

## 70% Einsparung mit Infrarot – wie geht das?

Eine Fallstudie unter realen Bedingungen

*Autor: DI Günther Hruby/easyTherm Infrarot Wärmesysteme GmbH, Eisenstadt, Österreich*

### Zusammenfassung

Praxisstudien für den Vergleich von Heizungssystemen müssen insbesondere bei den Kriterien Witterung und Wohngewohnheiten sorgsam geplant und ausgeführt werden. Bei der nach diesen Kriterien erstellten Studie über eine Umrüstung eines Einfamilienhauses von einer Öl-Zentralheizung auf eine hocheffiziente Infrarot-Strahlungsheizung ergibt die über drei Heizungsseasonen gemittelte Messung einen wesentlich geringeren Energieverbrauch sowie eine erhöhte Behaglichkeit durch das Infrarot-System. Die Einsparungen in der Heizenergie ohne Warmwasser liegen bei 68% und im Heizwärmebedarf bei 49%. Diese Ergebnisse werden auch durch eine weitere Praxisstudie in gleichartigen Testcontainern bestätigt. Als wesentliche Ursachen können bei Infrarot die höhere physiologische Wirksamkeit, die Verbesserung der Behaglichkeit durch geringere vertikale Temperaturgradienten mit zeitweiser Umkehr, die fehlenden Verluste im thermischen Verbrennungs-, Aufbereitungs- und Verteilungsprozess sowie die verbesserte Wärmedämmung durch Abtrocknen der außen anliegenden Bauteile ausgemacht werden.

### Voraussetzungen für ein seriöses Setting einer Vergleichsstudie

Um Heizungssysteme einem aussagekräftigen und praxisgerechten Vergleichstest zu unterziehen gibt es grundsätzlich 2 Methoden:

1. Parallel: gleichartige Testobjekte (Wohnungen oder Häuser) werden gleichartig aufgebaut und mit zu vergleichenden Heizungssystemen unter gleichartiger Witterung über mindestens eine Saison gleichartig betrieben. Der Nachteil ist der hohe Aufwand durch die Errichtung und das Herstellen der vergleichbaren Wohngewohnheiten, die durch ausreichend aufwändiges Monitoring (Innentemperaturen, Luftfeuchtigkeit, Strahlungsintensität, Lüftungsgewohnheiten, Betriebszeiten erzwungener Lüftungen,...) überprüft werden müssen.
2. Seriell: ein einziges Testobjekt wird zu einem bestimmten Zeitpunkt umgerüstet und die Bewohner nutzen das Gebäude vorher und nachher so gut wie möglich gleichartig. Als Korrekturfaktor ist in der Auswertung die unterschiedliche Witterung in den aufeinander folgenden Heizsaisons gegenzurechnen.

In allen Fällen sind ein langer Beobachtungszeitraum (mehr als nur eine Heizsaison) sowie eine seriöse und konsequente Datenerfassung erforderlich. Stabile Wohngewohnheiten erhöhen die Aussagekraft.

Alle thermodynamischen Berechnungen erfolgen nach EN 12831, da hier die beste Abbildung von Klimadaten gegeben ist.

In der gegenständlichen Fallstudie wird die serielle Methode angewendet.



Bild 1: eine moderne, hocheffiziente Infrarotheizung fügt sich harmonisch in zeitgemäße Raumgestaltung ein. Im oberen Bereich des Spiegelbildes ist ein Teil eines flächenbündig verbauten Infrarotpanels in Deckenmontage zu sehen.

### **Beschreibung des Testobjektes und -Ablaufes**

Beim Testobjekt handelt es sich um ein Einfamilienhaus der Familie Brunner in Bärnbach, Weststeiermark nächst Graz, Österreich auf rund 420 m Seehöhe (Standort in [Bild 2](#)).

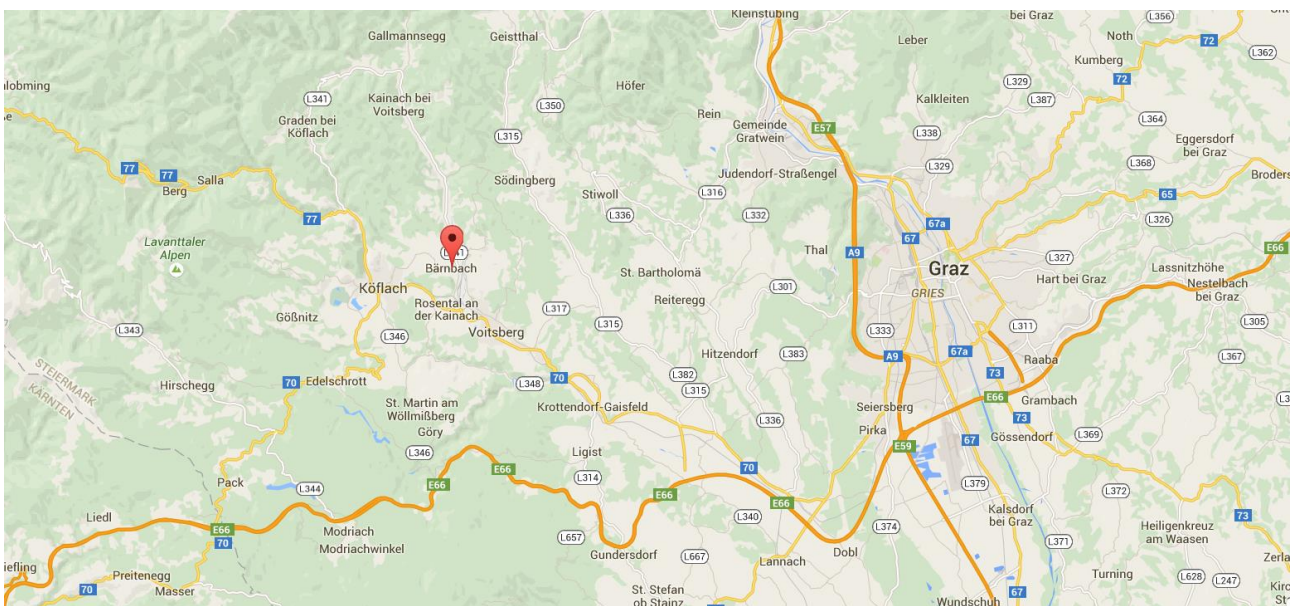


Bild 2: Standort des Testobjektes



### 3. Internationaler Workshop Infrarotheizung

Energetisch richtige Anwendung von Infrarotheizungen im Wohnbau  
16. April 2015, Technische Universität Kaiserslautern

Weitere Daten des Testobjektes (Ansichten in Bild 3):

- Baujahr 1992;
- 202 m<sup>2</sup> konditionierte bewohnte Nettofläche;
- Normierter Heizwärmebedarf im Referenzklima ( $HGT_{RK} = 3.400 \text{ Kd}$ )  
 $HWB^*_{RK} = 80 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ;
- Das Standortklima gemäß EN 12831 ist charakterisiert durch die Normaußentemperatur  $T_A = -14^\circ\text{C}$  und die Heizgradtage  $HGT_{SK} = 3.460 \text{ Kd}$ .
- Bis März 2012 wurde das Haus mit einer hydraulischen Zentralheizung mit einem Ölkessel betrieben.
- Im März 2012 erfolgte die Demontage der Zentralheizung und die Umrüstung auf eine hocheffiziente Infrarotheizung mit 16 Paneelen mit einer Infrarot-Heizlast und einem dementsprechenden Anschlusswert von  $HL_{IR} = 5,75 \text{ kW}$ .



Bild 3: Außenansichten des Testobjektes und Beispiele von Montageplätzen der hocheffizienten Infrarotheizung im Inneren nach der Umrüstung

Der Eigentümer, Betreiber und Mitbewohner des Testobjektes, Herr Heinz Brunner, ist dem Thema Energieeffizienz in hohem Maß aktiv verbunden. Er ist Mitbegründer und Geschäftsführer des Energieforums Lipizzanerheimat ([www.energieforum.st](http://www.energieforum.st), Vereinsregister: ZVR 168756158), das der lokalen Bevölkerung Energieberatung, Aufklärungs- und Öffentlichkeitsarbeit zum Thema Energie anbietet und in dieser Funktion dem Landesenergiebeauftragten des Landes Steiermark berichtet.

Für die gegenständliche Studie über den Zeitraum von 3 Jahren (April 2012–März 2015) wurden täglich die Außentemperatur, in jedem Raum die Innentemperatur sowie für jedes einzelne Infrarot-Paneel der Energieverbrauch erfasst und in umfangreichen Tabellen protokolliert. Der Stromverbrauch ist überdies durch Stromrechnungen der Energie Steiermark dokumentiert (Bild 4).

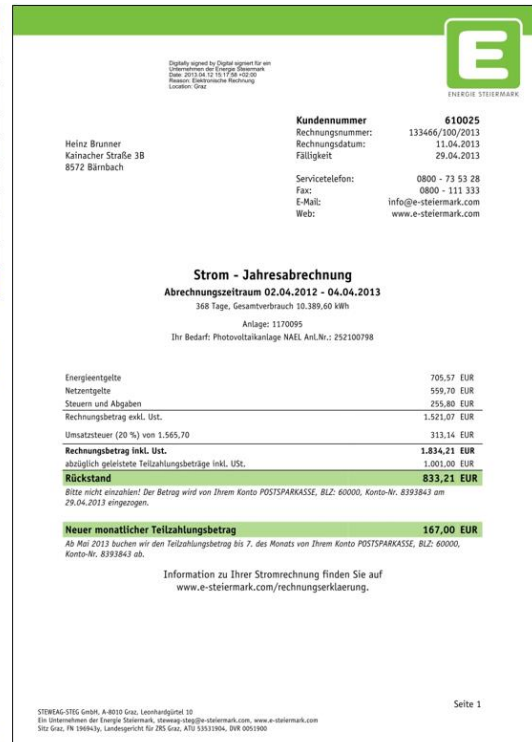
### 3. Internationaler Workshop Infrarotheizung

Energetisch richtige Anwendung von Infrarotheizungen im Wohnbau

16. April 2015, Technische Universität Kaiserslautern

MDA	Verbraucher	MDE	V-kwh-Summe	V-kwh-je 24	€ 0,18
02.04.2012	16 Paneele / Summe 5750 Watt	30.04.2013	298,17	9,39	€ 53,67
01.05.2012	16 Paneele / Summe 5750 Watt	31.05.2012	78,24	2,52	€ 14,08
01.09.2012	16 Paneele / Summe 5750 Watt	30.09.2012	88,39	2,94	€ 15,91
01.10.2012	16 Paneele / Summe 5750 Watt	31.10.2012	612,1	19,74	€ 110,18
01.11.2012	16 Paneele / Summe 5750 Watt	30.11.2012	1409	46,96	€ 253,62
01.12.2012	16 Paneele / Summe 5750 Watt	31.12.2012	1292,17	41,68	€ 232,59
01.01.2013	16 Paneele / Summe 5750 Watt	31.01.2013	1525,08	49,19	€ 274,51
01.02.2013	16 Paneele / Summe 5750 Watt	03.03.2013	1472,75	47,5	€ 264,90
04.03.2013	16 Paneele / Summe 5750 Watt	04.04.2013	1180	42,14	€ 212,40
02.04.2012	16 Paneele / Summe 5750 Watt	04.04.2013	7955,9		€ 1.431,86

MDA	Verbraucher	MDE	V-kwh-Summe	V-kWh-je 24 Std.	€ 0,18
04.04.2013	16 Paneele / Summe 5750 Watt	30.04.2013	630	24,23	€ 113,40
01.05.2013	16 Paneele / Summe 5750 Watt	31.05.2013	210	6,77	€ 37,80
01.06.2013	16 Paneele / Summe 5750 Watt	30.06.2013	26	0,86	€ 4,68
01.07.2013	16 Paneele / Summe 5750 Watt	30.07.2013	0	0	€ 0,00
01.08.2013	16 Paneele / Summe 5750 Watt	30.08.2013	0	0	€ 0,00
01.09.2013	16 Paneele / Summe 5750 Watt	30.09.2013	71	2,36	€ 12,78
01.10.2013	16 Paneele / Summe 5750 Watt	31.10.2013	486	15,67	€ 87,48
01.11.2013	16 Paneele / Summe 5750 Watt	30.11.2013	1329	44,3	€ 239,22
01.12.2013	16 Paneele / Summe 5750 Watt	31.12.2013	1896	61,16	€ 341,28
01.01.2014	16 Paneele / Summe 5750 Watt	31.01.2014			
01.02.2014	16 Paneele / Summe 5750 Watt	03.03.2014			
04.03.2014	16 Paneele / Summe 5750 Watt	04.04.2014			
04.04.2013	16 Paneele / Summe 5750 Watt	01.04.2014	4648		€ 836,64



**ENERGIE STEIERMARK**

Heinz Brunner  
Kainacher Straße 3B  
8572 Bärnbach

Kundennummer: 610025  
Rechnungsnummer: 133466/100/2013  
Rechnungsdatum: 11.04.2013  
Fälligkeit: 29.04.2013  
Servicetelefon: 0800 - 73 53 28  
Fax: 0800 - 111 333  
E-Mail: info@e-steiermark.com  
Web: www.e-steiermark.com

**Strom - Jahresabrechnung**  
Abrechnungszeitraum 02.04.2012 - 04.04.2013  
368 Tage, Gesamtverbrauch 10.389,60 kWh  
Anlage: 1170095  
Ihr Bedarf: Photovoltaikanlage NAEL Anl.Nr.: 252100798

Energieentgelte 705,57 EUR  
Netzentgelte 559,70 EUR  
Steuern und Abgaben 255,80 EUR  
Rechnungsbetrag exkl. Ust. 1.521,07 EUR  
Umsatzsteuer (20 %) von 1.565,70 313,14 EUR  
Rechnungsbetrag inkl. Ust. 1.834,21 EUR  
abzüglich geleisteter Teilzahlungsbeträge inkl. Ust. 1.001,00 EUR  
**Rückstand 833,21 EUR**

Bitte nicht einzahlen! Der Betrag wird von Ihrem Konto POSTSPARKASSE, BLZ: 60000, Konto-Nr.: 8393843 am 29.04.2013 eingezogen.

Neuer monatlicher Teilzahlungsbetrag 167,00 EUR  
Ab Mai 2013 buchen wir den Teilzahlungsbetrag bis 7. des Monats von Ihrem Konto POSTSPARKASSE, BLZ: 60000, Konto-Nr.: 8393843 ab.

Information zu Ihrer Stromrechnung finden Sie auf  
www.e-steiermark.com/rechnungserklaerung.

SEITEAG-STEIG GmbH, A-8010 Graz, Leinhardtgürtel 10  
Ein Unternehmen der Energie Steiermark, steirag@steig.e-steiermark.com, www.e-steiermark.com  
StG Graz, FN 196943y, Landesgericht für Zivilsachen, A10 19131054, 088 9001000

Seite 1

Bild 4: Beispiel für Messprotokolle und Stromrechnungen für das Testobjekt.

### Energiebilanzen vor der Umrüstung

Bis März 2012 wurde das Testobjekt durch Verbrennung von Heizöl in einem Kessel thermisch versorgt. Der Jahresverbrauch betrug rund 2.800 l Öl pro Jahr und ist aufgrund dafür nicht vorhandener Messtechnik nicht exakt erfasst. Die Aufteilung auf die reine Heizenergie und die Versorgung für den Warmwasserverbrauch muss daher rückgerechnet werden. Dazu werden die folgenden Überlegungen angestellt:

Der Brennwert von Heizöl liegt bei 9,8 kWh/l. Daher betrug der Heizenergiebedarf inklusive Warmwasserbedarf  $HEB_{ww} = ca. 27.500 \text{ kWh/a}$ . Der Wertebereich des Warmwasserbedarfs reicht von sparsam mit 1 kWh/(Person·Tag) über durchschnittlich mit 2 kWh/(Person·Tag) bis nicht sparsam bei 3 kWh/(Person·Tag). Für die gegenständliche Berechnung wird der Warmwasserbedarf mit gängigen 2 kWh/(Person·Tag) abgeschätzt. Dies entspricht einem durchschnittlicher Verbrauch von ca. 25 l Warmwasser pro Tag + 1 Vollbad pro Woche und beträgt daher für 2 Personen rund 1.500 kWh/a. Daraus errechnet sich ein Heizwärmebedarf ohne Warmwasser am Standort mit  $HEB_{sk} = ca. 26.000 \text{ kWh/a}$ .

Zu Kontrollzwecken wird noch eine Gegenrechnung mit den Gebäudedaten durchgeführt: Bei einer Wohnfläche von 202 m<sup>2</sup> und einem  $HWB^*_{RK} = 80 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$  kann der Heizwärmebedarf im Referenzklima  $HWB_{RK} = 16.000 \text{ kWh/a}$  ermittelt werden. Durch die Korrektur mit dem Standortklima  $HGT_{SK} = 3.460 \text{ Kd}$  gegenüber dem Referenzklima  $HGT_{RK} = 3.400 \text{ Kd}$  errechnet sich der Heizwärmebedarf am Standortklima  $HWB_{SK} = 16.300 \text{ kWh/a}$ .

Der Wirkungsgrad (exakt: Jahresnutzungsgrad) der Ölheizung ist nun das Verhältnis von  $HWB_{SK} = 16.300 \text{ kWh/a}$  zu  $HEB_{SK} = ca. 26.000 \text{ kWh/a}$  und beträgt daher 62%, was einen typischen Wert von Ölheizungen darstellt. Damit kann die Kontrollrechnung der Energiebilanz aus der Zeit vor der Umrüstung als schlüssig angesehen werden.

#### Heizenergieverbrauch nach der Umrüstung auf eine hocheffiziente Infrarotheizung

Der Energieverbrauch der hocheffizienten Infrarotheizung ist über drei Heizsaisons messtechnisch erfasst worden, indem an jedem einzelnen Infrarotpaneel tagesgenau der Energieverbrauch erfasst wurde und danach entsprechend ausgewertet wurde. In der monatlichen Verteilung des Energieverbrauches ([Bild 5](#)) ist der saisonale Verlauf gut zu erkennen. Aufgrund der Tatsache, dass die Umrüstung im März 2012 erfolgte, beginnt im Bild die Saison mit April.

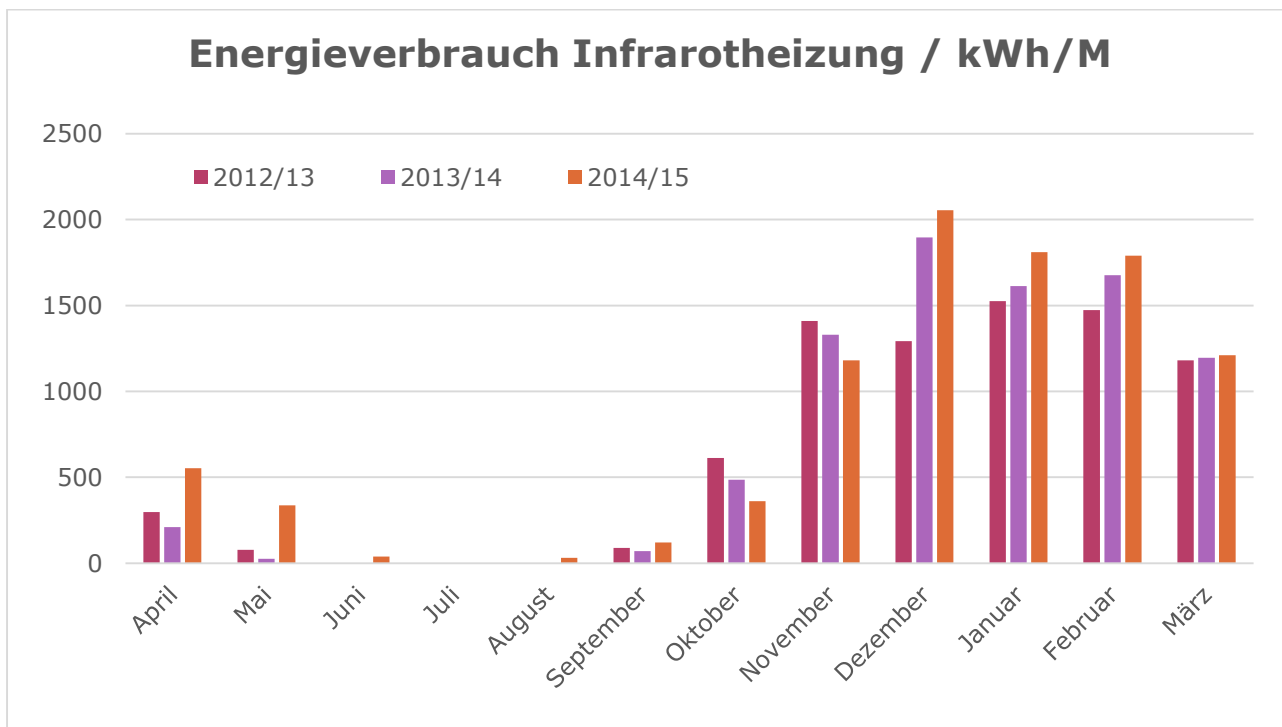


Bild 5: monatlicher Energieverbrauch der Infrarotheizung über 3 Heizsaisons im Testobjekt.

Aus den Messprotokollen kann nun auch der Jahresverbrauch der einzelnen Saisons ermittelt werden und dem Energieverbrauch vor der Umrüstung gegenübergestellt werden ([Bild 6](#))

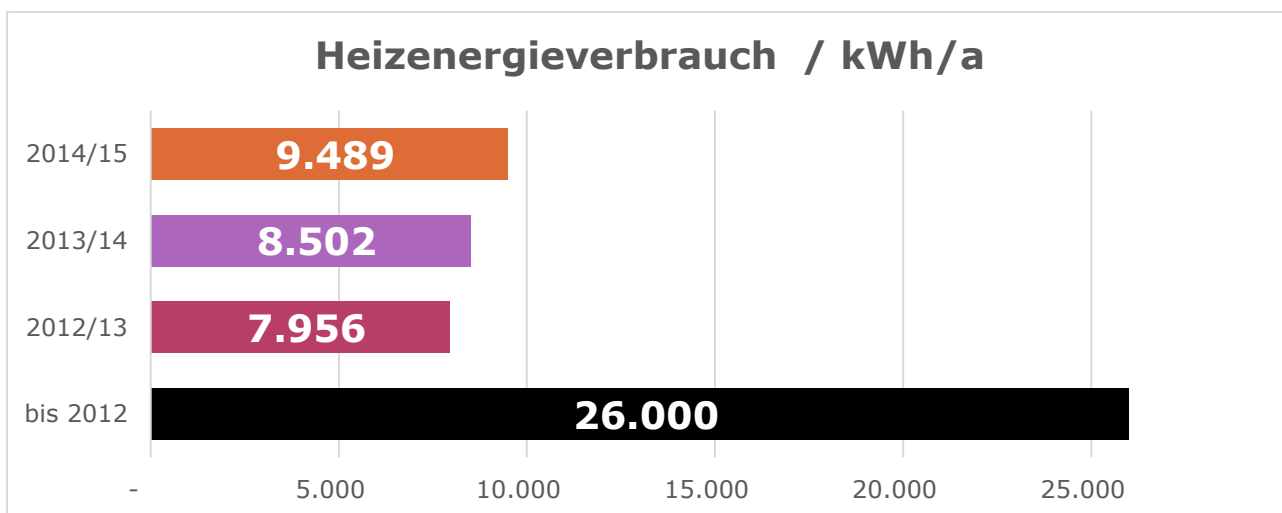


Bild 6: Gegenüberstellung des Heizenergieverbrauches vor der Umstellung von zentraler Ölheizung mit 26.000 kWh/a zur Beheizung mit hocheffizienter Infrarotheizung im Testobjekt bei stabilen Wohngewohnheiten.

### 3. Internationaler Workshop Infrarotheizung

Energetisch richtige Anwendung von Infrarotheizungen im Wohnbau

16. April 2015, Technische Universität Kaiserslautern

Durch eine Mittelung über die 3 Erfassungsjahre kann der Infrarot-Heizenergiebedarf im Standortklima  $HEB_{IR,SK}$  (der auch dem Infrarot-Heizwärmebedarf im Standortklima  $HWB_{IR,SK}$  entspricht) mit  $HEB_{IR,SK} = HWB_{IR,SK} = 8.500 \text{ kWh/a}$  ermittelt werden. Im Verhältnis zum Heizenergiebedarf der Ölheizung  $HEB = \text{ca. } 26.000 \text{ kWh/a}$  stellt dies eine

#### Heizenergie-Einsparung von 68%

dar.

Dieser Wert bestätigt die Messergebnisse zum Forschungsprojekt „Beispielhafte Vergleichsmessung zwischen Infrarotstrahlungsheizung und Gasheizung im Altbaubereich“, Dr.-Ing Peter Kosack, TU Kaiserslautern, Oktober 2009 /1/.

Ebenso kann anhand der Messergebnisse (Infrarot-Heizwärmebedarf  $HWB_{IR,SK}$  und Wohnfläche) auch ein spezifischer Infrarot-Heizwärmebedarf am Standort  $HWB^*_{IR,SK} = 42 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$  ermittelt werden. Eine Korrektur auf das Referenzklima ergibt einen spezifischen Infrarot-Heizwärmebedarf im Referenzklima  $HWB^*_{IR,RK} = 41 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ , der mit dem konventionellen  $HWB^*_{RK} = 80 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$  des Gebäudes ins Verhältnis gesetzt werden kann. Dies ergibt gegenüber der konventionellen Technik eine

#### Reduktion des Heizwärmebedarfs von 49%.

#### Weitere Praxisstudie zur Ermittlung der Energieeinsparung von Infrarotheizungen gegenüber Konvektionsheizungen

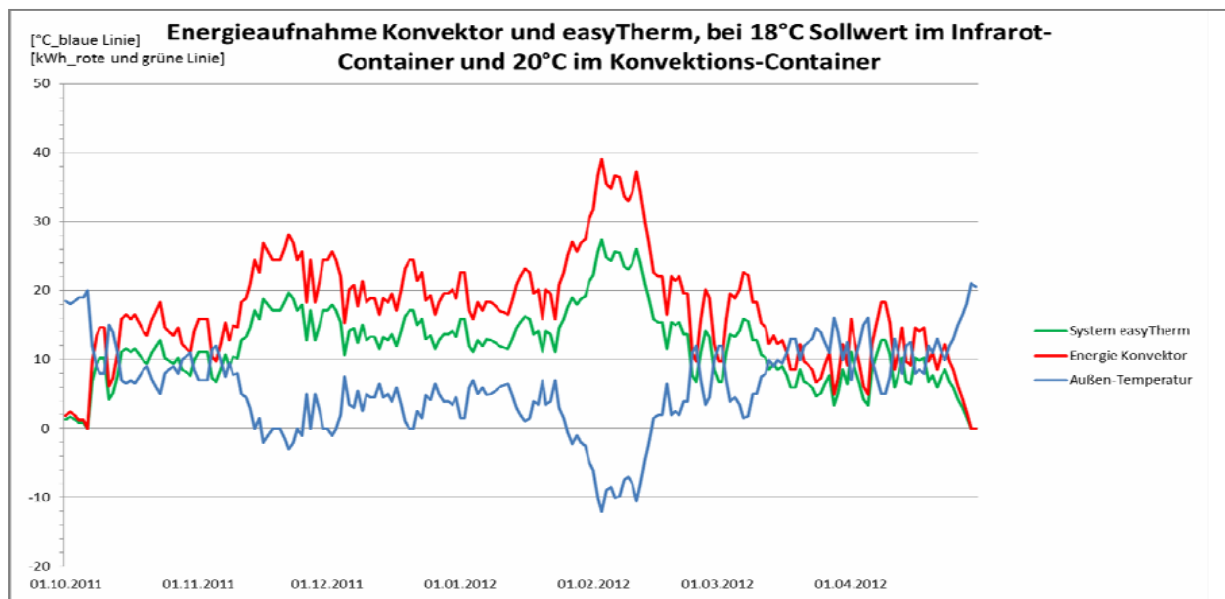


Bild 7: Energieverbrauch einer elektrischen Konvektionsheizung gegenüber einer hocheffizienten Infrarotheizung (beides geregelt auf Komfort-Temperatur von 20°C) über der Außentemperatur gemäß /2/.

In der gegenständlichen Fallstudie spiegelt die Energieeinsparung die Summe aus der reinen Einsparung durch Infrarotheizungen gegenüber der konvektiven Wärmeverteilung und der Vermeidung diverser statischer und dynamischer Verluste im Wärmeerzeugungs- und Verteilungsstrang wider. Soll ausschließlich die Einsparung des Strahlungsheizungsprinzips gegenüber dem konvektiven Heizungsprinzip ermittelt werden, dann empfiehlt sich der Vergleich zu beispielsweise einer elektrischen Konvektionsheizung /2/. In dieser Auswertung /2/ werden zwei identische Baucontainer (einer elektrisch konvektiv und einer mit

70% Einsparung mit Infrarot – wie geht das? Eine Fallstudie unter realen Bedingungen. Page 6



### 3. Internationaler Workshop Infrarotheizung

Energetisch richtige Anwendung von Infrarotheizungen im Wohnbau  
16. April 2015, Technische Universität Kaiserslautern

hocheffizienter Infrarotheizung beheizt) unter identischer Bewitterung eine Heizsaison lang vermessen. Der Energieverbrauch in Abhängigkeit zur Außentemperatur ist dabei in Bild 7 zu finden.

Die Testcontainer (Bild 8) sind bei einer Normheizlast einerseits mit 1,8 kW elektrisch konvektiv bzw. mit 1,5 kW Infrarot-beheizt. Bild 9 zeigt die Gegenüberstellung des Energieverbrauchs innerhalb der Test-Wintersaison 2011/2012, die über einen längeren Zeitraum eine untypisch extreme Kälte aufweist.



Bild 8: Testcontainer der Praxisstudie /2/. Für den Vergleich ist ein Container 1,8 kW elektrisch konvektiv und der andere 1,5 kW (ausgenutzt wurden nur 1 kW) elektrisch Infrarot-beheizt.

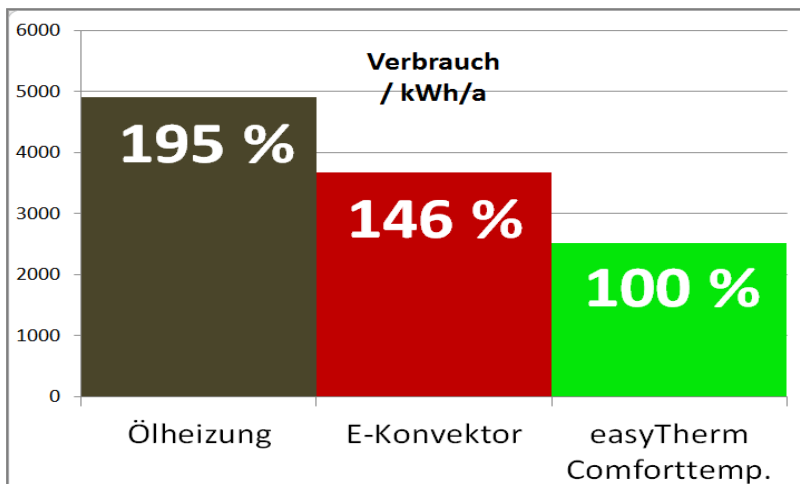


Bild 9: Gemessener Heizenergieverbrauch in Testcontainern gemäß /2/. Der Ölverbrauch ist unter der Annahme von 25% Verlust im thermischen Strang der Ölheizung hochgerechnet.

### Ansatz einer Erklärung für die Unterschiede zwischen Öl- und Infrarotheizung

Der folgende Erklärungsansatz für den Unterschied im Energieverbrauch zwischen Öl- und Infrarotheizung ist nicht exakt, sondern nur qualitativ zu verstehen und wird wesentlicher Bestandteil der zukünftigen Untersuchung von PANEIA unter der wissenschaftlichen Leitung der TU Kaiserslautern sein.

### 3. Internationaler Workshop Infrarotheizung

Energetisch richtige Anwendung von Infrarotheizungen im Wohnbau  
16. April 2015, Technische Universität Kaiserslautern

Die Einflüsse zur Erklärung der Ursachen der gegenständlichen Heizenergieeinsparung von 68% können angeführt und grob quantitativ bewertet werden:

1. Erhöhte physiologische Wirksamkeit (Behaglichkeit) bei echten Infrarotheizungen  
→ 15–25% Einsparung.
2. Zusätzliche Erhöhung der Behaglichkeit durch zeitweise Umkehrung des Temperaturgradienten („warme Füße, kühler Kopf“). Siehe Bild 10 nach /2/ wo gezeigt wird, dass durch diesen Effekt auch solare Gewinne besser mitgenommen werden können.  
→ 10–20% Einsparung.
3. Keine Verluste im Wärmearbeitungsstrang bei Infrarot gegenüber einer Verbrennungsheizung: Diese setzen sich aus statischen (Kessel, Wärmetauscher, Verteilung, Pufferbereitstellung,...) und dynamischen (System-Eigenerwärmung aller Massen im gesamten Erzeugungs- und Verteilungsstrang, insbesondere bei Fußboden- oder Bauteileheizungen nicht steuerbare Wärmeabgabe träger Massen, zu langsames Reagieren auf die Wirkung solarer Gewinne,...) zusammen. Sehr häufig werden in der Literatur und in Berechnungen gerade auf die bedeutsamen dynamischen Verluste vergessen. Bei Verbrennungssystemen gilt: HEB >> HWB.  
→ 30–50% Einsparung.
4. Verbesserte Wärmedämmung durch die Abtrocknung von Bauteilen bei Einwirkung von Infrarot-Wärmestrahlung: Bei Konvektionsheizungen kann durch Messung nachgewiesen werden, dass insbesondere Bauteile mit Außengrenzen im Laufe einer Heizsaison laufend Feuchtigkeit aufnehmen und sich dadurch die Mauerfeuchte erhöht, was wiederum die Wärmedämmung verschlechtert. Die Anfeuchtung beruht auf dem Prinzip, dass Feuchtigkeit von warmen Medien zu angrenzenden kalten diffundiert da in Konvektionssystemen Bauteile kälter als die ursächlich erwärmte Raumluft sind. Bei Infrarot-Heizungssystemen ist der Effekt umgekehrt: Aufgrund der ursächlichen Erwärmung der Bauteile durch Infrarot-Bestrahlung geben diese Feuchtigkeit an die tendenziell kühlere Raumluft ab.  
→ 1–5% Einsparung.

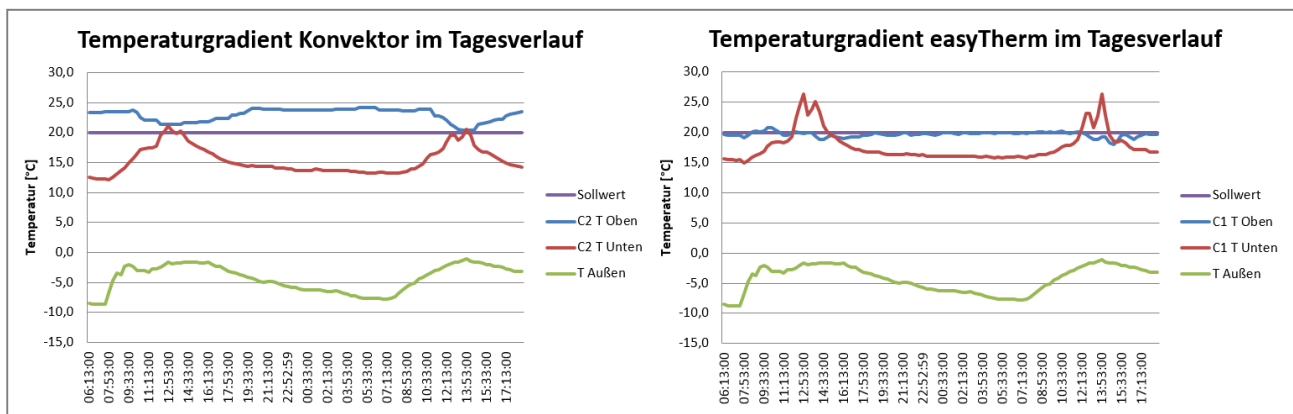


Bild 10: Temperaturverlauf (T) an einem kalten, klaren Wintertag in Testcontainern nach /2/. T Oben wird 10 cm unter der Decke und T Unten wird 10 cm über dem Boden gemessen. Im konvektiv beheizten Container C2 (links) ist ständig ein Temperaturgradient von unten nach oben gegeben. Im Infrarot-beheizten Container C1 rechts ergibt sich eine wesentlich behaglichere Temperaturverteilung und zeitweise ändert der Temperaturgradient sogar sein Vorzeichen. Solare Gewinne werden so besser mitgenommen.



### 3. Internationaler Workshop Infrarotheizung

Energetisch richtige Anwendung von Infrarotheizungen im Wohnbau

16. April 2015, Technische Universität Kaiserslautern



Bild 11: Flächenbündig verbaute Infrarotheizungen passen zum zeitgemäßen Design: glatt, flächig, kubisch.

#### Literaturverzeichnis:

/1/ Messergebnisse zum Forschungsprojekt „Beispielhafte Vergleichsmessung zwischen Infrarotstrahlungsheizung und Gasheizung im Altbaubereich“, Dr.-Ing. Peter Kosack, TU Kaiserslautern, Oktober 2009

/2/ Auswertung Testcontainer Winter 2011/12 Betriebsgelände der Fa. easyTherm, a.o.Univ.-Prof. Dr. Gernot Pottlacher, TU Graz, 26.09.2012