

# Energiesparen bei Einzel-Kombiheizungen durch betriebliche Massnahmen: Überlegungen zum Nutzen der Nachabsenkung bzw. zum Raffen der Brennzeiten

Autor(en): **Mauch, Ursula / Mauch, Samuel**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **95 (1977)**

Heft 46

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-73491>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Energiesparen bei Einzel-Kombiheizungen durch betriebliche Massnahmen

## Überlegungen zum Nutzen der Nachtabsenkung bzw. zum Raffen der Brennzeiten

Von Ursula und Samuel Mauch, Oberlunkhofen

Energiesparen ist ein wichtiger Eckpfeiler unserer Energiepolitik geworden. Für Raumheizung und Warmwasseraufbereitung brauchen wir die Hälfte unserer Energie. Schon aus diesem Grunde stehen diese Bereiche im Vordergrund, wenn man nach Sparmassnahmen sucht. Im folgenden betrachten wir einige Massnahmen, die bei bestehenden Ölfeuerungsanlagen ohne Investitionen zu Energieeinsparungen führen. Oft bestehen aber Unklarheiten oder Uneinigkeiten darüber, ob eine bestimmte Sparmassnahme überhaupt etwas einbringt, oder wieviel; ja, ob die Massnahme überhaupt sinnvoll sei.

Ein typisches Beispiel dafür ist die sogenannte Nachtabsenkung oder die Wochenendabsenkung bei Arbeitsräumen. Mittels Handschaltung oder automatischer Steuerung wird in vielen Gebäuden während der Nacht – oder übers Wochenende – die Ölheizung gedrosselt oder ganz ausgeschaltet. Es stellt sich nun immer wieder die Frage, ob sich dieses Vorgehen lohne, beziehungsweise ob man so überhaupt Energie sparen könne. Ein typisches Kritikargument lautet: Wenn sich die Gebäudemasse und -luft über Nacht abkühlen, so muss am Morgen um so mehr geheizt werden; die gesamte Energiebilanz bleibt sich gleich oder wird verschlimmert.

Oft entsteht Konfusion über die Nützlichkeit einer Energiesparmassnahme deshalb, weil man von unterschiedlichen Grundvoraussetzungen ausgeht, ohne es zu sagen. Es sei hier klargestellt: Wir diskutieren die *Nachtabsenkung als eine Sparmassnahme*, die *sofort* und ohne *Investitionen* bei vielen *bestehenden* Einzelölheizungen und Gebäuden durchführbar ist. Wenn man längerfristige Massnahmen betrachtet, die Gebäuderenovationen und Heizungserneuerungen einschliessen, so sind unsere Überlegungen nicht mehr notwendigerweise gültig. Unter so veränderten Grundvoraussetzungen kann man sogar Situationen antreffen, wo gerade eine umgekehrte Strategie, eine *Nachtaufladung*, geeigneter ist.

Unsere Betrachtungen unterscheiden sich von früheren Veröffentlichungen über Nachtabsenkung [1, 2] in zweierlei Hinsicht. Erstens wurden unsere theoretischen Modellüberlegungen durch praktische Versuche und Messungen angeregt. Das dargestellte Modell beruht auch nicht auf detaillierten Computersimulationen über den instationären Wärmestrom durch Gebäudemauern. Es ist ein diskretes Wärmespeichermodell, das den wesentlichsten Aspekt, die Systemsträgheit, vereinfacht und überblickbar veranschaulicht. Zweitens ist es bei unserer Betrachtung wichtig, dass der Zusammenhang zwischen instationärem Heizen und dem Wirkungsgrad der – vorgegebenen – Heizanlage berücksichtigt wird.

Die wichtigsten Aspekte unserer Betrachtungen sind also:

- Die Anschaulichkeit des Modelles, das die wichtigsten Trägheitsparameter des instationären Heizens darstellt.
- Die Beeinflussung des Wirkungsgrades des Heizungssystems durch instationäres Heizen.

### Was bringt die Nachtabsenkung?

#### Vereinfachtes Wärmefluss- und Speichermodell eines Gebäudes

Im durchgehenden Heizungsbetrieb wird die Gebäudeinnentemperatur über 24 Stunden etwa konstant reguliert. Der Brenner schaltet, durch Thermostaten gesteuert, viele Male ein und aus während eines Tageszyklus von 24 Stunden. Die Aussentemperatur hat meist obere Tages- und untere Nacht-

spitzen. Dazu kommt die eventuelle Sonneneinstrahlung am Tage. Damit die Innentemperatur konstant bleibt, muss demnach nachts mehr geheizt werden als tagsüber, denn der Wärmestrom steigt mit zunehmender Temperaturdifferenz zwischen innen und aussen.

Wird nun nachts die Heizung gedrosselt oder ganz ausgeschaltet, so gibt die Gebäudemasse entsprechend der Temperaturdifferenz innen-aussen laufend Wärme an die kältere Umgebung ab. Dadurch kühlen sich die Gebäudemasse und die Gebäudeinnenluft ab. In Bild 1 ist dieser Vorgang schematisch und vereinfacht dargestellt.

Im Zentrum des Interesses steht nicht das lokale Detail, sondern der *über das Gebäude gemittelte Wärmefluss*, insbesondere der *Unterschied des Wärmeverlustes* (in kcal) *mit und ohne Nachtabsenkung*.

Wir modellieren das Gebäude als *Wärmespeicher* mit einer wirksamen Gebäudemasse  $M_e$ , die eine spezifische Wärmekapazität  $\bar{c}$  hat. Vorerst setzen wir die Innenlufttemperatur gleich der Temperatur dieser wirksamen Gebäudemasse. Das Modell beschreibt den Wärmeentladungs- und Ladevorgang dieses fiktiven Wärmespeichers ( $M_e, \bar{c}$ ) vergleichbar zum Lade- und Entladungsvorgang eines elektrischen Kondensators.

Der Wärmestrom  $q$  aus dem Gebäude beträgt nachts:

$$(1) \quad q = F \cdot \bar{k} (t_r - t_a) \quad [\text{kcal/h}]$$

dabei sind:

$F$  = Gebäudeoberfläche [m<sup>2</sup>]

$\bar{k}$  = gewichteter Wärmedämmkoeffizient über das ganze Gebäude (Transmission und Konvektion) [kcal/m<sup>2</sup> h °C]

$t_r(\tau)$  = Rauminnentemperatur =  $\frac{t_{om} + t_i}{2}$

$t_a$  = Aussentemperatur (konstant während der Nacht; Annahme)

$\tau$  = Zeit

Der Wert  $\bar{k}$  kann approximativ aus der folgenden Gleichung hergeleitet werden:

$$(2) \quad q \equiv \bar{k} F (t_r - t_a) = \bar{k} (t_r - t_a) F + \vartheta_L C_L (t_r - t_a) N \cdot V$$

$$(2a) \quad \bar{k} = \bar{k} + \frac{C_L \vartheta_L N V}{F} \quad [\text{kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}]$$

Die Werte  $C_L, \vartheta_L, N, V$  stehen für die spezifische Wärme  $C_L$  und die spezifische Dichte  $\vartheta_L$  der Luft, die Luftwechselzahl  $N$  und das beheizte Gebäudevolumen  $V$ .

Der Wärmestrom  $q$  kühlt den Wärmespeicher in der Zeit  $\Delta\tau$  wie folgt ab:

$$(3) \quad \Delta Q = \Delta\tau \cdot q = M_e \cdot \bar{c} \Delta t - q_h \Delta\tau - q_s \Delta\tau$$

$q_h$  = Wärmeleistung der Heizung bei laufendem Brenner (= Null während der Nachtabsenkung)

$q_s$  = Sonneneinstrahlung am Tag

$M_e$  = wirksame Gebäudemasse [kg]

$\bar{c}$  = spezifische, mittlere Wärmekapazität der wirksamen Gebäudemasse [kcal/°C kg]

$\Delta t$  = Auskühlung der wirksamen Gebäudemasse und der Gebäudeinnenluft innert der Zeit  $\Delta\tau$

Aus Gleichung (3) und Bild 1 kann die Abkühlung der Gebäudeinnenluft  $\Delta t_0$  während der Nacht errechnet werden:

$$(4) \quad \Delta t_0 = \frac{\Delta t}{\Delta \tau} \cdot L'$$

$$(5) \quad \frac{\Delta t}{\Delta \tau} = \frac{q}{M_e \cdot \bar{c}} = \frac{F \bar{k} [t_r(\tau) - t_a]}{M_e \bar{c}}$$

Im folgenden nehmen wir an, dass  $\frac{\Delta t}{t_r(\tau) - t_a} \ll 1$

Dann können wir in Gleichung (5)  $t_r \approx \text{konst.}$  annehmen. Es ergibt sich dann

$$(6) \quad \Delta t_0 \approx \frac{L' F \bar{k} (t_r - t_a)}{M_e \bar{c}}$$

Als nächstes sind wir nun in der Lage, den durch die Nachtabsenkung verhinderten Wärmeverlust, d.h. die entsprechende Energieeinsparung, abzuschätzen: Er ist proportional zum Dreieck A-B-C in Bild 1.

$$Q_{s1} = \frac{\Delta t_0}{2} \cdot \bar{k} F L$$

$$(7) \quad Q_{s1} = \frac{L L' F^2 \bar{k}^2 (t_r - t_a)}{2 M_e \bar{c}} \quad [\text{kcal}]$$

$Q_{s1}$  ist die gesparte Nutzenergie je Nacht infolge des verminderten Wärmeflusses, der entsteht, weil die Gebäude-Luftinnentemperatur niedriger ist als wenn durchgehend geheizt wird.

Die Gleichungen (6) und (7) haben vorerst nur phänomenologischen Wert, weil das Modell ja auf dem fiktiven Wärmespeicher ( $M_e, \bar{c}$ ) basiert, deren Werte wohl etwa geschätzt werden können, aber nicht empirisch bekannt sind. Es lassen sich aber bereits folgende Aussagen machen:

- Die Nachtabsenkung führt immer zu einer Einsparung an Nutzwärme. Sie nimmt quadratisch mit der Abstelldauer  $L$  der Heizung zu. Sie ist auch um so grösser je leichter das Gebäude gebaut ist. Nur im Extremfall einer «unendlich» grossen Gebäudemasse muss am Morgen wieder gleich viel Wärme nachgepumpt werden, wie die Gebäudemasse während der Nacht abgegeben hat – ohne sich abzukühlen.
- Bei kleinen Gebäudemassen (leichte Bauweise) kann die Innentemperatur während der Abschaltzeit zu stark abnehmen, so dass die Abschaltzeit  $L$  beschränkt werden muss, oder die Heizung muss mit reduzierter Leistung eingeschaltet bleiben um  $\Delta t$  z.B. auf  $3^\circ$  zu beschränken. Auch in diesem Fall resultiert eine Wärmeeinsparung.
- Bei extrem niedrigen Aussentemperaturen  $t_a$  kann man sich dem Fall nähern, wo der Wärmestrom  $q$  fast so gross wird wie die maximale Heizleistung  $q_h$  (Gleichung 3). Dann wird die Aufheizzeit sehr lange und die Nachtsenkung muss eventuell aus Komfortgründen eingeschränkt werden.

#### Wiederaufheizzeit

Die Wiederaufheizzeit  $L''$  am Morgen hängt primär von folgenden Faktoren ab:<sup>1)</sup>

- aufzuholende Temperatur  $\Delta t_0$
- Heizleistung  $q_h$
- eventuelle Sonneneinstrahlung durch Süd- und Ostfenster:  $q_s$
- Aussentemperatur  $t_a$

<sup>1)</sup> Die berechnete Grösse  $L''$  ist ein theoretischer Wert. Praktisch wird schon innert kürzerer Zeit wieder eine höhere Innenlufttemperatur erreicht. Die Wiedererhöhung der Temperatur der Innenoberfläche der Umschliessungsmauern dauert länger.

Folgende Gleichungen sind massgebend (vergl. Bild 1):

$$\Delta \tau [q_h + q_s - F \bar{k} (t_r - t_a)] = M_e \bar{c} \Delta t$$

$$\frac{d t'_r}{d \tau} = \frac{\Delta t}{\Delta \tau} = \frac{q_h + q_s - F \bar{k} (t_r - t_a)}{M_e \bar{c}}$$

$$(8) \quad L' = \frac{\Delta t_0}{d t'_r / d \tau} = \frac{\Delta t_0 M_e \bar{c}}{q_h + q_s - F \bar{k} (t_r - t_a)}$$

Aus Gleichung (8) ist ersichtlich, dass die Situation dann kritisch wird, wenn die Inputwärmeströme der Heizung  $q_h$  und der Sonne  $q_s$  zusammen nur wenig grösser sind wie der Wärmeabfluss  $F \bar{k} (t_r - t_a)$  bei niedrigen Aussentemperaturen. Bei üblichen Verhältnissen der Bemessung von Heizanlagen sind zu lange Aufheizzeiten (z.B. mehr als zwei bis drei Stunden je Grad Celsius) erst bei Aussentemperaturen ab etwa  $-5^\circ$  zu erwarten. In diesem Bereich sollte die Abstelldauer  $L'$  so kontrolliert werden, dass  $\Delta t_0$  nicht mehr als  $1^\circ$  bis  $2^\circ$  erreicht.

#### Eingesparte Endenergie

Bevor wir an einem Beispiel die eingesparte Heizenergie abschätzen, betrachten wir die Gesamteinsparung an Endenergie. Die Formel (7) gibt ja den Wert der eingesparten Nutzwärme.

Die gesamte eingesparte Endenergie ist aus drei Gründen grösser:

- Wenn bei der Nachtabsenkung der Brenner für die ganze Periode  $L'$  abgeschaltet bleibt, so wird die Brennerzeit gerafft und der mittlere Wirkungsgrad des Brenner-Kesselsystems  $\eta_h$  wird erhöht.

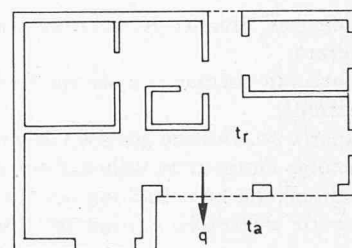


Bild 1a. Gebäudeschema im Grundriss

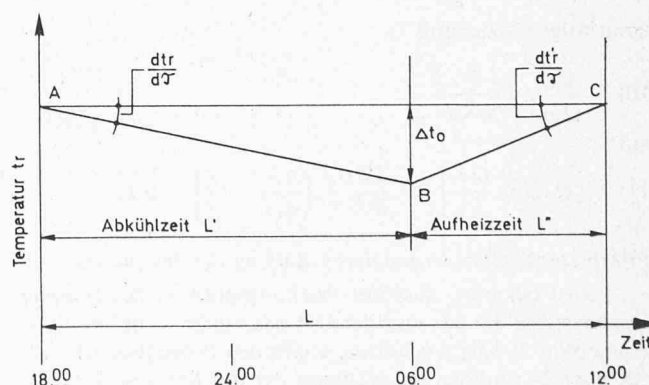


Bild 1b. Vereinfachtes Schema des Innentemperaturverlaufes über Nacht bei Nachtabsenkung der Temperatur oder Ausschaltung der Heizung

Bild 1a und Bild 1b. Schematische Darstellung des Wärmestromes  $q$  und des Innentemperaturverlaufes, wenn nachts die Heizung gedrosselt oder ausgeschaltet wird

$t_r$  = Raumtemperatur = Durchschnittswert aus Raumlufttemperatur  $t_i$  und mittlerer Temperatur der raumumschliessenden Flächen  $t_{om}$

$t_r$  ist massgebend für die Behaglichkeit:  $t_r = (t_{om} + t_i) \cdot 1/2$ ; wo  $t_i$  = Raumlufttemperatur 0,75 m über Fussboden, nicht weiter als 2,5 m von den Aussenwänden entfernt

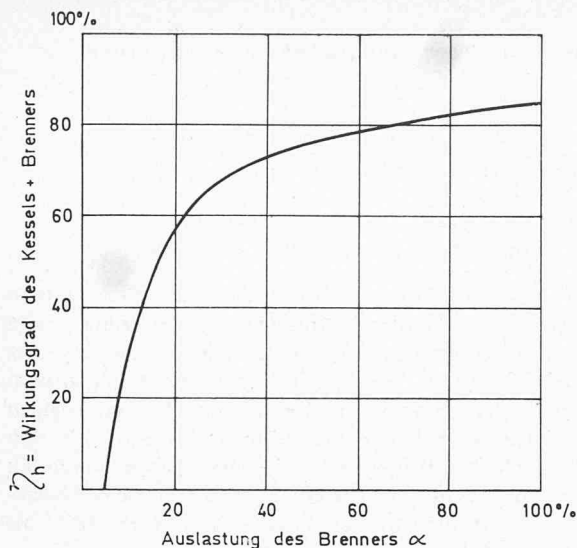


Bild 2. Mit abnehmender Auslastung  $\alpha$  nimmt der Wirkungsgrad  $\eta_h$  des Brenner-Kesselsystems ab

- Die gesparte End-Heizenergie ist wegen des Wirkungsgrades  $\eta_h < 1$  grösser als die gesparte Nutzenergie  $Q_{S1}$ .
- Weil die gesamte Brennerlaufzeit verkürzt wird, braucht es auch weniger elektrische Energie für den Brenner und die Wasserumwälzpumpe.

Die gesparte Endenergie  $Q_{SE}$  berechnet sich approximativ wie folgt:

$$(9) \quad Q_{SE} = \frac{Q_{S1}}{\eta'_h} \left[ 1 + \frac{Q_0}{Q_{S1}} \left( \frac{\eta'_h}{\eta_{h0}} - 1 \right) \right] + \Delta E_{el}$$

Dabei ist

$\eta_{h0}$  = Wirkungsgrad Brenner-Kessel ohne Raffung der Brennerzeit

$\eta'_h$  = Wirkungsgrad Brenner-Kessel mit Raffung der Brennerzeit<sup>2)</sup>

$Q_{S1}$  = Eingesparte Nutzwärme gemäss Gleichung (7)

$Q_0$  = Notwendige Nutzwärme während der Zeit  $L$  ohne Nachtabsenkung bzw. Raffung der Brennerzeiten

$\Delta E_{el}$  = Eingesparte elektrische Energie bei Brenner und Pumpe

Aus Bild 1 folgt:

$$Q_0 = \bar{k} F (t_r - t_a) L$$

damit folgt (Gleichung 7):

$$(10) \quad \frac{Q_0}{Q_{S1}} = \frac{2 M_e \bar{c}}{F \bar{k} L'}$$

und

$$(11) \quad Q_{SE} = \frac{Q_{S1}}{\eta'_h} \left[ 1 + \frac{2 M_e \bar{c}}{F \bar{k} L'} \left( \frac{\eta'_h}{\eta_{h0}} - 1 \right) \right] + \Delta E_{el}$$

#### Wirkungsgradverbesserung durch Raffung der Brennerzeit

Es ist bekannt, dass der Wirkungsgrad  $\eta_h$  des Brenner-Kesselsystems mit der «mittleren Auslastung»  $\alpha$  zunimmt (vergleiche Bild 2). Die Auslastung  $\alpha$  gibt den Prozentsatz der Zeit z. B. über 24 Stunden an, während der der Brenner läuft. Der Grund für die  $\eta$ -Verschlechterung bei abnehmendem  $\alpha$  liegt darin, dass der Kessel und der Kamin während der Abschaltzeit auskühlen und bei erneutem Einschalten wieder aufgeheizt werden müssen. Je weniger häufig ein- und aus-

<sup>2)</sup> Eine Wirkungsgradverbesserung von  $\eta'_h$  resultiert nur, wenn die Nachtabsenkung mittels zeitweisem Abstellen des Brenners - also Raffung der Brennerzeiten - durchgeführt wird. Eine blossse Drosselung des Thermostates kann zu einer Verschlechterung des Wirkungsgrades  $\eta'_h$  gegenüber  $\eta_{h0}$  führen, weil die wirksame Brennerauslastung gesenkt wird.

geschaltet werden muss, um so höher wird damit der wirksame  $\alpha$ -Koeffizient.

Wenn also der Brenner während der Nachtabsenkung ganz ausgeschaltet wird und am Morgen während langer Zeit durchgehend läuft, so erhöhen sich  $\alpha$  und  $\eta_h$  gegenüber dem Zustand, wo der Brenner - wenn auch bei gedrosselter Temperatur - während der Nacht acht- bis zehnmal ein- und ausschaltet.

Wenn z. B. bei gedrosselter, aber nicht abgestellter Heizung und einer Aussentemperatur von  $0^\circ\text{C}$  eine Auslastung von 50 Prozent nötig ist, erreicht man für die Periode  $L$  einen  $\alpha$ -Wert von vielleicht 80 Prozent mit Ausschalten der Heizung (Raffung der Brennerzeit). Aus Bild 2 ergibt sich, dass dadurch der Wirkungsgrad während der Zeit  $L$  von 75 Prozent auf 82 Prozent steigt, also um  $\frac{82 - 75}{75} \cong 10$  Prozent erhöht wird. Aus diesem Grunde werden heute auch Brenner mit *Sperrschaltungen* gebaut, die verhindern, dass der Brenner in zu kurzen Zeitabständen aus- und wieder einschaltet.

#### Beispiel Einfamilienhaus

Mit den Formeln (7) und (11) liess sich nun die eingesparte Energie durch Nachtabsenkung (mit Raffung der Brennerzeit) direkt abschätzen. Die Zuverlässigkeit dieser Schätzung hängt davon ab, wie realistisch die entsprechenden Grössen ermittelt werden können.

Die Grössen  $\bar{k}$ ,  $F$ ,  $\eta'_h$ ,  $\eta_{h0}$  bieten keine besonderen Schwierigkeiten. Hingegen ist die Schätzung der Grösse  $M_e \cdot \bar{c}$  vorerst unklar. Für ein bestimmtes Gebäude ist es aber möglich, mit Messungen und Formel (6) den Wert  $M_e \cdot \bar{c}$  empirisch zu ermitteln: Die Abnahme der Rauminnentemperatur  $\Delta t_0$  wurde bei bekanntem  $t_r$  und  $t_a$ ,  $L'$ ,  $F$  und  $\bar{k}$  verschiedene Male gemessen und dann mit Formel (6) der Wert  $M_e \bar{c}$  berechnet.

Die relevanten Daten für das untersuchte Einfamilienhaus sind die folgenden:

$$V \cong 600 \text{ m}^3, N \cong 0,6$$

$$F \cong 350 \text{ m}^2$$

$$\bar{k} \cong 1,2 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C} \text{ (bei kleinen Windstärken)}$$

Aus verschiedenen Messungen von  $\Delta t_0$  ergibt sich für  $M_e \cdot \bar{c}$  nach der Formel (6):

$$M_e \cdot \bar{c} \cong 3,4 \cdot 10^4 \text{ kcal/}^\circ\text{C}$$

Wir betrachten nun folgendes Beispiel:

$$\text{Aussentemperatur } -2^\circ\text{C} = t_a$$

$$\text{Innentemperatur } +20^\circ\text{C} = t_r \text{ (im Mittel } 18,5^\circ)$$

$$\text{Abstellzeit } 20 \text{ Uhr bis } 6 \text{ Uhr} = 10 \text{ Std.} = L'$$

Nach Gleichung (6) senkt sich die Temperatur der wirksamen Masse  $M_e$  ( $\cong$  Raumtemperatur) um:

$$\Delta t_0 = \frac{10 \cdot 350 \cdot 1,2 \cdot 20,5}{3,4 \cdot 10^4} \cong 2,5^\circ$$

Die Innentemperatur am Morgen ist demnach etwa  $17,5^\circ\text{C}$ . Es lässt sich abschätzen, dass sich durch die Raffung der Brennerzeit der  $\alpha$ -Wert von 0,5 auf 0,8 und damit der Wirkungsgrad  $\eta_h$  von 0,75 auf 0,82 erhöht hat. Wir vernachlässigen die eingesparte elektrische Energie vorerst. Damit ergibt sich nach den Formeln (7) und (10) die eingesparte Nutzenergie  $Q_{S1}$  und Endenergie  $Q_{SE}$  für eine Nacht zu (die Aufheizzeit kann berechnet werden; sie beträgt rund fünf Stunden):

$$Q_{S1} \cong 8000 \text{ kcal pro Nacht} \cong 0,8 \text{ kg Öl}$$

$$Q_{SE} \cong \frac{8000}{0,82} (1 + 1,62) \cong 25000 \text{ kcal} \cong 2,5 \text{ kg Öl}$$

Die verbrauchte Ölmenge von 20 Uhr bis 11 Uhr am nächsten Morgen ohne Absenkung beträgt etwa  $Q_0/\eta_{h0} \cong \frac{13}{0,75} \cong 17 \text{ kg}$

Öl, mit der Absenkung etwa 14,5 kg Öl. Was bedeuten diese Zahlen?

- Die eingesparte Nutzwärme während einer Nacht entspricht etwa 0,8 kg Öl.
- Die eingesparte Endenergie ist wesentlich grösser und liegt in der Grössenordnung von 2,5 kg Öl oder etwa 13 Prozent der Energie, die in einer kalten Winternacht gebraucht wird.

Eine approximative Hochrechnung für die Wintersaison ergibt, dass die gesamte Einsparung vielleicht in der Grössenordnung von 6–8 Prozent der Heizenergie liegt (im Winter ist der Anteil der Warmwasserenergie gering).

Aus den Formeln (7) und (11) ist ersichtlich, dass die prozentuale Einsparung für kleinere und eher leicht gebaute Gebäude grösser ist als bei grossen und vor allem bei sehr massiv gebauten Gebäuden.

### Handbetrieb der kombinierten Öl-Heizkessel im Sommer

Wir haben gesehen, dass bei der Nachtabsenkung durch das Raffieren der Brennerzeiten der Effekt der Wirkungsgrad-erhöhung bedeutender ist als die Einsparung der Nutzenergie infolge kleinerer Raumtemperaturen während der Nacht. Diese Situation akzentuiert sich im Sommer noch beträchtlich, wo eine Ölheizung mit einer Kapazität von 25000 bis 30000 kcal/h nur dazu benutzt wird, ein paar hundert Liter warmes Wasser je Tag zu erzeugen. Es liegt daher nahe, das *Prinzip der Brennerzeittraffung vor allem im Sommer* anzuwenden. Versuche haben ergeben, dass dadurch der *Sommerwirkungsgrad verdoppelt* werden kann, bzw. die verbrauchte Ölmenge im Brenner auf die Hälfte gesenkt werden kann.

Die Versuche wurden so durchgeführt, dass der Brenner nur am Abend oder am Morgen so lange eingeschaltet wird, bis die Boilertemperatur 60° oder 70° erreicht. Für ein Einfamilienhaus genügen in der Regel 100 bis 150 Liter heisses Wasser für einen Tag. Man muss allerdings *während des Tages und der Nacht* auch die *Umwälzpumpe ausschalten*, damit das heisse Wasser nicht unnütz im Leitungsnetz abgekühlt wird. Der Boiler selber ist genügend gut isoliert, so dass er sich innert 10 Stunden nur um etwa 8–12° abkühlt.

Mit den durchgeführten Versuchen an einem Einfamilienhaus (fünf Leute) konnte der Sommer-Ölverbrauch von etwa 150 Liter Öl je Monat auf rund 65 Liter gesenkt werden. Das entspricht einer Erhöhung des Wirkungsgrades von miserablen 23 Prozent auf einen halbwegs akzeptablen Wert von rund 50 Prozent. An Tagen, wo extrem viel Warmwasser verbraucht wird, kann der Boiler ein zweites Mal aufgeheizt werden.

### Kosten, Nachteile, Schlussbemerkungen

Mit den obigen Ausführungen wird nicht die Meinung vertreten, mit den dargestellten Sparmassnahmen könne man das Energieproblem lösen, oder diese Massnahmen liessen sich ohne weiteres an allen Öl- und Kombiheizungen der Schweiz durchführen. Immerhin sind es Massnahmen, die in den meisten Fällen spürbare Einsparungen bringen, sofort durchgeführt werden können und nichts als etwas Aufmerksamkeit («Energiesparen ist eine Haltung») kosten.

Die Öleinsparung bei einem Einfamilienhaus kann einige hundert Liter je Jahr ausmachen, was sich auch in Franken ausdrücken liesse.

Offensichtlich sind die Massnahmen *primär für Einfamilienhäuser und kleinere Mehrfamilienhäuser* geeignet. Bei der Nachtsenkung im Winter mögen längere Aufheizungszeiten am Morgen als *Komforteinbusse* empfunden werden, obwohl in einer Wohnung am Morgen eher gearbeitet wird, was eine etwas niedrigere Temperatur durchaus rechtfertigen kann.

Wie im Abschnitt «Wiederaufheizzeit» gezeigt wurde, wird der Nachtabsenkung bei tiefen Aussentemperaturen dort eine Einschränkung gesetzt, wo die Aufheizzeiten am Morgen zu lange würden, weil die Kapazität der Heizung fast nur noch die dauernd abfliessende Wärme nachliefert, aber nur wenig Aufheizwärme nachpumpen kann. Das ist etwa ab  $-5^{\circ}\text{C}$  Aussentemperatur der Fall. Die Absenkung  $\Delta t_0$  muss dann auf 1–2 Grad beschränkt werden. Das heisst, die Abstelldauer  $L'$  muss beschränkt bleiben.

Man hört hie und da den Einwand, das Abstellen der Heizung im Kamin führe öfters zu niedrigen Temperaturen mit Bildung von Wasserdampf und Schwefelsäure, wobei die Schwefelsäure das Kamin und den Kessel angreife. Beim Kamin treffen diese Befürchtungen kaum zu, da die kritische Kondensationstemperatur im Kamin auch beim «durchgehenden» Betrieb öfters über- und wieder unterschritten wird. Hingegen ist bei der Kesselaussenwand auf diese potentielle Gefahr Rücksicht zu nehmen. Es muss dafür gesorgt werden, dass die Kesseltemperatur möglichst rasch den Wasserdampftaupunkt (50–60°) überschreitet. Gut ausgerüstete Anlagen steuern das automatisch mit einer Zweipunktregelung, die den Rücklauf in den Kessel entsprechend verzögert.

Es sollte abschliessend erwähnt werden, dass heute mehr und mehr Kessel- und Brennersysteme auf den Markt kommen, die den *Energiesparfragen* stärker Rechnung tragen als früher. Solche Produkte – zum Beispiel mit sogenannten *Spar-schaltungen mit elektrischer Verriegelung zwischen Brenner- und Heizungsregelung* – waren teilweise schon längere Zeit erhältlich. Es fehlte hier vielleicht oft an einer genügenden «Konsumentenaufklärung» durch Installateure. Es ist auch hier die übliche Situation anzutreffen, dass viele Käuferentscheide nur nach dem *Kriterium der geringsten Anlagekosten* getroffen werden, *ohne Berücksichtigung der Unterschiede in den Betriebskosten*. Des weiteren gibt es oft auch deshalb unnötige Wärmeverluste, weil der Isolationsfrage im Verteilnetz zu wenig Beachtung geschenkt wird. Das ganze Problem liegt hier auf einer Ebene, die selbst die Frage der *Ausbildung im Heizungs- und Installationsgewerbe*, sowie *Konsumentenfragen* umfasst.

Die Tatsache, dass heute noch relativ viele Ölheizungen bestehen, deren Wirkungsgrad durch neuere, besser geregelte Systeme – oder eben durch betriebliche Massnahmen – wesentlich verbessert werden können, beeinflusst auch die *Wirtschaftlichkeitsrechnung von alternativen Techniken* wie Fernwärme, Sonnenenergie oder Gebäudeisolationen. Bei längerfristigen Betrachtungen ist es nicht zulässig, die Wirtschaftlichkeit dieser Alternativen als ölsubstituierende Massnahmen auf der Basis der heutigen, durchschnittlich noch sehr schlechten Wirkungsgrade der Einzelfeuerungen zu beurteilen. Man muss auch die möglichen Verbesserungen der Ölheizungen – im Verhältnis zu ihren Kosten – einkalkulieren. Selbstverständlich darf man dabei die Tatsache nicht ausser acht lassen, dass innert einigen Jahrzehnten sowohl Öl als auch Erdgas nahezu völlig substituiert werden müssen, unabhängig davon, wie stark wir die Effizienz von Ölheizungen steigern können.

### Literaturverzeichnis

- [1] Gertis K. und Hauser G.: «Energieeinsparung durch instationäres Heizen in Wohnungen.» Heizung – Lüftung – Haustechnik, Nr. 5, 1975.
- [2] Hauser G. und Gertis K.: «Heizenergieeinsparung durch Nachtabsenkung», Klima + Kälteingenieur, Heft 7–8, 1975.

Adresse der Verfasser: U. Mauch, dipl. Chem. HTL, und Dr. S. Mauch, dipl. Ing. ETH, Beratungsgemeinschaft für Infrastruktur- und Entwicklungsplanung, Umwelt- und Wirtschaftsfragen (INFRAS), Dreikönigstr. 51, 8002 Zürich.