

Hans Hartmann, Peter Turowski und Susanne Kiener

Elektrostatische Staubabscheider für Holz-Kleinfeuerungen

Kleine Elektroabscheider könnten bei häuslichen Holzfeuerungen künftig zur Minderung der Feinstaubemissionen beitragen. Drei Prototypen wurden daher über eine komplette Heizperiode im Rahmen einer Felderprobung mit insgesamt 10 Abscheidern untersucht und zusätzlich in Dauerversuchen am Feuerungsprüfstand erprobt. Die mittleren Abscheidegrade lagen zwischen 12 und 80 %. Bis zur Praxisreife müssen noch einige betriebsbedingte Probleme und Störungsrisiken überwunden werden. Auch die Prüfverfahren müssen weiterentwickelt und standardisiert werden.

Schlüsselwörter

Staubabscheider, Feinstaub, Holzfeuerung, Kaminofen, Elektrofilter, Staubemission

Keywords

Particle filters, wood furnace, stove, ESP, particle emission

Abstract

Hartmann, Hans; Turowski, Peter and Kiener, Susanne

Electrostatic precipitators for small scale wood furnaces

Landtechnik 65 (2010), no. 5, pp. 342-345, 4 figures, 1 table

Small electrostatic precipitators (ESP) can in the future largely contribute to the reduction of fine particle emissions from residential wood furnaces. Therefore three prototypes were tested over a complete heating season in a field testing campaign with a total of 10 ESP's. Long term tests were also performed at a combustion test stand. The measured mean removal efficiencies were inconsistent between 12 and 80 %. Prior to any market implementation several operational and breakdown risks have still to be tackled. Also the test methods for determining the removal efficiency need improvement and standardization.

■ Gesundheitsgefährdende Feinstpartikel in der Atemluft, d.h. Teilchen mit einer Größe von weniger als 10 µm, stammen zu einem großen Teil aus Verbrennungsprozessen. Einzelfeuerstätten und häusliche Zentralheizungen für Holzbrennstoffe tra-

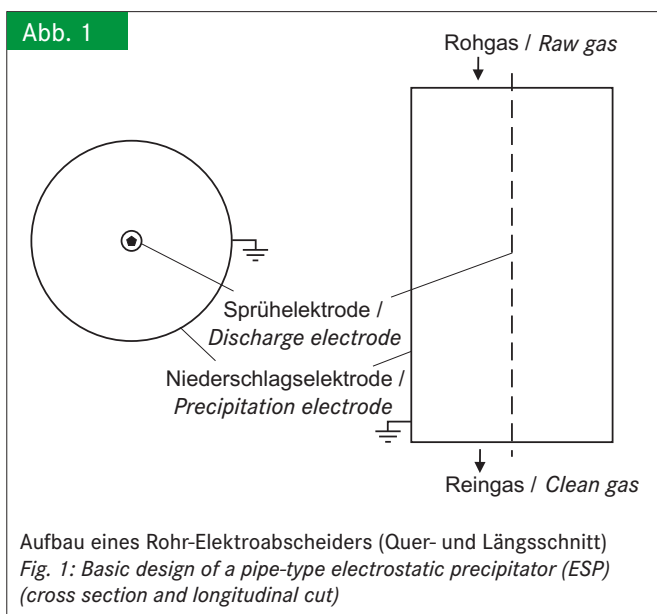
gen hier eine große Mitverantwortung. Daher wurden die Anforderungen an die Staubemission solcher Feuerungen und deren Überwachung in Deutschland im März 2010 verschärft, weitergehende Beschränkungen treten im Januar 2015 in Kraft.

Die Einhaltung dieser und künftiger Grenzwerte kann u. a. durch Verwendung nachgeschalteter Staubabscheider sichergestellt werden. Eine Reihe europäischer Entwickler und Hersteller sieht hierin einen interessanten Zukunftsmarkt. Erste Prototypen existieren bereits. In Prüfstands- und Praxistests wurden einige dieser Konzepte untersucht und bewertet.

Abscheideprinzip und Bauart

Bei den drei untersuchten Abscheiderkonzepten wird einheitlich das Prinzip des Rohr-Elektroabscheiders angewendet. Ein elektrisch geladener Draht oder Stab wird in die Mitte des Abgasrohrquerschnitts eingebracht und mit einer Spannung zwischen 15 und 33 kV beaufschlagt (**Abbildung 1**). Die Partikel werden beim Durchtritt durch das elektrische Feld zwischen zentraler Elektrode und Rohrwand elektrisch geladen. Das bewirkt, dass sich die Teilchen zu der metallischen Rohrwand hin bewegen und ihre elektrische Ladung an sie abgeben. Zum Teil bleiben sie dort haften und/oder agglomerieren mit anderen Partikeln und können durch manuelles Reinigen mit der Bürste oder durch einen Rüttelmechanismus abgelöst werden. Im Vergleich zu filternden Abscheidern liegt der Vorteil dieses Prinzips u. a. in dem geringen Druckverlust im Abgasweg und in der kostengünstigen Bauweise. Es werden Preise ab 1 500 € erwartet.

Drei Prototypen waren an der Untersuchung beteiligt (**Abbildung 2**): Ein Mehr-Rohr-Abscheider für Heizkessel mit aktiver Abreinigung durch einen Rüttelmechanismus („SFF20“ bzw. „SFF50“ der Fa. Spanner RE², Neufahrn), ein Schornsteinaufbau (Typ „APP R_{residential} ESP“ der Fa. APP, Norwegen) sowie ein Abgasrohr-Einbau (Typ „Zumikron“ der Rüegg Cheminée AG, Schweiz).



Feldversuch

Zehn Privathaushalte in der Region Straubing wurden für einen Feldversuch ausgewählt, so dass insgesamt sieben Einzelfeuerstätten und drei Zentralheizungskessel mit einem der drei Abscheidertypen über eine volle Heizperiode betrieben werden konnten. Dabei wurden u. a. die eingesetzte Brennstoff- und die abgeschiedene Staubmenge aufgezeichnet und Störungen protokolliert bzw. zeitnah behoben.

Unter den realen Einsatzbedingungen wurden vielerlei Problemfelder und Optimierungsansätze identifiziert. Im Einzelnen wurden – gleichmäßig verteilt über die drei verschiedenen Abscheidertypen – die folgenden Schwachstellen oder Störungen

beobachtet (zum Teil mehrfach): Spannungsüberschläge, Ausfall der Elektrodenspülluft, Durchbrennen der Elektrosicherung, Displayausfälle, Elektrodenbruch, Befestigungsprobleme, Sensordefekte, Hochspannungsausfall, Kaminzugprobleme, Regenwassereintritt, Abstimmungsprobleme mit der Feuerung und Lärmbelästigung. Größere Akzeptanzprobleme bei den Nutzern ergaben sich bei Einbauten in Wohnräumen (Typ Zumikron). Aufbauten auf der Schornsteinmündung werden dagegen oft durch fehlende Voraussetzungen für einen Einbau und durch fehlenden Dachzugang für die regelmäßig erforderliche Reinigung behindert (Typ APP $R_{\text{residential}}$ ESP).

Starke Verschmutzung der Elektroden und Isolatoren (**Abbildung 3**) führten bei allen Abscheidern zu gelegentlichen oder auch häufigeren Störungen und Kurzschlüssen. Hieran ist erkennbar, dass bis zu einem problemlosen und großflächigen Praxiseinsatz noch ein erheblicher Verbesserungsbedarf besteht. Einige Lösungsansätze wurden aber bereits während der Erprobungen gefunden.

Weil im Feldversuch keine direkte Messung der Staubabscheidung möglich war, wurde aus der Masse der jeweils gesammelten Schornstein- bzw. Abscheiderasche ein Höchstwert der damit theoretisch maximal vermiedenen Staubemissionen errechnet. Bei den Einzelfeuerstätten liegt die so bestimmte maximale Staubminderung zwischen 4 und 179 mg/Nm³ (**Tabelle 1**). Beim Pelletkessel ist die Staubemissionsminderung mit 5 mg/Nm³ erwartungsgemäß deutlich geringer, während für den Hackgutkessel und den Scheitholzkessel mit Werten über 100 mg/Nm³ eine beachtliche Minderung des Staubaustoßes ermittelt wurde.



Beispiele für den Abscheidereinbau im Feldversuch; links: Zumikron im Ofenrohr eines Kaminofens, Mitte: APP $R_{\text{residential}}$ ESP auf Schornsteinmündung, rechts: Spanner SFF20 an Pelletkessel. Fotos: TFZ
 Fig. 2: Examples of precipitators used in field tests; left: Zumikron in flue gas pipe of a stove; middle: APP $R_{\text{residential}}$ ESP in chimney top; right: Spanner SFF20 with pellet boiler

Abb. 3



Zur Reinigung herausgenommene Elektrodenhalterung des Zumikron-Abscheiders nach Betrieb

Fig. 3: Electrode clamp of the Zumikron ESP, demounted for cleaning after use

Prüfstandsmessungen und Dauerversuche

Mit den drei Abscheidertypen wurden Langzeitversuche mit jeweils ca. sechswöchiger praxistypischer Betriebsweise am Prüfstand durchführt. Die drei Abscheidertypen kamen an jeweils einem „modernen“ und einem „einfachen“ Kaminofen

bzw. an einem älteren Scheitholz-Zentralheizungskessel zum Einsatz. Der Abscheidegrad wurde wöchentlich bestimmt durch gravimetrische Staubprobennahme unter Verwendung eines Verdünnungstunnels nach dem Abscheider und mittels einer eigens für die Messungen entwickelten geregelten Teilstromverdünnung vor dem Abscheider.

Die Ergebnisse zeigen einen tendenziell geringeren Abscheidegrad, wenn im Rohgas hohe Staubemissionen vorliegen (**Abbildung 4**). Mit dem APP $R_{\text{residential}}$ Abscheider kann bei Einzelfeuerstätten eine mittlere Abscheidung von über 60 % erreicht werden, während der Zumikron mit weniger als 20 % Abscheidegrad im hier gewählten Versuchsaufbau (d.h. ca. 1,5 m Abscheiderrohr nach der Sprühelektrode) kaum Wirkung entfaltete. In der Praxis könnte dieser Wert jedoch höher liegen, das zeigen die Feldversuchsergebnisse (**Tabelle 1**).

Derartig niedrige Abscheidegrade sind stets begleitet von sehr hohen Messwertschwankungen (hier: Variationskoeffizient VK bei ca. 200 %) und es kam bei einigen Einzelwerten sogar zu negativen Abscheidegraden mit dem Typ Zumikron. Das lässt darauf schließen, dass die Staubprobennahme erheblich durch elektrostatisch geladene Partikel beeinflusst werden kann, da die Partikel zur Probennahmedüse hin abgelenkt werden können und somit die Staubkonzentration möglicherweise überschätzt wird. Bei Abscheidern mit höherer Effizienz ist

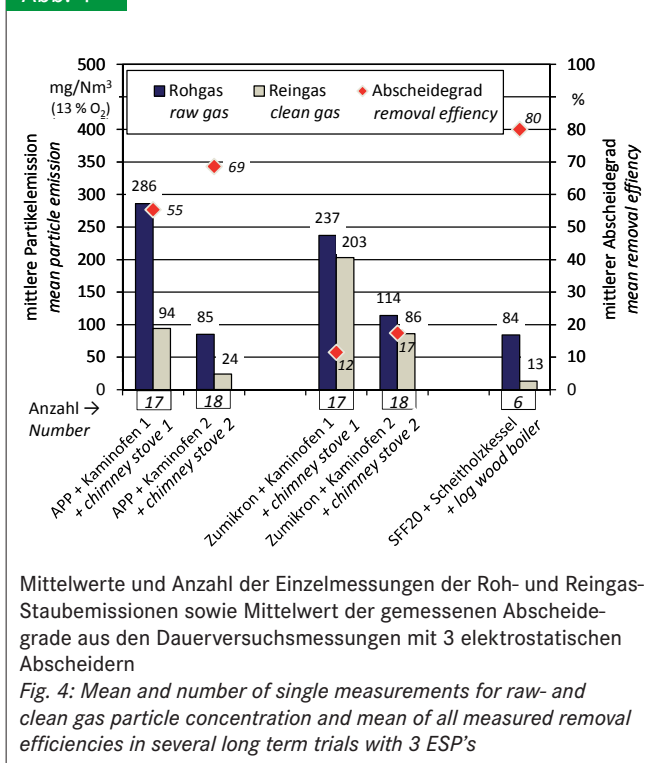
Tab. 1

Im Feldversuch abgeschiedene Asche, berechnet als maximale Staubminderung im Abgasvolumenstrom bei 13 % O_2 -Gehalt

Table 1: Ash separated during the field tests, calculated as particle emission reduction in the flue gas based on 13 % O_2 content

Praxisfall <i>Practise case</i>	Brennstoffverbrauch <i>Fuel consumption</i> (kg/a)	Maximal mögliche vermiedene Staubemission <i>Max. possible dust emission prevention</i> (mg/Nm ³ , 13 % O_2)
APP $R_{\text{residential}}$ mit Kaminofen, 6 kW <i>APP $R_{\text{residential}}$ and chimney stove, 6 kW</i>	2 000	15
APP $R_{\text{residential}}$ mit 2 Kaminöfen, 7 bzw. 5 kW <i>APP $R_{\text{residential}}$ and 2 chimney stoves, 7 and 5 kW</i>	780	44
APP $R_{\text{residential}}$ mit Grundofen, 5 kW <i>APP $R_{\text{residential}}$ and tiled stove, 5 kW</i>	3 740	22
Zumikron mit Kaminofen, 12 kW <i>Zumikron and chimney stove, 12 kW</i>	2 380	7
Zumikron mit Kaminofen, 8 kW <i>Zumikron and chimney stove, 8 kW</i>	5 100	46
Zumikron mit Kachelofen, 9 kW <i>Zumikron and tiled stove, 9 kW</i>	1 140	179
Zumikron mit Küchenherd, 6 kW <i>Zumikron and cooker, 6 kW</i>	1 530	4
Spanner SFF20 mit Scheitholzkessel, 15 kW <i>Spanner SFF20 and log wood boiler, 15 kW</i>	3 400	103
Spanner SFF20 mit Pelletkessel, 15 kW <i>Spanner SFF20 and pellet boiler, 15 kW</i>	2 800	5
Spanner SFF50 mit Hackgutkessel, 45 kW <i>Spanner SFF50 and wood chip boiler, 45 kW</i>	15 180	137

Abb. 4



dieser Fehler geringer, z. B. lag die Messwertschwankung beim Spanner SFF20 mit VK = 22 % im üblichen Rahmen von Staubmessungen und auch der mittlere Abscheidegrad war hier mit 80 % am höchsten.

Schlussfolgerungen

Kleine elektrostatische Abscheider stellen für häusliche Holzfeuerungen derzeit eine vielversprechende technologische Option zur Feinstaubminderung dar. Konzepte mit aktiver Reinigung der Niederschlagselektrode zur automatischen Staubentnahme erscheinen besonders aussichtsreich. Bis zum ungestörten Dauerbetrieb besteht aber noch erheblicher Entwicklungs- und Optimierungsbedarf. Auch die Prüf- und Messmethoden für solche Abscheider müssen verbessert oder durch andere Messprinzipien, z. B. auf Basis der Partikelzählung, ergänzt sowie standardisiert werden.

Autoren

Dr. Hans Hartmann leitet das Sachgebiet „Biogene Festbrennstoffe“ am Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ) in Straubing, E-Mail: Hans.Hartmann@tfz.bayern.de

Peter Turowski und **Susanne Kiener** sind wissenschaftliche Mitarbeiter im Sachgebiet „Biogene Festbrennstoffe“ am TFZ.

Danksagung und Hinweis

Die vorgestellten Ergebnisse kamen im Rahmen eines vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten geförderten Vorhabens zustande. Der vollständige Forschungsbericht ist in der Reihe „Berichte aus dem TFZ“ (Heft 23) unter dem Titel „Bewertung kostengünstiger Staubabscheider für Einzelfeuerstätten und Zentralheizungskessel“ sowie als kostenloser Download unter www.tfz.bayern.de erhältlich.