

# PRESSEINFORMATION

PRESSEINFORMATION

19. März 2026 || Seite 1 | 4

**Hugo-Geiger-Preis (2. Platz)**

## Kostengünstige photoakustische Sensoren für die flächendeckende Spurengasdetektion

**Photoakustische Sensoren weisen geringe Gaskonzentrationen sehr empfindlich nach. Dank neuartiger Lichtquellen und Mikrofon-Chips können die Sensoren als kostengünstige, kompakte und energieeffiziente Systeme aufgebaut werden. Damit ermöglichen sie ein flächendeckendes Monitoring von Spurengasen. Dr. Christian Weber vom Fraunhofer IPM entwickelte im Rahmen seiner Promotion zwei Sensorarchitekturen für die Spurengase Kohlendioxid und Stickstoffdioxid – und wurde dafür mit dem Hugo-Geiger-Preis ausgezeichnet.**

Die Dosis macht das Gift: Das gilt auch für Luftschadstoffe. Luft enthält neben den Hauptbestandteilen Sauerstoff und Stickstoff viele weitere Gase in z.T. sehr geringen Konzentrationen. Erhöhte Anteile dieser Spurengase beeinträchtigen unser Wohlbefinden und können unsere Gesundheit schädigen. Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) beispielsweise führt bereits ab einem Anteil von 0,5 Volumenprozent zu Konzentrationsschwäche und Unwohlsein. Für das toxische Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), das u.a. bei Verbrennungsprozessen entsteht, setzt die Weltgesundheitsorganisation den Grenzwert bei nur 5 ppb, dies entspricht 5 Molekülen unter einer Milliarde Luftmoleküle. Ein flächendeckendes Monitoring kritischer Spurengase – z. B. in Innenräumen, Tunneln, Tiefgaragen oder verkehrsbelasteten Stadt- oder Industriegebieten – scheidet bislang an zu teurer, zu aufwändiger oder nicht ausreichend sensibler Messtechnik.

### Klassisches Messprinzip – moderne Komponenten

Aufbauend auf dem Prinzip der photoakustischen Spektroskopie (PAS) hat Dr. Christian Weber vom Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM miniaturisierte photoakustische Sensoren entwickelt, die die Gase CO<sub>2</sub> und NO<sub>2</sub> bereits in sehr geringen Konzentrationen detektieren – zu einem Bruchteil der Kosten bisher verfügbarer Systeme. „In meiner Promotion habe ich das seit 150 Jahren bekannte Messprinzip der Photoakustik gewissermaßen wiederbelebt“, sagt Weber. „Heute stehen Hochleistungs-LED oder Halbleiterlaser als Lichtquellen und günstige mikromechanische Mikrofon-Chips als Detektoren zur Verfügung. Damit kann man kleine, kostengünstige Sensoren bauen, die wenig Energie benötigen.“

---

#### Redaktion

**Holger Kock** | Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM | Georges-Köhler-Allee 301 | 79110 Freiburg | [www.ipm.fraunhofer.de](http://www.ipm.fraunhofer.de)  
Telefon +49 761 8857-129 | [holger.kock@ipm.fraunhofer.de](mailto:holger.kock@ipm.fraunhofer.de)

### **Aus Licht mach' Ton: der photoakustische Effekt**

Bei der photoakustischen Gasdetektion wird das Gas mit Licht einer passenden Wellenlänge durchstrahlt und absorbiert dabei einen Teil des Lichts. Die aufgenommene Lichtenergie ist proportional zur Anzahl der absorbierenden Moleküle im Gasgemisch und wird über mehrere Prozesse in Wärmeenergie umgewandelt. In der Folge dehnt sich das Gas aus, der Luftdruck steigt und eine Schallwelle entsteht. Diese Schallwelle wird mithilfe eines Mikrofons gemessen. Setzt man gepulstes Licht ein, entsteht ein periodisches Signal, was einem akustischen Ton gleichkommt. Je höher die Gaskonzentration, desto lauter ist das akustische Signal. So sind präzise Aussagen über die Gaskonzentration möglich.

---

### **PRESSEINFORMATION**

19. März 2026 || Seite 2 | 4

---

### **CO<sub>2</sub>-Detektor: deutlich höhere Empfindlichkeit dank indirekter Photoakustik**

Im Rahmen seiner Promotion hat der Wissenschaftler zwei unterschiedliche Sensorarchitekturen für die Zielgase CO<sub>2</sub> und NO<sub>2</sub> aufgebaut. Für die CO<sub>2</sub>-Detektion setzt er auf ein indirektes photoakustisches Verfahren. Eine LED sendet infrarotes Licht durch einen kurzen Messpfad in einen hermetisch verschlossenen photoakustischen Detektor, der mit Kohlenstoffdioxid gefüllt ist. Der Trick: Das CO<sub>2</sub> im Messvolumen zwischen Lichtquelle und Detektorzelle absorbiert bei steigender CO<sub>2</sub>-Konzentration genau die Lichtwellen, die im Detektor eigentlich zur Anregung führen würden. Das Signal wird also schwächer. Der Detektor erfasst somit genau jene schmalen Absorptionslinien, auf die CO<sub>2</sub> reagiert. „Durch dieses Design sind wir vier- bis sechsmal empfindlicher als klassische filterphotometrische Lösungen und können den Lichtweg auf acht Millimeter verkürzen“, so Weber. Das Sensormodul ist mit Abmessungen von 8 mm × 7 mm × 17 mm kleiner als die meisten optischen Gassensoren am Markt. Bei einem Messintervall von einer Minute und einer Durchschnittsleistung von nur 24 µW kann der Sensor per Batterie über mehrere Jahre hinweg drift- und kalibrationsfrei betrieben werden.

### **Resonante Photoakustik: NO<sub>2</sub>-Nachweisgrenze von 3 ppb**

Der Sensor für den Stickstoffdioxid-Nachweis basiert auf direkter Photoakustik. Das Gas absorbiert im violetten bis blauen Lichtspektrum. Mit starken LED-Lichtquellen lässt sich ein messbares Signal erzeugen, das jedoch bei geringen Konzentrationen sehr schwach ist. Um einen hörbaren Ton zu erzeugen, nutzt Weber einen akustischen Resonator zur Signalverstärkung. Die Tonhöhe, auf der die Resonanz anschwingt, wird beeinflusst von Umgebungsparametern wie z. B. Druck und Temperatur. Um Messfehler zu vermeiden, muss der Takt der Anregung exakt mit der Resonanzfrequenz der Messzelle übereinstimmen. Für dieses Problem hat er eine elegante Lösung gefunden: Statt den Schall über einen Lautsprecher zu erzeugen, wird eine zweite LED eingesetzt, deren Licht direkt auf die Wand der resonanten Zelle fokussiert. Durch die Absorption der Strahlung an der Wand geht ein Teil der Wärme ebenfalls in das Gas über und eine Schallwelle entsteht, die die Zellresonanz entsprechend anregt. Diese Methode erweist sich nicht nur als komplett linear und frei von eigenen Resonanzen, sondern lässt sich auch einfach und günstig in die Sensorik integrieren. Das Verfahren ist bereits patentiert und lizenziert. In Testmessungen

**FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PHYSIKALISCHE MESSTECHNIK IPM**

erreichte der Sensor eine Nachweisgrenze von 3 ppb – eine Sensitivität, die bisher nur mit komplexen und teureren Laser- oder Chemilumineszenz-Messsystemen erreicht werden konnte.

Die Prinzipien der photoakustischen Spurengasdetektion lassen sich für die Detektion anderer Gase anpassen. So wurde auf Basis der Erkenntnisse bereits ein System zur Detektion von Methan-Lecks aufgebaut, das im produktiven Einsatz ist.

**PRESSEINFORMATION**

19. März 2026 || Seite 3 | 4

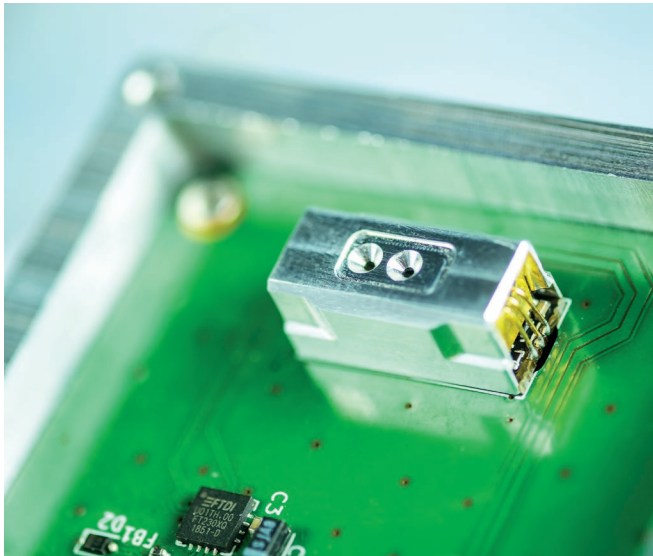
## Weitere Informationen

### **Der Hugo-Geiger-Preis – Preis des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie**

Am 26. März 1949 fand unter der Schirmherrschaft des Staatssekretärs Hugo Geiger im Bayerischen Wirtschaftsministerium die Gründungsversammlung der Fraunhofer-Gesellschaft statt. Aus Anlass ihres 50-jährigen Bestehens rief das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie den »Hugo-Geiger-Preis für wissenschaftlichen Nachwuchs« ins Leben. Der Preis wird jährlich an drei junge Forschende vergeben und würdigt hervorragende, anwendungsorientierte Promotionsarbeiten, die in enger Kooperation mit einem Fraunhofer-Institut angefertigt wurden. Die Einzelpreise sind mit 5000, 3000 und 2000 Euro dotiert. Die Einreichungen bewertet eine Jury mit Vertretern aus Forschung und Entwicklung sowie der Wirtschaft. Kriterien der Beurteilung sind wissenschaftliche Qualität, wirtschaftliche Relevanz, Neuartigkeit und Interdisziplinarität der Ansätze.



**Hugo-Geiger-Preisträger Dr. Christian Weber vom Fraunhofer IPM entwickelte einen photoakustischen Sensor für die NO<sub>2</sub>-Detektion. Der kompakte Sensor erreicht mit einer Nachweisgrenze von 3 ppb eine ähnlich hohe Sensitivität wie komplexe, um ein Vielfaches teurere Messsysteme.**  
© Fraunhofer IPM



---

**PRESSEINFORMATION**19. März 2026 || Seite 4 | 4

---

**Energiesparend und nicht größer als ein Kaubonbon: Der photoakustische Sensor überwacht die Kohlenstoffdioxid-Konzentration in der Raumluft und kann über mehrere Jahre per Batterie wartungsfrei betrieben werden.**

© Fraunhofer IPM

---

Die **Fraunhofer-Gesellschaft** mit Sitz in Deutschland ist eine der führenden Organisationen für anwendungsorientierte Forschung. Im Innovationsprozess spielt sie eine zentrale Rolle – mit Forschungsschwerpunkten in zukunftsrelevanten Schlüsseltechnologien und dem Transfer von Forschungsergebnissen in die Industrie zur Stärkung unseres Wirtschaftsstandorts und zum Wohle unserer Gesellschaft. Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 75 Institute und Forschungseinrichtungen. Die gegenwärtig knapp 32 000 Mitarbeitenden, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Finanzvolumen von 3,6 Mrd. €. Davon fallen 3,1 Mrd. € auf den Bereich Vertragsforschung.

**Weitere Ansprechpartner**

**Dr. Christian Weber** | Projektleiter Integrierte Sensorsysteme | Telefon +49 761 8857-744 | christian.weber@ipm.fraunhofer.de  
Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM | [www.ipm.fraunhofer.de](http://www.ipm.fraunhofer.de)