

14 (1987) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

## Fraunhofer-Institut für Bauphysik

U. Fauth und N. König

## Schadstoffemission von Holzfeuerstätten

Die in letzter Zeit wieder zunehmende Verwendung des Brennstoffs Holz in Einzelfeuerstätten (Öfen, Herde, Heizeinsätze, Kaminöfen, offene Kamine) verursacht auch eine Zunahme der Nachbarschaftsbeschwerden. Dies und die Verschärfung des Umweltbewußtseins führten dazu, daß die Behörden nach einer Verbesserung der Verhältnisse trachten. Dies äußert sich in neuen oder erhöhten Anforderungen in Normen und in der Ausdehnung der Überwachungspflicht.

## Einflüsse auf die Schadstoffemission

Die Schadstoffemission von Holzfeuerstätten wird im wesentlichen beeinflusst durch

- die Eigenschaften des verwendeten Brennstoffs (Abmessung des Brennstoffs, Gehalt an flüchtigen Bestandteilen, Wassergehalt)
- die Art und Weise der Feuerführung des Benutzers (Menge und Intervalle der Brennstoffaufgabe, Einstellung der Primärluft und ggf. der Sekundärluft, Menge der Grundglut, Entaschung)
- die konstruktive Ausbildung der Feuerstätte

Als Schadstoffe in solchen Feuerstätten bilden sich bei vollkommener Verbrennung Kohlendioxid  $\text{CO}_2$  und die Oxide des Brennstoffschwefels  $\text{SO}_2$  und  $\text{SO}_3$ , sowie die Oxidationsprodukte des Luftstickstoffs (Stickoxide  $\text{NO}_x$ ). Bei unvollkommener Verbrennung bilden sich zusätzlich Kohlenmonoxid  $\text{CO}$  sowie Kohlenwasserstoffe, die als Zersetzungsprodukte meist hochmolekularer organischer Brennstoffbestandteile im Abgas zu finden sind, darunter die polyzyklischen Kohlenwasserstoffe.

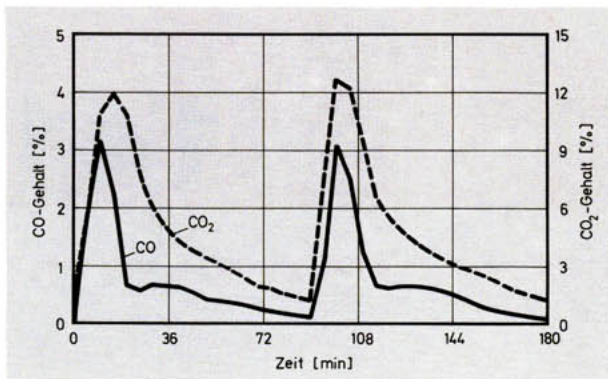
Um die Schadstoffemissionsverhältnisse beurteilen zu können, müssen diese qualitativ und quantitativ erfaßt werden. Zwar ist die Bestimmung der Produkte der vollkommenen Verbrennung und des Kohlenmonoxids mit einem gewissen Aufwand durch entsprechende Meßgeräte nach kurzer Analysenzeit möglich, die Bestimmung der Kohlenwasserstoffe kann aber nur durch einen außerordentlich hohen Aufwand erreicht werden. Im Rahmen der Geräte-Typprüfungen muß man sich in der Regel aus wirtschaftlichen Gründen auf die Erfassung nur der wichtigsten Schadstoffe, beispielsweise auf die  $\text{CO}$ -Emission, beschränken. Beispielsweise ergeben sich bei einem Kachelofeneinsatz nach DIN 18 892, Teil 1, also

einem für Kohlefeuerung bestimmten Heizeinsatz mit Rost, wenn er bei Nennwärmeleistung betrieben wird, die in Bild 1 dargestellten Verhältnisse. Dabei wurden bei jeder stündlichen Aufgabe ca. 3 kg Scheitholz mit einer Feuchtigkeit von ca. 10 % verwendet. Der Einsatz besaß keine Sekundärlufteinrichtung. Die Primärluft war voll geöffnet.

Aus der Abnahme des Brennstoffgewichtes und dem Verlauf der  $\text{CO}$ - bzw.  $\text{CO}_2$ -Konzentration während der Abbrandzeit ergeben sich folgende Feststellungen:

- In den ersten Minuten nach der Brennstoffaufgabe wird ein Teil der ausgetriebenen flüchtigen Bestandteile nicht oder nur zum Teil verbrannt, weil wegen der niedrigen Temperaturen an der Oberseite des Brennstoffs die Verbrennung nicht in Gang kommt oder abgebrochen wird. In dieser Phase tritt das Abgas mit einem erhöhten Gehalt an Wasserdampf, Kohlenwasserstoffen und Ruß deutlich sichtbar an der Schornsteinmündung aus. Die zunehmende Austreibung der flüchtigen Bestandteile bewirkt eine Verlängerung der Flammen, so daß die Temperaturen an der Brennstoffoberseite ausreichend hoch sind zur guten Verbrennung.
- Doch jetzt ist der Brennstoffdurchsatz so hoch, daß in einem Teil des Brennstoffbettes Luftmangel auftritt. Trotz des insgesamt ausreichenden Luftüberschusses gelangen, weil zu diesem Zeitpunkt auch die Strömungsgeschwindigkeit ihr Maximum erreicht, die unverbrannten Teile des Abgases zu rasch in den Teil der Feuerstätte, bei dem wegen der dort niedrigeren Temperaturen die Verbrennung abbricht. Nach dieser Phase bleibt als Brennstoff nur die Holzkohle übrig, die dann unter mäßiger  $\text{CO}$ -Bildung langsam abbrennt. Die Abgase sind jetzt optisch sauber.
- Die Brennstoffabnahme und damit der momentane Brennstoffdurchsatz erreichen nach etwa 10 Minuten ein Maximum. Nach etwa 20 bis 25 Minuten, bis zu diesem Zeitpunkt ist etwa 2/3 des Brennstoffs verbraucht, sind im wesentlichen die flüchtigen Bestandteile ausgetrieben. Der Brennstoff ist weitgehend glühend und die Abbrandgeschwindigkeit nimmt stark ab. Der momentane Holz-Brennstoffumsatz schwankt innerhalb der Abbrandperiode





**Bild 1:** Zeitlicher Verlauf der CO<sub>2</sub>- und der CO-Konzentration im Abgas eines Dauerbrandheizeinsatzes für Kohlefeuerung bei Betrieb mit Holz über zwei Aufgabenperioden. Aufgabemenge: jeweils 3 kg.

in starkem Maße (bis etwa 1:8) und ist damit etwa doppelt so hoch wie bei Braun- bzw. Steinkohlenbrikett. Dies ist aus der Sicht der Luftreinhaltung und auch aus energiewirtschaftlicher Sicht die ungünstige Kehrseite eines Verhaltens, das bei anderen mit Holz befeuerten Feuerstätten (Kamine und Kaminöfen) in Form der langen Flamme geschätzt wird.

### Brennstoffart und Bedienung

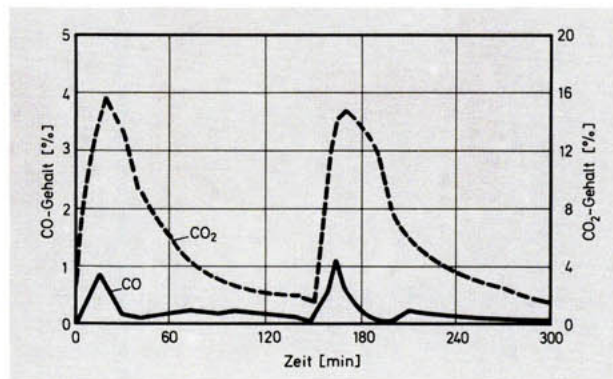
Je nach Lagerungsbedingungen des Brennstoffs kann der Feuchtigkeitsgehalt in größerem Umfang schwanken. Auch die spezifische Oberfläche, also die Scheitgröße kann sehr unterschiedlich sein. Die Schadstoffemission wird weiterhin wesentlich beeinflusst, wieviel Brennstoff und in welchen Intervallen aufgegeben wird, um den jeweiligen Wärmebedarf des zu beheizenden Raumes zu decken. Problematisch ist ferner die Beeinflussung über Einstellglieder für Primär- und Sekundärluft. In vielen Fällen wird der Benutzer überfordert, denn er kann die Auswirkungen dieser Möglichkeiten kaum beurteilen; überdies erfordert eine sinnvolle Anwendung einen erhöhten Arbeitsaufwand. Eine Fehlbedienung kann eine ins Gewicht fallende Vergrößerung der Schadstoffemission oder eine Verschlechterung der Brennstoffausnutzung mit sich bringen.

In den in **Bild 1** gezeigten Verhältnissen hätte der Benutzer jeweils etwa 20 Minuten nach der Brennstoffaufgabe die Sekundärluft und evtl. zum Teil die Primärluft schließen sollen. Diese Einflüsse machen es schwer, aus der Vielfalt der Möglichkeiten einem bestimmten Verbraucher mit individuellen Bedingungen konkrete Hinweise für den Betrieb zu geben.

### Emissionsminderung durch konstruktive Lösungen

Einen wesentlichen Einfluß besitzt die konstruktive Ausbildung der Feuerstätte selbst. So können automatische Stellglieder für die Luftzufuhr teilweise die Folgen fehlerhafter Bedienung ausgleichen. Auch das Abstimmen der Feuerraumgröße auf die maximale Feuerungsleistung wirkt verbessernd.

**Bild 2** zeigt die Verhältnisse bei einem Einsatz, der von einem Hersteller besonders auf schadstoffarme Verbren-



**Bild 2:** Zeitlicher Verlauf der CO<sub>2</sub>- und der CO-Konzentration im Abgas eines Spezialholzbrandeinsatzes über zwei Aufgabenperioden. Aufgabemenge: jeweils 3,5 kg.

nung von Holz entwickelt wurde. Vergleicht man die Ergebnisse dieses Einsatzes mit denjenigen von **Bild 1** mit allerdings etwas unterschiedlicher Nennwärmeleistung, so ergibt sich trotz einer 2,5 oder dreifachen Brennstoffaufgabe nur etwa ein Viertel der CO-Emission. Allerdings ist bei diesem Einsatz ein erhöhter Bedienungsaufwand des Benutzers notwendig, um die Emissionsminderung zu erreichen. Würde er das Gerät teilweise fehlbedienen, so wäre ein wieder höherer Schadstoffausstoß die Folge.

### Was ist zu tun:

Für die drei genannten Einflußbereiche für eine Verminderung der Schadstoffemission ergeben sich folgende Konsequenzen:

1. Hinsichtlich des Brennstoffs sollten von den Herstellern der Feuerstätten, den Ofensetzern und den Brennstoffhändlern die Verbraucher Informationen erhalten, über die geeigneten Brennstoffe (Scheitgröße, Feuchtigkeit) sowie über die Lagerungs- und Trocknungsbedingungen von Holz, damit in der Praxis dann von einer eingegrenzten Bandbreite der Holzaufbereitungs- und Holzlagerungsbedingungen ausgegangen werden kann.
2. Für die Bedienung muß der Hersteller in einer Anleitung dem Benutzer detailliertere, zweckentsprechende und praktikable Informationen geben, wobei auch über die Folgen von abweichenden, fehlerhaften, aber arbeitssparenden Praktiken zu unterrichten ist. Dazu gehört, daß bei Feuerstätten mit erheblicher Wärmespeicherung konkrete Anweisungen für die Feuerführung gegeben werden; der Zusammenhang zwischen Brennstoffaufgabe und Wärmeabgabe ist für den Benutzer nämlich nicht leicht erkennbar.
3. Die Hersteller sollten bei der Entwicklung Ihrer Geräte darauf achten, daß sich nicht nur bei einem bestimmten Betriebszustand günstige Emissionswerte erreichen lassen, sondern daß Zahl und Ausmaß von Fehlbedienungen eingeschränkt und deren Auswirkung auf die Schadstoffemission vermindert werden. Dies könnte durch den Einsatz von entsprechenden Reglern für eine zeitlich richtige Steuerung der Verbrennungsluft erreicht werden.