

BNXS05: The Heat Replacement Effect (Der Wärmeersatz-Effekt)

Die britische Organisation „The Market Transformation Programme“ berät die Regierung von Großbritannien in Maßnahmen, die der besseren Ausnutzung der natürlichen Ressourcen dienen sollen. Diese Organisation hat seit 1999 den Heat Replacement Effect näher untersucht, und kommt dabei zu bemerkenswerten Ergebnissen.
(Deutsche Übersetzung OP)

Version: 9.1
First created: 20/12/1999
Updated: 19/09/2007
Last reviewed: 27/02/2008
www.mtprog.com, findbar über die Suchfunktion

[...]

5 Definitionen

Der Heat Replacement-Faktor R

Der Heat Replacement-Faktor R ist definiert als der Anteil der von Lichtquellen oder Geräten verbrauchten Energie, der zum Heizen des Gebäudes beiträgt, und für den ersatzweise aus der Heizanlage zusätzliche Energie bereitgestellt werden muss falls er wegfällt. Er wird für Beleuchtungskörper und andere Geräte getrennt berechnet, wobei ihre funktionellen Eigenschaften berücksichtigt werden, wie sie verwendet werden und wo sie installiert sind. (...) R kann aus einer Reihe Produktfaktoren bestimmt werden, die weiter unten aufgeführt sind (siehe Kapitel 6).

Der Sparfaktor S

Wenn die Energieeffizienz von Beleuchtung oder Geräten verbessert wird, wird oft eine scheinbare (Gesamt)Einsparung an Energieverbrauch angegeben. Der Sparfaktor (beneficial saving factor) S ist der tatsächliche Anteil der Bruttoeinsparung von Energie (oder Betriebskosten oder Belastung mit CO_2) welcher entsteht, wenn der Heat Replacement-Effekt zusätzlich berücksichtigt wird. Dieser Faktor drückt das Verhältnis von Bruttoeinsparung zu Nettoeinsparung aus. Er hängt ab von der Art und Effizienz des Heizsystems, welche die fehlende Wärme ersetzen muss, aber auch von den Preisen für Strom und Heizmaterial und ihren CO_2 -Werten.

6 Abschätzen des Heat Replacement-Effekts

Beleuchtung und Geräte werden üblicherweise elektrisch betrieben, während zum Heizen verschiedene Heizstoffe verwendet werden. Folglich ist beim Heat Replacement-Effekt häufig ein Wechsel der Brennstoffe zu beachten (also das Ersetzen eines Brennstoffes durch einen anderen). In manchen Fällen kann der Nutzfaktor für die eingetauschte Energie Null sein oder sogar negativ werden, aber trotzdem ist ein Vorteil bei den Kosten oder bei der CO_2 -Emission zu verzeichnen, weil Heizöl oder -Gas statt Strom verwendet wird. (Anmerkung des Übersetzers: Wenn Strom aus regenerativen Energien bezogen wird, verschlechtert sich beim Wechsel auf Gas oder Öl immer die CO_2 -Bilanz, sofern diese aus fossilen Brennstoffen stammen.) Es ist möglich, aber weniger wahrscheinlich, dass auch das Gegenteil passieren kann. Höhere Kosten und CO_2 Emissionen können entstehen, wenn Einsparungen aus effizienteren Gasgeräten durch Wärme aus elektrischen Quellen ersetzt werden.

Energieeinsparungen drückt man aus durch die Menge der verbrauchten Energie, weil auf dieser Basis die Kosten für den Verbraucher berechnet werden. Man muss bei Heizsystem jedoch die zusätzliche Forderung auferlegen, mit der Nutzenergie zu rechnen, für welche der Wirkungsgrad des Heizsystems zusätzlich einbezogen werden muss.

Heat Replacement (Wärmeersatz) führt zum Ersatz von eingesparter Energie durch Brennstoffe und es steigert die Kosten und den CO₂-Auswurf durch zusätzliches Heizen. Diese zusätzlichen Mengen können mit den folgenden Gleichungen berechnet werden:

$$\begin{aligned}
 \text{Wärmeenergie (im Gerät wegfallende)} &= \text{Bruttoenergieeinsparung} \times R \times \eta_e \\
 \text{Ersatzenergie (nötige)} &= \text{Bruttoenergieeinsparung} \times R \times (\eta_e / \eta_g) \\
 \text{Ersatzkosten} &= \text{Bruttokosteneinsparung} \times R \times (\eta_e / \eta_g) \times (p_g / p_e) \\
 \text{Ersatz-CO}_2 &= \text{Bruttokohlendioxideinsparung} \times R \times (\eta_e / \eta_g) \times (C_g / C_e)
 \end{aligned}$$

wobei R , η_e , η_g , p_e , p_g , C_e , C_g in Tabelle 1 definiert sind (hierbei wird angenommen, dass es sich bei der eingesparten Energie um Elektrizität handelt).

Nettoeinsparungen (das heißt, die tatsächlich erreichten) sind die Bruttoeinsparungen abzüglich dem Heat Replacement in den Beziehungen:

$$\begin{aligned}
 \text{Nettoenergieeinsparung} &= S_{\text{Energie}} \times \text{Bruttoenergieeinsparung} \\
 \text{Nettokosteneinsparung} &= S_{\text{Kosten}} \times \text{Bruttokosteneinsparung} \\
 \text{Netto-CO}_2\text{-Einsparung} &= S_{\text{CO}_2} \times \text{Brutto-CO}_2\text{-Einsparung}
 \end{aligned}$$

wobei S der Sparfaktor der Einsparung ist, berechnet als:

$$\begin{aligned}
 S_{\text{Energie}} &= 1 - R \times (\eta_e / \eta_g) \\
 S_{\text{Kosten}} &= 1 - R \times (\eta_e / \eta_g) \times (p_g / p_e) \\
 S_{\text{CO}_2} &= 1 - R \times (\eta_e / \eta_g) \times (C_g / C_e)
 \end{aligned}$$

Tabelle 1: Generelle Größen des Heat Replacement

R	Heat Replacement-Faktor
S	Sparfaktor
yrh	Heizperiode als Anteil der Jahreslänge
η_e	Wirkungsgrad der Elektrogeräte (für Heizzwecke)
η_g	Jahreszeitlicher Wirkungsgrad der Heizsysteme
p_e	Preis für Strom (GBP/GJ)
p_g	Preis für Heizöl/Brennstoffe (GBP/GJ)
C_e	CO ₂ -Ausstoß für Elektrizität (kg/GJ)
C_g	CO ₂ -Ausstoß für Brennstoffe (kg/GJ)

Wenn die Geräte, die an die Luft Wärme abgeben, komplett im beheizten Wohnraum untergebracht sind und wenn sie gleichmäßig im ganzen Jahr genutzt werden, dann wird der Heat Replacement-Faktor R gleich dem Anteil der Heizperiode an der Jahreslänge, das heißt $R = yrh$, wobei yrh in Tabelle 1 zu finden ist. Offensichtlich trifft dies nicht immer zu und R kann genauer abgeschätzt werden, wenn die Eigenschaften des speziellen Geräts genauer beachtet werden, wie weiter unten erklärt wird (siehe Kapitel 7).

7 Einfache Schätzrechnung für Wohnungen

Das Heat Replacement-Prinzip kommt nur dann zum Tragen, wenn das Heizsystem tatsächlich in der Lage ist, die von den Bewohnern gewünschte Wärme zu erzeugen, das heißt wo keine Untertemperaturen auftreten (durch mangelnde Kapazität der Heizung begründet). In Großbritannien ist am meisten die Zentralheizung mit einem Gasboiler und Heizkörpern verbreitet. In Tabelle 2 wird deshalb diese Heizquelle angenommen, welche die eingesparte Energie ersetzen muss. Die genauen Werte schwanken natürlich zeitlich durch Veränderungen in den Gaspreisen, CO₂-Anteilen und Wirkungsgrad der Gasboiler.

Tabelle 2: Schätzwerte für die Parameter, mit denen der Heat Replacement-Faktor und der Sparfaktor berechnet werden, bezogen auf Wohnungen in Großbritannien mit Gaszentralheizung (Werte aktualisiert im August 2007)

<i>yrh</i>	Heizsaison als Anteil am ganzen Jahr (rund 7 Monate)	58%
<i>η_e</i>	Wirkungsgrad der Elektrogeräte (für Heizzwecke)	100%
<i>η_g</i>	Typischer jahreszeitlicher Wirkungsgrad von Heizsystemen	75,1%
<i>p_e</i>	Preis für Strom (p/kWh)	10,0
<i>p_g</i>	Preis für Gas (p/kWh)	2,9
<i>C_e</i>	CO ₂ -Ausstoß für Strom (kgC/kWh)	0,146
<i>C_g</i>	CO ₂ -Ausstoß für Gas (kgC/kWh)	0,052

Einsetzen der Werte für *η_e*, *η_g*, *p_e*, *p_g*, *C_e*, *C_g* aus Tabelle 2 in die allgemeinen Gleichungen liefert:

$$\begin{aligned}
 \text{Wärmeenergie (im Gerät wegfallende)} &= \text{Bruttoenergieeinsparung} \times R \\
 \text{Ersatzenergie (nötige)} &= \text{Bruttoenergieeinsparung} \times R \times 133\% \\
 \text{Ersatzkosten} &= \text{Bruttokosteneinsparung} \times R \times 39\% \\
 \text{Ersatz-CO}_2 &= \text{Bruttokohlendioxideinsparung} \times R \times 47\%
 \end{aligned}$$

Die Sparfaktoren werden damit zu:

$$\begin{aligned}
 S_{\text{Energie}} &= 1 - R \times 133\% \\
 S_{\text{Kosten}} &= 1 - R \times 39\% \\
 S_{\text{CO}_2} &= 1 - R \times 47\%
 \end{aligned}$$

Folglich werden

$$\begin{aligned}
 \text{Nettoenergieeinsparung} &= 23\% \times \text{Bruttoenergieeinsparung} \\
 \text{Nettokosteneinsparung} &= 77\% \times \text{Bruttokosteneinsparung} \\
 \text{Netto-CO}_2\text{-Einsparung} &= 73\% \times \text{Brutto-CO}_2\text{-Einsparung}
 \end{aligned}$$

Diese Beziehungen sind eine einfache Abschätzung für Wohnungen, in denen der Elektrizitätsverbrauch von Beleuchtung und Geräten durch Gas in Zentralheizungen mit typischem jahreszeitlichen Wirkungsgrad ersetzt wird. Eine getrennte Darstellung für andere Heizstoffe wurde nach der selben Methode durchgeführt und findet sich in Anhang A.

(Ende des Auszugs aus dem Originaldokument)

Anhang: Angepasste Formeln und Rechenbeispiel für Deutschland

Die Originalformeln und Beispiele verwenden britische Maßeinheiten. Im Folgenden stellen wir ein Rechenbeispiel mit den bei uns typischerweise verwendeten Zahlenwerten vor.

Das Wohnzimmer einer fünfköpfigen Familie wird von einem 200 W Halogenstrahler und einer 60 W Glühlampe erleuchtet. Beide sollen durch insgesamt 4 energiesparende Leuchtkörper ersetzt werden, die zusammen 60 W verbrauchen.

Diese Beleuchtung wird nur in der kalten Jahreszeit betrieben, weil es im Sommer hell ist. Damit wird der Heat Replacement-Faktor R zu 1. (Wenn die Beleuchtung hingegen während des ganzen Jahres gebraucht würde, wäre der Faktor 0,85, da nur in 7 von 12 Monaten gleichzeitig geheizt wird.)

In die Formeln werden folgende Werte eingesetzt:

R	Heat Replacement-Faktor = Anteil der Heizperiode an der jährlichen Betriebszeit des Elektrogerätes	1	$R = yrh \dots 1$ 1 = wird nur während Heizperiode betrieben
S	Sparfaktor		
yrh	Heizperiode als Anteil der Jahreslänge	0,58	entspricht 7 Monaten
η_e	Wirkungsgrad der Elektrogeräte (für Heizzwecke)	1	Abwärme verbleibt im Raum
η_g	Typischer jahreszeitlicher Wirkungsgrad von Heizsystemen	0,751	Wärme entweicht durch Schornstein
pe	Preis für Strom (Cent/kWh)	20	typisch
pg	Preis für Gas/Heizöl bzw. Brennstoffe (Cent/kWh)	7,65	typisch für Gas
C_e	CO ₂ -Ausstoß für Elektrizität (g/kWh)	614	(Siehe Tabelle „CO ₂ “)
C_g	CO ₂ -Ausstoß für Brennstoff Gas oder Öl (g/kWh)	430	(Siehe Tabelle „CO ₂ “)

Stromerzeugungsart	CO ₂ -Emissionen
Wind	19 g/kWh
Wasser	40 g/kWh
Sonne (Photovoltaik)	135 g/kWh
Biomasse*	0 g/kWh
Kraftwärmekopplung (Gas)**	220 g/kWh
Braunkohle	1070 g/kWh
Steinkohle	980 g/kWh
Erdgas	430 g/kWh
Ökogas (Lichtblick)	409 g/kWh
Strommix (Durchschnitt)	620 g/kWh
Kernkraft	33 g/kWh
Ökostrom (Lichtblick)	0

Tabelle: CO₂-Ausstoß für verschiedene Energiequellen, zitiert nach www.verivox.de/power/article.aspx?i=11473

1. Bruttoenergieeinsparung (der Wert, mit denen Ihnen die Energiesparlampe schmackhaft gemacht wird)

Die Bruttoenergieeinsparung ist die Menge der Energie, die das neue Gerät weniger verbraucht als das alte.

Leistung des alten Gerätes: 260 W
 Leistung des neuen Gerätes: 60 W
 Bruttoenergieeinsparung: 200 W
 Tägliche Nutzdauer: 4 h, Nutzung nur während der Heizperiode (212 Tage)

Scheinbare Bruttojahreseinsparung: 169 kWh
 Scheinbare Kosteneinsparung: 33,87 Euro
 Scheinbare CO₂-Einsparung: 104 kg CO₂

Wir werden sehen, dass die tatsächliche Einsparung wegen des Heat Replacement-Effekts sehr viel geringer ist.

2. Tatsächlich wirksame Einsparung (Netto) unter Einbeziehung des Heat Replacement-Effekts

Für die effektiven (tatsächlich wirksamen) Einsparungen gelten folgende Formeln:

Die tatsächlichen Nettosparfaktoren sind:

$$\begin{aligned} S_{\text{Energie}} &= 1 - R \times (\eta_e / \eta_g) &= 1 - R \times 133\% &= -33\% \text{ Dies ist ein Mehrbedarf an Energie!} \\ S_{\text{Kosten}} &= 1 - R \times (\eta_e / \eta_g) \times (p_g / p_e) &= 1 - R \times 51\% &= 49\% \\ S_{\text{CO}_2} &= 1 - R \times (\eta_e / \eta_g) \times (C_g / C_e) &= 1 - R \times 93\% &= 7\% \end{aligned}$$

Oder ausgedrückt als Mengen bezogen auf die eingesparte Energie:

$$\begin{aligned} \text{Wärmeenergie (im Gerät wegfallende)} &= \text{Bruttoenergieeinsparung} \times R \times ne \\ &= \text{Bruttoenergieeinsparung} \times 100\% \\ \text{Ersatzenergie (nötige)} &= \text{Bruttoenergieeinsparung} \times R \times (\eta_e / \eta_g) \\ &= \text{Bruttoenergieeinsparung} \times 133\% \\ \text{Ersatzkosten} &= \text{Bruttokosteneinsparung} \times R \times (\eta_e / \eta_g) \times (p_g / p_e) \\ &= \text{Bruttokosteneinsparung} \times 51\% \\ \text{Ersatz-CO}_2 &= \text{Brutto-CO}_2\text{-Einsparung} \times R \times (\eta_e / \eta_g) \times (C_g / C_e) \\ &= \text{Brutto-CO}_2\text{-Einsparung} \times 93\% \end{aligned}$$

Folglich werden tatsächlich gespart	jährlich
Nettoenergieeinsparung = -33% × Bruttoenergieeinsparung	= -56,15 kWh Mehrbedarf an Energie!
Nettokosteneinsparung = 49% × Bruttokosteneinsparung	= 16,62 Euro
Netto-CO ₂ -Einsparung = 7% × Brutto-CO ₂ -Einsparung	= 7,02 kg CO ₂

Die für den Klimawandel relevante CO₂-Einsparung beträgt nur 7% des Wertes, mit dem geworben wird. Die Kosteneinsparung entsteht, da der kWh-Preis von Gas sehr viel günstiger ist als der von Strom. Die CO₂-Bilanz zeigt jedoch kaum eine Einsparung, denn die Abwärme der Elektrogeräte wirkt sehr effektiv als Raumheizung, während für die selbe Wärmeerzeugung mit Gas mehr Heizenergie – und damit auch mehr CO₂ – nötig wird.

Wird der Strom von einem Ökostromanbieter bezogen, dann konnte der ursprüngliche Elektroenergieverbrauch völlig ohne CO₂-Belastung bezogen werden. Dies ist möglich, weil auf natürliche und erneuerbare Energien gesetzt wird und keine fossilen Brennstoffe verwendet werden. (Info des Ökostromanbieters Lichtblick.de, dessen Strom CO₂-frei erzeugt wird.) Der Einsatz von energieärmeren Leuchten und Elektrogeräten führt dann sogar zu einer Verschlechterung der CO₂-Bilanz der Wohnung, weil dann mehr geheizt werden muss.

Falls die selbe fünfköpfige Familie ihren Strom von Lichtblick bezieht, ergäbe sich nach Einsatz der energiesparenden Beleuchtung folglich die folgende Bilanz:

$$\begin{aligned} \text{Nettoenergieeinsparung} &= -56,15 \text{ kWh} \text{ Dies ist ein Mehrbedarf!} \\ \text{Nettokosteneinsparung} &= 16,62 \text{ Euro} \\ \text{Netto-CO}_2\text{-Einsparung} &= -97 \text{ kg CO}_2 \text{ Dies ist ein Mehrbedarf!} \end{aligned}$$

OP
10.1.2009