

Schadstoffmessung im fließenden Straßenverkehr lässt sich mobil durchführen:

Die Fährte aufgenommen

Die Messung von Abgasen bei Kraftfahrzeugen, besonders aber deren Stickstoffdioxid-Emissionen, ist in jüngster Zeit im Zusammenhang mit dem VW-Skandal häufig in der Diskussion. Die Aussagekraft der Messergebnisse wird dabei immer wieder angezweifelt. Heidelberger Umweltphysiker haben ein Verfahren entwickelt, bei dem mobile Messungen im realen Straßenverkehr möglich sind. Damit können Emissionen eines vorausfahrenden Fahrzeugs direkt gemessen werden.

Am Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg wurde ein Messsystem für Schadstoff-Emissionen des laufenden Verkehrs entwickelt. Martin Horbanski und Miriam Reh kalibrieren die Messgeräte, um die Hintergrundbelastung zu erfassen, bevor die Emissionen einzelner Fahrzeuge direkt mit dem Messfahrzeug (im Bild li. mit Messsonde) erfasst werden.



Fotos: M. Borekth

Stickoxidemissionen (NOx) von Fahrzeugen tragen wesentlich zur schlechten Luftqualität in Städten bei. Vor allem hohe Konzentrationen von Stickstoffdioxid (NO₂) sind dabei problematisch. Die NOx-Emissionen variieren jedoch sehr stark von Fahrzeug zu Fahrzeug und hängen von zahlreichen Parametern ab, die nach Angaben von Dr. Denis Pöhler zu stark unterschiedlichen realen Emissionen führen. Der Forschungsassistent am Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg und sein Team haben ein Gerät entwickelt, mit dem

Stickstoffdioxid im Abgas eines vorausfahrenden Fahrzeugs gemessen werden kann. Die Forscher wollen herausfinden, welchen Anteil einzelne Fahrzeuge – abhängig von Alter, Zustand oder auch Motor – an der Luftverschmutzung im Stadtverkehr haben.

Bislang konnten die Emissionswerte nur mit aufwändigen Systemen direkt am Fahrzeug erfasst werden – auf dem Rollenprüfstand im Labor. Ein weiteres Problem sind die Daten, die Behörden und Wissenschaft für ihre Modellrechnungen benötigen, um die NOx-

Emissionen verschiedener Fahrzeuge abschätzen und deren Beitrag zur Luftverschmutzung bestimmen zu können. Erforderlich sind nicht nur verlässliche Fahrzeugemissionsdaten unter realen Fahrbedingungen, sondern auch Untersuchungen der tatsächlich gefahrenen Kilometer verschiedener Fahrzeugtypen. „Beide Datensätze sind jedoch nur sehr unzureichend vorhanden oder schwer zu erheben“, sagt Denis Pöhler. Der Wissenschaftler verweist in diesem Zusammenhang auch auf die zum Teil großen Diskrepanzen, die zwischen den Abgas-



Bei den Untersuchungen ist das Instrument in einem Fahrzeug installiert, sodass die Konzentration von NO_x in den Abgasfahnen von Pkw, Bussen, Lkw oder Zweirädern während der Fahrt gemessen werden kann.

Emissionsmessungen von Fahrzeugen im laufenden Betrieb waren bisher kaum möglich; eine neu entwickelte Messapparatur wird derzeit am Heidelberger Institut für Umweltphysik entwickelt.

werten auf dem Rollenprüfstand und tatsächlichen Emissionen während der Fahrt beobachtet wurden.

Für das „Datenproblem“ haben Pöhler und sein Team ein schnelles und mobil einsetzbares Gerät zur Messung von Stickstoffdioxid mit der Bezeichnung „NO₂ ICAD“ entwickelt. Eine genaue NO₂-Messung wird dabei durch die spektroskopische Absorption von Molekülen erreicht. „Dieses Messgerät ist daher unempfindlich gegenüber Störungen wie Intensitätsschwankungen durch Temperaturänderungen oder Vibrationen. Auch andere Gase und Partikel haben keinen Einfluss auf die Messungen“, so Denis Pöhler.

Bei den Untersuchungen ist das Instrument in einem Fahrzeug installiert, sodass die

Konzentration von NO₂ in den Abgasfahnen von vorausfahrenden Pkw, Bussen, Lkw oder Zweirädern während der Fahrt gemessen werden kann. Dieses spektroskopische Messinstrument liefert erstmals einfach verlässliche Emissionswerte bei realem Fahrverhalten. Die bei diesen mobilen Messungen gewonnenen Daten können anstelle unzureichender Modellrechnungen herangezogen werden, um die Hauptverursacher hoher Schadstoffbelastung zu ermitteln, wie Pöhler betont.

Im Praxistest kam das „NO₂ ICAD“-Gerät unter anderem bei Messungen in Mainz zum Einsatz. Im Auftrag der Stadt wurden diese an sieben Tagen im März und im April 2014 durchgeführt. Dabei haben die Heidelberger Wissenschaftler des Instituts für Umweltphysik

mehr als 730 Fahrzeuge im realen Stadtverkehr erfasst. Sie bestimmten – in „parts per billion“ (ppb), also „Teilen pro Milliarde“ – den NO₂-Anteil in der jeweiligen Abgasfahne und verglichen diesen Wert mit der so genannten Hintergrundkonzentration an Stickstoffdioxid. Auf diese Weise konnten sie Rückschlüsse auf die Emissionen der einzelnen Fahrzeuge ziehen.

„Wir haben bei diesem Praxiseinsatz Stickstoffdioxid-Werte von wenigen parts per billion bis zu 7.000 ppb gemessen. Dabei gab es nicht nur, wie erwartet, Unterschiede zwischen den Fahrzeugkategorien, sondern auch innerhalb einer Kategorie selbst“, erläutert Denis Pöhler. Nur 7,6 Prozent aller Fahrzeuge überschritten einen NO₂-Wert von 500 ppb,

Spitzentechnik

The Real Truck Wash Factory

Wir bieten Ihnen die perfekte Fahrzeugwäsche für Entsorgungsfahrzeuge, Busse, Oberleitungsbusse, LKW, Sprinter, Wohnmobile und sämtliche Schienenfahrzeuge.



SVG Superwash® Waschanlagen GmbH
Postfach 12 41 • 87682 Memmingen • Tel. (0 83 31) 857-400
Fax (0 83 31) 857-402 • vertrieb@svg-superwash.com
www.svg-superwash.com • www.christ-ag.com



Ein Unternehmen der Christ Gruppe

Im Gespräch mit Dr. Denis Pöhler

ENTSORGA-Magazin: Die Messung im rollenden Straßenverkehr ist sicherlich mit einem hohen Aufwand verbunden. Wie viel Physik steckt hinter der neuen Methode?

Dr. Denis Pöhler: Da steckt sehr viel physikalische Messtechnik dahinter. Grundlage der NO₂-Messung ist die ‚Differentielle Optische Absorptionsspektroskopie (DOAS)‘. Dabei wird NO₂ anhand seines charakteristischen Fingerabdruckes im Spektralbereich von etwa 450 Nanometern bestimmt. Das Spektrum wird mit einem Kompaktspektrometer zerlegt und analysiert. Jedoch ist die Absorption über einige cm sehr schwach. Daher wird die Messung mithilfe eines optischen Resonators durchgeführt, um einen Absorptionslichtweg von über einem Kilometer in einer Messzelle mit 50 cm Außenmaße zu erreichen. Diese Messmethode heißt CE-DOAS (Cavity Enhanced DOAS). Derartige Systeme benötigen jedoch bisher eine genaue Überwachung der absoluten Lichtintensität, da aus der Abschwächung dieser die Verkürzung des Lichtwegs zum Beispiel durch alle Absorber und Aerosole bestimmt wurde. Dadurch sind die Geräte jedoch anfällig auf jede Form von Intensitätsänderungen wie Schwankungen der Lichtquelle, der Elektronik und Vibrationen. Das kann durch technische Maßnahmen vermieden werden. Wir haben hingegen einen Algorithmus entwickelt, den so

genannten ‚Iterative Cavity DOAS – ICAD‘, der dies mathematisch löst. Dadurch ist das Messgerät deutlich einfacher aufgebaut, leicht, mobil einsetzbar und erlaubt dennoch eine sehr hohe Zeitauflösung.

ENTSORGA: Wie stellt man sicher, dass man tatsächlich nur eine bestimmte Abgasfahne misst?

Pöhler: Wir saugen die Luft in der Abgasfahne direkt über eine Messspitze an der Vorderseite des Messwagens an. Problematisch sind die Luftverdünnung und das jeweilige Fahrverhalten. Diese Parameter variieren und beeinflussen die NO₂-Konzentrationen. Man kann dem mit einer Vielzahl an Messungen entgegenzutreten, z. B. mit statistischen Methoden. Mittlerweile messen wir jedoch CO₂ mit. Da die CO₂-Emissionen pro Kilometer recht genau bekannt sind, kann man die NO₂-Messwerte ebenfalls zu NO₂-Emissionen umrechnen. Hintergrundmessungen erfolgen neben der Straße oder wenn keine Fahrzeuge vor einem unterwegs sind.

ENTSORGA: Wie genau sind die Messergebnisse, die erzielbar sind?

Pöhler: Wir erreichen eine hohe instrumentelle Messgenauigkeit von bis zu 0,1 ppb (parts per billion). Ein großer Abstand von der Quelle verringert deutlich die Genauigkeit, über die Emissionen Aussagen zu treffen.


ENTSORGA: Warum gibt es bislang kein marktgängiges, mobil einsetzbares Gerät?

Pöhler: Die meisten NO₂-Messgeräte messen NO₂ nur indirekt über eine Umwandlung in NO, und dann wird NO_x (NO + NO₂) gemessen. Jedoch muss zusätzlich NO gemessen werden, um dann auf NO₂ zu schließen. Daher erreicht man keine hohe Zeitauflösung, die Umwandlung ist sehr problematisch, die Geräte sind meist vibrationsanfällig und vor allem für den stationären Einsatz in einem klimatisierten Messcontainer ausgelegt.

ENTSORGA: Was ist erforderlich, um das Verfahren auf weitere Gase auszudehnen?

Pöhler: Bei der Wahl verschiedener Spektralbereiche können auch andere Gase gemessen werden. Im UV-Bereich ist man jedoch bisher durch die Absorption der hochreflektierenden Spiegel beschränkt. Im NIR (Nah-Infrarot-Bereich) und IR (Infrarot-Bereich) können wegen der geringen Auflösung keine Kompaktspektrometer verwendet werden. Daher ist die so genannte FTIR-Spektrometrie (Abkürzung für Fourier-Transform-Infrarotspektrometer) notwendig, eine Messmethode, die einerseits teuer andererseits auch vibrationsanfällig ist. Somit sind wir zurzeit vor allem auf Gase beschränkt, die im sichtbaren Spektralbereich absorbieren.

Das Gespräch führte Martin Boeckh.



■ Sensor & Algorithmus nach zertifiziertem Fidas® 200 S

■ PM_{2,5} & PM₁₀, Partikelgrößenverteilung


■ Sicherer Abstand zur Partikelquelle

■ Integrierte Kamera zur Dokumentation

Fidas® Frog

Mobiles Feinstaubmesssystem

Besuchen Sie uns auf der Powtech 2016 in Nürnberg, 19.04. – 21.04.2016, Halle 3, Stand 3-302!



less is not enough

PALASCOUNTS

Palas GmbH | +49 721 96213-0 | mail@palas.de | www.palas.de

vor allem Busse älterer Modelle, aber auch einzelne Pkw und Motorräder. „Diese machen nach unserer Datenanalyse aber 45 Prozent der gesamten Emissionen aus. Somit könnte die Umweltbelastung durch technische Nachbesserungen oder Neuentwicklungen an nur wenigen Fahrzeugen bereits nahezu halbiert werden“, erläutert der Heidelberger Physiker. „Mit unseren Messdaten konnten wir außerdem die Schwachstellen von Simulationen aufzeigen, in denen bestimmte Parameter und Faktoren wie Fahrzeugzählung, Fahrzeugflotte oder Emissionswerte nicht repräsentativ berücksichtigt werden.“

Aktuell finden weitere Messungen in mehreren deutschen Städten statt. „Mit den Fahrzeugmessungen ist daher aktuell die Nachfrage nach unseren Messungen größer als das, was wir schaffen können. Wir finanzieren über diese Aufträge aber im Wesentlichen unsere Arbeit“, so das Fazit des Umwelt-Wissenschaftlers.

Neben den mobilen Messungen in der Abgasfahne von Fahrzeugen erfasst das Forscherteam mit seinen Messsystemen auch die allgemeine NO₂-Schadstoffbelastung. Im Auftrag von Städten und Umweltorganisationen wird an verschiedensten Orten und Plätzen gemessen und quantifiziert. Dies ergibt ein wesentlich genaueres Abbild, zumal die fest installierten Umweltmessstationen nur an sehr wenigen Stationen Daten erfassen.

Ziel von Pöhler ist es, sein neues Gerät zur Messung von Stickstoffdioxid in der Luft zur Marktreife zu bringen. Das System wird derzeit um Messmöglichkeiten für Stickstoffmonoxid (NO) und Kohlendioxid (CO₂) erweitert. Damit lässt sich dann eine Vielzahl unterschiedlicher Umweltbeobachtungen und Emissionsmessungen realisieren. Die Anwendungsgebiete reichen von High-End-Nutzern in der Wissenschaft über Emissionsmessungen von Fahrzeugen und der Überwachung der Luftqualität bis zur Nutzung in Industrie und Medizin.

Aktuell hat die Arbeitsgruppe um Denis Pöhler die Zusage für ein EXIST-Forschungstransfer-Projekt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie bekommen, womit das Messsystem zur Kommerzialisierung weiterentwickelt werden soll. In einem künftigen Start-Up soll das Messsystem dann soweit zur Marktreife gebracht werden, dass es auch für andere Nutzer verfügbar wird. Vor allem für den wissenschaftlichen Einsatz hätte es viele Vorteile im Vergleich zu bestehenden Messverfahren.

Dr. Martin Mühleisen, Martin Boeckh, Gaiberg



Wasserbelüftung – Abwasserbelüftung Wasseraufbereitung

Linn Gerätebau GmbH
An der Sauerlandkaserne 1
Gewerbegebiet Sauerlandkaserne
57368 Lennestadt-Oedingen

Telefon: +49 (0)2725 22021-0
Telefax: +49 (0)2725 22021-20
info@linn.eu
www.linn.eu



Verlässliche und exakte Echtzeitdaten als Schlüssel zum intelligenten Netzwerk.

Aktuelle Kommunikationsplattformen
für mobile oder stationäre
Funkauslesung, zum Aufbau einer
zukunftsicheren, erweiterbaren
Infrastruktur.



Sensus GmbH Ludwigshafen
info.de@sensus.com | www.sensus.com