

Heizung

Brennwertnutzung wird in Verbindung mit Heizöl meist als weit weniger effektiv angesehen als in Verbindung mit Gas. Eine Einschätzung, die primär ökonomisch geprägt ist. Unter dem Blickwinkel von Energie- und Schadstoffeinsparung muß allerdings auch berücksichtigt werden, wie gut der eingesetzte Brennstoff genutzt wird. Damit wird die ökonomische um eine (zeitgemäße) ökologische Komponente erweitert.



Bild 1 Bestimmung des sensiblen Abgasverlusts im Rahmen der jährlichen Emissionsmessung

Nutzungsgradbetrachtungen führen – bedingt durch den in Deutschland üblichen Bezug auf Heizwert – fast notwendigerweise in die Irre. Aufschlußreich und auch ausreichend ist dagegen die Betrachtung des Abgasverlustes. Denn die Brennwertnutzung ist energetisch gesehen nichts anderes, als die radikale Reduzierung der sensiblen und latenten Verlustanteile (Bild 1).

Zentrale Bewertungskriterien im Vergleich

Brennwertnutzung bei Öl und Gas

Abgas-Verlustwärme

Unter der sensiblen Abgas-Verlustwärme ist der fühlbare, temperaturgeprägte Wärmehalt der Kesselabgase zu verstehen. Vor Ort läßt dieser sich mit wenig Aufwand meßtechnisch bestimmen und hat deshalb auch Eingang in gesetzliche Vorgaben gefunden (Bild 2). Der Nachweis erfolgt mittels der bekannten Formel

$$\dot{q}_{AS} = (\vartheta_A - \vartheta_L) \cdot \left[\frac{A_1}{CO_2} + B \right] \text{ in \%} \quad (1)$$

- ϑ_A = Abgastemperatur °C
- ϑ_L = Verbrennungslufttemperatur °C
- CO_2 = Volumenanteil im Abgas %
- A_1 = 0,5 für Heizöl / 0,37 Erdgas
- B = 0,007 für Heizöl / 0,009

Ein Ölheizkessel mit $\vartheta_A = 245$ °C; $\lambda = 1,28$ entsprechend 12 % CO_2 und 20 °C Verbrennungslufttemperatur hätte demnach

$$\dot{q}_{AS} = (245 - 20) \cdot \left[\frac{0,5}{12} + 0,007 \right] = 11 \%$$

sensiblen Abgasverlust. Gleiche Bedingungen vorausgesetzt, errechnet sich dieses Er-

gebnis auch für Gas. Damit überschreitet der Abgasverlust den gesetzlichen Maximalwert nach Bild 2 und müßte seit dem 1. 11. 2002 auf höchstens 9 % nachgebessert worden sein.

Bezogen auf einen Kessel mit 100 kW Feuerungsleistung würde dies den sensiblen Abgasverlust als absolute Größe von 11 kW auf 9 kW mindern, also einen Leistungsgewinn von 2 kW bewirken.

Die Kondensationswärme des bei der Öl- oder Gasverbrennung gebildeten Wasser-

dampfs wird als latenter Abgasverlust bezeichnet. Brennwertnutzung bedeutet die teilweise Kondensation des Wasserdampfs und damit eine Verringerung des latenten Verlustes, bzw. – aus anderer Sicht – einen energetischen Zugewinn. Der verbliebene latente Restverlust bestimmt sich mit Hilfe der Beziehung

$$H_S = \text{Brennwert} \rightarrow \begin{matrix} \text{für Heizöl} & 10,6 \text{ kWh/L} \\ \text{für Erdgas E} & 11,5 \text{ kWh/m}^3 \end{matrix}$$

$$H_L = \text{Brennwert} \rightarrow \begin{matrix} \text{für Heizöl} & 10,0 \text{ kWh/L} \\ \text{für Erdgas E} & 10,4 \text{ kWh/m}^3 \end{matrix}$$

α = Kondensationsfaktor
 $\alpha = 0$ → nicht kondensierende Kessel
 $0 < \alpha < 1$ → Brennwertkessel

Der latente Abgasverlust eines nicht kondensierenden Ölkessels beträgt somit

$$\dot{q}_{AL} = (1 - \alpha) \cdot \left(\frac{10,6}{10} - 1 \right) \cdot 100 = 6 \%$$

und der eines Gaskessels entsprechend 10,6 % bzw. 6 kW und 10,6 kW Absolutverlust, bezogen auf 100 kW Feuerungsleistung.

< 25 kW	> 25 kW	> 50 kW
11 %	10 %	9 %

Bei Überschreiten um:	Nachbesserung bis:
1 Prozentpunkt	1. 11. 2004
2 Prozentpunkte	1. 11. 2002
3 Prozentpunkte	1. 11. 2001

Bild 2 Abgasverlust-Grenzwerte und Übergangsfristen

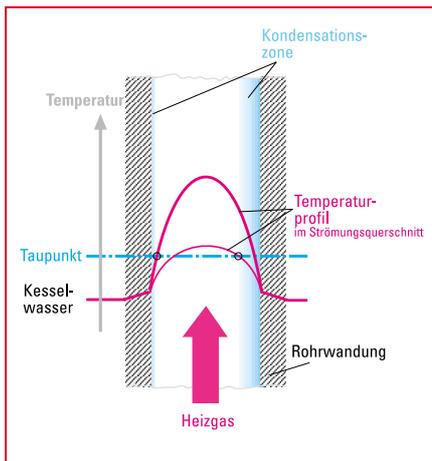


Bild 3 Temperaturprofil im Heizgas-Strömungsquerschnitt in Relation zur Taupunkttemperatur

Der um den Faktor 1,8 höhere Latentverlust bei Gas läßt Brennwertnutzung hier besonders erstrebenswert und energetisch vorteilhaft erscheinen. Dies relativiert sich aber bei Betrachtung des Gesamt-Abgasverlustes

$$\dot{q}_A = \dot{q}_{AS} + \dot{q}_{AL} \quad (3)$$

$$\dot{q}_A = 11 + 6 = 17 \%$$

und Erdgas

$$\dot{q}_A = 11 + 10,6 = 21,6 \%$$

bzw. **17 kW** und **21,6 kW** absolute Verlustleistung.

Die Gesamt-Abgasverluste unterscheiden sich nur mehr um den Faktor 1,27. Der sensible Abgasverlust hat eben erheblichen Anteil am Gesamtverlust.

Effektive Brennwertnutzung

Obwohl die Vorgänge bei Unterschreiten der Taupunkttemperatur im Heizgasstrom sehr komplex sind, lassen sich grundsätzliche Zusammenhänge aus Bild 3 ableiten. Dargestellt ist das sich im Heizgas-Strömungsquerschnitt ausbildende Temperaturprofil. Notwendige Voraussetzung zur Kondenswasserbildung ist danach eine unter Taupunkt liegende heizgasseitige Wandtemperatur. Das mit dem Faktor α beschriebene Maß der Kondensation ist dagegen vom weiteren Verlauf des Temperaturprofils im Querschnitt und insbesondere von der Höhe der Kernstromtemperatur in der Kanalmitte abhängig. Im Interesse einer breiten „Kondensationszone“ sollte sie

möglichst gering sein. Effektive Brennwertkessel arbeiten mit Kernstromtemperaturen nur wenige Kelvin über der wasserseitigen Temperatur. Sie sind somit, wegen der auf ein Minimum reduzierten sensiblen Verlustkomponente, auch ohne Taupunktunterschreitung herkömmlichen Niedertemperaturkesseln energetisch deutlich überlegen.

Bild 4 gibt den auf 100 kW Feuerungsleistung bezogenen Gesamt-Abgasverlust nach Gleichung (3) wieder: (entsprechend dem obigen Beispiel) 21,6 kW bzw. 17 kW bei 245 °C. Praktisch nicht erreichbare 20 °C Abgastemperatur bedeuten nach Gleichung (1) den Wegfall der sensiblen Verlustkomponente. Rechnerisch verbleiben auf der senkrechten Achse die Latentanteile 10,6 kW für Erdgas und 6 kW für

Heizöl. Mit Unterschreiten der Taupunkttemperaturen 56,1 °C und 46,8 °C nehmen die Latentverluste natürlich ab, bis sie bei 20 °C ebenfalls zu Null werden. Dem bei Öl und Gas praktisch deckungsgleichen Kurvenverlauf links der Taupunktlinien liegen die Arbeiten [1], [2] zugrunde.

Drei Schritte zum Brennwertkessel

Bild 4 bildet im weiteren die Basis zur Bewertung besserer Maßnahmen. Insbesondere bietet es die Möglichkeit, den erzielbaren Nutzen als „Leistungsgewinn“ dem jeweils noch verbleibende „Gesamt-Restwärmeverlust“ gegenüber zu stellen. Ausgehend von den hier beispielhaft gesetzten Kesseldaten stellt Bild 5 für Erdgas

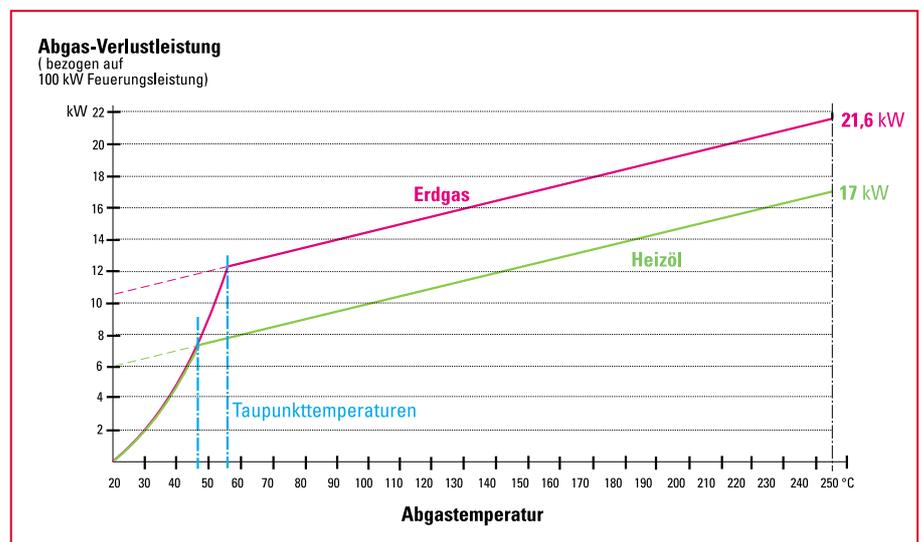


Bild 4 Gesamt-Abgasverluste bezogen auf 20 °C Umgebungstemperatur

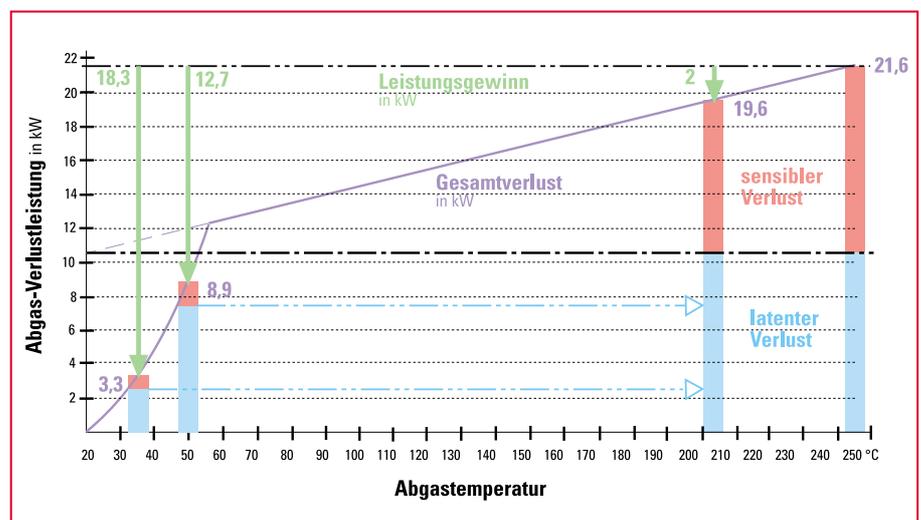


Bild 5 Abgas-Energiebilanz des Gaskessels

Heizung

und Bild 6 für Heizöl drei jeweils identische Verbesserungsschritte dar.

Ausgangssituation

Die auf 100 kW Feuerungsleistung bezogenen absoluten Abgasverluste entsprechen 21,6 kW bzw. 17 kW Gesamtverlustleistung. Die sensible Komponente (rote Balken) ist mit 11 kW für Öl und Gas gleich, die Latentkomponenten (blaue Balken) betragen 10,6 kW bzw. 6 kW. Die Kessel-Betriebstemperatur ist oberhalb der Taupunkttemperaturen angenommen.

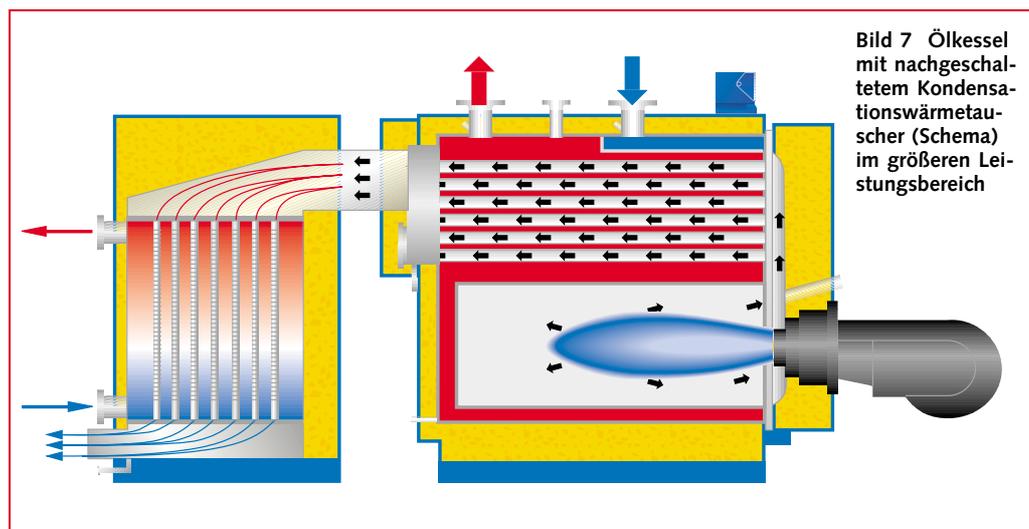


Bild 7 Öl-Kessel mit nachgeschaltetem Kondensationswärmetauscher (Schema) im größeren Leistungsbereich

1. Besserungsschritt

Minderung des sensiblen Abgasverlustes von 11 % auf den für 100 kW zugelassenen Grenzwert von 9 %.

Die Minderung bewirkt jeweils 2 kW Leistungsgewinn durch besseres Ausnutzen der sensiblen Abgaswärme. Der latente Verlust bleibt unverändert erhalten und ist nun bei Gas anteilmäßig größer als der verbliebene sensible Verlust.

wärmeverlust liegt mit 8,9 kW allerdings noch über den 7,6 kW des Ölkessels.

3. Besserungsschritt

Für beide Kessel wird hierbei das Erreichen einer jahresdurchschnittlichen Abgastemperatur von 35 °C angenommen. Beide Kessel befinden sich in Brennwertbetrieb. Der Erdgaskessel gewinnt damit 18,3 kW

stein gehen, wäre für eine Modernisierungsentscheidung bestimmt förderlich. Auch würde der gesamte Bestand an Niedertemperaturkesseln, für den es ja bei noch gegebener Funktionstüchtigkeit kaum eine Argumentation zum Austausch gibt, ins Blickfeld geraten. Die weitgehende Minderung des Abgasverlustes zeichnet sich somit als eine zukunftssträchtige Aufgabenstellung ab.

Die in den Bildern 5 und 6 aufgezeigten Relationen legen dabei unterschiedliche Bewertungskriterien für Öl und Gas nahe. So macht der hohe Latenteanteil bei Gas die Brennwertnutzung gegenüber Öl energetisch dringlicher, ist dann aber auch besonders effektiv im Leistungszugewinn. Bei Öl liegt das entscheidende Minderungspotential in der sensiblen Komponente. Damit ist Besserungsschritt 2 eine bei Öl durchaus interessante Alternative zur Brennwertnutzung – vor allem, wenn dadurch die Zusatzkosten für korrosionsbeständige Materialien sowie zur Kondensat-Behandlung und -Entsorgung entfallen.

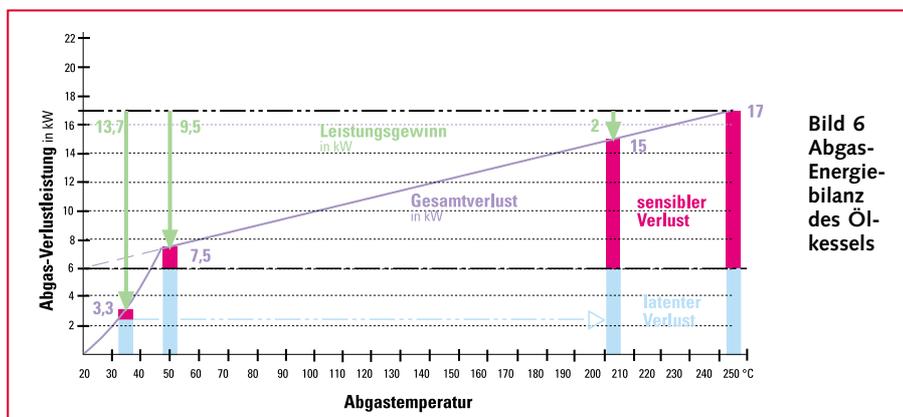


Bild 6 Abgas-Energiebilanz des Ölkessels

2. Besserungsschritt

Weitere Minderung auf 50 °C jahresmittlere Abgastemperatur. Dies setzt hocheffektive Wärmetauscherflächen und temperaturgleitende Betriebsweise voraus (z. B. mit Heizkurve 70/55 °C). Die Gegenüberstellung der Bilder zeigt typische Unterschiede zwischen Öl und Gas auf. Der Ölkessel befindet sich dicht oberhalb des Taupunktbereichs und arbeitet somit noch trocken, d. h. als hocheffektiver Niedertemperaturkessel. Der Gaskessel kondensiert etwa mit $\alpha = 0,28$ und befindet sich somit im Brennwertbetrieb. Der Leistungszugewinn ist deshalb mit 12,7 kW höher als bei Öl mit 9,5 kW. Der verbliebene Rest-

an Leistung bei etwa $\alpha = 0,75$. Der Ölkessel gewinnt 13,7 kW bei $\alpha = 0,58$. Der Restwärmeverlust ist mit 3,3 kW für beide praktisch gleich hoch anzusetzen.

Minderung des Abgasverlustes

Das Energiepotential „Abgasverlust“ wird allein durch dessen sensible Komponente völlig unzureichend beschrieben. Dies ist bedauerlich, denn der Abgasverlust des Heizkessels ist in der Regel die einzige, quantitativ ausgewiesene energetische Verlustgröße. Die Kenntnis, daß statt 11 % in Wirklichkeit 17 und mehr Prozent des eingesetzten Brennstoffs durch den Schorn-

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.

Dipl.-Ing. Gerd Böhm



ist seit 1991 bei der Buderus Heiztechnik GmbH, Wetzlar. Zunächst war er dort Leiter des Produktmanagements Wärmezeuger und Speicher. Seit 1993 leitet er die Abteilung Technische Öffentlichkeitsarbeit, Telefon (0 64 41) 4 18-16 35, Telefax (0 64 41) 4 18-16 33