

# Niedrige Abgasemissionen erzielen

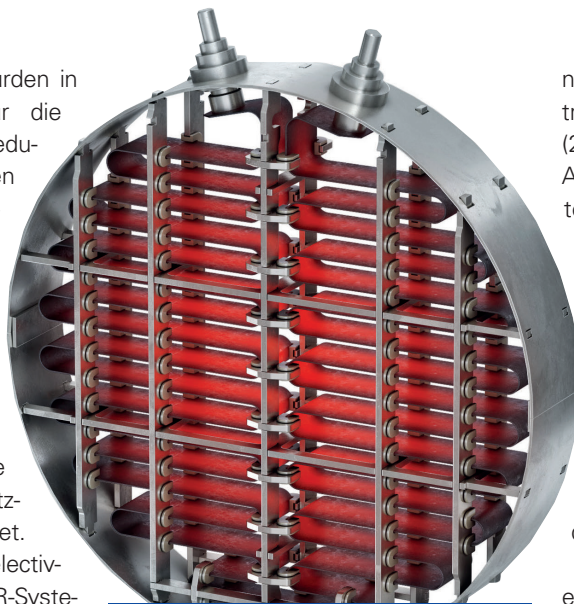
**Für zukünftige Abgasnormen werden deutlich verschärfte Anforderungen an die Schadstoffemissionen erwartet. Heutige Abgasnachbehandlungssysteme funktionieren hervorragend bei Abgastemperaturen größer 200 °C. Während den Betriebszeiten mit geringerer Abgastemperatur sind die Konvertierungseigenschaften der Katalysatoren aber nicht ausreichend für zukünftige Emissionsanforderungen. Hier setzt das von HJS entwickelte Heizelement an.**

In der Abgasgesetzgebung wurden in der Vergangenheit nicht nur die Grenzwerte für Schadstoffe reduziert, sondern auch die Testzyklen verschärft. Mit der aktuellen Emissionsgesetzgebung (EuroVI) für Nutzfahrzeuge wurden auch In-Use-Conformity-Grenzwerte für den realen Betrieb implementiert. Für zukünftige Abgasgrenzwerte (On-Highway: EuroVII, Off-Highway: Stufe V) wird erneut eine Verschärfung der Grenzwerte und eine Erweiterung der Einsatzbereiche im realen Betrieb erwartet.

Seit der EuroIV kommen Selective Catalytic-Reduction-Systeme (SCR-Systeme) zur Reduzierung von Stickoxidemissionen ( $\text{NO}_x$ ) zum Einsatz. Diese basieren auf der Eindsosierung eines Reagenzmittels (AdBlue) und der Reaktion des Reagenzmittels mit den Stickoxiden. SCR-Systeme funktionieren temperaturabhängig, eine signifikante Reaktion startet bei ca. 200 °C, erreicht einen stabilen Umsatz von ca. 99 Prozent zwischen etwa 300 und 450 °C und fällt dann etwas ab. Der Zeitraum bis zum Erreichen einer optimalen Betriebstemperatur wird Kaltstartverhalten genannt.

Die erwarteten zukünftigen Grenzwerte werden so niedrig sein, dass Abgasnachbehandlungssysteme (AGN-Systeme) die  $\text{NO}_x$ -Emissionen auch im Kaltstartverhalten verstärkt applikativ berücksichtigen müssen. Übliche Kaltstartzeiten in Nutzfahrzeuganwendungen liegen im Bereich von fünf bis zehn Minuten. Danach ist das SCR-System soweit aufgewärmt, dass nennenswerter  $\text{NO}_x$ -Umsatz vorhanden ist.

Um während des Kaltstarts günstige Bedingungen für die SCR-Systeme zu



Elektrischer Heizer von HJS. © HJS

erreichen, hat HJS einen elektrischen Heizer entwickelt. Der Heizleiter, als Kernelement, ist über Isolatoren elektrisch vom Gehäuse entkoppelt. Bei einem Kaltstart wird der Heizleiter vom Bordnetz elektrisch versorgt und heizt den Abgasmassenstrom auf. Lokal können, je nach Auslegung, rund 1000 °C im Heizer erreicht werden. Damit lassen sich Komponenten des AGN-Systems schnell auf Betriebstemperatur bringen.

## Auslegung des Heizleiters

Die Dimensionen des Heizleiters werden durch den gewünschten elektrischen Widerstand bestimmt. Dieser ist abhängig vom Bordnetz und der benötigten Leistung. Um die Kaltstartzeit möglichst klein zu halten, ist für Nutzfahrzeuge eine elektrische Leistung von ca. 10 kW notwendig, wobei durch klei-

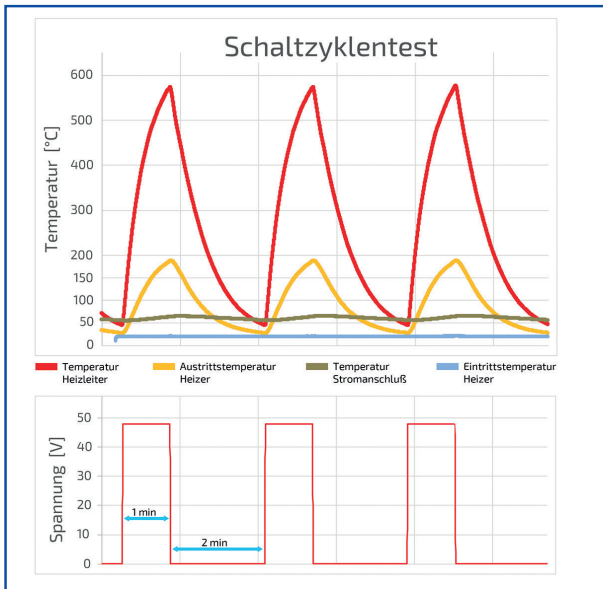
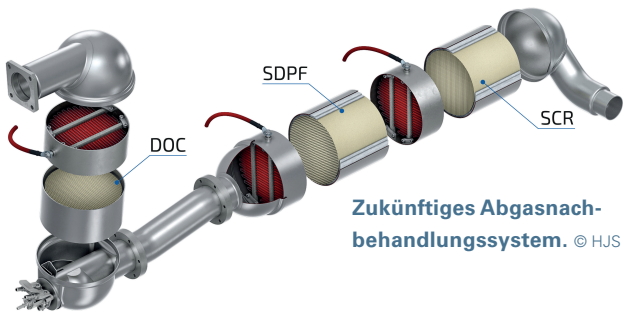
ne Änderungen in der Heizleitergeometrie auch deutlich höhere Leistungen (20 kW) dargestellt werden können. Die Auslegung des Heizleiters geschieht unter Berücksichtigung der notwendigen Oberfläche für die Wärmeübertragung und der Limitierung durch den verfügbaren Bauraum. Ein guter Kompromiss ergibt sich für einen Heizleiter mit einer Breite von etwa 40 mm (Länge des Bauteils im Abgasstrang) in einem 48-V-Bordnetz. Durch die geringe Materialstärke des Heizleiters ist der zusätzliche Gegen- druck üblicherweise kleiner 5 mbar.

Der Heizleiter wird durch Keramik- ein-sätze in den Kammleisten gelagert und elektrisch isoliert. Die Geometrie der Keramikeinsätze sorgt für die korrekte Position und für eine spannungsfreie Längenausdehnung des Heizleiters bei Temperaturerhöhung.

Mithilfe dieses Lagerungskonzeptes ist eine einfache Skalierbarkeit des elektrischen Heizers möglich, weil die Kammleisten gut in der Länge zu modifizieren sind. Dadurch ist es leicht möglich, den elektrischen Heizer an verschiedene Durchmesser von Komponenten im AGN-System zu adaptieren.

## Im Fokus: Position des Heizers

Der Heizer vor einem DOC kann beim schnellen Erreichen der Light-Off-Temperatur unterstützen und somit Kaltstartphasen als auch aktive Regenerationen zeitlich reduzieren. Der Heizer vor einem SCR-beschichteten Dieselpartikelfilter (SDPF) führt zu einem raschen Aufheizen des SDPFs und damit zu einer hohen  $\text{NO}_x$ -Konvertierungsrate. Diese Position des Heizers verhin-



**Schaltzyklentest: Nach ca. 30.000 durchgeführten Zyklen wurden keine Schädigungen im Heizer erkannt. © HJS**

dert auch eine Abkühlung des SDPF im Falle von Schwachlastzyklen. Somit wird die NO<sub>x</sub>-Konvertierung trotz geringer Abgastemperaturen des Motors auf einem hohen Niveau gehalten. Für die Emissionsanforderungen ist ein SDPF oft nicht ausreichend, daher wird dahinter noch ein weiteres SCR-Substrat integriert. Dieses hat einen vorgeschalteten elektrischen Heizer, der für ausreichende Temperaturen und hohe NO<sub>x</sub>-Konvertierung sorgt. Im Bedarfsfall lässt sich der Heizer mit einer katalytischen Beschichtung ausstatten, um zum Beispiel die Aufbereitung des Harnstoff-Wasser-Gemisches zu unterstützen. Eine weitere Reduzierung der Kaltstartphase kann durch die Aktivierung des elektrischen Heizers vor dem Motorstart erreicht werden.

Zur Absicherung der Dauerhaltbarkeit wurden die verwendeten Komponenten im Heizer in Bezug auf das Risikopotenzial bewertet. Ein ständiger Temperaturwechsel des Heizleiters führt zu dauernden Längenänderungen des Materials und die Keramikeinsätze

Oberflächentemperaturen des Heizleiters mitgeschrieben. Zusätzlich wurden an den Stromanschlüssen des Heizers und an den stromführenden Leitungen Thermoelemente platziert.

Der verwendete Testzyklus zeigt ein mögliches Betriebsverhalten. Mit angeschaltetem Gebläse wird der Heizer mit einer Leistung von 10 kW bestromt. Dabei erwärmt sich das Heizband auf bis zu 600°C und erhitzt den Luftmassenstrom von ca. 20°C auf über 180°C innerhalb einer kurzen Betriebszeit. Der Stromanschluss wird hierbei auf ca. 70°C erwärmt. Nach einer Minute Bestromung wird die Last abgeschaltet und der Heizer durch das Gebläse solange abgekühlt, bis die Temperatur nach dem Heizer wieder nahezu Umgebungstemperatur erreicht hat. Dieser Vorgang dauert etwa 2 min. Danach startet der Zyklus erneut. Im eingeschwungenen Zustand kühlt sich die Oberfläche des Heizers nur noch auf eine Temperatur von ca. 50°C ab. Die Temperatur am Stromanschluss verharrt dann auch bei 70°C.

sorgen für eine spannungsfreie Längenausdehnung. Um dieses Konzept im frühen Reifegrad zu bestätigen, wird ein Schaltzyklendauerlauf durchgeführt. Dieser Versuch ist unabhängig von den späteren Applikationsparametern wie Bau- und mechanischer Belastung. Beim Aufbau eines Prüfstandes wurde ein elektrisches Gebläse genutzt und der Luftstrom über einen Konus in den elektrischen Heizer geleitet. Der Heizer wurde an ein programmierbares Netzteil mit einer Spannungsversorgung von 48V angeschlossen. Mithilfe eines Datenloggers wurden die relevanten Temperaturen aufgezeichnet. Neben den Ein- und Austrittstemperaturen des Heizers werden auch

**Ergebnisse**

Nach rund 30.000 durchgeführten Zyklen (1.500 Betriebsstunden) wurden keine Schädigungen im Heizer erkannt. Der Heizleiter zeigt leichte Verformungen, ist aber stabil in den Keramikeinsätzen gelagert. Auch sind keine Materialschäden erkennbar. So bestätigen die Ergebnisse des Schaltzyklentests die Dauerhaltbarkeit des Heizerkonzeptes.

Die Ergebnisse zeigen auch, dass für spätere Anwendungen ein zusätzlicher Fokus auf die weiteren Anbaukomponenten wie Kabel oder Anschlüsse gelegt werden muss. Hierfür ist ein intensiver Austausch zwischen HJS und den Anwendern notwendig.

**Fazit**

HJS hat einen skalierbaren, elektrischen Heizer für die Anwendung in Abgasnachbehandlungssystemen entwickelt. Trotz der geringen Baulänge im Abgasstrang ist es möglich, den Abgasmassenstrom mit einer elektrischen Leistung von bis zu 20kW mit einer hohen Geschwindigkeit und geringem Gegen- druck aufzuheizen. So erreichen nachfolgende Komponenten früher eine Betriebstemperatur mit hohen NO<sub>x</sub>-Konvertierungsraten und erfüllen die hohen Anforderungen im realen Betrieb. Eine erste Absicherung der Dauerhaltbarkeit wurde mit einem Schaltzyklentest nachgewiesen. Dabei sind die Funktionen nach über 30.000 Zyklen komplett vorhanden. ■

**HJS Emission Technology**  
[www.hjs.com](http://www.hjs.com)



**Dipl.-Ing. (FH) Sandra Arndt** arbeitet im Projektmanagement im Hause HJS.



**Dipl.-Ing. Simon Steigert** ist Abteilungsleiter Technologieentwicklung bei der HJS Emission Technology GmbH & Co. KG in Menden.



**Dipl.-Ing. (FH) Dominik Lamotte** hat die technische Projektleitung unter sich.