

Auswertung Testcontainer Winter 2011/12 Betriebsgelände der Fa. easyTherm

Zusammenfassung

In 2 gleichartigen und gleichen Wetter-sowie Nutzungsbedingungen ausgesetzten Bau-Bürocontainern wurde eine Konvektionsheizung mit der easyTherm Infrarot-Heizung verglichen.

Die **easyTherm-Heizung** zeigt dabei einen um 22% geringeren Energiebedarf. Wird auf gleiche Behaglichkeitstemperatur geregelt, dann benötigt die Konvektionsheizung um 43% mehr Energie als der Container mit dem easyTherm Heizsystem.

Eine Überprüfung nach der Behaglichkeitsnorm ISO 7730 ergab, dass der nach Konvektionsprinzip beheizte Container nicht der Behaglichkeitsnorm entspricht, der mit **easyTherm** beheizte hingegen **entspricht in fast allen Punkten der Behaglichkeitsnorm**.

Große Energieeinsparungen und hohe Behaglichkeit zeichnen dadurch die easyTherm Infrarotheizung aus.

Beschreibung der Versuchsanordnung

Die Ziele dieses Versuchs waren einerseits die Energieeffizienz der easyTherm Wärmepaneele messtechnisch darzustellen und die Realisierbarkeit der Parameter für die Behaglichkeit nach ISO 7730 zu überprüfen.

Im gegenständlichen Versuch wurden auf dem Betriebsgelände zwei baugleiche Bürocontainer (2 Fenster) in entsprechendem Abstand mit gleicher Nord-Süd-Ausrichtung aufgestellt. Deshalb war auch die Sonneneinstrahlung für beide Container die gleiche. Ein Container wurde mit dem Standard-Heizgerät, Heizkonvektor 1,8 kW, beheizt, der andere Container mit zwei easyTherm-Heizpaneelen, Gesamtleistung 1,5 kW. Die Norm-Heizlast beider Container liegt bei 1,3 kW.

Im Zeitraum Dezember 2011 bis April 2012 wurden folgende Größen in beiden Containern gemessen:

Innentemperatur in 1 m Höhe
Innentemperatur an der Decke
Innentemperatur am Boden
Außentemperatur
Energieaufnahme

Von 2. Jänner bis 18. Februar wurden beide Container mit einer Soll-Innentemperatur von 20°C beheizt.

Von 18. Februar bis 18. April wurde die Soll-Innentemperatur im Infrarot-Container um 2°C auf 18°C gesenkt. Der Grund für die Absenkung war der Versuch die Behaglichkeit zu überprüfen.

Als Probanden fungierten die Mitarbeiter der Fa. easyTherm, „technikinteressierte“ Kunden aus unserem Schauraum.

Ausnahmslos alle Testpersonen stellten fest, dass die Behaglichkeit im Infrarot-Container wesentlich höher war als im Konvektions-Container.

Die Behaglichkeit

Voraussetzung für thermische Behaglichkeit nach *Ole Fanger* /1/ ist ein thermisches Feld θ_{op} , das zum einen Teil durch die Lufttemperatur θ_a und zum anderen Teil durch die Emission von Strahlung θ_{rmt} aufgebaut wird.

$$\theta_{op} = (\theta_a + \theta_{rmt})/2$$

Die „Behaglichkeitsnorm“ ISO 7730 gibt folgende Parameter als behaglichkeitsentscheidend vor:

- | | |
|--|--|
| a. Schwankungen der operativen Temperatur | $\Delta\theta_{op_max} = \pm 0.8 \text{ K}$ |
| b. Strahlungstemperaturasymmetrie (Decke/Boden) | $\Delta\theta_{rmt_ass} < 5 \text{ K}$ |
| c. Vertikaler Temperaturgradient zwischen Knöchel und Kopf in Sitzposition | $\Delta\theta_{Kopf_Knöchel} < 2 \text{ K}$ |

Kriterien	Sollwerte	Container			
		Konvektion	OK	easyTherm	OK
$\Delta\theta_{op}$	<1,6 K	0,38 K	✓	0,32 K	✓
$\Delta\theta_{Kopf-Knöchel}$	<2 K	4,4 K	✗	2,6 K	✗
$\Delta\theta_{Decke-Boden}$	<5 K	8,6 K	✗	2,9 K	✓

Tabelle 1 : Messwerte der Behaglichkeitskriterien in beiden Containern

$\Delta\theta_{op}$ Schwankungen der operativen Temperatur
 $\Delta\theta_{Kopf-Knöchel}$ Temperaturdifferenz zwischen den Bereichen Kopf und Knöchel
 $\Delta\theta_{Decke-Boden}$ Temperaturdifferenz zwischen Decke und Boden

ad $\Delta\theta_{op}$

Die Schwankungen der operativen Temperatur sind umso geringer, je höher der „Strahlungstemperaturanteil“ ist

ad $\Delta\theta_{Kopf-Knöchel}$

Wie man in Diagramm 1 (Seite 5) erkennen kann ist der vertikale Temperaturgradient im Infrarot-Container deutlich niedriger, als im Konvektions-Container, wodurch auch der Temperaturunterschied zwischen den Bereichen Kopf und Knöchel sehr klein ist.

ad $\Delta\theta_{Decke-Boden}$

Der vertikale Temperaturgradient im Infrarot-Container ist um ein vielfaches niedriger als im Konvektions-Container und entspricht der Behaglichkeitsnorm

Die Container

- Zwei Baustellen-Bürocontainer mit einer Türe und zwei Fenstern
- Durchschnittlicher Wärmedurchgangskoeffizient $U_m \sim 0,35 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$
- Normheizlast: 1,3 kW, siehe nachstehende Berechnung (Tabelle 3)



AUSSEN (mm)			INNEN (mm)			
Länge	Breite	Höhe	Länge	Breite	Höhe	Gewicht
6055	2435	2591	5855	2235	2326	1970 kg

Tabelle 2: Abmaße der Container

Abb. 1: Ansicht des Baustellencontainers

Vereinfachte Heizlastberechnung nach EN 12831										Projekt: A1 - Testcontainer				BearbeiterIn: Eckart									
Bauteil (Kurzbezeichnung)	Temperaturen			Flächenberechnung						Transmissionswärmeverluste			Lüftungswärmeverluste			Korrektur für höhere Raumtemperaturdifferenz		Zuschlag für unterbrochenen Heizbetrieb					
	ϑ_{int}	ϑ_{e}	$\Delta\vartheta$	l	h, b	A	n	ΔA	A	fk	U	ΦT	V_i	n _{min}	ΦV	$\Phi T + \Phi V$	f $\Delta\vartheta$	+ ΦV	A _i	f _{RH}	Φ_{RH}	$\Phi_{HL,R}$	
	°C	°C	°C	m	m	m ²	-	m ²	m ²	-	W/(m ² ·K)	W	m ³	1/h	W	W	-	W/K	m ²	-	W	W	
AF1	20	-13	33	1	1	1	2		2	1	1,6	105,6											
AW1	20	-13	33	16,98	2,6	44,148		2	42,148	1	0,35	486,81											
DE	20	-13	33	6,055	2,435	14,744			14,744	1	0,35	170,29											
BO	20	-13	33	6,055	2,435	14,744			14,744	1	0,35	170,29	38,334	0,5	215,05	1148	1	1148	14,744	8	117,95	1266	

Tabelle 3: Heizlastberechnung für den Baustellencontainer nach EN 12831, $P_{tot} = 1266 \text{ W}$

Das Messequipment

Leistungs- und Energiemessgerät

Voltcraft Energy Check 3000

Messtoleranz: max. $\pm 2\%$ und $\pm 2\text{ W}$ bei Messungen bis 2500 W



Abb. 2: Leistungs- und Energiemessgerät
Voltcraft Energy Check 3000

Die Leistungsaufnahmen sowohl der Konvektorheizung als auch der Easythermpaneele wurden täglich gemessen und die Daten im Messwerte-Erfassungsrechner gespeichert.

Temperaturmessgerät

Conrad Funk-Wetterstation TE827NL

5 Empfangskanäle

3 Temperatursensoren je Container

Temperaturmessgenauigkeit $\pm 1\text{ K}$

Die Temperaturen wurden mit Funksensoren alle 20 Minuten gemessen und an die zentrale Wetterstation übertragen. Die Datenübertragung auf den Messwerte-Erfassungsrechner geschah via USB-Schnittstelle. Die Wetterstation kann 1024 Zeilen speichern.



Abb. 3: Wetter-Funkstation TE827N

Darstellung und Auswertung der Messwerte

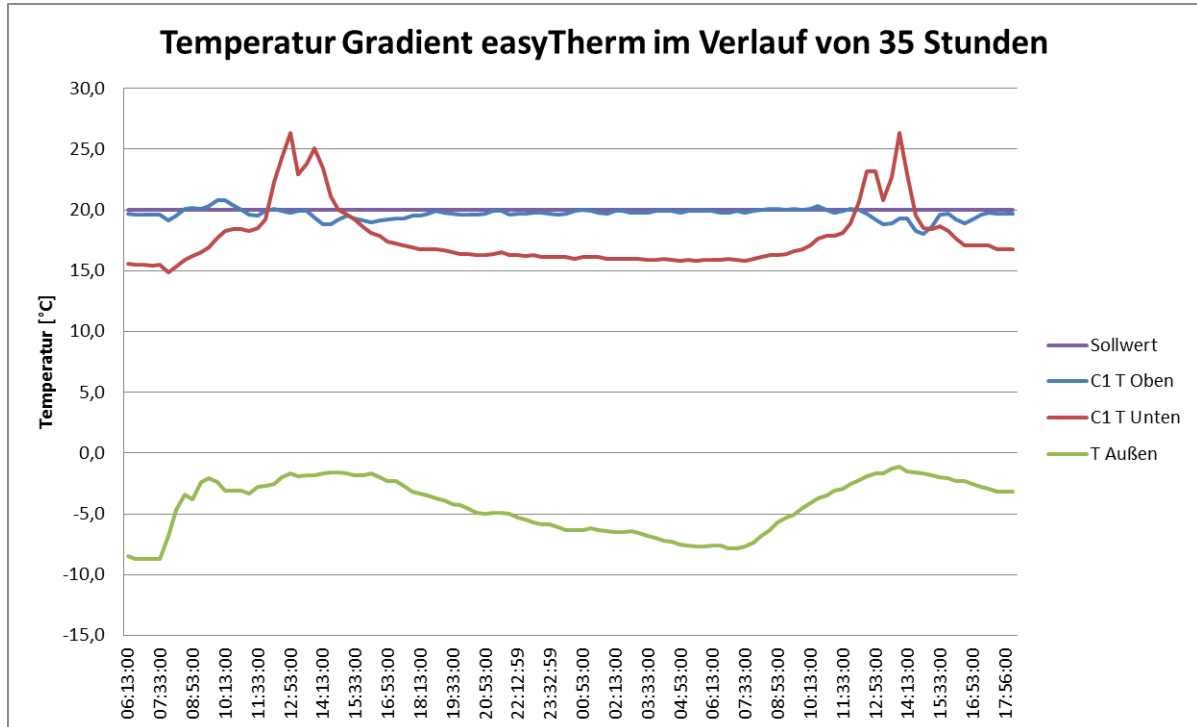


Abb. 4: Das Diagramm zeigt den Verlauf des vertikalen Temperaturgradienten im Verlauf von 35 Stunden (8.2.2012 – 9.2.2012). Das Wetter an diesen Tagen war klar und kalt. Die beiden Peaks der Temperatur im Bodenbereich wurden durch die solaren Gewinne der Mittagssonne erzeugt.

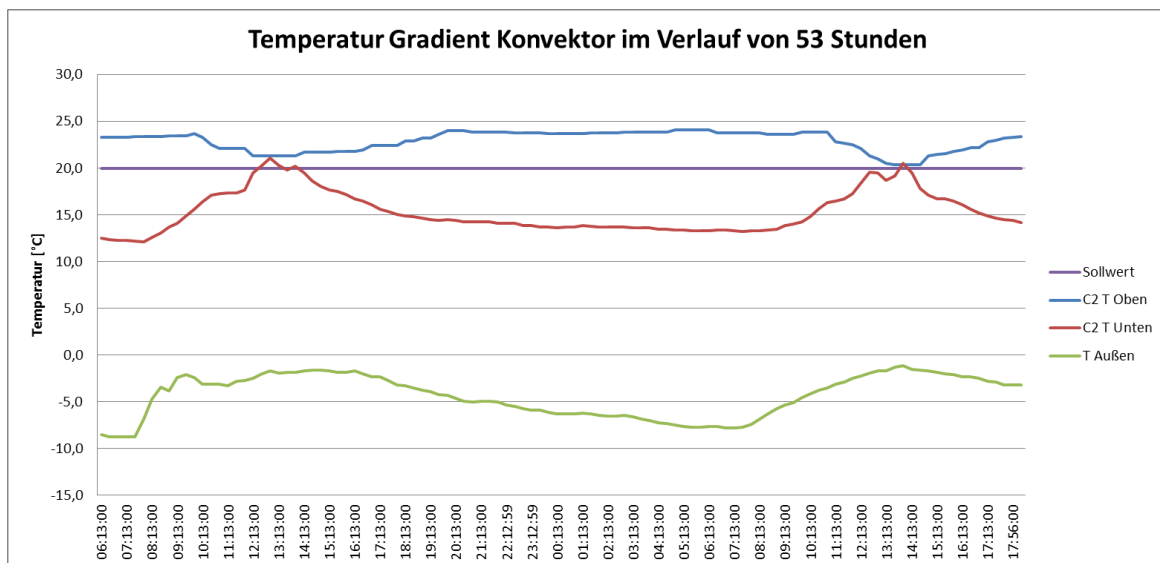


Abb. 5: Das Diagramm zeigt den Verlauf des vertikalen Temperaturgradienten im Verlauf von 35 Stunden (8.2.2012 – 9.2.2012). Das Wetter an diesen Tagen war klar und kalt. Die beiden Peaks der Temperatur im Bodenbereich wurden durch die solaren Gewinne der Mittagssonne erzeugt.

Wenn man Abb. 4 und Abb. 5 vergleicht kann man deutlich erkennen, dass der Temperaturgradient im Konvektions-Container wesentlich größer ist. Die Bodentemperatur steigt im Konvektions-Container um die Mittagszeit allerdings wesentlich weniger an. Der Boden hat hier wesentlich weniger Wärmeenergie gespeichert, als jener im Infrarot-Container.

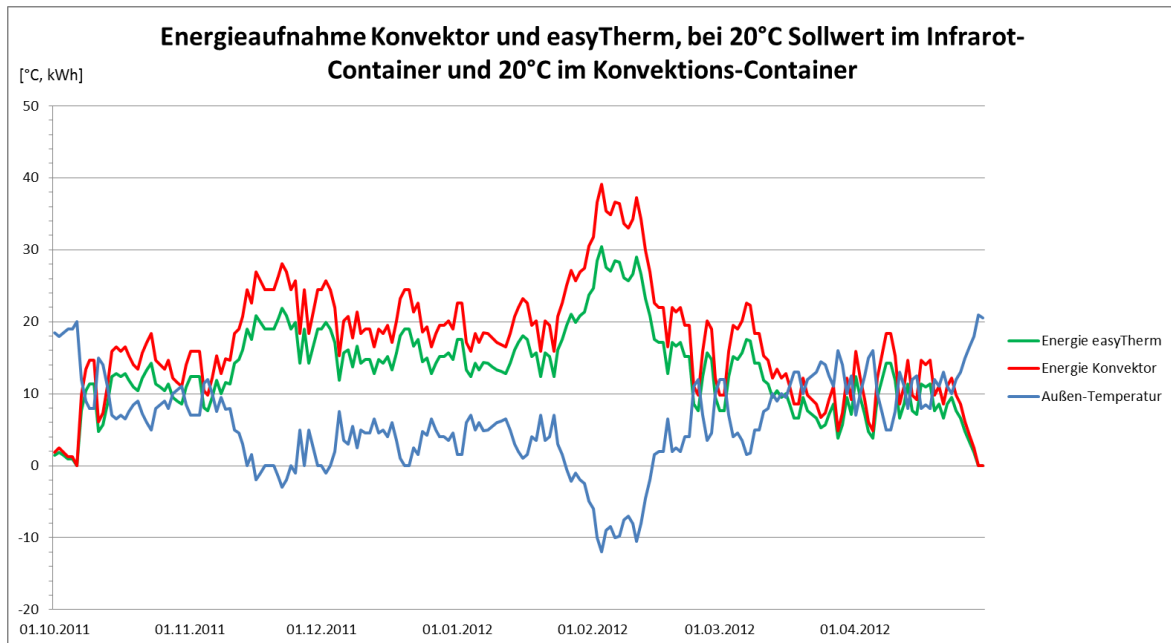


Abb. 6: Energieaufnahme beider Container über die gesamte Heizsaison, bei identischem Sollwert in beiden Containern (Daten beider Container von 1.10.2011 – 2.1.2012, sowie die Daten des easyTherm-Containers von 18.2.2012 bis Heizsaisonende sind extrapoliert)

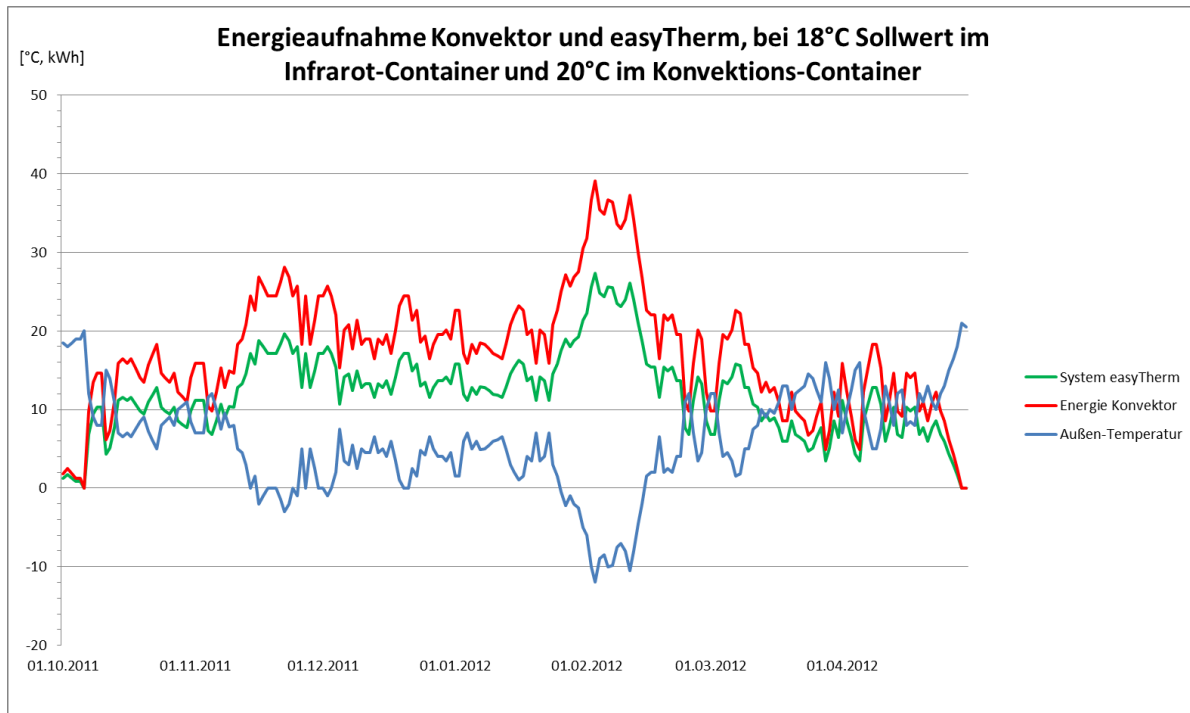


Abb. 7: Energieaufnahme beider Container über die gesamte Heizsaison, Sollwert im Konvektions-Container 20°C und im Infrarot-Container 18°C (Daten beider Container von 1.10.2011 – 2.1.2012, sowie die Daten des easyTherm-Containers von 03.1. bis 17.2.2012 sind extrapoliert)

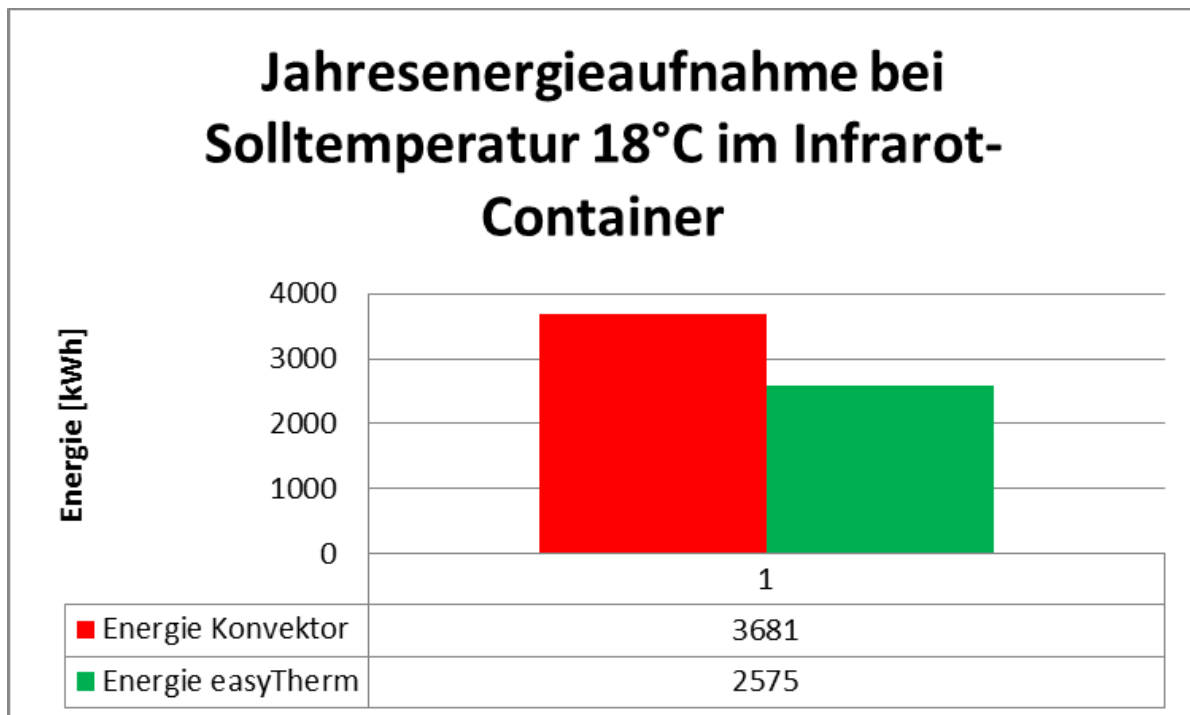


Abb. 8: Der Konvektions-Container nahm um 43% mehr Energie auf als der Infrarot-Container (Daten beider Container von 1.10.2011 – 2.1.2012, sowie die Daten des easyTherm-Containers von 03.1. bis 17.2.2012 sind extrapoliert)

Die Durchführung der Messungen sowie deren Auswertungen wurden von Herrn a.o.Univ.-Prof. Dr. G. Pottlacher, Institut für Experimentalphysik der TU-Graz auf ihre Richtigkeit geprüft.

Quellen

/1/ Fanger, O. P.: "Thermal Comfort", 1970

Herausgeber:

Fa. Easytherm
Kompetenzzentrum Unterwart
Steinamangererstraße 400
7501 Unterwart



Unterwart, am 26.09.2012

.....
Uwe Eckart
Messtechniker Fa. Easytherm



Technische Universität Graz
Institut für Experimentalphysik
Petersgasse 16, A-8010 Graz, Austria



Graz, am 26.09.2012

.....
a.o.Univ.-Prof. Dr. Gernot Pottlacher