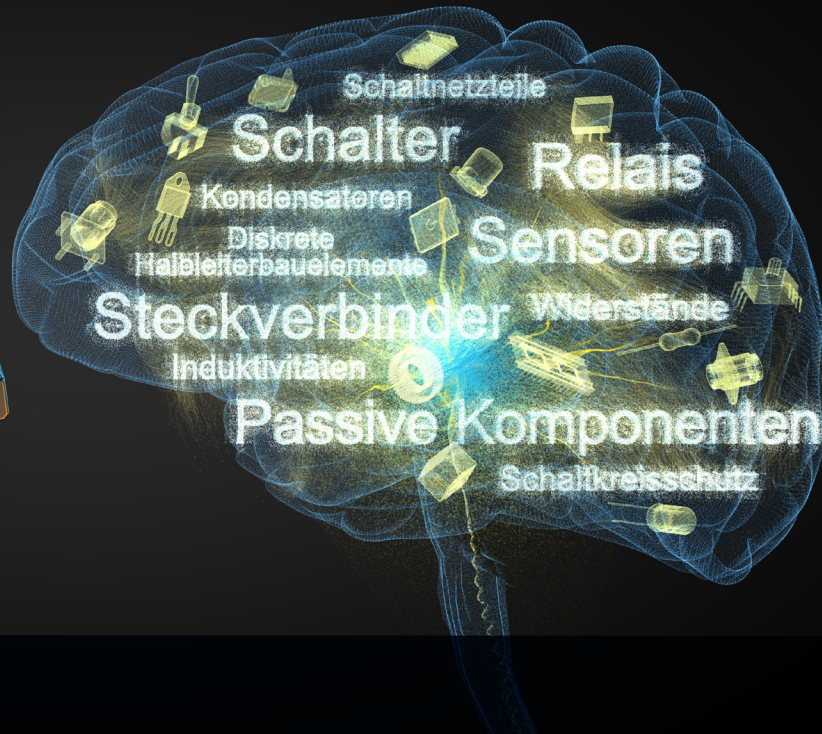
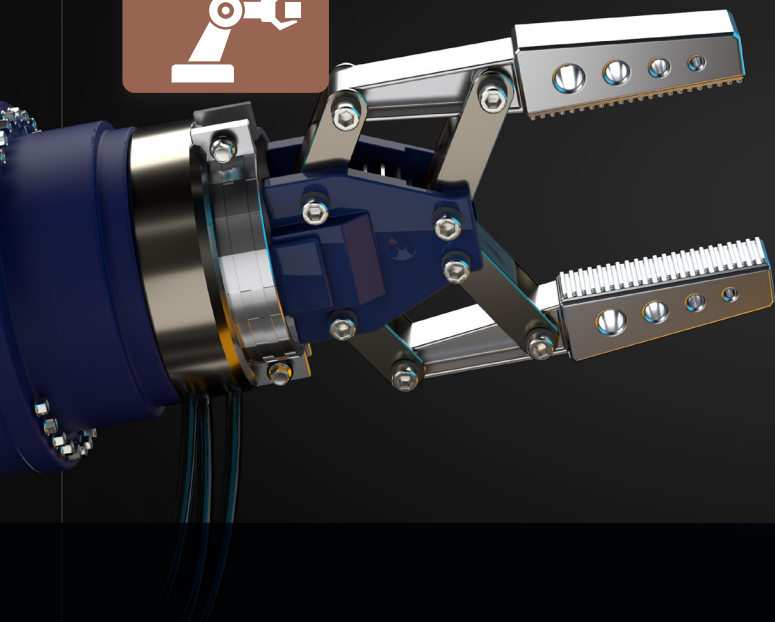




Whitepaper

Industrial



Es liegt etwas in der Luft –  
die Raumluftqualität fühlen

Autor: Ros Kruger, Director, Supplier Marketing TTI Europe – Sensoren, Elektromechanik und Stromversorgung

# Zusammenfassung

Die Menschen verbringen die meiste Zeit in Innenräumen, und sie wollen, dass die Gebäude komfortabel, funktional, effizient und sicher sind. Die Technologie ermöglicht eine Transformation bei der Verwaltung der Gebäudeleistung und stellt den Ausgangspunkt für das wachsende Aufkommen von intelligenten Gebäuden und Smart Homes dar. Zusätzliche Motivation für die Revolution der Gebäudeautomation entsteht durch den Übergang zu Nachhaltigkeit und gesundem Wohnen.

Es wächst das Bewusstsein, dass in unserer modernen Welt die Raumluftqualität nicht effektiv überwacht wurde. Die Anzahl und Konzentration von Luftschadstoffen nimmt zu, und jüngste Forschungen zeigen, dass die Luftverschmutzung der Hauptverursacher einer Vielzahl von Gesundheitsproblemen ist und die Konzentration am Arbeitsplatz beeinträchtigt.

Die Überwachung der Raumluftqualität entwickelt sich zum nächsten „Must-Have“ in modernen Gebäudemanagementsystemen und Smart Homes. Wenn die Informationstechnologie das Herzstück eines Gebäudemanagementsystems ist, dann sind die Daten, insbesondere die Daten der Sensoren, die Lebensader. In diesem White Paper wird untersucht, wie die neuesten Raumluftqualitätssensoren den Entwicklern von Gebäudemanagementsystemen helfen können, ihr Ziel zu erreichen, gesündere Gebäude bereitzustellen und den Komfort, die Effizienz sowie die Sicherheit ihrer Nutzer zu verbessern.



# Raumluftqualität: das fehlende Glied in der Kette

Ein Aspekt, der bis vor kurzem weniger Beachtung gefunden hat, als er sollte, ist die Raumluftqualität. Teilweise mag der mangelnde Fokus auf die starke Betonung von Kosteneinsparungen zurückzuführen sein und darauf, dass der konkrete Nutzen von Investitionen in die Überwachung der Raumluftqualität nicht so einfach zu bemessen war.

International werden große Anstrengungen zur Verbesserung der Luftqualität im Freien unternommen, wobei dies nach wie vor ein großes Thema ist, insbesondere in Städten und Industriezonen. Die Ergebnisse verschiedener Forschungsprogramme zur Raumluftqualität in ganz Europa und den USA zeigen inzwischen, dass sowohl in modernen als auch in älteren Gebäuden die schlechte Raumluftqualität ein Problem darstellt. Sie wirkt sich nicht nur auf die menschliche Gesundheit aus, sondern kann auch die Konzentration und damit die Produktivität der Menschen negativ beeinflussen<sup>4</sup>.

Infolgedessen wenden sich Regierungen und die Gebäudeindustrie der Suche nach Möglichkeiten zu, schlechte Raumluftqualität zu bestimmen, vor allem durch den Nachweis von Feinstaub, flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) und Gasen einschließlich Stickoxiden und Kohlenmonoxid. Von den Gebäuden wird nun erwartet, ein schlechte Raumluftqualität zu erkennen und die kurz- und langfristigen Auswirkungen abzumildern.

**Abbildung 2: Häufige Schadstoffe in der Raumluft und ihre Quellen.**

Arten von Schadstoffen in Innenräumen		
Gase:	Feinstaub (PM):	Flüchtige organische Verbindungen:
CO aus Heiz- und Kochgeräten CO, N <sub>2</sub> O, NO, O <sub>3</sub> und CO <sub>2</sub> von Personen und Treibhausgasen (Dieselverbrennung, usw.)	Flüssige oder feste Partikel sowie ultrafeine Partikel, Stäube und Fasern. Feinstaub gilt als die gefährlichste Form der Verschmutzung und stammt von Aerosolen, Kaminöfen und Fahrzeugemissionen. Einige flüchtige organische Verbindungen können auch als Feinstaub (en: Particulate Matter, PM) klassifiziert werden. Nach Größe kategorisiert: PM <sub>1</sub> , PM <sub>2,5</sub> und PM <sub>10</sub> .	Sowohl natürliche als auch synthetische Chemikalien. Formaldehyd kommt beispielsweise in Baustoffen, Reinigungsmitteln und einigen Elektrogeräten vor. Flüchtige organische Verbindungen (en: Volatile Organic Compound, VOC) werden beim Kochen von Lebensmitteln unter hohen Temperaturen freigesetzt. Die VOC-Belastung ist in Innenräumen deutlich höher als in der Umgebungsluft.
Quellen von Innenraum-Schadstoffen		
Schadstoffe, die durch Aktivitäten wie Kochen, Heizen, Rauchen, Anzünden von Kerzen/Duftstäbchen und Putzen (Farben und Lacke, Reinigungsprodukte, Luffterfrischer) entstehen.		
Schadstoffe, die von Baustoffen, Möbeln, Einrichtungsgegenständen (insbesondere Teppichen) und Haustieren stammen.		
Von außen eindringende Schadstoffe, Treibhausgase, Fahrzeugemissionen, Industrieabgase, usw.		
Natürliches Radongas, das aus dem Boden in Gebäude eintritt.		
Schimmelpilze und sonstige Pilze, die durch zu hohe Luftfeuchtigkeit entstehen, sowie Hausstaubmilben können die negativen Auswirkungen der Verschmutzung verstärken.		

# Forschung, Vorschriften und Richtlinien im Bereich der Raumluftqualität

Nationale und europäische Stellen arbeiten natürlich seit Jahrzehnten an der Verbesserung der Raumluftqualität. Seit 1999 leitet die European Collaborative Action (ECA) eine multidisziplinäre Zusammenarbeit von europäischen Wissenschaftlern, die sich mit Problemstellungen bezüglich der Raumluftqualität befassen<sup>5</sup>. Zudem wurden in diesem Jahrzehnt weitere Arbeiten, angeführt von der gemeinsamen Forschungsstelle der EU-Generaldirektion, zur Entwicklung von Rahmenbedingungen bestehend aus harmonisierten Kriterien, Protokollen und Überwachungstechniken für Raumluftschadstoffe durchgeführt.

Einige Länder und internationale Organisationen haben eigene Untersuchungen durchgeführt, und es gibt mehrere unabhängige Quellen für Empfehlungen, die die Dauer der Exposition und die gesundheitsschädlichen Konzentrationen beschreiben. Die Weltgesundheitsorganisation, die Deutsche Forschungsgemeinschaft, das Umweltbundesamt und die US-Umweltschutzbehörde EPA haben sich alle aktiv am Vergleich von Richtlinien für die Exposition am Arbeitsplatz gegenüber schlechter Raumluftqualität beteiligt. Die Forschung wird zwangsläufig fortgesetzt, da die Zahl der künstlichen Chemikalien weiter steigt. Problematisch ist auch die Bestimmung des Effekts der Wechselwirkung zwischen den unzähligen Schadstoffen und der kombinierten Effekte.

Im Vereinigten Königreich werden die Auswirkungen der Luftverschmutzung im Freien auf die Raumluftqualität seit Mitte der 90er Jahre untersucht. In jüngster Zeit hat das National Institute for Health and Care Excellence im Vereinigten Königreich an Richtlinien für die Raumluftqualität gearbeitet. Inzwischen wurden auch von Organisationen wie der für den Arbeitsschutz verantwortlichen Health and Safety Executive und der British Standards Institution empfohlene Expositionsgrenzwerte und Verhaltensregeln festgelegt und in die Gebäudevorschriften aufgenommen.

In Frankreich hat die Regierung 2001 das Observatorium für Raumluftqualität (OQAI) eingerichtet, und Nationale Agentur für Lebensmittel, Umwelt, Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz (ANSES) arbeitet seit 2004 an der Entwicklung von Richtlinien für die Raumluftqualität, die auf Gesundheitskriterien basieren. Die Richtlinien werden regelmäßig aktualisiert, wobei die Arbeit und die Empfehlungen anderer Organisationen, wie beispielsweise der Weltgesundheitsorganisation, berücksichtigt werden. Zudem werden Überwachungsprogramme eingeführt, angefangen bei den Schulen,<sup>2</sup>

Deutschland hat 1992 damit begonnen, sich mit dem Thema der Raumluftqualität zu befassen und die Kommission Innenraumluftthygiene (IRK) eingerichtet. Wie Frankreich hat auch Deutschland eigene (nicht rechtsverbindliche) Richtwerte für etwa ein Dutzend Schadstoffe, die in der Raumluft vorkommen. Die Verfahren zur Messung und Analyse der Raumluft werden vom VDI6 festgelegt.

## Herausforderungen und verschärfende Faktoren

Aktuelle Trends zur Verbesserung der Energieeffizienz in Gebäuden, insbesondere in Bezug auf die Wärmeleistung, wie z. B. die Dämmung von Gebäuden, können die Luftqualität deutlich verschlimmern, da Schadstoffe im Inneren eingesperrt werden. Moderne Baumaterialien erzeugen mehr VOCs, obwohl inzwischen einige Anstrengungen unternommen wurden, um dem in spezifischen Fällen entgegenzuwirken. Einrichtungsgegenstände und elektrische Geräte sowie Reinigungsprodukte können Feinstaub und VOCs in der Luft erzeugen. Zusätzlich kann die Luftverschmutzung im Freien, einschließlich der Treibhausgase, die Wirksamkeit von Lüftungssystemen beeinträchtigen oder verringern.

Die starke Zunahme von VOCs in gewerblichen Gebäuden und in Wohnungen steigert die Nachfrage nach spezifischeren Informationen über die Raumluftqualität. Es ist nahezu unmöglich, alle möglichen VOCs gleichzeitig zu erkennen. Der Wissenschaftliche Ausschuss für Gesundheits- und Umweltrisiken (SCHER) der Europäischen Kommission geht davon aus, dass es über 900 Chemikalien, Partikel und biologische Materialien mit potenziellen gesundheitlichen Auswirkungen gibt,<sup>7</sup>

Auf der Verbraucherebene gibt es bereits eine wachsende Zahl mobiler Geräte (sogar Wearables), die eine sofortige Anzeige der Raumluftqualität ermöglichen. Je nach Modell stehen Monitore zur Verfügung, um auf eine Reihe von Schadstoffen wie Feinstaub, flüchtige organische Verbindungen und Gase wie CO<sub>2</sub> und CO sowie Feuchtigkeit und Schimmelpilze zu untersuchen. Viele können über WLAN mit anderen Geräten, wie z. B. einem Smart Home Controller oder einem Mobiltelefon, verbunden werden.

Die Verbreitung dieser Art von Gadgets beginnt, weiteren Druck auf die Gebäudemanager auszuüben, um sicherzustellen, dass ihre Gebäudemanagementsysteme die Raumluftqualität stets im Blick behalten<sup>8</sup>. Tatsächlich haben viele Regierungen bereits spezifische Richt- und Leitlinien für die Überwachung und Kontrolle der Raumluftqualität in Bildungseinrichtungen eingeführt, nicht nur als Reaktion auf die Gesundheitsbelange der Kinder, sondern auch zur Verbesserung der Konzentration. Tragbare Geräte zur Messung der Raumluftqualität werden auch den Druck auf die Anbieter von öffentlichem Personennahverkehr dahingehend erhöhen, dass sie die Raumluftqualität entweder über die Klimaanlage und/oder die HLK-Systeme überwachen und regeln.

# Anforderungen an die Anwendung

Der erste Schritt zur Aufrechterhaltung der Raumluftqualität ist die Entnahme und Überwachung der Luft an strategisch günstigen Positionen rund um das Zuhause oder Gebäude. Wenn die IT das Herzstück der Gebäudeautomatisierung ist, dann sind die Daten, insbesondere die Daten der Sensoren, die Lebensader. Präzise und zuverlässige Sensoren sind entscheidend, und deren Leistungsfähigkeit hat sich in den letzten Jahren verbessert. Der Drift von Sensoren kann ein Problem sein darstellen und eine regelmäßige Kalibrierung erfordern, obwohl einige Hersteller inzwischen Garantien über die gesamte Lebensdauer anbieten. In anderen Fällen werden die Wartungsintervalle von der Qualität der verwendeten Sensoren bestimmt.

Es steht eine große Auswahl an Sensoren für die Erkennung einer Reihe von Gasen und Chemikalien zur Verfügung, die eine Vielzahl von Techniken, in einer Vielzahl von Formaten und mit unterschiedlichem Preis-Leistungs-Verhältnis einsetzen. Die Auswahl hängt von den spezifischen Zielen der Erkennung, der Empfindlichkeit/Genauigkeit und den Optionen für Konnektivität/Integration ab.

Sensoren sollten IoT-fähig sein, d. h. sie können in einem bestehenden System nachgerüstet oder in ein kundenspezifisches Design integriert werden. Viele BMS, und insbesondere iBMS, sind so konzipiert, dass sie erweiterbar und rekonfigurierbar sind. Plattformen mit mehreren Sensoren werden für den Einsatz in intelligenten Gebäuden und Smart Homes immer beliebter und kostengünstiger, wodurch Zeit für die Auslegung und Kosten gespart können sowie die Integration vereinfacht werden kann.

In intelligenten Gebäuden ist die Steuerung der Raumluftqualität natürlich eng mit der Lüftung verbunden. Wenn Gebäudemanagementsystem eingesetzt wird oder selbst wenn eine relativ moderne HLK-Anlage vorhanden ist, ist im Allgemeinen eine Art automatisches Lüftungssystem vorhanden.

## Überwachung der Raumluftqualität über die Lüftungssteuerung

Wenn die Anlagen mit einer bedarfsgerechten Lüftungsanlage ausgestattet sind, die die CO<sub>2</sub>-Konzentration in einem Gebäude misst, können die Belüftungsraten kontinuierlich angepasst werden, bezogen auf die CO<sub>2</sub>-Konzentration außen und die manuelle Lüftung. CO<sub>2</sub> ist technisch gesehen kein Schadstoff, wird aber gesundheitsschädlich und potenziell gefährlich, wenn die Konzentration zu hoch ist. Gebäudenormen und -richtlinien legen im Allgemeinen die Belüftungsraten für typische Standorte und Belegungsniveaus fest, wobei sie schadstoffgenerierende Tätigkeiten und Schadstoffquellen wie Teppiche, Einrichtungsgegenstände und elektrische Geräte berücksichtigen.

Eine effiziente Belüftung hilft in der Regel, Luftschadstoffe abzuführen. Nach Angaben des führenden Herstellers von CO-Sensoren, Amphenol <sup>9,22</sup> können CO-Messungen als Verfahren zur Überwachung der Luftqualität eingesetzt werden. Die Theorie ist, dass die Aufrechterhaltung einer sorgfältig geregelten CO<sub>2</sub>-Konzentration durch die Belüftung, insbesondere bei der Überwachung und Regelung auf Zonenbasis, gleichzeitig die Bildung anderer Gase und Schadstoffe verhindert. Glücklicherweise kann die Lüftungssteuerung über CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Regel in bestehenden HLK-Anlagen oder BMS nachgerüstet werden, sofern eine direkte digitale Gebäudeleittechnik vorhanden ist.

## Überprüfung der Raumluftqualität auf VOCs und Feinstaub

Eine immer beliebter werdende Methode zur Überwachung der Raumluftqualität ist die Messung von VOCs. Die daraus resultierenden Daten können genutzt werden, um automatische Lüftungssysteme in einer Gebäudezone oder im Smart Home anzusteuern oder den Gebäudenutzer einfach zu informieren. Die VOC-Sensorik sollte die CO<sub>2</sub>-Überwachung zur Bestimmung der Belüftungsrate jedoch nicht ersetzen. Allerdings kann sie eine nützliche Ergänzung zur Sicherstellung einer guten Raumluftqualität sein.

Bei der Vielzahl der potenziell vorhandenen VOCs, von denen einige bereits bei sehr niedrigen Konzentrationen gesundheitliche Risiken bergen können, kann die Wahl des Sensors problematisch sein. Herkömmliche Sensortechnologien für die Bestimmung der Raumluftqualität in Standard- und Referenzanwendungen sind hochpräzise, aber teuer. Die wichtigsten Erkennungsmethoden für Sensoren in kommerziellen Anwendungen sind MOS-basierte Chemiewiderstände und optische oder nichtdispersive Infrarotstrahlung (NDIR).

MOS-Sensoren sind kostengünstig, stromsparend und werden typischerweise zum Nachweis von VOCs in gasförmigen Schadstoffen eingesetzt. Sie können durch Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen beeinflusst werden. Die Empfindlichkeit und spezifische Wirksamkeit können ebenfalls eingeschränkt sein. Die meisten können eine Reihe der häufigsten Schadstoffe nachweisen, messen aber nur den Gesamten-VOC-Wert (TVOC), ohne Informationen über die jeweiligen Konzentrationen zu liefern. Einige Geräte gehen notwendigerweise einen Kompromiss in Bezug auf die Genauigkeit ein, um einen ausreichend niedrigen Stromverbrauch und eine geringe Größe für tragbare Anwendungen oder den Einsatz in Wearables zu erreichen.

Feinstaubsensoren werden anhand der Größe (Massenkonzentration) der Partikel klassifiziert, die im Allgemeinen als PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub> bezeichnet werden (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von jeweils weniger als 1, 2,5 bzw. 10 µm). Die meisten Sensoren für kommerzielle und häusliche Anwendungen erkennen Partikel der Klassen PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub>

# Produktbeispiele für Sensoren

Der NDIR-basierte CO<sub>2</sub>-Sensor Telaire T6713 von **Amphenol** wurde für Anwendungen in der Gebäudeautomatisierung, wie z. B. die Bedarfslüftung, entwickelt und muss dort mit anderen Energiesparfunktionen integriert werden. Er beinhaltet den patentierten selbstkalibrierenden ABC-Logik-Algorithmus des Unternehmens und bietet eine Stabilität von mehr als 2 % über seine typische Lebensdauer von 15 Jahren. Der Messbereich beträgt 0 bis 5000 ppm und die Genauigkeit ist mit 400 bis 5000 ppm +/-3% des Messwertes angegeben. Die Digitalausgangsoptionen sind I<sub>2</sub>C und UART. Er wird mit einer Spannung von 4,5 bis 5 V versorgt und die Modulgröße beträgt 30 x 15,6 x 8,6 mm).

Die Sensorreihe T 67x3 unterstützt Messungen nach Bedarf, wodurch der Stromverbrauch reduziert wird, der in der Regel mit einer konstanten Abtastung einhergeht. Bei dieser Funktion kann die Host-Anwendung den Sensor auffordern, einen Messwert gemäß den Anforderungen der Anwendung und nicht in einer vorgegebenen Frequenz zu messen. Die ABC-Logik löst alle sechs Stunden eine Messung aus, und der Sensor reagiert nicht auf eine Anforderung, die innerhalb von 15 Sekunden nach einer vorherigen Messung empfangen wurde.

Der Telaire T6703 ist eine kostengünstige Version mit reduzierter Empfindlichkeit für Privat- und Verbraucheranwendungen.

Für die Erkennung von Feinstaub verwendet der intelligente Staubsensor Telaire SM-PWM-01C eine optische Erkennung per IR-LED und einen Fotosensor. Der Fotosensor erkennt das reflektierte IR-LED-Licht durch Staubpartikel in der Luft. Er kann über das Impulsmuster am Signalausgang die kleinsten Partikel in Rauch und Verbrennungsemissionen (1 bis 2 µm) von großen Hausstaubpartikeln (3 bis 10 µm) unterscheiden. Das Gerät ist für den Einsatz in Systemen zur Überwachung der Raumluftqualität sowie in Luftreinigern und Klimaanlage geeignet.

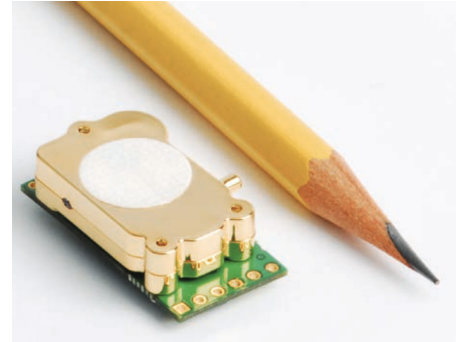
Der MICS-VZ-89TE von SGX Sensortech wurde zur Überwachung einer Reihe von VOCs und äquivalentem CO<sub>2</sub> in beengten Räumen entwickelt und basiert auf der MOS-Sensortechnologie. Der Überwachungsbereich ist mit 0 bis 1000 ppb für zu Isobutylen äquivalente tVOCs und mit 400 bis 2000 ppm für äquivalentes CO<sub>2</sub> angegeben. Das Modul benötigt keine Kalibrierung, ist stromsparend und verfügt über einen doppelten Signalausgang, der es ermöglicht, die Lüftung bei Bedarf zu steuern, um eine gute Raumluftqualität zu gewährleisten und gleichzeitig Energie zu sparen.

Der Partikelsensor der Reihe HPM von Honeywell verwendet eine laserbasierte Lichtstreuung, um Partikel in Konzentrationen von bis zu 1 mg/m<sup>3</sup> zu erfassen und zu zählen. Die Lasertechnologie bietet in der Regel eine bessere Genauigkeit über einen längeren Zeitraum als LED-basierte Geräte. Diese Reihe wurde entwickelt, um die Luftqualität in Wohnungen und kommerziellen Gebäuden zu messen. Zudem werden sie in HLK-Systemen sowie in elektronischen Geräten wie Luftreinigern eingesetzt.

Das neueste Modell der Reihe ist eine kompakte Version, die die Partikelgröße und -konzentration mit einer schnelleren Reaktionszeit von weniger als 6 s analysiert. Dies ermöglicht es den Bedienern, in Echtzeit auf Warnmeldungen zu reagieren und bei Bedarf Abhilfemaßnahmen zu ergreifen. Der Sensor kann Partikel mit einer Größe von 0,3 bis 5 µm erkennen und berechnet die Ausgangswerte gemäß einschlägigen Normen und Formaten.

Die Modelle sind für Schwerlast-HLK-Systeme sowie für tragbare und stationäre Überwachungslösungen im Consumer-Bereich erhältlich. Die Geräte sind robust, liefern eine bewährte EMV-Performance und arbeiten 20000 Stunden lang kontinuierlich und zuverlässig mit einer Genauigkeit von +/-15 %. Mit dem UART-Protokoll für die Ausgänge PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>4</sub> and PM<sub>10</sub> kann das Gerät problemlos in andere automatisierte Systeme integriert werden.

Das Sensormodul AmbiMate MS4 von TE Connectivity bietet eine Reihe von anwendungsspezifischen Sensoren auf einer einbaufertigen Platinenbaugruppe zur einfachen Integration in ein Host-Produkt. Vorgefertigte Sensoren auf kleinstem Raum werden mit dem beliebten I<sub>2</sub>C-Kommunikationsprotokoll kombiniert, um ein schnelles Produkt-Prototyping, eine schnelle Evaluierung sowie eine schnelle Integration in das Design zu ermöglichen. Zu den Anwendungen gehören die Überwachung der Raumluftqualität, die Gebäudeautomatisierung einschließlich der zonenbasierten Umgebungsregelung, der Heimautomatisierung und dem Energiemanagement. Neben den grundlegenden Sensormodulen für Bewegung, Licht, Temperatur und Luftfeuchtigkeit beinhalten weitere Module Sensoren zur Erkennung von VOCs und äquivalentem CO<sub>2</sub>. Der Gassensor misst TVOCs im Bereich von 0 bis 1187 ppb und CO<sub>2</sub> im Bereich von 400 bis 8192 ppm.



**Abbildung 3: CO<sub>2</sub>-Modul der Reihe Telaire T6713 von Amphenol**



**Abbildung 4. AmbiMate MS4 sensor module from TE Connectivity**

## Fazit

Die Überwachung der Raumluftqualität gewinnt an Dynamik, da die Menschen sich des zunehmenden Vorhandenseins von Schadstoffen aus verschiedenen Quellen und der damit verbundenen Gesundheitsrisiken bewusst werden. Sensoren zur Überwachung von CO<sub>2</sub> und zum Nachweis von VOCs und Feinstaub haben in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht. Es sind mittlerweile kostengünstige, wartungsfreie Bauelemente mit guter Empfindlichkeit erhältlich. Entwickler sollten nach Sensoren oder Multisensor-Plattformen suchen, die sich leicht in Standardanlagen wie Lüftungssysteme und Klimaanlage integrieren lassen, um ein integraler Bestandteil eines Gebäudemanagementsystems oder Smart Homes zu werden. Weitere Forschungen zur Raumluftqualität werden wahrscheinlich neue Anforderungen an Sensoren hervorbringen. Aber eines ist gewiss – dass Überwachung der Raumluftqualität das nächste „Must-Have“ für jedes Gebäude ist, in dem Menschen leben oder arbeiten.



- <sup>1</sup> <https://www.nice.org.uk/guidance/gid-ng10022/documents/draft-scope>
- <sup>2</sup> <https://www.arses.fr/en/content/indoor-air-quality-guidelines-iaqs>
- <sup>3</sup> <https://www.navigantresearch.com/reports/ten-trends-for-intelligent-buildings-in-2017-and-beyond>
- <sup>4</sup> [http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/en/indoor-air-pollution/index.htm](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/en/indoor-air-pollution/index.htm)
- <sup>5</sup> <https://www.aivc.org/resources/collection-publications/european-collaborative-action-urban-air-indoor-environment-and>
- <sup>6</sup> <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/health/environmental-impact-on-people/indoor-air-hygiene>
- <sup>7</sup> [http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/en/indoor-air-pollution/index.htm](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/en/indoor-air-pollution/index.htm)
- <sup>8</sup> <https://library.uil.com/wp-content/uploads/sites/40/2015/02/Dawn-of-the-Building-Performance-Era.pdf>
- <sup>9</sup> <https://www.amphenol-sensors.com/en/component/edocman/317-demand-control-ventilation-q-a/download?tmpl=template&Itemid=8248%20%27>



## Über TTI

TTI, Inc. ist der weltweit führende Spezialist für Passive und elektromechanische Bauelemente, Steckverbinder sowie Diskrete Halbleiter, Schaltnetzteile und Sensoren. Ausgewählte Lieferanten sowie unterschiedlichste Logistik-Lösungen unterstützen Kunden in den Marktsegmenten Industrie, Transportation, Luft-, Wehr-, und Raumfahrttechnik sowie in der Haushalts- und Unterhaltungselektronik.

Die Produktpalette von TTI umfasst Bauteile wie Widerstände, Kondensatoren, Steckverbinder, Diskrete Halbleiter, Opto Elektronische Bauelemente, Elektromagnetische Bauelemente sowie Bauteile für den Schaltkreisschutz. Das Angebot umfasst außerdem Kabel und Drähte – diese auch konfektioniert; Netzteile, Entwicklungskits, Sensoren und Elektromechanische Bauelemente.

Übersichten und Informationen zur Marktentwicklung und Technologie sowie Updates etc. stellt TTI über das MarketEye Research Center zur Verfügung. Kunden können hier Fachbeiträge, technische Seminare, RoHS, allgemeine Seminare, Industrieforschungsberichte und vieles mehr abrufen.

Die TTI Produktpalette, kundenorientierter Service sowie die angebotenen Logistiklösungen machen TTI zum bevorzugten Distributor (CMP Publications). Weltweit beschäftigt TTI über 5600 Mitarbeiter an mehr als 100 Standorten in Europa, Amerika und Asien.

### **Europäischer Hauptsitz:**

TTI, Inc.  
Ganghoferstr. 34  
82216 Maisach-Gernlinden  
Deutschland  
Tel.: +49 (0)8142 6680 – 0  
Fax: +49 (0)8142 6680 – 490  
Email: [sales@de.ttiinc.com](mailto:sales@de.ttiinc.com)  
[www.ttieurope.com](http://www.ttieurope.com)

Copyright © TTI, Inc. All Rights Reserved.