

## Feuerstättenprüfstelle ● Dürener Strasse 92 ● 50226 Frechen

Anerkannte Prüfstelle nach dem Bauproduktengesetz, notified body number: 1427

Anerkannte Prüfstelle nach den Landesbauordnungen, Kennziffer: NRW 16

Anerkannte Prüfstelle im bauaufsichtlichen Zulassungsverfahren

Anerkannte DIN CERTCO Prüfstelle

### Bericht über die Prüfung einer Einrichtung vom Typ „OekoTube OT-2“ zur Staubabscheidung aus Abgasen häuslicher Feuerstätten

Aktenzeichen	<b>FSPS-Wa 2011-08</b>
Auftraggeber	OekoSolve AG, Essanestr. 127, LI-9492 Eschen
Prüfgegenstand	Staubabscheider aus Abgasen häuslicher Feuerstätten Typ: OekoTube OT-2
Auftragsumfang	Prüfung einer elektrischen Einrichtung zur Staubabscheidung aus Abgasen häuslicher Feuerstätten bei der Befuerung mit Braunkohlenbrikett zur Erweiterung der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-7.4-3451 vom 03.08.2011
Zeitraum der Prüfung	November und Dezember 2011
Prüfgrundlage	Vorläufiges Prüfprogramm des DIBt für „Staubabscheider für handbeschickte Kleinfeuerungsanlagen“ - Entwurf September 2008 -

#### Kurzbericht der Prüfstelle:

Der elektrostatische Staubabscheider vom Typ OekoTube OT-2 der Fa. OekoSolve kann aufgrund seiner baurechtlichen Zulassung zur Abscheidung von Stäuben aus Abgasen holzbefuerter Feuerstätten verwendet werden. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde geprüft, ob diese Sekundärmaßnahme auch für den Einsatz des Brennstoffes Braunkohlenbrikett geeignet ist.

Die Abscheideeinrichtung wurde an drei Feuerstätten (zwei Zeitbrandgeräte und eine Dauerbrandfeuerstätte) mit unterschiedlichen Laststufen überprüft. Hierbei wurden beim Einsatz von Braunkohlenbrikett Staubabscheidegrade im Bereich 42 bis 97% erzielt. Der in der Testphase störungsfreie Betrieb und die dabei erreichte hohe Staubabscheideleistung belegen, dass der OekoTube OT-2 auch zur Abscheidung von Stäuben aus Abgasen braunkohlenbrikettbefuerter, häuslicher Feuerstätten geeignet ist.

Dieser Prüfbericht wird unbeschadet der Rechte Dritter insbesondere privater Schutzrechte gegenüber dem Auftraggeber oder Hersteller erstellt.

Der Prüfbericht mit den Seiten 1 bis 13 und den anliegenden Prüfunterlagen a bis g enthält die Ergebnisse der Prüfung nach dieser Norm.

Frechen, den 13.12.2011

  
Dipl.-Ing. Joachim Wawrzinek

Unterschrift des Prüfstellenleiters



**RWE Power AG**  
**Feuerstättenprüfstelle**

Dürener Straße 92  
50226 Frechen

T 0221/480-20745  
F 0221/480-20447

**1 Zweck der Prüfung**

Zweck der Prüfung war es, die Wirkungsweise des elektrischen Staubabscheiders bei der Verfeuerung von Braunkohlenbrikett in häuslichen Feuerstätten zu beurteilen.

Die Betriebssicherheit, die Rußbrandbeständigkeit, die Funktionssicherheit, die Reinigungsmöglichkeit, der strömungstechnische Widerstand, die mechanische Festigkeit und das Störfallverhalten wurden bereits im Bericht Nr. S 1136-00/11 vom 14.02.2011 vom TÜV SÜD geprüft.

Die Bewertung der elektrischen Sicherheit entsprechend den Anforderungen gemäß DIN EN 60730-1 und der Begutachtung des vorgelegten Prüfmusters erfolgte mit dem Bericht Nr. S-E 1136-00/11.

**2 Prüfgrundlage**

Vorläufiges Prüfprogramm des DIBt für „Staubabscheider für handbeschickte Kleinfeuerungsanlagen“

**3 Beigefügte Anlagen**

Anlage a	Skizze zum Prüfstands Aufbau
Anlage b	Bilder vom Prüfstands Aufbau
Anlage c	Technische Dokumentation
Anlage d	Zulassungskriterien
Anlage e	Voraussetzungen für den Einbau in eine Edelstahlabgasanlage
Anlage f	Installationsanleitung
Anlage g	Betriebsanleitung

**4 Beschreibung des Prüfgegenstandes**

Der Abscheider OekoTube OT-2, bestehend aus folgenden Bauteilen:

- einer externen Steuereinheit (Elektronikbox) zur Erzeugung der Hochspannung von -15 bis -30 kV
- der flexiblen Elektrode aus Federstahl
- dem Isolator
- der federnd gelagerten Elektrodenhalterung
- dem Netzstecker
- dem T-Stück zur Montage
- einem Temperaturfühler
- dem Befestigungsmaterial

ist zum Einbau in eine rußbrandbeständige, gemauerte oder metallische Abgasanlage für den Betrieb im Unterdruck mit nicht kondensierenden Abgasen vorgesehen.

Die Hochspannungselektrode wird durch eine kreisrunde Öffnung im T-Stück mit einem Durchmesser von 130 mm mittig in die Abgasanlage eingeführt. Die Ionisationselektrode hat eine Länge von 1550 mm und besteht aus bombiertem Federstahl (Breite 16 mm). Die Elektrode wird über einen verstellbaren Führungsstab und ein Gewicht axial in der Abgasanlage ausgerichtet.

Über einen Temperaturfühler am Abscheider erkennt die Einrichtung den Temperaturanstieg in der Abgasanlage, schaltet den Abscheider vom Standby-Modus in den Betriebsmodus und aktiviert die Hochspannungserzeugung.

Der Einbau des Abscheiders ist laut Herstellerangabe bis 40 kW und einem Abgasrohrdurchmesser von 150 mm bis 400 mm möglich.

Der Einbauort des Abscheiders ist ausschließlich im Freien am Austritt der Abgasanlage vorgesehen.

Der Abscheider ist laut Hersteller bis zu einer Abgastemperatur von 400°C einsetzbar und verfügt über einen Stromanschluss von 230 V. Die Leistungsaufnahme beträgt im Betrieb laut Hersteller 20 bis 30 W und im Standby-Modus 0,7 W. Der Gehäusewerkstoff besteht laut Hersteller aus 1.4404 bzw. 1.4301.

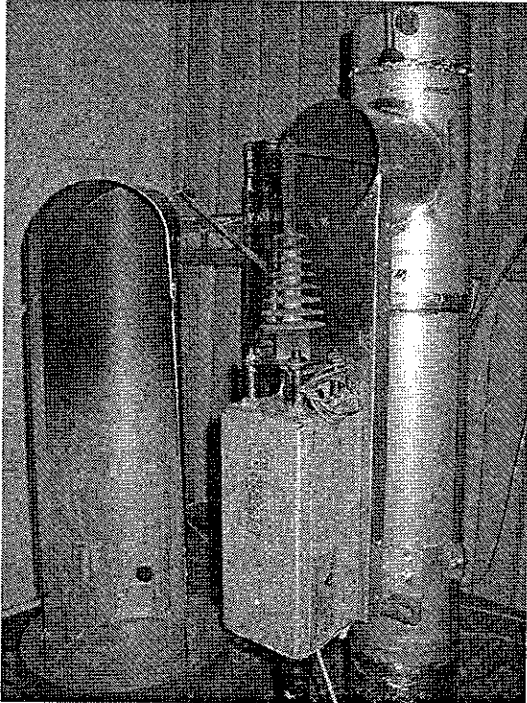


Abbildung 1: Elektronikbox mit Abdeckkasten und Elektrodendurchführung

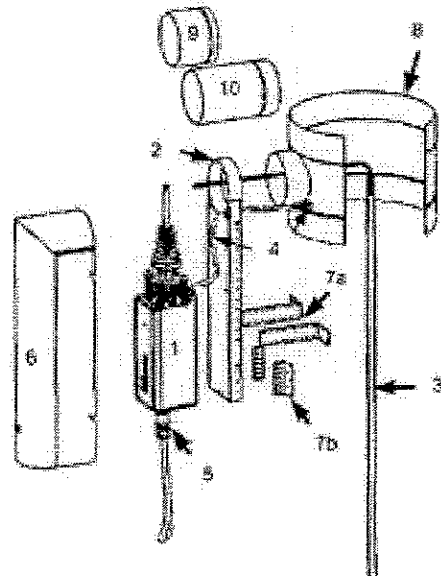


Abbildung 2: Bauteile des Staubabscheiders

- 1 Elektronikbox mit Federn, Muffern und Isolator
- 2 Konsole
- 3 flexible Elektrode mit 6-kantiger Halterung
- 4 Temperaturfühler (Kabel und Halterung)
- 5 Netzstecker (230 v AC)
- 6 Abdeckung
- 7a Fixierungswinkel für gemauerten Kamin
- 7b Fixierungswinkel für Stahlkamin

## **5 Durchführung der Prüfung und Diskussion der Ergebnisse**

### **5.1 Prüfaufbau zur Überprüfung der Wirkungsweise des Abscheiders**

Für die Bestimmung der Abscheideleistung wurde eine mit Scheitholz und Braunkohlenbrikett befeuerbare und nach DIN EN 13240 geprüfte Zeitbrandfeuerstätte (A) mit einer Nennleistung von 9 kW verwendet.

Zum Vergleich wurde eine entsprechende Zeitbrandfeuerstätte (B) mit einer Nennleistung von 8 kW und ein 1991 nach DIN 18890 geprüfter Dauerbrandofen (C) mit Automatik-Regler und einer Nennleistung von 4,5 kW eingesetzt.

Die parallele Staubmessung erfolgte mit zwei Afriso STMG 40 Staubmessgeräten gemäß DIN SPEC 1101: 2010-02.

Die Abgasanlage mit einem Innendurchmesser von 150 mm (s. Anlage a und b) wurde senkrecht nach oben geführt. Der Abstand vom Ofenstutzen bis zum Abscheider betrug 1,7 m. Die Staubmessung erfolgte ca. 0,3 m vor und ca. 0,5 m nach dem Abscheidemodul in der senkrechten Abgasleitung.

Die Elektronik des OekoTube OT-2 war bei allen Versuchen (außer Nullprüfung) im Normalbetrieb, mit einer Sollspannung von maximal 27 kV und einer Sollleistung von maximal 16 W.

Die Staubmessung wurde jeweils parallel drei Minuten nach der Brennstoffaufgabe mit einer Messzeit von 30 Minuten gestartet. Die Abgaszusammensetzung und die Abgastemperaturen wurden über den gesamten Versuchszeitraum erfasst.

Die Ergebnisse der Kalibrierung des Prüfstandes („Nullprüfung“) sind der Tabelle 1 und 2 zu entnehmen.

In Tabelle 3 bis 6 sind die Geräteeinstellungen und Betriebsweisen der Versuche zur Bestimmung der Abscheideleistung aufgeführt.

Die erreichten Abscheideleistungen sind in Tabelle 7 bis 10 und den dazugehörigen Grafiken dargestellt.

Im Abschnitt 5.5 belegen Bilder die Staubablagerungen im Abgassystem.

**5.2 Kalibrierung des Prüfstandes („Nullprüfung“)**  
 Mit eingebautem Staubabscheider außer Betrieb

Tabelle 1: Einstellung bzw. Betriebsweise der Zeitbrandfeuerstätte A bei Nullprüfung

Versuchstag		24.10. 2011	24.10. 2011	24.10. 2011
Versuch		1	2	3
Prüfbrennstoff		BB 7"	BB 7"	BB 7"
Primärluft	cm <sup>2</sup>	8	8	8
Sekundärluft	cm <sup>2</sup>	3,5	3,5	3,5
Heizwert	MJ/kg	19,365	19,365	19,365
Aufgabemenge	Stück	5	5	5
Versuchsdauer	min	75	75	78
stündlicher Abbrand	kg/h	2,14	2,16	2,16
Feuerungsleistung	kW	11,6	11,2	11,6
Raumwärmeleistung	kW	8,9	9,2	9,2
mittl. Förderdruck	Pa	11,2	11,2	11,4
mittl. Abgastemperatur	K	288	281	279
mittl. CO <sub>2</sub> -Gehalt	%	10,40	10,67	10,54
mittl. CO-Gehalt bez. auf 13 % O <sub>2</sub>	%	0,085	0,046	0,088
Abgasmassenstrom	g/s	7,6	7,5	7,6

Tabelle 2: Staubwerte bei Nullprüfung

Versuch	vor dem Abscheider mg/m <sup>3</sup>	nach dem Abscheider mg/m <sup>3</sup>	Differenz mg/m <sup>3</sup>
1	47,3	52,2	4,9
2	36,0	40,6	4,6
3	52,7	58,5	5,8

### 5.3 Einstellung und Betriebsweise der Feuerstätten

Tabelle 3: Einstellung bzw. Betriebsweise der Zeitbrandfeuerstätte A bei Nennlast und erhöhter Leistung

Versuchstag		18.11. 2011	18.11. 2011	18.11. 2011	18.11. 2011	21.11. 2011	21.11. 2011	22.11. 2011	22.11. 2011
Versuch		1	2	3	4	5	6	7	8
Prüfbrennstoff		BB 7"							
Primärluft	cm <sup>2</sup>	16	16	8	8	16	16	12	12
Sekundärluft	cm <sup>2</sup>	3,5	3,5	3,5	3,5	2,5	2,5	2	2
Heizwert	MJ/kg	19,365							
Aufgabemenge	Stück	4	4	5	5	5	5	4	4
Versuchsdauer	min	53	59	76	75	52	60	52	54
stündlicher Abbrand	kg/h	2,93	2,45	2,20	2,13	3,48	2,71	2,71	2,48
Feuerungsleistung	kW	15,8	13,2	11,8	11,4	18,7	14,6	14,7	13,4
Raumwärmeleistung	kW	11,2	9,4	9,0	8,8	13,9	10,6	10,7	10,0
mittl. Förderdruck	Pa	13,6	12,5	10,7	10,2	16,2	14,4	15,4	14,0
mittl. Abgastemperatur	K	349	321	286	274	381	338	386	351
mittl. CO <sub>2</sub> -Gehalt	%	9,43	8,65	9,41	9,52	12,01	9,76	11,91	11,38
mittl. CO-Gehalt bez. auf 13 % O <sub>2</sub>	%	0,095	0,128	0,100	0,098	0,118	0,040	0,226	0,149
Abgasmassenstrom	g/s	11,4	10,3	8,5	8,2	10,7	10,3	8,3	8,0

Tabelle 4: Einstellung bzw. Betriebsweise der Zeitbrandfeuerstätte A bei Teillast

Versuchstag		05.12. 2011	05.12. 2011	05.12. 2011
Versuch		1	2	3
Prüfbrennstoff		BB 7"	BB 7"	BB 7"
Primärluft	cm <sup>2</sup>	4	4	4
Sekundärluft	cm <sup>2</sup>	2	1	zu
Heizwert	MJ/kg	19,365	19,365	19,365
Aufgabemenge	Stück	2	2	2
Versuchsdauer	min	60	63	64
stündlicher Abbrand	kg/h	1,06	1,06	1,06
Feuerungsleistung	kW	5,7	5,7	5,7
Raumwärmeleistung	kW	4,4	4,5	4,7
mittl. Förderdruck	Pa	10,6	8,5	7,2
mittl. Abgastemperatur	K	244	189	173
mittl. CO <sub>2</sub> -Gehalt	%	8,00	7,38	8,38
mittl. CO-Gehalt bez. auf 13 % O <sub>2</sub>	%	0,083	0,170	0,200
Abgasmassenstrom	g/s	4,8	5,1	4,5

Tabelle 5: Einstellung bzw. Betriebsweise der Zeitbrandfeuerstätte B bei Nennlast und erhöhter Leistung

Versuchstag		23.11. 2011	23.11. 2011
Versuch		1	2
Prüfbrennstoff		BB 7"	BB 7"
Primärluft	cm <sup>2</sup>	9	9
Sekundärluft	cm <sup>2</sup>	4	4
Heizwert	MJ/kg	19,365	19,365
Aufgabemenge	Stück	5	5
Versuchsdauer	min	69	72
stündlicher Abbrand	kg/h	2,32	2,11
Feuerungsleistung	kW	12,5	11,3
Raumwärmeleistung	kW	10,4	9,8
mittl. Förderdruck	Pa	14,8	13,9
mittl. Abgastemperatur	K	350	321
mittl. CO <sub>2</sub> -Gehalt	%	10,18	9,24
mittl. CO-Gehalt bez. auf 13 % O <sub>2</sub>	%	0,250	0,214
Abgasmassenstrom	g/s	8,2	8,2

Tabelle 6: Einstellung bzw. Betriebsweise der Dauerbrandfeuerstätte C bei Nennlast

Versuchstag		29.11. 2011	29.11. 2011
Versuch		1	2
Prüfbrennstoff		BB 7"	BB 7"
Primärluftautomatik	Pos.	max.	max.
Sekundärluft	Pos.	zu	zu
Heizwert	MJ/kg	19,365	19,365
Aufgabemenge	Stück	8	4
Versuchsdauer	min	192	90
stündlicher Abbrand	kg/h	1,36	1,37
Feuerungsleistung	kW	7,3	7,4
Raumwärmeleistung	kW	5,3	4,7
mittl. Förderdruck	Pa	11,2	13,9
mittl. Abgastemperatur	K	321	346
mittl. CO <sub>2</sub> -Gehalt	%	9,87	7,35
mittl. CO-Gehalt bez. auf 13 % O <sub>2</sub>	%	0,306	0,176
Abgasmassenstrom	g/s	4,9	6,7

## 5.4 Ergebnisse der Staubmessungen

Tabelle 7: Staubwerte bei Nennlast mit Zeitbrandfeuerstätte A

Versuch	vor dem Abscheider		nach dem Abscheider		Differenz mg/m <sup>3</sup>	Abscheidegrad %
	CO <sub>2</sub> %	Staub mg/m <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> %	Staub mg/m <sup>3</sup>		
1	12,25	71,1	12,27	4,6	66,5	93,5
2	12,32	65,2	12,33	5,5	59,7	91,6
3	14,45	50,2	14,25	4,9	45,3	90,2
4	13,95	44,5	13,75	6,2	38,3	86,1
5	15,29	45,1	14,88	6,5	38,6	91,0
6	13,21	49,0	12,90	1,6	47,4	96,5
7	15,70	85,8	15,39	14,0	71,8	83,7
8	17,10	66,2	16,46	11,7	54,5	82,3
<b>Mittelwert</b>						<b>89,4</b>

Grafik zu Tabelle 7

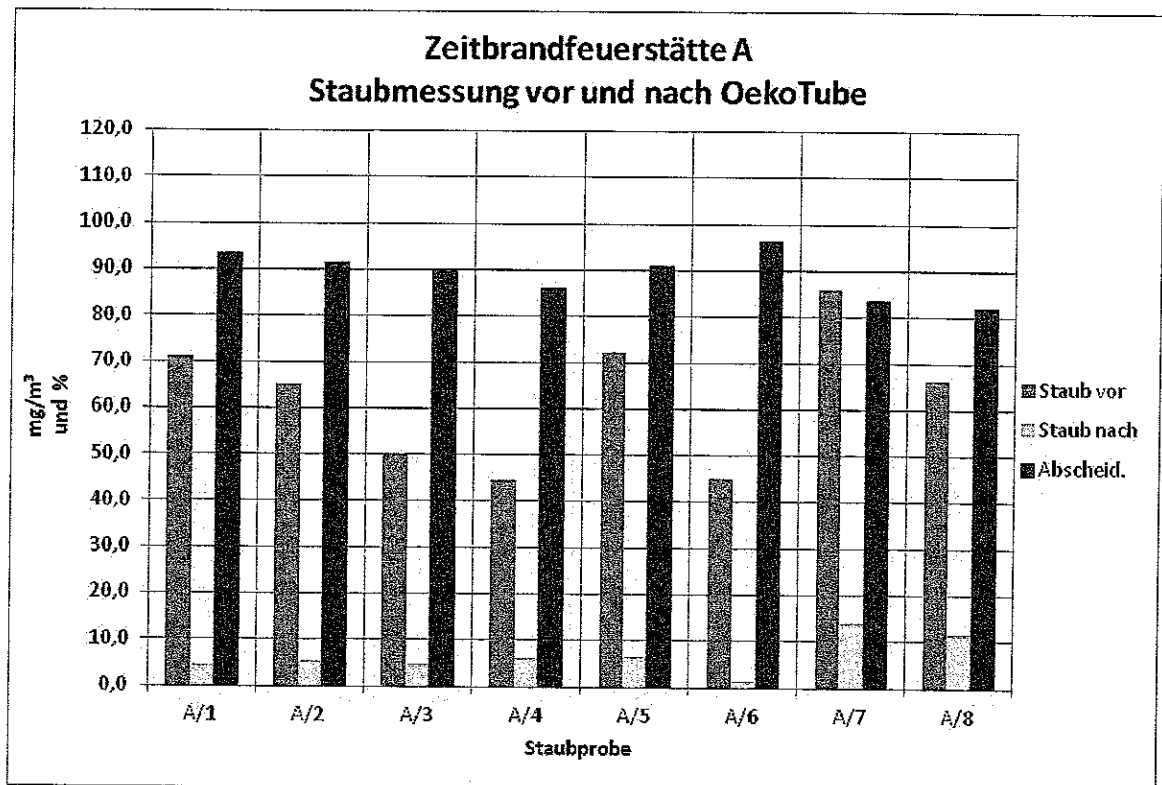




Tabelle 8: Staubwerte bei Nennlast mit Zeitbrandfeuerstätte B

Versuch	vor dem Abscheider		nach dem Abscheider		Differenz mg/m <sup>3</sup>	Abscheidegrad %
	CO <sub>2</sub> %	Staub mg/m <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> %	Staub mg/m <sup>3</sup>		
1	15,27	84,1	14,74	22,2	61,9	73,6
2	16,26	61,1	15,53	8,8	52,3	85,6
<b>Mittelwert</b>						<b>79,6</b>

Grafik zu Tabelle 8

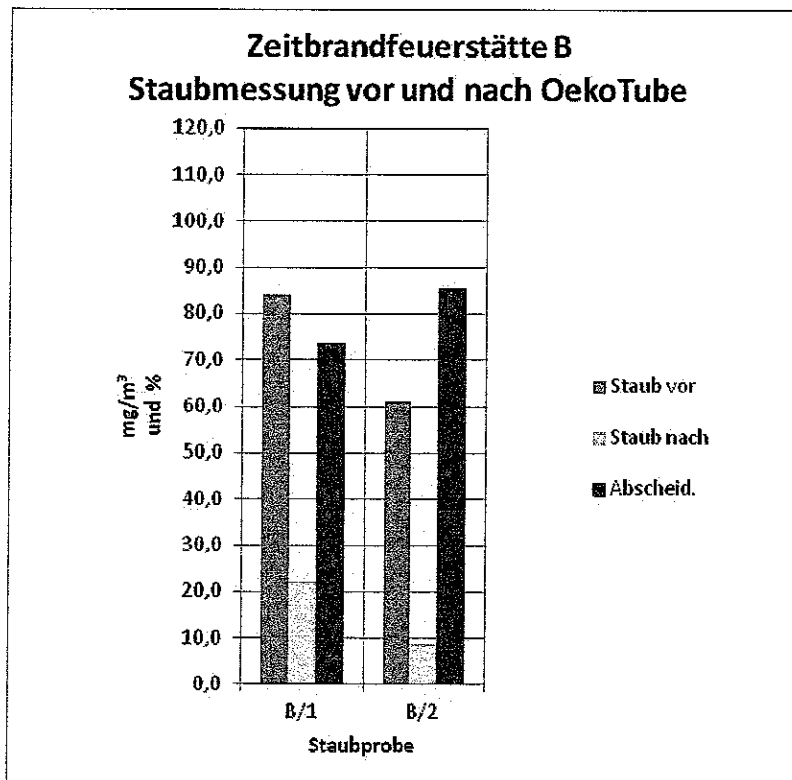


Tabelle 9: Staubwerte bei Nennlast mit Dauerbrandfeuerstätte C

Versuch	vor dem Abscheider		nach dem Abscheider		Differenz mg/m <sup>3</sup>	Abscheidegrad %
	CO <sub>2</sub> %	Staub mg/m <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> %	Staub mg/m <sup>3</sup>		
1	12,79	116,0	12,45	23,6	92,4	79,7
2	9,11	82,8	9,02	47,8	35,0	42,3

Grafik zu Tabelle 9

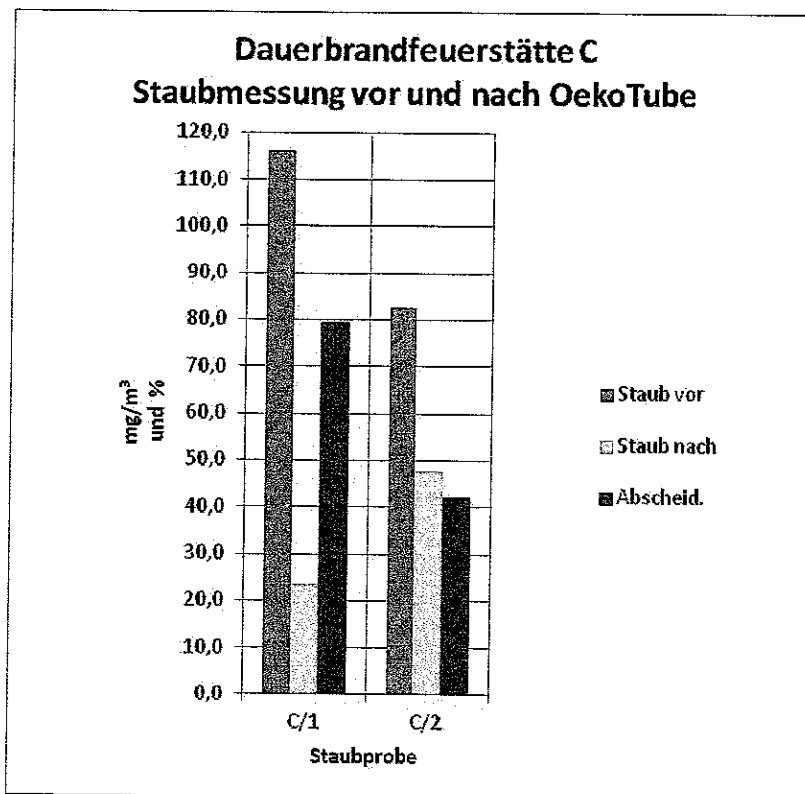
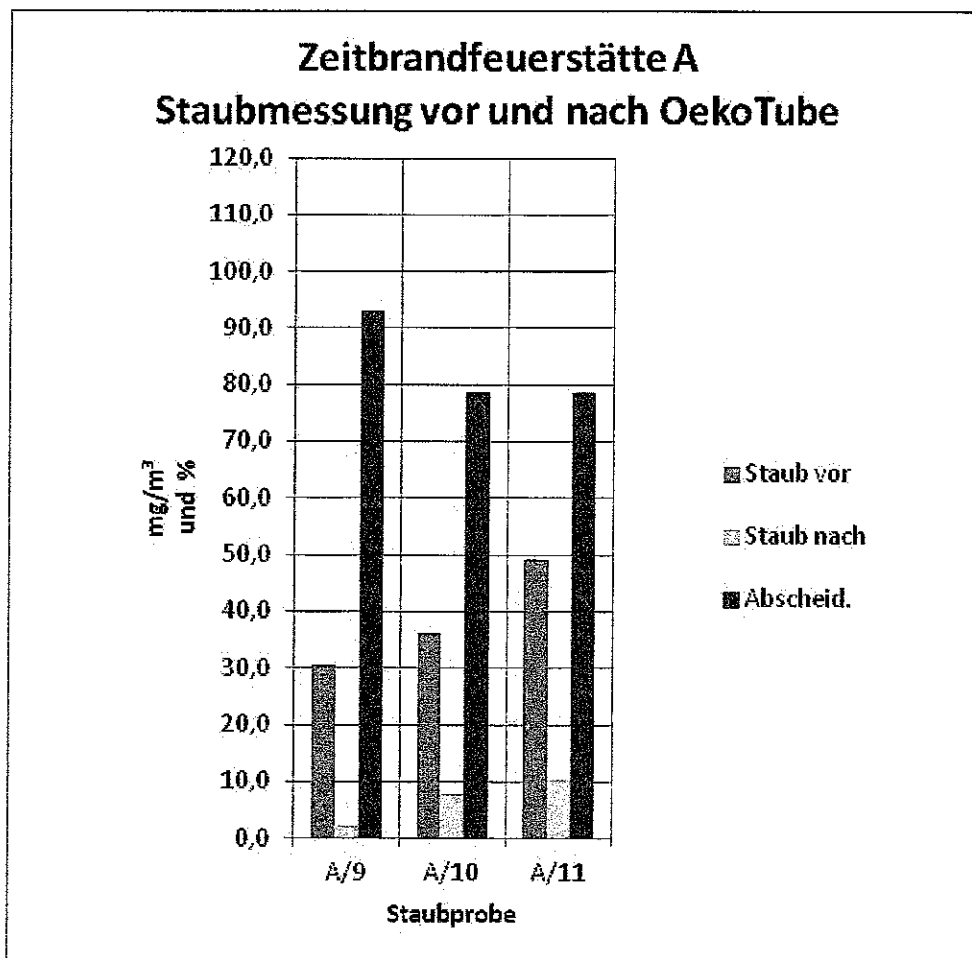


Tabelle 10: Staubwerte bei Teillast mit Zeitbrandfeuerstätte A

Versuch	vor dem Abscheider		nach dem Abscheider		Differenz mg/m <sup>3</sup>	Abscheidegrad %
	CO <sub>2</sub> %	Staub mg/m <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> %	Staub mg/m <sup>3</sup>		
1	9,88	30,5	9,90	2,1	28,4	93,1
2	8,93	36,1	8,98	7,7	28,4	78,7
3	10,27	49,1	10,29	10,5	38,6	78,6
<b>Mittelwert</b>						<b>83,5</b>

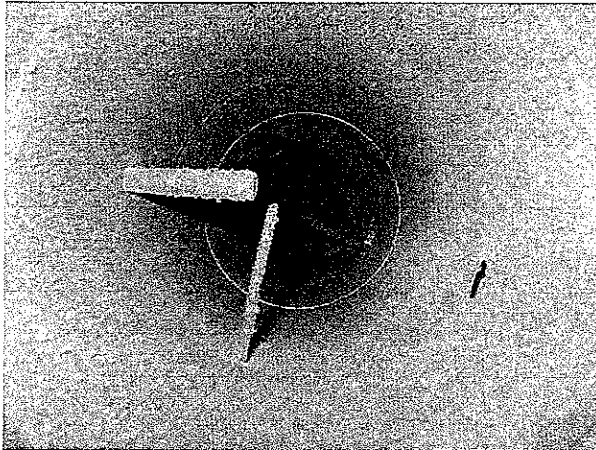
Grafik zu Tabelle 10



Alle im Bericht genannten Staubwerte sind bezogen auf 13 % O<sub>2</sub> und Normzustand bei 1013 mbar und 0°C.

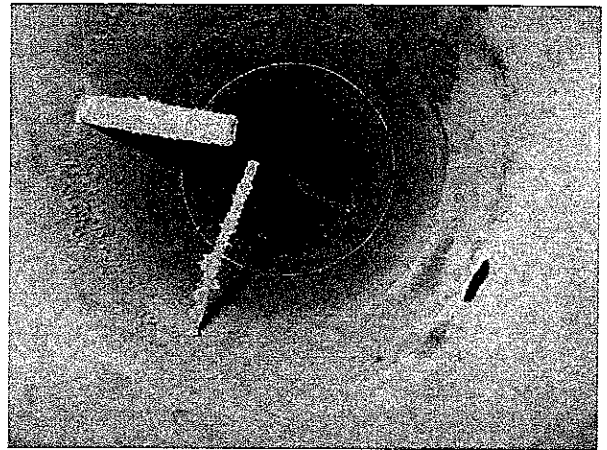
## 5.5 Bilder der Staubanhaftungen im Abgasrohr

Nach ca. 9 Stunden Betriebszeit und 20 kg Brennstoffabbrand



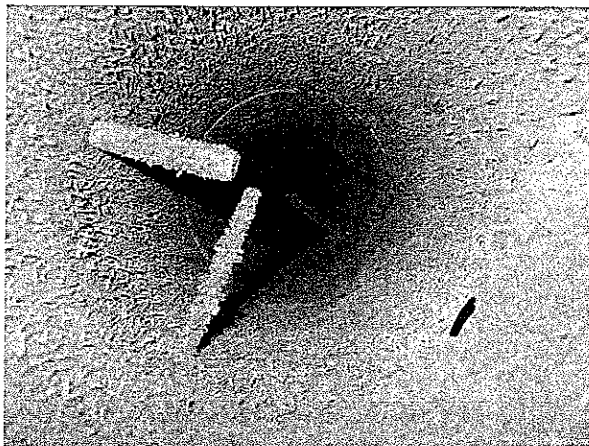
ca. 500 mm oberhalb der Elektrodeneinführung

Nach ca. 27 Stunden Betriebszeit und 65 kg Brennstoffabbrand

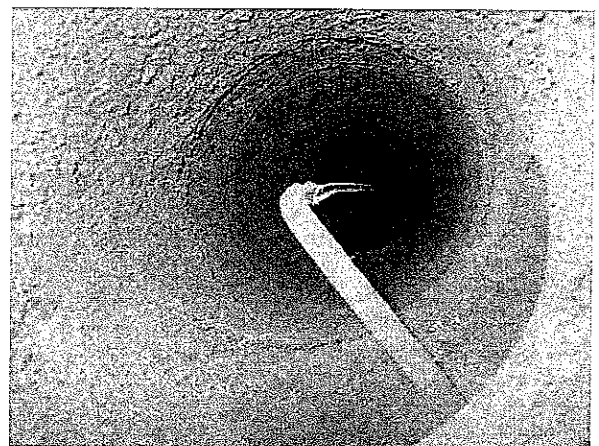


ca. 500 mm oberhalb der Elektrodeneinführung

Nach ca. 55 Stunden Betriebszeit und 160 kg Brennstoffabbrand



ca. 500 mm oberhalb der Elektrodeneinführung



Im Bereich der Elektrodeneinführung

Eine Anhaftung von Staubagglomeraten erfolgte mit zunehmender Betriebsdauer deutlich an der Rohrinneenseite im Wirkungsbereich der Elektrode und oberhalb des Wirkungsbereiches. An der Elektrode selber waren die Anhaftungen geringer.

## 5.6 Diskussion der Ergebnisse

Die Prüfung der Partikelabscheidung des OekoTube OT-2 hat folgendes ergeben:

- Im Nennlastbereich und im erhöhten Leistungsbereich mit Zeitbrandfeuerstätte A wurde eine Abscheidung von 82,3 % bis 96,5 % (im Mittel von 89,4 %) und im Teillastbereich eine Abscheidung von 78,6 % bis 93,1 % (im Mittel 83,5 %) erreicht.
- Mit der Zeitbrandfeuerstätte B lag die Abscheidung im Nennlastbereich zwischen 73,6 % und 85,6 % (im Mittel 79,6 %) ca. 10 % niedriger.
- Die Abscheidung der Dauerbrandfeuerstätte C lag bei 79,7 % und 42,3 % (im Mittel 61 %).

Eine Überprüfung der Abscheidewerte bei Einbau in eine Abgasanlage aus mineralischen Baustoffen war nicht Gegenstand der Prüfung.

## 5.7 Sonstige Hinweise auf weitere Prüfungen

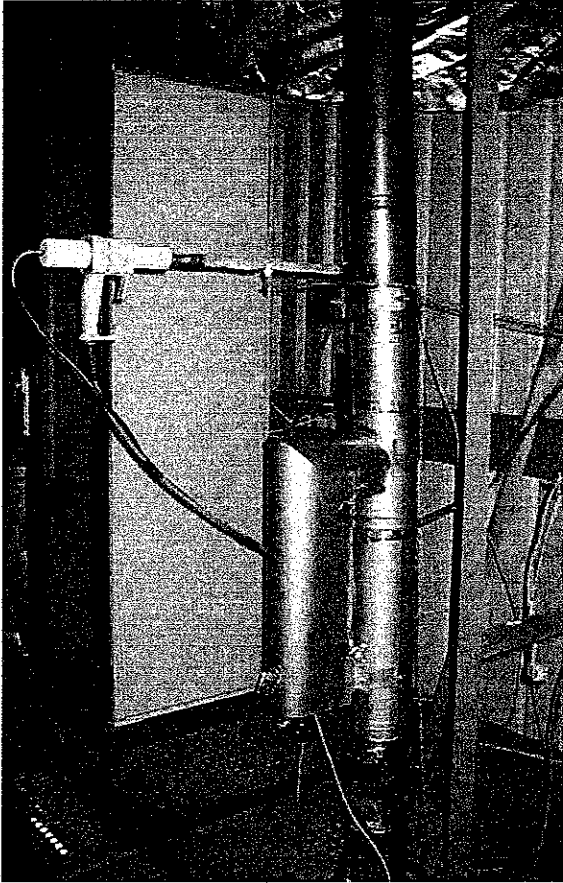
Folgende Überprüfungen und Beurteilungen erfolgten bereits im Bericht Nr. S 1136-00/11 vom TÜV SÜD und waren nicht Gegenstand der jetzigen Prüfung:

- Überprüfung der Betriebssicherheit
- Überprüfung der Rußbrandbeständigkeit
- Überprüfung der Funktionssicherheit
- Beurteilung der Reinigungsmöglichkeit
- Beurteilung der mechanischen Festigkeit
- Beurteilung des strömungstechnischen Verhaltens
- Beurteilung des Störfallverhaltens

Die Bewertung bezüglich der elektrischen Sicherheit entsprechend den Anforderungen gemäß DIN EN 60730-1 und der Begutachtung des vorgelegten Prüfmusters erfolgte mit Prüfbericht Nr. S-E 1136-00/11 vom TÜV SÜD.



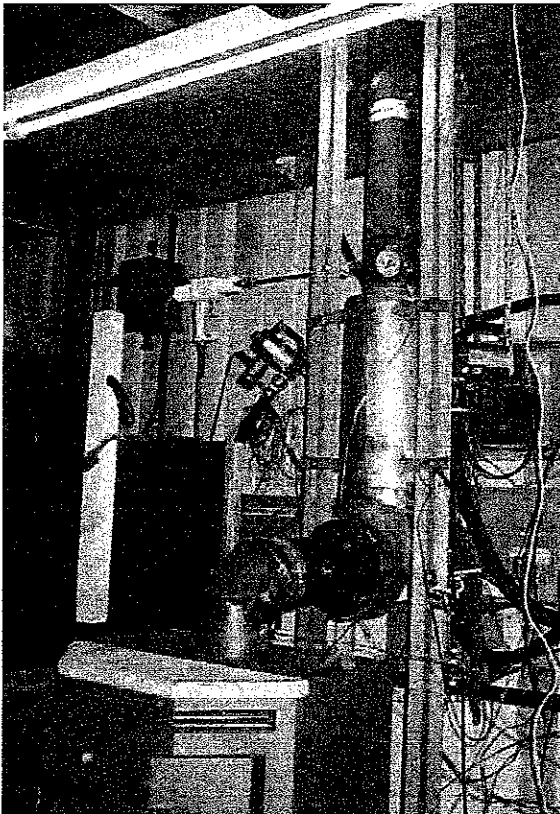
### Prüfstands Aufbau



Staubsonde nach Abscheider

T-Stück für Elektrodeneinführung

Elektronikbox



Staubsonde vor Abscheider

Messstrecke

Anschlussrohr

Zeitbrandfeuerstätte nach DIN 13240



**RWE Power AG**  
**Feuerstättenprüfstelle**

Dürener Straße 92  
50226 Frechen

T 0221/480-20745  
F 0221/480-20441