



Die Abgasgesetzgebung Euro 6d für Dieselmotoren

Emission Standard Euro 6d for Diesel Engines

Eberhard Schutting

Neue Fahrzeugtypen müssen im sogenannten Typprüfverfahren unter anderem die Einhaltung der geltenden Emissionsgrenzwerte nachweisen. Die bisherigen Verfahren wurden dafür kritisiert, dass sie die reale Betriebsweise von Fahrzeugen nur ungenügend wiedergeben – und das nicht erst seit dem „Dieselskandal“.

Aus diesem Grund wurde Ende 2017 von der Gesetzgeberin (der Europäischen Union) eine neue, zusätzliche Testprozedur eingeführt, bei der die Emissionen im realen Straßenverkehr gemessen werden. Diese Prozedur ist gemeinhin unter dem Kürzel RDE (Real Driving Emissions) bekannt. Durch die regelmäßige Verschärfung der Grenzwerte (2020 kommt mit Euro 6d die nächste) besteht nach wie vor großer Forschungsbedarf.

Am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik wird im Rahmen des internationalen Forschungsprojekts ECO-PowerDrive 2 an Strategien zur Einhaltung dieser RDE-Gesetzgebung für Pkw-Dieselmotoren geforscht. Dafür werden sowohl experimentelle Untersuchungen am Motorprüfstand (siehe Abbildung 1) als auch umfangreiche Simulationen durchgeführt.

Die RDE-Gesetzgebung erfordert die Einhaltung der Grenzwerte unter einer großen Bandbreite an Bedingungen: Stadt- und Autobahnfahrt, defensive und aggressive Fahrweise, Sommer und Winter. Das bringt für die Abgasnachbehandlung außerordentliche Herausforderungen mit sich. Eines der größten Probleme ist es dabei, die nötige Betriebstemperatur der Katalysatoren zu erreichen und zu halten.

Das Temperaturproblem

Die Katalysatoren der Abgasnachbehandlung benötigen eine bestimmte Temperatur, um gut zu funktionieren. Dabei ist vor allem die untere Temperaturgrenze von etwa 200 °C problematisch. Die – aufgrund des hohen Wirkungsgrades – niedrigen Abgastemperaturen von Dieselmotoren führen nämlich oft >

New types of vehicles have to prove their conformity to emission standards in the so-called type approval test. Previous procedures were criticized for insufficiently reflecting the real-world driving pattern of vehicles – already before the “dieselgate” scandal.

Thus, end of 2017, the regulatory authorities (the EC) introduced a new test procedure that includes the measurement of emissions during real-world driving, commonly known as RDE legislation (Real Driving Emissions). Continued tightening of emission limits will keep this legislation a major research target (Euro 6d comes into force in January 2020).

At the Institute of Internal Combustion Engines and Thermodynamics, researchers are investigating strategies to fulfill the RDE legislation with passenger car diesel engines. The extensive experiments and simulations are covered by the international research project “ECO Powerdrive 2”.

The RDE legislation demands the compliance with emission limits under widely varying conditions: urban and highway driving, summer and winter, aggressive and defensive driving. This is an enormous challenge for the exhaust gas after-treatment system. One of the biggest problems is to achieve and maintain the operating temperature of the catalyts.

The Temperature Issue

The exhaust after-treatment catalyts need a certain temperature window to work properly. In Diesel engines, it is the lower threshold of ≈ 200 °C that poses a problem. Diesel engines have a comparably low exhaust-gas temperature, making it difficult to reach this temperature fast, or, sometimes, at all.

The farther away a catalyst is mounted from the engine, the slower it becomes warm. A typical catalyst arrangement for the current legislation is shown in Figure 2. The conversion of carbon monoxides (CO), hydrocarbons (HC) and >



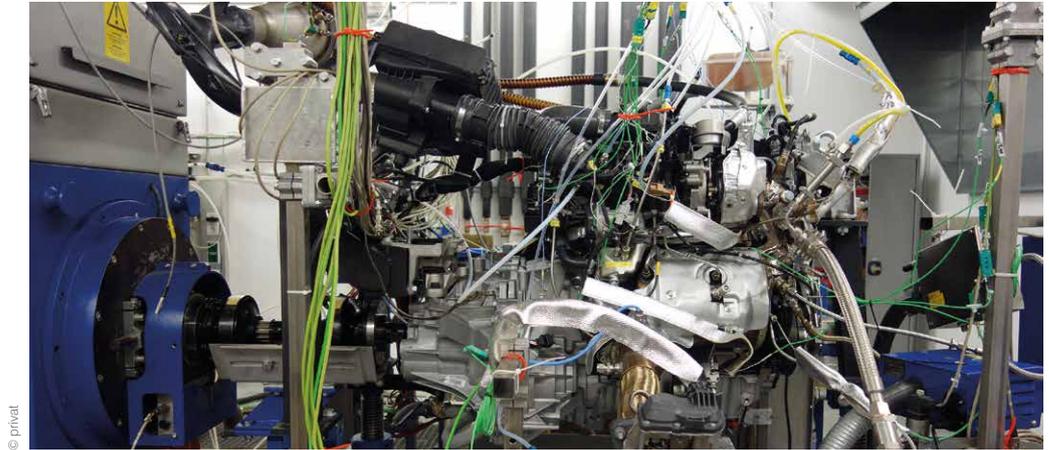
© privat

Eberhard Schutting ist Teamleiter im Forschungsbereich Antriebssysteme des Instituts für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik.

Eberhard Schutting is Team Leader in the research area Powertrain Systems at the Institute of Internal Combustion Engines and Thermodynamics.

Abbildung 1:
Der Versuchsmotor auf dem Prüfstand.

Figure 1:
Engine test bed for experimental investigations.

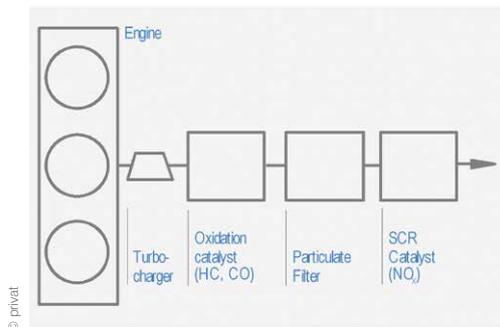


© privat

dazu, dass diese Temperatur gar nicht oder zu langsam erreicht wird. Je weiter weg ein Katalysator vom Motor angeordnet ist, umso langsamer erwärmt er sich. Eine typische Anordnung für die aktuelle Gesetzgebung ist in Abbildung 2 schematisch dargestellt.

Abbildung 2:
Typische Architektur einer Abgasanlage für die aktuelle Gesetzgebung.

Figure 2:
Typical arrangement of catalysts for current legislation.

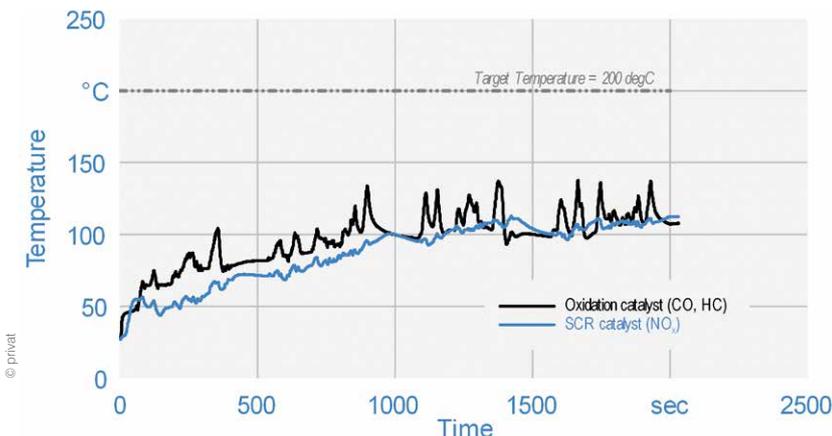


© privat

Für die Konvertierung von Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffen (HC) und Stickoxiden (NO_x) sind insgesamt zwei Katalysatoren nötig, dazu kommt noch der Partikelfilter. Bei einem sehr langsamen Stadtzyklus kann es beispielsweise vorkommen, dass sich die benötigte Temperatur auch nach einer halben Stunde Fahrt bei Weitem nicht einstellt – siehe Abbildung 3.

Abbildung 3:
Temperatur der Abgasnachbehandlung bei städtischem Stop-and-go-Verkehr.

Figure 3:
Insufficient catalyst temperature during slow city urban cycle.



© privat

Technisch gesehen ist es kein Problem, die Abgasanlage in kürzester Zeit auf Temperatur zu bringen, aber die Herausforderung ist es, das möglichst effizient zu tun. Im ECO-PowerDrive 2 werden dazu

nitric oxides (NO_x) requires two catalysts. A particulate filter completes the system. It can happen that the threshold temperature is never reached, for example in a very slow urban driving cycle, see figure 3.

It is not difficult to heat up an exhaust system in a very short time, but it is a challenge to do it as efficiently as possible. The team of the ECO Powerdrive 2 investigates various solutions to this problem, two of which are outlined below.

Solutions

The application of an electric heater is an obvious and surprisingly efficient method. It will heat up the catalyst after, or even before, the engine is started using electrical energy from the battery. It works more or less like a seat heater but with twenty times more power. The so called “catalyst light-off” can in this case be reached after only 100 seconds. Without heating, it would take 11 minutes to reach the temperature of 200 °C (using the example of the more distantly mounted SCR catalyst). See figure 4.

However, the engine itself has to generate the electrical energy required for heating using the alternator. This increases the fuel consumption, but this method is still more efficient than others. With increasing fuel consumption, the emissions also increase, which is problematic only inasmuch as the catalysts are not yet warm enough. So, when using electrical heating, careful consideration has to be given to energy management to avoid a solution that backfires.

In terms of light-off, it is advantageous to place a catalyst as near as possible to the engine, as the hot exhaust gases are the major heat source for warm-up. Placing the catalyst immediately behind the engine would be an extreme solution because normally the turbocharger is positioned here. The solution is therefore called the pre-turbine catalyst.

Figure 5 shows that a pre-turbine-catalyst reaches the light-off temperature after 30 seconds, while it

verschiedenste Maßnahmen und Strategien untersucht. Zwei davon sollen hier vorgestellt werden.

Lösungen

Eine naheliegende und überraschend effiziente Methode ist die Verwendung eines elektrischen Heizers. Dieser erwärmt den Katalysator sofort nach dem Start oder auch schon davor mit Strom aus der Batterie. Das funktioniert im Prinzip wie eine Sitzheizung, nur mit der zwanzigfachen Leistung. Damit kann der sogenannte „Katalysator Light-off“ hier bereits nach etwa 100 Sekunden erreicht werden. Ganz ohne Heizmaßnahme würde es über elf Minuten dauern, bis die Temperatur von 200 °C erreicht ist (hier am Beispiel des weiter entfernten Stickoxidkatalysators, siehe Abbildung 4).

Die für das Heizen benötigte elektrische Energie muss vom Motor selbst erzeugt werden, und zwar mithilfe des Generators („Lichtmaschine“). Das erhöht natürlich den Kraftstoffverbrauch, aber es konnte gezeigt werden, dass diese Methode im Vergleich zu anderen dennoch günstiger ist. Leider steigen mit dem erhöhten Kraftstoffverbrauch auch die Schadstoffemissionen, was wiederum ein Problem ist, wenn das Abgassystem noch nicht warm ist. Bei einem elektrischen Heizer gilt es also vor allem, ein intelligentes Energiemanagement zu entwickeln, sodass in Summe ein Vorteil bei den Emissionen erzielt werden kann.

Da Katalysatoren hauptsächlich von den heißen Motorabgasen erwärmt werden, ist es vorteilhaft, sie so nahe wie möglich am Motor zu verbauen. Ein besonders radikaler Ansatz ist es, den Katalysator als erstes Bauteil nach dem Motor zu verbauen. Das ist deshalb radikal, weil der erste Bauteil normalerweise der Turbolader ist. Man spricht dann vom sogenannten „pre-turbine catalyst“.

In Abbildung 5 kann man erkennen, dass der pre-turbine catalyst bereits nach etwa dreißig Sekunden seine Betriebstemperatur erreicht hat, während der standardmäßig angeordnete Kat erst nach über 100 Sekunden warm ist (hier am Beispiel des motornahen Oxidationskatalysators). Der Vorteil dieser Methode ist, dass nicht mehr Kraftstoff verbraucht wird. Der Nachteil ist, dass der Katalysator in Leerlaufphasen auch schnell wieder auskühlt. Ein weiterer Nachteil ist, dass dem Turbolader Energie weggenommen wird, was das sogenannte Turboloch deutlich verlängert.

Beide Technologien haben das Potenzial eines zukünftigen Serieneinsatzes, greifen aber auch sehr stark in das Gesamtsystem des Fahrzeugs ein, wodurch sie schwierig zu erforschen und zu entwickeln sind. ■

takes more than 100 seconds for a standard catalyst to meet the threshold for the first time (using the example of the closed coupled oxidation catalyst).

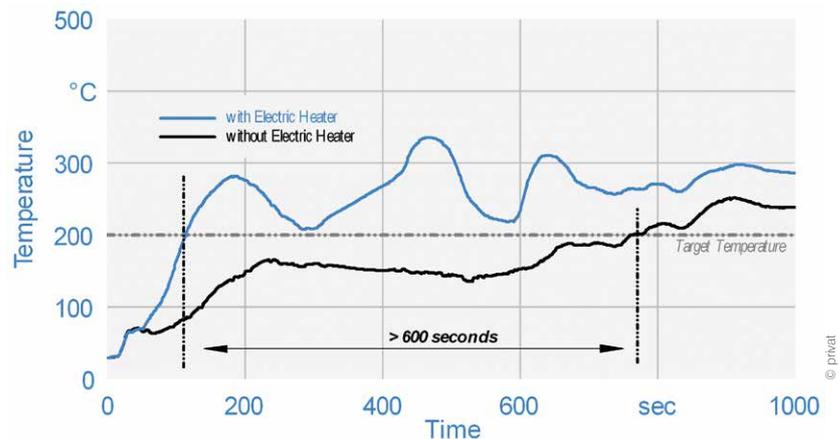


Abbildung 4:
Schnelleres Erwärmen des Katalysators durch einen elektrischen Heizer.

Figure 4:
Faster catalyst light off by electrical heating.

The advantage of this method is that it requires no extra fuel energy. The disadvantage is that the catalyst also cools down easily during idle engine operation. Another drawback is that the catalyst consumes thermal energy that is otherwise used by the turbocharger. This increases the so called turbo-lag.

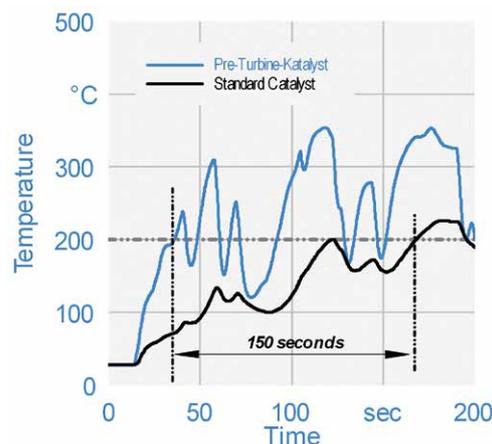


Abbildung 5:
Schnelleres Erwärmen eines Katalysators vor dem Abgasturbolader.

Figure 5:
Faster light off of a pre-turbine catalyst.

Both technologies are promising and may be found in future series production vehicles. However, their strong interaction with the entire powertrain system makes research and development a difficult task. ■