

MTZ extra



EMISSIONIERUNG

Messsystem für Prüfstand und Realfahrten



© Segula Technologies

In-situ-Abgasmessgerät – Sowohl für den Prüfstand als auch für Realfahrten

Zur Erfüllung der Euro-7-Abgasnorm sind präzise Messungen von Realfahremissionen gefordert. Mobile Lösungen müssen in vielfältigen Szenarien und bei langen Messfahrten effizient einsetzbar sein, um die Erfüllung der erweiterten Gesetzgebung zur Emissionsreduzierung überprüfen zu können. Mit einem von Segula Technologies entwickelten Messsystem können sowohl auf dem Prüfstand als auch auf längeren Fahrten mit variantenreichen Szenarien robuste Messungen zur Bestimmung realer Emissionen durchgeführt werden.

Die zeitaufgelöste Messung gasförmiger Konzentrationen im Abgas wird zumeist stationär und mittels verschiedener Messprinzipien realisiert. In der Regel muss ein Teilstrom des Abgases entnommen, aufbereitet und dann in einen auf die jeweilige Gasspezies zugeschnittenen Analysator geleitet werden. In der mobilen Anwendung können zu diesem Zweck tragbare Emissionsmesssysteme (Portable Emission Measurement Systems, PEMS) eingesetzt werden. Diese

sind primär für die Zertifizierungen im Rahmen der Gesetzgebung zu Realfahremissionen (Real Driving Emissions, RDE) konzipiert. Der Aufwand für die Vor- und Nachbereitung des Messequipments inklusive Kalibrierung macht einen Einsatz für längere Realfahrten messtechnisch und wirtschaftlich unattraktiv. Unter den Begriffen Mini-PEMS und Micro-PEMS existieren verschiedene Ansätze für eine robuste mobile Messtechnik [1]. In der Regel basieren diese

jedoch auf verkleinerten Analysatoren auf Basis von nichtdispersiven Infrarotsensoren (NDIR) zur Messung von CO und CO₂ sowie Standardsonden zur Messung von O₂ und NO_x mit den bekannten Nachteilen hinsichtlich der Ansprechzeit und der Querempfindlichkeit.

Die EU wird die Grenzwerte und die Anzahl der limitierten Spezies im Zuge der Euro-7-Gesetzgebung voraussichtlich anpassen [2]. Das wahrscheinlichste Szenario umfasst dabei neben den aktu-

AUTOREN



Dr. rer. nat. Oliver Diemel
ist Entwicklungsingenieur für
Laserbasierte Messtechnik
bei Segula Technologies
in Rüsselsheim am Main.



Dr.-Ing. Norman Fuhrmann
war Manager für Systems
Engineering bei
Segula Technologies
in Rüsselsheim am Main.



Dipl.-Ing. Martin Vögler
ist verantwortlich für Forschung,
Entwicklung und Validierung
bei Segula Technologies
in Rüsselsheim am Main.

ell limitierten Molekülen NO_x und CO auch die Spezies NH_3 , N_2O , CH_4 und CH_2O . Zudem werden voraussichtlich die Betriebsgrenzen erweitert, zum Beispiel in Bezug auf die Umgebungstemperatur, die Geschwindigkeit und die Höhe. Es ist zu erwarten, dass der Schritt von der Onboard-Diagnose (OBD) hin zum Onboard-Monitoring (OBM) vollzogen wird. Die gesteigerten Anforderungen an Emissionsmessungen bei realen Fahrten betreffen zum einen die Anzahl der zu messenden Spezies, zum anderen die Fahrtszenarien und deren Dauer. Daher hat Segula Technologies mit dem Messsystem Cardea eine Lösung entwickelt, die eine robuste Konzentrationsbestimmung für längere Fahrten und Prüfstandtests ermöglicht.

FUNKTIONSWEISE UND EIGENSCHAFTEN

Das von Grund auf neu entwickelte Messsystem Cardea ist ein portables Messgerät für die Bestimmung gasförmiger Abgaskonzentrationen. Es

basiert auf der Absorptionsspektroskopie mittels durchstimmbarer Diodenlaser (TDLAS) [3]. Das Messsystem kann sowohl am Motor- und Rollenprüfstand nach dem Katalysator als auch ans Fahrzeug mithilfe eines Anhängerkupplungsadapters montiert werden. Seine primären Eigenschaften bieten folgende hervorzuhebende Vorteile:

- Das Messprinzip beruht darauf, die Gaskonzentration im Abgasvollstrom zu bestimmen. Es findet keine Probenentnahme statt – somit sind Ansprechzeiten und Nachreaktionen in Entnahmeleitungen nicht existent.
- Aufgrund des Messprinzips ist nach einer einmaligen, initialen Kalibrierung beziehungsweise Justage keine weitere Nullpunkt- oder Spangaskalibrierung notwendig. Alle Einflussgrößen wie Verschmutzung, Druck oder Temperatur werden simultan bestimmt und während der Messung kompensiert.
- Das Messsystem ist gegenüber den am Markt befindlichen PEMS deutlich kompakter und leichter. Der aktuell verwendete Prototyp wiegt 29 kg, wobei durch eine Verschlangung der Trägerkonstruktion noch einiges an Gewicht eingespart werden kann.
- Dank der optimierten Leistungsaufnahme kann das Gerät mithilfe eines Lithium-Ionen-Akkus mit 2,1 kWh Kapazität circa 10 h im Dauereinsatz (abhängig von der Umgebungstemperatur) betrieben werden. Der überwiegende Anteil der Leistung wird von der Heizfunktion des Geräts abgerufen. Da diese durch die Wärmeentwicklung bei langen Fahrten und erhöhten Außentemperaturen weniger beansprucht wird, sind gegebenen-

falls deutlich längere Systemlaufzeiten erreichbar.

- Nach Einmalkalibrierung lässt sich das Gerät dank der Energieeffizienz fahrzeugfest im Mehrschichtbetrieb verwenden. Unterbrechungen sind lediglich für Akkuwechsel erforderlich. Die Realdaten sind somit über längere Zeit als bisher erfassbar.
- Das Messsystem wurde ausgelegt für die simultane Erfassung von zehn Konzentrationen. Aktuell ist es konfiguriert für CO , CO_2 , NO , NO_2 , H_2O , CH_4 , N_2O und CH_2O . Es lässt sich jedoch dank seiner Modularität problemlos auf andere Konfigurationen umstellen und erweitern. Die Implementierung eines NH_3 -Messkanals ist im Gange und wird in wenigen Monaten abgeschlossen sein.
- Die Dynamik der Vollstrommessung in Kombination mit einer Messrate von 10 Hz erlaubt die verursachungsgemäße Auflösung von transienten Emissionsereignissen. Zum Beispiel dem Kaltstart oder schnellen Lastwechseln zurechenbare Emissionsänderungen bieten neue Möglichkeiten in der Optimierung des Betriebsverhaltens.

Das Messsystem besteht aus zwei Teilen: dem eigentlichen Messgerät, das mit dem Abgasrohr verbunden ist, sowie einem 19-Zoll-Rack, das Teile der Elektronik, den Leitrechner sowie die Batterie beherbergt. Die Datenübertragung erfolgt über CAN und ist dafür ausgelegt, die Daten an die vom Kunden verwendete Schnittstelle (beispielsweise zur Inca-Software von Etas) zu übertragen und somit einen einheitlichen Datensatz bestehend aus Konzentrationsdaten und Steuergerätegrößen zu ermöglichen.

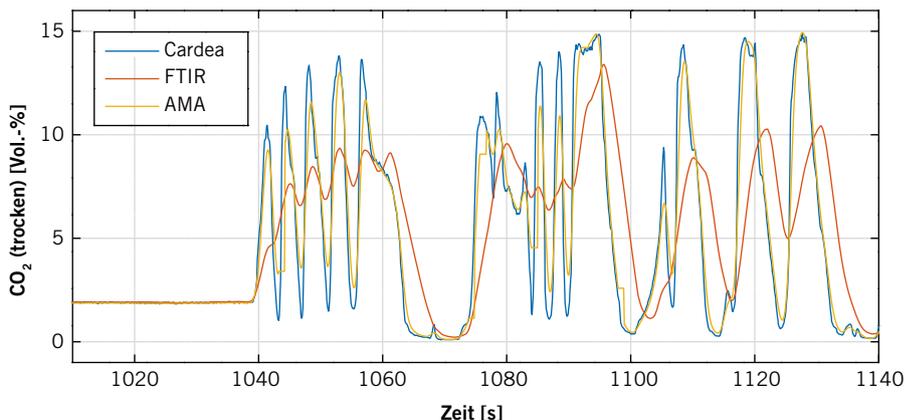


BILD 1 Messung der CO_2 -Konzentrationen im WLTC mit drei Messgeräten: AVL AMA i60 (AMA), AVL Sesam i60 FT (FTIR) und Cardea (Angleichung an die trocken ausgegebenen Werte für AMA anhand der simultan gemessenen H_2O -Konzentrationen der beiden Vergleichsgeräte) © Segula Technologies

TEST UND VALIDIERUNG

Im Rahmen der Entwicklung des Messsystems wurden zahlreiche Tests durchgeführt. Die thermische Validierung wurde an einem Heißgasprüfstand und die Linearitätsmessungen mithilfe entsprechender Kalibriergase realisiert. Zur Validierung der Robustheit standen ein Shaker-Prüfstand sowie ein Testgelände mit Schlechtwegstrecken zur Verfügung. Das Gesamtsystem wurde darüber hinaus in verschiedenen Motorprüfstands- und Fahrzeugkonfigurationen getestet. Zunächst wurde das Messgerät simultan mit einer Abgasmessanlage (AVL AMA i60) und einem Fourier-Transform-Infrarot (FTIR)-Spektrometer (AVL Sesam i60 FT) an einem Motorprüfstand mit einem 2,0-l-Dieselmotor ohne Abgasnachbehandlung mit dem Fokus auf

eine Vergleichbarkeit der gemessenen Konzentrationen eingesetzt. Da aktuelle PEMS auf CO, CO₂, NO und NO₂ beschränkt sind und im Wesentlichen dieselben Messmethoden verwenden wie die AMA-Geräte, wurde hier auf einen direkten Vergleich verzichtet.

BILD 1 zeigt einen Vergleich der drei eingesetzten Messgeräte am Beispiel eines Ausschnitts analog zum Worldwide harmonized Light duty Test Cycle (WLTC) der Spezies CO₂. Es ist deutlich zu erkennen, dass das Messsystem Cardea transiente Phänomene besser auflösen kann als die beiden Referenzgeräte. Der durch die Probenentnahme verursachte zeitliche Filtereffekt (Tiefpass) ist bei den Referenzmethoden gut zu erkennen, ganz besonders während der periodischen Lastwechsel ab Sekunde 1040. Im stationären Motorbetrieb stimmen die Kon-

zentrationen gut überein. Die über den gesamten WLTC integrierten CO₂-Konzentrationen weichen im Vergleich Cardea zum AMA-Gerät um 2,1 % und im Vergleich Cardea zum FTIR-Spektrometer um 0,1 % voneinander ab. Eine Gesamtübersicht aller mit Cardea gemessenen Spezies dieses WLTC findet sich in **BILD 2** in Form eines Ausschnitts aus dem Medium-Speed-Anteil. Da das AMA-Gerät nicht alle Spezies darstellen kann, sind lediglich die Messdaten des FTIR-Spektrometers zum Vergleich aufgetragen. Die Werte des CO-Kanals wurden für die Auftragung bei 2000 ppm abgeschnitten, da dieser als „CO-low“ ausgelegt war. Grundsätzlich kann das Gerät jedoch auch einen entsprechenden „CO-high“-Kanal bereitstellen.

Am deutlichsten zeigt sich der Unterschied zwischen den Messungen beider

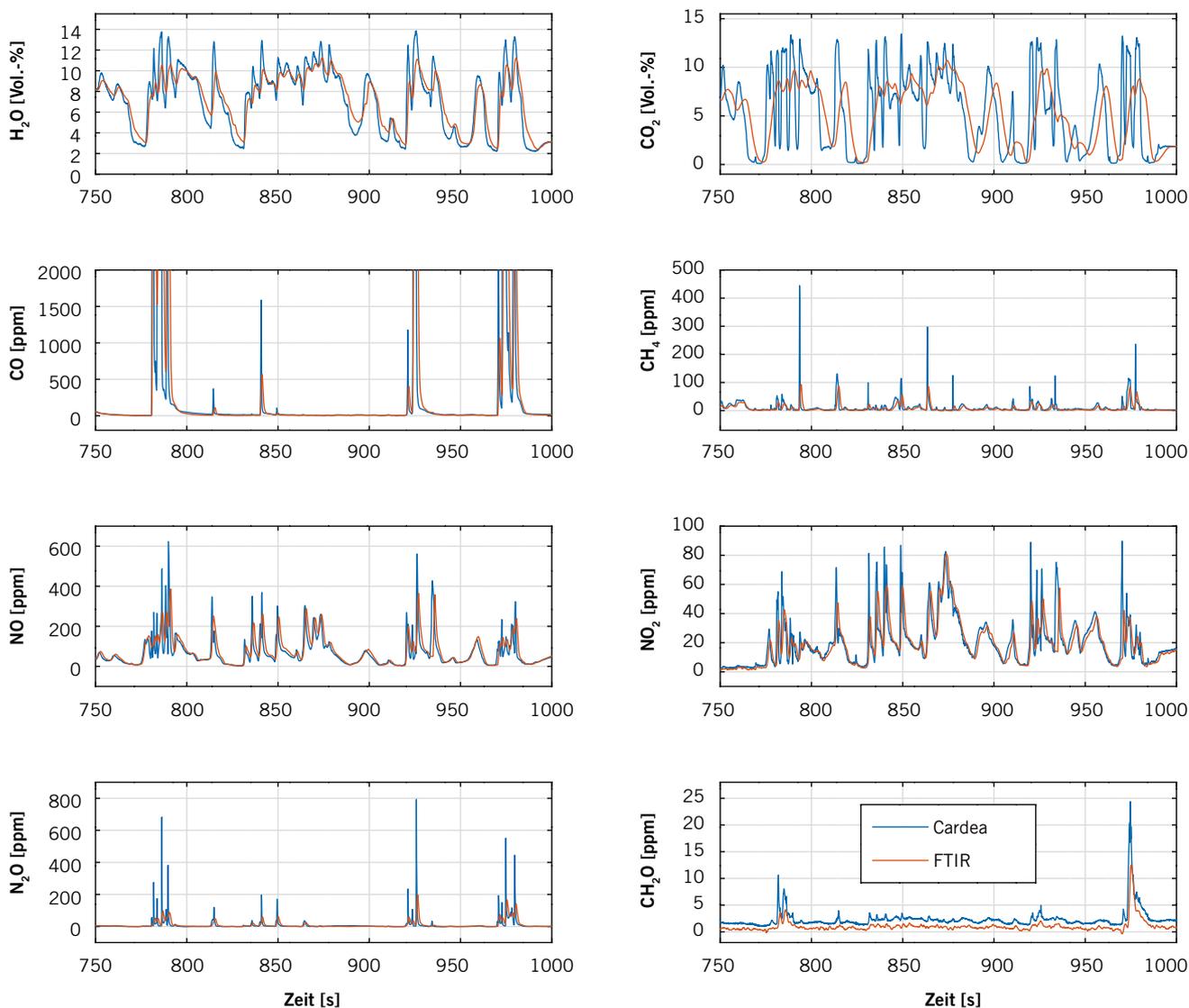


BILD 2 Vergleich der Speziesmessungen mit dem Cardea-System und dem FTIR-Spektrometer anhand eines WLTC-Ausschnitts (© Segula Technologies)

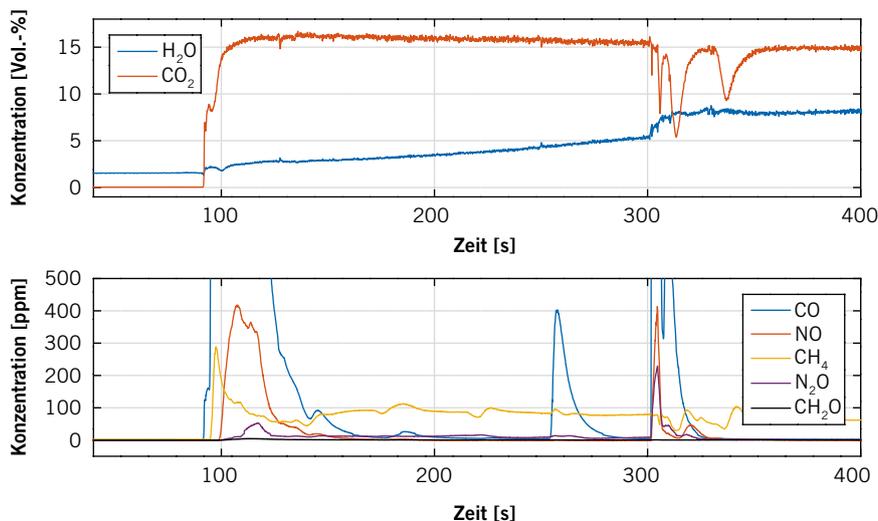


BILD 3 Mit dem Cardea-System vor und nach Kaltstart gemessene Gasspezies bei einem Pkw mit Ottomotor (© Segula Technologies)

Geräte in den Spitzenkonzentrationen von CH_4 und N_2O . Die in situ gemessenen Spitzenwerte liegen hier mit einem Faktor von bis zu 6,8 höher. In der Emissionierung können dank der Auflösung solcher Ereignisse die ursächlichen Parameter gezielt verändert werden. Bei den nachfolgenden Tests am Fahrzeug lag der Fokus auf Umwelteinflüssen, speziell auf Vibrationen. Hierbei konnten selbst auf den anspruchsvollen Marterstrecken des unternehmenseigenen Testzentrums (mit Schlaglöchern, Kopfsteinpflaster etc.) keine negativen Auswirkungen auf die Signalqualität festgestellt werden. Der Nulldrift des Geräts bewegt sich im Bereich der Nachweisgrenze der jeweiligen Spezies. Diese beträgt bei den am Fahrzeugendrohr auftretenden Temperaturen einige wenige ppm, speziell bei H_2O und CO_2 wenige 100 ppm.

EINSATZBEREICHE UND POTENZIALE

Die mit dem Messsystem Cardea geschaffene Möglichkeit zur robusten In-situ-Messung befähigt Entwicklungs- und Kalibrierungsfachleute, die geforderten Abgasgrenzwerte am Rollenprüfstand

sowie auf der Straße präzise zu ermitteln. Nicht nur die klassischen verbrennungsmotorischen Antriebe können auf ihre Emissionswerte getestet werden, sondern auch hybridelektrische Antriebe aller Art.

Der größte Vorteil neben dem Messen am Motorprüfstand und am Rollenprüfstand ist durch die Aufnahme von Realdaten auf der Straße gegeben. **BILD 3** zeigt exemplarisch eine Fahrzeugmessung mit Kaltstart und anschließendem Leerlauf mit Gasstößen. Zur Vermeidung von Kondensatbildung auf den Optiken des Messgeräts wird dieses vor Messbeginn für circa 15 min vorgeheizt, wobei die Heizleistung vollständig aus dem im Kofferraum befindlichen Lithium-Ionen-Akku gespeist wird. Der Motor wurde hier bei Sekunde 92 gestartet – zu erkennen am Verlauf der CO_2 -Konzentration. Das vor Motorstart gemessene H_2O -Niveau entspricht der Feuchte der im Abgasrohr stehenden Außenluft.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Das Messsystem Cardea befindet sich aktuell in einem fortgeschrittenen Prototypenstatus. Nach Einbindung des

NH_3 -Kanals wird es in der Lage sein, alle Euro-7-relevanten Spezies mit einer Messrate von 10 Hz zu detektieren. Da die Messung in situ im Abgaskanal erfolgt, werden keine Proben entnommen, die vor der eigentlichen Messung aufbereitet werden müssen, wie etwa durch Trocknung und Filterung. Im Zeitbereich der Messungen entfallen dadurch sämtliche unerwünschte Effekte, die durch die Aufbereitung entstehen können. Nach weiteren Dauertests und einem Re-Design von Gehäuse und Trägerkonstruktion wird die Entwicklung voraussichtlich in den kommenden Monaten abgeschlossen sein. Als zusätzliche Funktionen werden die Messungen von Abgasfeuchte, -temperatur und -druck zur Verfügung stehen. Abgesehen von kleineren Wartungsarbeiten (Reinigen der Optiken) sowie Akkuwechseln kann das System dauerhaft und unterbrechungsfrei für Prüfstands- und Fahrzeugmessungen eingesetzt werden. Durch die Modularität des Systems sind andere Speziesbelegungen der Kanäle unmittelbar umsetzbar. Weitere infrarotaktive Moleküle wie beispielsweise SO_2 können ebenfalls als Messspezies aufgenommen werden. Die Umrechnung von Konzentrationen in Massenemissionen kann unter Verwendung eines Abgasdurchflussmessgeräts (Exhaust Flow Meters, EFM) oder der vom Motorsteuergerät bereitgestellten Größen Kraftstoffmenge und Luftmasse berechnet werden.

LITERATURHINWEISE

- [1] Vojtisek-Lom, M. et al: A miniature Portable Emissions Measurement System (PEMS) for real-driving monitoring of motorcycles. In: Atmospheric Measurement Techniques 13 (2020), Nr. 11, S. 5827-5843
- [2] Samaras, Z.: LDV Exhaust. Meeting of the Advisory Group on Vehicle Emission Standards, online, April 2021
- [3] Diemel, O.: Absorptionsspektroskopie zur zeitaufgelösten Abgasmessung an Verbrennungsmotoren. 2. Aufl., Norderstedt: Books on Demand, 2019

Finden Sie uns auf
Social Media



IMPRESSUM:

Sonderausgabe 2022 in Kooperation mit SEGULA Technologies GmbH, Rugbyring 12, P6-40, 65428 Rüsselsheim am Main; Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Postfach 1546, 65173 Wiesbaden, Amtsgericht Wiesbaden, HRB 9754, USt-IdNr. DE81148419

GESCHÄFTSFÜHRER:

Stefanie Burgmaier | Andreas Funk | Joachim Krieger

PROJEKTMANAGEMENT: Anja Trabusch

TITELBILD: © Segula Technologies

GEMEINSAM IN DIE DIGITALISIERTE & AUTOMATISIERTE ÄRA DER FAHRZEUGENTWICKLUNG!

#Privates5GNetz #ADAS #Connectivity #Antennenlabor #Software #Testcenter

Als kunden- und zukunftsorientierter Engineeringpartner
connecten wir Fahrzeuge & Umwelt und **testen & entwickeln**
Systeme von morgen.