Operation Saubermann

Im Motorenlabor der Empa arbeitet ein Team an der Diesel-Abgasreinigung der Zukunft. Denn Dieselmotoren werden uns auch in den kommenden Jahrzehnten begleiten, in Lastwagen, Baumaschinen, Nutzfahrzeugen und Ähnlichem. Um Dieselabgas effizient zu reinigen, entwickeln die Empa-Forscher regelrechte Mini-Chemiefabriken für den Motorenraum.

TEXT: Rainer Klose / BILD: Empa

Das Herzstück des Abgaslabors ist die gläserne Versuchskammer, durchleuchtet von rotem und grünem Laserlicht.

Noch ist die Röhre kalt, in der sich in wenigen Monaten zeigen soll, ob und wie sich Dieselabgase künftig effizienter reinigen lassen. Doch die elektrische Heizung hat ihren Probelauf auf bis zu 500 Grad Celsius bereits hinter sich. Auch die optischen Messgeräte, die High-Speed-Kamera und der gepulste Laser stehen schon parat. Die Messungen können beginnen.

Das schweizweit einzige Abgasstromlabor soll dabei helfen, die in den nächsten Jahren strenger werdenden Grenzwerte für Dieselabgase einzuhalten. Die Forschungsergebnisse dürften vor allem für mittelständische Fahrzeughersteller – etwa im Kommunalfahrzeugbereich oder in der Baumaschinenindustrie – hilfreich sein. Doch profitieren wird praktisch jeder, der diese Zeilen liest und in 15 bis 20 Jahren am Rand einer Strasse oder neben einer Baustelle Luft einatmet. Wenn Lastwagen vorbeirauschen – die auch in Zukunft mit Dieselmotoren fahren werden – oder wenn Baumaschinen ihre Arbeit tun, dann sollten möglichst wenig Russ, Stickoxide und scharf riechender Ammoniak in die Umwelt gelangen. Ausserdem sollten die Maschinen möglichst sparsam im Verbrauch sein.

Das bedarf bereits heute chemischer Tricks. Die «kleine Chemiefabrik», die in modernen Lastwagen das Abgas filtert und entgiftet, wird in den nächsten Jahren noch komplexer werden müssen. Dazu kommt: Was heute nur bei Schwerlastwagen zu finden ist, soll morgen auch in Traktoren und Baumaschinen stecken. Technisch möglichst effiziente und kostengünstige Lösungen sind gefragt, wenn man als Hersteller auf dem Weltmarkt mithalten will. Die Empa hilft, solche Lösungen zu entwickeln.

Bei Dieselabgasen geht es zunächst um verschiedene Stickoxide, die man unter der Bezeichnung NOX zusammenfasst. Sie sind in Verbrennungsprozessen bei hohen Temperaturen unvermeidlich. Dieselmotoren verbrennen mit Luftüberschuss. Dies resultiert in gutem Verbrauch und gleichzeitig in viel Restsauerstoff im Abgas; herkömmliche Katalysatoren, wie bei Benzinmotoren eingesetzt, können die NO_X nicht reduzieren. Stickoxide sind für die Bildung von Smog verantwortlich, reizen die Atemwege und bilden zusammen mit Wasser ätzende Salpetersäure.

Durch Reduktion wird man die Stickoxide los. Kleinere Dieselmotoren in PWs verwenden dazu einen NO_X-Speicherkat, der das NO_X sammelt und regelmässig «geleert» werden muss. Dazu läuft der Motor alle zwei Minuten für rund 10 Sekunden lang «fett». Mehr Dieseltreibstoff wird eingespritzt; der nichtverbrannte Kohlenstoff im Diesel reduziert das NO_X im Speicherkat zu harmlosem Stickstoff und Wasserdampf. Vorteil: Das Abgas wird sauberer. Nachteil: Der Verbrauch steigt.

Adblue senkt den Verbrauch

Spediteuren ist ein höherer Verbrauch ihrer Brummis jedoch ein Dorn im Auge. Sie setzen auf eine andere Lösung: die Harnstoff-Einspritzung. Ins heisse Abgas wird eine Harnstofflösung eingesprüht, die unter dem Namen Adblue in Europa und den USA im Handel ist. Der Harnstoff zerfällt zu CO_2 und Ammoniak – und dieser kann wiederum NO_X reduzieren. Vorteil: Der Verbrauch steigt nicht an.

Doch auch diese Lösung hat einen Nachteil: Spritzt man zu wenig Adblue in den Auspufftrakt, wird nur ein Teil der Stickoxide zerstört. Spritzt man dagegen zu viel Adblue ins

Video:
Neues Motorenlabor für ökologische Antriebssysteme

http://www.empa.ch/EN36-2
Für Smartphone-Benutzer: Bildcode scannen (etwa mit der App «Scanlife»)

Abgas, dann bleibt Ammoniak übrig – der mit seinem stechenden Geruch und seiner Giftigkeit ebenfalls mehr als unerwünscht ist. Aktuelle Abgasreinigungsanlagen bewegen sich deshalb allesamt auf der «sicheren Seite»: Nur rund 60 Prozent der nötigen Adblue-Menge werden eingespritzt. Denn es darf auf keinen Fall scharf riechen.

Genau an dieser Stelle kommt das Abgasstromlabor der Empa ins Spiel – eine knapp zehn Meter lange Anlage im zweiten Stock des Empa-Motorenhauses. Hier soll in mehreren Versuchsreihen herausgefunden werden, wie man die Adblue-Lösung möglichst effizient im Abgas verteilen kann, was die richtige Dosierung bei verschiedenen Lastzuständen des Motors ist und wie optimale Abgaswerte mit möglichst geringem technischem Aufwand zu erreichen sind.

Versuche mit «simuliertem» Abgas

Die Forscher der Empa-Abteilung «Verbrennungsmotoren» wollen das Problem in einzelnen Schritten lösen. Zunächst untersuchen sie verschiedene Einspritzdüsen. Dazu werden die Düsen in eine verglaste Kammer gehängt und mit bis zu 500 Grad Celsius heisser Druckluft umspült. Wie sich das eingespritzte Additiv in diesem «simulierten» Abgas verteilt, wird mittels einer High-Speed-Kamera bestimmt. Bei 10 000 Bildern pro Sekunde können sogar Geschwindigkeit und Flugbahn einzelner Tröpfchen dokumentiert werden. Die verwendeten Analysemethoden nennen sich Shadowgraphie, Schlieren-Imaging, PIV (Particle Image Velocimetry) und PDA (Phase Doppler Anemometry).

In den ersten sechs bis neun Monaten wollen sich Projektleiter Potis Dimopoulos Eggenschwiler und sein Doktorand Alexander Spiteri in erster Linie mit der Spray- und Fluiddynamik beschäftigen. Ihr Ziel ist es, eine wissenschaftliche Systematik zu erarbeiten, die es selbst mittelständischen Firmen erlaubt, quasi «nach Rezeptbuch» eine Abgasreinigung passend zu ihren Motoren und Anforderungen zu entwerfen. Nur so können kleine und mittlere Fahrzeughersteller künftige Abgasgrenzwerte einhalten.

In der zweiten Phase wird ermittelt, an welcher Stelle des Abgasstrangs die Adblue-Einspritzung die beste Wirkung erzielt. Neben der Reihenfolge der Reinigungsschritte sind auch die Grösse des Hydrolysekatalysators (in dem Adblue zu Ammoniak zerfällt) und des SCR-Katalysators (in dem der Ammoniak mit den Stickoxiden reagiert) wichtige und zu erforschende Parameter. Und schliesslich suchen die Empa-Forscher noch nach der optimalen Edelmetallbeladung für den Katalysator.

In der letzten Projektphase werden dann verschiedene Konfigurationen von «Diesel-Kats» genauer getestet. Während die Versuche zu Beginn mit heisser Luft oder künstlich hergestellten Gasmischungen gefahren werden, kann in Phase drei ein handelsüblicher Dieselmotor zum Einsatz kommen, um die «Prototypen» unter realistischen Bedingungen zu untersuchen. Am Empa-Projekt ist bereits ein Schweizer Baumaschinenhersteller beteiligt, der von den Erfahrungen profitieren will.

Angst vor dicken Abgasschwaden aus dem Empa-Motorenhaus braucht dennoch niemand zu haben. Die Versuche laufen nur wenige Stunden lang. Die Abgasbelastung entspricht dabei höchstens einem zusätzlichen Lkw auf der Überlandstrasse – einer vierspurigen Magistrale, die vor dem Empa-Campus in Dübendorf entlangführt. Die gewonnenen Erkenntnisse jedoch können uns allen in den kommenden Jahren einiges an Abgasbelastung ersparen. //