

EIN KAMIN, DER WÄRMT UND REINIGT

Holzöfen wandeln rund drei Viertel ihrer Verbrennungsenergie in Heizwärme und Warmwasser um, der Rest entweicht durch den Kamin. Ein Schweizer Forscherteam verfolgt nun das Ziel, diese Restenergie zu nutzen. Dazu wurde ein multifunktionaler Kamineinsatz konstruiert. Die technische Lösung nutzt die Restenergie effizient. Zudem werden die Partikel aus den Abgasen der Holzfeuerung weitgehend entfernt. Bis zu einer kommerziellen Umsetzung sind weitere Hürden zu bewältigen.



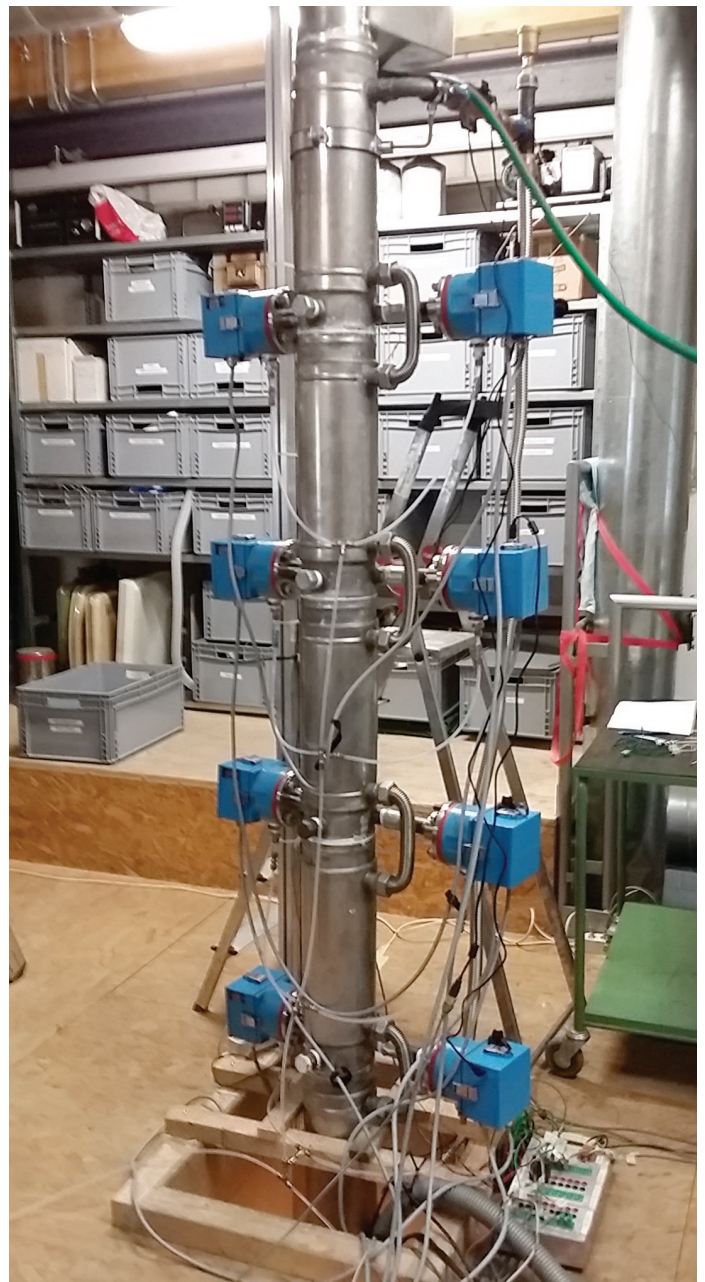
Entwickelt einen innovativen Kamineinsatz, der die Energie von Holz- und Pelletfeuerungen optimal nutzt und zugleich die Abgase reinigt: Maschineningenieur Dr. Basso Salerno. Foto: B. Vogel

Holzfeuerungen erfreuen sich in der Schweiz grosser Beliebtheit. In über einer halben Million Cheminées und Holzöfen werden Stückholz und Pellets verbrannt. Hinzu kommen gut 50'000 Holz-Zentralheizungen für Ein- und Mehrfamilienhäuser. Ein Teil dieser Feuerungen dient vornehmlich der Gemütlichkeit, beim anderen Teil steht die Erzeugung von Heizwärme und Warmwasser in Vordergrund. Heute besteht für viele Nutzer das Ziel darin, den erneuerbaren Energieträger Holz möglichst effizient zu nutzen. Wer Mensch und Umwelt schonen will, achtet zudem darauf, die Partikelemissionen aus der Verbrennung möglichst tief zu halten. Selbstverständlich ist das nicht. Anders als in grossen Holzfeuerungen sind Partikelfilter in kleinen Feuerungen noch kaum verbreitet. Und für den Ausstoss von Partikeln bestehen bislang bis zu einer Leistung von 70 kW keine Höchstwerte in den schweizerischen Luftreinhaltevorschriften.

Multifunktionaler Kamineinsatz

Wünschbar wäre also eine Holzheizung von Ein- und Mehrfamilienhäusern, welche die im Holz gespeicherte Energie optimal nutzt und darüber hinaus möglichst keine Partikel (Grobstaub, Feinstaub) an die Umwelt abgibt. Genau dies will ein Forscherteam um die auf Holzverbrennung und thermische Solaranlagen spezialisierte Firma Salerno Engeler GmbH (Langenbruck/BL) erreichen, an dem die Hexmodul AG (Zürich), die Oekosolve AG (Plons), das Oekozentrum in Langenbruck und die Fachhochschule Nordwestschweiz (Windisch) beteiligt sind. Die Forscher haben nicht eine neue Holzfeuerung konstruiert, sondern einen Einsatz, der hinter der Holzfeuerung in den Kamin (Abgasanlage) eingebaut wird und diesen ausfüllt. Der Kamineinsatz mit dem Namen NOSMOG ist im Wesentlichen ein Kombigerät aus zwei Wärmetauschern und einem Partikelfilter. NOSMOG vereint – neben seiner Funktion als Kamin – drei Funktionen in sich: Erstens nutzt das Gerät die in den Abgasen enthaltene Wärme zur Herstellung von Warmwasser. Zweitens reinigt der in NOSMOG enthaltene Elektrofilter die Abgase von Partikeln. Drittens verfügt NOSMOG über einen Betriebsmodus, mit dem er die in der Raumluft enthaltene Wärme zur Vorwärmung der kalten Aussenluft für die Lüftungsanlage verwenden kann und zusätzlich die Wärmerückgewinnung aus der verbrauchten Luft gewährleistet.

Dr. Basso Salerno, ein an der Universität Pisa ausgebildeter Maschineningenieur und Leiter des Forschungsprojekts, fasst die Vorteile des NOSMOG-Systems wie folgt zusammen: «Durch die Verwendung der Wärme aus den Abgasen können wir die Effizienz der Holzheizung von 75 bis 80 auf



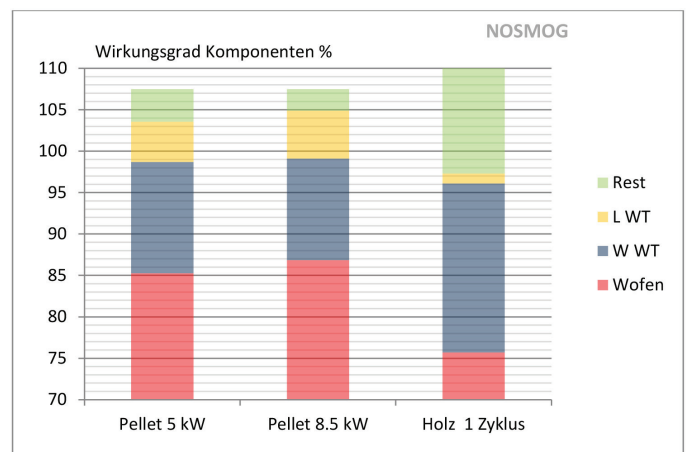
Der NOSMOG-Prototyp für Holzfeuerungen bis zu 70 kW Leistung, der im Zuge des jüngsten NOSMOG-Projekts im Forschungslabor des Ökozentrums in Langenbruck aufgebaut wurde. Mit den Messgeräten (blau) hat die Fachhochschule Nordwestschweiz in Windisch sogenannte Extinktionsmessungen durchgeführt, um den Prozess der Abgasreinigung besser zu verstehen. Foto: B. Salerno

rund 100% steigern (bezogen auf den unteren Heizwert des Brennstoffs). Der zweite grosse Vorzug unseres Ansatzes: In dem eingesetzten Prozess werden die Abgase stark abgekühlt, so dass die darin enthaltene Feuchtigkeit zu feinen Wassertröpfchen kondensiert. Dieses Kondensat reinigt die Wände des Elektrofilters mit den anhaftenden Staubparti-

keln. Auf diese Art entfernt unsere Methode die Partikel sehr effizient aus den Abgasen. Mit diesem Prinzip, das auf dem Markt bisher nicht verfügbar ist, können kleine und mittlere Holzfeuerungen mit minimalen Umweltbelastungen betrieben werden», so Salerno. NOSMOG enthält selber keine Feuerung. Es ist als Ergänzungsmodul für kleine und mittlere Holz- und Pelletöfen und -kessel mit Leistungen bis 70 kW konzipiert. Wo die Holzfeuerungen nur in der Heizperiode benutzt werden, müssten die Nutzer für das Sommerhalbjahr eine andere Möglichkeit der Warmwassererwärmung (z.B. Wärmepumpenboiler, Solarkollektoren, Elektroboiler) vorhalten.

Drei Projektphasen

NOSMOG blickt auf eine siebenjährige Entwicklungsgeschichte zurück. Am Anfang stand 2010 die Idee des Zürcher Architekten Peter Häusler (Hex modul AG), die in den Abgasen von Holzheizungen enthaltene Wärme über einen Wärmetauscher für die Lüftung nutzbar zu machen und den Elektro-Partikelabscheider mit kondensierenden Abgasen auch für Kleinfeuerungen zu nutzen. Ein Projekt mit Unterstützung des Bundesamts für Umwelt zeigte 2010 bis 2012, dass sich ein solches System am besten mit Zuhilfenahme eines Elektrofilters umsetzen lässt, der die Abgase reinigt, bevor sie im Wärmetauscher genutzt werden. Von 2012 bis



Die Grafik zeigt für zwei Pelletöfen und einen Stückholzofen den theoretisch erzielbaren Wirkungsgrad des angeschlossenen Ofens (bezogen auf den unteren Heizwert des Brennstoffs). Der Wirkungsgrad setzt sich zusammen aus dem Wirkungsgrad der Verbrennung (rot), dem Wirkungsgrad des Abgas-Wasser-Wärmetauschers (blau) und des Abgas-Luft-Wärmetauschers (gelb). Die blau und gelb markierten Beiträge zum Wirkungsgrad werden dank des NOSMOG-Moduls erzielt. Grün ist jener Teil des theoretisch erzielbaren Wirkungsgrads eingezeichnet, der auch mit Einsatz des NOSMOG-Moduls nicht ausgeschöpft werden kann. Der theoretisch erzielbare Wirkungsgrad ist beim Stückholzofen etwas höher, weil Holz mehr Feuchtigkeit enthält als Pellets. Foto: Schlussbericht NOSMOG II

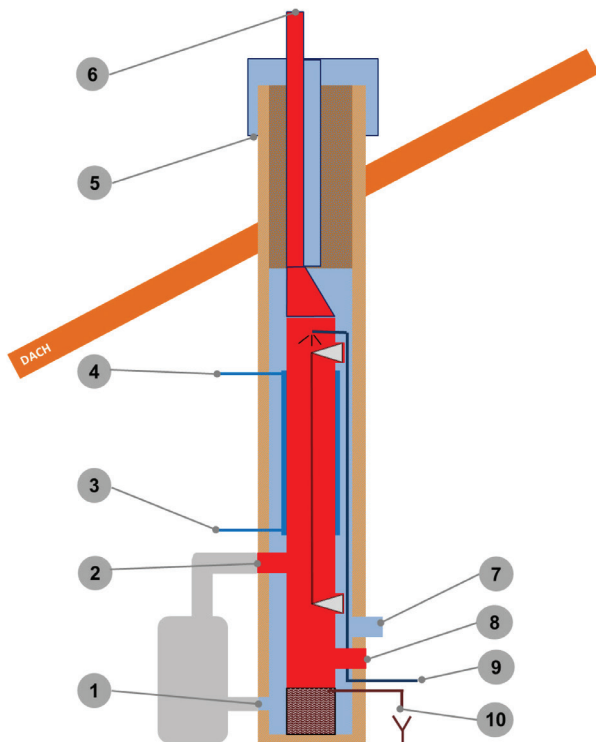
DIE ZWEI BETRIEBSMODI DES NOSMOG-MODULS

Der Kamineinsatz NOSMOG hat zwei Hauptfunktionen: Zum einen kann bei aktivem Betrieb der angeschlossenen Pellet- oder Holzfeuerung Warmwasser erzeugt werden. Zum anderen ermöglicht er – wenn die Feuerung nicht in Betrieb ist – die Raumlüftung mit Wärmerückgewinnung. Die Funktionen der Warmwassererzeugung und der Lüftung kann NOSMOG nicht gleichzeitig, sondern nur nacheinander wahrnehmen.

Betrieb mit Feuerung: Die Abgase aus der Feuerung strömen mit einer Temperatur von 120 °C bis 400 °C in das Abgasrohr. Dort wird im Elektrofilter der Staub abgeschieden. Dann wird die im Abgas enthaltene Wärme im Abgas-Wasser-Wärmetauscher für die Erzeugung von Warmwasser genutzt. Anschliessend werden die jetzt noch ca. 60grädigen Abgase weiter oben im NOSMOG-Modul durch einen Abgas-Luft-Wärmetauscher ein zweites Mal genutzt, wobei sie auf 30 °C abkühlen. Der Abgas-Luft-Wärmetauscher hat in diesem Betriebsmodus die Funktion, die kalte Luft vorzuwärmen, bevor sie in die Feuerung gelangt, was die Effizienz des Verbrennungsprozesses fördert.

Betrieb als Lüftung: In diesem Betriebszustand ist die Feuerung inaktiv, und es wird kein Warmwasser erzeugt. Die warme, verbrauchte Luft aus der Wohnung wird in den Abgas-Luft-Wärmetauscher geführt. Dort wird die Wärme aus der Abluft dazu genutzt, die von aussen einströmende Zuluft vorzuwärmen, bevor sie in die Wohnung gelangt. In diesem Betriebsmodus dient das System NOSMOG (konkret: der Abgas-Luft-Wärmetauscher) jetzt als Wärme-Rückgewinnungsanlage für die Lüftung. BV

- 1 Verbrennungsluft
- 2 Ofen- oder Kesselanschluss
- 3 Heizwasser-Vorlauf
- 4 Heizwasser-Rücklauf
- 5 Frischluft von der Umgebung (Aussen)
- 6 Abgas-Austritt
- 7 Zuluft für Wohnraum
- 8 Abluft aus dem Wohnraum
- 9 Netzwasser für die Spül-Düse
- 10 Abwasser für den Kondensat-Überlauf
- 11 Stromanschluss 230V/50H (maximal 30 Watt) (nicht abgebildet)



Schnitt durch das NOSMOG-System. Das Herzstück der Anlage ist in der Bildmitte zu sehen: die Kombination von Elektrofilter (dargestellt durch die zwei Dreiecke mit Drahtverbindung) und Wärmetauscher (dargestellt durch dunkelblaue, parallele Linien). Im Elektrofilter werden die Abgase aus dem Ofen (links unten, grau) gereinigt und dann gemeinsam mit der Abluft aus dem Wohnraum (unten rechts bei 8) für die Produktion von Warmwasser genutzt. Illustration: Schlussbericht NOSMOG II

2014 wurde in einem Folgeprojekt ein NOSMOG-Funktionsmuster für Holzöfen bis 10 kW Leistung zusammen mit der auf Elektrofilter spezialisierten Firma OekoSolve gebaut. Die Messungen im Forschungslabor des Ökozentrums in Langenbruck (BL) zeigten damals: NOSMOG senkt die in den Abgasen enthaltenen Partikel von 50 bis 200 mg/m³ (die Masseinheit ist hier und im folgenden immer bezogen auf einen Normalkubikmeter bei 13 Volumenprozent Sauerstoff) auf weniger als 1 mg/m³ – ein ausgezeichneter Wert, wenn man bedenkt, dass marktübliche Elektrofilter für Anlagen bis 70 kW selten Werte unter 15 mg/m³ erreichen. Auch das Po-

tenzial für Sekundäre Organische Aerosole (SOA) liess sich um einen Faktor 10 reduzieren, nämlich auf < 4 mg/m³. In einem dritten Projektabschnitt (2014 bis 2016) – unterstützt vom BFE – konnten die Wissenschaftler darlegen, dass eine sehr gute Abscheidewirkung (Staubemissionen < 5 mg/m³) nicht nur bei Kleinanlagen bis 10 kW, sondern auch bei mittelgrossen Anlagen (10 – 70 kW) erreicht werden kann, wenn der Elektrofilter bezüglich Form und Spannung entsprechend angepasst wird. Dafür wurden in Langenbruck zwei Prototypen für Leistungen bis zu 70 kW gebaut. Parallel entstand bei der Feinstaubfilter-Produzentin OekoSolve AG (Plons/SG) eine dritte Anlage mit einem Leistungsvermögen von bis zu 25 kW. Diese läuft seit Frühjahr 2016 im Dauerbetrieb und soll die Alltagstauglichkeit des NOSMOG-Moduls demonstrieren.

Trotz der erfreulichen Zwischenergebnisse: NOSMOG ist noch nicht markttauglich. Der Hauptgrund: Eine Heizungskomponente wie NOSMOG muss gemäss den aktuellen Zulassungsbedingungen für Abgasanlagen (Kamine) Temperaturen von bis zu 1000 °C aushalten. Dafür ist der noch aus Aluminium (Schmelztemperatur: 660 °C) gefertigte Wärmetauscher im bisherigen Konstruktionsschema nicht ausgelegt. Abhilfe könnte die Verwendung von Chromstahl schaffen. Das Zulassungsverfahren wird nach Einschätzung von Basso Salerno mehrere Jahre in Anspruch nehmen.

Mehr Chancen für Teilgerät

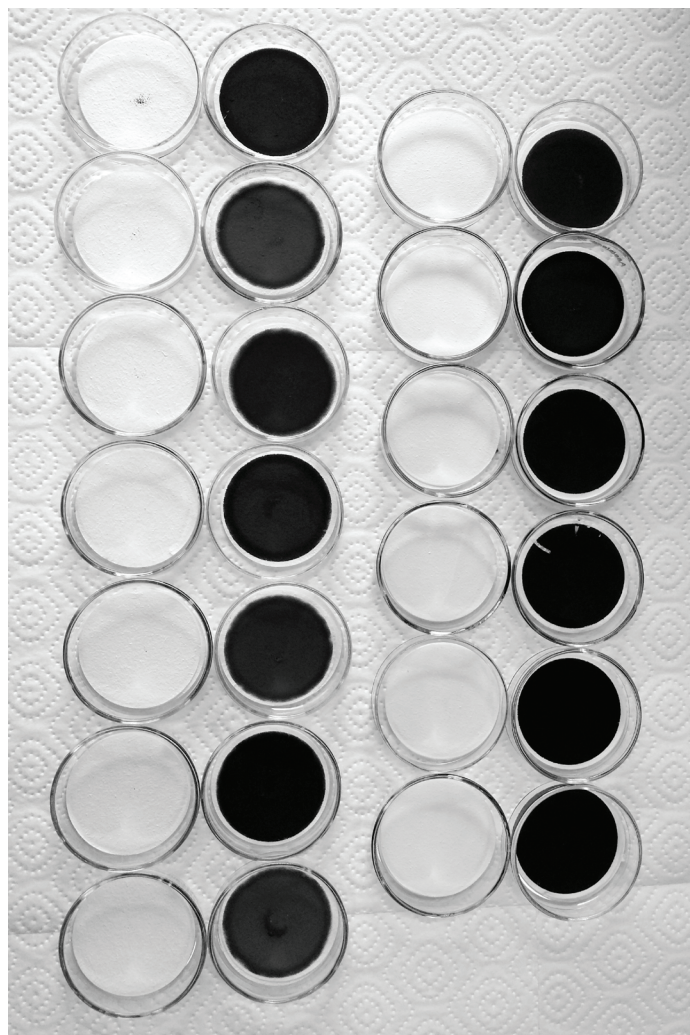
Um die Zulassung von NOSMOG zu beschleunigen, hat sich das Forscherteam um Salerno entschieden, das innovative Modul zunächst in zwei Versionen mit reduzierter Funktionalität zu bauen: In beiden Fällen reinigt ein Elektrofilter die Abgase, aber in einen Fall wird auf die Erwärmung/Wärmerückgewinnung für die Lüftung verzichtet (‹NOSMOG Water›), im anderen Fall auf die Erwärmung von Warmwasser (‹NOSMOG Air›). Diese Varianten erhöhen den Wirkungsgrad zwar nur um 15% bzw. 5%, im Gegensatz von 25% beim kompletten Kamineinsatz. Allerdings lassen sich NOSMOG Water und NOSMOG Air nach Einschätzung der Forscher zügig auf den Markt bringen, da diese Geräte etwas anders konstruiert sind und damit die oben genannte Zulassungshürde entfällt.

Die beiden Versionen des Kamineinsatzes sollten in Einfamilienhäusern mit Holzfeuerungen im Leistungsbereich bis 20 kW und in Mehrfamilienhäusern, Schreinereien und anderen Restholzverbrennungen im Leistungsbereich von 40 - 70 kW zum Einsatz gelangen. Doch trotz der offensichtlichen ökologischen Vorzüge wird es für die beiden NOSMOG-Vari-

anten eine Herausforderung sein, den Zuspruch der Kunden zu finden. Denn solange für Holzfeuerungen unter 70 kW keine Abgasgrenzwerte für Feinstaub bestehen, muss sich das NOSMOG-Modul auf dem Markt gegen Anlagen behaupten, die keine bzw. nicht so wirksame Systeme zur Verminderung des Schadstoffausstosses aufweisen. Allerdings sieht die laufende Revision der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) die Einführung von Grenzwerten für kleinere und mittlere Anlagen bis 70 kW vor. «Das verbessert grundsätzlich die Marktchancen von Heizungen mit tiefem Schadstoffausstoss», sagt Dr. Beat Müller vom Bundesamt für Umwelt. Die neue LRV wird voraussichtlich 2018 in Kraft treten.

Klar ist: Die Promotoren von NOSMOG glauben an ihre Idee. Für den Bau weiterer NOSMOG-Pilotanlagen suchen die Forscher zur Zeit Objekte mit einer Holz-, Pellet- oder Holzschnitzelfeuerungsanlage, wo eine Kaminsanierung bevorsteht.

- **Auskünfte** zu dem Projekt erteilt Dr. Sandra Hermle (sandra.hermle[at]bfe.admin.ch), Leiterin des BFE-Forschungsprogramms Bioenergie.
- Weitere **Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Bionergie finden Sie unter www.bfe.admin.ch/CT/biomasse.



Eine Serie von Staubfiltern, mit denen die Reinigungswirkung des NOSMOG-Systems untersucht wurde: die zweite und vierte Reihe zeigt die Verschmutzung der Abgase vor dem Elektrofilter. Nachdem die Abluft den Elektrofilter passiert hat, ist sie praktisch staubfrei (erste und dritte Reihe). Foto: Schlussbericht NOSMOS II