

Mohammad Aleya, Jochen Cypris

## EINBAUTEN-TECHNIK ZUR SCHADSTOFFMINDERUNG IN BIOMASSE-KLEINFEUERUNGSANLAGEN

### Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart  
Telefon +49 711 970-00  
info@ibp.fraunhofer.de

*Standort Holzkirchen*  
Fraunhoferstraße 10, 83626 Valley  
Telefon +49 8024 643-0

*Standort Kassel*  
Gottschalkstraße 28a, 34127 Kassel  
Telefon +49 561 804-1870

[www.ibp.fraunhofer.de](http://www.ibp.fraunhofer.de)

Kleinfeuerungsanlagen stellen eine nicht zu vernachlässigende Quelle für Feinstaub und andere Schadstoffe wie CO, VOCs und PAKs dar. Die Abgasbehandlung in Kleinfeuerungsanlagen durch Sekundärmaßnahmen ist aufgrund unvollständiger Verbrennung immer mit Schwierigkeiten und bezüglich des Einsatzes im Haushalt mit hohem technischem und wirtschaftlichem Aufwand verbunden. Aus diesem Grund sollten die oben genannten Schadstoffemissionen durch die Optimierung der Feuerungstechnik gemindert werden.

Am Fraunhofer IBP wurde eine innovative Technik zur Verbesserung des Verbrennungs- und Emissionsverhaltens sowie zur Erhöhung der Effizienz von mit Biomasse betriebenen Kleinfeuerungsanlagen entwickelt und untersucht – die sogenannte Einbauten-Technik

### PRINZIP DER EINBAUTEN-TECHNIK

Einbauten (oder Füllkörper) sind Bauteile aus Keramik, Metall oder Kunststoff, welche normalerweise in den verfahrenstechnischen Apparaten zur Verbesserung von Strömungsverhältnissen, zur Phasentrennung und zur Erzeugung großer Stoffaustauschflächen eingesetzt werden.

Das Wirkungsprinzip der Einbauten-Technik beruht auf der Bereitstellung günstiger Oxidationsbedingungen während der Verbrennung innerhalb eines Einbauten-Moduls.

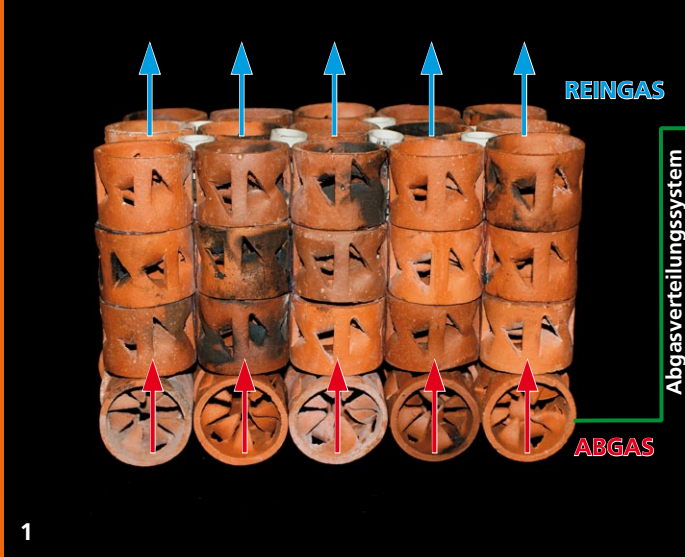
Dies speichert ausreichend Energie und gewährleistet durch seine spezielle Struktur eine intensivere Durchmischung von brennbaren Abgasbestandteilen mit der Verbrennungsluft sowie eine Verlängerung der aktiven Verweilzeit durch mehrfache Umlenkung. Die gespeicherte Energie soll die Oxidation in ungünstigen Betriebsphasen wie z. B. beim Nachlegen von Holz ermöglichen sowie zu einem stabilen Verbrennungsvorgang unabhängig von der Dynamik des Verbrennungsprozesses führen.

### Wichtige Anforderungen an Einbauten

- Hohe Wärmekapazität,
- Gewährleistung hoher Turbulenz,
- Raue Oberfläche mit adhäsiven Eigenschaften,
- Niedriger Strömungswiderstand,
- Hohe mechanische, thermische und chemische Beständigkeit.

### Charakteristika der Einbauten-Technik

- Langlebig, thermische Oxidation unterliegt keiner Alterung,
- Möglichkeit zur katalytischen Beschichtung,
- Stabiler Betrieb, niedrige Emissionen und erhöhter Wirkungsgrad,
- Brennstoffersparnis (mindestens zehn Prozent),
- Bereitstellung angenehmer Nutzwärme (vergleichbar mit Speicherfeuerstätten),
- Niedriger Strömungswiderstand durch große Öffnungen,



- Keine Verstopfungsgefahr beim Einsatz ungünstiger Brennstoffe,
- Robust gegenüber der Beschickungsart und der Änderung verbrennungstechnischer Eigenschaften des Brennstoffs,
- Preiswert und nachrüstbar,
- Keine zusätzliche Energie erforderlich.

### Aufbau und Untersuchungsergebnisse

Das Einbauten-Modul muss im Feuerraumbereich ohne Störung der Hauptströmung der Verbrennungsluft bzw. des Abgases aufgebaut werden. Im Rahmen interner Vorversuche wurde das Prinzip der Einbauten-Technik untersucht. Im Folgenden sind die Ergebnisse dargestellt:

### CO- UND C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>-EMISSIONEN

Die Diagramme 1 und 2 zeigen die über vier Abbrände gemittelten Verläufe von CO und C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> bei der Verbrennung von Buchenholz in einem Raumheizer mit und ohne keramische Einbauten. Es ist ersichtlich, dass CO- und C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>-Werte beim Einsatz von Einbauten deutlich niedriger ausfallen. Die Konzentration dieser Komponenten sinkt schnell nach dem Schließen der Ofentür und sie bleiben über lange Zeit, auch in der Ausbrandphase, auf niedrigem Niveau. Dieses Verhalten ist bei C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> deutlicher zu bemerken als bei CO. Das beobachtete Emissionsverhalten ist damit zu begründen, dass stabile günstige Oxidationsbedingungen (wirksame Temperatur, lokaler Sauerstoff und aktive Verweilzeit) über lange Zeit des Betriebs durch das Einbauten-Modul bereitgestellt wurden.

Die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAKs) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOCs) sollten entsprechend reduziert werden können, da sie mit dem CO sowie C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> während der Verbrennung korrelieren bzw. thermisch behandelt werden können.

### STAUBEMISSIONEN

Bei diesem Versuchsprogramm wurden die Stäube sowohl gravimetrisch als auch durch einen Staubzähler gemessen (Diagramm 3). Während bei der gravimetrischen Staubmessung nur der Gesamtstaub gemessen werden kann, sind durch den Partikelzähler die Feinstäube (Nano- und Mikrometerbereich) zu erfassen, welche als direkte Indikatoren für die Verbrennungsqualität zu verwenden sind. Bei einer gravimetrischen Staubmessung wurde die Konzentration des Gesamtstaubs von 127 mg/m<sub>3</sub> auf 14 mg/m<sub>3</sub> reduziert. Das entspricht einer Minderung des Gesamtstaubs von 80 Prozent. Die Partikelzählung im Bereich von 5 bis 350 nm hat gezeigt, dass sowohl das Spektrum zu größeren Partikeln hin verschoben wird als auch die Gesamtanzahl der Feinstaubpartikel verringert werden kann. Dabei wurde eine Verringerung der Partikelanzahl von  $5,6 \times 10^{10}$  auf  $3,2 \times 10^{10}$  erreicht. Dies entspricht einer Minderung von ca. 42 Prozent.

### VERBRENUNGSEFFIZIENZ

In Diagramm 4 ist ersichtlich, dass der Volumenanteil des CO<sub>2</sub> im Abgas beim Einsatz von Einbauten höher ist als ohne Einbauten. Das ist mit der besseren Umsetzung von Brennstoffkohlenstoff während des Verbrennungsprozesses zu begründen. Durch die Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Anteils im Abgas sowie die Wärmespeicherung im Einbauten-Modul lässt sich die Effizienz der Verbrennung verbessern. Bei dem Vorversuchsprogramm wurde der Wirkungsgrad von 71 auf 80 Prozent erhöht.

### FAZIT

Die beschriebene Technik befindet sich noch in der Entwicklungsphase. Die oben geschilderten Ergebnisse wurden bei nicht optimalem Aufbau bzw. mit nicht optimalen Einbauten erzielt. Bei entsprechender Optimierung sind noch bessere Ergebnisse zu erwarten.

Diagramm 1: CO mit/ohne Einbauten

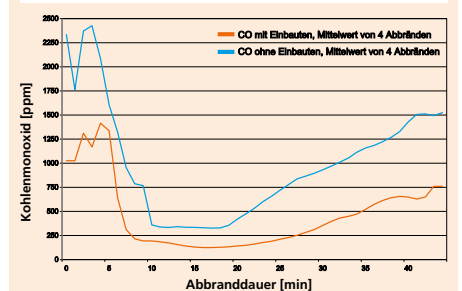


Diagramm 2: C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> mit/ohne Einbauten

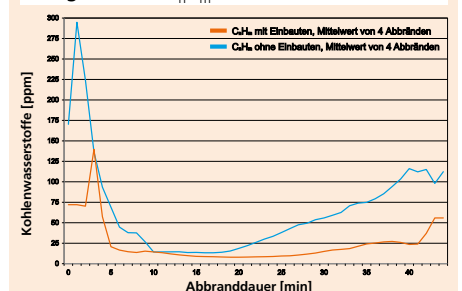


Diagramm 3: Feinstaub im Bereich 5–350 nm

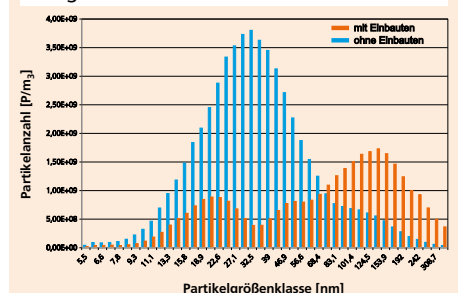
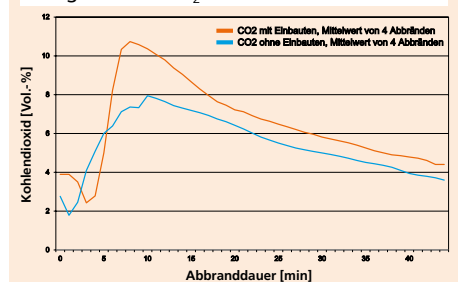


Diagramm 4: CO<sub>2</sub> mit/ohne Einbauten



- 1 Einbauten-Modul aus Keramik im Brennraum.
- 2 Feuerraum während des Verbrennungsvorgangs.