



## ASSIC

### Austrian Smart Systems Integration Research Center

Programm: COMET – Competence Centers for Excellent Technologies

Programmlinie: K1-Zentren

COMET Sub-Projekt, Dauer und Projekttype:

Advanced Photonic Systems Integration, 01/2015 – 12/2018, multi-firm

## Hochpräzise Schadstoffdetektion für Autos

Feinstaub allgemein, und von Verbrennungsmotoren emittierte Nanopartikel im Besonderen, stellen ein gravierendes Gesundheitsrisiko dar. Forscher des Kompetenzzentrums ASSIC haben einen neuen, hochpräzisen optischen Sensor für solche kleinsten Schadstoffe entwickelt. Mit Hilfe eines für die Anwendung maßgeschneiderten, simulationsgestützten integrativen Designprozesses wurde ein neuer Partikelsensor mit dreifach erhöhtem Dynamikbereich sowie deutlich verbesserter Systemstabilität und Regelbarkeit entwickelt. Eine daraus resultierende Produktlinie wird nun vom Unternehmenspartner AVL für den Schlüsselanwendungsbereich "Automotive Abgas-Analytik" produziert und vermarktet.



### Herausforderung

Unter allen Luftschadstoffen werden insbesondere Nanopartikel  $<0,2 \mu\text{m}$  mit zunehmender Besorgnis betrachtet. Insbesondere Dieselmotoren sind relevante Quellen dieser Partikel; die Feststellung der tatsächlichen Partikelemissionen benötigt daher genaue und zuverlässige Sensoren. Eine besondere Herausforderung sind dafür gesetzlich vorgeschriebene Messbedingungen, die ein individuelles Zählen der Nanopartikel in Luft oder Abgas erfordern, und nicht nur die Ermittlung eines Summenparameters. Dies schließt eine Anzahl von Sensorprinzipien, z.B. aus der Umweltüberwachung, aus.

Da Nanopartikel für einen direkten, individuellen Nachweis (z.B. durch optische Methoden) zu klein sind, besteht die eine Möglichkeit darin sie durch eine übersättigte Atmosphäre zu leiten. In dieser wirken sie als Kondensationskeime und erzeugen eine Art Nebel; die einzelnen Tröpfchen können dann gezählt werden. Dabei müssen die wechselwirkenden thermischen, physikalischen und chemischen Prozesse perfekt aufeinander abgestimmt sein, um einen zuverlässigen und reproduzierbaren Betrieb und somit eine Partikeldetektion zu gewährleisten.



### Integrative Systemmodellierung und Co-Design

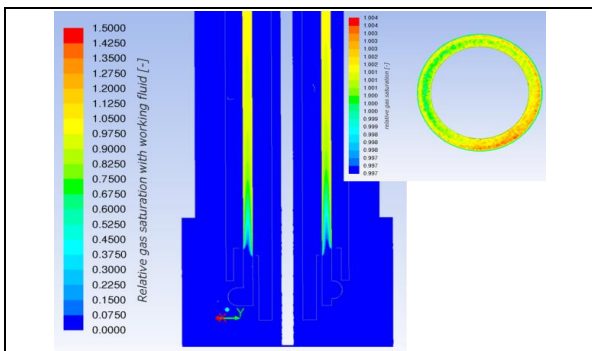
Anbetracht der Komplexität und der unterschiedlichen Abhängigkeiten im Sensorsystem wurde ein umfangreiches, hochdetailliertes Computersimulationsmodell erstellt und gegen experimentelle Daten validiert. Das Modell berücksichtigt Strömungen, mehrphasigen Wärmetransport und -Transfer, Partikel- und Dampfkonzentrationen, Verdampfungsenthalpien, Partikelverluste und viele weitere Parameter und Funktionen. Das Modell ermöglicht eine einzigartige All-in-One-Simulation des tatsächlichen Verhaltens des gesamten Sensors (siehe Abb. 1 und Abb. 2), bis hin zu genauen Vorhersagen der größenabhängigen Effizienzkurven (Abb. 2).

Mit diesem Modell als Werkzeug konnte das Team des Kompetenzzentrums um Dr. Alexander Bergmann und DI Tristan Reinisch (beide AVL) und Dr. Martin Kraft (CTR) eine Reihe möglicher Verbesserungen sowie grundsätzlich neue Ansätze "in-silico" auf dem Computer entwickeln und evaluieren, anstatt diverse Prototypen zu bauen und zu testen. Die Simulationen lieferten zudem wichtige Einblicke in die genaue Funktionsweise des Sensors und er-

möglichten die Ermittlung der wichtigsten Designparameter für eine optimale Leistung:

- eine möglichst homogene, laminare Strömung des partikelbehafteten Aerosolstroms,
- hohe Oberflächen/Volums-Verhältnisse im Sättigungs- und Nebelkammerbereich, sowie
- eine optimierte Wärmeübertragung.

Zusammen mit praktischen Überlegungen für eine spätere Implementierung gelang es den Teams, ein grundlegend neues Systemdesign basierend auf einem vertikalen Ringkanal zu entwickeln. Zu den innovativen Features gehören ein optimierter Aerosol-Strömungsweg, chemisch, thermisch und mechanisch co-optimierte mikroporöse Verdampferelemente und ein hocheffizienter optischer Nebeltröpfchenzähler. Zusammen mit einer Reihe anderer Innovationen ermöglicht das neue Design eine nahezu perfekte Sättigung des Aerosolstroms mit Betriebsmitteldämpfen ( $<\pm 0,3\%$  Abweichung vom Mittelwert, siehe Abb. 1), was eine wesentliche Voraussetzung darstellt um extrem präzise Partikelgrößenabhängigkeiten der Effizienzkurven zu erreichen (wie in Abb. 2 gezeigt).



**Abb. 1: Simulierte Gassättigung des Aerosolstroms im Sensor © CTR AG**



### Auswirkungen und Effekte

Nach der simulationsunterstützten Entwurfsphase wurden die vielversprechendsten Ansätze als funktionale Demonstratoren realisiert. Die Leistungsfähigkeit der Modelle wird dabei exemplarisch dadurch demonstriert, dass der optimale experimentelle Arbeitspunkt um weniger als  $0,5^\circ\text{C}$  vom mittels Simulation vorhergesagten Wert abweicht.

#### Contact and information

K1-Centre ASSIC  
CTR Carinthian Tech Research AG  
Europastraße 12, 9524 Villach  
T +43 (0) 4242-56300-0  
E [info@ctr.at](mailto:info@ctr.at), [www.ctr.at](http://www.ctr.at)

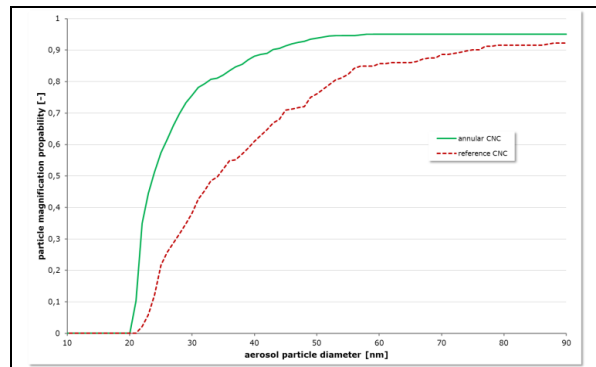
#### Project partners

Organisation	Country
AVL List GmbH	Austria

Further information on COMET – Competence Centers for Excellent Technologies: [www.ffg.at/comet](http://www.ffg.at/comet)

This success story was provided by the consortium leader/centre management for the purpose of being published on the FFG website. FFG does not take responsibility for the accuracy, completeness and the currentness of the information stated.

Die Hauptvorteile des Ringkanaldesigns sind die deutlich schärfere Größenunterscheidungsfunktion (Abb. 2) sowie die verbesserte Messeffizienz, die beide experimentell validiert wurden.



**Abb. 2: Effizienzkurven des AVL Partikelsensors im Vergleich zu einem Standard Setup © CTR AG**

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Forschung hat AVL eine Produktlinie (AVL CPC, siehe Abb. 3) entwickelt, die nun für die Abgasanalyse von Automotoren und Nachbehandlungssystemen vermarktet wird. Neben der technischen Innovation - eine außerordentlich präzise Steuerung der Sensorempfindlichkeit, verbesserte Systemstabilität und Steuerbarkeit, deutlich reduzierten Aufwärmzeiten und einem 3-fach höheren Sensor-Dynamikbereich von 0 - 30.000 Partikel/cm<sup>3</sup>, führten die Aktivitäten im COMET-Programm direkt zur Produktion eines Schlüssel-Sensorelements in Österreich, anstatt es von außerhalb der EU zu importieren.



**Abb. 3: AVL CPC Nanopartikel Sensor System © AVL List GmbH**

#### Project coordinator

Dr. Martin Kraft