

Teil 1: Abgas- und „Stand-by“-Verlust

Argumente zur Kesselmodernisierung

Selbst wenn dieser Umstellbrandkessel den Abgasverlust-Grenzwert noch einhalten sollte, können seine Auskühlverluste etwa 1000 Liter Heizöl/Jahr betragen

Die von der Branche erwartete Austauschschwelle alter Heizkessel – aufgrund ablaufender gesetzlicher Fristen – trat in den vergangenen Jahren nicht ein. Auch der am 1. November 2004 anstehende letzte Termin der Verschärfung der Abgasverlust-Grenzwerte wird wohl kaum etwas auslösen. Es sei denn, die damit verbundene „Publicity“ wird genutzt, alle Argumente für eine Modernisierung öffentlichkeits- und zielgruppenwirksam zu präsentieren.

Große Hoffnungen setzte die Heizungsbranche in den vergangenen Jahren in die gesetzliche Festlegung maximaler Abgasverlust-Grenzwerte. Die erwartete Austauschschwelle alter Heizkessel, die ab den gesetzlichen Fristen die Vorgaben nicht mehr erfüllen konnten, trat allerdings zu keinem Zeitpunkt ein. Warum die Erwartungen enttäuscht wurden ist nicht schwer zu erraten – die Grenzwerte sind eben nicht so streng, dass sie nicht auch von den ältesten Kesseln (evtl. mit etwas Nachbesserung), erreicht werden konnten.

Anlagenbetreiber wirksam ansprechen

Nun steht mit dem 1. November 2004 der letzte Termin einer seit 1998 ablaufenden Folge stufenweiser Verschärfungen an. Kessel mit einer Nennleistung bis 25 kW dürfen nach diesem Zeitpunkt nicht mehr als 11 % Abgasverlust aufweisen, solche zwischen 25 und 50 kW nicht mehr als 10 und solche über 50 kW nicht mehr als 9 %. In die Tabelle 1 eingetragen sind auch die zum Abgasverlust zugehörigen Abgastemperaturen. Mit 230 °C bis 192 °C sind die Anforderungen wiederum nicht so hoch, als dass sie nicht von einem Großteil auch des älteren Kesselbestandes zu erfüllen wären. Der Stichtag 1. 11. 2004 wird von sich aus somit wiederum kaum etwas auslösen. Es sei denn, die damit verbundene „Publicity“ wird genutzt, alle Argumente für eine Modernisierung öffentlichkeitswirksam anzuführen. Und es müssen sich auch solche Anlagenbetreiber angesprochen fühlen, deren Altanlage den Grenzwert (gerade noch) einhält und deren alter Kessel noch scheinbar „einwandfrei“ funktioniert. „Alle Argumente“ zu nennen bedeutet nicht, eine möglichst lange Liste aufzustellen. Vielmehr

geht es um das Herausstellen möglichst überzeugender Vorteils- und Nutzenargumente, sowohl im sachlichen bzw. quantifizierbaren als auch im emotionalen bzw. ideellen Bereich.

Energieeinsparung und Umweltschonung

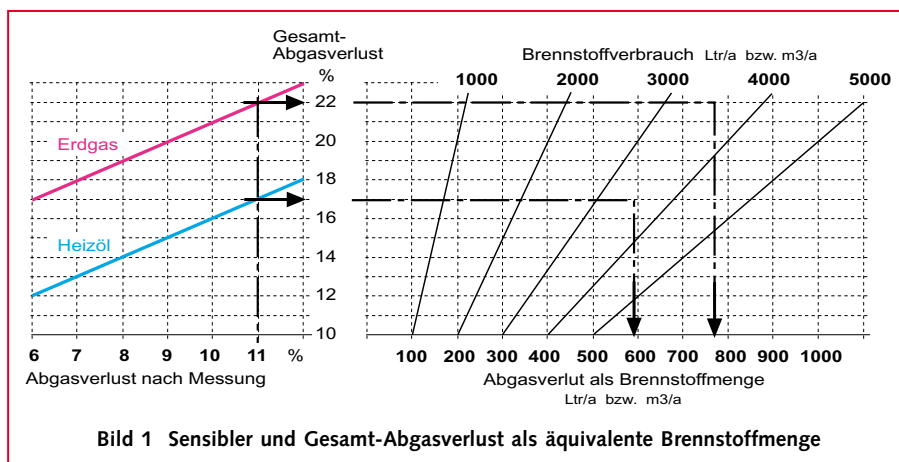
Ein ganz zentrales Argument ist die Energieeinsparung und die damit verbundene Umweltschonung. Denn mit der Einsparung werden die nur endlich verfügbaren Energieressourcen geschont, und die Umwelt weniger belastet. Ein handfester Vorteil ist für den Endkunden die Verringerung seiner Brennstoffkosten. Allerdings ist es nicht einfach, diesbezüglich noch Aufmerksamkeit bei den Anlagenbetreibern zu erreichen. Denn viel zu oft gab und gibt es Relativ-Aussagen, die Einsparungen „von bis zu 40 %“ versprechen. Und auch Nutzungsgrade über 100 % erwecken vielfach wohl eher Unverständnis, als dass sie ein wirklich überzeugendes Argument darstellen. Eine Möglichkeit dem auszuweichen ist die Ausweitung der Argumentation. Also nicht nur verdeutlichen „was man spart“, sondern auch verdeutlichen „was man ver-

Abgasverlust-Grenzwerte
gültig ab 01.11.2004

Kesselleistung	bis 25 kW	25 bis 50 kW	über 50 kW
	11%	10%	9%
Abgastemperatur *	230°C	211°C	192°C

* unter Zugrundelegen von 11% CO₂ bei Öl und 8,5% CO₂ bei Gas

Tabelle 1 Abgasverlust-Grenzwerte gültig ab 1. 11. 2004



$A_1 = 0,5$ für Heizöl bzw. $0,37$ für Erdgas
 $CO_2 =$ Volumenanteil im Abgas %
 $B = 0,007$ für Heizöl bzw. $0,009$ für Erdgas

Zum Nachvollzug des Kurvenverlaufs:
 CO_2 ist für Heizöl mit 11% und für Gas mit $8,5\%$ angesetzt. Bei 230 °C Abgastemperatur ergibt sich der Abgasverlust für beides mit 11% , unter Addition der Latentverluste entsprechend $11\% + 6\% = 17\%$ bzw. $11\% + 11\% = 22\%$

Bei 20 °C Abgastemperatur ist der sensible Verlust gleich Null und es bleiben rechnerisch die 6 bzw. 11% als additives Glied übrig (gestrichelter Verlauf). Bei dieser Temperatur ist der Gesamt-Abgasverlust ebenfalls gleich Null, denn ab etwa 57 °C bei Gas und 47 °C bei Öl wird die Kondensationsgrenze unterschritten und somit auch der latente Verlustanteil abgebaut. Der Kurvenverlauf unterhalb der Kondensationsgrenze folgt aus den Arbeiten 1) und 2).

In das Bild eingetragen sind die Positionen eines Gaskessels mit 11% noch zulässigem

Anzeige

schenkt“. Letzteres vermittelt in vielem eine völlig neue Sichtweise. Ideal hierzu eignet sich der Abgasverlust des Heizkessels. Zum einen knüpft er unmittelbar an den Termin 1. 11. 2004 an, dann ist er jedem Anlagenbetreiber vom Schornsteinfeger-Messprotokoll her bekannt. Zudem ist der Abgasverlust – da immer gleichzeitig mit dem Brennstoffdurchsatz auftretend – direkt als Brennstoffverlust zu interpretieren. Weiterhin bietet er allein einen anschaulichen Zugang zu Brennwertnutzung und Brennwerttechnik.

Zum Schornstein hinaus geheizt

Der Abgasverlust beschreibt die mit den heißen Verbrennungsgasen ungenutzt verloren gehende Brennstoffenergie. Er wird messtechnisch als Prozentgröße ermittelt und kann direkt auf den Brennstoffverbrauch bezogen werden.

Beispiel:

Durchschnittlicher jährlicher Brennstoffverbrauch 3500 Liter Heizöl

Abgasverlust nach Messprotokoll 11%
 \rightarrow der Abgasverlust entspricht $0,11 \cdot 3500$ Liter = 385 Liter Heizöl

Noch vor kurzem wäre die Aussage damit beendet gewesen. Die produkttechnischen Entwicklungen zur Brennwertnutzung bei Gas und neuerdings auch bei Öl lassen dies aber nicht mehr zu, auch nicht die oben angeführte Blickrichtung auf verbliebene energetische Restverluste (d. h. „verschenkte“ Brennstoffanteile). Die Wasserdampf-Kondensationswärme zählt zum Energieinhalt des Brennstoffs und wird folgerichtig, wie jede Gasabrechnung zeigt, auch in Rechnung gestellt. Zum „sensiblen“ Abgasverlust der Schornsteinfegermessung kommt somit noch der „latente“ Verlustanteil hinzu, bei Heizöl immerhin 6% und bei Gas etwa 11% .

In obigem Beispiel beträgt der Gesamt-Abgasverlust somit:

– $11 + 6 = 17\%$ bei Heizöl $\rightarrow 0,17 \times 3500$ Liter = **595 Liter Heizöl**

– $11 + 11 = 22\%$ bei Gas $\rightarrow 0,22 \times 3500$ Kubikmeter = **770 m^3 Gas**

Bild 1 gibt das Ergebnis in grafischer Form wider.

Der sensible Abgasverlust eines Niedertemperaturkessel kann mit etwa 7 bis 8% angesetzt werden. Gegenüber 11% als zulässigem Grenzwert ist die Minderung folglich nicht allzu groß. Wobei zu sagen ist, dass moderne Niedertemperaturkessel ihr wesentliches Einsparpotenzial durch ihren geringen Auskühlverlust einbringen.

Der im praktischen Betrieb mögliche niedrigste Abgasverlust wird vom Heizsystem vorgegeben. Weitgehend modulierende Gasbrenner in Verbindung mit hocheffizienten Kessel-Wärmetauscherflächen ermöglichen Abgastemperaturen die nur wenige Kelvin über der Heizwassertemperatur liegen. In Verbindung mit herkömmlichen Radiatoren oder Konvektoren sind so im Jahresdurchschnitt Abgastemperaturen um 50 °C möglich.

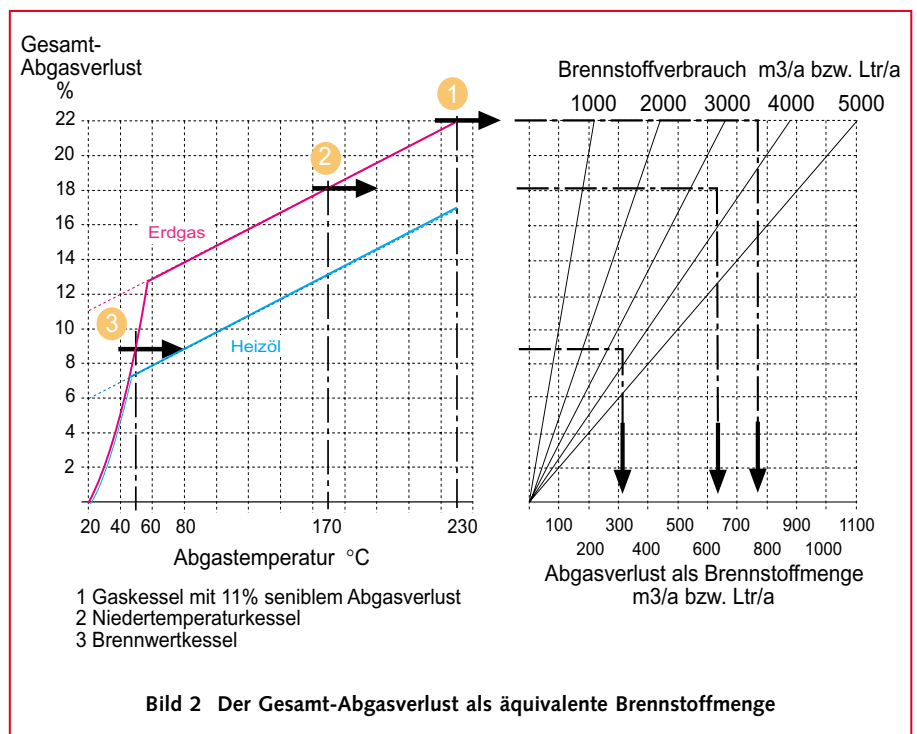
Bild 2 zeigt in Fortführung von Bild 1 die vollständige, mit dem Abgasverlust verbundene energetische Situation. Der Gesamt-Abgasverlust ist hier als Prozentgröße über der Abgastemperatur aufgetragen. Der geradlinige Kurvenverlauf folgt der bekannten Praxisformel:

$$q_A = (\vartheta_A - \vartheta_L) (A_1 / CO_2 + B)$$

$\vartheta_A =$ Abgastemperatur $^{\circ}\text{C}$

$\vartheta_L =$ Verbrennungsluft-Temperatur $^{\circ}\text{C}$

Heizung



Abgasverlust, eines Niedertemperaturkessels mit 170 °C Abgastemperatur und eines Gas-Brennwertkessels mit 50 °C Abgastemperatur. Letzterer arbeitet im Kondensationsbereich mit einem Gesamt-Abgasverlust von etwa noch 9 % was – auf 3500 m³ Brennstoffverbrauch bezogen – 315 m³ Brennstoff-Äquivalent entspricht. Die Ersparnis durch den geringeren Abgasverlust würde somit 765–315 = **450 m³** für das gewählte Beispiel ausmachen. In Wirklichkeit ist das Ergebnis noch etwas besser, da der Brennwertkessel sicher mit mehr als den der Kurve zugrunde liegenden 8,5 % CO₂ arbeiten wird. Zudem ist sein Abgasverlust nicht auf die 3500 m³ des Altkessels, sondern auf den von ihm verursachten geringeren Brennstoffverbrauch zu beziehen.

Der Vollständigkeit halber sei hierfür noch der entsprechende Rechengang angegeben:

$$\Delta B = B_0 \times (1 - (1 - q_{A0}) / (1 - q_{A1}))$$

ΔB = Brennstoffersparnis allein durch Mindern des Abgasverlustes

q_{A0} = Gesamt-Abgasverlust der Ausgangssituation (dezimal)

q_{A1} = geminderter Gesamt-Abgasverlust (dezimal)

Auf das Beispiel angewendet ergibt sich die rechnerische Brennstoffersparnis mit $3500 \times (1 - (1 - 0,216) / (1 - 0,09)) = \mathbf{485 \text{ m}^3}$

Qualität der Brennstoffausnutzung

Unter ideellen Aspekten ist neben der Kosteneinsparung insbesondere der verantwortungsvolle Umgang mit begrenzten Energieressourcen und die geringere Umweltbelastung von Gewicht. Was den Kessel-Abgasverlust angeht und wie das ausgeführte Beispiel zeigt, besteht hier ein erhebliches Verbesserungspotenzial. Dieses Potenzial ist mit der herkömmlichen Bewertung allein des sensiblen Abgasverlustes nicht zu erkennen.

Von „Brennwertnutzung“ war bisher nur im Ansatz die Rede, wobei es um diese – wie Bild 2 nahe legt – vorrangig auch gar nicht geht. Im Vordergrund steht die bestmögliche Brennstoffausnutzung, d. h. der praktisch mögliche geringste Abgasverlust bei geringster möglicher Abgastemperatur. Ob und wie weitgehend dabei auch der Wasserdampf kondensiert, ist dann eine sekundäre Frage und nur bezüglich evtl. daraus folgender anlagentechnischer Anforderungen von Bedeutung.

Wie wesentlich das ist, zeigt die Position eines Ölkessels in Bild 1. Bei ebenfalls 50 °C Abgastemperatur befindet er sich, im Gegensatz zum Gaskessel, dicht oberhalb der Kondensationsgrenze und damit also noch im trockenen Bereich. Sein Gesamt-Abgasverlust ist dabei sogar noch etwas geringer als der des Gaskessels. Seine Abgastemperatur könnte bei gleicher Verlustgröße etwa 80 °C betragen. Damit ist „Brennwertnut-

zung“ an sich kein Kriterium für die Qualität der Brennstoffausnutzung, jedenfalls nicht bei einem fairen Vergleich von Öl und Gas. Beharren auf „Brennwertnutzung“ bei Heizöl würde die Entwicklung wirklich praxistgerechter gerätetechnischer Lösungen behindern.

Argument 1

Durch den Schornstein geht mehr Brennstoffenergie verloren als das Schornsteinfeger-Messprotokoll ausweist. Bei Gas ist es etwa jeder 5. Kubikmeter und bei Öl jeder 6. Liter. D. h., allein der Abgasverlust macht nach 5 bis 6 Jahren die komplette Brennstoffmenge eines Jahres aus. Gas-Brennwerttechnik und energetisch vergleichbare Ölkessel sind eine gerätetechnische Möglichkeit diesen Verlust mehr als zu halbieren.

In den Keller hinein geheizt

Neben dem Abgasverlust des Heizkessels ist dessen Wärmeabgabe an den Aufstellraum die zweite gewichtige Verlustgröße. Selbst wenn diese Wärme teilweise der Gebäudebeheizung zugute kommt, sollte sie als Verlust behandelt werden, denn sie fällt unkontrolliert an. So ist es immer besser, bei Bedarf den Kessel-Aufstellraum kontrolliert über Heizflächen zu temperieren als ungesteuert über die Wärmeverluste der Anlage. Das erfordert aber einen weitgehenden Ausschluss dieser Verluste.

Da der temperierte Kessel durchgehend Wärme verliert, unabhängig davon ob der Brenner gerade läuft oder nicht, ist im Gegensatz zum Abgasverlust kein direkter Bezug zum Brennstoffverbrauch herstellbar. Auch gibt es keine einsehbare „amtliche“ Messung wie beim Abgasverlust. Der Auskühlverlust ist anonym, was die überzeu-

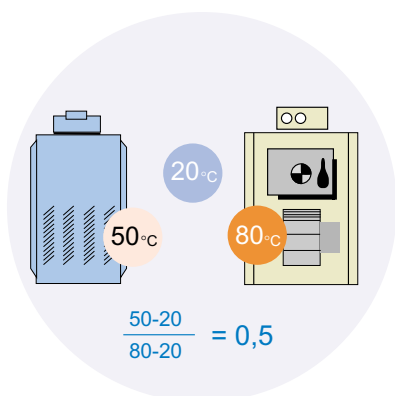


Bild 3 Minderung des Auskühlverlustes durch Absenken der Betriebstemperatur

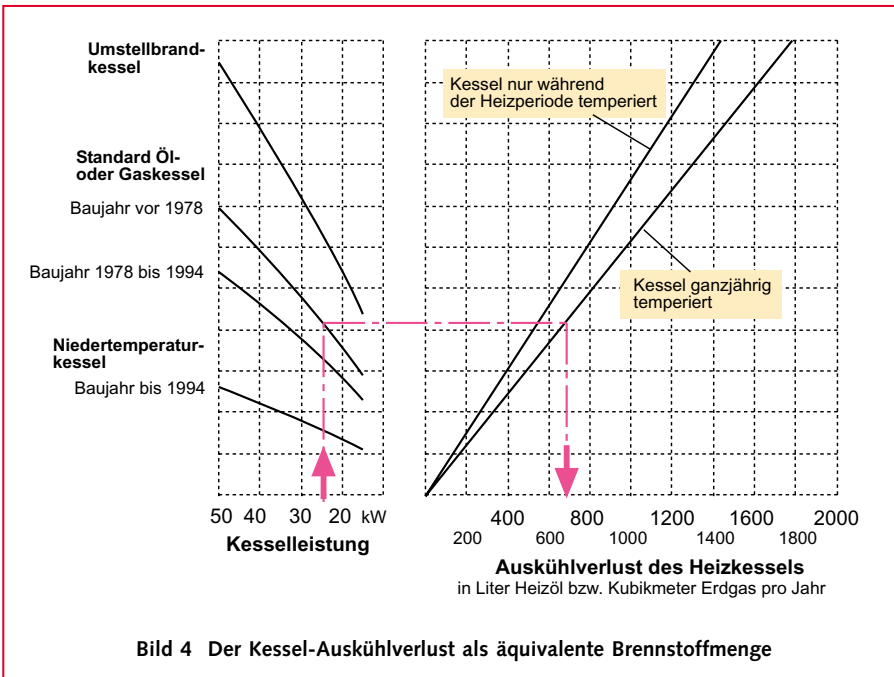


Bild 4 Der Kessel-Auskühlverlust als äquivalente Brennstoffmenge

Standard Ölkessel mit Baujahr vor 1978, Nennleistung 25 kW
 → Bereitschaftsverlust (q_B) = $8 \times 25^{-0,27} / 100 = 0,0335$
 → Bereitschaftsverlust absolut $25 \text{ kW} \times 0,0335 = 0,838 \text{ kW}$

Annahme für den „ganzjährigen“ Betrieb abzüglich 30 Urlaubstage
 → $8760 \text{ h/a} - 30 \text{ d/a} \times 24 \text{ h/d} = 8040 \text{ h/a}$
 jährlicher Bereitschaftsverlust als aufzubringende Brennstoffmenge, mit Heizwert 10 kWh für Öl und Gas und 88 % Kesselwirkungsgrad
 → $0,838 \text{ kW} \times 8040 \text{ h/a} / 10 \text{ kWh/Ltr} / 0,88 = 765 \text{ Liter Heizöl/Jahr}$
 (Der Einfachheit halber erfolgt hier keine Differenzierung in „Strahlungsverlust“ und „Bereitschaftsverlust“. Das Ergebnis ist deshalb eher auf der sicheren Seite).

Annahme für den Betrieb „nur Heizperiode“ $270 \text{ d/a} \times 24 \text{ h/d} = 6480 \text{ h/a}$
 _ $0,838 \text{ kW} \times 6480 \text{ h/a} / 10 \text{ kWh/Ltr} / 0,88 = 617 \text{ Liter Heizöl/Jahr}$

Der in Bild 4 angeführte Niedertemperaturkessel Baujahr 1994 weist bei gleicher Leistungsgröße nur noch etwa 200 Liter als Auskühl-Äquivalent auf. Ersparnis somit bei ganzjähriger Betriebsdauer: **565 Liter Heizöl**.

Argument 2

Die Auskühlverluste des Kessels und der sonstigen Anlagenteile sind „Stand-by“-Verluste. Durch die lange Wirkdauer addieren sie sich zu erheblichen Energiemengen. Sie sind gesetzlich zwar nicht limitiert, stellen aber bei allen Konstant-Temperaturkesseln (und da ganz besonders bei den auf

gende Vermittlung dieser gerade bei den älteren Konstanttemperatur-Kesseln besonders gewichtigen Verlustgröße erschwert.

„Stand-by“-Verlust

Der Wärmeverlust des Kessels, des Warmwasserspeichers und der Rohrleitungen ist ein „Stand-by“-Verlust. Typisch dafür ist, dass sich ein relativ gering erscheinender Verluststrom im Laufe der Zeit zu einer erheblichen Verlustmenge aufsummiert. So verursacht z. B. ein mit 3 Tropfen je Sekunde mäßig tropfender Wasserhahn im Jahresverlauf einen Wasserverlust von rund 5000 Litern (ca. 40 Wannenbäder). Ein 25-kW-Standard-Heizkessel mit Baujahr vor 1978 verliert täglich eine Wärmemenge, die etwa 2,5 Liter Heizöl entspricht. Bei ganzjährig 365 Betriebstagen ergibt dies eine Summe von **912 Litern**.

Ein moderner Niedertemperatur- oder Brennwertkessel reduziert diesen enormen Verlust durch die „Kettenwirkung“ mehrerer Maßnahmen auf außerordentlich wirkungsvolle Weise z. B.:

- niedrigere Betriebstemperatur → Faktor 0,5 (Bild 3)
- bessere Wärmedämmung und kompakte Oberfläche → Faktor 0,5
- Außerbetriebnahmen/Sommersparschaltung → Faktor 0,8

Dies zusammen ergibt den Minderungsfaktor $0,5 \times 0,5 \times 0,8 = 0,2$ und obiger Auskühlverlust reduziert sich auf $912 \text{ Liter} \times 0,2 = 182 \text{ Liter}$ (entsprechend 0,5 Liter je Tag).

Für Altkessel sollten bezüglich des Auskühlverlustes jedoch keine pauschalen, sondern nur auf anerkannten Grundlagen (wie z. B. DIN 4701-12) beruhende Aussagen getroffen werden. Bild 4 liegen die dort angegebenen Beziehungen für den Bereitschaftsverlust typischer älterer Kesselkonstruktionen zugrunde [3].

Beispiel:

Zum Nachvollzug hier eine Darlegung des eingetragenen Beispiels:

Tabelle 2
Tägliche Bereitschaftsverluste auf Basis DIN 4701-12 (bei 25 kW Nennleistung)

Kesseltyp	Brennstoff-äquivalent
	Ltr/d bzw. m3/d
Umstell-/Wechselbrandkessel vor 1987	3,4
Gas-Spezialheizkessel vor 1978	2,3
	1978-1994
Öl/Gas-Gebläsekessel vor 1978	2,5
	1978-1994
moderner Niedertemperatur-/Brennwertkessel	0,5

Öl- oder Gasbetrieb eingerichteten Umstell-/Wechselbrandkesseln) eine besonders gewichtige Verlustgröße dar (Tabelle 2).

Niedertemperatur- und Brennwertkessel weisen aufgrund ihrer Temperaturgleitenden und regelungstechnisch optimierten Betriebsweise nur noch einen Bruchteil dieser Verluste auf. Dies gilt zusätzlich für das gesamte angeschlossene Rohrleitungssystem.

Untragbarer Verlust

Wie die Beispiele zeigen gehen bei älteren Heizungsanlagen, auch solchen die noch die offiziellen gesetzlichen Anforderungen erfüllen, von 3500 Liter oder Kubikmeter Brennstoffverbrauch leicht bis an 1500 Einheiten ungenutzt verloren. Das entspricht gut alle zwei Jahre der gesamtjährlichen Brennstoffmenge. Unter den Aspekten Energieeinsparung und Umweltschonung und nicht zuletzt unter Kostenaspekten ist das für niemanden tragbar. Moderne Heiztechnik ist in der Lage, durch Brennwertnutzung bei Gas und einer adäquaten Brennstoffausnutzung bei Heizöl sowie der temperaturgleitenden Betriebsweise diese Verluste auf weniger als 500 Brennstoffeinheiten zu reduzieren.

Moderne Heiztechnik bietet aber mehr als umweltschonende und Kosten sparende Gerätetechniken und Betriebsweisen. Daraus abgeleitete „Vorteilsargumente“ kommen mitunter zu kurz, für den Anlagenbetreiber sind sie dagegen häufig von besonderem Interesse.

Literatur

[1] Hell, Friedrich: h,x-Diagramm für Verbrennungsgas, HLH Bd. 43 (1992), Nr. 5, S. 248ff.

[2] Hell, Friedrich: Brennwertnutzung in Erdgas- und Heizölfeuerungen, HLH Bd. 53 (2002), Nr. 3, S. 34ff.

[3] DIN V 4701-12 Blatt 1: Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen im Bestand



Dipl.-Ing Gerd Böhm

ist seit 1991 bei der Buderus Heiztechnik GmbH, Wetzlar. Zunächst war er dort Leiter des Produktmanagements Wärmeerzeuger und Speicher. Seit 1993 leitet er

die Abteilung Technische Öffentlichkeitsarbeit, Telefon (0 64 41) 4 18-16 35, Telefax (0 64 41) 16 33