

Abgasanalyse und Wirkungsgrad

1. Wirkungsgrad

Der Gesamtwirkungsgrad eines Gasgerätes, der *Gerätewirkungsgrad* η_G , bei Heizungskesseln *Kesselwirkungsgrad* η_k genannt, ist das Verhältnis der Wärmeleistung zur Wärmebelastung.

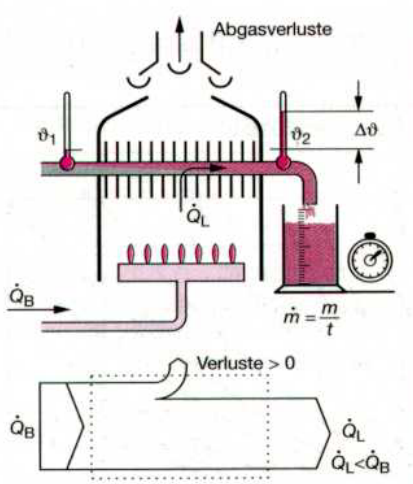
$$\eta_G = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{Q}_B}$$

Hierin ist die *Wärmeleistung* die nutzbar gemachte Energie:

$$\dot{Q}_L = \dot{m}(h_2 - h_1) \quad \text{allgemein}$$

$$\dot{Q}_L = \dot{m}c_p(t_2 - t_1) \quad \text{ohne Aggregatzustandsänderung}$$

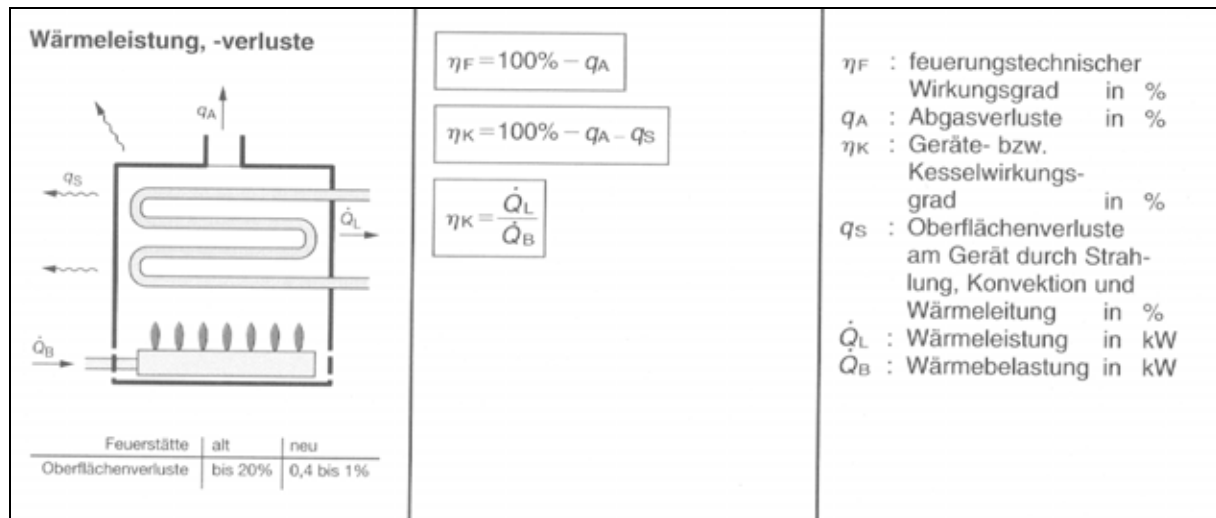
Die Nennwärmebelastung \dot{Q}_{NB} ist die Wärmebelastung, die vom Gerätehersteller angegeben wird.

<p>Wärmeleistung und Geräte- bzw. Kesselwirkungsgrad</p> 	$\dot{Q}_L = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta\vartheta$ $\dot{m} = \frac{m}{t}$ $\Delta\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1$ $\eta_k = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{Q}_B} < 1$ <p>Hinweis: Bei Brennwertgeräten ist \dot{Q}_B mit dem Verhältnis H_s/H_i zu multiplizieren (→ Tab. 36.1)</p>	<p>\dot{Q}_L : Wärmeleistung in W (Wärmestrom)</p> <p>\dot{m} : Massenstrom in kg/h</p> <p>c : spezifische Wärmekapazität in Wh/(kg·K) (Wasser: $c = 1,163$ Wh/kg·K)</p> <p>$\Delta\vartheta$: Temperaturdifferenz in K</p> <p>m : Masse in kg</p> <p>t : Zeit in h</p> <p>ϑ_1, ϑ_2: Temperatur in °C</p> <p>η_k : Geräte- oder Kesselwirkungsgrad</p> <p>\dot{Q}_L : Wärmeleistung in kW</p> <p>\dot{Q}_B : Wärmebelastung in kW</p>
---	--	--

Die Nennwärmeleistung \dot{Q}_{NL} ist der bei Nennwärmebelastung \dot{Q}_{NB} nutzbar gemachte Wärmestrom.

Ein Gasgerät ist für einen bestimmten *Wärmeleistungsbereich* einsetzbar, der auf dem Typenschild angegeben ist. Als Nennwärmeleistung \dot{Q}_{NL} gilt der obere Wert des Wärmeleistungsbereichs oder auch eine bei Inbetriebnahme fest eingestellte, auf einem Zusatzschild angegebene niedrige Wärmeleistung. (Definitionen nach DVGW-TRGI 1986/96). Standardheizkessel sind auf diese Nennwärmeleistung, die für ein Gebäude nach DIN 4701 (03,83) zu ermitteln ist (*Normgebäudewärmebedarf*), einzustellen. Für Niedertemperatur- und Brennwertkessel gilt diese Bedingung nicht.

2. Bestimmung des Wirkungsgrades



3. Abgasanalyse

Näherungsweise können Verbrennungsanlagen ohne Kondensation im Abgas und ohne Vorwärmung und der Abgasverlust nach einer von *Siebert* angegebenen Gleichung bestimmt werden. Nach der BImSchV vom 14.03.1997 ist eine abgeänderte Gleichung in der Form:

$$q_a \approx \left(\frac{A_1}{CO_2^a} + B \right) (t_a - t_1) \text{ in \%} \quad \text{oder}$$

$$q_a \approx \left(\frac{A_2}{21 - O_2^a} + B \right) (t_a - t_1) \text{ in \%}$$

anzuwenden, mit CO_2^a und O_2^a in Vol.-% sowie den Konstanten nach Tab. 39.1, mit der Abgastemperatur t_a und der Zulufttemperatur t_1 in °C, dem CO_2 -Gehalt des trockenen Abgases co_2^a in Vol.-% und einen Faktor f_B .

Bei Kondensation des im Abgas befindlichen Wasserdampfes ist die Gleichung von Siebert nicht anwendbar.

Abgasanalyse

Abgasanalysegerät misst CO_2 -Gehalt oder O_2 -Gehalt.

Abgas-Messort

ca. 1m

$2 \cdot D$

θ_A

θ_L

q_A

Abgasverluste bei CO_2 -Messung:

$$q_A = (\theta_A - \theta_L) \left(\frac{A_1}{\text{CO}_2} + B \right)$$

Abgasverluste bei O_2 -Messung:

$$q_A = (\theta_A - \theta_L) \left(\frac{A_2}{21 - \text{O}_2} + B \right)$$

q_A : Abgasverlust in %
 θ_A : Abgastemperatur in $^\circ\text{C}$
 θ_L : Verbrennungslufttemperatur in $^\circ\text{C}$
 CO_2 : CO_2 -Gehalt (gemessen) in Vol.%
 O_2 : O_2 -Gehalt (gemessen) in Vol.%

Tab. 39.2: Max. zulässiger Abgasverlust q_A (ab 1. 1. 1998)

Tab. 39.1: Berechnungsbeiwerte A_1 , A_2 und B

Beiwerte	Heizöl	Erdgas	Flüssiggas	Flüssiggas-Luft-Gemisch	Kokereigas	Kesselleistung in kW	q_A in %
A_1	0,50	0,37	0,42	0,42	0,29	$> 4 \leq 25$	11
A_2	0,68	0,66	0,63	0,63	0,60	$> 25 \leq 50$	10
B	0,007	0,009	0,008	0,008	0,011	> 50	9

Tab. 39.3: Maximaler CO_2 -Gehalt und theoretischer Luftbedarf L_{\min}

Brennstoff	$\text{CO}_{2\max}$ in %	L_{\min}	
		in $\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3}$	in $\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$
Erdgas LL	11,8	8,6	–
Erdgas E	12,0	9,6	–
Propan	13,8	24,4	–
Butan	14,1	32,3	–
Heizöl EL	15,4	–	11,1
Steinkohle	18,7	–	8,4
Koks	20,6	–	7,4
Holz	20,5	–	3,6

$\lambda = \frac{\text{CO}_{2\max}}{\text{CO}_2}$

$\lambda = \frac{\text{O}_2}{21 - \text{O}_2} + 1$

$L_{\text{tats}} = \lambda \cdot L_{\min}$

$n = (\lambda - 1) \cdot 100\%$

λ : Luftverhältniszahl
 $\text{CO}_{2\max}$: max. CO_2 -Gehalt in Vol.%
 CO_2 : gemessener CO_2 -Gehalt in Vol.%
 O_2 : gemessener O_2 -Gehalt in Vol.%
 L_{tats} : tatsächlicher Luftbedarf in $\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3}$, $\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$
 L_{\min} : theoretischer Luftbedarf in $\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3}$, $\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$
 n : Luftüberschuss in %

4. Zulässige Abgasverluste

Tafel 8.7 Zulässige Abgasverluste¹ q_a von nicht genehmigungsbedürftigen Öl- und Gasfeuerungsanlagen nach 1. BImSchV (14. 3. 97)

Nennwärmeleistung \dot{Q}_{NL} in kW	Zeitlich befristete Grenzwerte ² für q_a nach Zeitpunkt der Errichtung oder wesentlichen Änderung der Feuerungsanlage in %			Grenzwerte für Neuanlagen ³ in %
	bis 31. 12. 82	ab 1. 1. 83	ab 1. 10.88 (neue Bundesländer ab 3. 10. 90)	
4 ... 25	15	14	12	11
> 25 ... 50	14	13	11	10
> 50	13	12	10	9

¹ Die Meßwerte sind ganzzahlig zu runden. Als abzuziehende Meßwerttoleranzen gelten für Brenner mit Gebläse 1% (1,5%) und für Brenner ohne Gebläse 2% (3%). Die Toleranzen in Klammern gelten für $O_2 > 11\%$.

² Mit Auslaufen der Übergangsfrist nach Tafel 8.8 gelten die neuen Grenzwerte.

³ Für Standardheizkessel mit CE-Kennzeichnung, die der Wirkungsgrad-Richtlinie (93/68/EWG) genügen, gelten um 1% erhöhte Grenzwerte.

Tafel 8.8 Auslaufdatum der zeitlich befristeten zulässigen Abgasverluste¹ q_a nach Tafel 8.7 in Abhängigkeit der bis zum 31. 12. 98 durchgeführten Einstufungsmessung nach 1. BImSchV

Nennwärmeleistung \dot{Q}_{NL} in kW	31. 10. 2001 ² q_a in %	31. 10. 2002 q_a in %	31. 10. 2004 q_a in %
4 ... 25	≥ 14	13	≤ 12
> 25 ... 50	≥ 13	12	≤ 11
> 50	≥ 12	11	≤ 10

¹ Meßwerte sind wie in Tafel 8.7 zu ermitteln.

² Anstelle dieses Datums gilt für eine Nennwärmeleistung $\dot{Q}_{NL} > 100$ kW das Datum 31. 10. 99.

Beispiel

Für einen 1990 installierten Kombi-Umlaufwasserheizer ohne Gebläse mit 18 kW Nennwärmeleistung werden 20 °C als Verbrennungslufttemperatur sowie an der Schornsteinfegermessstelle 91 °C als Abgastemperatur und 17,1 Vol.-% als Abgas-Sauerstoffanteil gemessen.

- Wie groß ist der maßgebende Abgasverlust q_a ? Wird der zeitlich befristete Grenzwert überschritten?
- Darf dieser Heizkessel nur zeitlich begrenzt betrieben werden?

Lösung

Zu a):

Abgasverlust für Erdgasbetrieb:

$$q_a \approx \left(\frac{0,66}{21 - O_2^a} + 0,009 \right) (t_a - t_1) \text{ in \% mit } O_2^a \text{ in Vol. - \%}$$

$$q_a \approx \left(\frac{0,66}{21 - 17,1} + 0,009 \right) (91 - 20) = 12,65 \% \quad q_a \approx \underline{12,7 \%}$$

Durch Runden erhält man $q_a = 13 \%$; nach Abzug der Toleranz von 3% (Brenner ohne Gebläse und $O_2^a > 11 \%$) folgt der maßgebliche Abgasverlust:

$$q_a = (13 - 3) \% = \underline{10 \%}.$$

Aus Tafel 8.7 entnimmt man den befristeten Grenzwert $q_{a \text{ zul}} = 12 \%$, d.h. der zulässige Abgasverlust wird *nicht überschritten*.

Zu b):

Mit $q_a = 10 \%$ kann der Heizkessel sowohl bis 31.10.2004 betrieben werden (Tafel 8.8) als auch danach (Tafel 8.7), da er den Grenzwert für Neuanlagen ($q_{a \text{ zul}} = 11 \%$) bereits unterschreitet.

Literatur

- [1] Cerbe; Grundlagen der Gastechnik – Gasbeschaffung, Gasverteilung, Gasverwendung; Hanser Verlag, München, Wien; 1999
- [2] Baer/Günther/Patzel/Wagner; Versorgungstechnik Formelsammlung; Westermann Verlag, Braunschweig; 1998

Quelle: Prof. Lendt
Ausbildung zum Energieberater TWW