

Deutscher Bundestag
5. Untersuchungsausschuss
der 18. Wahlperiode

Ausschussdrucksache
18(31)39



TU Berlin | VKM | Carnotstr. 1a | 10587 Berlin

Deutscher Bundestag
5. Untersuchungsausschuss
Herr Herbert Behrens, MdB
Platz der Republik 1
11011 Berlin

Fakultät V | Verkehrs- und Ma-
schinensysteme
Institut für Land- und Seeverkehr

FG Verbrennungskraftmaschinen

Leitung
Prof. Dr.-Ing. Roland Baar

Sekretariat CAR-B1
Carnotstr. 1a
10587 Berlin

Telefon +49 (0)30 314-26946
Telefax +49 (0)30 314-26105
roland.baar@tu-berlin.de

Berlin, 21. August 2016

Unser Zeichen:

Betreff
Öffentliche Sachverständigenanhörung des 5. Untersuchungsausschusses am
22.09.16
Stellungnahme zum Sachverhalt

Funktionsweisen und Möglichkeit von Abschaltvorrichtungen und sonstigen Manipulationen einer NO_x-Abgasreinigung

Diese Stellungnahme beschreibt generelle Zusammenhänge von Technologien und Abgasemissionen bei Dieselmotoren. Außerhalb von Presseinformationen habe ich keinerlei Informationen über Details zur Manipulation verschiedener Hersteller. Meine Stellungnahme beschränkt sich auf die Notwendigkeit von Abschaltvorrichtungen.

Die Bildung von Stickoxiden (NO_x) ist im Wesentlichen von der lokalen Temperatur und dem lokalen Kraftstoff-Luft-Verhältnis während der Verbrennung geprägt. Diese wird ursächlich durch das Brennverfahren, insbesondere die Einspritzung und die Gemischbildung im Zylinder, beeinflusst. Die Abgasrückführung ist eine etablierte Methode der Emissionsreduzierung. Die Möglichkeiten der innermotorischen Reduzierung sind prinzipbedingt begrenzt, sodass heute verschiedene Abgasnachbehandlungssysteme zum Einsatz kommen. Da es eine eindeutige Wechselwirkung zwischen der Bildung von Ruß und NO_x gibt, spielt bei der Applikation von Motoren hinsichtlich NO_x auch die Rußreduzierung (Partikelfilter) eine Rolle.

Abschaltvorrichtungen, die offensichtlich ausschließlich zwischen Prüfstands- und Realbetrieb unterscheiden oder nach einer bestimmten Zeit wirksam werden, kön-

> Seite 1/3 |

nen keiner Schutzfunktion des Motors zugeordnet werden. Bei Abschalteneinrichtungen, die auf einer Bestimmung von Betriebstemperaturen basieren, ist zunächst zu klären, für welche Komponenten eine temperaturabhängige Schutzfunktion von Motorbauteilen relevant ist. Sowohl bzgl. der thermodynamischen Funktion als auch der Haltbarkeit spielt die Betriebstemperatur eine große Rolle. Grundsätzlich kann man aber sagen, dass Funktion und Lebensdauer eine Frage der Auslegung (Wahl der Werkstoffe, Gestaltung von Bauteilen, Art des Betriebs) sind. Nach aktuellem Kenntnisstand ist es heute möglich, Motoren so zu konstruieren, dass sie betriebssicher ohne Motorschutzfunktion eingesetzt werden können und die aktuell geltende Emissionsgesetzgebung für Europa erfüllen.

Bauteile, die ggf. temperaturabhängig geschützt werden können, sind:

Hochdruckabgasrückführung:

Bis vor wenigen Jahre wurden ausschließlich eine Abgasrückführung auf der Hochdruckseite realisiert. Bei zu niedrigen Temperaturen kann dabei Wasserdampf aus dem Abgas auf dem Weg zurück in den Zylinder in Leitungen und Kühlern kondensieren. Zusammen mit unverbrannten Verbrennungsprodukten (Ruß, HC) kann es zu Versottungserscheinungen kommen, die die Funktion der Abgasrückführung einschränken oder Bauteile beschädigen können. Dieses Verhalten tritt insbesondere bei niedrigen Temperaturen auf. Eine feste Temperaturgrenze existiert hier nicht, weil es eine deutliche Abhängigkeit von der Konstruktion und Werkstoffwahl gibt. Ein weiterer Aspekt ist die temporäre Abschaltung der Hochdruckabgasrückführung im transienten Betrieb, wenn das Abgas zum schnellen Hochlauf des Abgasturboladers benötigt wird. Hierbei handelt es sich nicht um eine Schutzfunktion, sondern eine Maßnahme zur Verbesserung des Betriebsverhaltens des Motors.

Für die Hochdruckabgasrückführung kann die Notwendigkeit einer Motorschutzfunktion gegeben sein.

Niederdruckabgasrückführung

Mit Einführung der Euro5-Gesetzgebung wurde erstmals die Abgasrückführung auf der Niederdruckseite eingeführt. Der Vorteil dieses Verfahrens ist die gute Durchmischung, die Möglichkeit für höhere Abgasrückführungsmengen, die Rückführung gereinigten Abgases (Oxidationskatalysator und Dieselpartikelfilter reduzieren Ruß, CO und HC) sowie eine Vermeidung der Abschaltungsnotwendigkeit der Abgasrückführung im transienten Betrieb. Der Vorteil hinsichtlich eines Betriebs in verschiedenen Zuständen ist insbesondere, dass das Abgas nach Oxidationskatalysator und Dieselpartikelfilter entnommen wird, so dass ein Versottungsrisiko der Abgasrückführleitung durch unverbrannte Verbrennungsprodukte gering ist.

Eine thermisch bedingte Schutzfunktion erscheint dementsprechend nicht notwendig zu sein.

Oxidationskatalysator

Bei Oxidationskatalysatoren werden CO und HC oxidiert. Hierbei gibt es keinen relevanten Zusammenhang zur Temperatur. Eine thermisch bedingte Schutzfunktion erscheint nicht notwendig zu sein.

Dieselpartikelfilter

Zur Regeneration von Dieselpartikelfiltern wird Kraftstoff zu einem Zeitpunkt eingespritzt, bei dem er nicht vollständig verbrennt; „Nacheinspritzung“. Dies kann zur Verdünnung des Motoröls führen, wenn der Kraftstoffstrahl unverdampft auf die Zylinderwand trifft und sich dann mit dem Motoröl vermischt. Dies ist zwar temperaturabhängig, allerdings kann dieses Problem durch eine geeignete Einspritzstrategie minimiert werden.

Eine thermisch bedingte Schutzfunktion erscheint nicht notwendig zu sein.

NOX-Speicherkatalysator

Bei Speicherkatalysatoren wird NOX chemisch angelagert, die bei Bedarf durch Produkte einer unvollständigen Verbrennung wieder reduziert werden. Hierbei gibt es keinen bekannten Zusammenhang zur Temperatur.

Eine thermisch bedingte Schutzfunktion erscheint nicht notwendig zu sein.

SCR-Katalysator

Bei SCR-Katalysatoren wird NOX durch Ammoniak reduziert, das aus verdampfendem Harnstoff (Ad-blue) entsteht. Der Harnstoff kann ggf. bei zu niedrigen Temperaturen einfrieren. Bei falscher Applikation kann es zudem zu einem Ammoniak-Schlupf kommen, sodass Ammoniak an die Umgebung abgegeben wird. Ggf. kann sich Ammoniak in Rohrleitungen ablagern. Die Verdampfung des Harnstoffs geschieht auch bei niedrigen Temperaturen angemessen schnell.

Eine thermisch bedingte Schutzfunktion erscheint nicht notwendig zu sein.

Man kann also zusammenfassend sagen, dass - ausgenommen von der Hochdruckabgasrückführung (die durch Niederdruckabgasrückführung vollständig ersetzt werden kann) - ein Motorschutz auf Grund niedriger Betriebstemperaturen bei aktueller Emissionsgesetzgebung nicht zwangsläufig notwendig ist. Verschiedene Motoren (Daimler OM654, Volkswagen EA288) belegen dies. Generell lässt sich sagen, dass es immer eine Frage des Konzepts, der Konstruktion und Werkstoffwahl ist, ob ein Bauteil haltbar ist oder irgendeine Schutzfunktion eingesetzt werden muss. Einschränkend möchte ich feststellen, dass mir nicht alle Hintergründe und technischen Details bekannt sind, die zu Entscheidungen während des Entwicklungsprozesses führen. Dementsprechend ist meine Stellungnahme als Beschreibung von technischen Grundlagen zu verstehen.

2.35

(Prof. Dr. Roland Baar)