

## Forschungsberichtsblatt

Forschungsvorhaben: „Untersuchungen zur Entwicklung einer rußfreien Verbrennung bei Dieselmotoren mit Direkteinspritzung“  
Förderkennzeichen: BWI 23001  
Forschungsstelle: Institut für Kolbenmaschinen, Universität Karlsruhe (TH)

### 1. Kurzbeschreibung des Forschungsergebnisses:

Dieselmotoren stellen heute die Antriebsquelle für Kraftfahrzeuge aller Art mit dem höchsten Wirkungsgrad dar. Nur durch ihren Einsatz lassen sich die gesteckten Ziele zur Reduzierung des Kohlendioxidausstoßes im Hinblick auf den Treibhauseffekt erreichen. Ein großes Problem stellt jedoch die Rußemission dieser Motoren dar, die mit heutigen Brennverfahren innermotorisch nicht in dem gewünschten Maß reduziert werden kann. Dies erfordert den Einsatz komplexer und teurer Abgasnachbehandlungssysteme, deren Funktionstüchtigkeit jedoch bei weitem noch nicht zufriedenstellend ist.

Die Hauptquelle für die Rußemission eines Dieselmotors stellt das Zusammentreffen von noch flüssigem Kraftstoff mit der Flamme dar. Dies ist insbesondere bei Motoren mit Direkteinspritzung der Fall, bei denen die Einspritzung aus Geräuschgründen in eine Vor- und eine Haupteinspritzung unterteilt ist. Nach der Zündung des voreingespritzten Kraftstoffes erfolgt die Haupteinspritzung direkt in die Flamme, was eine erhöhte Rußbildung zur Folge hat.

Daher ist im Rahmen dieses Forschungsvorhabens ein Brennverfahren entwickelt und untersucht worden, welches eine räumliche Trennung der Vor- und Haupteinspritzung durch 2 separate Injektoren vornimmt und damit die Rußbildung stark reduziert.

Zur Abschätzung des Potenzials der räumlich getrennten Vor- und Haupteinspritzung wurden an einem Einzylinder-Nutzfahrzeugmotor sowohl für die vorgeschlagene neue als auch für eine konventionelle Einspritzstrategie Untersuchungen durchgeführt und die Ergebnisse gegenübergestellt. So zeigt sich, dass die räumliche Trennung der Vor- und Haupteinspritzung ein hohes Potenzial mit einer bis zu 80% reduzierten Rußemission besitzt. Zu erklären ist die Produktion von deutlich weniger Ruß dadurch, dass die Hauptmenge des Kraftstoffes in einen anderen Brennraumbereich eingespritzt wird als die Voreinspritzmenge und so ein direktes Zusammentreffen von noch flüssigem Kraftstoff und der bereits vorhandenen Flamme vermieden wird. Außerdem ist bei räumlicher Tren-

nung ein lokal magereres Gemisch vorhanden, was sich positiv auf die Rußoxidation auswirkt. Durch zusätzlichen Einsatz von Abgasrückführung ist es möglich, die Rußemissionen und die NO<sub>x</sub>-Emissionen gleichzeitig zu senken und somit den Ruß-NO<sub>x</sub>-Trade-Off zu überwinden. Untersuchungen bei Variation der Voreinspritzmenge zeigen, dass durch den Einsatz der neuen Einspritzstrategie bereits kleinste Voreinspritzmengen den Verbrennungsprozess positiv beeinflussen und die Rußemissionen auf einem konstant niedrigen Niveau halten.

## **2. Welche Fortschritte ergeben sich in Wissenschaft und/oder Technik durch Ihre Forschungsergebnisse?**

Die Forschungsergebnisse zeigen, dass es durch eine räumlich getrennte Vor- und Haupteinspritzung bei Dieselmotoren mit Direkteinspritzung möglich ist, die Rußemissionen bei gleichzeitig niedrigem NO<sub>x</sub>-Niveau innermotorisch sehr stark zu reduzieren. Außerdem ist es möglich, durch Einsatz dieser Einspritzstrategie, den maximal zulässigen Spitzendruck besser auszunutzen, da sich bereits kleinste Voreinspritzmengen positiv auf den Druckverlauf auswirken und steile Druckgradienten verhindern. Dadurch werden extreme Druckspitzen vermieden und es kann der mechanisch zulässige Spitzendruck effektiver ausgenutzt werden. Verbunden mit einer Spätverstellung des Einspritzzeitpunktes, die aufgrund des niedrigen Rußniveaus möglich ist und sich zusätzlich positiv auf die Stickoxidemissionen auswirkt, lässt sich somit z.B. durch eine Anhebung des Ladedruckes der Prozess dem thermodynamisch günstigen Gleichdruckprozess annähern, was gleichzeitig eine Wirkungsgradsteigerung zur Folge hat.

## **3. Welche Empfehlung ergibt sich aus dem Forschungsergebnis für die Praxis?**

Aus Bauraumgründen wird es nicht möglich sein, in der Praxis eine räumliche Trennung durch 2 separate Injektoren für Vor- und Haupteinspritzung zu realisieren. Deshalb sollten die Forschungsergebnisse als Motivation für die Einspritzsystemhersteller dienen, Injektoren zu entwickeln, die z. B. durch unterschiedlichen Hub der Düsennadel unterschiedliche Spritzlöcher freigeben, um so die räumliche Trennung der Vor- und Haupteinspritzung durch einen Injektor zu gewährleisten. Dadurch könnte auch in der Praxis das durch die Forschungsergebnisse aufgezeigte hohe Potenzial bezüglich der sehr niedrigen Partikelrohmissionen bei gleichzeitig niedrigem NO<sub>x</sub>-Ausstoß ausgeschöpft werden. Bei zusätzlichem Einsatz eines Partikelfilters wäre somit ein rußfreier Motorbetrieb möglich. Durch die sehr niedrigen Partikelrohmissionen könnten erheblich

längere Beladungszyklen des Partikelfilters realisiert werden, was eine geringere thermische Filterbelastung zur Folge hätte. Da jede Regeneration des Filters mit einem Kraftstoffmehrverbrauch verbunden ist, würde somit auch ein nicht unwesentlicher Vorteil bezüglich des Kraftstoffverbrauches entstehen.