

Process Analytics Automotive - EURO VI

# Ammoniak-Schlupf-Messung gemäß EURO VI

## Optimierung des Katalysator-Wirkungsgrads durch in-situ Laser LDS 6

### Reduzierung von Stickoxiden im Motorenabgas

Der Schutz der Umwelt vor Schadstoffausstoß von Motoren erfordert effektive Maßnahmen, entweder innermotorisch zur generellen Verhinderung von Emissionen oder ihre Umwandlung im Abgasstrang in unschädliche Gase. Seit Kurzem ist die EURO VI-Norm für alle neu zugelassenen Fahrzeuge bindend. In diesem Zusammenhang besteht für Motorenentwickler eine fortwährende Auflage, die Entstickung von Motorenabgasen sicherzustellen und damit die schädlichen Emissionen zu reduzieren.

In Benzinmotoren kann diese Aufgabe durch Einsatz eines Metallkatalysators direkt nach dem Auslass der Verbrennungskammer in der heißen Zone relativ einfach erfüllt werden. Bei Dieselmotoren hingegen, mit ihren inhärent höheren  $\text{NO}_x$ -Emissionen, ist eine katalytische Entstickung nur unter Verwendung von Additiven möglich.

Im SCR-Prozess (Selective Catalytic Reduction), der z. B. auch in Entstickungsanlagen von Kohlekraftwerken zum Einsatz kommt, wird die Entfernung von Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ) aus dem Abgas durch Eindüsung von wässrigen Lösungen von Ammoniak oder Harnstoff erreicht. Die Entstickung des Gases erfolgt nach der Eindüsung durch Reduktion des  $\text{NO}_x$  zu Stickstoff und Wasser an der Oberfläche von geeignetem Katalysatormaterial.

Der Wirkungsgrad der Entstickung ist von diversen Einflussgrößen abhängig, die sowohl von der Eindüsung als auch den Motorbedingungen abhängig sind.

### Aufgabenstellung

Die beim Verbrennungsprozess in Motoren gebildeten Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) werden durch den SCR-Prozess zu Stickstoff und Wasser reduziert. Hierzu werden dem Abgas Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) oder Harnstoff ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) zugesetzt, womit an einem nachfolgenden Katalysator die Reduktion stattfindet.

Eine Aufgabe der Motorenentwicklung ist die Steigerung des De $\text{NO}_x$ -Wirkungsgrads über den gesamten Betriebsbereich des Motors. Die Herausforderung liegt dabei vor allem darin, die optimale Dosiermenge an  $\text{NH}_3$  in den verschiedenen Lastbereichen des Motors einzustellen. Dies stellt hohe Ansprüche an die Messgenauigkeit und Messdynamik der einzusetzenden Messmittel.

Um den Katalysatorwirkungsgrad zu optimieren, muss daher eine sehr enge Korrelation zwischen den Messergebnissen und dem jeweiligen Betriebszustand des Motors hergestellt werden. Das ist bei dem in-situ Analytator LDS 6 der Fall, da er die Messwerte mit einer hohen Dynamik und Präzision direkt im Gasstrom und ohne Zeitverzögerung in Echtzeit liefert.

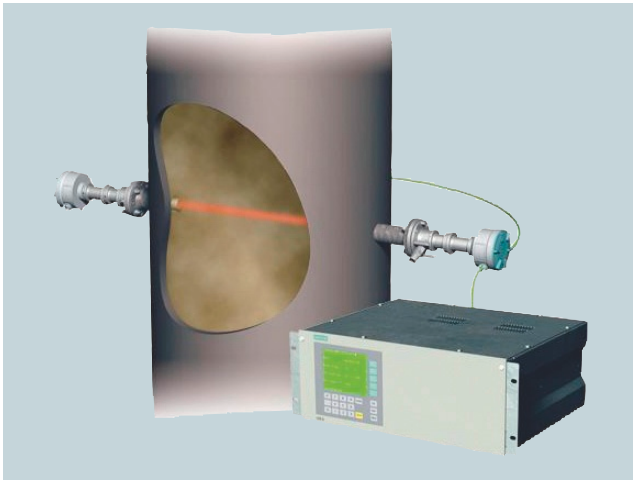
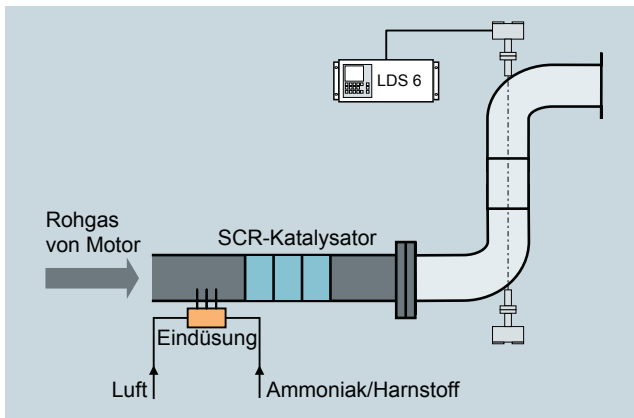


Abb. 1: LDS 6 in-situ Laser-Gasanalysator

Abb. 2: LDS 6-Messanordnung zur NH<sub>3</sub>-Schlupfmessung in Motorabgas

### Aufgabenlösung

Die EURO VI Norm besagt für Motorenhersteller, dass die Ammoniak-Schlupf-Emissionen im Bereich von 0 ... 10 ppm gemessen werden müssen. Das LDS 6 ist für das Messprinzip "Diodenlaserspektrometer (LDS)" gemäß der EURO VI (Anhang 582/2011/EC) zugelassen und für deren Anforderung hervorragend geeignet, da es schnell, präzise und einfach die Ammoniakkonzentrationen ermittelt und daneben auch ohne Einsatz von zusätzlichen Gasen zur Justierung gemäß der EURO VI überprüft werden kann. Dies erspart dem Anwender aufwändige und kostspielige Linearitätsprüfungen.

Die Sensoren des LDS 6 werden direkt nach dem SCR-Katalysator am Abgasstrang montiert (Abb. 2). Da die Messungen direkt im Abgasstrom und in Echtzeit erfolgen, können die Einflüsse von injizierter Harnstoffmenge und Lastpunkt auf den Katalysatorwirkungsgrad verzögerungsfrei angezeigt werden. Durch Bestimmung des NH<sub>3</sub>-Schlupfs in allen Fahrsituationen kann die Steuerung der Dosierung optimiert werden.

### Der Analysator LDS 6 im Überblick

Das LDS 6 ist ein Laserdioden-Gasanalysator (TDLS = Tuneable Diodelaser Spectrometer) zur in-situ Bestimmung von Komponenten direkt in einem Prozess.

Das LDS 6 besteht aus einer zentralen Analytoreinheit, an die bis zu drei Sensorpaare angeschlossen werden können.

Die Analytoreinheit ist räumlich getrennt über Lichtleiter mit den Sensoren verbunden. Die Messwerte entstehen frei von spektralen Überlagerungen in Echtzeit, wodurch eine Steuerung dynamischer Vorgänge ermöglicht wird.

Die wichtigsten Eigenschaften:

- In-situ Messprinzip, keine Probenahme, Ergebnisse in Echtzeit
- Drei Messstellen gleichzeitig an einer Zentraleinheit
- EURO VI konforme Justierung ohne weitere Prüfgase

Das LDS 6 wurde zum Einsatz in vielen Bereichen der Prozessindustrie entwickelt für u.a. folgende Messkomponenten: NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>, HF/H<sub>2</sub>O, HCl/H<sub>2</sub>O, CO/CO<sub>2</sub>, ...

### Durchflussmesszelle

Die Durchflussmesszelle bieten wir für den Fall an, dass die NH<sub>3</sub>-Analytik an mehreren Motorprüfständen bei minimaler Rüstzeit eingesetzt werden soll. Die Durchflussmesszelle ist ein Zubehörteil zur Realisierung von Messkonfigurationen im Bypass-Betrieb.

Diese Option ist besonders für Anwendungen mit eingeschränktem Platzbedarf geeignet. Darüber hinaus bietet die Durchflussmesszelle ein großes Maß an Mobilität: So können z. B. mehrere Messstellen mit einer Durchflussmesszelle betreut werden, was höchste Flexibilität im Einsatz ermöglicht. Darüber hinaus ist eine Montage und Demontage ohne großen Aufwand möglich.

Die kurzen Umrüstzeiten gewährleisten eine hohe Verfügbarkeit des (kostenintensiven) Prüfstands. Bei Einsatz der Durchflussmesszelle ist durch die immer gleichen Messbedingungen eine hohe Reproduzierbarkeit sowie eine gute Vergleichbarkeit von Messungen an verschiedenen Messstellen gewährleistet.

Die Durchflussmesszelle wird mit einem Standard-Sensorpaar ausgestattet. Die wichtigsten Eigenschaften sind:

- Regelbare Heizung bis 200 °C
- Vorrichtung zur Wandbefestigung oder montiert auf einem Rollwagen mit integriertem 19"-Rahmen
- Luftstrahlpumpe mit einer Förderleistung von max. 30 l/min

## Linearitätsprüfungen

Regelmäßige Linearitätsprüfungen werden gemäß der EURO VI-Norm mindestens alle 12 Monate gefordert. Dies ermöglicht ein optionales 10 Zellen Test-Kit im Bereich 0 ... 10 ppm auf eine einfache und schnelle Weise. Der Vorteil dieses Kits ist, dass keine zusätzlichen Prüfgase benötigt werden. Somit entfallen komplexes Gas-Handling, Logistikaufwand und damit weitere Kosten.



Abb. 3: Linearitätsprüfkit

### LDS 6-Vorzüge auf einen Blick

- Schnellere Messwertermittlung als mit extraktiven Messmethoden und daher sehr wirkungsvolle Motoroptimierung.
- Präzise Messung durch kontinuierliche interne Null- und Endpunktjustage.
- Das in-situ Prinzip liefert repräsentative NH<sub>3</sub>-Werte ohne Quereinflüsse.
- EURO VI konforme Linearitätsprüfung ohne zusätzliche Prüfgase.
- Bis zu drei Messstellen können von einer Zentraleinheit aus betrieben werden.
- Probegasentnahme und -aufbereitung entfallen, die Messung erfolgt in-situ.

- Höchste Zuverlässigkeit bei niedrigsten Betriebskosten: kein Verbrauchsmaterial, sehr geringer Wartungsaufwand, keine Kalibrierung erforderlich.
- Keine Querempfindlichkeiten aufgrund der hochspezifischen Einzellinien-Messung.
- Der Wartungsbedarf ist reduziert auf das Reinigen der Sensorfenster. Nach der Fenstersäuberung ist eine optische Neujustierung nicht erforderlich.

### Messbedingungen

Typische Messbedingungen für die Messung des NH<sub>3</sub>-Schlupfs im Motorenabgas sind in der Tabelle unten zusammengestellt.

Messbedingungen zur NH <sub>3</sub> -Bestimmung	
Kleinster zertifizierter NH <sub>3</sub> -Messbereich	0 ... 15 ppm
Temperatur	0 ... 400 °C <sup>1)</sup>
Typische optische Weglänge	1 m
Druck	920 mbar ... 1120 mbar
Kleinste Ansprechzeit	> 1 s
EURO VI Konformität	Ja, gemäß Prüfbericht vom TÜV Rheinland <sup>2)</sup>
MLFB Gas- und Anwendungskennung	CL, DL

<sup>1)</sup> Bis 1 000 °C arbeitsfähig. Aufgrund des Zerfalls von NH<sub>3</sub> bei höheren Temperaturen keine Spezifikation in diesem Bereich.

<sup>2)</sup> Geeignet zum Betrieb gemäß Verordnung 595/2009/EC vom 18.06.2009 (EURO VI)

Für Fragen auch nach Sonderlösungen wenden Sie sich bitte an Ihren regionalen Siemens Vertrieb oder senden Sie uns eine E-Mail an [analyticsmarketing.industry@siemens.com](mailto:analyticsmarketing.industry@siemens.com).

Die Informationen in dieser Case Study enthalten Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsschluss ausdrücklich vereinbart werden. Liefermöglichkeiten und technische Änderungen vorbehalten.

Alle Erzeugnisbezeichnungen können Marken oder Erzeugnisnamen der Siemens AG oder anderer, zuliefernder Unternehmen sein, deren Benutzung durch Dritte für deren Zwecke die Rechte der Inhaber verletzen kann.