

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 103 (2012)
Heft: 6

Artikel: Messung von Gaskonzentrationen mit thermischen Strömungssensoren
Autor: Vovk, Vitaly
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-857304>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.03.2025

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

Messung von Gaskonzentrationen mit thermischen Strömungssensoren

Funktion und Anwendungsbereiche von Ein-Sensor-Lösungen

Es existieren zahlreiche sensorbasierte Lösungen zur Messung von Gaskonzentrationen – mit Spektroskopie, elektrochemischen Reaktionen, Wärmeleitfähigkeit, Ultraschallwellen und weiteren Methoden. In Fällen, in denen die gleichzeitige Messung von Durchfluss und Konzentration eines Gases erforderlich ist, bietet eine Ein-Sensor-Lösung einige Vorteile gegenüber einer Lösung mit zwei Sensoren.

Vitaliy Vovk

Die genaue Kenntnis von Art oder Konzentration eines Gases ist für eine Vielzahl von Anwendungen von entscheidender Bedeutung. Bei medizinischen Anwendungen ist die genaue Kenntnis der Konzentrationen von Narkosegas, Sauerstoff oder Heliox erforderlich. Bei der Gasverbrauchsmessung ist der Heizwert des Gases von Interesse, um eine präzise Abrechnung zu ermöglichen. Bei Gasbrennern wird durch Regelung des Mischungsverhältnisses von Gas und Luft in Abhängigkeit von der Gasart die Heizflamme auf maximale Effizienz und Emissionsfreiheit optimiert. Generell besteht bei vielen Anwendungen im Zusammenhang mit Gasen das Bedürfnis einer exakten Messung der Gaskonzentration.

Thermische Strömungssensoren

Unter der Vielzahl der verfügbaren Messmethoden eignet sich die thermi-

sche Methode hervorragend zur gleichzeitigen Messung von Gasdurchflüssen und -konzentrationen. Ein thermischer Strömungssensor besteht aus einem Heizelement in einer Durchflusskammer und setzt die Abkühlung des Heizelementes mit dem Massendurchfluss in Beziehung. Das klassische Hitzdraht-Anemometer enthält einfach einen Draht mit hohem elektrischem Widerstand, der durch einen elektrischen Strom aufgeheizt wird. Die Kühlwirkung eines strömenden Gases wird anschliessend über die temperaturabhängige Änderung des elektrischen Widerstandes des Drahtes gemessen, die den messbaren elektrischen Strom beeinflusst.

Moderne thermische Strömungssensoren sind hochintegrierte mikroelektromechanische Systeme (MEMS). Zwei Temperatursensoren oberhalb und unterhalb des Heizelementes entlang des Strömungskanal bieten zusätzliche Analyseoptionen. Die neueren Generationen von

MEMS-Strömungssensoren werden in Standard-CMOS-Technologie gefertigt und vereinen den MEMS-Strömungssensor, Analyseschaltungen und Speicherzellen mit Kalibrierungsdaten auf einem einzigen Chip. Diese Strömungssensortechnologie wird als «CMOSens-Technologie» bezeichnet.

Thermische Messung der Gaskonzentration

Der mithilfe thermischer Sensoren gemessene Wärmefluss ist eine Funktion des Produktes aus Gasdichte und Wärmekapazität. Einfach gesagt, wird das Heizelement des Strömungssensors umso stärker abgekühlt, je mehr Gasmoleküle, d.h. je mehr Masse, an ihm vorbeiströmt. Falls die durch das Produkt aus Gasdichte und Wärmekapazität gegebene Kühlung gleich bleibt, kann das Heizelement nicht zwischen einem Gas mit hoher Wärmekapazität bei niedriger Dichte und einem Gas mit geringer Wärmekapazität bei hoher Dichte unterscheiden. Infolgedessen liefert der thermische Strömungssensor für beide Gase das gleiche Signal, obwohl die Massendurchflüsse unterschiedlich sind. Für eine korrekte Kompensation des Signals muss ein weiterer Gasparameter bekannt sein, der eine Unterscheidung der beiden Gase ermöglicht. Diese zusätzlich mit einem thermischen Strömungssensor gemessene Gaseigenschaft ist die Wärmeleitfähigkeit. Sofern zwei Gase unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten aufweisen, können diese durch Messung der Wärmeleitfähigkeit, die vom tatsächlichen Gasdurchfluss unabhängig ist, eindeutig unterschieden werden. Nachdem ein Gas anhand seiner Wärmeleitfähigkeit identifiziert wurde, kann auch seine Wärmekapazität aus Tabellenwerken über Gaseigenschaften ermittelt werden.

Anwendungsbereich

Ein Sensor zur Messung der Wärmeleitfähigkeit eignet sich somit auch als Sensor zur Messung von Gaskonzentrationen. Bei binären Gemischen zweier Gase mit unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten lässt sich die Konzentration

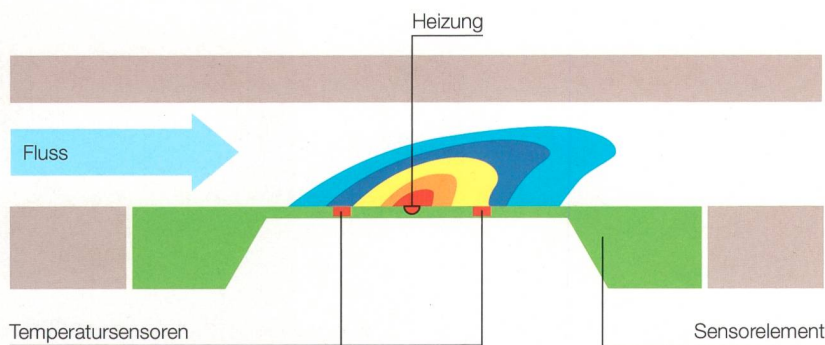


Bild 1 Funktionsprinzip eines thermischen Strömungssensors.

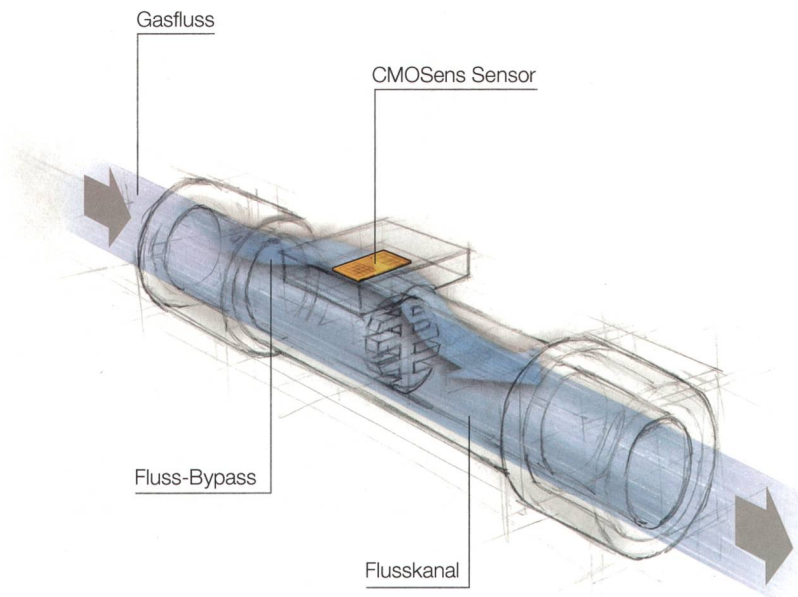


Bild 2 Skizze der Anordnung eines MEMS-Sensorchips zur Gasverbrauchsmessung im Gehäuse.

leicht bestimmen. Aber auch bei Durchflussmessungen in multiplen Gasgemischen lässt sich das Ergebnis enorm verbessern, sofern die Eigenschaften der einzelnen Komponenten der Gaszusammensetzungen mit der Wärmeleitfähigkeit korrelieren.

Betrachten wir einmal eine Anwendung mit einer bekannten, festen Auswahl an verschiedenen möglichen multiplen Gasgemischen. Falls sich die Wärmekapazität (C) der möglichen Gaszusammensetzung als eindeutige Funktion der Wärmeleitfähigkeit (k) beschreiben lässt, können wir C durch Messung von k über die eindeutige Beziehung $C = f(k)$ herleiten. Dies ermöglicht eine präzise gaskompensierte Durchflussmessung des Gasgemisches.

Temperaturkompensation

Leider ist die Wärmeleitfähigkeit von Gasen jedoch temperaturabhängig. Die oben beschriebene Methode erfordert somit eine Temperaturkompensation. Mit moderner MEMS-Strömungssensortechnologie ist es möglich, einen zusätzlichen Temperatursensor zur Erfassung der Temperaturänderungen auf demselben Mikrochip zu integrieren.

Anwendungen in der Medizintechnik

Heutige Anästhesiegeräte sorgen für eine genaue und kontinuierliche Zufuhr medizinischer Gase (wie beispielsweise Sauerstoff und Lachgas), die mit Narko-

semmitteln (wie beispielsweise Isofluran) in genau definierten Konzentrationen versetzt sind und dem Patienten bei konstantem Druck und Durchfluss verabreicht werden. Zur Regelung der Durchflüsse von Luft, Sauerstoff und Lachgas werden Sensoren verwendet. Strömungssensoren mit integrierter Konzentrationsmessung ermöglichen die Messung des Gesamtdurchflusses von binären Gasgemischen. Diese Strömungssensoren tragen somit zur Verbesserung der Genauigkeit und Regelmöglichkeit bei gleichzeitiger Verringerung der Gesamtkosten bei.

Intensivstationen in Krankenhäusern sind normalerweise mit Intensiv-Beatmungsgeräten ausgestattet. Mithilfe dieser mechanischen Ventilation wird die Spontanatmung mechanisch unterstützt oder ersetzt. Dabei kommen verschiedene Techniken und Methoden zum Einsatz, und oft werden Gasgemische wie Heliox

(He und O_2) oder sauerstoffangereicherte Luft verwendet. Auch dies erfordert Sensoren, die Durchfluss und Gaskonzentration gleichzeitig messen können.

Brenngasgemische

Gasbrenner in Gebäudeheizungssystemen oder Brennstoffzellenanwendungen benötigen für eine effiziente und saubere Verbrennung ein festes Mischungsverhältnis aus Luft und Erdgas. Leider unterliegt die Qualität des Erdgases innerhalb der unterschiedlichen Länder und Lieferanten starken Schwankungen. Die genaue Bestimmung der Gaszusammensetzung verbessert in hohem Masse die Möglichkeiten zur Regelung der Verbrennung. Durch die Messung der Gaszusammensetzung mit modernen CMOSens-Strömungssensoren lässt sich unabhängig von der Gasart eine genaue Kompensation der Massendurchflussmessung erreichen.

Diese Anwendung zeigt die Vorzüge der neuen Sensortechnologie. Wo in der Vergangenheit oftmals druckabhängige Volumendurchflussmessungen zur Regelung von Verbrennungsprozessen erforderlich waren, können nun präzise Massendurchflussmessungen den kalorimetrischen Durchfluss dosieren und eine saubere Verbrennung sicherstellen. Das Beispiel zeigt allerdings auch die Grenzen der derzeitigen Technologie. In der Industrie wird Erdgas in zwei Hauptgruppen eingeteilt: Die H-Gase mit einem hohen Wobbeindex (korrigierter Heizwert) und die L-Gase mit niedrigerem Wobbeindex. Da eine Kombination aus L- und H-Gasen zu mehrdeutigen Verhältnissen der Gaseigenschaften führt, müssen zur Bestimmung der Gasart mithilfe von thermischen Strömungssensoren die Gasfamilie bzw. Gasgruppe bekannt sein.

Überwachung der Spülluft

In Fahrzeugen werden Kraftstoffdampf-Auffangsysteme (EVAP) dazu ver-



Bilder: Sensirion

Bild 3 Produktausführungen mit CMOSens-Technologie.

wendet, das Entweichen von Kraftstoffdämpfen in die Atmosphäre zu verhindern. Verdampfte Kohlenwasserstoffe aus dem Kraftstoffsystem werden vom Aktivkohlebehälter absorbiert. Bei laufendem Motor wird ein kleiner Teil der Ansaugluft zur Spülung des Aktivkohlebehälters verwendet. Die meisten heutigen EVAP-Systeme verwenden einen Spülluft-Strömungssensor zur Einstellung der Benzineinspritzung in den Motor. Die gleichzeitige Messung von Durchfluss und Konzentration von Kohlenwasserstoffen ermöglicht zukünftig eine präzisere Regelung der Kraftstoffzufuhr des Motors.

Schlussfolgerung

Die quantitative Bestimmung bestimmter nicht reaktiver Gaszusammensetzungen in einem gegebenen binären Gemisch hat wichtige Anwendungen in verschiedenen Bereichen wie beispielsweise Medizintechnik, chemische Verfahrenstechnik, Gasverbrauchsmessung, Vakuumbeschichtung, Spülluftüberwachung sowie Schweissgasgemische. Die schnelle und gleichzeitige Messung von Durchfluss und Konzentration ermöglicht einen effizienteren und präziseren Ablauf von Prozessen.

Moderne MEMS-Strömungssensoren ermöglichen die gleichzeitige Messung von Durchfluss und Konzentration binärer Gasgemische. Sogar die Erkennung der Art von multiplen Gasgemischen ist innerhalb festgelegter Gasklassen möglich. Ein zusätzlicher Temperatursensor auf dem MEMS-Sensorchip ermöglicht eine Temperaturkompensation über den gesamten Messbereich. Die neuen Errungenschaften ermöglichen eine Verringerung der Kosten und verbesserte Regelmöglichkeiten für viele Anwendungen.

Angaben zum Autor

Dr. **Vitaliy Vovk** ist diplomierte Physiker. Im Gassensor-Bereich betreut er als Product Manager die Differenzdruck- und Gasflusssensoren.

Sensirion AG, 8712 Stäfa, info@sensirion.com

Résumé

La mesure des concentrations de gaz au moyen de capteurs de flux thermiques

Fonction et domaines d'application des solutions monocapteur

Il existe de nombreuses solutions de capteurs destinées à la mesure des concentrations de gaz : la spectroscopie, les réactions électrochimiques, la conductivité thermique, les ultrasons et d'autres méthodes encore. Dans les cas où il est nécessaire de mesurer simultanément le débit et la concentration d'un gaz, une solution monocapteur se révèle plus avantageuse qu'une solution à deux capteurs et offre souvent de meilleures possibilités de régulation. Cet article décrit le fonctionnement d'une telle solution monocapteur, à savoir un système micro-électromécanique (MEMS) hautement intégré. Les capteurs de flux MEMS modernes permettent de mesurer simultanément le débit et la concentration de mélanges gazeux binaires, mais aussi de détecter le type de mélanges gazeux multiples compris dans des catégories de gaz définies. Un capteur de température supplémentaire installé sur la puce du système MEMS autorise également une compensation de température sur toute la plage de mesure. Les capteurs sont utilisés dans différents secteurs d'activité, tels que le génie médical, le génie des procédés chimiques, la mesure de consommation de gaz, le dépôt sous vide, la surveillance d'air de purge et les mélanges gazeux pour le soudage.

No



Venez nous voir et décollez.

Powerstage, du 12 au 14 juin 2012
Halle 6, stand H11:

D'une pierre deux coups.

Retrouvez-nous à notre stand. D'une part, nous vous y présenterons deux installations moyenne tension améliorées ainsi que des solutions mobiles pour vos projets. D'autre part, vous pourrez participer à notre tirage au sort et tenter de gagner un vol en hélicoptère inoubliable. Nous nous réjouissons de vous accueillir!

CELLPACK
Power Systems

Concevoir, construire, connecter.



Risiko bewerten -
vorbeugend schützen

DEHNcare schützt Sie sicher bei Störlichtbögen

DEHNcare: kompletter Störlichtbogenschutz
durch Anzug, Handschuhe und Helm

DEHNcare: störllichtbogengeprüft nach Klasse 2
(IEC 61482-1-2)

DEHNcare: zertifiziert nach EWG-Richtlinie

DEHNcare: Ihre persönliche Schutzausrüstung
mit hohem Tragekomfort

Für mehr Informationen: www.dehn.ch/anzCH776

DEHN schützt.
Überspannungsschutz, Blitzschutz / Erdung, Arbeitsschutz

elvatec ag
Tiergartenstrasse 16, CH-8852 Altendorf
Tel.: 0 55 / 451 06 46, Fax: 0 55 / 451 06 40
elvatec@bluewin.ch

«Der Netzqualitätsanalyst» PowerQ4 MI 2592



- Netzqualitätsanalyse nach EN 50160 im 4-Leiternetz
- Echteffektivwertmessung, Spitze und Scheitelfaktor für Spannung und Strom
- Asymmetrie- und Flickermessung

- Oberschwingungsanalyse bis zur 50. Harmonischen, THD-Messung
- Erfassen und Aufzeichnen von Netzereignissen (Abschaltungen, Unterbrechungen, Überspannungen, Einbrüche)

Zeitgleiche Messung + Aufzeichnung von
 $U \cdot I \cdot P \cdot Q \cdot S \cdot \lambda \cdot \cos \varphi \cdot THD$
Entspricht den Netzqualitätsnormen
IEC 61000-4-30 Kl. S und IEC 61557-12

ELKO
SYSTEME AG

Messgeräte • Systeme • Anlagen
Zur Kontrolle und Optimierung des Verbrauches elektrischer Energie
Brüelstrasse 47 CH-4312 Magden Telefon 061-845 91 45 Telefax 061-845 91 40
E-Mail: elko@elko.ch Internet: www.elko.ch

VLF Sinus 34 kV

SVLF Sinus Test System für Mittelspannungskabel



- Hohe Prüfleistung von bis zu 3,5 μ F
- Feldtauglich, robust und handlich
- Einknopfbedienung
- Integriertes Sicherheitssystem
- Protokollierung
- Dauerbetrieb

INTERSTAR AG

Alte Steinhauserstrasse 19, 6330 Cham
Tel. 041 741 84 42, Fax 041 741 84 66
www.interstar.ch, info@interstar.ch