

# Bestimmung gewichteter Emissionswerte bei Holzfeuerungen mit Messung des Abgasvolumenstroms

Dr. Thomas Nussbaumer, Daniel Wagner; Ingenieurbüro Verenum, Zürich



Prüfstand mit Abgasvolumenstrommessung

Um die Emissionswerte von Holzfeuerungen bei schwankenden Leistungen oder Abbrandbedingungen objektiv zu beurteilen, ist entweder die Bestimmung der Schadstoffmengen, z. B. mit einem Verdünnungstunnel, oder eine Gewichtung der Schadstoffkonzentrationen mit dem Zuluft- oder dem Abgasstrom erforderlich. Im vorliegenden Beitrag wird das Verfahren der Abgasvolumenstrommessung beschrieben und es werden Resultate von Prüfstandsmessungen vorgestellt. Die Arbeit basiert auf einem Forschungsprojekt des Bundesamts für Energiewirtschaft. Das ausführliche Vorgehen und die detaillierten Resultate können dem Schlussbericht entnommen werden [5].

## Zusammenfassung

Für die Beurteilung des Schadstoffauswurfs bei Holzfeuerungen stellt sich die Frage, wie die Emissionen bei nicht konstantem Abgasstrom objektiv beurteilt werden können. Im vorliegenden Beitrag wird ein Verfahren zur Bestimmung des Schadstoffauswurfs vorgestellt, welches durch kontinuierliche Erfassung von Abgaszusammensetzung und Abgasvolumenstrom eine Gewichtung der Emissionswerte ermöglicht.

Das Verfahren wurde für Prüfstandsmessungen entwickelt und für Holzfeuerungen bis 70 kW ausgetestet. Der Abgasvolumenstrom wurde dabei durch Unterdruckmessung mittels Annubar-Sonde erfasst. Das Messverfahren kann jedoch auch bei Praxismessungen eingesetzt werden, wenn eine kontinuierliche Abgasvolumenstrommessung realisiert und die Messdaten kontinuierlich erfasst werden.

Da das Brennstoffwasser bei handbeschickten Holzfeuerungen nicht kontinuierlich abgegeben wird, muss für eine exakte Bestimmung des trockenen Abgasvolumenstroms zudem der Wasserdampfgehalt im Abgas kontinuierlich bestimmt und für die Auswertung berücksichtigt werden.

Die Erfahrungen an unterschiedlichen Holzfeuerungen zeigen, dass ohne Gewichtung der Emissionswerte bei gewissen Betriebsbedingungen unzulässig grosse Fehler auftreten. Zur Beurteilung des Schadstoffauswurfs bei stationären Bedingungen und annähernd konstantem Volumenstrom, also z. B. beim Vollbetrieb eines Ventilatorkessels, ist dagegen eine Gewichtung mit dem Abgasstrom nicht zwingend notwendig. Für Abnahmemessungen nach Luftreinhalte-Verordnung (LRV) ist eine Gewichtung mit dem Abgasstrom somit nicht erforderlich. Dagegen kann das Verfahren für zukünftige

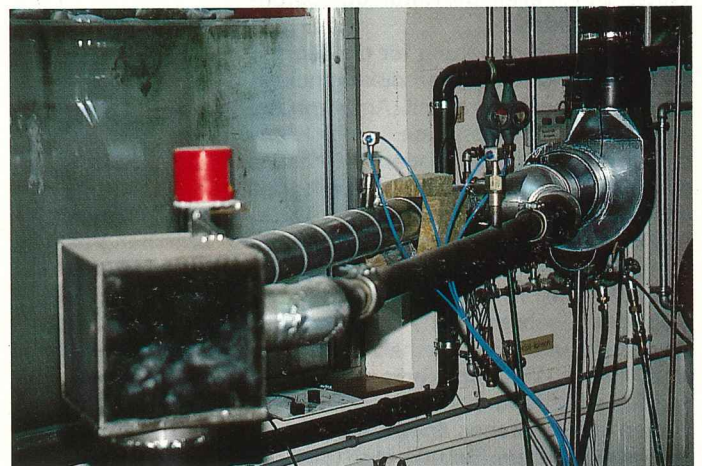
Prüfstandsmessungen angewendet werden.

Wenn auf eine Abgasvolumenstrommessung verzichtet wird, können die vorliegenden Resultate von ausgewählten Messungen verwendet werden, um die Fehler der vereinfachten Auswertung abzuschätzen und durch geeignete Annahmen zu verkleinern. Bei der freiwilligen Typenprüfung für Holzkessel der Schweizerischen Vereinigung für Holzenergie (VHe) wurden die Resultate zur Beurteilung des Teillastbetriebs berücksichtigt.

## Voraussetzung für die Vergleichbarkeit von Emissionsdaten

Um die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten bei stationären Bedingungen zu überprüfen, also z. B. für eine Abnahmemessung nach Luftreinhalte-Verordnung (LRV), werden Emissionskonzentrationen im Abgas gemessen und über eine bestimmte Messdauer gemittelt. Um die Vergleichbarkeit sicherzustellen, werden die Emissionswerte auf einen Bezugs-Sauerstoffgehalt normiert. Der Einfluss einer allfälligen Verdünnung der Abgase mit Falschluff wird dadurch eliminiert [1, 2, 3]. Bei handbeschickten Holzfeuerungen und beim Intervallbetrieb von Feuerungsanlagen jeder Art ergibt sich jedoch für eine objektive Beurteilung des Schadstoffauswurfs die Problematik der Bewertung von Emissionen bei variablem Abgasvolumenstrom [4, 5].

Die Schadstoffkonzentrationen sind allenfalls für die nähere Umgebung von Bedeutung, da sie als Mass für eine mögliche Geruchsbelästigung in der Nachbarschaft relevant sind. Für die langfristige Umweltbelastung ist dagegen die freigesetzte



Prüfstrecke zur Abgasvolumenstrommessung mit Annubar

Schadstoffmenge entscheidend, also das Produkt aus Schadstoffkonzentration und Abgasvolumenstrom.

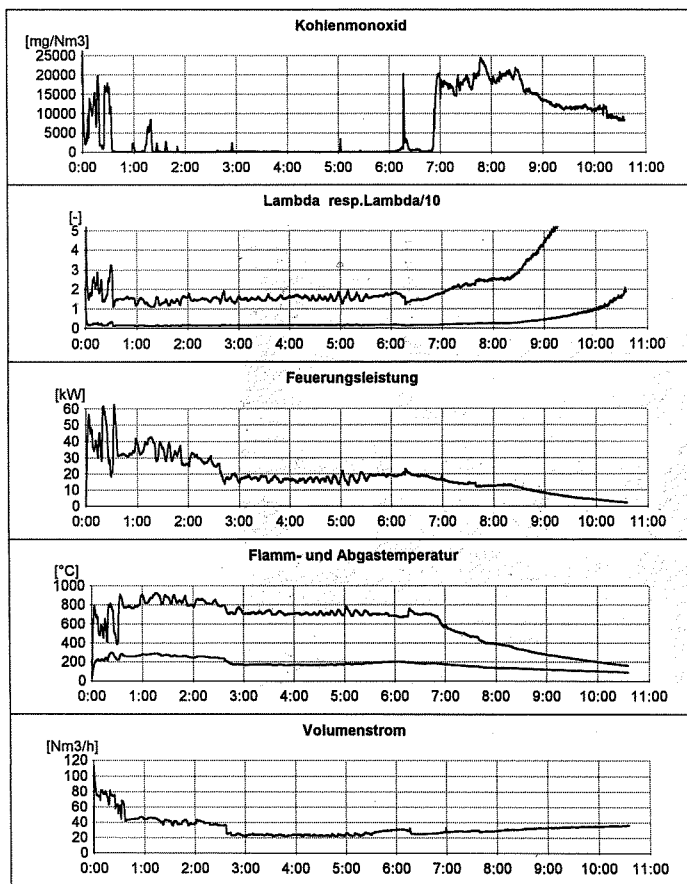
Strenggenommen ist die Schadstoffmenge *pro MJ Nutzenergie* massgebend, zur Vereinfachung wird häufig die Schadstoffmenge *pro MJ Brennstoffenergie* oder *pro kg Brennstoff* angegeben. Da diese Werte nicht direkt gemessen werden können und für die Umrechnung Annahmen über den Heizwert, den Wassergehalt und – im Falle der Nutzenergie – den Nutzungsgrad notwendig sind, wird zur Vermeidung der entsprechenden Ungenauigkeiten vorgeschlagen, die Emissionen als Schadstoffkonzentrationen mit einer Gewichtung des Abgasvolumenstroms anzugeben. Für ein und denselben Brennstoff ist damit die Vergleichbarkeit sichergestellt, d.h. die Resultate eines Stückholzkessels können mit denjenigen einer automatischen Schnitzelfeuerung objektiv verglichen werden.

Um die Emissionen einer Holzfeuerung mit denjenigen einer Öl- oder Gasfeuerung zu vergleichen, können die entsprechenden Umrechnungen auf MJ Nutzenergie mit einer Schätzung des Heizwerts und des Nutzungsgrades einfach durchgeführt werden. Der Rechnungsgang und die getroffenen Annahmen, welche immer mit Fehlern behaftet sind, sollten in diesem Fall exakt angegeben werden – eine Forderung, die heute in den meisten Fällen nicht erfüllt wird.

## Anforderungen bei Holzfeuerungen

Für eine objektive Beurteilung des Emissionsverhaltens ergeben sich bei Holzfeuerungen aus verschiedenen Gründen erhöhte Anforderungen im Vergleich zum Beispiel zu Prüfstandsmessungen für Öl- und Gasfeuerungen. Die wichtigsten sind der inhomogene Brennstoff, der Einfluss der Betriebsweise, Zufälligkeiten beim Abbrand und der Einfluss der Umgebungsbedingungen (Wind, Aussentemperatur, Luftdruck). Der Einfluss von Wind und Wetter ist vor allem bei Naturzugfeuerungen entscheidend.

Eine weitere Erschwerung für die Beurteilung ergibt sich durch den diskontinuierlichen Chargenabbrand mit Anfahrphase, stationärer Betriebsphase und Ausbrandphase (Bild 1). Moderne Feuerungen verfügen zudem über die Möglichkeit des stationären Teillastbetriebs. Stückholzkessel werden teilweise auch für intermittierenden Teillastbetrieb angeboten. Dies führt in der Regel zu erhöhten Emissionen während der Aus-Phasen des Ventilators und sollte deshalb durch Einsatz eines Wärmespeichers vermieden werden. Während der unterschiedlichen Phasen des Abbrands ändert der Abgasvolumenstrom zum Teil erheblich (Bild 2).



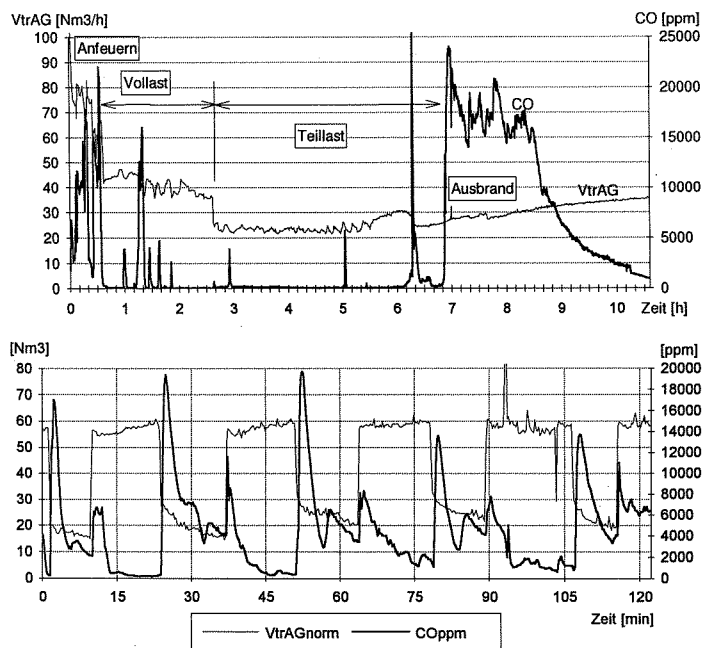
**Bild 1** Beispiel des Abbrands einer handbeschrifteten Holzfeuerung: Abbrand mit Anfahrphase (0:00 h bis 0:40 h), Vollastphase (bis 2:40 h), Teillast (bis 6:10 h) und Ausbrandphase. Der angegebene Volumenstrom entspricht dem mit Annubar gemessenen Abgasvolumenstrom.

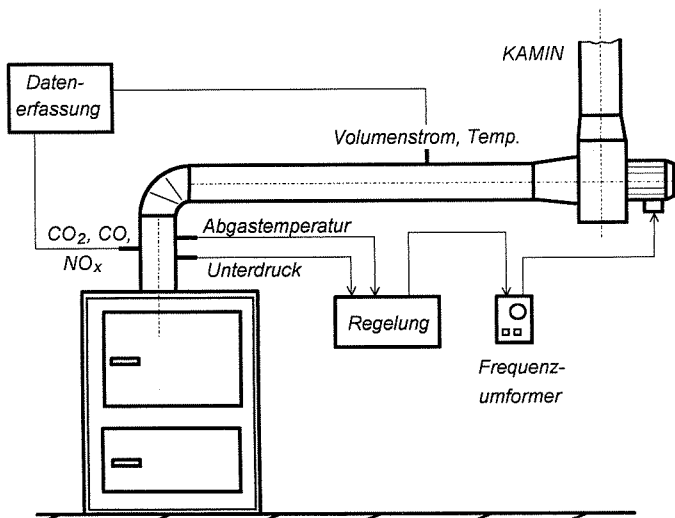
Am Beispiel des intermittierenden Teillastbetriebs stellt sich die Frage, wie die Emissionen während der Aus-Phase der Feuerung beurteilt werden können. Als Extremfälle kann *zugunsten der Feuerung* angenommen werden, dass der Volumenstrom bei ausgeschaltetem Ventilator gleich Null ist, oder es wird *zuungunsten der Feuerung* angenommen, dass der Vo-

lumenstrom bei ausgeschaltetem Ventilator gleich gross bleibt und die Emissionswerte für die Mittelwertbildung berücksichtigt werden.

Beide der genannten Vereinfachungen sind falsch. Die wahren Werte liegen zwischen den Extremfällen und können nur mit einer zusätzlichen Messung bestimmt

**Bild 2** Vergleich zwischen Vollast-Abbrand (oben), wie er z. B. beim Betrieb mit einem Wärmespeicher erreicht wird, und Abbrand mit intermittierendem Betrieb (unten).



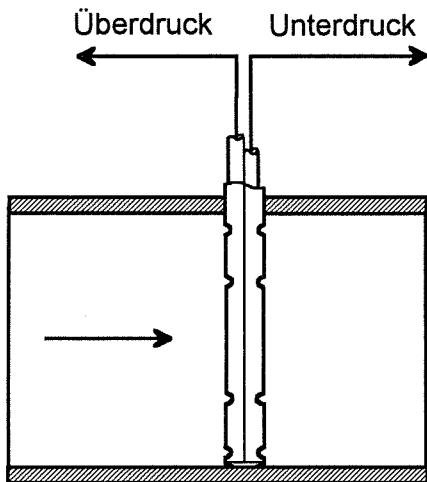


**Bild 4 Aufbau des Prüfstands mit Messung des Abgasvolumenstroms.**

### Aufbau des Messverfahrens

Zur Volumenstrommessung wird eine Annubar-Sonde (Bild 3) zur Unterdruckmessung eingesetzt. Gleichzeitig werden der Kohlenmonoxidgehalt als Leitgröße der Ausbrandqualität und der Kohlendioxid- oder der Sauerstoffgehalt zur Normierung kontinuierlich erfasst (Bild 4). Durch Summation des Produkts aus Abgasvolumenstrom und Kohlenmonoxidgehalt wird der gewichtete Mittelwert bestimmt. Dieser rechnerisch bestimmte Wert entspricht dem physikalischen Mittelwert durch Sammeln der Abgase in einem drucklos gegen die Atmosphäre zu füllenden Ballon und einer Einzelmessung der Gaszusammensetzung im gesammelten Gemisch, also dem «wahren» Mittelwert über einen ganzen Abbrand.

Die gewichteten Mittelwerte werden normiert auf einen Sauerstoffgehalt von z. B. 11 Vol.-% , 13 Vol.-% oder 10 Vol.-% O<sub>2</sub> im Abgas, was der Angabe von Grenzwerten der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) entspricht. Die gewichteten Schadstoffwerte werden durch den Index «gew» ge-



- Zuluftvolumenstrommessung
- Verdünnungstunnel
- Abgasvolumenstrommessung.

Alle Verfahren weisen spezifische Vor- und Nachteile auf. Im folgenden wird nur auf das Verfahren mittels Messung des Abgasvolumenstroms eingegangen.

Normierung nach der Sauerstoffkonzentration:

Gewichtete Mittelwertbildung		(Allgemein gültig)
A	CO und Lambda: gewichteter Mittelwert (ausführlich)	$\overline{CO}_{gew\_norm} = \frac{\int CO(t) \dot{V}_{A\ tr}(t) dt}{\lambda_{norm} \int \dot{V}_{A\ tr}(t) dt} \frac{21 \int \dot{V}_{A\ tr}(t) dt - 0.21 \left(1 - \frac{1}{A}\right) \int [O_2] \dot{V}_{A\ tr}(t) dt}{21 \int \dot{V}_{A\ tr}(t) dt - \int [O_2] \dot{V}_{A\ tr}(t) dt}$
A <sub>ver.</sub>	CO und Lambda: gewichteter Mittelwert (vereinfacht)	$\overline{CO}_{gew\_norm} = \frac{\bar{\lambda}}{\lambda_{norm}} \overline{CO}_{gew} = \frac{21}{\lambda_{norm}} \frac{\int CO(t) \dot{V}_{A\ tr}(t) dt}{21 \int \dot{V}(t) dt - \int [O_2(t)] \dot{V}_{A\ tr}(t) dt}$

**Bild 3.6: DIAMOND II ANNUBAR**

DN 55 - 125 : 4 Messöffnungen

DN 150 - 350 : 6 Messöffnungen

zur Mittelung über den Querschnitt.

**Bild 3 Annubar zur Volumenstrommessung mittels Druckdifferenz. Die Anordnung der Sonde ergibt eine Mittelung über den Strömungsquerschnitt.**

werden. Für die Auswertung kann dazu die Massenbilanz in der Form

$$\text{Masse Zuluft} + \text{Masse Brennstoff} = \text{Masse Abgas} + \text{Masse Asche}$$

verwendet werden. Gleichbedeutend ist die Anwendung der Massenbilanz für die zeitlich abgeleiteten Größen, d. h. für die Massenströme anstelle der Massen.

Für die zusätzliche Messung kommen die Messung der Zuluftmenge, der umgesetzten Holzmenge oder der Abgasmenge in Frage, wozu in der Praxis unter anderem folgende Verfahren eingesetzt werden:

1. Normierung → 2. Mittelwertbildung		(Abgasvolumen proportional zu λ)
B	CO und Lambda: Momentanwerte	$\overline{CO}_{norm} = \frac{21}{\lambda_{norm}} \int \frac{CO(t)}{21 - [O_2(t)]}$

1. Mittelwertbildung → 2. Normierung		(Abgasvolumen konstant)
C	CO und Lambda: arithmetische Mittelwerte	$\overline{CO}_{norm} = \frac{\bar{\lambda}_{arith}}{\lambda_{norm}} \overline{CO}_{arith} = \frac{21}{\lambda_{norm}} \frac{\overline{CO}_{arith}}{21 - [O_2(t)]_{arith}}$

- CO(t) = Kohlenmonoxidkonzentration [mg/m<sup>3</sup>]
- [CO(t)] = Volumenanteil Kohlenmonoxid [Vol.-%]
- [O<sub>2</sub>(t)] = Volumenanteil Sauerstoff [Vol.-%]
- $\dot{V}_{A\ tr}(t)$  = Volumenstrom der trockenen Abgase [m<sup>3</sup>/s]
- A = Brennstoffkonstante [-]
- $\lambda_{norm}$  = Luftüberschuss bezogen auf 13% O<sub>2</sub> = 2,625 [-]
- norm = Index für normiert
- arith = Index für arithmetisches Mittel
- gew = Index für gewichtet

**Bild 5 Berechnungsvorschriften für den Vergleich verschiedener Auswerteverfahren bei der Normierung der Konzentrationswerte mittels Messung des Sauerstoffgehalts. Analoge Formeln können für den Kohlendioxidgehalt angegeben werden [5].**

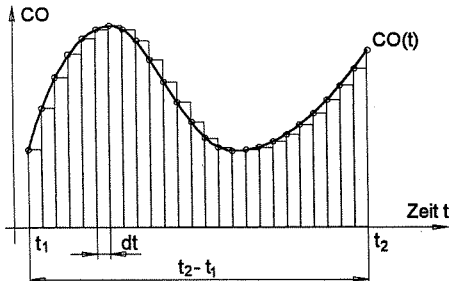
## Beispiel 1: Arithmetischer Mittelwert von CO(t)

Die Integralschreibweise lautet:

$$\frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} \dot{V}(t_i) dt$$

und die Schreibweise mit der Summe:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n CO_i$$



$t_1$  = Anfangszeit [s]  
 $t_2$  = Endzeit [s]  
 $dt$  = Abtastzeit [s]

$$n = \text{Anzahl Messungen} = \frac{t_2 - t_1}{dt}$$

## Beispiel 2: Gewichteter Mittelwert von CO(t)

Die Integralschreibweise lautet:

$$\frac{\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} CO(t_i) \dot{V}(t_i) dt}{\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \dot{V}(t_i) dt} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} CO(t_i) \dot{V}(t_i) dt}{\int_{t_1}^{t_2} \dot{V}(t_i) dt}$$

und die Schreibweise mit der Summe:

$$\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n CO(t_i) \dot{V}(t_i)}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \dot{V}(t_i)} = \frac{\sum_{i=1}^n CO(t_i) \dot{V}(t_i)}{\sum_{i=1}^n \dot{V}(t_i)}$$

**Bild 6** Berechnungsbeispiele für die numerische Auswertung der Messdaten mit Ersatz der Integrale durch Summen.

kennzeichnet. Das ausführliche Verfahren ist im Schlussbericht beschrieben [5].

## Auswertung der Emissionsdaten

Zur Normierung auf einen vorgebenen Sauerstoff-Bezugswert kann entweder der O<sub>2</sub>- oder der CO<sub>2</sub>-Gehalt im Abgas verwendet werden. Im folgenden sind die Berechnungsformeln mit der Normierung über den Sauerstoffgehalt dargestellt (Bild 5). Für die numerische Auswertung werden die Integrale durch Summen angenähert (Bild 6). In der vorliegenden Arbeit wurden folgende Berechnungsverfahren miteinander verglichen. Für die Herleitung der Formeln und die Berechnungsvorschrift bei Messung des CO<sub>2</sub>-Gehalts wird auf den Schlussbericht verwiesen [5]:

## Vergleich verschiedener Auswerteverfahren

Nebenstehende Tabelle zeigt eine Gegenüberstellung der aus allen Versuchen gemittelten Abweichungen der Verfahren A<sub>ver.</sub>, B und C im Vergleich zum exakten Verfahren A. Die wichtigsten Resultate können wie folgt zusammengefasst werden:

- Das vereinfachte Verfahren A<sub>ver.</sub> führt gegenüber der ausführlichen Methode A zu Abweichungen zwischen 0,1–0,4%, so dass ohne wesentlichen Genauigkeitsverlust mit der vereinfachten Annahme CO ≪ CO<sub>2</sub> gerechnet werden kann.
- Wenn der Abgasvolumenstrom nicht gemessen wird, ist Methode C – zuerst Mittelwertbildung und dann Normie-

– vorzuziehen. Die Abweichungen gegenüber der gewichteten Methode betragen im Mittel rund +10%, bei stark schwankenden Betriebsbedingungen können allerdings auch Abweichungen um bis zu +40% auftreten.

- Methode B, also zuerst normieren und dann Mittelwerte berechnen, führt im Mittel zu Abweichungen von rund +25 bis +50% (im Maximum +80 bis +200%) und ist damit auf jeden Fall zu vermeiden.
- Bei allen Auswerteverfahren beeinflusst die Wahl von Versuchsbeginn und Versuchsabbruch die während eines Prüfzyklus bestimmten Schadstoffmittelwerte. Zur Festlegung des Beginns der Ausbrandphase wurden in der vorliegenden Arbeit folgende Kriterien verwendet:

Beginn Ausbrand:  $\frac{CO_2}{CO} < \frac{20 \text{ Vol.-%}}{1 \text{ Vol.-%}}$

Ende Ausbrand:  $CO_2 < 2 \text{ Vol.-%}$  oder Abgastemperatur < 100 °C

## Resultate

- Es zeigt sich, dass bei Abbrandbedingungen mit in grossen Bereichen unkorreliert variierenden Betriebswerten eine Auswertung ohne Gewichtung zu sehr grossen Fehlern führt. Dies ist z. B. der Fall bei intermittierendem Teillastbetrieb oder bei einer sehr langen Ausbrandphase mit kleinem Volumenstrom. Dagegen wird der Fehler ohne Gewichtung klein, wenn ein ungestörter Abbrand erfolgt und ein annähernd konstanter Volumenstrom bis in den Ausbrand gewährleistet ist. Dies gilt z. B. für den stationären Betrieb einer automatischen Feuerung oder für einen

	Abbrandphase	Methode		
		A <sub>ver.</sub>	B	C
Mittlere Abweichung	Stationäre Phase	- 0.3 %	+ 23.6 %	+ 8.5 %
im Vergleich zu A	Ganzer Abbrand	- 0.1 %	+ 57.8 %	+ 10.2 %
Grösste Abweichung	Stationäre Phase	- 0.4 %	+ 80.9 %	+ 39.1 %
im Vergleich zu A	Ganzer Abbrand	- 0.3 %	+ 196.3 %	+ 41.5 %

- A Ausführliche Berechnung der mit dem Abgasvolumenstrom gewichteten Schadstoffkonzentrationen (diese Werte entsprechen den Mittelwerten durch Sammeln der Abgase)  
A<sub>ver.</sub> Gleiches Vorgehen wie A, jedoch mit vereinfachter Berechnung aufgrund der Annahme CO ≪ CO<sub>2</sub>  
B Bestimmung der Schadstoffkonzentration ohne Messung des Abgasvolumenstroms und Auswertung nach der Methode: 1. Normierung und 2. Mittelwertbildung  
C Bestimmung der Schadstoffkonzentration ohne Messung des Abgasvolumenstroms und Auswertung nach der Methode: 1. Mittelwertbildung und 2. Normierung.

mit Ventilator ausgestatteten Stückholzkessel, sofern die Steuerung einen annähernd konstanten Volumenstrom gewährleistet.

- Die Genauigkeit des Verfahrens wird in erster Linie durch die Volumenstrommessung bestimmt. Bei geeigneter Auslegung der Messstrecke kann ein Lastbereich von 100% bis auf unter 30% mit genügender Genauigkeit erfasst werden.
- Der Messfehler der Volumenstrommessung ist klein (Größenordnung 5%) im Vergleich zum maximal möglichen Fehler einer Mittelwertbildung ohne Gewichtung.

## Schlussfolgerungen und Empfehlungen

- Sofern der Schadstoffauswurf von Feuerungen oder Betriebsarten bestimmt werden soll, bei welchen der Abgasvolumenstrom und die Abgaszusammensetzung in grossen Bereichen unkorreliert variieren – wie z. B. bei intermittierender Teillast –, ist eine Gewichtung der Schadstoffkonzentrationen notwendig. Das vorgestellte Ver-

fahren der Abgasvolumenstrommessung ist dazu geeignet. Um den Einfluss des Brennstoffwassers exakt zu berücksichtigen, ist zudem eine kontinuierliche Messung des Wassergehalts im Abgas erforderlich.

- Zur Angabe von Emissionswerten werden *gewichtete* Schadstoffkonzentrationen in  $[mg/Nm^3]$  bei einem Bezugs-Sauerstoffgehalt vorgeschlagen. Bei Kenntnis der Brennstoffzusammensetzung und des Heizwerts können diese Werte bei Bedarf umgerechnet werden auf die zugeführte Energie in  $[mg/MJ]$  oder, bei zusätzlicher Kenntnis des Nutzungsgrades, auf die Nutzwärme. Da diese Umrechnungen Annahmen mit entsprechenden Fehlern enthalten, wird diese Umrechnung nur empfohlen für einen Vergleich mit anderen Energieträgern.
- Zur Bestimmung der Schadstoffkonzentrationen während stationärer Betriebszustände ist eine Gewichtung mit dem Abgasvolumenstrom nicht erforderlich. Dies gilt z. B. für den stationären Betrieb einer automatischen Holzfeuerung. Aber auch bei der Beurteilung eines mit Ventilator ausgerüsteten Stück-


holzkessels ergeben sich nur geringe Fehler, sofern die Betriebsweise der Feuerung einen annähernd konstanten Volumenstrom gewährleistet.

- Sofern die Bestimmung gewichteter Werte z. B. durch Messung des Abgasvolumenstroms nicht möglich ist, gilt der Grundsatz: zuerst Mittelwerte aus den Messdaten bilden und dann Berechnungen wie Normierung und Wirkungsgradberechnung durchführen.

## Literatur

- [1] Good, J.; Nussbaumer, Th.: Wirkungsgradbestimmung bei Holzfeuerungen, Bundesamt für Energiewirtschaft, Diane 7, Bern und Zürich 1993
- [2] Kerschbaumer, D.; Nussbaumer, Th.: Normierung und Mittelwertbildung von Emissionsmessdaten, Ergänzungen, HeizungKlima 11/1989, 107–109.
- [3] Nussbaumer, Th.; Kerschbaumer, D.: Normierung und Mittelwertbildung von Emissionsmessdaten, HeizungKlima 11/1987, 100–105.
- [4] Nussbaumer, Th.; Wagner, D.: Bestimmung gewichteter Schadstoffmengen mit kontinuierlicher Messung des Abgasvolumenstroms. In: Nussbaumer, Th.; Gaegauf, Ch. (Hrsg.): 2. Kolloquium Klein-Holzfeuerungen, Bundesamt für Energiewirtschaft, Diane 7, Bern und Zürich 1995.
- [5] Wagner, D.; Nussbaumer, Th.: Messverfahren zur Erfassung des Emissionsverhaltens von Holzfeuerungen, Schlussbericht, Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern und Zürich 1994. ■

# WOLF

Ein Unternehmen der Preussag 

## Heiztechnik, die dem Menschen dient.



Gußheizkessel



Gasheizkessel



Stahlheizkessel

Wolf bietet allen Bauherren und Renovierern immer die richtige Heizlösung:

Ob Stahlheizkessel, Gasheizkessel oder Gußheizkessel.

Ihre Entscheidung für Wolf ist immer eine Entscheidung für Qualität:

Wolf bietet 5 Jahre Gewährleistung auf Kessel und Speicher und 2 Jahre auf elektrische und bewegliche Teile.

Fragen Sie Ihren Heizungsfachmann nach Wolf Heiztechnik oder schreiben Sie uns.

Ich will mehr über Heizkessel von WOLF wissen. Senden Sie mir Informationen.

Name .....

Straße .....

Plz/Ort .....

Coupon ausschneiden, auf Postkarte kleben und ab zu Wolf!

Wolf Heiztechnik GmbH · Sägereistrasse 25 · 8152 Glattbrugg · Telefon 01/8743090 · Fax 01/8743099