



Jahresbericht 1999

Über die Arbeiten gemäss Auftrag: Nr. 68 865

Titel des Projektes:

Entwicklung eines Mess- und Prüfverfahrens zur Bestimmung von Wirkungsgrad und Emissionen von Holz-Feuerstätten schwerer Bauart (Speicheröfen)

Zusammenfassung:

Basierend auf der Messinfrastruktur von Kalorimeterraum und Verdünnungstunnel soll ein neues Messverfahren zur Prüfung von Feuerstätten schwerer Bauart (Zeitbrandfeuerstätten, Speicheröfen) entwickelt werden. Das neue Messverfahren soll grundsätzlich einen möglichst praxisnahen Betrieb der Feuerstätte ermöglichen. Untersucht wurde der Wirkungsgrad, der Verlauf der Wärmeabgabe sowie die gas- und staubförmigen Emissionen. Die Untersuchungen fanden bisher vornehmlich an einem vorgefertigten Specksteinofen (1150 kg) statt. Direkt (Kalorimeterraum) wie indirekt (Abgas) ermittelt Wirkungsgrade ergeben sich für den *praxisnahen Betrieb* übereinstimmende Werte von jeweils 68-70 %. Die Typenprüfung gemäss DIN 18891 (durchgeführt durch eine deutsche Prüfstelle) ergab für den Specksteinofen einen Wirkungsgrad von 88 % (3 x 2kg Buche auf Grundglut). Zum Vergleich wurde dieser Versuch ebenfalls durchgeführt und ergab gut übereinstimmende Resultate mit Wirkungsgraden zwischen 86-89 %. Zu beachten ist, dass diese Versuche mit stark gedrosselter Zuluft durchgeführt wurden. Die grosse Wirkungsgrad-Differenz zwischen DIN-Typenprüfung und dem neuen Ansatz für ein Messverfahren ist auf die bei ungedrosseltem Feuer sehr viel höhere Abbrandrate und die damit verbundenen höheren Abgastemperaturen in den Heizzügen zurück zu führen. Die auf Basis der Oberflächentemperatur-Messung (7 Messpunkte) ermittelte Heizkurve entspricht sehr gut dem im Kalorimeterraum gemessenen Verlauf der Wärmeabgabe. Für Öfen mit geringem konvektivem Anteil der Wärmeabgabe ermöglicht dieses Verfahren eine durchaus gute Annäherung der Wärmeleistung, bei relativ geringem messtechnischem Aufwand.

Dauer des Projektes: 1. November 1998 – 31. Juni 2000

Beitragsempfänger: Ökozentrum Langenbruck

**Berichterstatter: Ch. Gaegauf, dipl. Ing. ETH/SIA
Y. Macquat, dipl. Ing. HTL**

Adresse: **Ökozentrum Langenbruck**
 Schwengistrasse 12
 4438 Langenbruck

Telephon: **062-387 31 26**

Bestimmung von Gesamtstaubemissionen sowie Feinstaubfraktionierung

Die Gesamtstaubemissionen TSP (total suspended particles) wurden mit einem an die Vorgaben des Amerikanischen Normenwerks der US-EPA (US Environmental Protection Agency) angelehnten Messverfahren ermittelt. Die Filtereinheit besteht aus einer Entnahmesonde sowie dem direkt nachgeschalteten Flachfilter mit Filter und Backup-Filter (Filter-Ø 50mm). Das Probegas wurde isokinetisch abgesaugt. Das Probegas wurde über Trocknungstürme (Silikagel) getrocknet und das Trockenvolumen mittels Gasuhren bestimmt (siehe Abbildung 2).

In einigen Versuchen wurden die TSP parallel zu den USEPA-TSP-Messungen mit der gängigen Quarzfilterhülsen Technik (LRV, Koneth) bestimmt.

Die Entnahmestelle 1 befand sich direkt im Abgas wobei, um Kondensation des Abgases in der Filtereinheit zu verhindern, diese elektrisch auf $114 \pm 8^\circ\text{C}$ beheizt wurde.

Die Entnahmestelle 2 befand sich im Verdünnungstunnel, im Bereich guter Durchmischung.

Zur Ergänzung wurde während einiger Versuche mittels SMPS-Messgerät die Feinstaubfraktionen im Bereich 30 nm-400 nm sowie mit einem optischen Aerosol-Spektrometer im Bereich 400nm-20µm erfasst. Die Entnahmestelle befand sich im Verdünnungstunnel in der Nähe der Gasentnahmestelle.

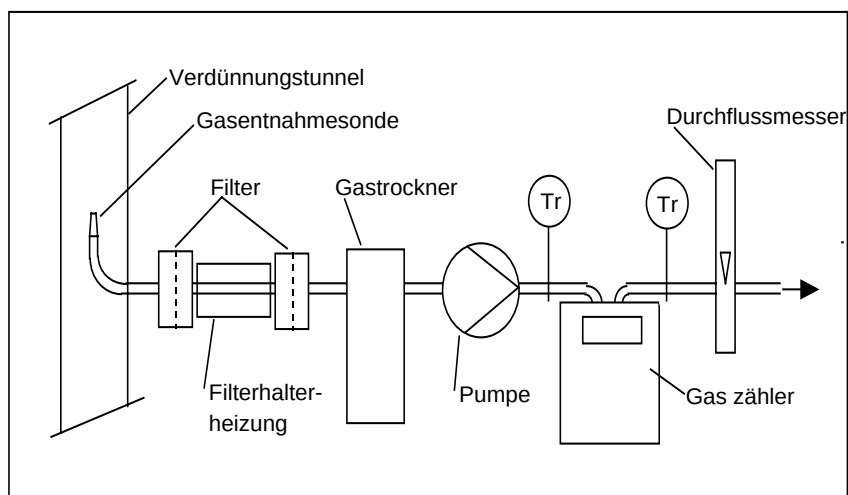


Abbildung 2 Gesamtstaubmessung (USEPA-TSP) im Abgas

Die Testöfen

Die Entwicklung des neuen Messverfahrens sieht Messreihen an drei typischen Vertretern von Zeitbrand-Feuerungen vor. Bisher wurde ein *Specksteinofen* (1150 kg), sowie ein mit einem *Zentralheizungswärmetauscher kombinierter Speicherofen* (1100kg) untersucht.

Technische Daten

Specksteinofen:

Bauart Kaminofen aus Speckstein mit Steig- und Sturzzügen, Planrost, Aschekasten, Primär- und Sekundärluftzuführung, Türschrank aus Gusseisen mit Sichtfenster (35 x 30 cm)

Gewicht mit Grundplatte	1150 kg	Feuerraumvolumen	0.04 m ³
Min. Kaminlänge	5.5 m	Brennstoffmenge pro Abrand	7.5 kg Laubholz

Nennheizleistung 6 kW

Speicherofen mit Abgas/Wasserwärmetauscher:

Bauart Wärmetauscherofen mit zweistufiger Vergasungsfeuerung. Schamottierte Feuerung- und Ausbrennkammer, Kesseleinsatz sowie Feststoffwärmespeicher. Der Ofen verfügt über eine automatische Abbrandregelung (Abgasventilator und Primär- sowie Sekundärluft Regelung)

Gewicht mit Grundplatte	1100 kg	Feuerraumvolumen	0.07 m ³
Brennstoff pro Abbrand	20 kg Laubholz	Nennheizleistung gesamt	18 kW

3. Stand des Projektes

3.1. Projektablauf und durchgeführte Arbeiten

Das Konzept des neuen Messverfahrens basiert auf dem Grundsatz, dass die Heizaggregate möglichst praxisnah geprüft werden. Es wird davon ausgegangen, dass der Speicherofen während der Heizperiode als massgebliche Wärmequelle eingesetzt wird. Das bedeutet, dass der Ofen beim Anfeuern immer noch eine gewisse Grundtemperatur aufweist.

- Pro Heizzyklus findet nur ein Abbrand, ggf. mit Vorfeuer, statt. Es wird kein Brennholz nachgelegt.
- Der Heizzyklus soll einem üblichen, dem untersuchten Heizaggregat angepassten und praxisgemässen Heizintervall entsprechen.
- Der Brennstoff muss handelsüblichem Brennholz entsprechen.
- Die Beschickung, und das Anfeuern erfolgt gemäss Herstellerangaben. Wo diese nicht vorhanden sind, gelten die Vorgaben des neuen Messverfahrens.

Bisher umfasste das Versuchsprogramm folgende Versuche:

Specksteinofen:

- Versuch 1: Insgesamt 4 Abbrände à 7.5 kg Buche, in 17 h-Interval (Nachlegekriterium: 450 W Abgabeleistung), direkte und indirekte Wirkungsgradbestimmung , Wärmeabgabe mittels Kalorimeterraum.
- Versuch 2: Insgesamt 4 Abbrände à 7.5 kg Buche, in 15.5 h-Interval (Nachlegekriterium: 500W Abgabeleistung), direkte und indirekte Wirkungsgradbestimmung, Wärmeabgabe mittels Oberflächentemperaturen und Kalorimeterraum
- DIN-Versuch: Nachvollzug DIN 18891-Versuch 3 x 2kg Buche jeweils auf Grundglut, Wirkungsgradbestimmung indirekt und direkt.
- Versuch 3: Insgesamt 3 Abbrände à 7.5 kg Buche, in 24 h-Interval indirekte Wirkungsgradbestimmung, Feinstaubemissionen mittels TSP-Methode im Abgas und Verdünnungstunnel, Parallelmessung der fraktionierten Partikelkonzentrationen im Verdünnungstunnel mittels SMPS und Aerosol-Spektrometer. Gesamtstaubmessung mit Koneth(LRV)-Methode

Speicheröfen mit Abgas/Wasserwärmetauscher

- Versuch: 3 Abbrände à 1 kg Nadelholz und 19 kg Buche in 24 h-Interval, direkte und indirekte Wirkungsgradbestimmung, Wärmeabgabe an Wasserwärmetauscher, Wärmeabgabe an Raum mittels Oberflächentemperaturen. Feinstaubemissionen mittels TSP-Methode an Abgas und Verdünnungstunnel, Parallel-Messung der fraktionierten Partikelkonzentrationen im Verdünnungstunnel mittels SMPS und Aerosol-Spektrometer. Gesamtstaubmessung mit Koneth (LRV) -Methode

3.2 Resultate

Die Darstellung der Resultate im vorliegenden Bericht beschränkt sich auf die Untersuchungen am Specksteinofen

Wirkungsgrad

Direkt (Kalorimeterraum) sowie indirekt (Abgas) ermittelt ergeben sich für den *praxisnahen Betrieb* (7.5 kg Buche, davon 1.5 kg Brennstoff zur Erzeugung eines Vorfeuers; Kaltstart; Luftschieber ganz geöffnet) übereinstimmende Wirkungsgrade von jeweils $70 \pm 3\%$. Es bestätigte sich die bereits in anderen Paralleluntersuchungen gemachte Erfahrung der guten Übereinstimmung von direkter und indirekter Wirkungsgradmessung.

Für die feuerungstechnischen Untersuchung wurden als Abbruchkriterium ein CO_2 -Gehalt im Abgas von unter 1 Vol.%. festgelegt. Die kalorimetrische Messung der Wärmeabgabe wurde weiter geführt bis zur Beendigung des festgesetzten Heizzyklus (15.5 h, 17 h, oder 24 h).

Bestimmung der Wärmeabgabe mittels Oberflächentemperaturen

Die auf Basis der Oberflächentemperatur-Messung (7 Messpunkte) ermittelten Wärmeleistung (Heizkurve) entspricht sehr gut dem im Kalorimeterraum ermittelten Verlauf der Wärmeabgabe. Für Öfen ähnlicher Bauart, d.h. für mittelschwere bis schwere Speicheröfen ohne Konvektionswärmetauscher ermöglicht dieses Verfahren eine durchaus gute Annäherung der Heizkurve.

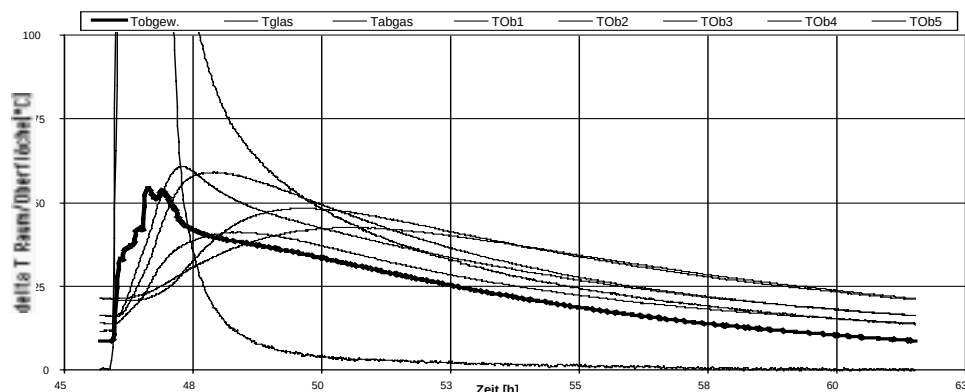


Abbildung 3 Oberflächentemperaturen und gewichtete mittlere Oberflächentemperatur

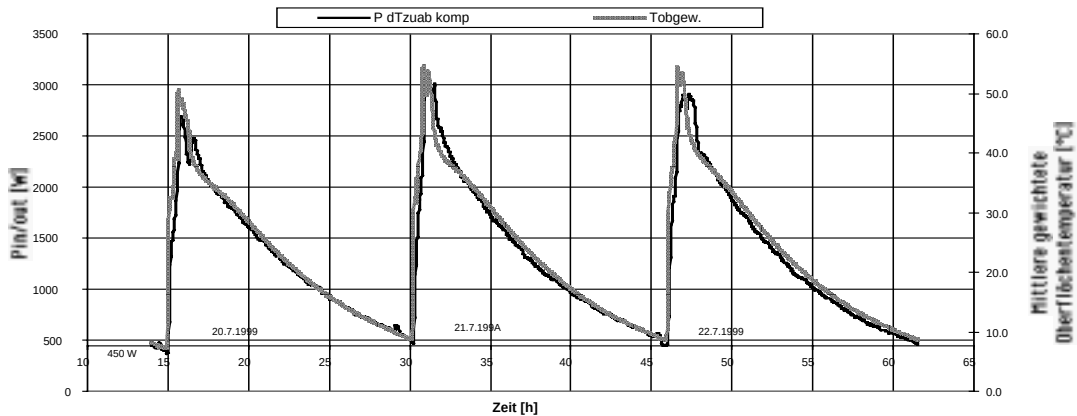


Abbildung 4 Wärmeabgabeverlauf Specksteinofen über drei Heizzyklen inkl. gewichtete mittlere Oberflächentemperaturen

Die gewichtete mittlere Oberflächentemperatur ergibt sich aus den einzeln gemessenen Temperaturen und dem jedem Fühler zugeordneten Oberflächenanteil. Speziell berücksichtigt wurden auch die Temperaturen der Glasfläche in der Tür sowie ein kurzes, unisoliertes Stück Abgasleitung, da diese relativ kleinen Flächen zu Beginn des Heizzyklus in der Abbrandphase einen beträchtlichen Anteil der Wärme übertragen.

3.3 Vergleich praxisnaher Betrieb / Betrieb gemäss geltender DIN/CENprEN-Prüfnorm

In den Abbildung 5 und 6 ist der Abbrandverlauf im neuen Messprozedere mit einem praxisnahen Betrieb (Abbildung 5) dem Abbrandverlauf gemäss den Vorgaben nach DIN-Prüfung (Abbildung 6) gegenübergestellt.

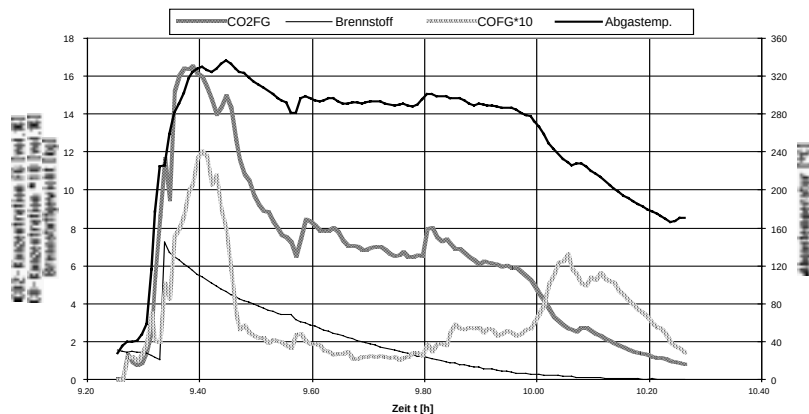


Abbildung 5 Neues Messverfahren: Abgaswerte Specksteinofen bei 7.5 kg Brennstoff, inkl. 1.5 kg zur Erzeugung des Vorfeuers

DIN gibt für den, nach den Vorgaben für Dauerbrandöfen geprüften Specksteinofen (stark gedrosselte Zuluft!), einen Wirkungsgrad von 88 % an (3 x 2kg Buche auf Grundglut). Dieser Versuch wurde ebenfalls durchgeführt und ergab übereinstimmende Resultate mit Wirkungsgraden zwischen 89-86% (Abbildung 5).

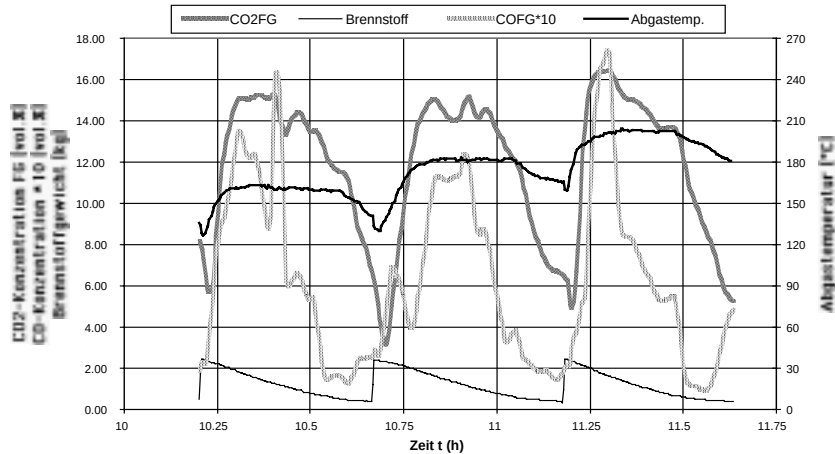


Abbildung 6 DIN-18891 Typenprüfung: Abgaswerte Specksteinofen bei Prüfung gemäss DIN (3 x 2kg)

Die grosse Wirkungsgrad-Differenz zwischen DIN-Versuch und dem praxisnahen Betrieb begründet sich hauptsächlich durch die bei ungedrosseltem Feuer sehr viel grössere Abbrandraten mit höheren Abgastemperaturen und entsprechend höheren Abgasverlusten.

4. Zusammenarbeit und Öffentlichkeitsarbeit

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wird zu den verschiedensten Institutionen Kontakt gepflegt.

- Verband Schweizerischer Hafner- und Plattengeschäfte (VHP)
- Wissenschaftlicher Austausch besteht mit der CRE (British Coal Research, Cheltenham UK)
- Vereinigung für Holzenergie, VHe
- Actor Netzwerk Holz

Das Ökozentrum ist in verschiedenen Arbeitsgruppen vertreten.

- Schweizerische Normen-Vereinigung, SNV
- Technische Kommission Interdisziplinärer Normenbereich der SNV Feuerungen für feste und flüssige Brennstoffe INB/TK 176
- CEN/TC 295, Normengruppe Feststoff Heizgeräte
- ISO/TC 116 SC 3, Normengruppe Feststoff Heizgeräte

5. Ausblick 2000

Die ausstehenden Messreihen am vorgefertigten Kachelofen des VHP's werden unter Beizug des technischen Beauftragten des VHP's noch abgeschlossen. Dabei werden die Arbeitsschwerpunkte auf der Erfassung der Heizkurve mittels Oberflächentemperaturmessung und auf der Messtechnik zur Bestimmung der Feinstaubemissionen liegen.

Die Zusammenfassung sämtlicher Ergebnisse, bilden die Basis für einen Entwurf des neuen Messverfahrens. Ziel ist es, damit eine fundierte Diskussionsgrundlage zu schaffen, auf der eine zukünftige praxisnahe Prüfnorm für Zeitbrandfeuerstätten aufbauen kann.

Der Entwurf des Messverfahrens wird einem breiten Fachpublikum sowie Fachgremien, vorgestellt, um eine öffentlichen Diskussion anzuregen.