

Cheminéeanlage mit Partikelabscheider zur Minderung der Feinstaubemissionen

Projekt Nr. 100387

Vertrag Nr. 150483

Ausgearbeitet durch

Jürg Brenn, Stephan Rauch, Volker Schmatloch

Empa Dübendorf

Peter Rüegg

Rüegg Cheminée AG, Zumikon

Im Auftrag des

Bundesamtes für Energie

Schlussbericht Juni 2005

Auftraggeber:

Forschungs-Programm Biomasse des
Bundesamtes für Energie

Auftragnehmer:

Empa, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf
Rüegg Cheminée AG, 8126 Zumikon

Autoren:

Jürg Brenn
Stephan Rauch
Dr. Volker Schmatloch
Peter Rüegg

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

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen • Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 • office@bfe.admin.ch • www.admin.ch/bfe

Der Bericht kann auf www.energieforschung.ch bezogen werden.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung / Abstract	4
Vorwort.....	5
1 Projektziele	6
2 Durchgeführte Arbeiten	6
2.1 Aufgaben- und Zielvereinbarung	6
2.2 Provisorium.....	6
2.3 Bau der Pilot-Cheminéeanlage mit Partikelabscheider.....	7
2.4 Modellrechnungen	8
2.5 Testläufe	8
2.6 Abgasmessung für das Qualitätssiegel	9
2.7 Inbetriebnahme bei Rüegg	10
2.8 Fertigstellen der Anlage.....	11
2.9 Betrieb der Anlage bei Rüegg	11
3 Messresultate	12
3.1 Partikelanzahl-Messungen	12
3.2 Gravimetrische Messungen	13
4 Weiterentwicklung Steuergeräte.....	14
5 Bewertung und Ausblick	15
6 Dank	15
7 Referenzen	15

Zusammenfassung

Der an der Empa entwickelte elektrostatische Partikelabscheider für kleine Holzfeuerungen konnte ohne wesentlichen konstruktiven Mehraufwand für den Einbau in eine Cheminéeanlage der Firma Rüegg Cheminée AG adaptiert werden. Verbesserungen an Elektrode und Steuergerät lassen eine hohe Zuverlässigkeit der Bauteile erwarten. Messungen vor Ort haben gezeigt, dass die anvisierten Ziele bezüglich Abscheideeffizienz erreicht wurden.

Die Projekt-Cheminéeanlage wurde durch die Firma Rüegg Cheminée AG im Hauptsitz in Zumikon neu erstellt und der Partikelabscheider inklusive der vorgesehenen Messstellen eingebaut.

Im Verlaufe der Testläufe zeigte es sich, dass die elektrische Durchführung auf Grund der speziellen Einbaulage modifiziert werden musste. Ebenso konnte durch eine neue Regelung der Hochspannungsstufen im Steuergerät die Partikelabscheidung weiter optimiert werden.

Bezüglich Partikelanzahl wurde eine mittlere Abscheideeffizienz von 73 % erreicht. Jene bezüglich Partikelmasse lässt sich wegen des stark variierenden Rohgasstaubgehaltes und der speziellen Probennameverhältnisse nur angenähert bestimmen. Sie lag im Mittel in der Nähe von 50 %.

Die gesamte Stromaufnahme im regulären Betrieb liegt bei ca. 13 Watt. Im Bereitschaftsmodus erreicht sie 3.3 Watt.

Auf eine regelmässige Reinigung durch den Betreiber kann verzichtet werden, da die abgelagerte kohlenstoffhaltige Partikelmasse beim Erreichen einer genügend hohen Temperatur von Zeit zu Zeit abglimmt. Die geringe festgestellte resultierende Verunreinigung lässt auf ein jährliches Kontrollintervall schliessen, mit eventueller Reinigung von Isolator und Durchführung.

Abstract

Empa has developed a particle separator for small wood furnaces. This device was implemented without constructive adjustments in a wood furnace. Further improvements on the electrode and the electronic control unit are expected to lead to a high reliability. Measurements on site have shown that the aims of the project regarding particle separation could be reached.

A new wood furnace as test system has been installed for the project at Rüegg Cheminée AG in Zumikon and the particle separator, including several measuring points, was installed.

The electric high voltage bushing had to be modified during the project due to the rearranged installation position. Additionally, the control of the high voltage steps has been optimized.

Finally, a mean particle number separation of 73% was reached. Due to the highly varying raw gas particle concentration and the specific sampling conditions, the particle mass separation could only be determined at about 50%.

The total current consumption was near 13 Watt during operation and at 3.3 Watt in stand-by mode.

Additional cleaning by the user seems not to be necessary, since the deposited carbonaceous particles are glowing in the chimney at high temperatures. However, one annual control interval with cleaning the isolator and high voltage bushing by the sweep seems to be enough.

Vorwort

Holzfeuerungen haben heute wieder einen zunehmend guten Ruf. Dies aus folgendem Grund: Sie erzeugen die gewünschte Wärme mit dem erneuerbaren Energieträger Holz. Somit tragen sie dazu bei, das Problem „Treibhauseffekt“ zu entschärfen.

Trotz des grossen Vorteils der Energieerzeugung mit Holz, müssen gewisse Problemstellungen bei der Holzverbrennung Beachtung finden. Ein gewichtiger Nachteil gegenüber anderen Energieerzeugungssystemen ist der heute immer noch recht hohe Schadstoffausstoss bei der Holzverbrennung. Hinsichtlich der Emissionen bei Holzfeuerungen interessieren heute insbesondere die Staubpartikel, die mit den Abgasen in die Umwelt gelangen. Es ist vor allem der Feinstaub (PM 10), der nachgewiesenermassen für viele Atemwegserkrankungen mitverantwortlich ist.

Die heute im Markt verfügbaren Systemtechniken auf dem Sektor der Kleinholzfeuerung (Cheminée, Cheminée- und Kachelöfen) werden trotz ihres guten verbrennungstechnischen Standards im Bezug auf die Minimierung des Schadstoffausstosses weiter unter Druck geraten. Um diesem Druck Stand zu halten, wird in der Branche und in Forschungskreisen nach innovativen Lösungen gesucht.

1 Projektziele

Gemäss schweizerischer Holzenergiestatistik machen die Kleinholzfeuerungen den Hauptanteil der installierten Feuerungen aus. Sie liefern einen nicht vernachlässigbaren Anteil zur Belastung der Luft mit dem gesundheitsschädigenden Feinstaub. Der Reduktion der Feinstaubemissionen durch verbesserte Verbrennungsführung sind in dieser Leistungsklasse enge Grenzen gesetzt. Partikelfilter wurden bisher aufgrund des Gegendrucks nicht eingesetzt.

Im vorliegenden Projekt wurde eine moderne Cheminéeanlage der Firma *Rüegg Cheminée AG* mit einem von der *Empa* entwickelten elektrostatischen Partikelabscheider Pab ausgerüstet und dessen Wirksamkeit während dem Betrieb über eine Heizsaison nachgewiesen. Ziel war die Reduktion der Feinpartikelemissionen um mindestens die Hälfte.

In einer ersten Phase sollte der Pab auf die ausgewählte Anlage angepasst und optimiert werden. Vor dem Einbau in die neu aufgebaute Cheminéeanlage wurde die Funktionstüchtigkeit im Labor getestet.

In der zweiten Phase wurde die Wirksamkeit und das Verhalten des Pab im Einsatz über eine Heizsaison gemäss festgelegtem Messkonzept überprüft.

2 Durchgeführte Arbeiten

2.1 Aufgaben & Ziel- Vereinbarung

Mit Peter Rüegg von *Rüegg Cheminée AG* wurden der Aufbau und die Auslegung der Anlage besprochen. Wir haben uns für das Modell *Uranus 570 HK Flach* mit seitlich gezogenem Kamin entschieden. Weiter wurde ein Pflichtenheft für die Steuerung, insbesondere die Anzeigen für den Betreiber, erarbeitet.

2.2 Provisorium

Um erste Messungen machen zu können, Ablagerungen zu beobachten und Grundsätzliches zu klären, wurde bei der Firma *Rüegg Cheminée AG* in Zumikon an der alten, bestehenden Anlage im Foyer (Abbildung 1) ein Filtereinsatz eingebaut. Dies war mit kleinem Aufwand möglich, weil das Kaminrohr hinter dem Foyer frei durch einen Abstellraum führt (Abbildung 2).

Die Anlage lief vom 19.2.04 bis 28.8.04 mit den Steuergeräten SG02 und SG03. Vom SG03 sind 1500 Betriebsstunden dokumentiert. Am 19.2.04 wurden Feinpartikel-Anzahlmessungen mit einem CPC durchgeführt. Der Abscheidegrad betrug ca. 50%. Die verwendete Elektrode stammt aber aus Versuchen mit Rauchrohrquerschnitten um 180mm. Beim jetzigen Kamindurchmesser von 250mm könnte die Wirkung mit einer längeren Elektrode möglicherweise gesteigert werden, ohne Überschläge zu riskieren. Am Ende der Betriebsphase waren die Ablagerungen im Kamin gering (5-10mm). Das selbstständige Abglimmen der Russablagerungen konnte beobachtet werden.

Weiter hat sich gezeigt, dass eine *Patentelektrode* aus Stahl ungeeignet ist, zumal die verwendeten Elektroden-Prototypen nicht rostfrei waren und an und für sich nur für einmalige Wirkungsgradmessungen hergestellt worden waren.



Abbildung 1 Alte Versuchsanlage Omega im Foyer der Firma *Rüegg Cheminée AG* in Zumikon (Quelle: Eigene Fotos)



Abbildung 2 Provisorium an der Rauchgasleitung im Abstellraum mit SG02 (Quelle: Eigene Fotos)

2.3 Bau der Pilot-Cheminéeanlage mit Partikelabscheider

Für den Einbau hinter der Cheminéeeverkleidung musste der Filtereinsatz angepasst werden. Die Spülluft wird neu mittels eines Aluflexschlauches zugeführt, in dem auch die Kabel verlegt sind. Auf diese Weise sind die Kabel gekühlt und geschützt, der Ventilator in eine kühlere Zone verlagert und das Steuergerät wird gleichzeitig mit der Spülluft gekühlt (Abbildung 3). Der Partikelabscheider ist horizontal im gezogenen Teil des Abgasrohres platziert (Abbildung 4). Auf diese Weise ist eine gute Zugänglichkeit für Inspektions-, Montage- und Wartungsarbeiten gewährleistet. Auch konnten so die Anströmungsbedingungen eingehalten werden. Am frei zugänglichen Rohrstück durch die hinter der Anlage liegende Abstellkammer werden Messtutzen vorgesehen. Für die Pilotanlage wurden Wolfram-*Patentelektroden* hergestellt und verwendet.

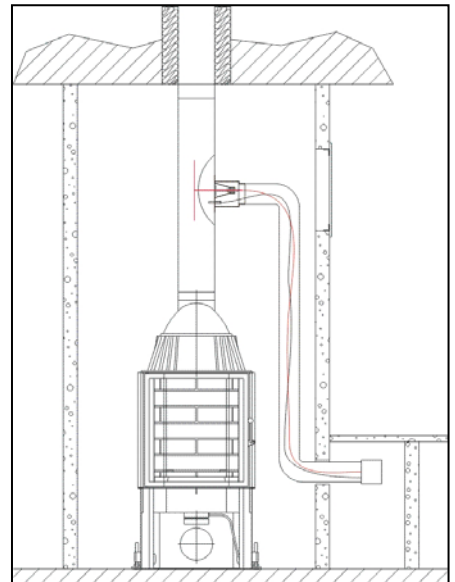


Abbildung 3 Gesamtkonzept (Quelle: Zeichnung von *Rüegg Cheminée AG* und eigene Ergänzungen)



Abbildung 4 Aufbau Pilotanlage mit seitlich gezogenem Kamin. Der Filtereinsatz ist zur Konzeptbeurteilung unten befestigt. In der definitiven Ausführung ist die Position oben auf dem Abgasrohr (Quelle: Eigene Fotos)

2.4 Modellrechnungen

In der Konzeption des Partikelabscheiders kommt der Hochspannungsdurchführung ins Abgasrohr besondere Bedeutung zu. Neben den mechanischen, elektrischen und thermischen Anforderungen, denen der Isolator zu genügen hat, muss sichergestellt sein, dass die Isolationswirkung nicht durch Partikelablagerungen auf der Isolatoroberfläche beeinträchtigt wird. Dies kann durch eine minimale Umspülung mit Frischluft erreicht werden. Mittels CFD-Berechnungen (CFD: Computational Fluid Dynamics) wurden für verschiedene Varianten Strömungsverlauf und Temperaturverteilung um den Isolator herum bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen berechnet.

Abbildung 5 zeigt die Strömungsverhältnisse um den Isolator herum. Durch die Berechnungen wurde deutlich, dass für einen Aufbau wie bei den aktuellen Prototypen des Partikelabscheiders eine Spülluftmenge von 2.5 m³/h ausreichend sein sollte, um einen Staubbiederschlag auf dem Isolator zu vermeiden. Bei nur 1.3 m³/h ergaben sich nach den Rechnungen Anzeichen dafür, dass bei bestimmten Betriebszuständen schon Ablagerungen am Isolator auftreten könnten.

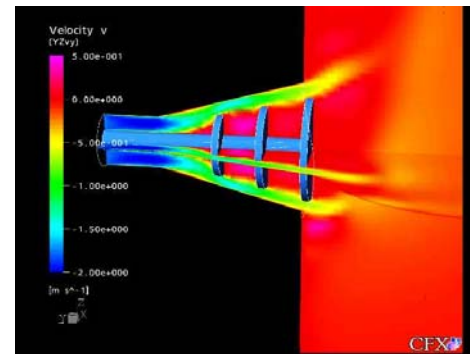


Abbildung 5 Strömungsgeschwindigkeit im Bereich des Isolators.

2.5 Testläufe

Ein neuer Filtereinsatz mit Luft- und Kabelführung im Schlauch wurde an der *Empa* am vorhandenen *Fröhling Pellet-Kessel* einem Langzeitversuch unterzogen. Dabei zeigten sich unerwartete Probleme mit dem Steuergerät SG5. In enger Zusammenarbeit mit der *Abteilung Elektrotechnik der HTI Burgdorf* wurden diese Probleme behoben und eine neue Version (SG5_V03) der Steuereinheit geschaffen. Diese wurde vom 1.9.04 bis 4.11.04 während ca. 1600 Betriebsstunden mit einer Dauerbelastung von ca. 220 uA getestet. Am 4.11.04 ist das Gerät ausgefallen, da es durch Verschmutzung der Versuchsumgebung durch 'Hausstaub' zu Überschlügen an der Anlage kam. Da das Steuergerät nicht für Überschlüge ausgelegt war (ohne obligatorischen Schutzwiderstand betrieben), ging der Mikroprozessor defekt. Das Gerät lief nach der Reparatur mit neuem Prozessor vom 31.1.05 bis 20.4.05 weitere 1700 Betriebsstunden problemlos.

Vom 20.9.04 bis 20.4.05 wurde ein Dauerbetrieb mit Überschlügen alle 5 – 60 s realisiert. Das entspricht ca. 5000 Betriebsstunden oder 2,5 Mio. Überschlüge. Der Gesamtaufbau mit Aluflexschlauch und definitiver Durchführung, Isolator, Thermostat, etc. wurde am *Fröhling Pellet-Kessel* von 14.9.04 bis 7.11.04 mit 650 Betriebsstunden, ca. 150 reguläre Ein-Aus-Schaltungen über Thermostat, getestet.

2.6 Abgasmessung für das Qualitätssiegel

Für kleine Holzfeuerungen gibt es in der Schweiz keine eigentliche Typenprüfung mit vorgeschriebenen Grenzwerten. Um das Qualitätssiegel der Holzenergie Schweiz zu erhalten, müssen Messungen basierend auf europäischen Normen durchgeführt werden.

Ein Partikelabscheider bestehend aus Steuergerät und Rauchrohreinlass mit *Patentelektrode*, deren Auslegung bezüglich Leistung und Abmessungen der neuesten Version entspricht (aber noch mit unregelmäßiger Hochspannung arbeitete), wurde auf einen handelsüblichen Cheminéeofen montiert und durch die Prüfstelle Feuerungen der *Empa* in Anlehnung an die Qualitätssiegemessung einer Prüfung unterzogen. Die Resultate sind im *Empa-Bericht Nr. 841086* zusammengefasst [1]. Beim Normalbetrieb mit Stückholz wurden sehr hohe Abscheideraten erzielt. Die Abscheideeffizienz bezüglich Partikelanzahl lag bei über 80 %, in punkto Partikelmasse bei über 70 %.

In der folgenden Tabelle sind die wesentlichen Resultate dieser Messungen zusammengefasst. Alle Werte sind auf 13 % O₂ normiert. Wegen der stark variierenden Partikelemissionen im Verlaufe eines Abbrandes wurde dieser in zwei Phasen unterteilt. Beim Betrieb der Feuerung mit Überlast wurde in der ersten Abbrandphase eine deutlich geringere Abscheiderleistung erreicht, da infolge der sehr hohen Partikelkonzentration Überschlüge auftraten. Dies führte wegen der Schutzschaltung zu kurzzeitigem Ausschalten und damit zu einem intermittierenden Betrieb des Abscheiders.

Feuerung Normallast	Anzahl 1/cm3		Masse mg/Nm3	
	1. Phase	2. Phase	1. Phase	2. Phase
Mittel ohne Abscheider	2.98E+07	5.24E+07	67	77
Mittel mit Abscheider	6.73E+06	7.32E+06	12	31
Abscheidegrad (%)	77.4	86	82.6	59.7
Mittel Abscheidegrad (%)	81.7		71.2	
Feuerung Überlast	Anzahl 1/cm3		Masse mg/Nm3	
	1. Phase	2. Phase	1. Phase	2. Phase
Mittel ohne Abscheider	2.94E+07	5.07E+07	289	73
Mittel mit Abscheider	1.15E+07	9.62E+06	180	15
Abscheidegrad (%)	60.8	81	37.8	78.9
Mittel Abscheidegrad (%)	70.9		58.3	

2.7 Inbetriebnahme bei Rüegg

Am 20.10.04 wurde die Anlage bei *Rüegg* in Betrieb genommen (Abbildungen 6 bis 12).



Abbildung 6 Neuer Filtereinsatz, vor Inbetriebnahme von vorne (Quelle: Eigene Fotos)



Abbildung 7 Neuer Filtereinsatz, vor Inbetriebnahme von hinten (Quelle: Eigene Fotos)

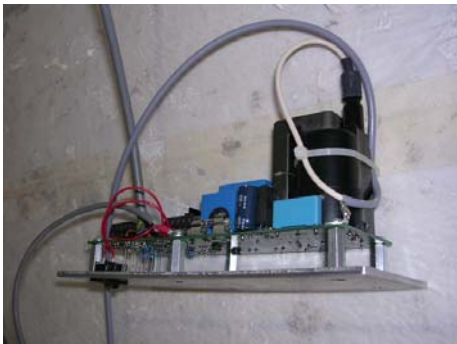


Abbildung 8 SG5 als Einschubmodul auf Frontplatte montiert. (Quelle: Eigene Fotos)



Abbildung 9 Neue Cheminéeanlage, im Vordergrund das eingeschobene Steuergerät. Bis zum Abschluss der Malerarbeiten noch mit einem provisorischem Frontpanel aus Aluminium. (Quelle: Eigene Fotos)



Abbildung 10 Blick durch Wartungsöffnung. Inspektionsdeckel des Kaminsrohres offen. (Quelle: Eigene Fotos)



Abbildung 11 Fertige Anlage im Rohbau. (Quelle: Eigene Fotos)



Abbildung 12 Erste Inbetriebnahme, Wartungsöffnung offen. (Quelle: Eigene Fotos)

2.8 Fertigstellen der Anlage

Anfänglich waren sowohl die Standzeit (Verschmutzung), sowie der erzielbare Abscheidedegrad unbefriedigend. Dies konnte durch eine Modifikation der Durchführung und eine Regelung der Hochspannungsstufe verbessert und gelöst werden.

Abschliessend wurde die Anlage nach den Vorlagen eines Innenarchitekten gestaltet und die Frontplatte des SG5 angepasst.



Abbildung 13 Fertige Anlage.
(Quelle: Eigene Fotos)

2.9 Betrieb der Anlage bei Rüegg

Das Steuergerät SG5 lief während ca. 2700 Betriebsstunden, 350 davon Filterbetrieb (Hochspannung), die restlichen Stunden im 'stand by'. Der Stromverbrauch betrug:

- im Betrieb: 12 W
- in Ruhe: 3.3 W

Die Stromkosten seit der Inbetriebnahme im November 2004 betragen 0.8Fr (11.5kWh à 0.069Fr). Es fiel kein Verbrauchsmaterial an.

Die Verunreinigung lässt auf ein jährliches Kontrollintervall des Filtereinsatzes schliessen, bei der eventuell der Isolator und der Durchführungskonus zu reinigen ist.

3 Messresultate

Gemessen wurde jeweils über einen ganzen Abbrand (Ausschlagen der ersten Flammen bis zum Erlöschen der letzten Flammen). Es wurde jeweils 3 kg Buche und etwas Tanne zum Anfeuern auf ein bestehendes Glutbett gelegt und verbrannt. Die Dauer der Abbrände betrug 40 bis 50 min.

3.1 Partikelanzahl-Messungen

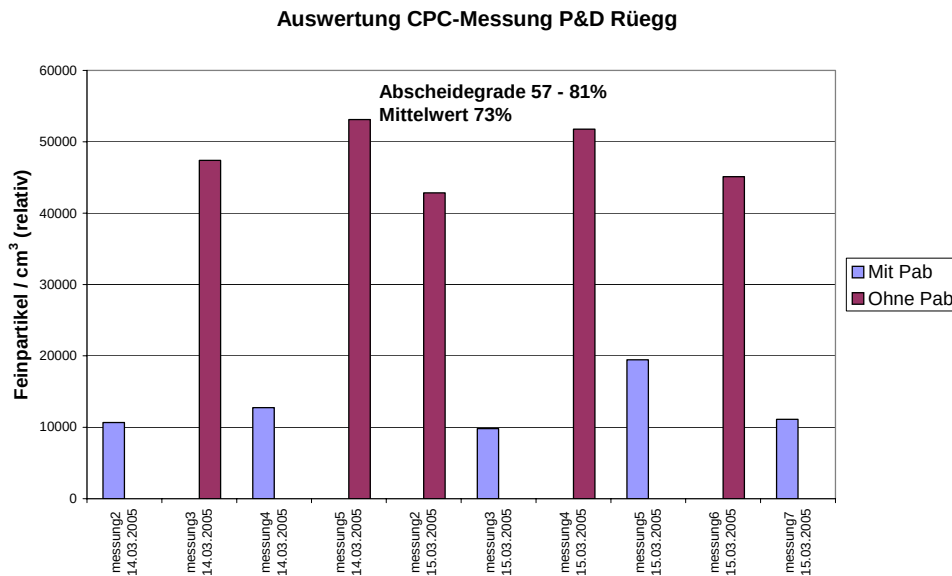


Abbildung 15 Diagramm Auswertung CPC-Messung P&D Rüegg. (Quelle: Eigene Daten)

Die Anzahl Feinpartikel/cm³ ist relativ und wurde nicht genormt. Wenn alle Messungen mit den Abbränden davor und danach verglichen werden, schwankt der Abscheidegrad bezüglich Partikelanzahl zwischen 57 und 81%. Der Mittelwert liegt bei 73%.

3.2 Gravimetrische Messungen

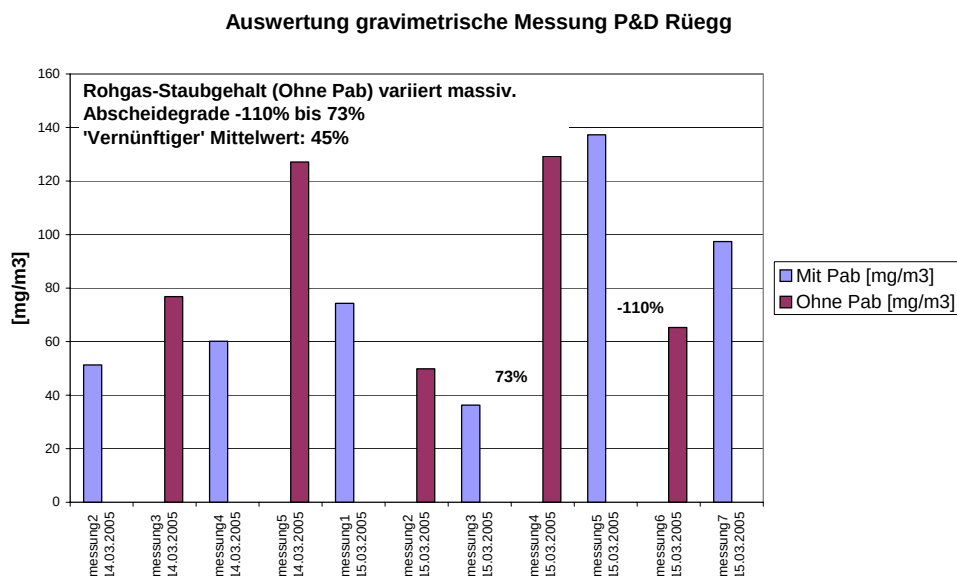


Abbildung 14 Diagramm Auswertung gravimetrische Messung P&D Rüegg. (Quelle: Eigene Daten)

Die Resultate wurden auf 10% O₂ normiert. Die Auswertung der gravimetrischen Messungen ist schwierig, weil der Rohgasstaubgehalt (Staubgehalt ohne Partikelabscheiderbetrieb) stark variiert. Dies kann an der Unterschiedlichkeit der Holzscheite und den Anfangs- und Randbedingungen der einzelnen Abbrände liegen.

Wenn alle Messungen mit den Abbränden davor und danach verglichen werden, schwankt der gravimetrisch ermittelte Abscheidegrad zwischen -110 und 73%. Der Mittelwert liegt bei ca. 45% liegen. Die grosse Diskrepanz zur Qualitätssieglmessung (siehe oben) kann nicht erklärt werden. Es sei aber auf die dortigen Bemerkungen bezüglich gravimetrischer Probenahme im elektrostatischen Feld hingewiesen.

4 Weiterentwicklung Steuergeräte

Die *Abteilung Elektrotechnik der HTI Burgdorf* hat in unserem Auftrag die Steuergeräte SG5 und SG6 entwickelt und gebaut.

Gerät	Anzeigen/Funktionen	Bemerkungen
SG5	LED1 on: Netzspannung EIN	
	LED2 on: Thermoschalter geschlossen	
	LED3 on: HS EIN	
	LED3 blinkt: Überstrom ($I > 500\mu A$ +/- $50\mu A$) HS AUS	
	LED4 blinkt: Unterstrom ($I < 30\mu A$) HS EIN	
	LED5 on: Stromkreis Ventilator geschlossen	-> Änderung!
	U Leerlauf max. 18.9kV	
	U in 5 Stufen einstellbar (im Gerät) 13-18KV Leerlauf	-> Änderung!
	Hochspannungsstufe geregelt	-> Änderung!
	Einschaltverzögerung und Nachlauf Ventilator-HS 30s	
	Einschaltverzögerung nach ÜS oder Kurzschluss 10s	
	Temperaturschaltung mittels Thermoschalter (Thermostat)	-> Änderung!
	Leistungs stärkerer NS-Trafo	-> Änderung!
	Serienwiderstand am HS-Ausgang	-> Änderung!
SG6 mit HSV1.3	LED1 on: Netzspannung EIN	
	LED2 on: Thermoschalter geschlossen	
	LED3 on: HS EIN	
	LED4 on: Überstrom ($I > 500\mu A$ +/- $50\mu A$) HS AUS (zeitverzögert wieder EIN)	
	LED5 on: Unterstrom ($I < 30\mu A$) HS EIN	
	LED6 on: Stromkreis Ventilator geschlossen	
	U Leerlauf max. 15.2kV	
	U in 3 Stufen einstellbar (im Gerät HSV1.3 anders verkabeln)	
	Einschaltverzögerung und Nachlauf Ventilator-HS 30s	
	Einschaltverzögerung nach Überstrom 10s	Träge Erkennung von aufeinanderfolgenden Überschlägen oder Kurzschluss
	Temperaturschaltung mittels Thermoschalter (Thermostat)	

SG5 ist in dieser Form in der Pilotanlage eingebaut.

SG6 ist ein Reservemodell mit etwas weniger Leistung und ohne Mikroprozessortechnik.

5 Bewertung und Ausblick

Die Ziele des Projektes wurden erreicht. Die konstruktive Anpassung des an der Empa entwickelten elektrostatischen Partikelabscheiders an den Einsatz in der Cheminéeanlage erfolgte ohne Probleme. Die einzelnen Bauteile wie Elektrode und Steuergerät konnten nochmals wesentlich verbessert werden, insbesondere bezüglich Überschlagfestigkeit. Die Integration des Pab beim Aufbau der Cheminéeanlage bei der Firma Rüegg Cheminée AG bot keine besonderen Schwierigkeiten und kann auch vom Design her als gelungen bezeichnet werden.

Die Zahl der emittierten Feinpartikel wird durch den Einsatz des Pab im Mittel auf deutlich weniger als die Hälfte reduziert. Die Partikelabscheidung im Abgasrohr führt zu keinem messbaren abgasseitigen Druckanstieg und die Verbrennungsqualität wird nicht beeinflusst. Da durch das zeitweilige Abglimmen der Ablagerungen ein „Selbstreinigungseffekt“ erreicht wird, ist während einer Heizperiode keine zusätzliche Reinigung notwendig. Da auch die Stromaufnahme im Betrieb sehr niedrig ist, bleiben die Betriebskosten sehr gering.

Die Demonstrationsanlage und die erreichten Resultate wurden am 26.4.2005 der Branche und interessierten Kreisen vorgestellt.

Das Projekt wurde von einer Fach-Jury für den 5. Umweltpreis der Schweiz im Rahmen der ILMAC 05 nominiert.

Zur Information der Öffentlichkeit über den Entwicklungsstand und die physikalischen Grundlagen des Partikelabscheiders wurde eine Internetseite eingerichtet [2].

Die Empa hat die Nutzungsrechte der 6 Partikelabscheider-Patente inzwischen exklusiv an die Firma Rüegg Cheminée AG abgegeben. Die Fa. Rüegg Cheminée AG hat sich bereits im vorgängigen Entwicklungsprojekt engagiert und auch im vorliegende P&D-Projekt massgeblich mitgewirkt.

6 Dank

Das Projektteam dankt dem Bundesamt für Energie für die Unterstützung des Projektes, die eine Übertragung der Laborentwicklung in die Praxis ermöglicht hat.

7 Referenzen

- [1] **Partikelabscheidertest an Holzfeuerung**, Empa Bericht Nr. 841086 vom 12.11.2004
- [2] **Internetseite Partikelabscheider www.minipap.ch**