

DURCH LUFTQUALITÄTSKRITERIEN BESTIMMTE FRISCHLUFTMENGEN

J.A. Geerts, A. Grindal, W. Härdi, H. Schiltknecht
Stäfa Control System SCS AG
8712 Stäfa, Switzerland

Einleitung

Bei vielen Räumen variiert die Belegung und die anderweitige hygienische Belastung sehr stark. Dies ist beispielsweise in Mehrzweckräumen, Kinos, Warenhäusern, Konferenzräumen der Fall. Wenn eine Klima- oder Lüftungsanlage hier einen festen Mindestluftwechsel bewirkt, tritt bei Teilbelegung bzw. Minderbelastung des Raumes ein Aussenluftüberschuss auf. Dieser muss unnötigerweise aufbereitet werden: erwärmt und eventuell befeuchtet während der Heizperiode, gekühlt und eventuell entfeuchtet während der Kühlperiode. Diese Energiekosten können verringert werden, indem wir die Lüftungsmengen (evtl. Aussenluftmengen) der Raumbelastung anpassen. Dies resultiert in Energieeinsparungen bis sogar 40% (im Konzerthaus Oslo).

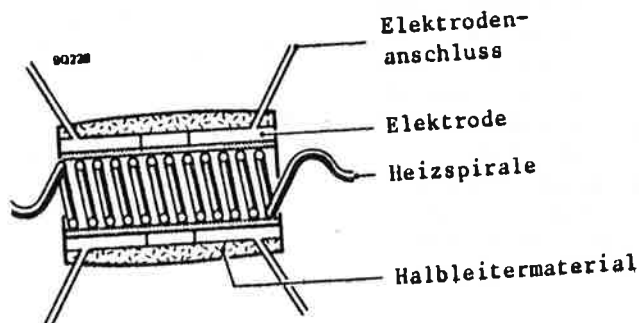
Luftqualität wird von Menschen mit der Nase (subjektiv) wahrgenommen. Aus Untersuchungen ist hervorgegangen (lit 1), dass eine gute Korrelation besteht zwischen der Luftqualität (ausgedrückt in Prozentsatz Unzufriedene) und dem CO_2 -Gehalt der Raumluft. Diese Untersuchungen beziehen sich auf Räume, in welchen Menschen die Hauptbelastung der Raumluft darstellen.

Luftqualitätserfassung mit einem Gassensor

Aufbau des Gassensors

Der Gassensor besteht im wesentlichen aus einem Halbleiter-Rohr (Zinnoxid) und einer innenliegenden Heizung (siehe Bild 1.) Der Halbleiter

Bild 1. Gas-Sensor (schematisch)



ist porös und hat deshalb eine sehr grosse Oberfläche. Daran werden oxydierbare Gase gebunden. Bei dieser Absorption werden Elektronen frei, welche die Leitfähigkeit des Halbleiters erhöhen. Der Prozess ist reversibel. Bei Abnahme der Konzentration diffundieren die Gase wieder aus dem Halbleiter. Der Fühler reagiert sehr schnell, innerhalb weniger Sekunden. Er wird auch nicht abgenutzt.

Empfindlichkeit des Gassensors

Der Sensor spricht auf viele verschiedene Gase an. So wurde eine hohe Empfindlichkeit gemessen für: Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Ester. Die Empfindlichkeit für verschiedene Gase ist unterschiedlich und wird beeinflusst durch die Raumtemperatur und Feuchte. Im Komfortbereich sind diese Einflüsse aber gering.

Messergebnisse Gassensor

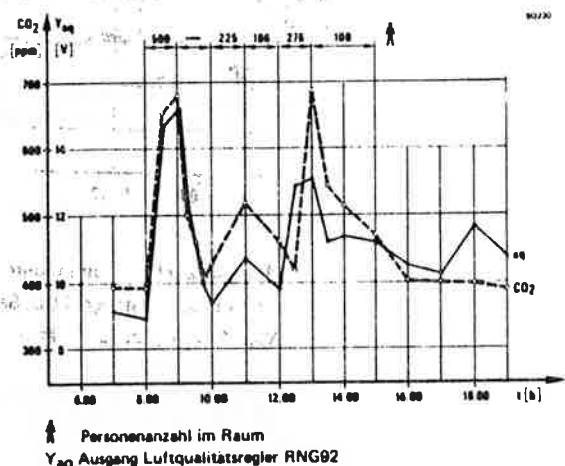
Messvorgehen

Mit dem Gassensor sind Messungen in verschiedenartigen Räumen durchgeführt worden: Büro, Theater, Sporthalle, Mehrzweckhalle, Hörsaal und Auditorium. Dabei wurde das Gassensor-Signal mit der Luftbelastung im Raum verglichen, hervorgerufen durch Personen, Tabakrauch oder andere Verunreinigungen. Parallel dazu wurde auch der CO_2 -Gehalt der Raumluft gemessen und bei einigen Messungen zusätzlich Temperatur und relative Feuchte.

Räume ohne Raucher

Im Auditorium der Universität Trondheim wurden die Signale mehrerer CO_2 - und Gassensoren miteinander verglichen. Während der Messung wurde die Anzahl der Personen genau festgestellt. Bild 2 zeigt den Verlauf der Messwerte bei einer Vergleichsmessung im Abluftkanal. Beide Fühler reagierten sehr schnell auf Belegungsänderungen. Unterschiede zwischen beiden Sensoren gibt es in diesem Beispiel um 18.00h, wenn der Gassensor Verunreinigungen misst, während der CO_2 -Gehalt der Luft niedrig ist. Welche Verunreinigungen hier vom Gassensor gemessen wurden ist unbekannt.

Bild 2. Auditorium Universität Trondheim: Vergleichsmessungen

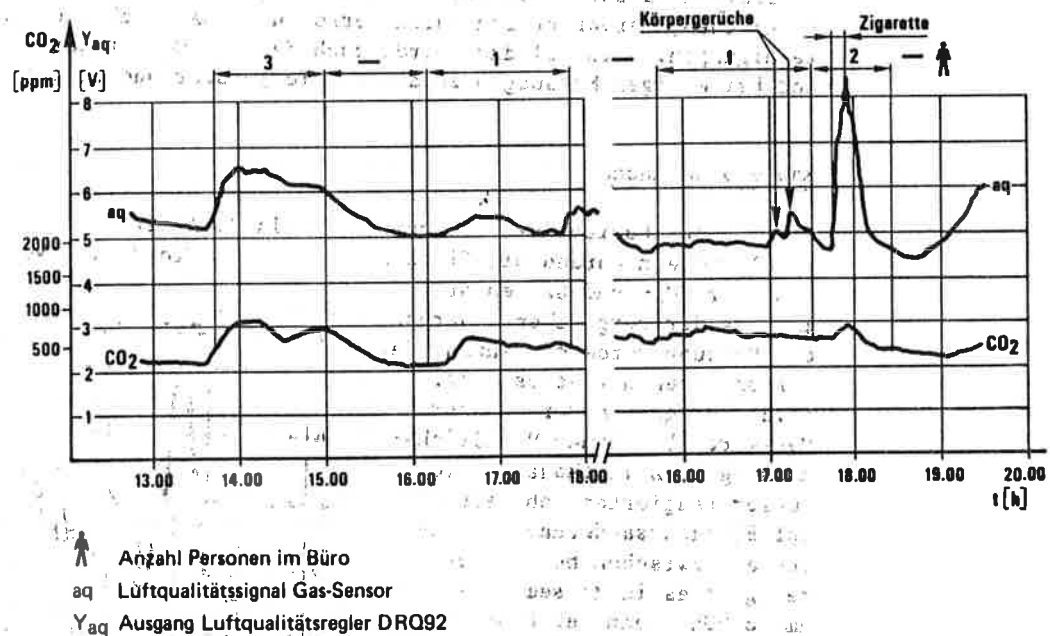


An anderen Messorten (Hörsaal, Sporthalle, Theater) wurden sowohl gute Korrelationen mit dem CO_2 -Gehalt registriert, als auch Fälle, bei welchen der CO_2 -Gehalt niedrig und das Gassensor-Signal hoch war. Nachforschungen konnten diese Fälle zum Teil klären: Bodenreinigung mit einem Lösungsmittel, Wachsen des Innenausbaus, die Benutzung einer Ultra-violetlampe, schmutzige Sportkleider in der Garderobe einer Sporthalle. In anderen Fällen konnte die Ursache nicht gefunden werden. Dies ist eine Schwierigkeit bei einem nicht selektiven Fühler.

Räume mit Rauchern

Im Tabakrauch, der die Luft besonders stark belastet, sind mehr als 2000 verschiedene Komponenten identifiziert worden (lit 2). Die Komplexität des Begriffs Luftqualität ist hier also besonders ausgeprägt. Gerade auf Tabakrauch ist aber der Gassensor sehr empfindlich. Dies wurde deutlich bei Messungen in einem Büroraum mit einem VAV-System (Variable Air Volume). Bild 3 zeigt die Messwertkurven der beiden Sensoren. Der Gassensor reagiert sehr rasch und stark auf Zigarettenrauch im Raum. Der CO_2 -Gehalt nimmt bei der Raucherentwicklung aber nur geringfügig zu und kann in diesem Fall kein Mass für die Luftqualität sein.

Bild 3. Vergleichsmessung zwischen CO_2 -Gehalt und Gassensor in einem Büroraum



Ebenso ist Bild 3 die Empfindlichkeit des Gassensors für Körpergerüche (hier Blähungen des Darms) ersichtlich. Nach dem Ausschalten der Klimaanlage um 19.00h steigt das Signal vom Gassensor an. Dieses Phänomen wurde mehrmals wahrgenommen.

Luftqualitätsregelung

Unter einer Luftqualitätsregelung verstehen wir eine Regelung, welche die Aussenluftmenge dauernd den tatsächlichen Bedürfnissen, also der hygienischen Belastung des Raumes anpasst. Diese Luftmenge ist nach oben durch die Dimensionierung der Apparate und Kanäle begrenzt. Nach unten kann sie verändert werden durch stufenweise oder stetige Regelung der Ventilator-drehzahl oder durch Umluftbeimischung bei Mischluftanlagen.

Die Regelung besteht aus Gassensor und Proportionalregler mit analogem (stufenlose Klappenregelung oder Ventilatorregelung) oder digitalem Ausgang (Stufenschaltung-Ventilatoren). Wichtig ist eine Kupplung zwischen Luftqualitätsregelung und Temperaturregelung. Nur wenn Wärme oder Kälte für die Frischluftaufbereitung benötigt wird, resultiert eine Verringerung der Frischluftmenge in eine Energieeinsparung.

Energieeinsparung, Messergebnisse

Um die Transmissions- und Lüftungsverluste zu kompensieren, muss ein Gebäude geheizt (oder evtl. gekühlt) werden. In diesem Fall kann bei wechselnder Belegung durch die Reduktion der Aussenluftmenge Heizenergie eingespart werden.

Der Heizenergieaufwand eines Hörsaals in Zürich mit einer Aussenluftmenge (max. 5'300 m³/h) wurde durch eine luftseitige Wärmemessung erfasst. Dazu dienten je 4 Pt 100-Temperaturfühler vor und nach dem Zuluftgerät. Ein Geschwindigkeitsfühler kontrollierte die Zuluftmenge. Aus den Messdaten wurde der momentane Energieverbrauch alle 45 Sekunden von einem Computer berechnet. Bei einer Aussentemperatur von 6°C betrug die benötigte Wärmeleistung ca. 12 kW bei Vollbelegung des Saales und nur ca. 4 kW bei einem leeren Saal, weil die Frischluftmenge reduziert wurde.

Die Möglichkeiten der Energieeinsparung sind stark von der Situation abhängig. Das Sparpotential nimmt bei Zunahme des internen Wärmeeinflusses ab. Grosse Einsparungen kann man in Räumen mit hoher Aussenluftmenge pro Person (Räume mit Rauchern) und niedriger Belegung erwarten. Um darüber zuverlässige Voraussagen machen zu können, muss von Fall zu Fall eine Berechnung durchgeführt werden. - Aufgrund der Messungen mit dem Gassensor ergaben sich folgende Resultate für Einsparungen:

Einsparung (%)

Konzerthaus Oslo	40
Auditorium Trondheim	12
Tranbyhallen Oslo (Sporthalle)	10

Beim Auditorium und bei der Sporthalle ist die prozentuale Energieeinsparung weniger gross als im Konzerthaus wegen des grösseren internen Wärmeeinbaus.

Schlussfolgerungen

Der beschriebene Gassensor ist für viele verschiedene Gase empfindlich. Bei Verschmutzung der Raumluft durch Gase (Gerüche) ändert sich das Fühlersignal. Die Messergebnisse zeigen, dass dieses Signal mit der Luftbelastung durch Personen und Tabakrauch korreliert.

Das entstehende Fühlersignal kann über einen Proportionalregler auf die Ventilatorumdrehzahl oder Mischluftklappe wirken. Dies ermöglicht, die für Vollbelegung bestimmte minimale Aussenluftmenge aufgrund der effektiven Luftqualität zu reduzieren. Dadurch wird Energie zur Aufbereitung und zum Transport der Aussenluft gespart, sowohl beim Heiz- als auch beim Kühlbetrieb. Das Ausmass dieser Einsparungen ist stark abhängig vom internen Wärmeeinbau, der Aussenluftmenge pro Person und der Belegung des Raumes. Wichtig ist hier, dass diese Energieeinsparung ohne Komforteinbusse erreicht werden kann.

Referenzen

- (1) Fanger, P.O. and Berg-Munch, B.
Ventilation Strategies for the control of body odor
The Forth International Symposium on The Use of Computers for
Environmental Engineering Related to Buildings, 1983, Tokyo, Japan
- (2) Spengler, J.D. and Sexton, K.
Indoor Air Pollution: A Public Health Perspective
Science, July 1983, Volume 221, Number 4605

SUMMARY

J.A. Geerts, A. Grindal, W. Härdi, H. Schiltknecht: Fresh air volume defined by air quality criteria. The resistance of the gas sensor presented here depends on the partial pressure caused by gases which pollute the air. The sensor signal was measured in different rooms and compared with the pollution and CO₂ rate in the air. This sensor also measures the air quality under different circumstances. In the air quality control the fresh air volume is influenced by the control of the return and outside air dampers or by varying the fan speed. Energy savings can be achieved by reducing the ventilation losses during the heating and cooling period. These economies strongly depend on the internal heat gain, the outside air volume per person and the occupation of the room.

RESUME

J.A. Geerts, A. Grindal, W. Härdi, H. Schiltknecht: Les débits d'air neuf définis par les critères de la régulation de la qualité d'air. Le capteur de gaz présenté ici change sa résistance en fonction de la pression partielle, provoqué par des gaz polluant l'air. Le signal du capteur a été enregistré dans différents milieux et comparé avec la pollution et le taux de CO₂ dans l'ambiance. Ce capteur mesure la qualité de l'air même dans différentes impuretés. Dans la régulation de la qualité d'air extérieur et de reprise ou par les variations de la vitesse du ventilateur. La consommation d'énergie est réduite grâce à la diminution des pertes par ventilation pendant la période de refroidissement et de chauffage. L'importance de ces économies dépend des apports internes, du taux d'air extérieur par personne et de l'occupation du local.

KURZFASSUNG

J.A. Geerts, A. Grindal, W. Härdi, H. Schiltknecht: Durch Luftqualitätskriterien bestimmte Frischluftmengen. Der hier vorgestellte Gassensor ändert seinen Widerstand in Funktion des partiellen Druckes, hervorgerufen durch luftverschmutzende Gase. In verschiedenen Räumen wurde das Fühlersignal registriert und verglichen mit Raumbelastung und CO₂-Gehalt der Raumluft. Sogar bei verschiedenen Verschmutzungsquellen erfasst dieser Sensor die Luftqualität. Die Luftqualitätsregelung ist so konzipiert, dass die Frischluftmenge durch Ansteuerung von Umluft- und Aussenluftklappen oder durch Variieren der Ventilator Drehzahl beeinflusst werden kann. Durch Abnahme der Lüftungsverluste während der Heiz- und Kühlperiode wird der Energieverbrauch reduziert. Das Ausmass dieser Einsparung ist stark abhängig vom internen Wärmeeinfall, Aussenlufttrate pro Person und Belegung des Raumes.