

# Rohrelektrofilter

Projekt 100437 Vertrag 150547

Ausgearbeitet durch

**Schmid AG, H.J. Schmid**

Im Auftrag des

**Bundesamtes für Energie**

Schlussbericht Mai 2005

**Auftraggeber:**

Forschungs-Programm Biomasse des  
Bundesamtes für Energie

**Auftragnehmer:**

Schmid AG Holzfeuerungen  
Hörnlistrasse 12  
8360 Eschlikon

**Autoren:**

H.J. Schmid

**Begleitgruppe:**

-

Dieses Dokument ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie erarbeitet worden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist alleine der/die Autor/in/en verantwortlich.

**Bundesamt für Energie BFE**

Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern  
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • [office@bfe.admin.ch](mailto:office@bfe.admin.ch) • [www.admin.ch/bfe](http://www.admin.ch/bfe)

Der Bericht kann auf [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch) bezogen werden.

# Inhaltsverzeichnis

## **1 Zusammenfassung S. 3**

### **1. Allgemeines S. 4**

#### **1.1 Aufbau S. 4**

#### **1.2 Funktion Filtern S. 6**

#### **1.3 Funktion Regenerieren S. 6**

#### **1.4 Revision, Service S. 7**

#### **1.5 Messergebnisse S. 8**

## **2 Schlussbemerkungen S. 9**

## 1. Zusammenfassung

Der neuartige Elektrofilter insbesondere für Anlagen im Bereich zwischen 200 – 1000 kW hat im Grundsatz die gewünschten Eigenschaften erreicht.

Der Aufbau des Filters ist sehr kompakt und kann damit gut für Anlagen in der vorgesehenen Grösse eingesetzt werden.

Die Abscheideleistung entsprach den Erwartungen. Bei einem hohen Rohstaubgehalt von 530-712 mg/m<sup>3</sup> wurden nach dem E-Filter Werte im Bereich von 3.0 – 16.5 mg/m<sup>3</sup> erreicht bei 13 % O<sub>2</sub>.

Die Reinigung mit den Reinigungsbürsten funktioniert.

Der E-Filter in dieser neuen Art könnte eine echte Alternative zu den herkömmlichen E-Filtern sein.



## 1. Allgemeines

Ein Elektrofilter nimmt sich die Anziehungskraft geladener Teile im elektrostatischen Feld zu nutze. Im elektrischen Hochspannungsfeld werden die Partikel oder Tröpfchen sowohl aufgeladen, als auch abgeschieden, in dem sie von den Niederschlagselektroden angezogen werden und sich auf diesen ablagern. Grundsätzlich sind zwei Bauarten üblich: Elektrofilter mit flach ausgebildeten Elektroden (Plattenfilter) und solche mit rohrförmigen Elektroden.

Üblicherweise verwendet man für die Filterung fester und trockener Verunreinigungen Plattenfilter. In diesem Fall wurde aber bewusst ein Rohrfilter gewählt, um verschiedene Vorteile dieses Systems nutzen zu können. Dabei mussten aber verschiedene alternative und neue Wege beschritten werden, um einige damit einhergehende Probleme zu überwinden.

### 1.1 Aufbau

#### Einlauftrichter mit Regelschieber

Das ungereinigte Rohgas kommt vom Rauchrohr (1) durch den Einlauf (2) in Form eines waagrechten Trichters. Im breiten Teil des Trichters befinden sich 7 Regelschieber (3), mit denen der Gasstrom horizontal so aufgeteilt werden kann, dass alle Filterflächen gleichmäßig angeströmt werden. Die Regelschieber (3) sind von Hand verstellbar.

#### Verteilerkasten mit Gasumschaltung

Im Verteilerkasten (4) ist eine Umschaltvorrichtung (5) in Form eines Schiebers, der den Gasstrom entweder durch das Filter, oder über die Umgehungsleitung (8) freigibt. Dieser Schieber (5) hat einen elektromotorischen Antrieb.

#### Beruhigungszone

Zwischen Verteilerkasten (4) und dem Oberkasten Eingangsbereich (14) ist eine Beruhigungszone (6).

#### Ascheschieber

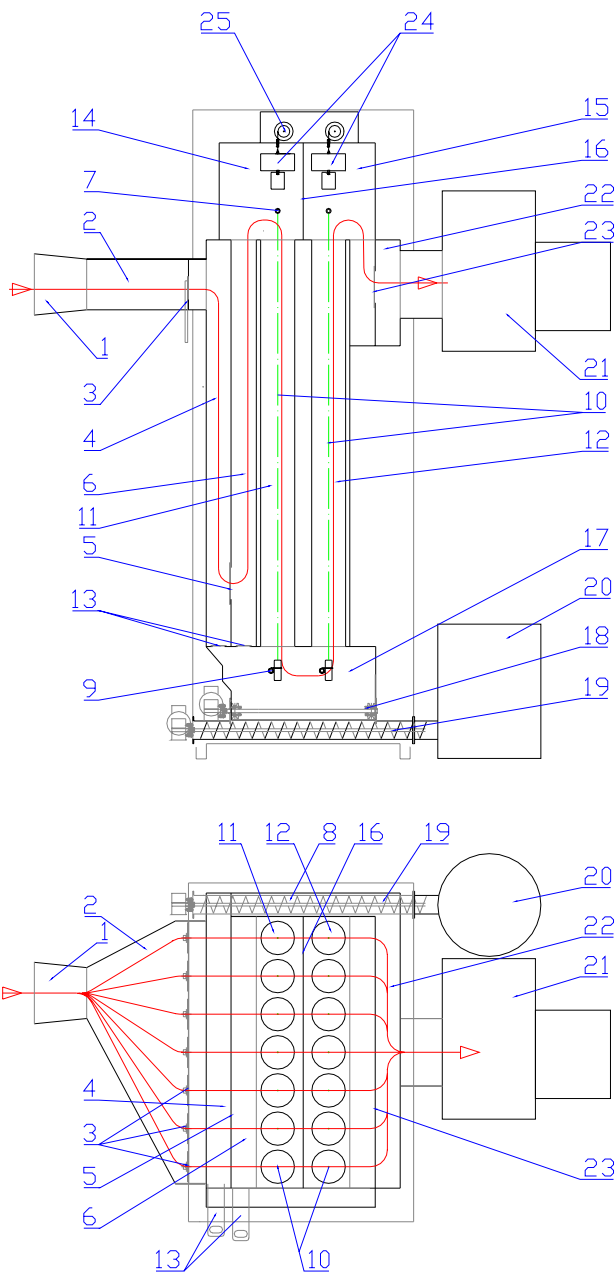
Am Boden des Verteilerkastens (4) und der Beruhigungszone (6) sind je ein von Hand zu betätigender Ascheschieber (13), zur leichteren Reinigung dieser Räume.

#### Oberkasten

Der Oberkasten wird durch die Zwischenwand (16) in zwei Zonen, Eingangsbereich (14) und Ausgangsbereich (15) geteilt. Darin befindet sich der horizontal verschiebbare obere Elektrodenhalter (7), der zusammen mit dem unteren Elektrodenhalter (9) elektromotorisch bewegt werden kann. Teile des Elektrodenhalters (7) durchdringen beweglich die Zwischenwand (16), bzw. sind darin gelagert.

#### Rohrpakete

Es gibt zwei Filtersektionen (11) und (12), die aus je einem Rohrpaket mit je 7 parallelen Rohren  $D=200\text{mm}$  bestehen. Im Normalfall sind die Elektrodenhalter (7) und (9) so gestellt, dass die Elektroden (10) mittig axial in den Rohren (11) und (12) hängen.



Nr	Teil
1	Rauchrohr vom Kessel
2	Einlauftrichter
3	Regelschieber
4	Verteilerkasten
5	Umschaltschieber Verteilerkasten
6	Beruhigungszone
7	Elektrodenhalter oben
8	Umgehungsleitung
9	Elektrodenhalter unten
10	Elektroden
11	Filterrohre Sektion I
12	Filterrohre Sektion II
13	Ascheschieber
14	Oberkasten Eingangsbereich
15	Oberkasten Ausgangsbereich
16	Oberkasten Trennwand
17	Unterkasten
18	Kettenkratzer
19	Austragsschnecke
20	Aschebehälter
21	Ventilator
22	Sammelkasten
23	Umschaltschieber Sammelkasten
24	Reinigungsbürsten
25	Reinigungsapparat

### Unterkasten

Im Unterkasten (17) befindet sich der zweite horizontal verschiebbare Elektrodenhalter (9), der zusammen mit dem oberen Elektrodenhalter (7) elektromotorisch bewegt werden kann. Außerdem sind im Unterkasten der Kettenkratzer (18) und die Austragsschnecke (19) für den Ascheaustrag.

### Ascheaustrag

Die abgeschiedenen Stoffe werden von den Reinigungsbürsten abgelöst und fallen auf den Boden des Unterkastens. Von dort werden sie mittels Kettenkratzer (18) in die Rinne mit der Austragsschnecke (19) befördert, und von dieser in den Aschebehälter (20) gepresst.

### Abgasventilator

Der Abgasventilator (21) ist zugleich der Rauchhauptventilator der Holzfeuerung und ist direkt auf den Sammelkasten (22) aufgebaut.

## Sammelkasten, Verschlusschieber

Im Sammelkasten (22) ist ein zweiter Umschaltschieber (23) eingebaut. Dieser ist von Hand zu betätigen, und es kann mit diesem der Filterbereich auf der Gasaustrittsseite verschlossen werden.

## 1.2 Funktion Filtern

### Gaslauf

Das Rohgas kommt durch das Rauchrohr (1) vom Kessel und wird im Einlauftrichter (2) mittels der Regelschieber (3) horizontal auf die volle Breite des Filters aufgeteilt. Es durchströmt sodann den Verteilerkasten (4) nach unten und tritt durch den geöffneten Umschaltschieber (5) in die Beruhigungszone (6), wo es wieder nach oben geleitet wird.

Das Gas betritt nun über den Oberkasten Eingang (14) die Filtersektion I (11), wo es dem elektrischen Hochspannungsfeld ausgesetzt wird. Im Unterkasten (17) wendet der Gasstrom wieder nach oben und durchströmt die Filtersektion II (12).

Durch den Ausgangsbereich der Oberkastens (15), den geöffneten Schieber (23), und den Sammelkasten (22) gelangt das gereinigte Gas zum Ventilator (21), von dem es in den Kamin geblasen wird.

### Hochspannung

Die vertikal hängenden und axial in den Filterrohren (11, 12) befindlichen Elektroden (10) werden durch eine eigene Stromversorgung (Hochspannungsgerät) negativ gegenüber dem Gehäuse und somit gegenüber den Filterrohren (11, 12) aufgeladen. Das Hochspannungsgerät hat eine übliche Regelung, die das Filter automatisch an die Überschlagsgrenze führt und es an dieser Grenze betreibt. Es wurden im Betrieb Spannungen zwischen 28kV und 48kV beobachtet. Dabei traten Ströme von 22mA bis 60mA auf. Die Werte sind stark vom Betrieb des Filters, von den Bedingungen der Feuerung, und den Eigenschaften des Brennstoffes abhängig.

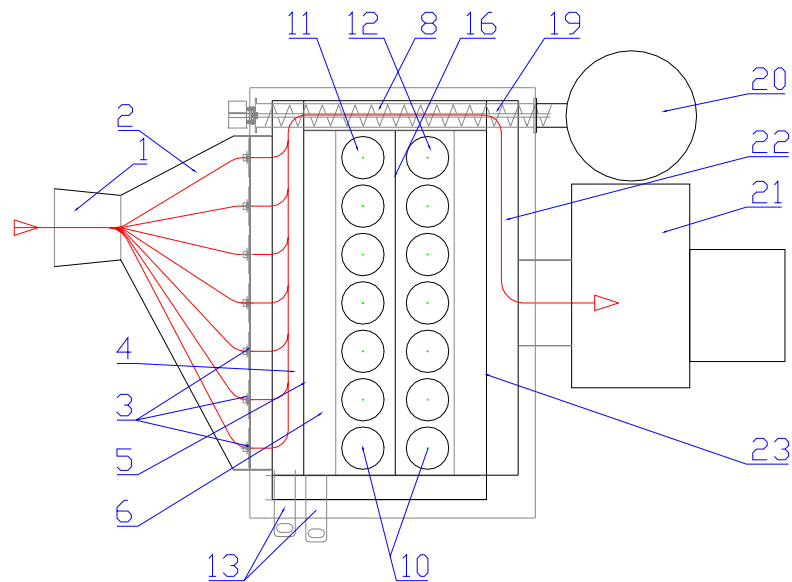
### Staubabscheidung

Der Staub wird durch die Hochspannung elektrisch aufgeladen und setzt sich durch die elektrostatische Anziehungskraft auf die positiv geladenen Rohrrinnenflächen der Sektionen I und II (11, 12) nieder.

## 1.3 Funktion Regenerieren

### Umschaltung Gaslauf

Während des Abreinigungsvorganges wird der Gasstrom durch den Umschaltschieber (5) so umgeleitet, dass er vom Verteilerkasten (4) in die Umgehungsleitung (8) und von dort in den Sammelkasten (22) strömt. Von dort geht es wieder normal weiter zum Ventilator (21).



### Elektrodenbewegung

Während der Abreinigung werden die Elektrodenhalter (7, 9) so verschoben, dass die Elektroden (10) an einer Rohrseite an der Rohrwand anliegen und somit den Rohrquerschnitt für die Reinigung freigeben.

### Abreinigung

Sodann werden die Reinigungsbürsten (24) durch die Reinigungsvorrichtung (25) von der Parkstellung oben durch die gesamte Länge der Rohre nach unten gefahren und wieder hinauf gezogen. Dabei löst sich der statisch gebundene Staub von den Rohrwänden (11, 12) ab und fällt in den Unterkasten (17).

### Ascheaustag

Die auf dem Boden des Unterkastens (17) liegende Asche wird mittels Kettenkratzer (18) zur an der Seite befindlichen Schneckenrinne (19) geschoben, und von der Austragsschnecke (19) in den Aschebehälter (20) gestoßen.

### Rückschaltung

Sobald die Bürsten (25) wieder in ihrer Parkstellung oben angekommen sind, werden die Elektrodenhalter (7, 9) samt Elektroden (10) wieder in die normale Lage geschoben und die Hochspannung wieder eingeschaltet. Sofort wird so der durch den Reinigungsvorgang aufgewirbelte Staub von den Filterflächen angezogen. Der Umschaltsschieber (5) wird wieder zurückgeschoben, damit das Gas wieder durch das Filter strömt.

## 1.4 Revision, Service

### Verschlusschieber

Als Ergänzung ist zwischen Oberkasten Ausgangsbereich (15) und Sammelkasten (22) noch ein handbetriebener Verschlusschieber (23) eingebaut, mit dem man den Oberkasten Ausgangsbereich vom Sammelkasten trennen kann. Dies darf nur während des Betriebes über die Umgehungsleitung erfolgen. Während dieser Betriebsart ist das Filter völlig vom Gasstrom getrennt und kann auch an den Revisionsdeckeln geöffnet werden, um Servicemaßnahmen durchzuführen.



## 1.5 Messergebnisse

Messung Nr.	1	2	3	4	5	6	
O <sub>2</sub> (%)	14.6	14.7	14.8	10.6	11.2	11.4	
Temp. Rauchgas (°C)	141	151	158	143	137	132	
Abgasstrom, tr (m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	1473	1439	1439	663	629	638	
Feuerungswärmeleistung	478+/-69	462+/-67	457+/-66	349+/-50	314+/-45	313+/-45	

### Resultate bez. akt.% O<sub>2</sub>, 0°C, 1013 mbar, trocken

Staub (N) [mg/m <sup>3</sup> ] vor E-Filter	583	657	595	714	550	615
Staub (N) [mg/m <sup>3</sup> ] nach E-Filter	13.1	11.4	13.3	4.1	3.6	5.1
Wirkungsgrad E-Filter [%]	97.8	98.3	97.8	99.4	99.3	99.2

### Resultate bez. 13 % O<sub>2</sub>, 0°C, 1013 mbar, trocken

Staub (N) [mg/m <sup>3</sup> ]	16.5	14.5	17.1	3.2	3.0	4.2
CO (N) [mg/m <sup>3</sup> ]	214	167	130	39	<10	<10
Abgasstrom, tr. [m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ]	1172	1134	1121	858	771	768

### Auslegung des Filters

Mit der jetzigen Auslegung des Filters wurde mit einer Leistung von 600 KW gefahren. Die erreichten Staubwerte lassen den Schluss zu, dass für eine Auslegung der Anlage mit max. 50 mg/m<sup>3</sup> die gleiche Grösse auch für 800 KW eingesetzt werden kann.

### Kostenvergleich mit handelsüblichen E-Filtern

Die Kosten des Filters sind sehr stark abhängig von einer möglichen Serie, die erstellt werden könnte. Da im unteren Leistungsbereich bis Mitte 2004 praktisch keine vernünftigen Filter auf dem Markt vorhanden waren

ausser Schlauchfilter, ist ein Preisvergleich nur bedingt möglich. Seit 2005 kommen zusätzliche Filterhersteller mit Produkten für solche Anlagengrößen auf den Markt, der dadurch offener wird. Beim im Projekt angewendeten E-Filter mit der speziellen Konstruktion liegt der Hauptvorteil aber weniger beim Preis, da dieser mit grosser Wahrscheinlichkeit etwa gleich teuer kommt wie ein handelsüblicher Filter, sondern in den Abmessungen. Voraussetzung für eine Produktion ist aber eine Mindeststückzahl von 10 pro Jahr.

Der E-Filter hat eine der Leistung entsprechende sehr kleine Höhe sowie eine kleine Grundfläche. Der grösste Effekt könnte entstehen, wenn es möglich wird, dass das E – Filtersystem anstelle des jetzt üblichen Zyklon direkt am Kessel angebaut werden kann. Ob dies möglich ist, konnte noch nicht abschliessend beurteilt werden und hängt noch von einer höheren Belastung des Filters ab.

### **Offene technische Fragen.**

Grundsätzlich sind noch folgende Fragen zu klären.

- Wie hoch kann der E- Filter noch weiter belastet werden und wie wirkt sich dies auf die Abscheidungsleistung aus.
- Gibt es die Möglichkeit, den Filter direkt hinter dem Kessel anzuordnen anstelle des jetzigen Zyklons.
- Während dem Versuchsbetrieb sind doch etliche Störungen aufgetaucht insbesondere in der Konstruktion der Reinigung. Für den Einsatz im Dauerbetrieb ist aber ein störungsfreier Betrieb absolute Bedingung. Die Wartungsintervalle dürfen nur alle zwei Jahre anfallen. (Ausgenommen Wartungsarbeiten, die vom Kunden einfach erledigt werden können)
- Bewährt sich das Reinigungssystem und können Korrosionsschäden ausgeschlossen werden?

### **Patent**

Das Patent in Österreich ist erteilt. Das Europäische Patent ist angemeldet und soll demnächst veröffentlicht werden. Anschliessend müsste das Patent dann auf die verschiedenen nationalen Patente aufgelöst werden. Dies sind allerdings hohe Kosten und eine erfolgreiche Vermarktung muss deshalb vorausgesetzt werden können.

### **Wie geht das Projekt weiter**

Der E- Filter wird noch einige zusätzliche Ergänzungen erhalten und wird dann in der Heizperiode 2005/2006 während des ganzen Winters im Dauerbetrieb mit Altholz am jetzt eingebauten Ort einem Dauertest unterzogen. Mit diesem Dauertest soll insbesondere die angesprochene Verfügbarkeit nachgewiesen werden.

Mit dem Patentinhaber zusammen werden weitere Abklärungen insbesondere im Bereich der Vermarktung aufgenommen. Ob der Filter bei uns produziert werden kann oder direkt im Kessel integriert werden kann, ist noch offen.

## **2. Schlussbemerkung**

Der neue E-Filter hat die Funktion und die Wirkung in den Versuchen bestätigt und könnte im Bereich der Feinstaubproblematik eine Möglichkeit sein, jedoch ist dies noch abhängig von den aufgeführten Punkten, die noch offen sind und gelöst werden müssen.

