

Nr. 6

SCHRIFTENREIHE

Typenprüfung Kachelofen



ÖSTERREICHISCHER KACHELOFENVERBAND

Versuchs- und Forschungsanstalt der Hafner Österreichs

Schriftenreihe des Österreichischen Kachelofenverbandes

Herausgeber und Vertrieb	Österreichischer Kachelofenverband A-1220 WIEN, Dassanowskyweg 8
Redaktion	Dipl.-Ing. Dr. Thomas Schiffert
Verantwortung	Der Inhalt der Beiträge liegt in der Verantwortung des jeweiligen Autors
Copyright ©	1997, Österreichischer Kachelofenverband Nachdruck auch auszugsweise nur mit Genehmigung des Herausgebers. Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.
Ausgabe 1	2/1997
ISBN	3-901680-05-5

Inhaltsverzeichnis

1 Bestätigung	5
2 Ergänzungsbericht.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
2.1 Aufgabenstellung.....	6
2.2 Prüfobjekt	7
2.3 Beschreibung des Prüfstandes.....	7
2.4 Durchführung der Prüfung	8
2.5 Brennstoffdaten und Prüfergebnisse	8
2.5.1 Prüfergebnisse mit Fichtenholz (4kW Ofen).....	9
2.6 Beurteilung	12
2.6.1 Stickstoffoxidemissionen	12
2.6.2 Auswertung mit Berücksichtigung des sich ändernden Abgasvolumenstromes	12
3 Prüfbericht.....	14
3.1 Gegenstand der Untersuchung und Auftragserteilung	14
3.2 Eingereichte Unterlagen	14
3.3 Beschreibung des Produktes (Prüfobjekte)	15
3.3.1 Technische Daten der am Prüfstand geprüften Öfen	16
3.4 Durchführung der Prüfung	16
3.5 Meßgeräte und Meßverfahren	17
3.5.1 Sauerstoff	17
3.5.2 Kohlendioxid/Kohlenmonoxid	17
3.5.3 Stickstoffoxide	18
3.5.4 Organische, gasförmige Kohlenwasserstoffe	18
3.5.5 Staub	19
3.5.6 Messung der Abgasgeschwindigkeit	20
3.5.7 Gastemperatur	20
3.5.8 Registriergerät	20
3.6 Meßaufbau	20
3.7 Brennstoffdaten und Prüfergebnisse	23
3.7.1 Prüfergebnisse mit Scheitholz, 4 kW Ofen	24
3.7.2 Prüfergebnisse mit Holzbriketts, 4 kW Ofen.....	26

3.7.3 Prüfergebnisse mit Scheitholz, 6 kW Ofen.....	28
3.7.4 Prüfergebnisse mit Holzbriketts, 6 kW Ofen.....	30
3.7.5 Prüfergebnisse mit Scheitholz, 9 kW Ofen.....	32
3.7.6 Prüfergebnisse mit Holzbriketts, 9 kW Ofen.....	34
3.8 Prüfung der Ausführung und sicherheitstechnische Aspekte	36
3.8.1 Allgemeines.....	36
3.8.2 Türen.....	36
3.8.3 Oberflächentemperaturen	36
3.8.4 Werkstoffe	36
3.8.5 Typenschild, Bedienungs- und Montageanleitung.....	36
3.9 Zusammenfassung und Beurteilung der Meßergebnisse	37

1 Bestätigung

Ergänzung zum Bericht 6388

[\\goliath\technik\ts\word\schriftr\ERGÄNZUN.DOC](#)

1.1 Aufgabenstellung

Der Bericht Nr. 6388 vom 27-01-1994 enthält die Ergebnisse, die bei der Prüfung der Typenreihe Kachelofen mit dem Brennstoff Holz erhalten wurden. Beim Vergleich der Prüfergebnisse mit den Grenzwerten der Feuerungsanlagen-Genehmigungs-Verordnung LGBL Nr. 33 1992 i.d. F. LGBL Nr. 9/1993 des Bundeslandes Steiermark stellte sich heraus, daß die Grenzwerte für NO_x nicht eingehalten wurden. Die Messungen wurden, entsprechend der üblichen Praxis, mit Buchenholz durchgeführt.

Zusätzlich wurde vom Prüfer der Prüfung mit Holzbriketts (Fa. Umdasch) beantragt. Die Prüfergebnisse zeigen, daß die NO_x-Emissionen bei Holzbriketts deutlich unter jenen von Buchenholz liegen.

Aus neueren wissenschaftlichen Untersuchungen geht hervor, daß die Stickoxide bei der Holzverbrennung überwiegend vom Stickstoffgehalt des Holzes bestimmt werden. Weiters ergaben Analysen, daß der Stickstoffgehalt im Holz je nach Holzart und Rindenanteil etwa um den Faktor 3 unterschiedlich sein kann. Daher ist zu erwarten, daß bei Verwendung eines stickstoffarmen Holzes (z.B. Fichtenholz) geringere Stickstoffoxidemissionen auftreten.

Bei der Prüfung von Heizgeräten mit diskontinuierlichem Abbrand wird üblicherweise eine Abbrandwaage (ÖNORM M 7520) verwendet, um den in den einzelnen Abbrandphasen unterschiedlichen Brennstoffumsätzen und unterschiedlichen Abgasvolumenströmen bei der Mittelwertbildung der Emissionen Rechnung tragen zu können. Speicherkachelöfen wiegen typischerweise 1000 kg oder mehr, sodaß Spezialwaagen erforderlich wären. Daher wurde bisher für Kachelöfen - so auch im Prüfbericht 6388 - der sich über die Abbrandzeit ändernde Abgasvolumenstrom bei der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt, was zu Verfälschungen der tatsächlichen Emissionsmittelwerte führen kann. Als Alternative zur Abbrandwaage kann eine Messung des Abgasvolumenstromes verwendet werden. Aus diesem Grund wurde am Prüfstand der Versuchsanstalt eine derartige Abgasvolumenmessung installiert.

Aufgrund der beiden oben genannten Punkte, wurde vom Auftraggeber eine Ergänzungsprüfung wie folgt beantragt:

- Durchführung eines Prüflaufes mit stickstoffarmen Holz (z.B. Fichtenholz) und Vergleich mit den bisherigen Ergebnissen
- Vergleich der Emissionen mit und ohne Berücksichtigung des sich ändernden Abgasvolumenstromes bei der Mittelwertbildung

1.2 Prüfobjekt

Kachelofen mit 4 kW Nennleistung (Beschreibung siehe Prüfbericht Nr. 6388)

1.3 Beschreibung des Prüfstandes

Ergänzend zu der im Prüfbericht Nr. 6388 beschriebenen Ausrüstung wurde eine kontinuierliche Messung des Abgasvolumenstromes verwendet.

Volumenstrommessung

Meßprinzip Die Rauchgasgeschwindigkeit wird aus der Differenz der Schalllaufzeiten im sich bewegenden Medium in und gegen die Strömungsrichtung errechnet.

Meßgerät

<i>Hersteller</i>	: Panametrics
<i>Typ</i>	: GP 68
<i>Meßbereich</i>	: $\pm 0,3 - \pm 45$ m/s
<i>Meßwertausgang</i>	: 4 - 20 mA (analog)
<i>Eingesetzter Meßbereich</i>	: 0 - 12 m/s
<i>Rohrdurchmesser</i>	: 80 mm
<i>Länge der Einlaufstrecke</i>	; 1800 mm
<i>Länge der Auslaufstrecke</i>	: 1000 mm
<i>Höchstzulässige Temperatur</i>	: 260 °C
<i>Genauigkeit der Messung</i>	: ± 2 % vom aktuellen Meßwert zwischen 0,3 und 45 m/s

1.4 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung der Versuche erfolgte analog zum Prüfbericht Nr. 6388.

Die Anzahl der Prüfläufe wurde allerdings wesentlich reduziert.

1.5 Brennstoffdaten und Prüfergebnisse

Brennstoff					
Bezeichnung			Scheitholz		Holzbriketts
Art			Weißbuche	Fichte	Fa. Umdasch
Abmessungen					
Länge		[cm]	33	30	28-30
Durchmesser		[cm]	5-12	5-12	9
Elementaranalyse					
c		[%]	44,57	45,44	46,01
h		[%]	4,98	5,08	5,26
n		[%]	0,19	0,07	0,11
s		[%]	0,01	0,00	0,01
a		[%]	0,28	0,29	0,09
o		[%]	37,96	38,80	39,81
w		[%]	12,01	10,28	8,72

Ergänzungsbericht

Rechenwerte					
O ₂ -Bedarf	(V _{O₂,min})	[m ³ /kg]	0,84	0,86	0,87
Luftbedarf	(V _{L,min})	[m ³ /kg]	4,01	4,09	4,15
Abgasmenge trocken	(V _{A,tr.min})	[m ³ /kg]	4,00	4,08	4,14
Wasserdampf	(V _w)	[m ³ /kg]	0,71	0,70	0,70
Abgasmenge feucht	(V _{Af,min})	[m ³ /kg]	4,71	4,77	4,84
CO ₂ , maximal		[%]	20,79	20,80	20,75
Heizwert	(H _u)	[kJ/kg]	15799	16140	16437

Alle Volumsangaben beziehen sich auf 0 °C und 1013 mbar.

1 Elementaranalyse TU Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Brennstofftechnik und Umelttechnik

2 Bestimmung nach DIN 51718 bzw. DIN 51719

3 Der Wassergehalt ist infolge der Lagerung des Brennstoffes im Prüfraum extrem niedrig. Einschlägige Erfahrungen zeigen, daß sich das Emissionsverhalten im Bereich von 5 bis 20 % Wassergehalt nur unwesentlich ändert.

1.5.1 Prüfergebnisse mit Fichtenholz (4kW Ofen)

Versuchs-Nr.		Vollast	Mittellast	Teillast
Versuchseinstellungen				
Brennstoffmenge	[kg]	15,0	12,0	7,5
Brennstoffwärmeleistung	[kW]	5,7	4,5	2,8
Versuchsdauer	[min]	84	72	36
Umsatz	[kg/h]	10,7	10,1	12,6
Mittlerer Unterdruck im Fang	[Pa]	10	9,3	9
Luftmenge Primär	[%]	-	-	-
Sekundär	[%]	-	-	-
Aschemenge	[kg]	-	-	-
Brennbare Anteile	[%]	-	-	-
Meßwerte				

Ergänzungsbericht

Abgastemperatur, mittlere	[°C]	245	241	236
Abgastemperatur, maximale	[°C]	344	302	289
Brennkammeraustrittstemperatur, mittlere	[°C]	-	-	-
Brennkammeraustrittstemperatur, maximale	[°C]	-	-	-
Betriebsdaten				
Lambda	[-]	3,10	2,99	2,07
Abgasmenge, trocken	[kg/m ³]	12,42	12,30	8,53
Abgasmenge, feucht	[kg/m ³]	13,12	12,98	9,20
Abgastemperatur, mittlere	[°C]	245	241	236
Volumenstrom	[m ³ /h]	138,59	124,64	115,70
c,p,m Wasserdampf	[kJ/m ³ K]	1,52	1,52	1,52
c,p,m trockenes Abgas	[kJ/m ³ K]	1,36	1,30	1,35
Verlust durch fühlbare Wärme im Abgas	[kJ/kg]	3840	3704	2731
	[%]	23,55	22,72	16,75
Verlust durch CO im Abgas	[kJ/kg]	176	169	145
	[%]	1,08	1,04	0,89
Verluste durch brennbare Anteile in der Asche	[kJ/kg]	-	-	-
	[%]	-	-	-
Feuerungstechnischer Wirkungsgrad	[%]	75,4	76,2	82,4

Versuchs-Nr.		Vollast	Mittellast	Teillast
Emissionen, gemessen				
Sauerstoff	[Vol%]	13,4	13,5	9,9
Kohlendioxid	[Vol%]	7,0	7,4	10,1
Kohlenmonoxid	[ppm]	1129	1149	1345
Stickstoffoxide als NO ₂	[ppm]	52	40	58
Organ. Kohlenstoff	[ppm]	98	56	56
Staub	[mg/m ³]	31	33	37
Emissionen, bezogen auf 13 %Vol O₂				
Kohlenmonoxid	[mg/m ³]	1486	1532	1212
Stickstoffoxide als NO ₂	[mg/m ³]	112	87	86
Organ. Kohlenstoff	[mg/m ³]	169	98	66
Staub	[mg/m ³]	31	33	37
Emissionen, bezogen auf den Energieinhalt des Brennstoffes (konstanter Abgasvolumenstrom)				
Kohlenmonoxid	[mg/MJ]	985	1015	803
Stickstoffoxide als NO ₂	[mg/MJ]	74	58	57
Organ. Kohlenstoff	[mg/MJ]	110	64	43
Staub	[mg/MJ]	22	24	17
Emissionen, bezogen auf den Energieinhalt des Brennstoffes mit Abgasvolumenstrommessung gewichtet				
Kohlenmonoxid	[mg/MJ]	700	798	818
Stickstoffoxide als NO ₂	[mg/MJ]	52	46	58
Organ. Kohlenstoff	[mg/MJ]	76	50	42

1.6 Beurteilung

1.6.1 Stickstoffoxidemissionen

Tabelle 1 zeigt die Emissionen an Stickstoffoxiden, die bei vergleichbaren Prüfläufen mit dem Kachelofen (4 kW) bei Verwendung von Buchenholz, Holzbriketts und Fichtenholz erhalten wurden.

Tabelle 1: Vergleich der NO_x-Emissionen, bezogen auf den Energieinhalt des Brennstoffes bei Verwendung unterschiedlicher Holzarten

Versuchs-Nr.		Buchenholz z	Holzbriketts	Fichtenholz	Grenzwert
Stickstoffgehalt	[%]	0,19	0,11	0,07	-
Stickstoffoxide als NO ₂	[mg/MJ]	105	64	52	60/70

Es ist deutlich zu sehen, daß mit abnehmendem Stickstoffgehalt die NO_x-Emissionen deutlich abnehmen. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit neueren wissenschaftlichen Untersuchungen, die zeigen, daß die NO_x-Emissionen bei Holzfeuerungen primär vom Stickstoffgehalt des Holzes abhängen (Nußbaumer ETH Zürich 1993, Schwarzott TU Wien 1994). Außerdem hängt der Stickstoffgehalt des Scheitholzes vom Rindenanteil und von der Art des Holzes. Aus oben genannten Untersuchungen geht hervor, daß Rinde etwa den fünffachen Stickstoffgehalt als Holz aufweist.

Wie aus Tabelle 1 zu sehen ist, wird der Grenzwert der Feuerungsanlagen-Genehmigungs-Verordnung LGBL Nr. 33 1992 i.d. F. LGBL Nr. 9/1993 des Bundeslandes Steiermark mit Fichtenholz eingehalten, mit Holzbriketts geringfügig und mit Buchenholz deutlich überschritten.

1.6.2 Auswertung mit Berücksichtigung des sich ändernden Abgasvolumenstromes

Der Abgasvolumenstrom ändert sich beim Betrieb mit Naturzug erheblich. Daher sollte dieser bei der Mittelwertbildung von CO, NO₂ und org. C berücksichtigt werden. Die Tabelle 2 zeigt für das Prüfobjekt den Unterschied im Ergebnis am Beispiel Fichtenholz.

Tabelle 2: Vergleich der Mittelwerte mit und ohne Berücksichtigung des sich ändernden Abgasvolumenstromes

			Prüfergebnisse			Verordnung des Landes Steiermark	
			Vollast	Mittellast	Teillast	bis 12/94	ab 1/95
CO	[mg/MJ]	ohne	985	1015	803	2700	1300
		mit	700	798	818		
NO ₂	[mg/MJ]	ohne	74	58	57	60	70
		mit	52	46	58		
Org. C	[mg/MJ]	ohne	110	64	43	130	80
		mit	76	50	42		

Wie aus der Tabelle 2 ersichtlich werden die Grenzwerte eingehalten.

Der Leiter

Univ. Doz. Dr. Heinz Brötzenberger

Bericht

über die Typprüfung eines Kachelofens (Typenreihe) durchgeführt im Auftrag des

Kachelofenverbandes

Paltramplatz 7

A-1100 Wien

2 Prüfbericht

2.1 Gegenstand der Untersuchung und Auftragserteilung

Vom Auftraggeber wurde die Durchführung einer Typprüfung gemäß der "Feuerungsanlagen-Genehmigungs-Verordnung LGBL Nr. 33 1992 i.d. F. LGBL Nr. 9/1993 des Bundeslandes Steiermark für die Typenreihe Kachelofen beantragt. Als Brennstoffe sollten Holz und Holzbriketts (ÖNORM M 7135) eingesetzt werden

Darüber hinaus sollten auch die Anforderungen der Verordnung des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten über Schutzmaßnahmen betreffend Kleinf Feuerungen" (Entwurf vom Juni 1993) berücksichtigt werden.

Eingereicht wurden drei Öfen mit den Leistungen von 4 kW, 6 kW und 9 kW.

2.2 Eingereichte Unterlagen

Vom Auftraggeber wurden für die Prüfung folgende Unterlagen eingereicht:

Kachelofenberechnung inklusive technischer Daten für die eingereichten Größen der Typenreihe

Zeichnungen: 4 kW, Nr. 0294/1 und 0294/2

6 kW, Nr. 0293/1, 0293/2 und 0293/ 3

9 kW, Nr. 0393/1, 0393/2 und 0393/ 3

Datenblätter der verwendeten Materialien

Bedienungsanleitungen für die eingereichten Größen der Typenreihe

2.3 Beschreibung des Produktes (Prüfobjekte)

Beim Produkt Kachelofen handelt es sich um einen keramischen Brennraum, mit nachgeschalteten Heizzügen aus keramischen Material. Die Ummantelung besteht aus gekachelten Flächen. Sowohl der Brennraum als auch die Heizzüge sind aus Schamotteplatten angefertigt.

Eine Tür mit Bedienungsgriff aus Holz, die sich an der Frontseite des Brennraumes befindet, dient zur Befüllung mit Brennstoff.

Die Fülltüre dient gleichzeitig auch zur Luftzufuhr. Während des Abbrandes ist die Tür geöffnet. Ein Stehrost verhindert das Herausspritzen von brennenden Partikeln aus dem Brennraum.

Es handelt sich um ein Heizgerät mit keramischen Speicher, das mit einem Heizintervall von 12 Stunden betrieben wird.

Das Verbrennungsprinzip entspricht dem oberen Abbrand. Ein Rost ist nicht vorhanden, da der Ofen nur für die Verbrennung von Holz und Holzbriketts konzipiert ist.

An den Brennraum sind keramische Heizzüge angeschlossen. Diese sind ebenfalls aus Schamotteplatten angefertigt. Die Dimensionierung der Heizzüge entspricht den Richtlinien des Österreichischen Kachelofenverbandes und ist in der Beilage als Beispiel für die geprüften Öfen zu sehen.

In der Beilage sind weiters Zeichnungen der Produkte zu sehen.

2.3.1 Technische Daten der am Prüfstand geprüften Öfen

Bezeichnung	:	Kachelofen	Kachelofen	Kachelofen
Baugröße	:	4 kW	6 kW	9 kW
Baujahr	:	1993	1993	1993
Leistungsdaten				
Brennstoff	:	Scheitholz, Holzbriketts	Scheitholz, Holzbriketts	Scheitholz, Holzbriketts

Auflagemenge

	max :	15 kg	19,5 kg	30,6 kg
	min :	7,5 kg	9,7 kg	15,3 kg
Nennheizleistung	:	4 kW	6 kW	9 kW
Nennheizzeit	:	12 h	12 h	12 h

Abmessungen

Grundfläche	:	0,581 m ²	0,847 m ²	1,016 m ²
Höhe	:	1,32 m	1,76 m	2,22 m
Brennraum	:	0,35x0,45x0,68 m(B/T/H)	0,50x0,50x0,82 m (B/T/H)	0,54x0,60x0,98 m (B/T/H)
Fülltüre	:	0,260 x 0,188 m	0,293 x 0,243 m	0,293 x 0,243 m
Stehrostquerschnitt	:	116 cm ²	174 cm ²	261 cm ²
Gasschlitzquerschnitt	:	15 cm ²	22 cm ²	33 cm ²

2.4 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgte auf dem Prüfstand für feste Brennstoffe.

Der Brennstoff wurde kreuzweise mit maximal drei Holzscheiter bzw. Holzbriketts pro Reihe in den Brennraum geschichtet. Zum Zünden wurden Kohlenanzünder der Type "Wunderblitz" verwendet.

Das Anzünden des Brennstoffes erfolgte nach der Heizanleitung des Herstellers. Das Heizintervall beträgt nach Herstellerangaben 12 Stunden .

Folgende Prüfläufe wurden sowohl für Holz als auch für Holzbriketts durchgeführt:

Zwei Vollastprüfungen

Eine Teillastprüfung (50 %)

2.5 Meßgeräte und Meßverfahren

Im Folgenden werden die eingesetzten Meßgeräte und Meßverfahren angeführt.

2.5.1 Sauerstoff

Meßprinzip Das Prinzip zur Messung der Sauerstoffkonzentration beruht auf seinen paramagnetischen Eigenschaften.

Meßgerät

<i>Hersteller</i>	: Rosemount
<i>Typ</i>	: OXYNOS 100
<i>Meßbereich</i>	: 0-25 %
<i>Meßwertausgang</i>	: 0-1 V (analog)
<i>Eingesetzter Meßbereich</i>	: 0-25 Vol %
<i>Kalibriergas</i>	: Luft
<i>Nullgas</i>	: Stickstoff
<i>Ganauigkeit der Messung</i>	: Untere Nachweisgrenze 0,05 % Sauerstoff Fehlergrenze 1 %

2.5.2 Kohlendioxid/Kohlenmonoxid

Meßprinzip NDIR-Meßverfahren beruhen auf der Tatsache, daß manche Gase (z.B. CO, CO₂) Licht definierter Frequenz im IR-Bereich absorbieren. Die Absorption von IR-Strahlung ist direkt proportional der Gaskonzentration und kann daher zur quantitativen Bestimmung herangezogen werden.

Meßgerät

<i>Hersteller</i>	: Leybold-Heraeus
<i>Typ</i>	: BINOS 1
<i>Meßbereich</i>	: 0-20% CO ₂ 0-2000 ppm CO
<i>Meßwertausgang</i>	: zweimal 0-1 V (analog)
<i>Eingesetzter Meßbereich</i>	: 0-20 % CO ₂ 0-2000 ppm CO
<i>Kalibriergas</i>	: 16 % CO ₂ in Stickstoff 1500 bzw 292 ppm CO in Stickstoff
<i>Nullgas</i>	: Stickstoff

Ganauigkeit der Messung : Untere Nachweisgrenze 2 % vom Meßbereichsendwert
Fehlergrenze 1 %

2.5.3 Stickstoffoxide

Meßprinzip NDIR- bzw NDUV-Meßverfahren beruhen auf der Tatsache, daß manche Gase (z.B. NO, NO₂) Licht definierter Frequenz im IR- bzw UV-Bereich absorbieren. Die Absorption von IR- bzw UV-Strahlung ist direkt proportional der Gaskonzentration und kann daher zur quantitativen Bestimmung herangezogen werden.

Meßgerät

Hersteller : Maihak
Typ : UNOR 6N
Meßbereich : 0-500/0-1500 ppm NO
Meßwertausgang : 0-1 V (analog)
Eingesetzter Meßbereich : 0-500 ppm NO
Kalibriergas : 400 ppm NO in Stickstoff
Nullgas : Stickstoff
Ganauigkeit der Messung : Untere Nachweisgrenze 2 % vom Meßbereichsendwert
Fehlergrenze 1 %

2.5.4 Organische, gasförmige Kohlenwasserstoffe

Meßprinzip Der Flammenionisationsdetektor (FID) nutzt als Meßeffect die Ionisation organisch gebundener Kohlenstoffatome in einer Wasserstoffflamme. Der dabei in einem Feld auftretende Ionenstrom wird elektrisch verstärkt und angezeigt.

Meßgerät

Hersteller : Ratfisch
Typ : RS 53
Meßbereich : 10, 100, 1000, 10000, ppm
Meßgasmenge : ca. 70 l/h
Meßwertausgang : 0-10 V, 0-20 mA (analog)
Eingesetzter Meßbereich : 0-100 ppm
Brenngas : Wasserstoff 5,0
Brennluft : kohlenwasserstofffreie Luft
Kalibriergas : 100 ppm Propan in Stickstoff
Nullgas : kohlenwasserstofffreie Luft
Ganauigkeit der Messung : Untere Nachweisgrenze 1 % vom Meßbereichsendwert
Fehlergrenze 1 %

Meßergebnisse

Die Umrechnung eines Prüfgas-Volumengehaltes c' in die entsprechende Kohlenstoff-Massenkonzentration c erfolgt nach

$$c = c'f$$

$$f = n_p M_c / V_{mn}$$

c' Prüfgasvolumengehalt in ppm P_a (Propan äquivalent)

c Kohlenstoffmassenkonzentration des Prüfgases in mg/Nm³ (bei 0 °C, 1013 mbar)

f Umrechnungsfaktor

n_p Anzahl der C-Atome im Kalibriergasmolekül (bei Propan C₃H₈=3)

M_c Molare Masse von Kohlenstoff (=12 g/mol)

V_{mn} Molares Volumen des Prüfgases bei 0 °C und 1013 mbar (=21.9 lit/mol)

Für das Kalibriergas Propan erhält man einen Umrechnungsfaktor $f=1,64$

2.5.5 Staub

Meßprinzip

Da man zur Feststellung des Staubgehaltes einen Gasstrom (Hauptstrom) wegen der meist großen Mengen im allgemeinen nicht in seiner Gesamtheit absaugen kann, wird ein Teilgasstrom abgesaugt. Aus diesem werden die darin enthaltenen staubförmigen Stoffe ausgefiltert. Der Staubgehalt ist die abgeschiedene Staubmasse, bezogen auf das Volumen des Teilstromes. Eine repräsentative Staubprobe erhält man dann, wenn der Teilgasstrom mit der gleichen Geschwindigkeit, die der Hauptgasstrom hat, abgesaugt wird. Die Entnahme des Teilgasstromes aus dem Hauptgasstrom, sowie die Abtrennung des im Teilgasstrom enthaltenen Staubes erfolgt mit einer Anlage, bestehend aus:

<i>Entnahmesonde</i>	: Einfachsonde nach VDI 2066 (aus korrosionsbeständigen Stahl mit glatten Innenwänden)
<i>Staubsammlung</i>	: In der Sonde sitzende Edelstahlhülsen mit Quarzwolle
<i>Gasmengenmessung</i>	: Genormte Gasuhr (Balgengaszähler)
<i>Absaugegerät</i>	: Vakuumpumpe, der abgesaugte Teilgasvolumenstrom kann durch eine Bypassregelung einjustiert werden
<i>Filterkonditionierung</i>	: Trockenschrank (105 °C, ca. 4 Std.), Exsikkator (ca 1 Std.)
<i>Genauigkeit der Messung</i>	: +/- 1 mg/Nm ³
<i>Untere Nachweisgrenze</i>	: 1 mg/Nm ³

2.5.6 Messung der Abgasgeschwindigkeit

Die Rauchgasgeschwindigkeit wird aus dem dynamischen und statischen Druck sowie aus der Temperatur des Rauchgases berechnet. Die Messung des dynamischen Gasdruckes erfolgt mit einem Prandlstaurohr und einem Druckmeßgerät der Fa. Alnor Compuflow.

Prandlstaurohr

Länge : 500 mm
Werkstoff : korrosionsbeständiger Stahl

Druckmeßgerät

Druckaufnehmer : Compuflow Mikromanometer AXD-55
Meßbereich : 0 - 3 kPa
Meßgenauigkeit : +/- 2 %, +/- 1 digit
Auflösung : 1 Pa

2.5.7 Gastemperatur

Die Messung der Gastemperatur erfolgt mit einem NiCr-Ni Thermoelement der Fa. Norma Meßtechnik, Type K

Thermoelement

Bauart : NiCr-Ni Mantelthermoelement -Typ K
Länge : 500 mm
Ausgleichsleitung : NiCr-Ni

Temperaturmeßgerät

Meßbereich : -50 °C - +199.9 °C
: -50 °C - +1370 °C
Auflösung : 0,1 °C
Genauigkeit der Messung: : +/- 0,1 % der Anzeige

2.5.8 Registriergerät

EDV-mäßige Erfassung der Meßdaten mit PC (386 SX) mittels zwei Datenerfassungskarten PC-LabCard PCL-812PG und PCLD-889 in Serie geschaltet.

2.6 Meßaufbau

Der Aufbau der Meßstrecke entspricht der ÖNORM M 7520 und ist in der Abbildung 1 zu sehen. Eine Abbrandwaage wurde nicht verwendet.

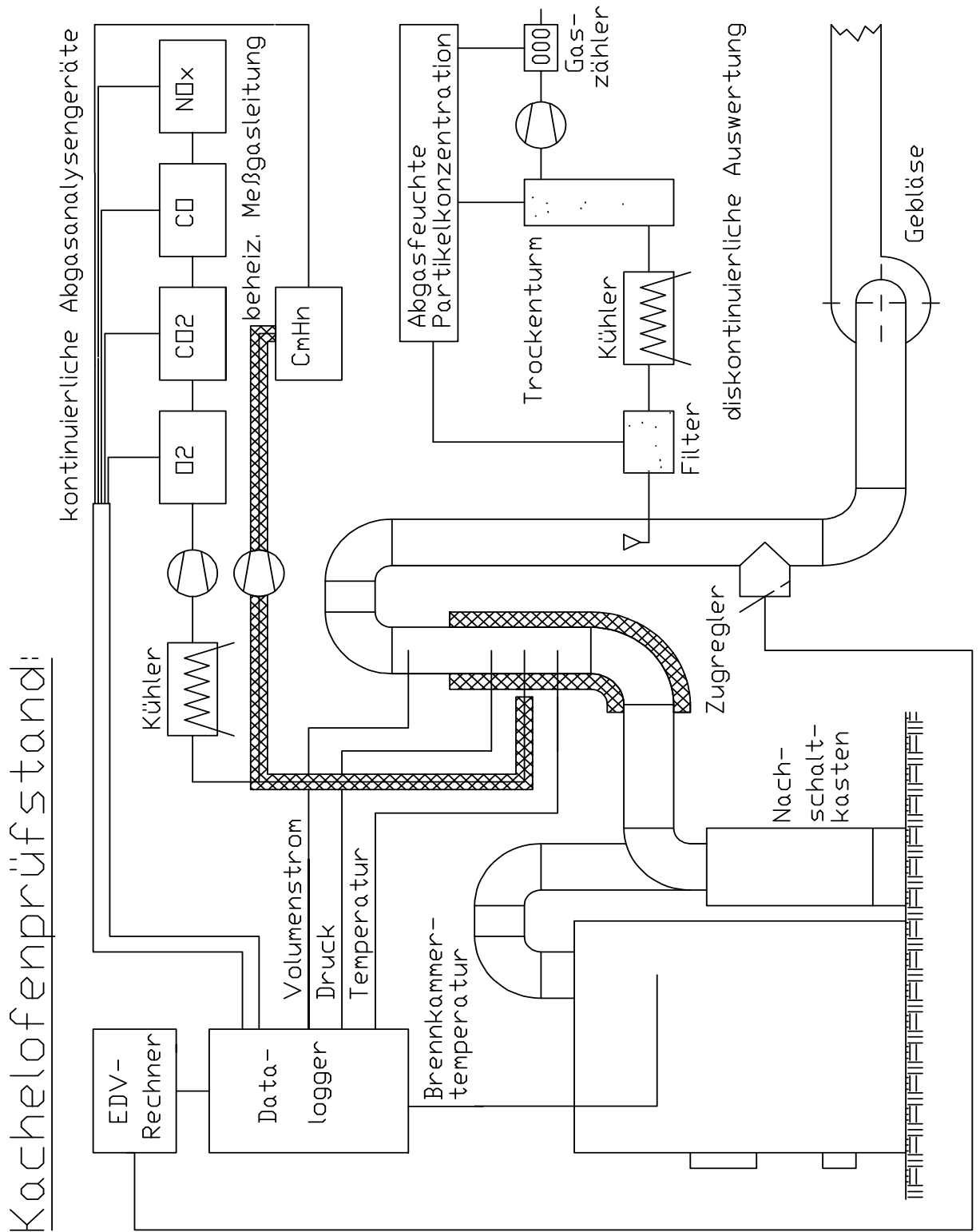


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Ofenprüfstandes

2.7 Brennstoffdaten und Prüfergebnisse

Brennstoff

Bezeichnung		Scheitholz	Holzbriketts
Art		Weißbuche	Fa. Umdasch

Abmessungen

Länge	[cm]	33	28-30
Durchmesser	[cm]	5-12	9

Elementaranalyse

c	[%]	43,91	46,01
h	[%]	4,70	5,26
n	[%]	0,19	0,11
s	[%]	0,01	0,01
a	[%]	0,28	0,09
o	[%]	38,90	39,81
w	[%]	12,01	8,72

Rechenwerte

O ₂ -Bedarf	(V _{O₂,min})	[m ³ /kg]	0,81	0,87
Luftbedarf	(V _{L,min})	[m ³ /kg]	3,85	4,15
Abgasmenge trocken	(V _{A,tr.min})	[m ³ /kg]	3,86	4,14
Wasserdampf	(V _W)	[m ³ /kg]	0,68	0,70
Abgasmenge feucht	(V _{Af,min})	[m ³ /kg]	4,54	4,84
CO ₂ , maximal		[%]	21,23	20,75
Heizwert	(H _u)	[kJ/kg]	15203	16437

Alle Volumsangaben beziehen sich auf 0 °C und 1013 mbar.

1 Elementaranalyse TU Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Brennstofftechnik und Umwelttechnik

2 Bestimmung nach DIN 51718 bzw. DIN 51719

3 Der Wassergehalt ist infolge der Lagerung des Brennstoffes im Prüfraum extrem niedrig. Einschlägige Erfahrungen zeigen, daß sich das Emissionsverhalten im Bereich von 5 bis 20 % Wassergehalt nur unwesentlich ändert.

2.7.1 Prüfergebnisse mit Scheitholz, 4 kW Ofen

Versuchs-Nr.		Teillast	1 Vollast	2 Vollast
Versuchseinstellungen				
Heizintervall	[h]	12	12	12
Brennstoffmenge	[kg]	7,5	15,0	15,0
Brennstoffwärmeleistung	[kW]	2,7	5,5	5,5
Versuchsdauer	[min]	35	53	53
Umsatz	[kg/h]	13,0	17,1	17,0
Mittlerer Unterdruck im Fang	[Pa]	7,5	10,3	10,1
Luftmenge Primär	[%]	-	-	-
Sekundär	[%]	-	-	-
Aschemenge	[kg]	-	-	-
Brennbare Anteile	[%]	-	-	-
Meßwerte				
Abgastemperatur, mittlere	[°C]	163	257	267
Abgastemperatur, maximale	[°C]	243	342	347
Brennkammeraustrittstemperatur, mittlere	[°C]	351	506	544
Brennkammeraustrittstemperatur, maximale	[°C]	573	704	831
Betriebsdaten				
Lambda	[-]	3,52	2,63	2,56
Abgasmenge, trocken	[kg/m ³]	14,13	10,56	10,27
Abgasmenge, feucht	[kg/m ³]	14,83	11,27	10,97
Abgastemperatur, mittlere	[°C]	163	257	267
Volumenstrom	[m ³ /h]	193,48	192,23	186,35
c,p,m Wasserdampf	[kJ/m ³ K]	1,52	1,52	1,52
c,p,m trockenes Abgas	[kJ/m ³ K]	1,36	1,35	1,35
Verlust durch fühlbare Wärme im Abgas	[kJ/kg]	2875	3638	3693
	[%]	18,20	23,03	23,37
Verlust durch CO im Abgas	[kJ/kg]	217	127	127
	[%]	1,37	0,80	0,80
Verluste durch brennbare Anteile in der Asche	[kJ/kg]	-	-	-
	[%]	-	-	-
Feuerungstechnischer Wirkungsgrad	[%]	80,4	76,2	75,8

Prüfergebnisse mit Scheitholz, 4 kW Ofen

Versuchs-Nr.		Teillast	1 Vollast	2 Vollast
Emissionen, gemessen				
Sauerstoff	[Vol%]	14,7	12,7	12,4
Kohlendioxid	[Vol%]	5,9	7,9	8,1
Kohlenmonoxid	[ppm]	1216	951	977
Stickstoffoxide als NO ₂	[ppm]	57	83	85
Organ. Kohlenstoff	[ppm]	95	94	95
Staub	[mg/m ³]	44	35	30
Emissionen, bezogen auf 13 %Vol O₂				
Kohlenmonoxid	[mg/m ³]	1941	1149	1133
Stickstoffoxide als NO ₂	[mg/m ³]	149	164	162
Organ. Kohlenstoff	[mg/m ³]	199	149	145
Staub	[mg/m ³]	44	35	30
Emissionen, bezogen auf den Energieinhalt des Brennstoffes				
Kohlenmonoxid	[mg/MJ]	1291	764	753
Stickstoffoxide als NO ₂	[mg/MJ]	99	109	108
Organ. Kohlenstoff	[mg/MJ]	130	98	95
Staub	[mg/MJ]	38	23	19

2.7.2 Prüfergebnisse mit Holzbriketts, 4 kW Ofen

Versuchs-Nr.		Teillast	1 Vollast	2 Vollast
Versuchseinstellungen				
Heizintervall	[h]	12	12	12
Brennstoffmenge	[kg]	7,5	15,0	15,0
Brennstoffwärmeleistung	[kW]	2,9	5,7	5,7
Versuchsdauer	[min]	50	89	90
Umsatz	[kg/h]	9	10,1	10,1
Mittlerer Unterdruck im Fang	[Pa]	7,9	10,5	10,1
Luftmenge Primär	[%]	-	-	-
Sekundär	[%]	-	-	-
Aschemenge	[kg]	-	-	-
Brennbare Anteile	[%]	-	-	-
Meßwerte				
Abgastemperatur, mittlere	[°C]	184	221	199
Abgastemperatur, maximale	[°C]	248	340	306
Brennkammeraustrittstemperatur, mittlere	[°C]	343	449	413
Brennkammeraustrittstemperatur, maximale	[°C]	446	564	504
Betriebsdaten				
Lambda	[-]	3,93	3,32	3,71
Abgasmenge, trocken	[kg/m ³]	16,31	13,78	15,42
Abgasmenge, feucht	[kg/m ³]	17,01	14,48	16,11
Abgastemperatur, mittlere	[°C]	184	276	250
Volumenstrom	[m ³ /h]	153,08	145,98	163,06
c,p,m Wasserdampf	[kJ/m ³ K]	1,52	1,52	1,52
c,p,m trockenes Abgas	[kJ/m ³ K]	1,34	1,30	1,34
Verlust durch fühlbare Wärme im Abgas	[kJ/kg]	3773	3823	3897
	[%]	22,95	23,25	23,70
Verlust durch CO im Abgas	[kJ/kg]	108	105	115
	[%]	0,66	0,64	0,70
Verluste durch brennbare Anteile in der Asche	[kJ/kg]			
	[%]			
Feuerungstechnischer Wirkungsgrad	[%]	76,4	76,1	75,6

Prüfergebnisse mit Holzbriketts, 4 kW Ofen

Prüfbericht Kachelofen

Versuchs-Nr.		Teillast	1 Vollast	2 Vollast
Emissionen, gemessen				
Sauerstoff	[Vol%]	15,4	14,3	14,9
Kohlendioxid	[Vol%]	5,3	6,2	5,6
Kohlenmonoxid	[ppm]	526	605	590
Stickstoffoxide als NO ₂	[ppm]	36	39	35
Organ. Kohlenstoff	[ppm]	84	54	48
Staub	[mg/m ³]	37	31	33
Emissionen, bezogen auf 13 %Vol O₂				
Kohlenmonoxid	[mg/m ³]	931	898	971
Stickstoffoxide als NO ₂	[mg/m ³]	104	94	94
Organ. Kohlenstoff	[mg/m ³]	196	105	104
Staub	[mg/m ³]	37	31	33
Emissionen, bezogen auf den Energieinhalt des Brennstoffes				
Kohlenmonoxid	[mg/MJ]	615	593	642
Stickstoffoxide als NO ₂	[mg/MJ]	69	62	62
Organ. Kohlenstoff	[mg/MJ]	127	68	67
Staub	[mg/MJ]	34	24	29

2.7.3 Prüfergebnisse mit Scheitholz, 6 kW Ofen

Versuchs-Nr.		Teillast	1 Vollast	2 Vollast
Versuchseinstellungen				
Heizintervall	[h]	12	12	12
Brennstoffmenge	[kg]	11,0	22,0	22,0
Brennstoffwärmeleistung	[kW]	4,0	8,0	8,0
Versuchsdauer	[min]	50	66	67
Umsatz	[kg/h]	13,3	19,9	19,8
Mittlerer Unterdruck im Fang	[Pa]	14,3	24,8	22,1
Luftmenge Primär	[%]	-	-	-
Sekundär	[%]	-	-	-
Aschemenge	[kg]	-	-	-
Brennbare Anteile	[%]	-	-	-
Meßwerte				
Abgastemperatur, mittlere	[°C]	140	235	212
Abgastemperatur, maximale	[°C]	190	298	290
Brennkammeraustrittstemperatur, mittlere	[°C]	322	512	489
Brennkammeraustrittstemperatur, maximale	[°C]	490	645	666
Betriebsdaten				
Lambda	[-]	4,22	2,73	2,84
Abgasmenge, trocken	[kg/m ³]	16,92	10,95	11,39
Abgasmenge, feucht	[kg/m ³]	17,62	11,65	12,10
Abgastemperatur, mittlere	[°C]	140	235	212
Volumenstrom	[m ³ /h]	235,00	232,18	239,20
c,p,m Wasserdampf	[kJ/m ³ K]	1,52	1,52	1,52
c,p,m trockenes Abgas	[kJ/m ³ K]	1,34	1,35	1,35
Verlust durch fühlbare Wärme im Abgas	[kJ/kg]	2845	3413	3158
	[%]	18,01	21,60	19,99
Verlust durch CO im Abgas	[kJ/kg]	163	94	95
	[%]	1,03	0,59	0,60
Verluste durch brennbare Anteile in der Asche	[kJ/kg]	-	-	-
	[%]	-	-	-
Feuerungstechnischer Wirkungsgrad	[%]	81,0	77,8	79,4

Prüfergebnisse mit Scheitholz, 6 kW Ofen

Prüfbericht Kachelofen

Versuchs-Nr.		Teillast	1 Vollast	2 Vollast
Emissionen, gemessen				
Sauerstoff	[Vol%]	15,5	13,1	13,5
Kohlendioxid	[Vol%]	4,9	7,6	7,3
Kohlenmonoxid	[ppm]	762	679	658
Stickstoffoxide als NO ₂	[ppm]	43	55	57
Organ. Kohlenstoff	[ppm]	77	42	34
Staub	[mg/m ³]	13	15	12
Emissionen, bezogen auf 13 %Vol O₂				
Kohlenmonoxid	[mg/m ³]	1388	858	875
Stickstoffoxide als NO ₂	[mg/m ³]	127	114	123
Organ. Kohlenstoff	[mg/m ³]	185	70	59
Staub	[mg/m ³]	13	15	12
Emissionen, bezogen auf den Energieinhalt des Brennstoffes				
Kohlenmonoxid	[mg/MJ]	923	571	581
Stickstoffoxide als NO ₂	[mg/MJ]	85	76	82
Organ. Kohlenstoff	[mg/MJ]	121	45	39
Staub	[mg/MJ]	13	10	8

2.7.4 Prüfergebnisse mit Holzbriketts, 6 kW Ofen

Versuchs-Nr.		Teillast	1 Vollast	2 Vollast
Versuchseinstellungen				
Heizintervall	[h]	12	12	12
Brennstoffmenge	[kg]	11,0	22,0	22,0
Brennstoffwärmeleistung	[kW]	4,2	8,4	8,4
Versuchsdauer	[min]	72,3	102	86,3
Umsatz	[kg/h]	9,1	12,9	15,3
Mittlerer Unterdruck im Fang	[Pa]	12,4	22,2	22,2
Luftmenge Primär	[%]	-	-	-
Sekundär	[%]	-	-	-
Aschemenge	[kg]	-	-	-
Brennbare Anteile	[%]	-	-	-
Meßwerte				
Abgastemperatur, mittlere	[°C]	124	211	210
Abgastemperatur, maximale	[°C]	202	356	324
Brennkammeraustrittstemperatur, mittlere	[°C]	310	482	513
Brennkammeraustrittstemperatur, maximale	[°C]	441	843	878
Betriebsdaten				
Lamda	[-]	4,72	3,18	2,96
Abgasmenge, trocken	[kg/m ³]	19,60	13,21	12,27
Abgasmenge, feucht	[kg/m ³]	20,30	13,91	12,97
Abgastemperatur, mittlere	[°C]	124	211	210
Volumenstrom	[m ³ /h]	185,45	180,02	198,45
c,p,m Wasserdampf	[kJ/m ³ K]	1,52	1,52	1,52
c,p,m trockenes Abgas	[kJ/m ³ K]	1,34	1,30	1,35
Verlust durch fühlbare Wärme im Abgas	[kJ/kg]	2842	3496	3693
	[%]	17,29	21,27	20,38
Verlust durch CO im Abgas	[kJ/kg]	133	117	93
	[%]	0,81	0,71	0,57
Verluste durch brennbare Anteile in der Asche	[kJ/kg]	-	-	-
	[%]	-	-	-
Feuerungstechnischer Wirkungsgrad	[%]	81,9	78,0	79,1

Prüfergebnisse mit Holzbriketts, 6 kW Ofen

Versuchs-Nr.		Teillast	1 Vollast	2 Vollast
Emissionen, gemessen				
Sauerstoff	[Vol%]	16,3	14,3	13,2
Kohlendioxid	[Vol%]	4,4	6,5	7,0
Kohlenmonoxid	[ppm]	537	698	601
Stickstoffoxide als NO ₂	[ppm]	41	56	58
Organ. Kohlenstoff	[ppm]	59	94	34
Staub	[mg/m ³]	9	18	13
Emissionen, bezogen auf 13 %Vol O₂				
Kohlenmonoxid	[mg/m ³]	1153	1042	771
Stickstoffoxide als NO ₂	[mg/m ³]	145	137	122
Organ. Kohlenstoff	[mg/m ³]	166	184	57
Staub	[mg/m ³]	9	18	13
Emissionen, bezogen auf den Energieinhalt des Brennstoffes				
Kohlenmonoxid	[mg/MJ]	762	689	509
Stickstoffoxide als NO ₂	[mg/MJ]	96	91	81
Organ. Kohlenstoff	[mg/MJ]	108	119	37
Staub	[mg/MJ]	10	14	9

2.7.5 Prüfergebnisse mit Scheitholz, 9 kW Ofen

Versuchs-Nr.		Teillast	1 Vollast	2 Vollast
Versuchseinstellungen				
Heizintervall	[h]	12	12	12
Brennstoffmenge	[kg]	16,5	30,0	30,0
Brennstoffwärmeleistung	[kW]	6,0	11,0	11,0
Versuchsdauer	[min]	44	81	81
Umsatz	[kg/h]	22,5	22,2	22,2
Mittlerer Unterdruck im Fang	[Pa]	24,5	31,0	32,5
Luftmenge Primär	[%]	-	-	-
Sekundär	[%]	-	-	-
Aschemenge	[kg]	-	-	-
Brennbare Anteile	[%]	-	-	-
Meßwerte				
Abgastemperatur, mittlere	[°C]	130	188	187
Abgastemperatur, maximale	[°C]	191	249	255
Brennkammeraustrittstemperatur, mittlere	[°C]	438	497	499
Brennkammeraustrittstemperatur, maximale	[°C]	732	774	735
Betriebsdaten				
Lambda	[-]	2,99	3,10	3,02
Abgasmenge, trocken	[kg/m ³]	11,98	12,45	12,09
Abgasmenge, feucht	[kg/m ³]	12,69	13,15	12,80
Abgastemperatur, mittlere	[°C]	130	188	187
Volumenstrom	[m ³ /h]	285,50	291,36	283,47
c,p,m Wasserdampf	[kJ/m ³ K]	1,52	1,52	1,52
c,p,m trockenes Abgas	[kJ/m ³ K]	1,35	1,35	1,35
Verlust durch fühlbare Wärme im Abgas	[kJ/kg]	1905	3005	2908
	[%]	12,05	19,02	18,41
Verlust durch CO im Abgas	[kJ/kg]	148	144	127
	[%]	0,94	0,91	0,81
Verluste durch brennbare Anteile in der Asche	[kJ/kg]	-	-	-
	[%]	-	-	-
Feuerungstechnischer Wirkungsgrad	[%]	87,0	80,1	80,8

Prüfergebnisse mit Scheitholz, 9 kW Ofen

Versuchs-Nr.		Teillast	1 Vollast	2 Vollast
Emissionen, gemessen				
Sauerstoff	[Vol%]	13,6	13,5	13,7
Kohlendioxid	[Vol%]	6,9	6,7	6,9
Kohlenmonoxid	[ppm]	979	915	834
Stickstoffoxide als NO ₂	[ppm]	61	62	65
Organ. Kohlenstoff	[ppm]	76	68	62
Staub	[mg/m ³]	29	17	20
Emissionen, bezogen auf 13 %Vol O₂				
Kohlenmonoxid	[mg/m ³]	1319	1222	1145
Stickstoffoxide als NO ₂	[mg/m ³]	135	136	146
Organ. Kohlenstoff	[mg/m ³]	134	119	112
Staub	[mg/m ³]	29	17	20
Emissionen, bezogen auf den Energieinhalt des Brennstoffes				
Kohlenmonoxid	[mg/MJ]	877	812	761
Stickstoffoxide als NO ₂	[mg/MJ]	90	90	97
Organ. Kohlenstoff	[mg/MJ]	88	78	73
Staub	[mg/MJ]	21	12	15

2.7.6 Prüfergebnisse mit Holzbriketts, 9 kW Ofen

Versuchs-Nr.		Teillast	1 Vollast	2 Vollast
Versuchseinstellungen				
Heizintervall	[h]	12	12	12
Brennstoffmenge	[kg]	15,0	33,0	33,0
Brennstoffwärmeleistung	[kW]	5,7	12,6	12,6
Versuchsdauer	[min]	60	109	111
Umsatz	[kg/h]	14,9	18,2	17,8
Mittlerer Unterdruck im Fang	[Pa]	22,2	34,5	33,0
Luftmenge Primär	[%]	-	-	-
Sekundär	[%]	-	-	-
Aschemenge	[kg]	-	-	-
Brennbare Anteile	[%]	-	-	-
Meßwerte				
Abgastemperatur, mittlere	[°C]	105	215	200
Abgastemperatur, maximale	[°C]	170	283	274
Brennkammeraustrittstemperatur, mittlere	[°C]	318	502	473
Brennkammeraustrittstemperatur, maximale	[°C]	489	711	620
Betriebsdaten				
Lambda	[-]	4,87	3,29	3,47
Abgasmenge, trocken	[kg/m ³]	20,22	13,64	14,39
Abgasmenge, feucht	[kg/m ³]	20,92	14,34	15,09
Abgastemperatur, mittlere	[°C]	105	215	200
Volumenstrom	[m ³ /h]	312,49	261,00	268,60
c,p,m Wasserdampf	[kJ/m ³ K]	1,52	1,52	1,52
c,p,m trockenes Abgas	[kJ/m ³ K]	1,34	1,35	1,35
Verlust durch fühlbare Wärme im Abgas	[kJ/kg]	2382	3779	3674
	[%]	14,49	22,98	22,34
Verlust durch CO im Abgas	[kJ/kg]	76	45	48
	[%]	0,46	0,28	0,29
Verluste durch brennbare Anteile in der Asche	[kJ/kg]	-	-	-
	[%]	-	-	-
Feuerungstechnischer Wirkungsgrad	[%]	85,1	76,7	77,4

Prüfergebnisse mit Holzbriketts, 9 kW Ofen

Prüfbericht Kachelofen

Versuchs-Nr.		Teillast	1 Vollast	2 Vollast
Emissionen, gemessen				
Sauerstoff	[Vol%]	16,4	14,1	14,5
Kohlendioxid	[Vol%]	4,2	6,3	6,0
Kohlenmonoxid	[ppm]	296	263	264
Stickstoffoxide als NO ₂	[ppm]	27	39	37
Organ. Kohlenstoff	[ppm]	33	20	16
Staub	[mg/m ³]	20	20	17
Emissionen, bezogen auf 13 %Vol O₂				
Kohlenmonoxid	[mg/m ³]	649	384	409
Stickstoffoxide als NO ₂	[mg/m ³]	96	94	94
Organ. Kohlenstoff	[mg/m ³]	96	38	32
Staub	[mg/m ³]	20	20	17
Emissionen, bezogen auf den Energieinhalt des Brennstoffes				
Kohlenmonoxid	[mg/MJ]	429	254	270
Stickstoffoxide als NO ₂	[mg/MJ]	64	62	62
Organ. Kohlenstoff	[mg/MJ]	62	25	21
Staub	[mg/MJ]	23	16	14

2.8 Prüfung der Ausführung und sicherheitstechnische Aspekte

2.8.1 Allgemeines

Die geprüften Öfen sind nur für den Abbrand von Holz bzw. Holzbriketts konzipiert. Die Oberflächen können leicht gereinigt werden und bei sorgfältiger Benützung des Ofens besteht keine Verletzungsgefahr.

2.8.2 Türen

Die Fülltüre ist ausreichend groß, so daß beim Brennstoffeinfüllen keine Probleme auftreten. Die Tür hat einen Holzgriff, der fest montiert ist.

Der freie Querschnitt des Spritzgitters ist ausreichend für die notwendige Luftzufuhr. Das vorhandene Spritzgitter gewährleistet, daß keine brennenden Partikel aus dem Feuerraum nach außen gelangen können.

Bei der Türe ist die für Kachelöfen nötige Dichtheit gegeben.

2.8.3 Oberflächentemperaturen

Messung bei Nennheizleistung und einer Raumtemperatur von 18,7 °C.

Temperatur der Fülltüre 50 bis 150 °C

Handgriffe (Griffe aus Holz) Zulässig: Keine Angaben

Fülltür max. 64 °C Zulässig: 60 °C über Raumtemperatur

2.8.4 Werkstoffe

Die Gütwerte der für den Brennraum verwendeten Werkstoffe sind in den beiliegenden Datenblätter enthalten. Die Abdichtungen der Türen sind aus asbestfreien Materialien. Die für den Brennraum verwendeten Wandstärken entsprechen den Richtlinien des Hafnerhandwerkes und stellen eine mittelschwere Bauart dar.

2.8.5 Typenschild, Bedienungs- und Montageanleitung

Ein normübliches Typenschild ist nicht vorhanden. Es ist zu empfehlen ein Typenschild anzubringen. Dieses sollte mindestens folgende Angaben:

Name und Adresse des Herstellers

Typenbezeichnung

Baujahr

Fabrikationsnummer

Brennstoffart

Brennstoffwärmeleistung und Nennleistung

Eine Bedienungsanleitung bzw. Montageanleitung wurde mitgeliefert.

2.9 Zusammenfassung und Beurteilung der Meßergebnisse

Vom Kachelofenverband wurden drei Grundöfen mit den Kenndaten

4 kW /12 Stunden Heizintervall

6 kW /12 Stunden Heizintervall und

9 kW /12 Stunden Heizintervall

zur Durchführung einer Typprüfung gemäß der Feuerungsanlagen-Genehmigungs-Verordnung LGBL Nr. 33 1992 i.d. F. LGBL Nr. 9/1993 des Bundeslandes Steiermark

und unter Berücksichtigung der

Verordnung des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten über Schutzmaßnahmen betreffend Kleinf Feuerungen (Entwurf von Juni 1993) eingereicht.

Die Prüfung erfolgte auf dem Prüfstand für feste Brennstoffe.

Als Brennstoffe wurden Holz. und Holzbriketts (ÖNORM M 7135) eingesetzt

Folgende Prüfläufe wurden sowohl für Holz als auch für Holzbriketts durchgeführt:

Zwei Vollastprüfungen (Brennstoff laut Bedienungsanleitung)

Eine Teillastprüfung (50 %)

In Tabelle 1 ist die energetische Bewertung der Öfen zu sehen.

Tabelle 1: Energieökonomische Bewertung 4 kW Ofen

4 kW Ofen		Scheitholz	Holzbriketts	Verordnung des Landes Steiermark	Entwurf der Kleinf Feuerungs-VO
Wirkungs Grad [%]	<input type="checkbox"/> Vollast	76,2	76,1	Kein Mindestwert angegeben	mind. 75
	<input type="checkbox"/> Vollast	75,8	75,6		
	Teillast	80,4	76,4		
6 kW Ofen		Scheitholz	Holzbriketts	Verordnung des Landes Steiermark	Entwurf der Kleinf Feuerungs-VO
Wirkungs Grad [%]	<input type="checkbox"/> Vollast	77,8	78,0	Kein Mindestwert angegeben	mind. 75
	<input type="checkbox"/> Vollast	79,4	79,1		
	Teillast	81,0	81,9		
9 kW Ofen		Scheitholz	Holzbriketts	Verordnung des Landes Steiermark	Entwurf der Kleinf Feuerungs-VO

Prüfbericht Kachelofen

Wirkungs Grad [%]	<input type="checkbox"/> Vollast	80,1	76,7	Kein Mindestwert angegeben	mind. 75
	<input type="checkbox"/> Vollast	80,8	77,4		
	Teillast	87,0	85,1		

Die gemessenen Emissionen, bezogen auf den Energieinhalt des Brennstoffes sind in Tabellen 2a bzw. 2b zu sehen. Zum Vergleich sind auch die geforderten Grenzwerte sowohl nach der Verordnung des Landes Steiermark als auch nach der Verordnung des Bundesministers für wirtschaftlichen Angelegenheiten angeführt.

Tabelle 2: Emissionswerte bezogen auf den Energieinhalt des Brennstoffes [mg/MJ]

		Prüfergebnisse		Verordnung des Landes Steiermark		Entwurf der Kleinf Feuerungs-VO	
		Scheitholz	Holzbriketts	bis 12/94	ab 1/95	bis 12/94	ab 1/95
4 kW Ofen							
CO	Vollast	764	593	2700	1300	4000	1000
	Vollast	753	642				
	Teillast	1291	615				
NO ₂	Vollast	109	62	60	70	150	100
	Vollast	108	62				
	Teillast	99	69				
HC als Org. C	Vollast	95	68	130	80	160	80
	Vollast	98	67				
	Teillast	130	127				
Staub	Vollast	23	24	100	80	100	80
	Vollast	19	29				
	Teillast	38	34				
6 kW Ofen							
CO	Vollast	571	689	2700	1300	4000	1000
	Vollast	581	509				
	Teillast	923	762				
NO ₂	Vollast	76	91	60	70	150	100
	Vollast	82	81				
	Teillast	85	96				
HC als Org. C	Vollast	45	119	130	80	160	80
	Vollast	39	37				
	Teillast	121	108				
Staub	Vollast	10	14	100	80	100	80
	Vollast	8	9				
	Teillast	13	10				

		Prüfergebnisse	Verordnung des Landes Steiermark	Entwurf der Kleinf Feuerungs-VO
--	--	----------------	----------------------------------	---------------------------------

Prüfbericht Kachelofen

		Scheitholz	Holzbricketts	bis 12/94	ab 1/95	bis 12/94	ab 1/95
9 kW Ofen							
CO	Vollast	867	254				
	Vollast	812	270	2700	1300	4000	1000
	Teillast	761	429				
NO ₂	Vollast	90	62				
	Vollast	97	62	60	70	150	100
	Teillast	90	64			-	-
HC als Org. C	Vollast	78	21				
	Vollast	73	25	130	80	160	80
	Teillast	89	62				
Staub	Vollast	15	16				
	Vollast	20	14	100	80	100	80
	Teillast	21	23	-	-	-	-

Aufgrund der Typprüfungen der Typenreihe Kachelofen kann festgehalten werden:

Die Grenzwerte der Verordnung des Bundeslandes Steiermark für CO, HC und Staub werden eingehalten. Der gegenüber der Kleinf Feuerungsverordnung niedrigere Grenzwert für NO₂ kann jedoch nicht erreicht werden.

Die Anforderungen hinsichtlich des Emissionsverhaltens sowie des Wirkungsgrades nach der Verordnung des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten werden in allen Punkten erfüllt.

Der Leiter

Univ. Doz. Dr. Heinz Brötzenberger

Bisher sind im Rahmen der Schriftenreihe des Österreichischen Kachelofenverbandes folgende Werke erschienen:

- Nr. 1 Bemessung von Kachelöfen
- Nr. 2 Ökologischer Vergleich der Brennstoffe Erdgas, Erdöl und Holz
- Nr. 3 KACHELOFEN 2000 - Raumklima und Gesundheit
- Nr. 4 KACHELOFEN 2000 - Die Zukunft des Kachelofens
- Nr. 5 KACHELOFEN 2000 - Technische Entwicklungen der Holzverbrennung im Kachelofen
- Nr. 6 Typenprüfung Kachelofen
- Nr. 7 Der Einfluß des Kachelofens auf raumklimatische Parameter und Gesundheit - Projektbericht
- Nr. 8 Auslegung keramischer Speicher
- Nr. 9 Kachelherdentwicklung - Projektbericht
- Nr. 10 Geschichte des Österreichischen Kachelofenverbandes
- Nr. 11 Projekt Neuhaus - Ganzhausheizung, Jahresnutzungsgrad, Raumklimamessungen
- Nr. 12 Ganzhausheizung aus Hafnerhand - Grundlagen
- Nr. 13 Der Kachelofen in der Praxis – Vorortmessungen bei Kachelöfen