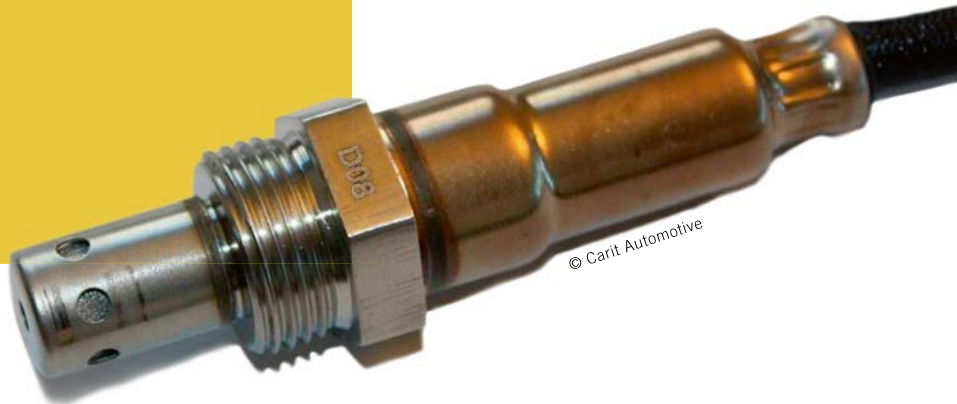


Neues Sensorprinzip zur NO_x-Messung



AUTOREN



Dirk Bleicker
ist Leiter der Forschung
und Entwicklung der Carit
Automotive GmbH & Co. KG
in Münster.



Frank Noack
ist Geschäftsführer der CPK
Automotive GmbH & Co. KG
in Münster.

In den letzten Jahren wurde es durch die sich ständig verschärfenden Abgasgrenzwerte immer schwieriger, wirtschaftlich die Stickoxid-Emissionen (NO_x-Emissionen) sicher zu erfassen. Sechs mittelständische Unternehmen und Forschungseinrichtungen entwickeln daher gemeinsam einen neuartigen NO_x-Sensor zur Anwendung an Dieselmotoren mobiler Arbeitsmaschinen. Die Entwicklung basiert auf einer elektrochemischen Zelle, die durch ihren vereinfachten Aufbau schnelle Ansprechzeiten ermöglicht und dabei Querempfindlichkeiten vermeidet. Mit dem Sensorprinzip lassen sich Abgasnachbehandlungssysteme effizienter regeln und auch zukünftige strenge Abgasnormen sicher einhalten.

MOTIVATION

Stickoxide entstehen bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe und haben in erhöhten Konzentrationen einen negativen Einfluss auf die menschliche Gesundheit. Die Emissionsgrenzwerte für Stickoxide wurden in den vergangenen Jahren immer weiter reduziert. So wurde der Grenzwert im Rahmen der Tier-Abgasnormen für mobile Arbeitsmaschinen in den letzten 17 Jahren um circa 95 % gesenkt [1]. Seit Einführung der Abgasnorm Euro 4 im Jahr 2004 werden auch sogenannte SCR-Systeme

(Selektive Catalytische Reduktion) zur Reduzierung der Stickoxide in Dieselabgasen von Lkw und Bussen eingesetzt. Hierbei wird eine wässrige Harnstofflösung in das Dieselabgas eingespritzt, aus welcher das für die Reduktion der Stickoxide am Katalysator benötigte Ammoniakgas entsteht.

Die ersten NO_x-Sensoren wurden zur Funktionsdiagnose der SCR-Systeme eingesetzt. Die mittlerweile etablierte Technik zum Nachweis gerade auch geringer Schadstoffemissionen ist umstritten. Ein nicht zu vernachlässigender Punkt ist dabei die Querempfindlichkeit der Senso-

ren gegenüber Abgasbestandteilen wie Ammoniak. Zur Minimierung dieser Faktoren hat ein Team am Institut für Luft- und Raumfahrttechnik der TU Dresden in Zusammenarbeit mit der CPK Automotive ein neuartiges Messprinzip entwickelt.

MESSPRINZIP

Das neuartige Messprinzip beruht auf einer elektrochemischen Zelle, die nach der amperometrischen Methode betrieben wird. Im Wesentlichen besteht das Sensorelement aus zwei Elektroden, die

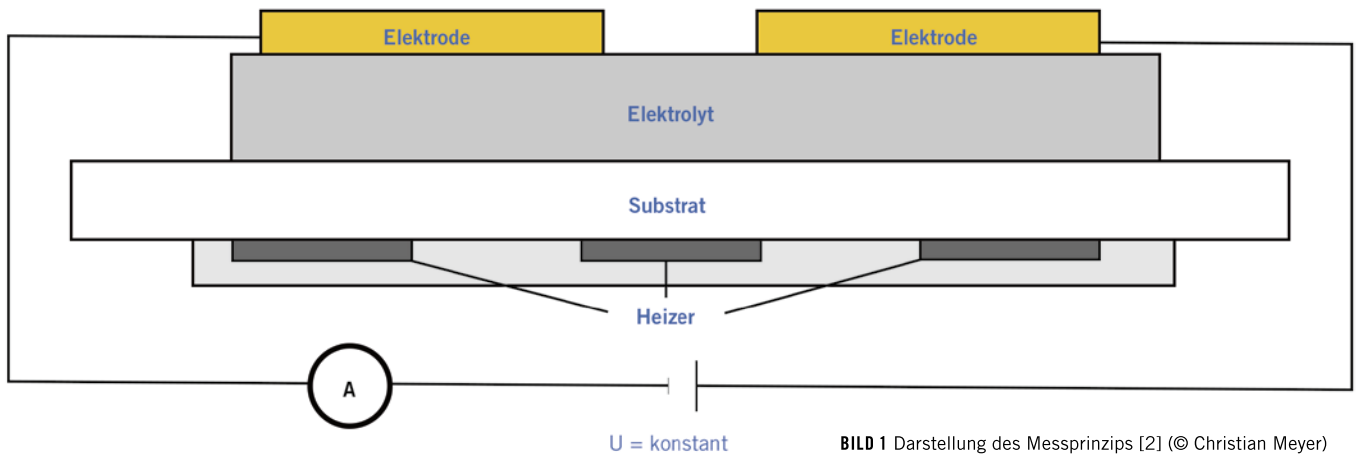


BILD 1 Darstellung des Messprinzips [2] © Christian Meyer)

über einen Festkörperelektrolyten miteinander verbunden sind, **BILD 1**. Durch Anlegen einer konstanten Spannung an die Elektroden resultiert ein Ionenstrom, der durch den Festkörperelektrolyten fließt. Eine auf der Rückseite des Sensorelements aufgebrachte Heizung bringt den Elektrolyten in den sensitiven Temperaturbereich. Bei konstanter Temperatur und konstanter angelegter Elektrodenspannung verhält sich der resultierende Sensor linear zu der den Sensor umgebenden Stickoxidkonzentration.

Der besondere Fokus bei der Grundlagenentwicklung des NO_x -Sensors lag auf der Auswahl eines geeigneten Elektrolytmaterials. Hierzu wurden umfangreiche Untersuchungen mit verschiedenen Materialien durchgeführt und hinsichtlich der Sensitivität, Selektivität und Stabilität bewertet. Beste Ergebnisse wurden mit einem Elektrolyten auf Nitratbasis erzielt. Ankommende Stickoxidmoleküle werden an der Elektrode (Kathode) unter Aufnahme von Elektronen mit Sauerstoff zu Nitrat oxidiert und in Nitratfehlstellen des Elektrolyten eingebaut.

Durch die angelegte Potenzialdifferenz zwischen den beiden Elektroden wird das Nitration zur zweiten Elektrode (Anode) gepumpt, wo es rekombiniert. Der durch den Elektrolyten fließende Ionenstrom ist direkt proportional zur umgebenden Stickoxidkonzentration [2]. Diese Eigenschaft des Sensorelements macht eine aufwendige Signalkonditionierung des Stromsignals überflüssig und resultiert in einer sehr schnellen Ansprechzeit des Sensors. Da es sich bei dem Elektrolyten um einen Ionenleiter für Nitrate handelt, sind keine Querempfindlichkeiten gegenüber anderen Gasen

zu erwarten. Somit reagiert der Sensor nicht auf Gase wie zum Beispiel Ammoniak, ein weiterer Vorteil des neuartigen Messprinzips.

AUFBAU DES SENSORS

Das Sensorelement besteht aus einem Keramiksubstrat, auf das im Dickschichtverfahren verschiedene Layer aufgebracht sind, **BILD 2** und **BILD 3**. Auf der Rückseite des Substrats befindet sich das

Heizelement. Die Kontaktpads dienen der sicheren Kontaktierung des Sensorelements im Sensorgehäuse. Auf der Vorderseite wird als erste Schicht ein temperaturabhängiger Widerstand (Thermistor) aufgebracht, mit dem in Verbindung mit dem Heizelement und der über die Sensorleitung verbundenen Steuerelektronik die Elektrolyttemperatur geregelt wird. Nach einer Isolationsschicht folgen der nitratbasierende Elektrolyt und die Elektroden mit den Kontaktpads.



BILD 2 Prototypen der NO_x -Sensorelemente, im Dickschichtverfahren hergestellt [3] © TU Dresden)

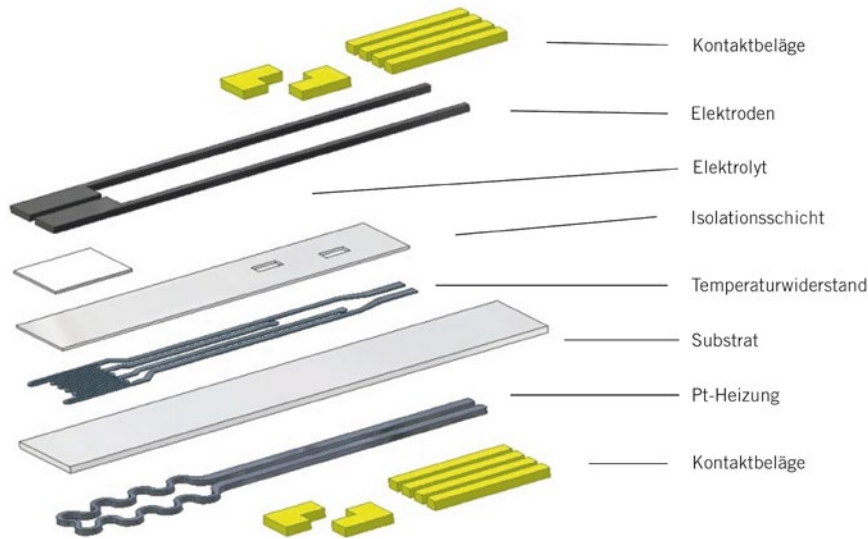


BILD 3 Aufbau des Sensorelements [2] (© Christian Meyer)

Das Sensorelement wird mit der Sensorleitung kontaktiert und in ein Metallgehäuse montiert. Die Herausforderung dabei ist, die Wärme abzuleiten und das Sensorelement vor zu hohen Temperaturen zu schützen. Hinter den Einlassöffnungen für das Abgas im Sensorgehäuse wurde ein poröses Element positioniert, welches Elektroden und Elektrolyt vor der Verschmutzung mit Rußpartikeln schützt. Die über die Sensorleitung fest mit dem Sensor verbundene Elektronik-einheit stellt die Heizungsregelung und die Auswertung des Sensorsignals sicher. Via CAN-Bus-Schnittstelle können die

Daten an übergeordnete Steuergeräte übertragen werden.

VERIFIKATION DER SENSORFUNKTIONALITÄT

Erste Messergebnisse bestätigen die Funktion des neuartigen Sensorprinzips zur NO_x-Messung sowohl im Labor als auch im realen Abgas. Bei den Laboruntersuchungen wurde die Beaufschlagung des Sensors mit Stickoxid stufenweise variiert, BILD 4 (roter Graph). Das unbehandelte Rohsignal des Sensors, BILD 4 (blauer Graph), folgt der Stickoxidkonzentration

schnell und ohne ein Hystereseverhalten zu zeigen, BILD 4 (grüne Hilfslinien).

Untersuchungen im realen Abgas wurden in Generatoranwendungen durchgeführt. Ein handelsüblicher NO_x-Sensor wurde dabei als Referenz verwendet. Die Stickoxidkonzentration wurde durch die Belastung des Generators variiert. BILD 5 zeigt den Vergleich der Signale des Referenzsensors als NO_x-Konzentration in ppm (roter Graph) und des neuartigen Sensorprinzips als Rohsignal in µA (blauer Graph). Bereits das unbearbeitete Rohsignal folgt bei den Messungen im realen Abgas sehr genau dem des Referenzsensors.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Das neue Sensorprinzip zur Messung von Stickoxiden bietet durch den einfachen Aufbau des Sensorelements einige Vorteile. Insbesondere die prinzipbedingte schnelle Ansprechzeit und der Fakt, dass keine Querempfindlichkeiten zu anderen Gasen wie Ammoniak zu erwarten sind, eröffnen neue Möglichkeiten bei modernen Abgasnachbehandlungssystemen. So kann bei einem Einsatz des Sensors nach dem SCR-Katalysator die reine Stickoxidemission ohne die Verfälschung durch eventuellen Ammoniakschlupf gemessen werden.

Mit diesen Messwerten lassen sich SCR-Dosiersysteme hinsichtlich der Einspritzung des Reduktionsmittels und der

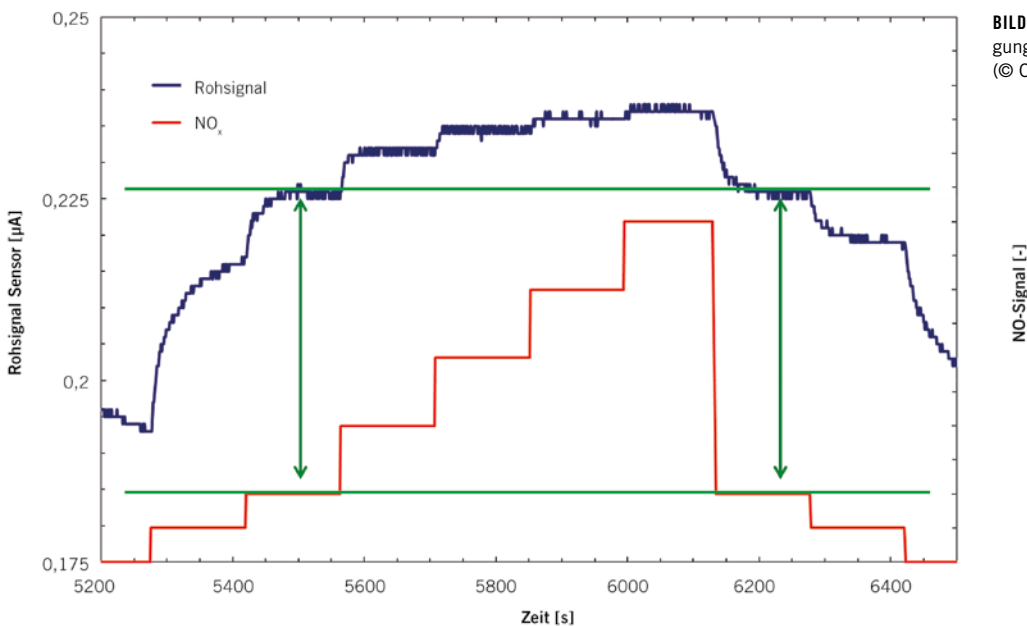


BILD 4 Sensorsignal bei Beaufschlagung mit Stickoxidkonzentrationen [2] (© Christian Meyer)

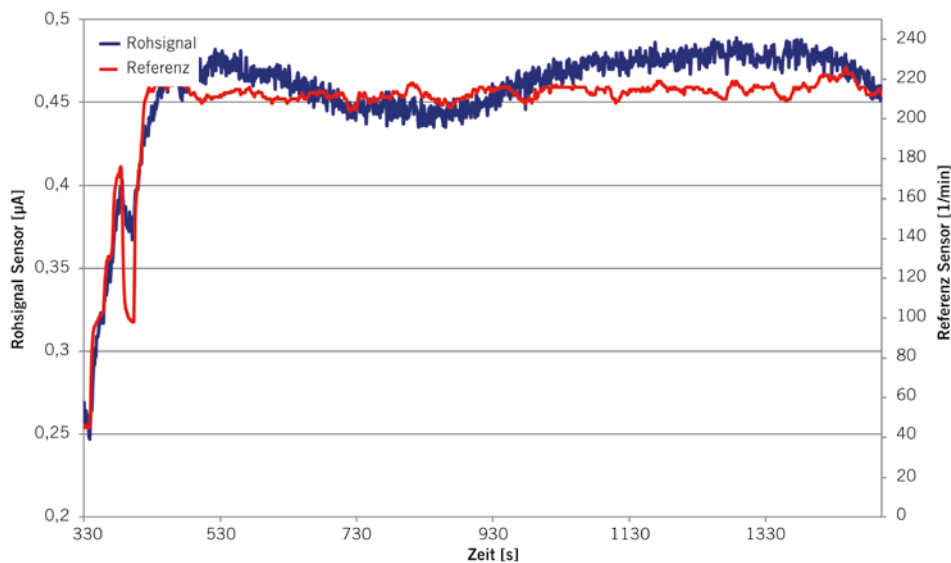


BILD 5 Sensorsignal im Vergleich mit Referenzsensor im realen Abgas [2] (© Christian Meyer)

damit verbundenen Entstickung des Abgases effizienter regeln, was gegebenenfalls den Einsatz eines Katalysators zur Minimierung des Ammoniak-

schlupfs überflüssig macht. Weitere Untersuchungen sowie Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an dem innovativen Sensorprinzip sind im Rahmen des

Firmennetzwerks NO_x-Arbeitsmobil ab Mitte 2016 geplant.

LITERATURHINWEISE

- [1] www.dieselnet.com/standards/eu/nonroad.php
- [2] Meyer, C.: Untersuchungen zum Aufbau und zur Funktion von Stickoxidsensoren auf Festkörperelektrolytbasis. TU Dresden, Dissertation, Sierke Verlag, 2012
- [3] Integer-Conference, Chicago, Oktober 2015

DANKE

Der neue Sensor wird gemeinsam von sechs mittelständischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen im vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten ZIM-Netzwerk NO_x-Arbeitsmobil entwickelt. Die Autoren bedanken sich für die Förderung durch das Bundeswirtschaftsministerium.



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE

Test now for 30 days free of charge:
www.emag.springerprofessional.de/atz-offhighway-worldwide



22. - 29. SEPTEMBER, HANNOVER
 BESUCHEN SIE UNS! HALLE 12, STAND B32



Auch Abgase sollten gut behandelt werden.

Mirijam Werner - Junior Projektleiterin Technischer Vertrieb Thermamax

HOCHTEMPERATURDÄMMUNGEN | OFF-HIGHWAY

Abgasnormen sind kompromisslos. Unsere Lösungen zur Senkung von Emissionen sind es auch. Dank unserer Expertise im On-Highway-Bereich bieten wir Ihnen Isoliersysteme von höchster Qualität, die eine besonders effiziente Abgasnachbehandlung ermöglichen. So erfüllen wir das, was wir uns 1976 zur Kernaufgabe gemacht haben: Understanding Temperature.



(Understanding Temperature.)