

Erdgassensor auf der Basis der IR-Absorption zur automatischen Unterbrechung der Gaszufuhr in Gebäuden

Projektleiter

Prof. Dr.
Gerhard Wiegleb,
Institut für
Mikrosensorik IfM

Forschungs- schwerpunkt

Mikrosensorik

Zeitraum

2002–2004

Wiss. Mitarbeiter

Dipl.-Ing. Christian Stein

Kooperation

Ulrich Ewerlin,
Electronic Engineering &
Development, Bochum

Förderung

Fachhochschule
Dortmund,
Forschungsbudget

Kontakt

Prof. Dr.
Gerhard Wiegleb,
Fachbereich
Informations- und
Elektrotechnik,
Institut für
Mikrosensorik IfM,
Fachhochschule
Dortmund,
Sonnenstraße 96,
44139 Dortmund,
Telefon:
(0231) 9112-275,
E-Mail: wiegleb@
fh-dortmund.de

Zusammenfassung

Erdgas ist einer der wichtigsten Energieträger unserer Zeit und wird mittlerweile in über 18 Mio. deutschen Haushalten eingesetzt. Weiterhin wird Erdgas im Campingbereich und in Zukunft auch vermehrt als Kraftstoff in Fahrzeugen eingesetzt, da es günstig ist und nahezu schadstofffrei verbrennt. Erdgas ist bei einer Konzentration von 4,4 % bis 15 % in Luft explosionsfähig. Trotz einer 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. Aus diesem Grunde wurde am Institut für Mikrosensorik IfM der FH Dortmund ein Sensorsystem entwickelt, mit dem austretende Erdgas-Konzentrationen sicher und schnell detektiert werden können. Koppelt man das Sensorsystem mit einer automatischen Absperrvorrichtung (z.B. Magnetventil) so lässt sich zusätzlich die Gaszufuhr [1] in das Haus im Gefahrenfall unterbrechen. Der Einsatz eines weiteren Erdgassensors (z.B. in einer Küche mit Gasofen) der über Funk mit dem Erdgassensor und der Ventilansteuerung kommuniziert, ist zusätzlich vorgesehen (siehe Bild 1). In der Entwicklungsphase standen wichtige Aspekte für die Anwendung in einem Privathaushalt im Vordergrund. Die Zuverlässigkeit des Erdgassensors hatte hierbei die größte Priorität, um das Vertrauen und die Akzeptanz in das Messsystem auf Jahre zu gewährleisten. Ein weiterer wichtiger Punkt war die Tauglichkeit für die Massenproduktion, um die Kosten für den Anwender so gering wie möglich zu halten.

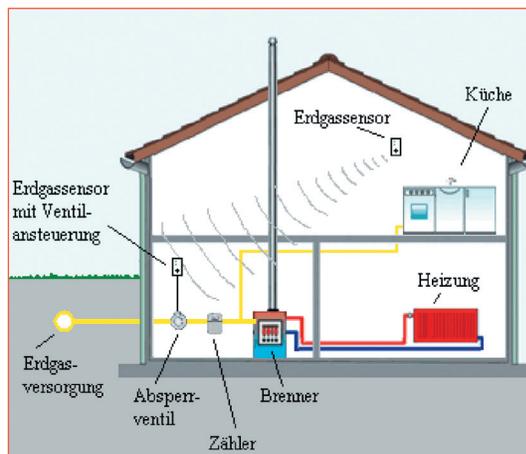


Bild 1: Typische Einbausituation in einem Einfamilienhaus

Messprinzip

Erdgas besteht zu 90% - 98% aus Methan. Je nach Herkunftsgebiet sind als Begleitstoffe Kohlendioxid

oxid CO₂, Stickstoff N und höherwertige Kohlenwasserstoffe (Ethan, Propan, Butan,...) in unterschiedlichen Konzentrationen vorhanden. Der Erdgassensor basiert auf der Basis der Infrarot-Absorption und erfasst somit die Erdgas-Konzentrationen ohne Querempfindlichkeiten zu sonstigen in der Umgebungsluft vorkommenden Bestandteilen (CO₂, Luftfeuchtigkeit, CO, Reinigungsmittel usw.). In Bild 2 ist der Querschnitt des Sensoraufbaus dargestellt. Die erforderlichen optischen Komponenten (IR-Strahlungsquelle, Interferenzfilter, Detektor,...) wurden auf Methan, dem Hauptbestandteil von Erdgas, abgestimmt. Der Sensoraufbau ist so konstruiert, dass er problemlos auf eine Leiterkarte [2] montiert werden kann. Die Größe des Messraums ist für einen Messbereich von 5% - 20% der unteren Explosionsgrenze UEG über zwei gegenüber angeordnete sphärische Spiegel in Form von Kugelkalotten optimiert worden.

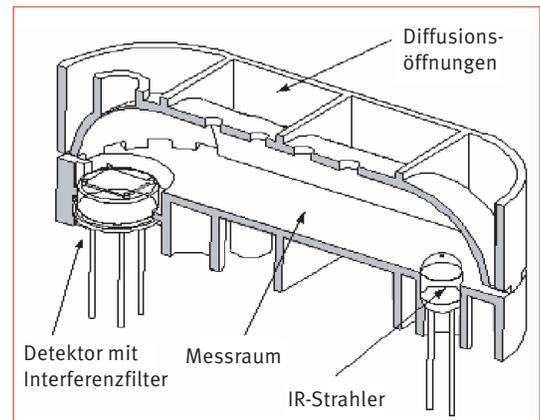


Bild 2: Querschnitt des Sensoraufbaus

Der Sensor besteht aus einem Kunststoffspritzteil, das durch eine zusätzliche optische Beschichtung wichtige Funktionen der Strahlungsverteilung übernimmt. Die Beschichtung wurde für dieses Messverfahren durch aufwendige Spektralanalysen optimiert und ist für eine Massenproduktion hervorragend geeignet. Zusätzlich ist die Qualität der Reflexion über einen hohen Temperaturbereich auf ein Jahrzehnt gesichert. Tritt nun in einem Gefahrenfall Erdgas durch die Diffusionsöffnungen in die Messzelle wird ein Teil der IR-Strahlung absorbiert. Diese Intensitätsänderung [3] kann durch das so genannte Lambert-Beersche-Gesetz beschrieben werden:

$$I(c) = I_0 \cdot e^{-a \cdot c \cdot l}$$

mit $I(c)$ = Strahlungsintensität mit Messgas, I_0 = Intensität ohne Messgas, a = Absorptionskoeffizient

[cm^{-1}], c = Gaskonzentration ($1\text{ppm}=10^{-6}$), L = Küvettenlänge [cm].

Sensorelektronik

Das „Herzstück“ der Sensorelektronik besteht aus einem Mikroprozessor, welcher die Aufgabe hat die IR-Strahlungsquelle anzusteuern und das Detektorsignal auszuwerten. Bei Überschreiten einer einstellbaren Erdgaskonzentration generiert der Mikroprozessor ein Schaltsignal, um sicherheitsrelevante Vorkehrungen zu treffen. Neben einer optischen und akustischen Signalisierung wird zusätzlich ein Magnetventil angesteuert, das dann die weitere Gaszufuhr in das Gebäude unterbricht. Die IR-Strahlungsquelle wird mit einer „intelligenten“ Ansteuerung betrieben, um die Lebensdauer zu verlängern und damit die Zuverlässigkeit des gesamten Messsystems zu erhöhen.

Die Auswertung der Messsignale erfolgt über einen komplexen Algorithmus, der zu einer sehr hohen Stabilität des Sensorsystems führt. Dies wird u.a. durch einen integrierten Temperatursensor erreicht, der zur Verrechnung vorhandener Temperatureinflüsse genutzt wird. Zur Langzeitstabilität ist in der Software eine selbstüberwachende Kalibrierung mittels eines Infinite-Impulse-Response-Filters 1.Ordnung realisiert, die Alterungsprozesse der Strahlungsquelle kompensiert und somit die Langzeitdrift minimiert. Somit werden Fehlalarme ausgeschlossen und eine konstante Genauigkeit der Warnschwellen erreicht.

In einem Feldversuch, der über einen längeren Zeitraum lief, konnten diese Eigenschaften bestätigt werden. Hierzu wurde zu Diagnosezwecken eine serielle Schnittstelle eingebaut mit der man das Archiv der Messwerte bzw. der Signalisierungszustände auslesen konnte. Das „rohe“ Messsignal durchläuft einen Filterblock, der die Aufgabe hat, die Fluktuation der Transmission zu mitteln und weiterhin eine Trendanalyse zu erstellen. Dazu nimmt man ein digitales Tiefpassfilter, dessen einziger Koeffizient die Gewichtung von Eingang zu Ausgang der vorherigen Messung vornimmt. Vom Ausgangssignal des Filters wird der Eingangswert subtrahiert, so dass man hier ein Hochpassverhalten beobachten kann. Wird das System mit Gas beaufschlagt, wird diese Differenz größer und kann zur Schwellwerkerkennung herangezogen werden. In **Bild 3** ist das Ansprechverhalten des Erdgassensors bei einem Gassprung von 0 % Erdgas auf 20 % UEG dargestellt. Die Anstiegszeit von ca. 120s wurde im Wesentlichen dadurch beeinflusst, dass der Erdgassensor zur Durchführung dieser Untersuchung in eine Messkammer $V = 750 \text{ cm}^3$ mit einer Durchflussrate von $0,75 \text{ l / min}$ integriert war.

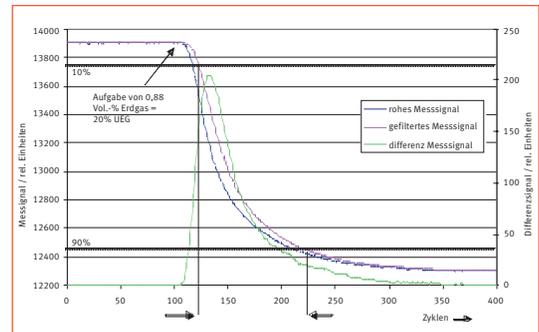


Bild 3 Ansprechverhalten des Erdgassensors

Weiterhin überwacht der Mikroprozessor den Ventilstrom, so dass bei einem Sabotageversuch, z.B. beim Abziehen des Ventilsteckers oder Unterbrechung der Steuerleitung, die Sicherheit immer im Vordergrund steht. Der Erdgassensor (**Bild 4**) besitzt eine Pufferung der Spannungsversorgung, um kurzzeitige Netzunterbrechungen (200-300ms) überbrücken zu können. Somit wird sichergestellt dass bei solch einer Netzunterbrechung die Gaszufuhr bestehen bleibt und die Flamme des Brenners bzw. der Therme nicht erlischt.



Bild 4: Erdgassensor zur automatischen Unterbrechung der Gaszufuhr

Literatur

- [1] Christian Stein: Entwicklung und Test eines Erdgassensors auf der Basis der Infrarot-Absorption zur automatischen Unterbrechung der Gaszufuhr in Gebäuden. Diplomarbeit Fachhochschule Dortmund 2003.
- [2] Gerhard Wiegleb: Infrarotgassensor. Patentanmeldung DE 102 00 908 A 1 (2002)
- [3] Gerhard Wiegleb: Industrielle Gassensorik. Messverfahren-Signalverarbeitung-Anwendungstechnik-Prüfkriterien. Renningen: Expert-Verlag 2001.
- [4] Stein, C. Wiegleb, G. Erdgassensor auf der Basis der IR-Absorption zur automatischen Unterbrechung der Gaszufuhr in Gebäuden. 6.Dresdner Sensor-Symposium für zukünftige Hochtechnologien und Neuentwicklungen für die Verfahrenstechnik 8.-10. Dezember 2003