

HACKED

Wie schützen wir uns gegen Cyberattacken?

AUS DEM KOPF

Den Ursachen von
Alzheimer auf der Spur

AUF DEM GIPFEL

Physiker Wolfgang
Wernsdorfer im Porträt

IN DER LUFT

Woher kommen die
Schadstoffe?

Es liegt was in der Luft

Luftbelastungen und Grenzwerte sind zu politischem Sprengstoff geworden. Aber was ist eigentlich gute Luft – und woher kommen die Schadstoffe wie Stickoxide, Ozon oder Feinstaub?

Sich über viel befahrene Hauptstraßen und durch stickige Tunnel zu quälen, umwabert von den Abgaswolken anderer Fahrzeuge – das klingt nicht unbedingt nach reinem Fahrvergnügen. Doch für Robert Wegener und seine Kollegen vom Forschungszentrum Jülich gehört das zu ihrer Arbeit. Wenn sie sich in ihren Kleintransporter setzen, der mit Messtechnik vollgestopft ist, sind sie der Luftqualität auf der Spur. Mithilfe ihres „MobiLab“ genannten Labors auf vier Rädern wollen sie herausfinden, wie sich Stickoxide, Feinstaub und andere Schadstoffe in Städten verteilen.

Das Team aus Jülich gehört damit zu jenen Helmholtz-Forschern, die Daten zu einer hochaktuellen Debatte liefern. Dieselskandal, Fahrverbote, hitzige Diskussionen über Grenzwerte: Das Thema Luftverschmutzung hat Anfang des Jahres reichlich Schlagzeilen gemacht. Aber was sind das eigentlich für Substanzen, die das Atmen zum Gesundheitsrisiko machen können? Was gehört in die Luft und was nicht?

„Es gibt keine allgemeingültige Definition dafür, was saubere Luft eigentlich ist.“

Trockene Luft besteht zu 99 Prozent aus den beiden Gasen Stickstoff und Sauerstoff. Der restliche Prozentpunkt setzt sich aus zahlreichen weiteren Bestandteilen zusammen. Dazu gehören zum Beispiel das Edelgas Argon oder das als Treibhausgas bekannte Kohlenstoffdioxid, aber auch sogenannte Spurengase wie Ozon, die teilweise nur in extrem geringen Konzentrationen vorkommen. Auch feste und flüssige Partikel schweben ohne Zutun des Menschen in der Atmosphäre. Die Palette reicht von Wüstenstaub, Vulkanasche und Meersalz bis hin zu Pollen, Bakterien und Pilzsporen.

Zu diesem Gemisch kommen all jene Verbindungen, die der Mensch zum Beispiel durch Verbrennungsprozesse freisetzt. Ab wann sie zur Belastung werden können, ist gar nicht so leicht einzuschätzen. „Es gibt keine allgemeingültige Definition dafür, was saubere Luft eigentlich ist“, sagt Marcel Langner vom Umweltbundesamt

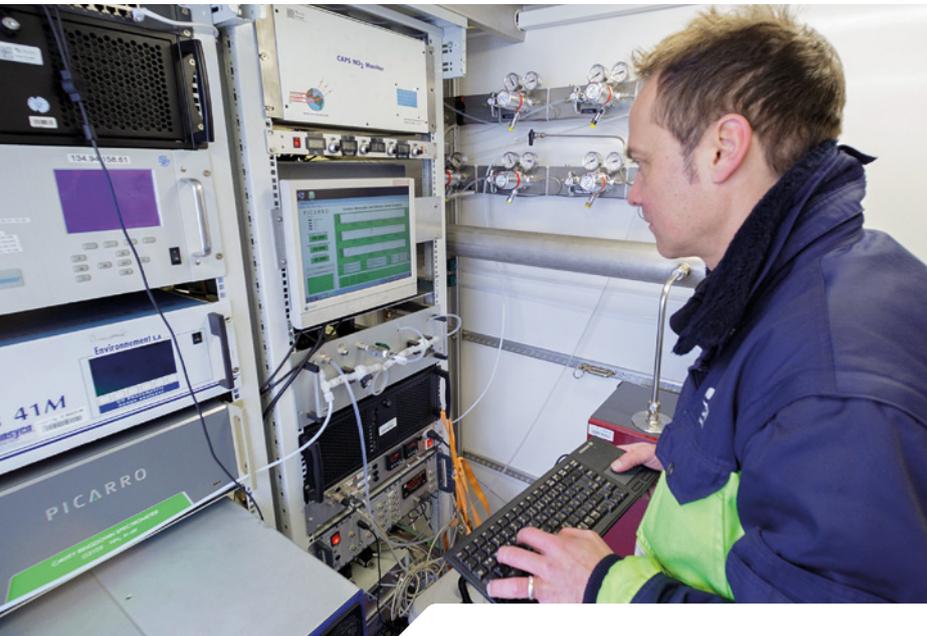
Luftanalyse auf Rädern Robert Wegener unternimmt mit dem MobiLab regelmäßig Messfahrten, um die Luftzusammensetzung zu bestimmen. Bild: Wilhelm-Peter Schneider/FZ Jülich

(UBA) in Dessau. Dort orientiert man sich an den Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation WHO. Sie ermittelt regelmäßig für die bekannten Schadstoffe Richtwerte, die im Interesse der Gesundheit nicht überschritten werden sollen. Diese werden auf Basis aller aktuell verfügbaren wissenschaftlichen Studien zu diesem Thema von der WHO gemeinsam mit externen Expertengremien festgelegt. Bei einigen Substanzen wie dem zu den Stickoxiden zählenden Stickstoffdioxid (NO_2) stimmen diese Empfehlungen mit den Grenzwerten überein, die in der EU gelten. In anderen Fällen wie etwa beim Feinstaub setzt die WHO dagegen deutlich strengere Maßstäbe an – zu Recht, wie viele Experten finden.

Und wie verschmutzt ist die Luft in Deutschland wirklich? „Die Messungen übernehmen bundesweit mehr als 650 feste Messstationen“, sagt UBA-Experte Marcel Langner. Dazu kommen noch spezielle Messsysteme für die Forschung wie das MobiLab aus Jülich. „Dessen Vorteil ist, dass wir auch während der Fahrt messen können“, sagt Robert Wegener. Dabei bekommt man zwar immer nur eine Momentaufnahme der aktuellen Situation. Dafür registriert der rollende Luftanalysator aber jede Sekunde einen Messwert, während die fest installierten Systeme meist den Durchschnitt für eine Stunde angeben. „Wir können also auch sehr feine Unterschiede in der Schadstoffverteilung erfassen“, erklärt der Forscher. Vor allem in Stuttgart und Berlin hat er mit seinen Kollegen in den vergangenen Jahren solche Messungen durchgeführt. →

***Argon, Kohlenstoffdioxid, andere Gase**





Rollendes Labor

Das MobiLab kann sowohl gasförmige Spurenstoffe als auch Partikel in der Luft messen. Relativ neu ist ein Messgerät für Methan. Das Treibhausgas ist rund 25-mal klimaschädlicher als Kohlenstoffdioxid. Bild: Wilhelm-Peter Schneider/ Forschungszentrum Jülich

Die Wissenschaftler konzentrieren sich dabei unter anderem auf Tunnel. Denn hier sammeln sich die Abgase, sodass die Forscher einen Eindruck vom Schadstoffausstoß des gesamten Straßenverkehrs gewinnen können. Die Emissionen können dabei von Tag zu Tag stark variieren. Das gilt zum Beispiel für die viel diskutierten Stickoxide. Für das Gas Stickstoffdioxid, das die Atemwege und das Herz-Kreislauf-System schädigen kann, liegen die Werte an Werktagen besonders hoch. Am Wochenende, wenn vor allem Pkw unterwegs sind, haben die Jülicher Forscher im Verhältnis zum Kohlendioxid geringere Konzentrationen dieses Schadstoffs gemessen. „Das zeigt, dass der Lkw-Verkehr an diesem Problem einen großen Anteil hat“, sagt Robert Wegener.

Am Beispiel des Stickstoffdioxids zeigt sich auch ein weiteres Problem mit der Luftbelastung: Die Schadstoffe gehen in der Luft Reaktionen miteinander ein und bilden weitere problematische Verbindungen. Das ebenfalls atemwegsreizende Ozon (O₃) zum Beispiel quillt nicht direkt aus dem Auspuff, sondern entsteht unter dem Einfluss des Sonnenlichts aus Stickoxiden und flüchtigen organischen Kohlenwasserstoffen (VOC). Beide wurden früher in großen Mengen im Straßenverkehr frei, sodass im Sommer in den Städten oft hohe Ozonkonzentrationen auftraten. Heute ist das anders: Dank der Katalysatoren sind seit den 1990er-Jahren die Stickoxid- und VOC-Emissionen von Benzinern stark zurückgegangen. Bei Dieselfahrzeugen gilt das aber nur für die VOC, ihr Stickoxidausstoß wurde nur unwesentlich redu-

ziert. „Für die gesamte Fahrzeugflotte gesehen ist das Verhältnis zwischen diesen beiden Vorläufern deshalb nicht mehr günstig für die Ozonbildung“, erklärt Robert Wegener. Falls es gelingt, künftig auch die Stickoxidemissionen der Dieselfahrzeuge zu reduzieren, könnte sich das aber paradoxerweise ändern, sodass die Ozonbelastung wieder ansteigen würde.

„Was die gesundheitlichen Folgen angeht, ist Feinstaub heute das Problem Nummer eins unter den Luftschadstoffen.“

„Das heißt allerdings nicht, dass wir die Stickoxid-Emissionen auf dem heutigen Niveau lassen sollten“, betont der Jülicher Forscher. Denn NO₂ gehört außerdem zu jenen Gasen, die durch chemische Reaktionen zur Bildung von Partikeln führen und damit die Feinstaubkonzentrationen in die Höhe treiben. Zwar ist auch diese Art der Belastung in den vergangenen 30 Jahren zurückgegangen – zumindest, wenn man die Masse des freigesetzten Feinstaubes betrachtet. Dafür werden heute eher die sehr kleinen Teilchen emittiert, die besonders schädlich für die Lunge und das Herz-Kreislauf-System sind. Deshalb wollen viele Experten in dieser Hinsicht noch keine Entwarnung geben. „Was die gesundheitlichen Folgen angeht, ist Feinstaub heute das Problem Nummer eins unter den Luftschadstoffen“, urteilt Marcel Langner vom UBA.

An dieser Stelle kommen auch andere Quellen der Luftverschmutzung ins Spiel als nur der Straßenverkehr. Die Bildung von Feinstaub wird nämlich nicht nur durch Stickoxide, sondern auch durch andere Luftschadstoffe wie Ammoniak (NH₃) angekurbelt – und dessen Emissionen sind in den vergangenen Jahren so gut wie gar nicht zurückgegangen. Die Hauptquelle für Ammoniak ist die Landwirtschaft; vor allem Felder, die mit Gülle gedüngt werden.

Volker Matthias und seine Kollegen vom Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG) haben sich mit der Frage beschäftigt, wie sich dieses Problem in den Griff bekommen lässt. Mit dreidimensionalen Computermodellen bilden sie die meteorologischen und chemischen Vorgänge in der unteren Etage der Atmosphäre nach. So können sie berechnen, wie sich die aus verschiedenen Quellen freigesetzten Verbindungen in andere umwandeln, wie sie transportiert werden und wo sie schließlich landen. Am Ende spucken die



ONLINE

Bus? Fahrrad? Auto?
Was uns in Zukunft bewegt:

→ www.helmholtz.de/mobilitaet



Modelle dann nicht nur Karten der Schadstoffverteilung aus. „Man kann damit auch durchrechnen, was bestimmte Maßnahmen für die Luftqualität bewirken“, sagt Volker Matthias. Beim Ammoniak kamen die Computer da zu einem eindeutigen Ergebnis: Wenn die Emissionen sinken sollen, müsste in Deutschland deutlich weniger Fleisch produziert werden.

Das Team aus Geesthacht nimmt aber auch noch zahlreiche andere Emissionsquellen unter die Lupe. Einen ihrer Schwerpunkte haben die Forscher dabei auf den Schiffsverkehr gelegt. Für die Nordsee basiert ihre Modellierung auf unzähligen Details: Die Forscher stellen fest, wie schnell jedes einzelne Schiff fährt, welche Maschinen es antreiben und wie groß sein Schadstoffausstoß ist. So konnten die Wissenschaftler am Ende berechnen, welche Mengen von Stickoxiden, Feinstaub und anderen Schadstoffen die Schiffe auf der Nordsee in einem Jahr ausstoßen. Ihr Fazit: Vor allem im Sommer ist der Schiffsverkehr eine sprudelnde Feinstaubquelle. Der größte Anteil dieser Belastung kommt durch die chemischen Reaktionen von Gasen zustande, bei denen sich Partikel bilden.

Was aber passiert, wenn ein Schiff im Hafen liegt? Auch da laufen schließlich die Maschinen, weil Frachter zum Beispiel Energie für die Kühlung brauchen und Kreuzfahrer den Hotelbetrieb aufrechterhalten müssen. Auch für diese Situation haben die Forscher ein Modell entwickelt, das auf Umfragen zum Treibstoffverbrauch von rund 200 Schiffen basiert. „Demnach sind auch Häfen durchaus ernst zu nehmende Belastungsquellen“, sagt Volker Matthias. So steuert der Hamburger Hafen ein knappes Drittel zu den Stickoxidemissionen der Hansestadt bei. Es ist also nicht nur der viel diskutierte Straßenverkehr, der in Deutschland für dicke Luft sorgt: Zu ihrer Belastung tragen die verschiedensten Quellen und chemischen Reaktionen bei. Es gibt also viele Schrauben, an denen man drehen könnte, um für bessere Luft zu sorgen. ◆

Kerstin Viering

FEINSTAUB

- Unter Feinstaub versteht man winzige Teilchen in der Luft, die nicht sofort zu Boden sinken, sondern eine Zeit lang in der Atmosphäre schweben.
- Ein Teil dieser Partikel ist natürlichen Ursprungs. Dazu gehören zum Beispiel Wüstenstaub, Vulkanasche, Meersalz, Pilzsporen und Pollen.
- Eine wichtige vom Menschen geschaffene Quelle für diesen Schadstoff ist der Straßenverkehr. Nicht nur Dieselmotoren setzen vor allem in Ballungsräumen große Mengen Feinstaub frei, dazu kommen auch der Abrieb von Bremsen und Reifen sowie der aufgewirbelte Straßenstaub. Neben Kraftfahrzeugen tragen auch Heizwerke, Müllverbrennungsanlagen sowie Öfen und Heizungen in Wohnungen zur Feinstaubbelastung bei. Weitere Partikel kommen aus der Landwirtschaft, der Industrie und dem Schüttgutumschlag.
- Der Löwenanteil der Belastung kommt nicht durch direkte Emissionen zustande, sondern durch chemische Reaktionen, bei denen Gase wie Stickoxide und Ammoniak die Feinstaubbildung ankurbeln.
- Die Wirkung der Teilchen auf die Gesundheit hängt entscheidend von ihrem Durchmesser ab. Je kleiner sie sind, desto weiter können sie in den Atemtrakt vordringen. Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 10 Mikrometern können in die Nasenhöhle eindringen. Teilchen mit einem Durchmesser von weniger als 2,5 Mikrometern können die Bronchien oder Lungenbläschen erreichen. Ultrafeine Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 0,1 Mikrometer können sogar in den Blutkreislauf gelangen.

Volldampf voraus Schätzungen zufolge verursachen Schiffe rund 13 Prozent der weltweiten Emissionen.
Bild: panalot/Fotolia

