

Rubrik: Im Profil

In regelmäßiger Folge stellen wir Ihnen an dieser Stelle die wichtigsten Institutionen und Organisationen im Bereich der industriellen Gasanwendungstechnik vor. In dieser Ausgabe zeigt sich der Forschungsbereich Gasmesstechnik im Institut für Mikrosensorik IfM der Fachhochschule Dortmund im Profil. Im nächsten Heft stellen wir Ihnen das Gaswärme Institut, Essen, detailliert vor.

Forschungsbereich Gasmesstechnik im Institut für Mikrosensorik (IfM) der Fachhochschule Dortmund

Im Jahre 1995 wurde an der Fachhochschule Dortmund eine neue Professur für das Fachgebiet der Umweltmesstechnik eingerichtet, die von Herrn Prof. Dr. Gerhard Wiegleb besetzt wurde. Prof. Wiegleb trat diese Stelle nach 15-jähriger Industrietätigkeit an und war zuletzt als Entwicklungsleiter für den Bereich Analysentechnik der Hartmann und Braun AG tätig.

Der Entwicklungsschwerpunkt lag von Beginn an in der Miniaturisierung von Gasensoren für unterschiedliche Anwendungsbereiche. Neben der Anwendung in der Energietechnik (Biogas, Erdgas, Energieeinsparung) ist die Abgasanalyse von Kraftfahrzeugen ein wichtiger Schwerpunkt. Insbesondere optische Messverfahren, wie die Infrarotgassensorik und die UV-Resonanzabsorption, standen dabei im Vordergrund. Die erforderlichen Miniaturisierungsschritte wurden durch den Einsatz von mikrotechnischen Komponenten erreicht. Folgerichtig wurde dann im Jahre 2002, zusammen mit weiteren Kollegen, das Institut für Mikrosensorik (IfM) gegründet.

Das Institut ist Teil des Fachbereiches für Informations- und Elektrotechnik und bietet hauptsächlich Lehrveranstaltungen im Bereich der Mikrosystemtechnik an.

Bild 1 zeigt die Aufgliederung der wissenschaftlichen Teilbereiche am IfM.

Im Rahmen von Forschungsprojekten, die zumeist mit Industriepartnern durchgeführt wurden, konnten wichtige Meilensteine in der Gassensorik erreicht werden. Viele dieser Aktivitäten mündeten dabei in serienreifen Produkten und zwei Firmengründungen, als Spin-off der Fachhochschule Dortmund.

Die nachfolgenden Projektdarstellungen sollen einen kurzen Überblick über diese Aktivitäten geben.

IR-Gassensorik

Die Gasanalytik auf der Basis der Infrarotabsorption wurde in der 40er Jahren von dem deutschen Physiker K.F. Luft entwickelt [1] und wird heute für viele unterschiedliche Anwendungen eingesetzt.

Die Infrarottechnik nutzt die Eigenschaft von Gasen aus, infrarotes Licht einer spezifischen Wellenlänge (λ) zu absorbieren. Jedes Gas hat im IR-Bereich eine eigene Absorptionscharakteristik, so dass man auch von einem Fingerabdruck sprechen kann, der das jeweilige Gas eindeutig charakterisiert. Erdgas besteht zu über 90 % aus Methan. Die spezifische Absorptionswellen-

länge von Methan liegt bei $\lambda = 3,4 \mu\text{m}$. Flüssiggase, wie Propan und Butan, lassen sich bei $\lambda = 3,5 \mu\text{m}$ erfassen, während Acetylen (Schweißgas) bei $\lambda = 3,0 \mu\text{m}$ gemessen wird. Der prinzipielle Aufbau eines solchen IR-Gassensors ist in **Bild 2** dargestellt.

Die IR-Strahlung wird durch eine spezielle, miniaturisierte Glühlampe erzeugt und durch ein vorgeschaltetes Interferenzfilter auf das zu messende Gas abgestimmt. Dadurch werden Querempfindlichkeiten zu anderen Gasen nahezu ausgeschlossen. Die Intensität der IR-Strahlung wird von einem Detektor erfasst und die Messsignale in einer integrierten Auswertelektronik verarbeitet. Sobald Gasmoleküle in die Messkammer gelangen, wird ein Teil der IR-Strahlung absorbiert und die Intensität am Detektor geschwächt. Die erfasste Intensitätsänderung ist nach einer physikalischen Gesetzmäßigkeit proportional zu der Gaskonzentration und kann dementsprechend ausgewertet werden. Bei Unterschreitung eines vorgegebenen Grenzwertes erfolgt dann z. B. eine Alarmgenerierung (**Bild 3**).

UV-Gassensorik

Der physikalische Aufbau eines UV-Gassensors ist vergleichbar mit einem IR-Gassen-

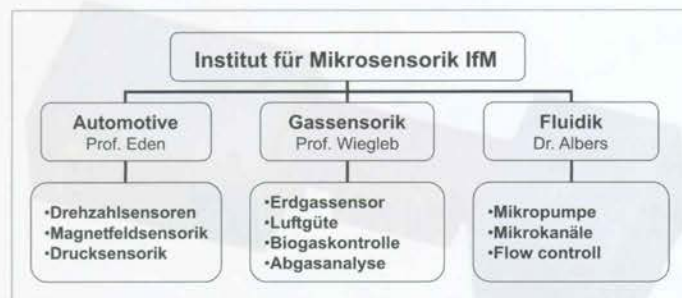


Bild 1: Institutsstruktur

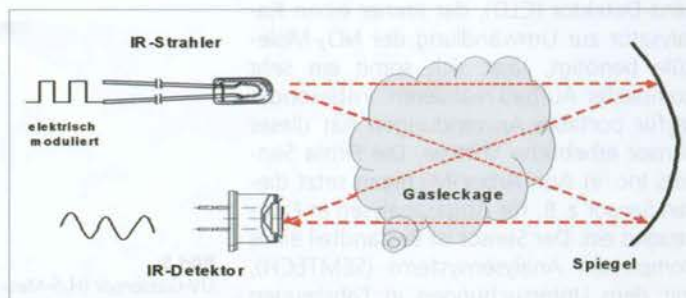


Bild 2: Infrarotverfahren mit einer modulierbaren Strahlungsquelle und Spiegeloptik [7,14]



Bild 3: Größenvergleich eines IR-Gasanalyseräts in klassischer Bauweise im Vergleich mit einem miniaturisierten IR-Gassensor

langzeitstabile und wartungsfreie Sensoren benötigt, die auch hinsichtlich der Genauigkeitsanforderungen die Erwartungen der Betreiber erfüllen müssen.

In einem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projekt wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Mikrosensorik (IfM) und der Sensors Europe GmbH Ratingen ein sensorbasiertes Analysensystem entwickelt, das diese Anforderungen hinsichtlich der Genauigkeitsklasse und der Kosten voll erfüllt.

Sensoraufbau

Die Komponenten Kohlendioxid (CO₂) und Methan (CH₄) lassen sich am besten mit Hilfe der Infrarotabsorption erfassen [8]. Geräte auf der Basis von Wärmeleitfähigkeitsdetektoren (WLD) sind für diese Aufgabe weniger gut geeignet, da sich mit einem WLD nur die Konzentrationsverhältnisse zweier Gase bestimmen lassen. Biogas kann aber sowohl Wasserdampf als auch Sauerstoff und Stickstoff in stark wechselnden Konzentrationen enthalten, die die WLD-Messung wesentlich beeinflussen. Infrarotgassensoren nutzen hingegen die selektive Absorption im Spektralbereich um $\lambda = 3,4 \mu\text{m}$ für Methan und $\lambda = 4,3 \mu\text{m}$ für Kohlendioxid. Wasserdampf und Schwefelwasserstoff haben in diesem Spektralbereich keine Absorptionsbanden, so dass auch keine Querempfindlichkeiten zu diesen Gasen auftreten.

Die Schwefelwasserstoffmessung (H₂S) wird im ultravioletten Spektralbereich bei $\lambda = 225 \text{ nm}$ durchgeführt, da die Absorptionsbande im IR-Bereich sehr schwach ist (geringe Absorption) und zudem auch noch durch Wasserdampf gestört wird. Die Messung im UV-Bereich ist vollkommen querempfindlichkeitsfrei zu Wasserdampf und anderen im Biogas vorkommenden Gasen. Der Gesamtaufbau ist in **Bild 5** zu erkennen. Auf der rechten Seite befindet sich eine UV-Strahlungsquelle in Form einer Gasentladungslampe. Die Erzeugung von selektiver Strahlung ist im UV-Bereich wesentlich aufwendiger als im IR-Bereich. Da die typischen H₂S Konzentrationen im Biogas zwischen 10 ppm und 10 000 ppm lie-

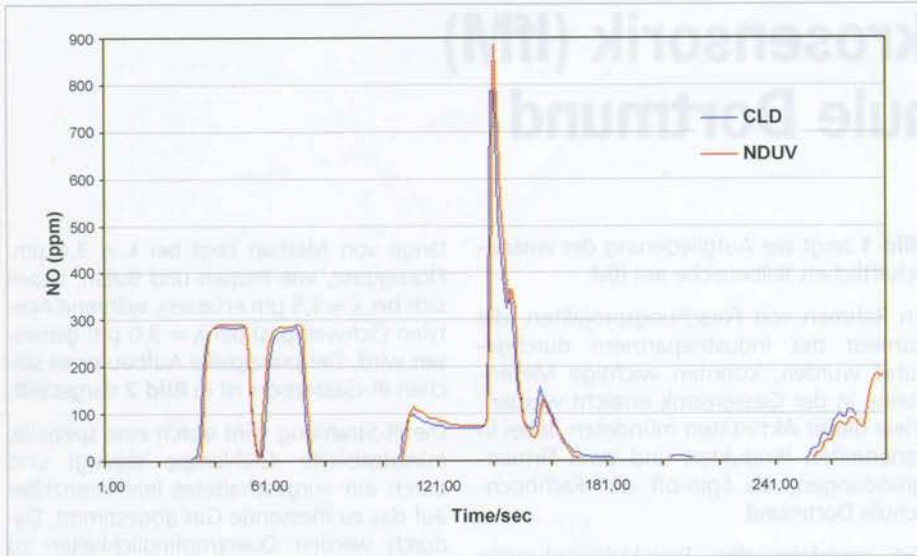


Bild 4: Vergleichsmessung [12] zwischen dem UV-Gassensor (NDUV) und einem Chemilumineszenz-Detektor (CLD) mit einem realen Kfz-Abgas (Rollenprüfstand)

sor. Aufgrund der eingesetzten Strahlungsquelle (zumeist Gasentladungslampen) sind der Miniaturisierung allerdings deutliche Grenzen gesetzt.

Die Gassensorik im UV-Bereich hat aber den Vorteil, dass keine störenden Wasserdampfbanden vorhanden sind und somit die Querempfindlichkeit zu Wasserdampf (Feuchtigkeit) extrem gering ist. Insbesondere der Nachweis von Stickoxiden (NO und NO₂) lässt sich im UV-Bereich sehr gut realisieren. Im Institut für Mikrosensorik wurde ein Gassensor auf der Basis der UV-Resonanzabsorption aufgebaut, der simultan NO und NO₂ erfassen kann [10, 12, 13]. Im Vergleich zu einem Chemilumineszenz-Detektor (CLD), der immer einen Katalysator zur Umwandlung der NO₂-Moleküle benötigt, lässt sich somit ein sehr kompakter Aufbau realisieren. Insbesondere für portable Anwendungen hat dieser Sensor erhebliche Vorteile. Die Firma Sensors Inc. in Ann Arbor Michigan setzt diesen Sensor z. B. für Abgasanalysen in Fahrzeugen ein. Der Sensor ist Bestandteil eines kompletten Analysensystems (SEMTECH), mit dem Untersuchungen in Fahrzeugen unter realen Bedingungen (Autobahn, Gebirge, Winter, Sommer usw.) durchgeführt

werden können. Weiterhin wurde dieser UV-Gassensor an der Technischen Universität München für Abgasmessungen an Verbrennungsvorgängen unter Schwerelosigkeit (Parabellflüge) eingesetzt (**Bild 4**).

Biogasanalytik

Der Einsatz von Biogasanlagen zur Erzeugung von Elektrischer Energie und Wärme gewinnt zunehmend an Bedeutung. Steigende Erdgaspreise begünstigen diese Entwicklung im zunehmenden Maße. Zur Überwachung der Biogasreaktoren werden

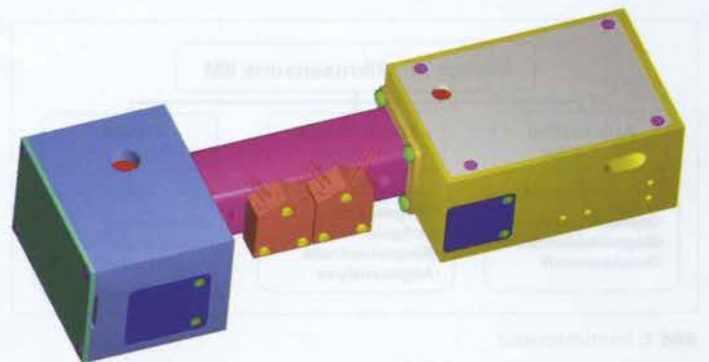


Bild 5: UV-Gassensor (H₂S-Messung) mit integrierten IR-Gassensoren zum Nachweis von CO₂ und CH₄



Bild 6: Sensorsystem zur Bestimmung des Brennwertes von Erdgas mit 2 IR-Gassensoren (HC und CO₂) sowie eines Wärmeleitfähigkeitssensors (WLD) [4]

gen können, wird eine längere Messstrecke benötigt, um eine ausreichende Strahlungsabsorption zu erhalten. Die Messstrecke ist in diesem Fall 10 cm. Zur Vereinfachung der Gasführung wird lediglich diese Messküvette vom Biogas durchflossen. Die beiden IR-Gassensoren für CO₂ und CH₄ befinden sich direkt an der Messküvette und sind durch eine Bohrung in der Küvette somit auch dem Biogas ausgesetzt.

Brennwertbestimmung von Erdgas

Vor dem Hintergrund der Liberalisierung des Erdgasmarktes in der europäischen Union ist davon auszugehen, dass die Gasbeschaffenheit häufigere und größere Schwankungen aufweisen wird. Daraus wird ein steigender Bedarf für Systeme zur Messung des Brennwertes und anderer Gasbeschaffenheitskenngrößen (Wobbeindex, Normdichte, Methanzahl etc.) abgeleitet. Die genaue Kenntnis der Gasbeschaffenheit ist für verschiedene Anwendungen von großer technischer und wirtschaftlicher Bedeutung.

Im Rahmen eines Projektes, an denen die E.ON Ruhrgas AG, Sensors Europe GmbH und Flowcomp GmbH beteiligt waren, wurde ein neuartiges Korrelationsverfahren zur exakten Brennwertbestimmung von Erdgas entwickelt [3, 4, 6]. Grundlage des Verfahrens bilden ein Wärmeleitfähigkeitssensor (WLD) sowie zwei Infrarotsensoren. Die beiden baugleichen IR-Sensoren unterscheiden sich nur durch den Spektralbereich. Während der eine Sensor den CO₂-Anteil ($x\text{CO}_2$) erfasst, wird mit dem anderen Sensor die Absorption A(CH) der Kohlenwasserstoffe (Ethan, Propan, Butan) gemessen. Die Wärmeleitfähigkeit zeigt dagegen eine große Empfindlichkeit gegenüber Methan und Stickstoff.

Die drei Messgrößen

- Wärmeleitfähigkeit λWLD
- Stoffmengenanteil Kohlendioxid $x\text{CO}_2$
- CH-Absorption A(CH)

liefern somit drei für die Gaszusammensetzung charakteristische Signale. Diese Information wird in ein Gleichungssystem ein-

gebracht, das sich so lösen lässt, dass die relevanten Gasbeschaffenheitskennwerte, wie z. B. der Brennwert, direkt als Funktion der Eingangsgrößen bestimmt werden können. Ausgenutzt wird dabei die Tatsache, dass sich Erdgas hinreichend genau als ein 3-Komponenten-Gemisch, bestehend aus Kohlenwasserstoffen, Stickstoff und Kohlendioxid, beschreiben lässt [3,4].

Wichtig bei einem solchen korrelativen Verfahren ist, dass die Messsignale nicht oder möglichst wenig miteinander korrelieren. Nur so lässt sich eine gute Korrelation zu den gesuchten Gasbeschaffenheitskenngrößen aufstellen. Bei dem vorliegenden Verfahren ist diese Anforderung sehr gut erfüllt, da die Messgrößen (λWLD , $x\text{CO}_2$, A(CH)) sehr unterschiedlich auf die verschiedenen Komponenten des Erdgases reagieren. Insbesondere ergibt sich bei dieser Kombination an Eingangsgrößen eine besonders günstige Empfindlichkeit der Berechnungsgrößen, z. B. des Brennwertes, bezüglich der Messsignale. Das bedeutet, dass sich Fehler der Messsignale, z. B. aufgrund einer Signaldrift, nur vergleichsweise schwach auf die Berechnungsgrößen auswirken (**Bild 6**).

Erdgasleckageüberwachung

Erdgas ist einer der wichtigsten Energieträger unserer Zeit und wird mittlerweile in über 18 Mio. deutschen Haushalten eingesetzt. Weiterhin kommt Erdgas (LPG) im Campingbereich und in Zukunft auch vermehrt als Kraftstoff in Fahrzeugen zum Einsatz, da es günstig ist und nahezu schadstofffrei verbrennt. Erdgas ist allerdings bei einer Konzentration von 4,4 % bis 15 % in Luft explosionsfähig. Trotz der hohen Sicherheitstechnik, wie z. B. Verbesserung der Installationstechnik oder Odorierung des Gases (Zumischung von Geruchsstoffen), kommt es immer wieder zu folgenschweren Unfällen mit Personen- und Sachschäden.

Um die Sicherheit dieser Anlagen zusätzlich zu erhöhen bietet sich der Einsatz von zuverlässigen Gassensoren an, die die Umgebungsluft hinsichtlich explosiver Gemische (Untere Explosions-Grenze = UEG) analysieren, um dann, im Gefahrenfall, die weitere Gaszufuhr ins Gebäude zu unterbrechen. Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurde im Institut für Mikrosensorik (IfM) ein Messsystem entwickelt, das nach dem Verfahren der Infrarotabsorption arbeitet und mit dem diese Gefahrensituationen sicher erkannt werden [9]. Die smart-GAS Mikrosensorik GmbH hat als Spin-off des IfM ein komplettes Gaswarngerät für den häuslichen Anwendungsbereich entwickelt (**Bild 7**) [15,16].

Das Gerät zeichnet sich durch eine umfangreiche Sensorik aus, die viele zusätzliche Funktionalitäten übernimmt:



Bild 7: Gaswarngerät smartALERT™ mit integrierter Sprachausgabe zur Früherkennung von Gasleckagen in Gebäuden [16]

- Erdgassensor mit Infrarot-Messtechnik
- Erfüllt die DIN EN 50194
- Manipulationserkennung
- Ereignisorientierte Sprachausgabe
- Ventilsteuerung
- Logbuchfunktion
- Lebensdauer > 10 Jahre
- Busfähig durch Modbus-Protokoll
- Ex-Zone 2

Quecksilbersensorik

Quecksilber wird immer noch in großen Mengen in Zahnfüllungen, Thermometern und Batterien eingesetzt. Die maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK-Wert) beträgt 0,1 mg/m³. Zum Nachweis dieser geringen Quecksilberkonzentrationen werden zumeist aufwendige Atomabsorptionsfotometer genutzt. Am IfM wurde ein Mikrosensor entwickelt, mit dem der Hg-Gehalt auf sehr einfache Art und Weise bestimmt werden kann [2,5]. Dazu wurde eine Mikrostruktur in Form einer Wheatstone'schen Messbrücke aufgebaut, die im Wesentlichen aus vier Messwiderständen besteht. Diese Dünnschicht-Widerstände bestehen aus Gold. Kommt diese Goldschicht mit quecksilberhaltiger Luft in Berührung, so entsteht Goldamalgam und der Widerstandswert erhöht sich. Zwei Widerstände sind mit einer Passivierungsschicht überzogen und können daher nicht mit dem Quecksilber reagieren. Diese beiden Widerstände dienen daher als Referenzwiderstände in der Messbrücke, um Temperatureinflüsse zu kompensieren. Unterhalb dieser Messbrücke wurde ebenfalls im Dünnschichtverfahren ein Heizelement aufgebracht, mit dem die gesamte Sensorstruktur auf 250 °C aufgeheizt werden kann, um das Quecksilber wieder aus der Goldschicht auszutreiben. Nach dieser Re-

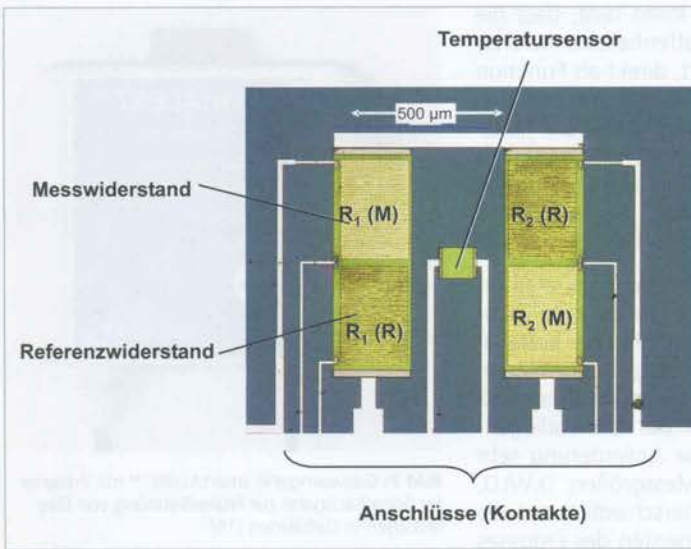


Bild 8: Sensorchip mit integrierter Messbrücke und Temperatursensor auf der Basis der Siliziummikromechanik

[7] Wiegleb, G.: Miniaturisierung physikalischer Gassensoren, Innovationsforum-Produktminiaturisierung 2.Juni 2003 Magdeburg

[8] Wiegleb, G.: Miniaturisierung physikalischer Gassensoren, 6. Dresdner Sensor-Symposium 9.12.2003

[9] Stein, C. Wiegleb, G.: Erdgassensor auf der Basis der IR-Absorption zur automatischen Unterbrechung der Gaszufuhr in Gebäuden, 6. Dresdner Sensor-Symposium 9.12.2003

[10] Nietsch, I. Wiegleb, G.: NO_x Gassensor auf der Basis der UV-Resonanzabsorption, 6. Dresdner Sensor-Symposium 9.12.2003

[11] Huelsekopf, V. Stein, C. Wiegleb, G.: CO₂ Concentration, Sensor System for Monitoring the Interior, ATZ worldwide 7-8/204 Volume 106, Page 688-693

[12] Wiegleb, G.: UV-Gassensor zum Nachweis von Stickoxiden TRAF0 Forschungsreport 2004 der AiF (Otto von Guericke)

[13] Nietsch, I. Wiegleb, G. A Novel NO_x Gas Sensor based on Resonance Absorption technique in the UV-Range. Sensor conference proceedings 12.May 2005

[14] Stein, C. Wiegleb, G. Knaup, G. Schmidt, W. Plotz, F: smartGAS a New Low Cost Infrared Gas Sensor for Domestic and Automotive Applications. Sensor conference proceedings 12. May 2005

[15] Stein, C. Wiegleb, G.: Gasmonitor zur Überwachung von Gasleckagen in Wohngebäuden. energie + wasserpraxis 11/2006

[16] Wiegleb, G.: smartALERT – Ein neuartiges Gaswarnsystem zur Leckageüberwachung in Industrieanlagen und Gewerbe. Gaswärme international (55) Nr.4/2006, S.259–262

generationsphase kann der Sensor wieder für eine weitere Messung genutzt werden (Bild 8).

Leistungsangebot

Das Institut für Mikrosensorik (IfM) versteht sich als Dienstleister für industrielle Forschungs- und Entwicklungsvorhaben auf dem Gebiet der Sensortechnik. Insbesondere werden folgende Leistungen angeboten, die im Rahmen von Kooperationsverträgen mit der Fachhochschule oder öffentlich geförderten Projekten erbracht werden können:

- Entwicklung von physikalischen Sensoren
- Entwicklung der Auswertelektronik
- Testen von Sensoraufbauten
- Projektkoordination
- Erstellung von Gutachten
- berufsbegleitende Weiterbildung

Für diese Aufgaben stehen 10 Wissenschaftler und wissenschaftliche Mitarbeiter

zur Verfügung. Teilbereiche der Projekte werden auch von Studenten im Rahmen von Bachelor- und Masterarbeiten unterstützt.

Literatur

[1] Luft, K.F. Schäfer, W. Wiegleb, G.: 50 Jahre NDIR-Gasanalyse, Technisches Messen 60 (1993) 363–371

[2] Schambach, K. Eden, K. Schumacher, K. Wiegleb, G.: Micro machined Mercury Sensor 32nd. European Solid-State Devices Research Conference ESSDERC Firenze/Italy Sept. 2002 p. 443-446

[3] Schley, P. Kastner, J. Wiegleb, G.: gas-lab Q1 – New Measurement Instrument to Determine Natural Gas Quality, 2003

[4] Schley, P. Kastner, J. Wiegleb, G.: gas-lab Q1: Novel technique for Process Analysis of Natural Gas Quality, Proceedings of the 2002 Gas Technologies Conference and Exhibition, GTI, 30. September, 2. October 2002, Lake Buena Vista, Florida, USA

[5] Eden, K. Schambach, K. Schumacher, K. Wiegleb, G.: Mikromechanischer Quecksilbersensor, GIT Labor Fachzeitschrift 10/2002 1149–1151

[6] Schley, P. Kastner, J. Wiegleb, G.: gas-lab Q1 – ein neues Messgerät zur Bestimmung von Gasbeschaffenheitskenngrößen, gwf-Gas/Erdgas 2003

Kontakt:

Fachhochschule Dortmund
Institut für Mikrosensorik (IfM)
Sonnenstraße 96
44139 Dortmund

Ansprechpartner

Prof. Dr. Gerhard Wiegleb (Institutsleiter)
Tel.: 02 31/9 11 22 75
wiegleb@fh-dortmund.de

Prof. Dr. Klaus Eden (stell. Institutsleiter)
Tel.: 02 31/9 11 21 08
eden@fh-dortmund.de

Hotline

Redaktionsleitung:	Dipl.-Ing. Stephan Schalm	0201/82002-12	s.schalm@vulkan-verlag.de
Redaktionsbüro:	Barbara Pflamm	0201/82002-28	b.pflamm@vulkan-verlag.de
Anzeigenverkauf:	Jutta Zierold	0201/82002-22	j.zierold@vulkan-verlag.de
Leserservice:	Monika Kull	0201/82002-16	m.kull@vulkan-verlag.de