Aufgewärmt am Start

Beim Kaltstart eines Motors entstehen weit mehr Schadstoffe als während der Fahrt; denn ein kalter Kat ist weit weniger effizient bei der Abgasreinigung. Was tun? Man könnte den Katalysator vorheizen, etwa mit Mikrowellen. Empa-Forscher versuchen, dies in die Praxis umzusetzen.

TEXT: Rainer Klose / BILDER: BAFU, PSI

Neunzig Prozent der Schadstoffe eines modernen Benzinmotors entstehen in der ersten Minute nach dem Kaltstart. Die ersten 500 Meter Fahrt an einem kalten Wintertag belasten die Luft also wie die nächsten 5000 Kilometer, falls man nonstop so weit fahren würde.

Um die Luftqualität weiter zu verbessern, sind also Auto-Katalysatoren erforderlich, die möglichst schnell warm werden – oder, noch besser, bereits bei der ersten Motorumdrehung das Abgas effizient reinigen. Potis Dimopoulos Eggenschwiler ist Spezialist für Abgasnachbehandlung im Motorenlabor der Empa. Seit knapp zwei Jahren forscht er an einer Lösung des Kaltstartproblems, das die Luft vor allem in Städten stark belastet (siehe Kasten). Das Projekt wird vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) und vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) gefördert.

Damit der Katalysator von der Stromversorgung des Autos mit möglichst wenig Energie auf 250 Grad Celsius aufgeheizt werden kann, bevor der Motor anspringt, muss er klein sein und möglichst gut wärmeleitend. Dimopoulos Eggenschwiler schlägt eine offenporige Struktur mit einer Spezialbeschichtung vor, die von einem kleinen Mikrowellensender innert 10 Sekunden aufgeheizt werden kann – ähnlich wie beim Mikrowellenherd zu Hause. Schon 2012 hat der Empa-Forscher einen besonders effizienten Katalyator entwickelt – einen Keramik-Abguss eines Polyurethanschaums, der die Abgase besser verwirbelt und weniger Gegendruck erzeugt als ein Katalysator mit herkömmlicher, wabenförmiger Struktur.

Keramik aus dem 3-D-Drucker

Aus dem Schaum-Kat entstand nun die nächste Idee: eine geometrische Gitterstruktur aus dünnen Keramikstreben, die mit
einer geringeren Beschichtung auskommt und das darin verwirbelte Abgas trotzdem effizient reinigt. «Zunächst haben wir am Computer nach einer optimalen Struktur gesucht», sagt Dimopoulos Eggenschwiler. «Eine Struktur, die sich schnell aufheizt, die chemische Reaktionen fördert und dabei die Durchströmung so wenig wie möglich behindert. Dann galt es, die Struktur in Keramik nachzubauen.» Spezialisten an der «Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana» (SUPSI) in Lugano fertigten das am Computer entworfene Gitter mittels Stereo­litho­grafie, einer Art 3-D-Druck aus Flüssigkeiten und UV-Licht. Fachleute der Empa beschichteten die Keramik danach mit Siliziumkarbid, Zirkoniumoxid und Aluminiumoxid – und der aktiven Katalysatorsubstanzen aus Platin, Rhodium und Palladium.

**Erwartungen erfüllt**

Der wahrscheinlich weltweit erste Abgaskatalysator aus dem 3-D-Drucker erfüllte im Praxis-Test die Erwartungen: Im künstlich erzeugten Abgasstrom des Modellgasreaktors der Empa reinigte die Polyeder-Geometrie die Schadstoffe tatsächlich noch besser als der Schaum-Kat aus dem Jahr 2012. In einem nächsten Schritt soll nun die Mikrowellenheizung integriert werden. «Wichtig ist, dass wir nicht die ganze Keramikstruktur aufheizen», sagt Dimopoulos Eggenschwiler. «Wir wollen die mit wertvollem Batteriestrom erzeugten Mikrowellen nur auf die hauchdünne, katalytische Beschichtung wirken lassen.» Ein bis zwei Kilowatt Leistung für 10 bis 20 Sekunden können aus der Batterie eines Fahrzeugs leicht abgezweigt werden, sagt der Abgasspezialist. «Das müsste reichen.» Sobald der Motor läuft, erzeugt die chemische Reaktion der Abgasreinigung selbst genügend Hitze, um den Katalysator warm zu halten. Dann kann die Mikrowelle abgeschaltet werden.

Nachdem erste Laborversuche mit kleinen Modell-Kats erfolgreich verlaufen sind, suchen die Forscher nun nach einem Industriepartner, der einen Kat in Originalgrösse in ein Prototypenfahrzeug einbaut. Die
Kaltstartemissionen könnten damit bald
Geschichte werden. //

Bildtexte

Bild links

Potis Dimopoulos Eggenschwiler (rechts) leitet das vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) initiierte Projekt, das einen neuartigen Abgas­katalysator für Benzinfahrzeuge entwickelt. Alberto Ortona (links) von der Fachhochschule SUPSI fertigte die Keramikstruktur im 3-D-Druck.

**Grosses Bild unten**

Die am Computer entworfene geometrische Keramikstruktur des Versuchs­katalysators. Spezialisten der Empa beschichteten sie mit
der aktiven Schicht und testeten die Reinigungswirkung in einem künst­lichen Abgasstrom.

Böxli:

Partikel zum Frühstück

Für die Feinstaubbelastung in Innenstädten sind nicht nur Dieselfahrzeuge ohne Filter verantwortlich. Auch Benziner tragen dazu bei – und zwar ausgerechnet dann, wenn sie mit kaltem Motor vom Parkplatz oder aus der Tiefgarage starten.

Ein Forscherteam um André Prévôt vom PSI konnte in einer sogenannten Smog-Kammer nachweisen, wie diese Feinstaubpartikel entstehen. Die Forscher sammelten im Rahmen des Projekts GasOMeP (siehe Seite 14) die Abgase der Testfahrzeuge in einer 12 Kubikmeter grossen, aufblasbaren Kammer, deren Wände aus transparenter Teflon-Folie bestehen. Darin werden die Autoabgase mit angefeuchteter Luft und einigen typischen Spurengasen vermischt und mehrere Stunden lang mit UV-Lampen bestrahlt, um einen sonnigen Tag zu simulieren. Aus dem «frischen» Auspuffgas, das zunächst gasförmige Stoffe wie Benzol, Toluol, Stickoxide und Ammoniak enthält, wird nun etwas völlig anderes: Es entstehen Salzpartikel wie Ammoniumnitrat. Auch die unverbrannten Kohlenwasserstoffe oxidieren an der Luft und gehen in flüssigen oder festen Zustand über. So entsteht ein giftiger Nebel, der sich an die neu entstandenen Salzpartikel und an die Russpartikel aus dem Motor anlagert. An manchen Tagen können bis zu 90 Prozent der Feinstaubbelastung auf diese Weise entstehen. Untersuchungen der Universität Bern ergaben 2015, dass Sekundär-Feinstaub aus einem Euro-5-Benzinmotor das Lungengewebe direkt schädigen und die Abwehrkräfte der Lunge gegen Infektionen herabsetzen kann.