

Brennwertnutzung bei Öl und Gas

Brennwertnutzung wird in Verbindung mit Heizöl meist als weit weniger effektiv angesehen als in Verbindung mit Gas. Eine Einschätzung, die von der Frage was zu gewinnen ist, primär also ökonomisch, geprägt ist. Im Rahmen umfassender Bemühungen zur Energieeinsparung und im Licht der EnEV muß die Frage aber auch dahin gestellt werden wie gut der eingesetzte Brennstoff genutzt wird, bzw. wie viel Brennstoffenergie noch ungenutzt in die Umwelt entlassen wird. Damit erhält die Einschätzung neben der ökonomischen auch eine zeitgemäße ökologische Komponente.

Nutzungsgradbetrachtungen helfen hierbei nicht weiter. Sie führen, im Gegenteil, 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 Brennwertnutzung ist energetisch nichts anderes als dessen radikale Reduzierung im Ganzen, d.h. der sensiblen und latenten Verlustanteile. Bild 1.

Die sensible Abgas-Verlustwärme

Darunter ist der fühlbare, temperaturegeprägte, Wärmeinhalt, der Kesselabgase zu verstehen. Vor Ort ist er mit wenig Aufwand messtechnisch zu bestimmen und hat deshalb auch Eingang in gesetzliche Vorgaben gefunden. Bild 2. Der Nachweis erfolgt mittels der bekannten Formel

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



Bild 1: Bestimmung des sensiblen Abgasverlusts im Rahmen der jährlichen Emissionsmessung.



Dipl.-Ing. Gerd Böhm,
Buderus Heiztechnik
GmbH, Wetzlar.

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 ϑ_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 Ergebnis auch für Gas. Damit überschreitet der Abgasverlust den gesetzlichen Maximalwert nach Bild 2 und müsste seit 01.11.2002 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.

Wilo-DrainLift Con



Automatische
Kondensatheberanlage für:



Brennwerttechnik



Klimatechnik

- ✱ Klein, kompakt, flexibel
- ✱ Frei von störenden Geräuschen
- ✱ Höchste Sicherheit durch serienmäßigen Alarmkontakt



Klein, aber oho!

Mehr erfahren Sie direkt bei WILO AG,
Nortkirchenstraße 100, D-44263 Dortmund
Wilo-Infoline: 0231 4102516, Fax: 0231 4102575
E-Mail: wilo@wilo.de, Internet: www.wilo.de

Pumpen-Perfektion
und mehr...

WILO

Die latente Abgas-Verlustwärme

Die Kondensationswärme des bei der Öl- oder Gasverbrennung gebildeten Wasserdampfs 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

$$\dot{q}_{AL} = (1 - \alpha) \cdot \left[\frac{H_S}{H_I} - 1 \right] \cdot 100 \text{ in \%} \quad 2)$$

H_S = Brennwert $\rightarrow$

für Heizöl 10,6 kWh/L
für Erdgas E 11,5 kWh/m³

H_I = Heizwert $\rightarrow$

für Heizöl 10,0 kWh/L
für Erdgas 10,4 kWh/m³

α = Kondensationsfaktor

$\alpha = 0 \rightarrow$

nicht kondensierende Kessel

$0 < \alpha < 1 \rightarrow$ Brennwertkessel

Der latente Abgasverlust eines nicht kondensierenden Ölkessels beträgt somit

$$\dot{q}_{AL} = (1 - 0) \cdot \left[\frac{10,6}{10} - 1 \right] \cdot 100 = 6\%$$

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

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.

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 der Höhe der Kernstromtemperatur in 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 Mi-

< 25 kW	> 25 kW	> 50 kW
11 %	10 %	9 %
Bei Überschreiten um:		Nachbesserung bis:
1 Prozentpunkt		01. 11. 2004
2 Prozentpunkte		01. 11. 2002
3 Prozentpunkte		01. 11. 2001

Bild 2: Abgasverlust- Grenzwerte und Übergangsfristen.

nimum 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 obigem 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 Ach-

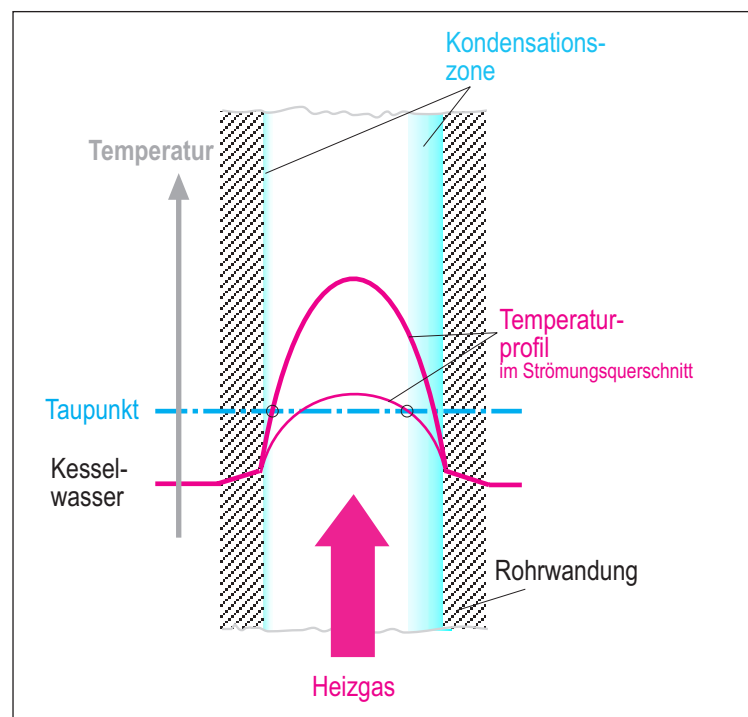


Bild 3: Temperaturprofil im Heizgas-Strömungsquerschnitt in Relation zur Taupunkttemperatur.

se die Latenteile 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 bessernder Maßnahmen. Insbesondere bietet es die Möglichkeit den erzielbaren Nutzen als „Leistungsgewinn“ dem jeweils noch verbleibenden „Gesamt-Restwärmeverlust“ gegenüber zu stellen.

Ausgehend von den hier beispielhaft gesetzten Kesseldaten stellt **Bild 5** für Erdgas 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 Gesamt-Verlustleistung. 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.

1. Verbesserungsschritt

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.

2. Verbesserungsschritt

Weitere Minderung auf 50°C jahresmittlere Abgastemperatur. Dies setzt hocheffektive Wärme-

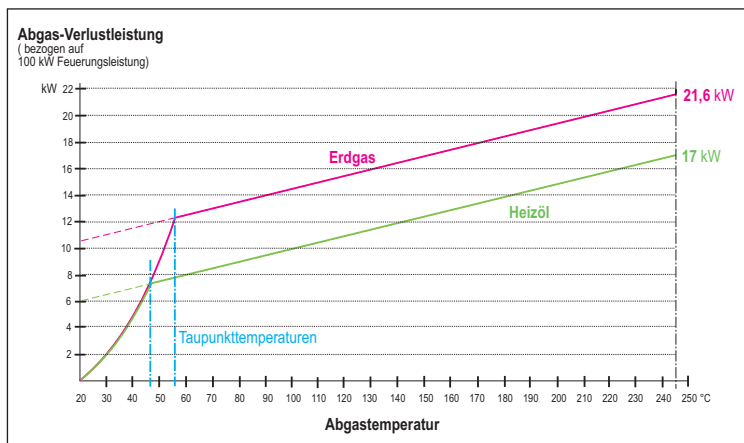


Bild 4: Gesamt-Abgasverluste bezogen auf 20°C Umgebungstemperatur.

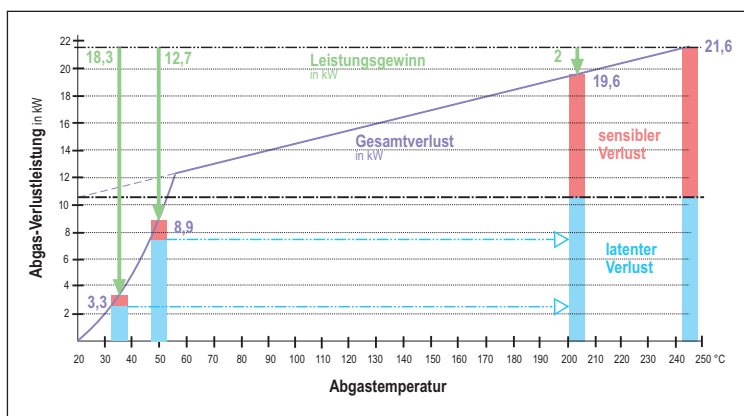


Bild 5: Abgas-Energiebilanz des Gaskessels.

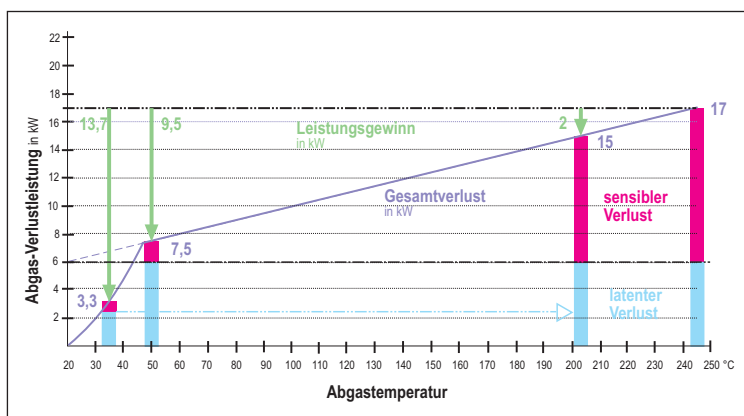


Bild 6: Abgas-Energiebilanz des Ölkessels.

tauscherflächen und temperaturleitende Betriebsweise, etwa mit Heizkurve 70/55°C, voraus.

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

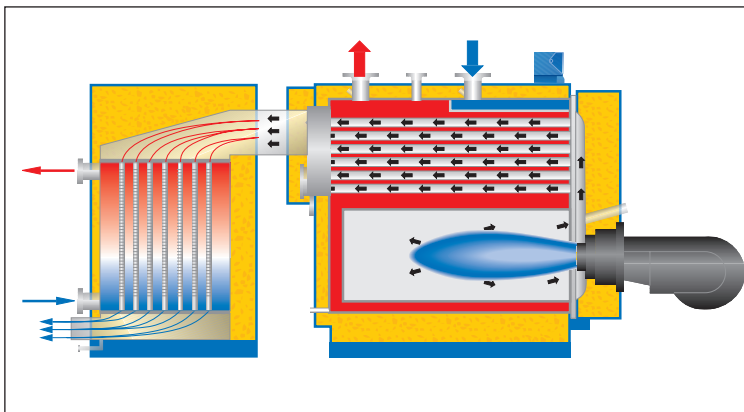


Bild 7: Ölkessel mit nachgeschaltetem Kondensationswärmetauscher (Schema). Im größeren Leistungsbereich.

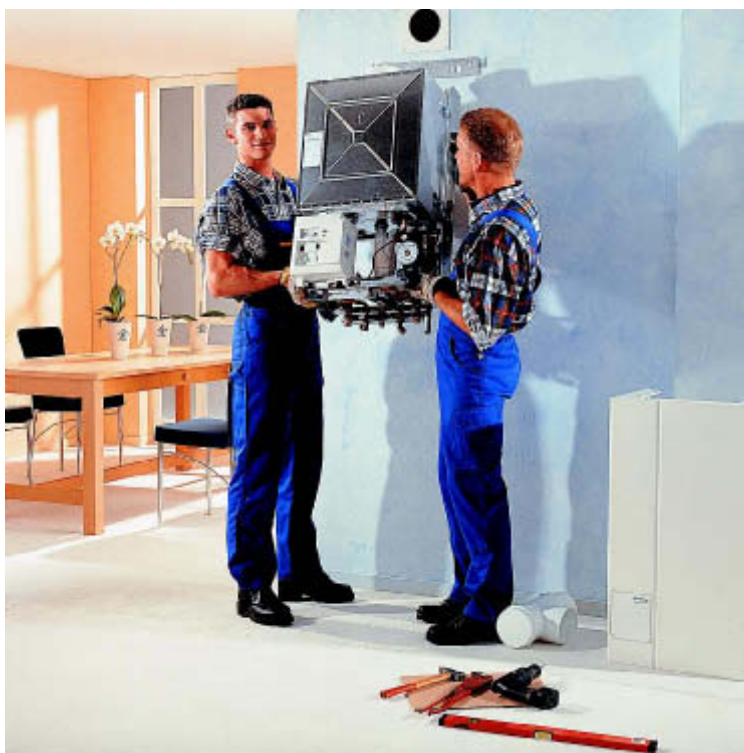


Bild 8: Gas-Brennwertkessel im kleineren Leistungsbereich für Wandmontage.

3. Besserungsschritt

Für beide Kessel ist hier das Erreichen von 35°C jahresdurchschnittliche Abgastemperatur angenommen. Beide Kessel befinden sich in Brennwertbetrieb. Der Erdgaskessel gewinnt damit 18,3 kW an Leistung dazu, 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.

Fazit:

Das Energiepotential „Abgasverlust“ wird allein durch dessen sensible Komponente völlig unzureichend beschrieben. Bedauerlich, denn der Abgasverlust des Heizkessels ist in der Regel die einzige quantitativ ausgewiesene energetische Verlustgröße. Die Kenntnis, dass statt 11 Prozent in Wirklichkeit 17 und mehr Prozent des eingesetzten Brennstoffs durch den Schornstein gehen, wäre für eine Modernisierungsentscheidung bestimmt förderlich. Auch würde der ge-

samte – in 20 Jahren stattlich angewachsene – 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, 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 größere Zusatzkosten für korrosionsbeständige Materialien, zur Kondensatbehandlung- und Entsorgung entfallen. ◀

Literatur:

- [1] Hell, Friedrich: h,x-Diagramm für Verbrennungsgas. HLH Bd. 43 (1992) Nr. 5, S. 248-250
- [2] Hell, Friedrich: Brennwertnutzung in Erdgas- und Heizölfeuerungen. HLH Bd. 53 (2002) Nr. 3, S. 34-36

Text und Grafiken:

Dipl.-Ing. Gerd Böhm, Buderus Heiztechnik Wetzlar