



Bild: Johannes Lampe/Denis Pöhler, IUP

LUFTVERSCHMUTZUNG |

Umwelphysiker beweisen richtigen Riecher

Spätestens seit dem VW-Abgasskandal sind Stickoxid-Emissionen in den Fokus öffentlicher Debatten gerückt. Stickoxide sind sehr giftig und ihre Konzentration in den Städten gesundheitsgefährdend hoch – unter realen Bedingungen ließen sie sich bislang aber nur schwer messen. Heidelberger Forscher haben eine Lösung für das Problem entwickelt.

Die meisten Menschen in Industrienationen und Schwellenländern leben in urbanen Ballungsgebieten. Die Qualität der Luft wird in diesen dicht besiedelten Gegenden vor allem durch die Emissionen von Kraftfahrzeugen bestimmt. Hierzulande überwachen die Bundesländer und das Umweltbundesamt dies mit circa 500 Messstationen. Einen negativen

Einfluss auf die Luftqualität hat neben Feinstaub und Ozon (O_3) vor allem Stickstoffdioxid (NO_2). Laut Umweltbundesamt ist Stickstoffdioxid mittlerweile der „Schadstoff Nummer eins“ in Deutschland.

Von einer langfristigen NO_2 -Belastung der Außenluft sind besonders Menschen betroffen, die an verkehrsreichen Straßen leben. „Bei längerer Exposition mit zehn

bis 100 Mikrogramm pro Kubikmeter treten häufiger Erkrankungen der Atemwege wie Husten, Bronchitis und Verschlechterungen der Lungenfunktion auf, die chronisch werden können. Es liegen auch Anhaltspunkte für eine krebserregende Wirkung vor“, erläutert Prof. Dr. Ulrich Platt, von 1990 bis 2015 Direktor am Heidelberger Institut für Umwelphysik. Auch als pensionierter Hochschul-

lehrer leitet er zahlreiche Forschungsprojekte, die sich mit dem physikalischen Verständnis unserer Umwelt befassen.

Für zu hohe Emissionen von Stickoxid sind in den Städten laut Platt vorwiegend der Verkehr und besonders dieselbetriebene Kraftfahrzeuge verantwortlich. Die Luftqualität eines Ortes werde dabei nicht allein vom Verkehrsaufkommen beeinflusst, sondern auch von der geografischen Lage, der Bebauung und den meteorologischen Bedingungen. Aus diesen vielfältigen Faktoren resultierten lokal große Schwankungen der NO_2 -Konzentration. In den Städten, so der Experte, wird die Schadstoffbelastung in der Regel aber nur stationär an ein bis zwei Messstationen erfasst. „Das macht es kaum möglich, die Belastung für die gesamte Bevölkerung zu bestimmen.“ Ein weiterer Nachteil herkömmlicher, fest installierter Umweltmessstationen sei die Messtechnik selbst: Die NO_2 -Konzentration wird nur indirekt mit sogenannten Chemilumineszenz-Messgeräten (CLD) und Konvertern ermittelt – dadurch sind Platt zufolge systematische Messfehler bis zu fünfzig Prozent möglich. Zudem benötigen die Geräte regelmäßig teure und aufwändige Kalibrationen.

Mobiles Messinstrument

Ein kompaktes und mobiles, am Institut für Umwelphysik der Universität Heidelberg (IUP) entwickeltes „NOx-ICAD-Messinstrument“ macht es möglich, die Konzentration von Stickstoffdioxid unabhängig von stationären Messstationen präzise an beliebigen Orten zu bestimmen. Mit dem neuen, zur Patentierung eingereichten Gerät konnten bereits in vielen Städten zahlreiche Untersuchungen stattfinden. „Ziel unserer Immissionsmessungen ist es, den politischen Entscheidern kurzfristig verlässliche und realitätsnahe Messdaten zu liefern, damit nötige und zielführende Maßnahmen zur Reduktion von Schadstoffen in den Städten erfolgen können“, betont Projektleiter Dr. Denis Pöhler. Im Auftrag von Städten und Umweltorganisationen, etwa der Deutschen Umwelthilfe und Greenpeace, aber auch im Auftrag von Deutschen Bundestagsfraktionen, wurde hierzu über Monate hinweg an verschiedensten Orten die Schadstoffbelastung gemessen und quantifiziert: In bisher 16 deutschen Städten erfolgten Untersuchungen an über 200 Messorten. Mit mobilen Fahrradmessungen wurde überdies die Belastung für Fahrradfahrer genau bestimmt. Die Schadstoffwerte an Kindergärten und Schulen wurden näher quantifiziert,

um die flächendeckende Belastung dieser besonders gefährdeten Bevölkerungsgruppe zu untersuchen.

Bereits seit April 2016 wird die Forschungsgruppe als „EXIST-Forschungstransfer-Projekt“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie finanziell getragen. „Das Hauptziel ist es, die Messsysteme bis hin zur Kommerzialisierung weiterzuentwickeln“, sagt Pöhler, der zugleich Geschäftsführer des Spin-offs Airyx GmbH mit Sitz in Eppelheim ist. In dem im März ausgegründeten Start-up soll das Messsystem soweit zur Marktreife gebracht werden, dass es auch für andere Nutzer verfügbar wird. „Nicht nur für den wissenschaftlichen Einsatz zur Emissionsmessung und Umweltanalyse, sondern auch bei der Luftüberwachung böte es viele Vorteile im Vergleich zu bestehenden Messverfahren“, ist Pöhler überzeugt. Auch Anwendungen in Medizin und Industrie – zum Beispiel bei der Atemanalyse und in der Prozessüberwachung – seien damit möglich.

Doch wie funktioniert das System grundsätzlich? Das kompakte NOx-ICAD-Messgerät bestimmt die Konzentration von Stickoxid, indem es Umgebungsluft ansaugt und durch eine Messzelle von rund einem halben Meter Länge leitet. Die Messzelle wird dabei zunächst mit blauem Licht einer LED durchleuchtet. Stickstoffdioxid absorbiert einen Teil dieser Strahlung, wobei die Absorption des NO_2 -Moleküls in charakteristischer Weise mit der Wellenlänge variiert. Diese Variation ist gleichsam der Fingerabdruck des Moleküls. Dieses Spektrum wird anschließend mit einem Kompaktspektrometer analysiert. Die Bestimmung der Konzentration erfolgt mit der von Prof. Dr. Ulrich Platt und weiteren Wissenschaftlern im Jahr 1979 entwickelten, inzwischen weltweit angewendeten „Differenziellen Optischen Absorptionsspektroskopie“ (DOAS).

Das Instrument der Heidelberger Arbeitsgruppe wird inzwischen nicht nur eingesetzt, um die Luftqualität zu analysieren und zu überwachen (Immissionsmessung). Es wird auch als Teil der Emissionsmessung im Bereich der Abgasmessung angewendet. Bis heute weiß man relativ wenig über den wahren Stickoxidausstoß unter realen Betriebsbedingungen beziehungsweise im Laufe des Lebenszyklus eines Fahrzeuges. Derartige Emissionsbestimmungen sind aufgrund des hohen Aufwandes weder Teil der Abgasuntersuchung noch der Neuwagenprüfung. Sie werden nur bei der Typzulassung im Labor untersucht. ▶▶

„Aufgrund der Schadstoffkonzentrationen in den Abgasfahnen konnten wir auf die Emissionen der einzelnen Fahrzeuge rückschließen.“

Dr. Denis Pöhler,
Umweltphysiker und
Geschäftsführer des
Spin-offs Airyx GmbH

► Zwar ermöglichen es genaue, aber sehr aufwändige mobile Messgeräte – sogenannte PEMS (Portable Emission Measurement Systems) –, die Emission auch im realen Betrieb zu bestimmen. Diese Grenzwerte gelten europaweit jedoch bislang nur für neue LKW-Typen. Ab September 2017 sollen sie schrittweise auch für neue PKW-Typen und leichte Nutz-

fahrzeuge eingeführt werden. „Problematisch aus unserer Sicht ist jedoch, dass lediglich bei der Typzulassung – und somit nur für ein, zudem fabrikneues Fahrzeug einer Modellkonfiguration – gemessen wird“, führt Pöhler aus, „und dann auch nur direkt am Fahrzeug.“ Damit könnten Variationen zwischen verschiedenen Exemplaren des gleichen Modells

oder durch Alterung und Defekte verursachte Veränderungen nicht erfasst werden.

Seine Arbeitsgruppe gehe daher einen anderen Weg: „Wir bestimmen die Emissionen von Stickoxid, indem wir die Luft aus der Abgasfahne eines vorausfahrenden Fahrzeuges durch eine Sonde oder einen Trichter ansaugen und sie sodann durch das Messgerät leiten. Für die Anwendung im Abgasbereich konnten wir unser Messsystem mittlerweile so erweitern, dass zusätzlich Stickstoffmonoxid in Stickstoffdioxid umgewandelt wird. Auf diese Weise können wir die relevanten gesamten Stickoxid-Emissionen bestimmen.“

Über 1000 Fahrzeuge hat die Forschungsgruppe bereits mit ihrem Mess-PKW untersucht. „Es erwies sich, dass unser neues Gerät den Stickstoffdioxid-beziehungsweise Stickoxidanteil in den Abgasfahnen der Fahrzeuge unter realen Bedingungen erfolgreich bestimmen kann“, unterstreicht Pöhler. Wichtig dabei sei, die Messpunkte innerhalb der Emissionsfahne eines einzelnen Fahrzeugs zu legen, um weitgehend zu vermeiden, dass sich die Abgase anderer Fahrzeuge miteinander vermischen. „Bei sehr starkem Verkehrsaufkommen ist das regelmäßig eine Herausforderung“, so der Experte.

Im Praxistest wurde das NOx-ICAD-Instrument erstmals im Jahr 2014 bei Messungen im Auftrag der Stadt Mainz eingesetzt. Mehr als 730 Fahrzeuge wurden da-

bei im realen Stadtverkehr erfasst. „Aufgrund der Schadstoffkonzentrationen in den Abgasfahnen konnten wir auf die Emissionen der einzelnen Fahrzeuge rückschließen“, erläutert der Experte. Dabei habe sich gezeigt: Es bestehen nicht nur – wie erwartet – große Unterschiede der Emissionen zwischen verschiedenen Kategorien von Fahrzeugen (etwa PKW und Busse), sondern auch innerhalb einer Kategorie selbst. Die Stickoxid-Emissionen variieren sehr stark von Fahrzeug zu Fahrzeug und hängen von zahlreichen Parametern ab, seien es Motortyp, Abgasbehandlung, Alter, Zustand oder Fahreigenschaften.

Belastung deutlich reduzieren

„Die Ergebnisse unserer Mainzer Studie sind sicher auch für andere Städte aufschlussreich“, sagt Pöhler. Danach fallen nur 7,6 Prozent aller Fahrzeuge in die Kategorie „sehr hohe Emissionen“ an Stickstoffdioxid mit Konzentrationen von über 1000 Mikrogramm pro Kubikmeter in der Abgasfahne. Vor allem Busse älterer Bauart (oft mit nachgerüsteten Feinstaubfiltern), aber auch einzelne PKW und Motorräder finden sich in dieser Kategorie. Sie sind den Daten der Heidelberger Umweltphysiker zufolge für rund 45 Prozent der gesamten direkten Stickstoffdioxid-Emissionen verantwortlich. „Mit anderen Worten: Die Umweltbelastung könnte durch technische Nachbes-

serungen oder durch den Ausschluss von nur wenigen Fahrzeugen nahezu halbiert werden“, betonen die Verantwortlichen.

Laut Umweltbundesamt wurde der seit 2010 in Deutschland gültige Jahresgrenzwert von 40 Mikrogramm pro Kubikmeter für Stickstoffdioxid in den vergangenen Jahren an etwa sechzig Prozent der verkehrsnahen deutschen Messstationen überschritten. Lediglich zwei deutsche Messstationen liegen noch über dem gesetzlichen Grenzwert für Feinstaub. „Die öffentliche Wahrnehmung hinsichtlich der Luftqualität aber wurde und wird dominiert von Berichten über erhöhte Feinstaubwerte“, warnt Dr. Denis Pöhler. „Tatsächlich lagen die Feinstaubmesswerte in den meisten deutschen Städten zum letzten Mal Ende der 1990er-Jahre über dem geltenden Grenzwert.“ Es zeige sich: Die zu hohen Stickstoffdioxidwerte sind ein weit größeres Problem als es die Feinstaubwerte jemals waren.

Die Einführung der Umweltzonen mit Feinstaubplakette vor einigen Jahren konnte laut Pöhler nichts oder nur wenig dazu beitragen, das wahre Problem der hohen Stickoxidwerte anzugehen. Im Gegenteil: Die dadurch veranlasste Nachrüstung mit Partikelfiltern (Rußfiltern) in älteren Dieselfahrzeugen habe die direkte Emission von Stickstoffdioxid dieser Fahrzeuge noch erhöht. „Ursache ist die Funktionsweise der meisten Partikelfilter, die eine weitere Oxidation von Stick-

stoffmonoxid zu Stickstoffdioxid bewirkt und damit zu einer erhöhten Emission von NO₂ führt“, erläutert der Umweltphysiker. „Während unserer städtischen Messungen konnten wir vielfach nachweisen, dass gerade ältere Busse unabhängig vom Fahrzeugtyp – erst recht, wenn die nachgerüstete Technik Feinstaub reduziert – einen hohen Stickstoffdioxidausstoß aufweisen.“

Die Städte werden also mehr als bisher gegen die zu hohen, gesundheitsgefährdenden NO₂-Konzentrationen vorgehen müssen, wenn man der Argumentation der Heidelberger Forscher folgt. Und das nicht erst seit dem seit 2015 drohenden EU-Vertragsverletzungsverfahren gegen Deutschland. In diesem Zusammenhang werde derzeit auch diskutiert, eine blaue Umweltzone einzuführen. „Wichtig dabei ist, dass die zahlreichen Maßnahmen der Luftreinhaltepläne auch real messbar sind“, betont Airyx-Geschäftsführer Pöhler. „Auch hierfür wollen wir mit unserem mobilen Messgerät Lösungsansätze bieten.“

den

DIE GRÜNDER

- Dr. Denis Pöhler (Geschäftsführer)
- Dr. Martin Horbanski (Konstruktion)
- Dr. Johannes Lampel (IT/Elektronik)
- Alexandra De Aguinaga (Wirtschaft)
- Prof. Dr. Ulrich Platt (Mentor/Berater)

EXIST – Businessplan für die Wissenschaft

Mit seinem Programm „EXIST-Forschungstransfer“ fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) herausragende, forschungsbasierte Gründungsvorhaben mit hohem und risikoreichem Entwicklungsaufwand.

Elf Gründungsteams aus Heidelberg, darunter auch die Entwickler des innovativen ICAD-NOx-Messgeräts, haben in den vergangenen Jahren das anspruchsvolle Bewerbungsverfahren erfolgreich durchlaufen und konnten in Berlin die Jury von den Erfolgsaussichten ihrer Projekte überzeugen. Für die Universität Heidelberg bedeutet das ein Fördervolumen von etwa 7,3 Millionen Euro.

Das Programm besteht aus zwei Förderphasen. In einem ersten Schritt sollen Forschungsergebnisse, die über das Potenzial für eine Unternehmensgründung verfügen, weiterentwickelt werden. Ziel ist es, wissen-

schaftliche Ergebnisse in technische Produkte und Verfahren zu überführen, die darauf basierende Geschäftsidee zu einem Businessplan auszuarbeiten und die geplante Unternehmensgründung vorzubereiten. Hierbei werden pro Projekt bis zu vier Arbeitsplätze – davon einer mit wirtschaftlichem Hintergrund – sowie Materialkosten zum Beispiel zur Herstellung von Prototypen finanziert.

Im Anschluss an die erfolgte Ausgründung kann das Spin-off eine zweite Förderphase beantragen, in der weitere Entwicklungsarbeiten durchgeführt werden. Im Fokus stehen dabei konkrete Maßnahmen zur Aufnahme der Geschäftstätigkeit. Zudem sollen die Voraussetzungen für eine externe Unternehmensfinanzierung geschaffen werden. Der EXIST-Forschungstransfer wird vom Europäischen Sozialfonds kofinanziert.