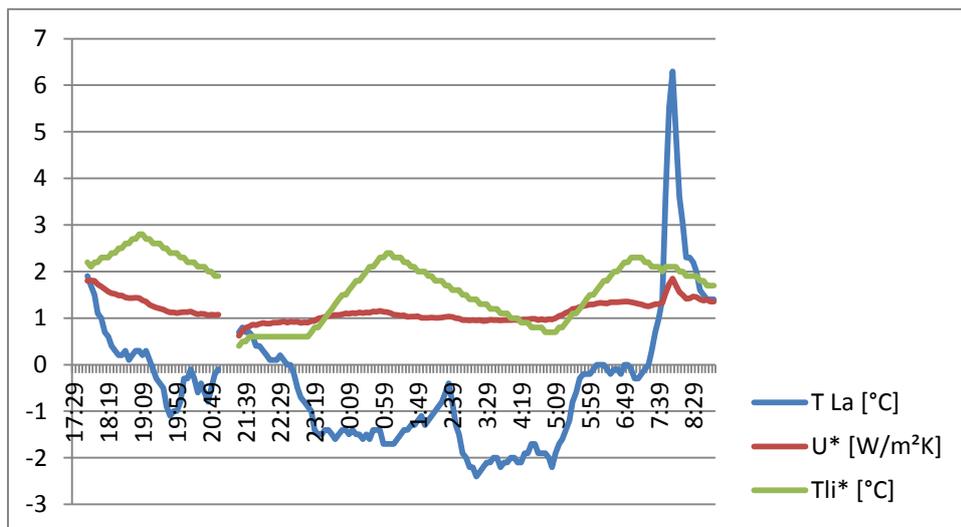


Abbildung 5: Relationen von Lufttemperatur innen, außen und „U-Wert“ – keine Korrelation

Bezug:

Hinweise zu einem durchgeführten Messgang

Grundlagen und Interpretation der Daten

E1006 vom 01.03.2010

Weiterführende Überlegungen zu Messungen im Zusammenhang mit Infrarot-Heizung

Arbeitsname: E1006-2, Grundlagen: die Rohdaten aus der Excel-Tabelle



Abbildung 6: Beginn der Messreihe (Heizperiode 1) – abnehmende Raumtemperatur bei eingeschalteter Heizung

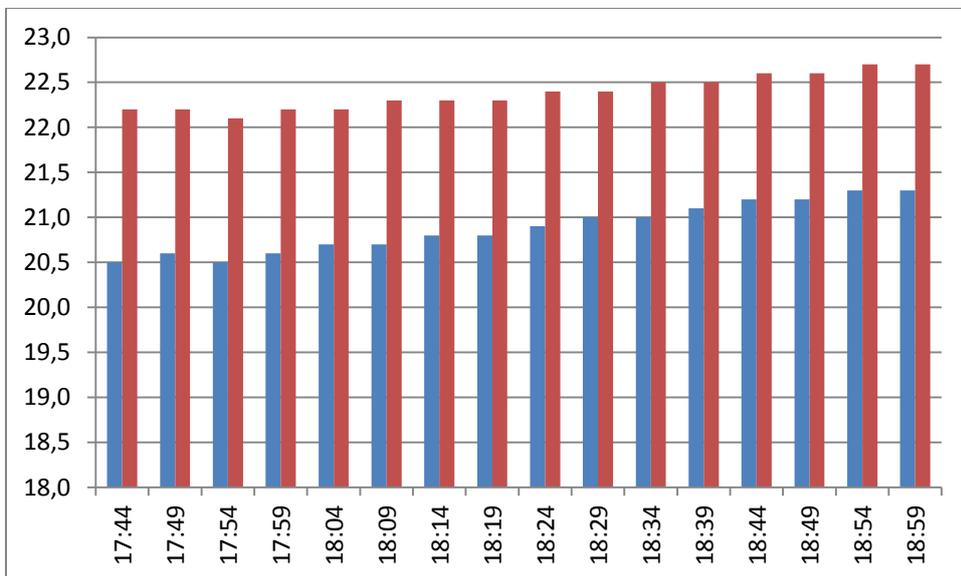


Abbildung 7: Heizperiode 1 von 17:44 bis 18:59

Die Temperaturabnahme zu Beginn der 1. Messreihe lässt sich am ehesten mit einsetzender Kalibrierung erklären. Frage: gibt es eine andere Erklärung?

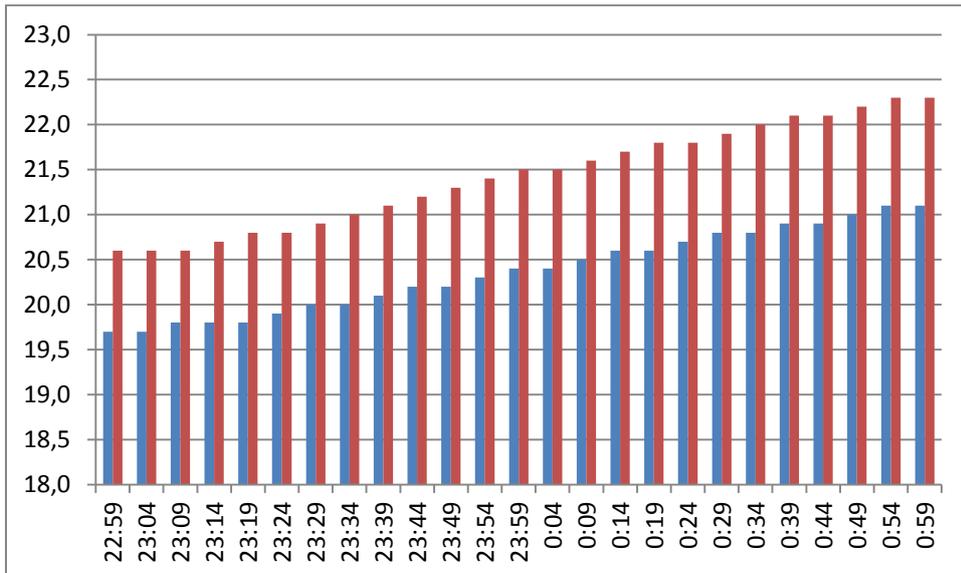


Abbildung 8: Heizperiode 2 von 22:59 bis 00:59

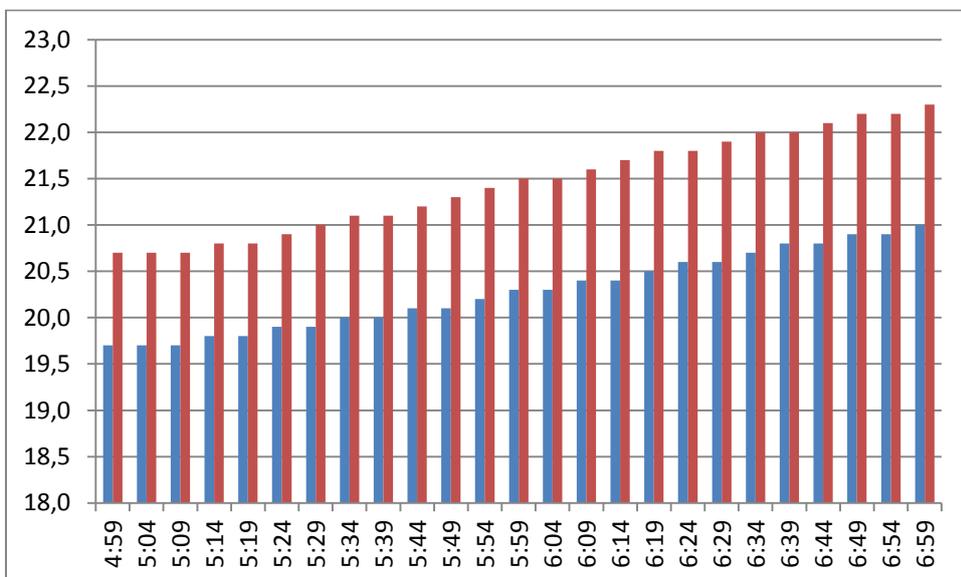


Abbildung 9: Heizperiode 3 von 4:59 bis 6:59

Typisch für alle 3 Messreihen (zu den 3 Heizperioden) ist, dass eine an die steigende Wandoberflächentemperatur gekoppelte Zunahme der Raumlufttemperatur festzustellen ist. Das Problem hierbei: der Messfühler ist nicht vor der Wärmestrahlung geschützt, so dass er eher die Eigentemperatur als die Lufttemperatur misst.

EFH in Erlenbach: IR Heizung & IR reflektierender Anstrich – eine Auswertung

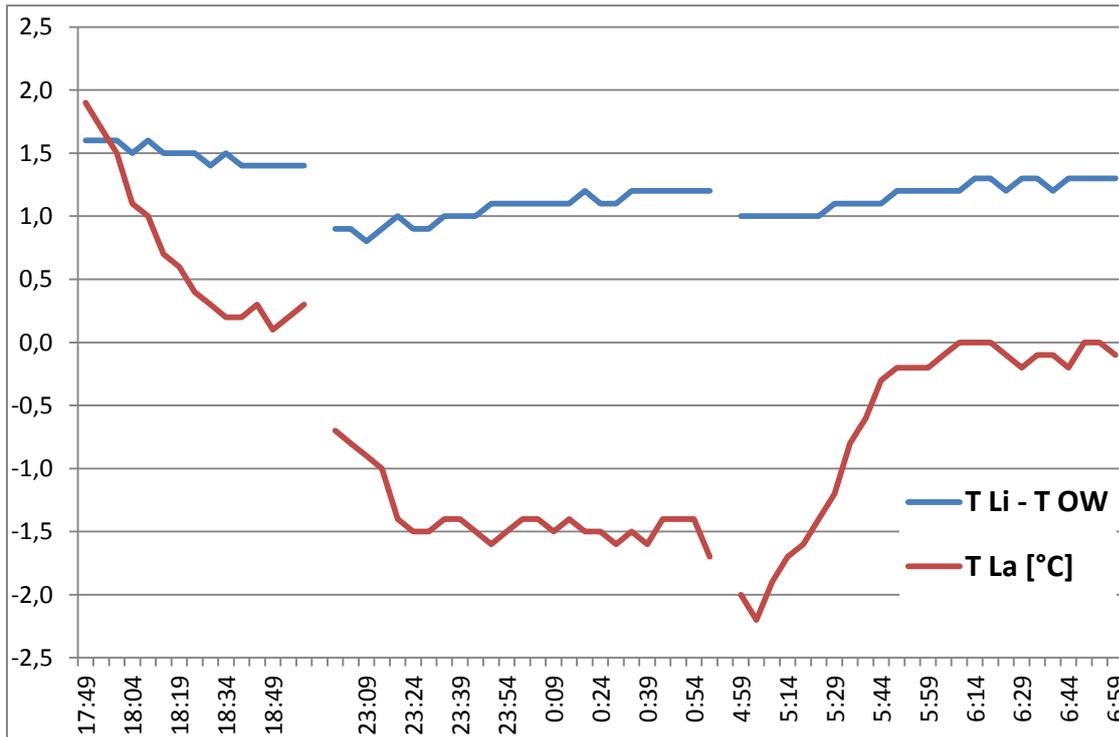


Abbildung 10: Besteht zwischen der Differenz von „Raumlufttemperatur“ und Wandoberflächentemperatur eine Korrelation zur Außentemperatur, die nach U-Wert-Theorie maßgebend ist?

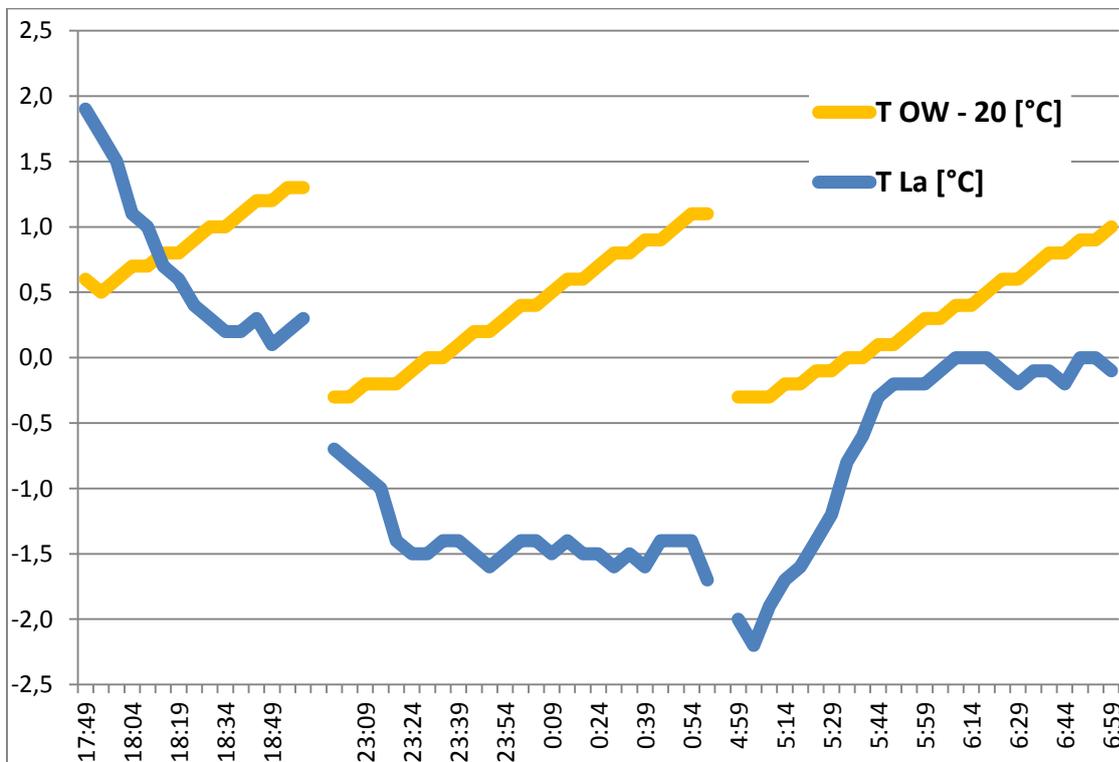


Abbildung 11: die um 20°C niedriger skalierte Wandoberflächentemperatur scheint keinen Bezug zur Außentemperatur zu haben

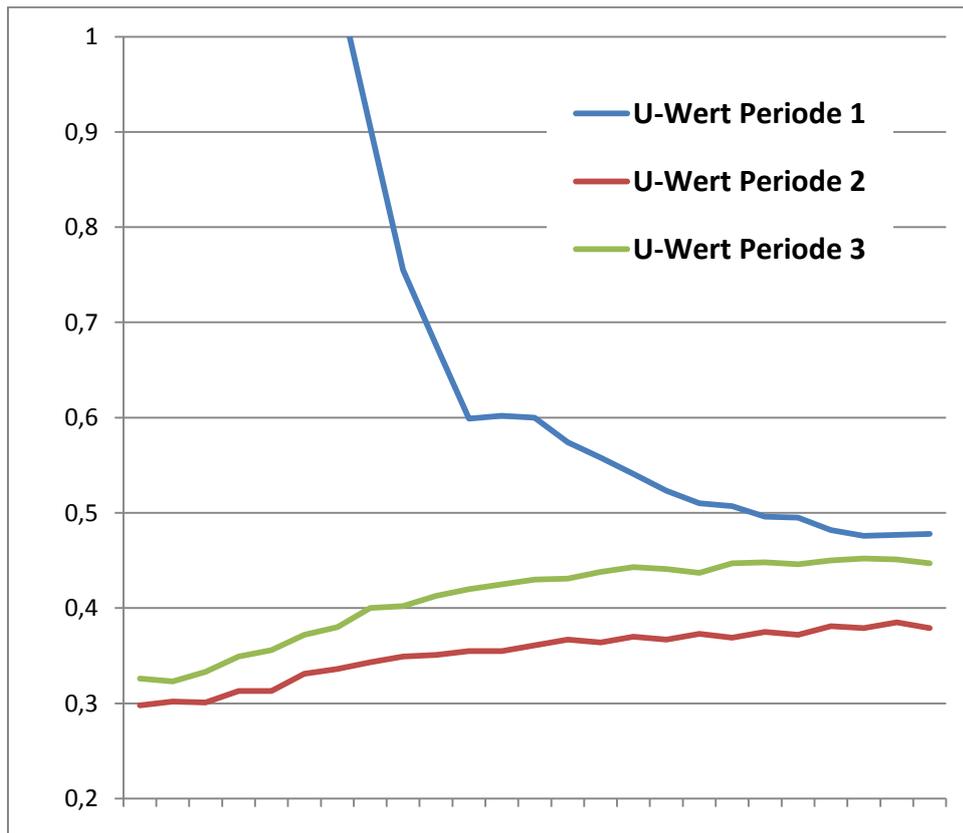


Abbildung 12: Unterschiedliche Veränderungen des „U-Wertes“ in der jeweiligen Heizperiode

Wie ist die grafische Umsetzung der Messwerte zu werten?

Abbildung 10 und

Abbildung 11 zeigen recht deutlich die Unsinnigkeit der U-Wert-Theorie:

- gibt es keine signifikante Kopplung der Wandoberflächentemperatur ($\Delta < 0,25 \text{ }^\circ\text{C}$) an die Außentemperatur ($\Delta > 4,0 \text{ }^\circ\text{C}$) und
- nimmt der vermeintliche U-Wert mit steigender Wandoberflächentemperatur zu

Diese zwei Fakten belegen, dass die U-Wert-Theorie lediglich für den stationären Zustand Bestand hat und zur Beschreibung dynamischer Situationen völlig ungeeignet ist.

Welche Informationen sollte man zum Messobjekt haben?

- Die Leistungsaufnahme der elektrisch betriebenen Heizplatten (kWh)
- Die Raumgeometrie: B x H x T
- Anzahl und Beschaffenheit der Außenwände
- Beschaffenheit der anderen Hüllflächen (Decken, Innenwände) sowie die Temperatur der dahinter befindlichen Räume
- Gut wären ein paar Fotos zur Verdeutlichung der Relationen der Hüllfläche zu den kleinen Wärme abgebenden Flächen

Eine grundlegend zu klärende Frage:

Wenn durch die IR Bestrahlung die Wandoberflächentemperatur ansteigt, müsste theoretisch der Wärmestrom von innen nach außen zunehmen, weil das Temperaturgefälle größer wird. Ist das so? These: nein, denn es wird die Energie leichter in den Raum abgestrahlt (keine Übergangswiderstände für Strahlung!) als mittels Wärmeleitung bei Überwindung des Wärmewiderstandes der Wand nach außen abtransportiert.

06.04.2010

Bezug:

Hinweise zu einem durchgeführten Messgang

Grundlagen und Interpretation der Daten

E1006 vom 01.03.2010

Weiterführende Überlegungen zu Messungen im Zusammenhang mit Infrarot-Heizung

Arbeitsname: E1006-2, Grundlagen: die Rohdaten aus der Excel-Tabelle

E1006-2 vom 06.04.2010

**Ein Kommentar vom Bausachverständigen Dipl.-Ing. Gräbert, Berlin
zu E1006-2:**

„... da ich hier bei uns ebenfalls Messungen zu den hier installierten IR Heizungen durchführe, kann ich einige Interpretationen voll unterstreichen. Ich messe in wesentlich längeren Interwallen. Ziel ist es, festzustellen, wie sich das Wohnklima über einen Zeitraum von einem Jahr verhält. Wir haben hier Räume mit und ohne IR-Heizungen.

Hier nun einige Gedanken zu den Messreihen:

Abb. 1 + 2

Die abnehmenden Lufttemperaturen des Raumes Luft bei eingeschalteter Heizung sind sicher Folge vorhergegangener Abkühlungstendenzen. Da die Luft ja nicht direkt über die Heizungen erwärmt wird, stellt sich auch erst nach Temperierung der Wandoberflächen der Erwärmungseffekt ein. Wir empfehlen ja daher, bei Erstinbetriebnahme von IR Heizungen, diese 24 - 48 Stunden durchlaufen zu lassen, damit die Wände die Energie aufnehmen können.

Abb. 3 + 4

Diese Kopplung des Betrages der Raumlufttemperatur an die Oberflächentemperatur kann ich voll und ganz bestätigen.

Abb. 5 + 6

Ein ganz klares NEIN. Bei meinen Messungen haben die Wandoberflächen und die Raumtemperaturen einen relativ konstanten, fast parallelen Betrag, während die Außentemperatur sehr unterschiedlich ist.

Abb. 7

U-Werte habe ich nicht gemessen.

Zu Frage 1:

Wie ist die grafische Umsetzung der Messwerte zu werten?

Auch hier gibt es keine Kopplung der Wandoberflächentemperatur an die Außentemperatur.

Zu Frage 2

Welche Informationen sollte man zum Messobjekt haben?

Die Leistungsaufnahme ist sicher wichtig, aber mindestens genauso wichtig ist die Strahlungsleistung, die daraus resultiert.

Raumgeometrie, Beschaffenheit der Oberflächen (sowohl Außen, als auch Innenwände), Möblierung, Fußboden und Decken und natürlich die Farbe!!!

Fotos zur Verdeutlichung der Relation von Hüllfläche und Strahlplatten.

Zur noch grundlegend zu klärenden Frage:

Ich denke, dass zwar die aufgestellte These vom Prinzip her richtig ist, allerdings hab ich da einen Einwand, bzw. anderen Gedankengang. Wenn die Energie leichter in den Raum abgestrahlt werden würde, als mittels Wärmeleitung in die Tiefe der Wand transportiert wird, dann würde sich ja nur die Oberflächen erwärmen, und nie ganze Körper. Ich denke, es verhält sich wie ein Gummiband, bei dem nach einer gewissen Dehnung (Erwärmung durch Wärmeleitung) ein Punkt erreicht wird, an dem es sich wieder zusammen zieht. Dann wird der Wärmestrom gebremst, weil die Abstrahlung leichter geht.

Nun noch ein Kommentar vom Unterzeichner:

Es wird darauf hingewiesen, dass es sich hier zunächst um die ersten Stufen bei dieser Analyse handelt. Es werden Datengrundlagen gesammelt und erste Zwischenauswertungen angestellt. Das Ziel besteht darin, in einem abschließend auszuförmulierenden Bericht (Fachartikel) alle bisherigen Dokumente zusammenzuführen.

Mittlerweile sind es bereits drei Projektbeteiligte (zwei davon Mitglieder im FEWB e.V. www.fewb.de), so dass eine gewisse Ballung von Fachkompetenz sichergestellt ist. In der gemeinsamen Diskussion der Sachverhalte werden wir die grundlegenden Ansätze finden. Wichtig ist es, ein Modell zu entwickeln, welches die Mechanismen der Wärmeübertragung erfasst. Deshalb hat der Unterzeichner bereits darauf hingewiesen, dass es keine Übergangswiderstände für Strahlung gibt.

Inzwischen konnte übereinstimmend herausgearbeitet werden, dass die scheinbare Kopplung der Raumlufttemperatur an die Wandoberflächentemperatur lediglich darauf zurückzuführen ist, dass der Messfühler mit IR angestrahlt wird und somit eher seine Eigentemperatur angibt als die Raumlufttemperatur. Um die Raumlufttemperatur zu messen, muss der Sensor vor der IR-Strahlung geschützt werden. Dieses Messprinzip ist, auch in seiner gerätetechnischen Umsetzung, vom Raumklimaanalysator von Prof. Marx bekannt.

Eine gesicherte empirische Erfahrung belegt, dass man mit IR-Heizungen einen hohen Grad an Behaglichkeit erzielt und dabei erstaunlich geringe Heizkosten hat. Hierzu wird auf die erste Schnellauswertung verwiesen (Anlage). Weniger als 450 € p.a. sind für ein EFH mit 121 qm ein respektables Ergebnis. Die Praxis zeigt: die Kombination von IR Heizung und ThermoShield als IR reflektierende Innenbeschichtung führt zu energieeffizienten und wirtschaftlichen Ergebnissen.

Wichtiges Grundlagenwissen wird hier vermittelt:

<http://www.fewb.de/info/heizunglueftung.htm>

26.04.2010

Wohnhaus in Erlenbach mit Infrarotheizung und ThermoShield.



Zimmer	F [m ²]	Heizleistung [W]
Wohnzimmer	34,58	1.920
Küche	11,45	480
Gäste WC	1,60	200
HWRaum	6,83	0
Flur EG	10,00	480
Schlafzimmer 1.OG	15,00	480
Kinderzimmer 1.OG	13,70	480
Bürozimmer 1.OG	14,12	480
Bad 1.OG	9,50	480
Flur 1.OG	4,47	320
Gesamt	121,25	5.320

	06.03.2008	29.03.2010	Gesamt	[c/kWh]	Gesamt
Stromzähler					
Haupttarif	15.134	15.937	803 x	19,5	158,59 €
Nachtтарif	13.536	14.280	744 x	19,5	145,08 €
					<u>301,67 €</u>

Heizplatten wurden an die Decke montiert und sind für jedes Zimmer separat über eine Schaltuhr mit mehreren Intervallen geschaltet. Im Wohnzimmer steht ein 8 kW Holzofen und es wurden in diesen Zeitraum mit 13 Ster Holz a 45 € geheizt. Die Gesamtkosten belaufen sich aus 443,33 € pro Jahr oder 3,65 pro m²/ Jahr

zzgl. Holz	[€/Ster]
13 x	45
	<u>585,00 €</u>
	<u>886,67 €</u>

443,33 € p.a.

3,66 € / m² Wfl. p.a.