



Bericht Nr. 11004BE04 über die Überprüfung der energetischen Auswertung von ecotech / adapterm Anlagen in den Heizperioden 06/07 und 07/08

Gutachter: Steinbeis Transferzentrum Building Technology
Mühlhaldenstr. 25, 73770 Denkendorf
Prof. Dr.-Ing. Markus Tritschler
Lehrgebiet Heizungstechnik, Wärmetechnik und Facility Management
an der Hochschule Esslingen, Fakultät Versorgungstechnik und Umwelttechnik

Auftraggeber: Techem Energy Services GmbH
Hauptstr. 89
65760 Eschborn

Zusammenfassung

Die von Techem vorgelegten Einsparergebnisse von ecotech / adapterm Anlagen in den Heizperioden 06/07 und 07/08 wurden geprüft. Die Ergebnisse lauten wie folgt:

- Techem berechnet die Energieeinsparung nach den anerkannten Regeln der Technik.
- Die Resultate sind fachlich und mathematisch korrekt.
- Das Fazit des „Abschlussbericht Techem“ kann bestätigt werden.
- Bei den untersuchten Anlagen beträgt die mittlere Einsparung 10,1%.

Dieser Bericht umfasst 5 Seiten und darf ohne Genehmigung des Gutachters nur in vollem Umfang vervielfältigt werden.

Denkendorf/Esslingen, den 16. Februar 2009

Prof. Dr.-Ing. Markus Tritschler



Auftrag

Im Auftrag der Firma Techem werden die Ergebnisse der energetischen Auswertung von ecotech / adapterm Anlagen der Heizperioden 06/07 und 07/08 überprüft.

Dieser Bericht fasst die Ergebnisse aus der Heizperiode 06/07 (Bericht Nr. 11004BR01 des Auftragnehmers) sowie die Ergebnisse der Heizperiode 07/08 zusammen.

Daten

Der Auftraggeber stellt dem Gutachter die nachfolgend bezeichneten Daten und Berechnungsergebnisse und sämtliche dazu notwendigen Unterlagen zur Verfügung. Dem Gutachter wurden die Berechnungen und die Vorgehensweise ausführlich erläutert.

Heizperiode 06/07

Der Auftraggeber wertet 12 Liegenschaften mit Zweirohr-Heizanlagen aus, vgl. Bericht Nr. 11004BR01.

Heizperiode 07/08

Der Auftraggeber wertet 74 Anlagen aus. Die Einsparergebnisse sind im „Abschlussbericht - energetische Auswertungen von ecotech / adapterm Anlagen Heizperiode 07/08“ in der Fassung vom 9.12.2008 (Version 1.4) dokumentiert.

Selektierte Anlagen

Insgesamt werden 86 Anlagen ausgewertet; wobei die Anlagen in 2 Gruppen unterteilt werden:

1. Gruppe der selektierten Anlagen,
2. Gruppe aller ausgewerteten Anlagen.

Die erste Gruppe umfasst 31 Anlagen. Die Selektion ist sinnvoll, da bei diesen Anlagen der Einfluss von Störgrößen, wie z.B. Klima, Nutzerverhalten, Anlagentechnik, möglichst gering ist. Aus der Heizperiode 06/07 sind 6 Anlagen, deren Vergleichszeitraum größer als 4 Wochen beträgt, ausgewählt worden. Die Selektionskriterien für die 25 Anlagen der Heizperiode 07/08 können dem „Abschlussbericht“ entnommen werden.

Berechnungsmethode Techem

In vielen Fällen wird der Wärmeverbrauch für die Raumheizung direkt erfasst. Wo dies nicht möglich ist, wird der Heizenergiebedarf für Warmwasser nach den anerkannten Regeln der Technik abgetrennt.

Zur Berechnung der Einsparung werden zwei Methoden angewendet, die dem Stand der Technik entsprechen: Periodenvergleich¹ und Anlagenvergleich² (eine Anlage). Dabei wird der Verbrauch jeweils gradtagsbereinigt³; wo die entsprechenden Daten vorliegen (Sonnenstunden pro Tag), werden Zeiträume mit gleicher Sonnenscheindauer, mittlerer Außentemperatur und Windgeschwindigkeit verglichen.

¹ Vergleich unterschiedlicher zeitlicher Perioden für eine Liegenschaft.

² Vergleich zweier vergleichbarer Liegenschaften im selben Zeitraum.

³ Vgl. dazu: VDI 3807: Energieverbrauchskennwerte für Gebäude.
Mügge, G.: Verbrauchskennwerte für Gebäude. HLH 7-2007.



Untersuchungsergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse sind ausführlich im Bericht Nr. 11004BR01 des Auftragnehmers (Heizperiode 06/07) und im „Abschlussbericht“ des Auftraggebers (Heizperiode 07/08) dokumentiert. Zusammenfassend seien hier die wichtigsten Kennwerte erwähnt.

Für die Gruppe der selektierten Anlagen ergeben sich folgende Einsparergebnisse:

Gruppe der selektierten Anlagen (31 Anlagen)

Mittlere relative Einsparung	10,1%
Standardabweichung	$\pm 5,2\%$
Anlagen mit Mehrverbrauch:	1
Mittlerer relativer Mehrverbrauch	3,4%
Standardabweichung	-

Bei einer Anlage ist ein Mehrverbrauch aufgetreten, obwohl die Vorlauftemperatur 5,4 K abgesenkt wurde (verbrauchsgewichtete Absenkung). Die Gründe dafür sind vielfältig: Insbesondere Nutzungsänderungen oder anlagentechnische Änderungen könnten dafür verantwortlich sein. Da die genauen Gründe noch nicht festgestellt werden konnten, sollte diese Anlage nach einer weiteren Heizperiode nochmals untersucht werden.

Statistische Kennwerte

Bei den 31 Anlagen handelt es sich um eine Stichprobe. Wenn man Aussagen über die Grundgesamtheit oder künftige Stichproben machen will, muss man statistische Methoden anwenden.

Die Aussagen sind mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit α verbunden; üblich sind 5%. D.h. man erhält in 5% der Fälle eine falsche Aussage und in 95% ($1-\alpha$) eine wahre Aussage. Folgende Begriffe werden ergänzend zu den als bekannt vorausgesetzten Größen Mittelwert und Standardabweichung verwendet:

Konfidenzintervall des Mittelwertes: Bandbreite, innerhalb der der Mittelwert der Grundgesamtheit mit der Wahrscheinlichkeit ($1-\alpha$) liegt.

Toleranzintervall: Auf Grund einer Stichprobe kann angegeben werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit ($1-\alpha$) wie viele Elemente einer künftigen Stichprobe innerhalb des Toleranzintervalls liegen werden.

Den folgenden Angaben liegt jeweils eine statistische Wahrscheinlichkeit von 95% bzw. eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% zugrunde. Ein χ^2 - Test zeigt, dass die Stichprobe als normalverteilt angesehen werden kann⁴.

Für die untersuchten Anlagen erhält man folgende Ergebnisse für die Einsparung:

Mittelwert	10,1%
Konfidenzintervall des Mittelwertes	$\pm 1,9\%$ bzw. [8,2% ; 12,0%]
Standardabweichung	$\pm 5,2\%$
Toleranzintervall für 68% der Anlagen	[3,4% ; 16,9%]

Abbildung 1 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Einsparergebnisse der selektierten Anlagen und die entsprechenden Kennwerte.

⁴ Mohr, R.: Statistik für Ingenieure und Naturwissenschaftler. 2. Auflage, Expert Verlag, 2008.

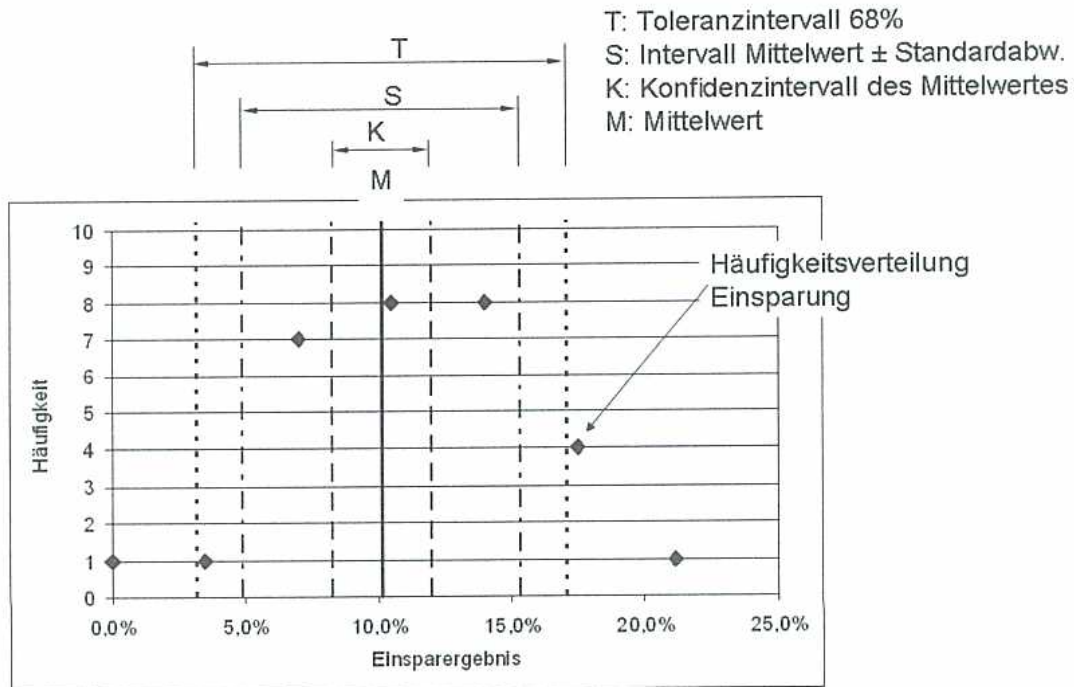


Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung der selektierten Anlagen. Mittelwert (M), Konfidenzintervall des Mittelwertes (K), Bereich Mittelwert \pm Standardabweichung (S) und Toleranzintervall (T) sind entsprechend gekennzeichnet; Irrtumswahrscheinlichkeit 5%.

Fazit: Statistisch gesehen wird der zu erwartende Mittelwert der Einsparung mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% in einem Bereich zwischen 8,2 % und 12 % liegen. Des Weiteren werden die Einsparergebnisse von 68% der Anlagen anderer Stichproben in einem Bereich zwischen 3,4% und 16,9% liegen, ebenfalls mit einer Wahrscheinlichkeit von 95%.

Gründe für die Einsparungen

Da es sich um Feldversuche handelt und die Energieverbräuche der einzelnen Gebäude nur als Gesamtmessergebnis vorliegen, können Einzeleffekte, die zu den Einsparungen führen, nicht angegeben werden.

Es sollen dennoch einige Argumente gegeneinander abgewogen werden.

Wenn die Vorlauftemperatur zu hoch eingestellt ist, werden die in den nachfolgenden Teilbereichen beschriebenen Einflüsse auftreten. Sie können nicht isoliert betrachtet werden, sondern führen erst im Zusammenspiel und unter dem Einfluss des Nutzers zum Gesamtergebnis.

Einflüsse auf den Heizenergiebedarf, wenn die Vorlauftemperatur zu hoch eingestellt ist:

Nutzenübergabe:

- Falls ungedämmte Rohrleitungen in den Nutzeinheiten verlegt sind, geben diese mehr Leistung ab. Im Extremfall muss der Nutzer über seine Heizkörper keine Wärme mehr beziehen. Eine individuelle Raumtemperaturregelung ist in diesem Fall nicht mehr möglich; mit der Folge der „Überheizung“.
- Die Rücklauftemperatur wird sinken, da –in erster Näherung– die Übertemperatur des Heizkörpers gleich bleiben muss. Dies führt dazu, dass der Übertragungsbeiwert der Strecke „Heizkörper“ sehr groß wird. In diesem Fall führen kleine Änderungen des Wasserstromes zu großen Änderungen der Wärmeleistung.



- Die Ventile müssen stark androsseln, der Massenstrom im Netz sinkt und der Druckabfall über dem Ventil nimmt zu. Dies führt zu einer größeren Ventilautorität.
Auf der anderen Seite arbeiten die Ventile aufgrund des Drosselzustandes näher am Schließpunkt, die Regelfähigkeit ist dadurch eingeschränkt. Aufgrund dieses Drosselzustandes wird der Proportionalbereich X_P kleiner bzw. der Übertragungsbeiwert des Reglers größer.
Falls X_P sehr klein wird (kleiner 0,7K) kommt es zu Schwingungen im Regelkreis, d.h. die Raumtemperatur ist nicht mehr stabil.
- Die Heizkörper bieten große Leistungsreserven. Schon bei einer um 10 K zu hohen Vorlauftemperatur kann die Heizkörperleistung beträchtlich gesteigert werden. Ausgehend von einer angenommenen „passenden“ Vorlauftemperatur von 50°C beträgt das Reservopotential
 - 40% (ohne Änderung des Massenstroms) bzw.
 - 70% (zusätzliche Steigerung des Massenstroms um 50%),wenn man die Vorlauftemperatur auf 60°C anheben würde. Da die Nutzer die Stellung der Thermostatventile oft nicht dem tatsächlichen Bedarf anpassen, können zu hohe Vorlauftemperaturen zur „Überheizung“ der Räume führen.
- Das Zusammenwirken der beiden großen Übertragungsbeiwerte (Heizkörper und Regler) führt in Kombination mit dem zuvor beschriebenen Leistungspotential dazu, dass schon bei geringfügigem Unterschreiten des Raumtemperatur-Sollwerts, z.B. beim Lüften (Kippstellung der Fenster), die Heizkörper sehr viel Wärme abgeben.

Verteilung:

- Der Massenstrom im gesamten Netz sinkt, dadurch wird bei drehzahlgeregelten Pumpen elektrische Energie eingespart. Die Größenordnung der Einsparung liegt bei ca. 35%.
- Die Verteilverluste nehmen zu; dieser Mehrbedarf beträgt ca. 10%.
- Bei guter Dämmung der Verteilleitungen und Anordnung innerhalb der thermischen Hülle sind die Absolutwerte beider Effekte etwa gleich groß, so dass sich die Einsparung und der Mehrbedarf aufheben. Sollten die Verteilleitungen aber schlecht gedämmt sein und außerhalb der thermischen Hülle liegen, dann überwiegen die Verteilverluste und der Energiebedarf steigt.

Wärmeerzeugung:

- Wie bereits erwähnt, nimmt der Massenstrom im Netz und damit auch im Wärmeerzeuger ab. Kleine Wasserströme verschlechtern den Nutzungsgrad um ca. 1% bis 2%. Dies stellt Luft in einer Diplomarbeit (Hochschule Esslingen) fest⁵.

Inzwischen ist das Einsparpotential auch von anderen Wissenschaftlern untersucht und veröffentlicht worden⁶; die Ergebnisse liegen in ähnlicher Größenordnung wie die von Techem in den Feldversuchen ermittelten 10,1%.

⁵ Luft, C. und M. Tritschler: Einflüsse auf den Nutzungsgrad von Wärmeerzeugern. HLH Nr. 11, 2007.

⁶ Knorr, M., Seifert, J. und Richter, W.: Absenkung der Vorlauftemperatur. HLH 5/2008, S. 23-28.