Zeitschrift: Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin

Herausgeber: Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung

Band: - (1992)

Heft: 15

Artikel: Laser nimmt Luftschadstoffe unter Beschuss

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-967830

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Laser nimmt Luftschadstoffe unter Beschuss

An der ETH Zürich ist ein Gerät entwickelt worden, das die Konzentration von Luftschadstoffen in kurzer Zeit mit grosser Genauigkeit misst. Es arbeitet mit Laserstrahlen und dürfte für den Umweltschutz von praktischem Nutzen sein.

Wenn in Weltraumfilmen Wildwest gespielt wird, zuckt Laserlicht durchs All, um Raketen explodieren zu lassen. Wenn auf der Erde unten Laserstrahlen zum Einsatz kommen, dann auf weit weniger spektakuläre Weise und in vorwiegend friedlicher Absicht – für den Umweltschutz etwa. Dazu ein Beispiel aus dem Institut für Quantenelektronik der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, wo das Team von PD Dr. Markus Sigrist im Labor für Infrarotphysik die *Laser-Photoakustische Spektroskopie (Laser-PAS)* zum raschen und genauen Nachweis von Luftschadstoffen entwickelt hat.

Luftschadstoffe, so lästig und gefährlich sie auch sind, bilden nur einen ganz geringen Anteil unserer Atmosphäre. Zudem verschmutzen verschiedene Schadstoffe in jeweils wechselnder Zusammensetzung und Konzentration die Atemluft. Um wirkungsvoll Umweltschutz betreiben zu können, muss man aber über genaue Messwerte verfügen – ein Problem, für dessen Lösung die Praktiker an der «Front» auf die Hilfe der Wissenschaft angewiesen sind.

Die drei wichtigsten Luftschadstoffe *Stickstoffdioxid* (NO_2), *Schwefeldioxid* (SO_2) und *Ozon* (O_3) lassen sich heute bereits routinemässig erfassen; die gemessenen Werte sind täglich in der Presse publiziert. Schwierigkeiten bereitet indes noch das Bestimmen einer weiteren Kategorie luftverschmutzender Substanzen, der Kohlenwasserstoffe. Da gibt es zum Beispiel den krebserregenden Benzinbestandteil *Benzol* sowie seine Verwandten *Toluol* und *Xylol*, wie sie etwa beim Chemischreinigen von Kleidern freigesetzt werden. Weil deren Nachweis Probleme bereitet, kennt man für Kohlenwasserstoffe auch noch keine Grenzwerte.

Doch bald dürfte in den Zeitungen neben den Rubriken für NO_2, SO_2 und O_3 auch eine solche für VOC auftauchen: für gasförmige Kohlenwasserstoffe (V=volatile, O=organic, C=Compounds). Zum Nachweis dieser Schadstoffe befindet sich eine spezielle «Laserkanone» im Test. Das an der ETH Zürich entwickelte Gerät ist in einem Fahrzeuganhänger untergebracht und beschiesst die Schadstoffmoleküle mit Infrarot-Laserstrahlen. Die von der energiereichen Strahlung getroffenen Teilchen geben Antwort: Sie senden Schallwellen aus, die durch Mikrophone aufgefangen werden – je stärker das Signal, desto mehr Schadstoffe in der Luft.

Jede gasförmige Substanz reagiert auf eine unterschiedliche Wellenlänge, so dass sich die verschiedenen Moleküle gut auseinanderhalten lassen. Der Kohlenwasserstoff *Aethylen* beispielsweise spricht bei einer Laser-Wellenlänge von 10,53 Mikrometer (Tausendstelmillimeter) an, *Ammoniak* bei 10,74 Mikrometer, *Ozon* – welches sich mit dem PAS-System ebenfalls nachweisen lässt – bei 9,59 Mikrometer.

ETH Z

Das mit Laserstrahlen arbeitende Luftanalysegerät ist in einem Fahrzeuganhänger untergebracht.

Die «Laserkanone» der ETH Zürich ist insofern kein richtiges Geschütz, als sie keine Strahlung in die Umwelt entlässt. Vielmehr wird die zu untersuchende Luft fortwährend angesogen und dann im Innern des fahrbaren Laboratoriums unter Beschuss genommen. Wer die Anlage mit der Aufschrift «Laser-Photoakustisches System für Luftschadstoffmessungen/ ETH Zürich/Schweiz. Nationalfonds» im Freien stationiert sieht, braucht also keine Angst vor «Weltraumstrahlen» zu haben.

Die Untersuchung selber vollzieht sich routinemässig und wenig spektakulär: Gesammelte Luft wird mit Laserlicht einer bestimmten Wellenlänge bombardiert; die angesprochenen Moleküle gehen in einen energiereicheren Zustand über. Dadurch entsteht eine Temperaturerhöhung, welche eine Schallwelle produziert. Diese lässt sich durch Mikrophone nachweisen. So erklärt sich die Bezeichnung «Photoakustische Spektroskopie» (PAS) – mit Licht (=Photonen) werden Schallwellen (=Akustik) erzeugt.

Die in Zürich entwickelte Photoakustische Spektroskopie arbeitet im Grund nach den gleichen physikalischen Prinzipien, wie sie der amerikanische Telefon-Pionier

Alexander Graham Bell vor mehr als 100 Jahren für die Kommunikationstechnik nutzbar gemacht hat. Neu ist die Verwendung von Laserlicht sowie der Einsatz einer mobilen Anlage für den Umweltschutz.

Praktiker dürften nicht zuletzt die raschen Resultate schätzen. Schon nach zehn Minuten kann die Konzentration gewisser Kohlenwasserstoffe in der Luft bestimmt werden. Mit herkömmlichen Methoden der Gas-Chromatographie hingegen dauert die Analyse meistens länger und ist nicht mit einem einzigen Gerät durchführbar. Punkto Empfindlichkeit erweist sich das PAS-System ebenfalls als ideal: Man könnte mit ihm, um einen Vergleich zu wagen, ein halbes Dutzend Appenzeller unter einer Milliarde Chinesen herausfinden.

Interessante Ergebnisse erbrachten Versuche mit dem PAS-System in Biel und Basel. In der verkehrsgeplagten Seeländer Metropole wurde im Tagesablauf die Konzentration des Kohlenwasserstoffes Aethylen gemessen, der mit Autoabgasen in die Atemluft gelangt. Die Kurve verläuft parallel der Verkehrsdichte: Wo viele Motoren arbeiten, entweicht viel Aethylen. Anders freilich zeigt sich die Situation beim Treibhausgas *Kohlendioxid* (CO_2). Hier gibt es kaum zeitliche Schwankungen – weil offenbar schon derart viel Kohlendioxid in unserer Lufthülle vorhanden ist, vermag der lokale CO_2-Zuwachs durch den Bieler Strassenverkehr das Gesamtbild nicht zu beeinflussen.

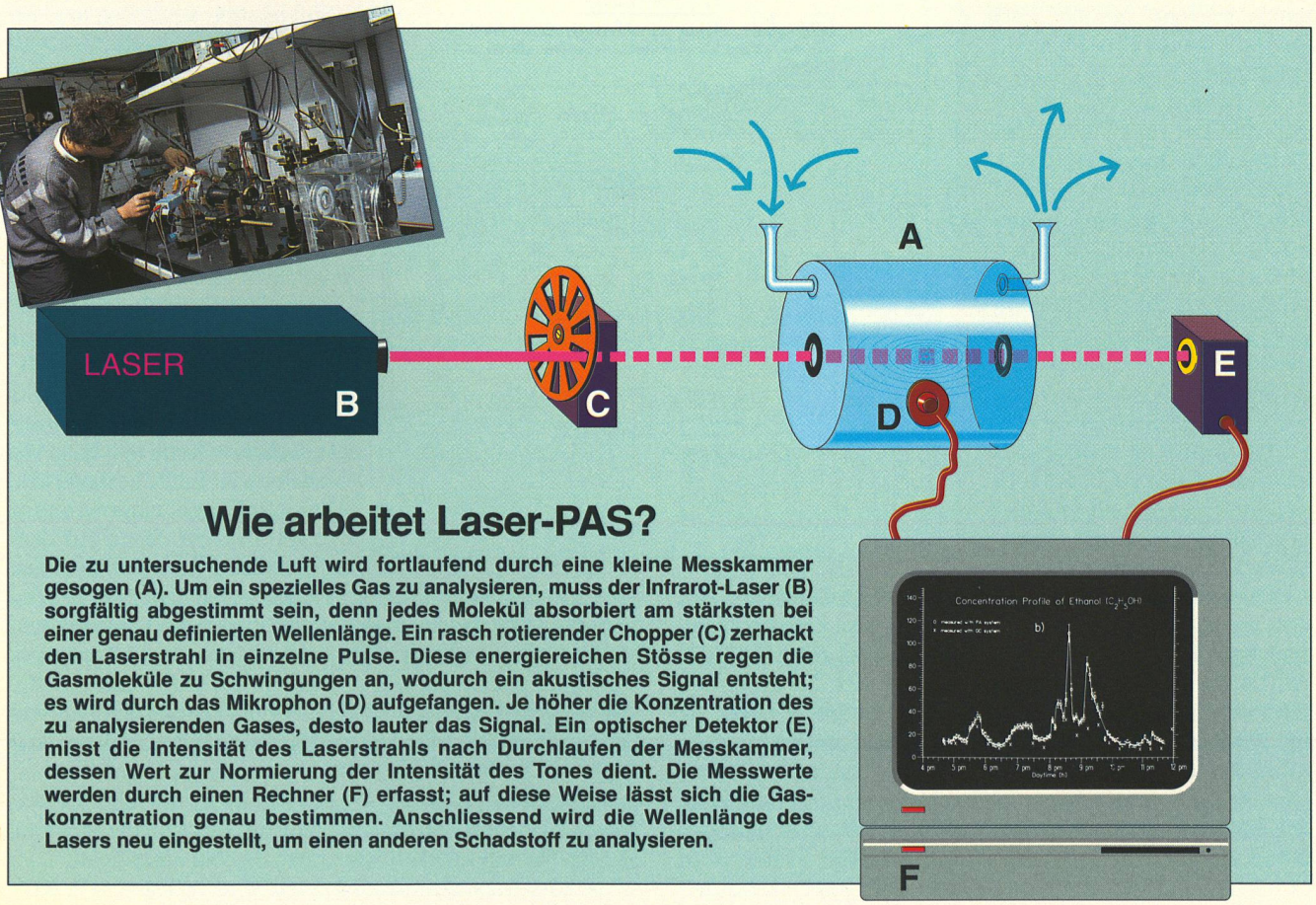
In Basel galt es die industrielle Luftverschmutzung nachzuweisen. Auch da bewährte sich das PAS-System, indem es in der Abluft eines Fabrikkamins unter anderem Spuren von *Chlorbenzol*, *Aethanol* und *Methanol* entdeckte. Schliesslich ein Einsatz auf dem Land: Im Rahmen der nationalen Pollumet-Umweltschutzmesskampagne arbeiteten die ETH-Physiker auf einem Bauernhof und analysierten dort *Ammoniak* – ein Gas, das bei landwirtschaftlichen Tätigkeiten in erhöhten Konzentrationen auftritt..

Schade bloss, dass man mit der Lasertechnik die Luftschadstoffe nur nachweisen, nicht aber auch zerstören kann. Wer weiss, vielleicht findet sich da gelegentlich ein Weg – statt «Krieg der Sterne» mit Killerstrahlen der friedliche Einsatz energiereichen Lichts zum Schutz von Mensch und Umwelt.

Lasertechnik im Obstlager

Inzwischen sind die Forscher an der Arbeit, um die Messgenauigkeit zu verbessern. An der ETH werden gegenwärtig neue photoakustische Zellen getestet. Das Interesse am Zürcher PAS-System ist namentlich in Dänemark, in Italien, in Russland und in den Niederlanden gross.

Eine originelle Anwendungsweise haben sich die Niederländer einfallen lassen: Sie brauchen Laserlicht, um die Konzentration von *Aethylen* in Lagerhäusern zu kontrollieren. Dort wird dieser – auch natürlich von Früchten produzierte – Kohlenwasserstoff der Luft beigemischt, um damit die Reifung von Obst, von Gemüse und von Blumen zu beschleunigen.



Wie arbeitet Laser-PAS?

Die zu untersuchende Luft wird fortlaufend durch eine kleine Messkammer gesogen (A). Um ein spezielles Gas zu analysieren, muss der Infrarot-Laser (B) sorgfältig abgestimmt sein, denn jedes Molekül absorbiert am stärksten bei einer genau definierten Wellenlänge. Ein rasch rotierender Chopper (C) zerhackt den Laserstrahl in einzelne Pulse. Diese energiereichen Stösse regen die Gasmoleküle zu Schwingungen an, wodurch ein akustisches Signal entsteht; es wird durch das Mikrophon (D) aufgefangen. Je höher die Konzentration des zu analysierenden Gases, desto lauter das Signal. Ein optischer Detektor (E) misst die Intensität des Laserstrahls nach Durchlaufen der Messkammer, dessen Wert zur Normierung der Intensität des Tones dient. Die Messwerte werden durch einen Rechner (F) erfasst; auf diese Weise lässt sich die Gaskonzentration genau bestimmen. Anschliessend wird die Wellenlänge des Lasers neu eingestellt, um einen anderen Schadstoff zu analysieren.