

Nachrüstbares Abgas-Entstickungssystem

Gemeinsam mit der Privatwirtschaft entwickelte das Institut für angewandte Umwelttechnik (umtec) ein System zur Stickoxidreduktion bei Dieselfahrzeugen. Nachdem verschiedene Prototypen auf Lastwagen, Geleisebaumaschine und Bus erprobt wurden, steht jetzt ein System zur Verfügung, mit dem sich die Stickoxide um mehr als 90 Prozent reduzieren lassen.



Das mit dem Abgasnachbehandlungssystem ausgerüstete Testfahrzeug erfüllt bereits die Norm Euro V und ist damit wohl der «sauberste» Dieselbus der Schweiz.

VON HEIRI HAFNER

Trotz wesentlichen Verbesserungen in den letzten Jahren sind die Emissionen von Stickoxiden und Feinpartikeln aus Dieselmotoren nach wie vor sehr hoch. Dies führt zu einer erheblichen Luftbelastung durch Dieselfahrzeuge. Während bei Benzinmotoren durch die Einführung des 3-Wege-Katalysators der Anteil Stickoxide drastisch gesenkt werden konnte, ist der Einsatz solcher Katalysatoren bei Dieselfahrzeugen motoren-technisch nicht möglich.

Seit Beginn der 90er-Jahre sind die Emissionsgrenzwerte für Dieselmotoren schrittweise verschärft worden. Angefangen mit der Norm Euro I von 1992 sind wir mittlerweile bei der Euro III angelangt, welche bei Stickoxid und Russpartikeln starke Senkungen verlangt. Im Jahr 2005 folgt Euro IV, dabei wird der Partikelaustritt nochmals drastisch reduziert. Mit Euro V im Jahr 2008 erfolgt eine zusätzliche Verringerung der Stickoxidgrenzwerte.

Nach heutigem Stand der Technik kann bereits Euro IV bei Nutzfahrzeugen nicht mehr alleine mit inner-

motorischen Massnahmen eingehalten werden. Zusätzlich müssen Systeme wie Partikelfilter und Entstickungssysteme installiert werden, um die Grenzwerte einhalten zu können. Zur Verringerung der Emission von Russfeinpartikeln (PM10) aus Dieselmotoren sind Russfilter für fast alle Typen von Lastwagen, Bussen, Personwagen und auch Baumaschinen verfügbar. Diese Filtersysteme haben sich in der Praxis bestens bewährt.

NO_x lassen sich nur beschränkt reduzieren

Die Stickoxidemissionen (NO_x) von Dieselmotoren hingegen lassen sich mit der heute verfügbaren Technologie nur beschränkt reduzieren. Momentan ist noch kein Abgasnachbehandlungssystem auf dem Markt verfügbar.

Charakteristisch für die Emissionen von Dieselmotoren ist, dass sich Russ und NO_x in Bezug auf innermotorische technische Massnahmen gegenläufig verhalten. Werden durch solche Massnahmen Russpartikel-emissionen vermindert, steigt gleichzeitig der NO_x-Ausstoss an und umgekehrt. Mit der heute verfügbaren Technologie kann daher nur ein Kompromiss erzielt werden – eine unbefriedigende Situation. Mit NO_x wird die Gesamtheit aller Stickoxide be-

zeichnet, welche aber im Wesentlichen aus NO und NO₂ bestehen. Stickoxide sind überwiegend verantwortlich für das bodennahe Ozon.

Praktisch jeder Motorenhersteller von Dieselaggregaten arbeitet heute mit Hochdruck daran, die Motoren und die zugehörige Peripherie so zu entwickeln, dass damit die kommenden Abgasnormen erfüllt werden. Was aber geschieht mit älteren Fahrzeugen, welche erst Euro I oder II oder noch gar keine Norm erfüllen?

Gerade in der Baubranche werden Maschinen häufig 15 oder gar 20 Jahre lang eingesetzt. Für diese Anwendungen greift die «Baurichtlinie Luft» (BauRLL), welche unter anderem für Russpartikel Grenzwerte auf Baustellen und festen Anlagen vorschreibt. Was aber passiert mit den Stickoxidemissionen dieser Fahrzeuge?

Hier setzt die Idee von einem nachrüstbaren System zur Reduktion von Stickoxiden und Russpartikeln an. Um ein solches System bei bestehenden Maschinen einbauen zu können, müssen alle nötigen Regelparameter ohne Eingriff in die vorhandene Motorelektronik gemessen werden. Die allenfalls vorhandene Motorelektronik sollte unangetastet bleiben. Ein solches System sollte idealerweise «end of pipe», also völlig unabhängig von den individuellen Merkmalen des vorgeschalteten Motors sein.

Heiri Hafner

Maschineningenieur HTL, ist stellvertretender Institutsleiter am Institut für angewandte Umwelttechnik der Hochschule Rapperswil HSR.

Das Ziel des Umtec-Projektes war die Entwicklung eines kostenoptimierten Systems zur Abgasnachbehandlung von mobilen Dieselmotoren. Das System sollte unabhängig vom Motor betrieben und so auch auf älteren Fahrzeuge nachgerüstet werden können. Auch die Abgase eines Motors der Klasse Euro 0/I (schlechteste Qualität) sollen mit dem Nachrüstsystem Euro-V-Abgasqualität (beste Qualität) erreichen.

Das Konzept sieht vor, das Motorenabgas zu säubern (vgl. Abbildung 2):

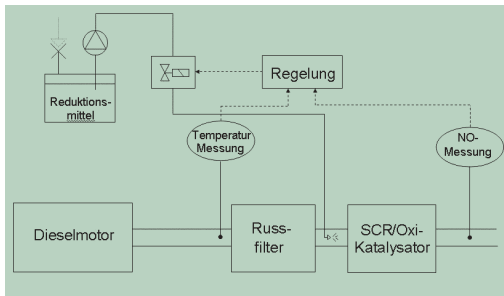


Abbildung 2 zeigt das Anlagenschema des Abgasnachbehandlungssystems.

- mit einem Russfilter von Russ
- mit einem SCR-Katalysator (Selective Catalytic Reaction) von NO_x
- mit einem Oxidationskatalysator von Kohlenmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoff (HC)

Der Russfilter entfernt die Russpartikel aus dem Dieselaabgas. Russfilter erreichen bereits heute einen sehr guten Abscheidegrad und stellen eine erprobte Technologie dar.

Für die Zerstörung der Stickoxide wird dem Abgas ein Reaktionsmittel zudosiert. Dieses Reaktionsmittel reduziert im SCR-Katalysator das NO_x zu Kohlendioxid (CO_2), Luftstickstoff (N_2) und Wasserdampf (H_2O). Im Oxi-

datationskatalysator werden CO und HC zu CO_2 nachverbrannt. Nach dem SCR/Oxidationskatalysator wird der NO-Gehalt im Abgas gemessen. Dieses NO-Signal wird neben der Abgastemperatur für die Dosierung des Reduktionsmittels benötigt.

Eigene Entwicklungen

In einer ersten Phase wurde ein geeignetes Messgerät zur Erfassung der NO_x -Emissionen entwickelt. Da NO_x im Abgas zu 95 Prozent aus NO besteht, wurden nur die NO-Emissionen erfasst. Das Messgerät besteht aus den Komponenten Messgasaufbereitung, NO-Messung und Messwertverarbeitung.

In der Messgasaufbereitung wird das Abgas mit einem eigenen entwickelten Messgasverdünner soweit aufbereitet, dass bei dessen Abkühlung keine Kondensation mehr stattfindet, was die NO-Messzellen beschädigen würde. Die NO-Messung besteht aus zwei elektrochemischen Messzellen, welche abwechselnd messen und regenerieren. Die Steuerung, Signalerfassung und Messwertverarbeitung wird mit einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) ausgeführt. Diese Entwicklung wurde von der Kommission für Technik und Innovation (KTI) finanziert.

In der zweiten Phase wurde der Katalysator und das ganze Dosiersystem zur Eindüsung des Reduktionsmittels entwickelt. Die SPS übernahm dabei die Regelung des ganzen Systems. Mit der gesamten Anlage wurden Systemtests auf einer Geleisebaumaschine und einem Lastwagen durchgeführt. Langzeitversuche mit beiden Fahrzeugen zeigten Erfolg versprechende Resultate. Die zweite Phase wurde finanziell ebenfalls von der KTI und dem Forschungsfonds der Erdölvereinigung (FEV) getragen.

In der dritten und letzten Phase wurden die verschiedenen Komponenten weiterentwickelt. Ziel dieser Phase war die Bereitstellung eines seriennahen Produktes, welches auf den verschiedenen Anwendungen einsetzbar ist. Für den 18 Monate dauernden Langzeitversuch wurde ein im öffentlichen Verkehr fahrender Bus vom Typ Volvo B10M (Jg. 1992) mit einem komplett überarbeiteten System ausgerüstet. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Phasen wurde hier erstmals auch ein marktüblicher Partikelfilter eingesetzt. Schnelle Lastwechsel, unterschiedliche Betriebszustände, Vibrationen und häufiges Starten des Motors stellten hohe Anforderungen an das Nachrüstsystem. Der mit diesen Komponenten bestückte Bus erreichte auf dem Prüfstand wie auch im nor-

malen Fahrbetrieb NO_x -Abscheidegrade von mehr als 90 Prozent. Diese letzte Phase wurde vom Technologieförderfonds des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (Buwal) unterstützt.

Was sagen die Messresultate aus?

Während der Testphase wurden auf dem Bus sämtliche Messdaten durch einen Daten-Logger aufgezeichnet und abgespeichert. Diese Messdaten wurden dann periodisch ausgelesen, ausgewertet und zur Optimierung des Gesamtsystems genutzt. Auf diese Weise wurde die Regelung an den hochdynamischen Busbetrieb angepasst. Nach acht Monaten praktisch störungsfreiem Dauerbetrieb wurde das Fahrzeug auch auf dem Prüfstand einem 13-Punkte-Test (ESC) unterzogen. Die Resultate ergaben, dass alle gestellten Anforderungen an die anspruchsvollen Vorgaben von Euro V vollumfänglich erfüllt wurden (vgl. auch Abbildung 3).



Abbildung 3: NO-Emissionen mit und ohne Entstückungssystem (Trendlinien).

Aus diesem Grund darf zu Recht gesagt werden, dass dieser Linienbus das sauberste Dieselfahrzeug ist, das auf Schweizer Strassen verkehrt.

Fazit

Mit der Neuentwicklung nachrüstbarer Abgas-Entstücker für Dieselfahrzeuge wird eine Verringerung der Stickoxidemissionen von über 90 Prozent erzielt. Damit können selbst alte Motoren die anspruchsvollen Grenzwerte der Norm Euro V einhalten. Weil das System nicht in das interne Motorenmanagement eingreift, ist es ausserordentlich flexibel und kann für Dieselmotoren in den unterschiedlichsten Anwendungen eingesetzt werden. Im Transportgewerbe müssen zunächst finanzielle Anreize für die Nachrüstung alter Dieselfahrzeuge geschaffen werden, denn die anspruchsvollen Vorgaben von Euro V sind erst ab 2008 verbindlich. Eine Möglichkeit wäre die Verringerung der LSVA-Gebühren für Euro-V-kompatible nachgerüstete Alt-Fahrzeuge. ●