

1 *Miniaturisiertes photoakustisches 2-Kammer-Sensorsystem zur CO<sub>2</sub>-Messung (Dimensionen: 25 mm × 25 mm × 25 mm).*

## MINIATURISIERTE PHOTOAKUSTISCHE GASMESSSYSTEME

Fraunhofer IPM hat ein neuartiges, kompaktes Photoakustiksystem zur Detektion von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) entwickelt. Das System kombiniert eine miniaturisierte Mess- und Detektionskammer mit einem modulierbaren thermischen Strahler und einem speziell gekapselten Mikrofon. Der handliche optische Aufbau sowie entsprechende Komponenten, beispielsweise ein MEMS-Mikrofon (MEMS: Micro-Electro-Mechanical-Systems) aus der Mobilfunktechnik, machen das Sensorsystem flexibel im Einsatz. Durch die Verwendung dieser Bauteile als aktive Komponenten sind die Systemkosten sehr gering. Die Miniaturisierung und Integration der Systemkomponenten erlaubt eine selektive Gasmessung bei optimiertem Messsignal und reduziertem Leistungsverbrauch.

### Messverfahren

Der photoakustische Effekt wurde erstmalig 1880 von Alexander Graham Bell beschrieben. Die Absorption elektromagnetischer

Strahlung durch Moleküle wird bei photoakustischen Messungen nicht mit einem Strahlungsdetektor bestimmt, sondern mithilfe eines Druckumformers direkt über die aus der Absorption resultierende Druckerhöhung detektiert.

Die Entstehung des photoakustischen Signals lässt sich anhand verschiedener Phasen veranschaulichen: Zunächst wird die elektromagnetische Strahlung bei ganz bestimmten Wellenlängen von den Molekülen absorbiert. Die resultierende Energieerhöhung zeigt sich an einer schnelleren Bewegung der Moleküle, was zur Druckerhöhung im System führt. In einer geschlossenen Küvette wird die Druckerhöhung bei nichtresonantem Betrieb von einem Mikrofon detektiert. Die absorbierte Lichtenergie wurde in Schall umgewandelt.

Eine breitbandig emittierende Lichtquelle erzeugt ein maximales photoakustisches Signal in einem minimalen Messvolumen. Die emittierte elektromagnetische Strah-

### Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

Georges-Köhler-Allee 301  
79110 Freiburg

#### Ansprechpartnerin

Dr. Marie-Luise Bauersfeld  
Gruppenleiterin  
Integrierte Sensorsysteme  
Telefon +49 761 8857-290  
marie-luise.bauersfeld@ipm.fraunhofer.de

[www.ipm.fraunhofer.de](http://www.ipm.fraunhofer.de)



lung wird moduliert und über eine definierte Messstrecke in die mit dem Zielgas gefüllte photoakustische Zelle eingekoppelt. Das Mikrofon in der photoakustischen Zelle detektiert die Druckschwankung, die durch den modulierten Strahlungseintrag entsteht. Befinden sich in der Messstrecke Moleküle des Zielgases, wird ein Teil der elektromagnetischen Strahlung bereits auf der

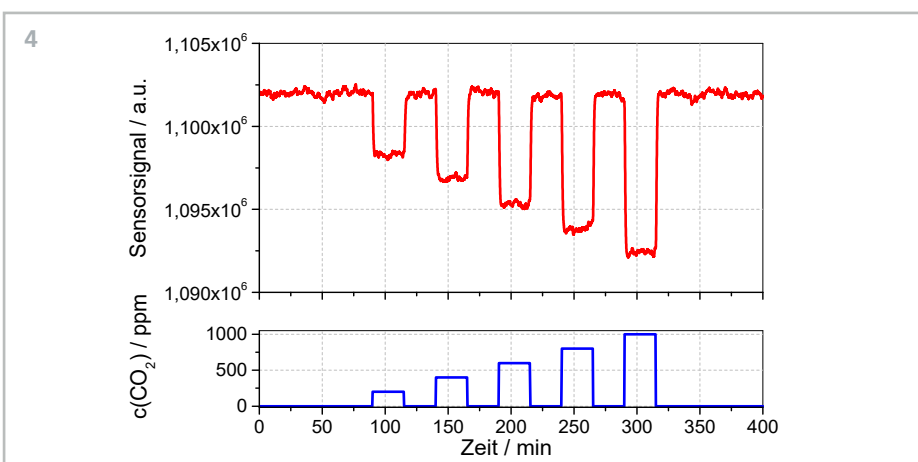
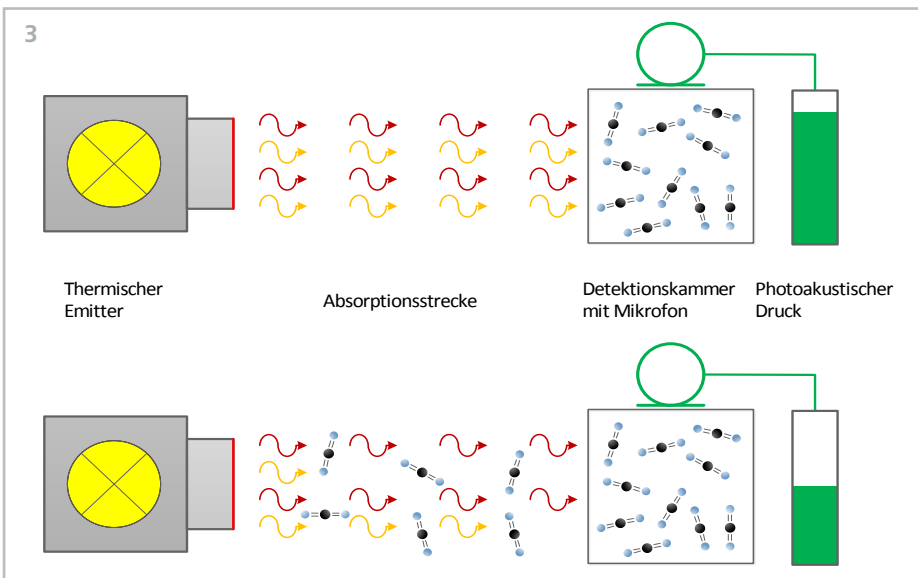
Messstrecke absorbiert. Dadurch verringert sich das Signal in der photoakustischen Zelle. Befindet sich kein Zielgas in der Messkammer, so ist das dort gemessene Drucksignal maximal.

Ein großer Vorteil gegenüber klassischen Filterphotometern ist der Verzicht auf optische Filter, die bei einer Änderung der

Umgebungstemperatur ein Driftverhalten zeigen können. Eine deutliche Reduktion der Messstrecke ist möglich, da der Filter keine Wellenlängen-Einschränkung mit sich bringt. Nicht zuletzt können als Detektoren kostengünstige Mikrofone verwendet werden.

### Gasabhängige Charakterisierung

Das Messsystem wird eingesetzt, um  $\text{CO}_2$  in der Umgebungsluft zu messen. Durch Beimischen von schweren, nicht IR-aktiven Edelgasen in der Detektorzelle konnte die Empfindlichkeit des Systems deutlich gesteigert werden. An einer weiteren Miniaturisierung wird derzeit gearbeitet.



2 *Miniaturisierter photoakustischer 2-Kammer-Sensor zur  $\text{CO}_2$ -Messung mit integrierter Störgrößenkompensation (Dimensionen: 20 mm × 30 mm × 15 mm).*

3 *Funktionsprinzip des photoakustischen Messsystems. Durch die mit Zielgas gefüllte Detektionskammer ist das System frei von Querempfindlichkeiten.*

4 *Das System eignet sich für Raumluftqualitätsmessungen. Dies zeigen Testmessungen mit Kohlendioxid in Stickstoff bei Raumtemperatur. Die Auflösung des Systems ist 50 ppm  $\text{CO}_2$  über den gesamten Messbereich bis 5000 ppm  $\text{CO}_2$ .*