Reinigungsspray   
für Diesel-Abgas

Die Abgaswerte von Diesel-Personenwagen werden seit dem   
VW-Abgasskandal im Herbst heiss diskutiert. Es wurde klar, dass vor allem bei der Entgiftung der Stickoxide NOx noch viele   
Fragen offen sind. Ein Empa-Team erforscht seit vier Jahren genau dieses Problem und erarbeitet Grundlagenwissen für den   
sauberen Diesel von morgen.

W

ir sind in den Startlöchern für eine neue Dieselabgastechnik», sagt Panayotis Dimopoulos Eggenschwiler, der mit einem Team aus Empa-Forschern und ETH-Studenten seit rund vier Jahren an der Optimierung der Harnstoffeinspritzung in den Dieselabgasstrom arbeitet. Mit der Einführung der Abgasnorm Euro 6 für alle Neufahrzeuge ab 1. September 2015 müssen die Stickoxidemissionen (NOx) auf extrem niedrige 80 mg/km gesenkt werden. Das macht ein aufwendiges Katalysatorsystem notwendig. Kleinere Autos kommen   
in der Regel mit dem kostengünstigeren   
NOx-Speicherkatalysator aus, grössere und schwerere Fahrzeuge dagegen sind auf ein sogenanntes SCR-System angewiesen («Selective Catalytic Reduction»). Dabei wird die Harnstofflösung AdBlue in die Abgasleitung eingespritzt.

Im Lastwagenmotor funktionieren solche SCR-Systeme schon seit rund zehn ­Jahren einwandfrei. Im Personenwagen aber ist die AdBlue-Zumischung schwieriger, weil der Motor mit häufig und schnell wechselnder Belastung betrieben wird. Um den Schadstoffausstoss nicht nur auf dem Prüfstand, sondern auch im Alltagsverkehr zuverlässig zu verringern, muss die AdBlue-Einspritzung also noch wesentlich verbessert werden. Zum einen muss die Einspritzmenge genauestens abgestimmt werden, zum anderen sind weitere Faktoren, etwa die Temperaturen in der Abgasleitung, zu beachten.

Entgiftung mit AdBlue

Die selektive katalytische Reduktion erfolgt durch Einspritzung einer wässrigen Harnstofflösung – bekannt unter der Handelsbezeichnung AdBlue – in die Abgasleitung hinter Partikelfilter und Oxidationskatalysator. In der Hitze zerfällt die Harnstofflösung, es entsteht Ammoniak. Die im Abgas enthaltenen Stickoxide werden durch diesen vor Ort gebildeten Ammoniak reduziert – also in die ungiftigen Komponenten Stickstoff und Wasser umgewandelt.

Im Bereich der Personenwagen, wo anders als bei schweren Nutzfahrzeugen mit schnell variierenden Motorlasten und -drehzahlen gefahren wird, hat sich nun herausgestellt, dass die Harnstoffeinspritzung alles andere als banal ist. Es gilt nicht nur die Einspritzmenge genauestens zu dosieren, sondern auch zahlreiche andere Einspritzparameter zu beachten. Wird zu wenig Harnstoff eingespritzt, bleiben die NOx-Emissionen zu hoch; ist die Dosierung zu gross, ist der AdBlue-Verbrauch zu hoch, und es entstehen unangenehme Ammoniakgerüche. Zudem können sich Ablagerungen bilden, die den SCR-Katalysator im Extremfall wie eine Tropfsteinhöhle aussehen lassen und zum Ausfall des Entgiftungssystems führen.

Zur optimalen Umwandlung aller NOx-Gase ist eine präzise Harnstoff-Einspritzanlage unumgänglich. Doch um hohe Präzision zu erreichen, müssen die Techniker begreifen, was im Abgasstrom kurz vor dem SCR-Katalysator genau abläuft. Und hier hat das Empa-Forscherteam um Potis Dimopoulos Eggenschwiler die Nase ganz weit vorn. Mittlerweile sind die Erkenntnisse so weit gediehen, dass der Empa-Forscher mit einer baldigen Umsetzung in einem Serienfahrzeug rechnet.

Forschung am einzelnen Tröpfchen

In einer in Eigenregie aufgebauten aufwändigen Versuchsanlage auf dem Empa-Campus in Dübendorf wird der Einspritzvorgang systematisch erforscht. Dabei stellte sich heraus, dass sowohl die Positionierung des Injektors als auch die Form und die Richtung des Sprühstrahls sowie vor allem die Grösse der einzelnen AdBlue-Tröpfchen eine grosse Rolle spielen. Wichtig ist, dass der Harnstoff schnell und komplett verdampft, sich gut mit den Abgasen vermischt und dann in das Reduktionsmittel Ammoniak umgewandelt werden kann. Es hat sich zudem gezeigt, dass das Verdampfen der zerstäubten AdBlue-Flüssigkeit stark temperaturabhängig ist. Treffen die Tröpfchen auf eine rund 150 °C heisse Oberfläche in der Abgasleitung, verdampfen sie schnell. Ist die metallische Auspuffwand, auf die der AdBlue-Spray aufschlägt, aber heisser, bildet sich eine Dampfschicht um die flüssigen Tröpfchen, so dass sie noch immer in flüssiger Form und mit nur wenig geringerem Volumen wieder abprallen.

Parallel zur Forschung am Einspritzvorgang haben die Empa-Spezialisten zusammen mit Ingenieuren des Paul Scherrer Instituts (PSI) einen neuartigen kleinen Katalysator entwickelt, der die Ammoniakbildung zusätzlich beschleunigt. Dieser so genannte Hydrolysekatalysator wird vor dem SCR-Hauptkatalysator in die Auspuffleitung integriert. Zusammenfassend stellt Dimopoulos Eggenschwiler fest, dass der Entstickungsgrad der Dieselabgase stark abhängig von der Qualität der AdBlue-Einspritzung ist. Und so detailliert wie im Empa-Labor ist derzeit das entsprechende Know-how bei den meisten Auto- und Motorenherstellern nicht. Das Team um Dimopoulos Eggenschwiler hat in der Vergangenheit die Hersteller von Lastwagenmotoren bei der Entwicklung der Abgasentgiftungsanlagen erfolgreich unterstützt. Jetzt muss das gleiche bei Personenwagen gelingen. Das Grundlagenwissen dazu entsteht an der Empa. //

Das Empa-Forscherteam

Potis Dimopoulos Eggenschwiler und Alexander Spitieri an der Messkammer für Sprühversuche.

Eine Laseroptik zählt die Sprühtröpfchen und analysiert Grösse und Flugbahn.