

WHITEPAPER

Juni 2025

Inhalt

1	Einführung	3
2	Hintergrund	3
3	Was zu messen ist und warum	3
4	Messtechniken	4
5	Platzierung und Abdeckung der Sensoren	4
6	Anwendungsbeispiele	5
7	Einsatz in Industriebranchen	7
8	Luftqualitätssensoren von Axis	8

1 Einführung

Umweltsensoren detektieren und messen verschiedene Parameter in der Umgebung, typischerweise Temperatur, Feuchtigkeit, Geräusch- / Rauschlevel, Vibrationen oder verschiedene Arten von Verschmutzung.

Ein Luftqualitätssensor ist ein Typ von Umweltsensor, der speziell die Erfassung und Messung von Luftqualitätsparametern wie Gas- und Partikelgehalt ermöglicht. Solche Sensoren werden häufig für den Einsatz in Umgebungen mit allgemein guter Luftqualität entwickelt, wo man über Anomalien informiert werden möchte.

Dieses Whitepaper bietet eine Übersicht über netzwerkverbundene Sensoren für die Luftqualität, was sie messen und wie sie funktionieren.

2 Hintergrund

Die Aufrechterhaltung einer gesunden und nachhaltigen Innenraumumgebung ist aus verschiedenen Gründen wichtig, darunter HSE (Gesundheit, Sicherheit, Umwelt), betriebliche Effizienz und Business Intelligence. Durch die Messung verschiedener Parameter der Innenraum-Luftqualität, die Erfassung von Anomalien und die entsprechende Anpassung können Sie einen gesunden und komfortablen Raum für die Bewohner sicherstellen.

Die Überwachung der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit spielt ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Aufrechterhaltung einer Umgebung in Innenräumen, die die Langlebigkeit der Anlagen und Maschinenteile unterstützt und es Ihnen ermöglicht, bei Bedarf Anpassungen vorzunehmen. Die Daten können als Entscheidungsgrundlage für die Belüftung und andere Aspekte der Verwaltung des Gebäudes dienen, was letztlich zu einem nachhaltigeren und effizienteren Betrieb beiträgt.

Darüber hinaus kann die Möglichkeit, eine angemessene Verwaltung der Innenraum-Luftqualität zu dokumentieren und nachzuweisen, Ihnen helfen, Nachhaltigkeitsziele zu erreichen oder die Erfüllung einschlägiger Vorschriften nachzuweisen. Hochentwickelte Sensoren können Vapen und Rauchen detektieren und aktivieren so schnelle Aktionen, um eine rauchfreie Umgebung zu gewährleisten.

3 Was zu messen ist und warum

Zu den wichtigen zu überwachenden Luftschadstoffen gehören Feinstaub (PM), flüchtige organische Verbindungen (VOC), Stickoxide (NO_x), Kohlendioxid (CO₂) sowie Vapen und Rauchen. Vielleicht möchten Sie auch die relative Luftfeuchtigkeit (RH) und die Temperatur der Luft messen. Darüber hinaus können Sie den Luftqualitätsindex (AQI) im Zeitverlauf ermitteln.

- **Partikel.** Die Exposition gegenüber Partikeln kann kurzfristige gesundheitliche Auswirkungen wie Reizungen der Augen, der Nase und des Rachens, Husten und Kurzatmigkeit verursachen. Sie kann außerdem die Lungenfunktion beeinträchtigen und Gesundheitszustände wie Asthma und Herzkrankheiten verschlechtern. Beispiele für Feinstaub sind Pollen, Schimmelpilze, Sporen, Staub und Rauch sowie Aerosole, die von Vapes ausgestoßen werden. Feinstaub wird in der Regel nach dem Durchmesser kategorisiert:
 - PM₁: Ultrafeine Partikel, kleiner als 1 Mikrometer im Durchmesser. Kann tief in Lunge und Blutkreislauf eindringen.
 - PM_{2,5}: Feine Partikel, kleiner als 2,5 Mikrometer im Durchmesser. Wird häufig mit Luftverschmutzung und Atemwegsproblemen in Verbindung gebracht.
 - PM₄: Grobe Partikel, kleiner als 4 Mikrometer im Durchmesser. Häufig in Verbindung mit Staub, Pollen und anderen größeren Luftschadstoffen.
 - PM₁₀: Inhalierbare Partikel, kleiner als 10 Mikrometer im Durchmesser. Enthält sowohl feine als auch grobe Partikel, die in die Lunge eindringen können.
- **VOC.** Mehrere VOCs sind gefährlich für die menschliche Gesundheit oder schädlich für die Umwelt, und einige sind gesetzlich geregelt. Die meisten flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) sind nicht akut toxisch, können aber langfristige Auswirkungen auf die Gesundheit haben, z. B. Farben, Lösungsmittel, Desinfektionsmittel, Mottenschutzmittel, gelagerte Kraftstoffe und Kfz-Produkte.

- **NO_x.** Stickstoffoxide in Innenräumen sind die wichtigsten Schadstoffe unter den oxidierenden Gasen. Jede längere Exposition, selbst in geringen Konzentrationen, kann als schädlich angesehen werden. Stickstoffoxide entstehen bei Verbrennungsprozessen, typischerweise in Automotoren oder beim Kochen auf einem gasbetriebenen Herd, beim Abbrennen von Kerzen oder beim Rauchen. Außenluftquellen, wie z. B. Autoabgase, können die Luftqualität der Innenräume in einem Gebäude beeinträchtigen, wenn das Luftfiltersystem des Gebäudes unzureichend ist.
- **CO₂.** Hohe Konzentrationen von Kohlendioxid können Kopfschmerzen und Atembeschwerden verursachen. In Schulen und Büros können sie das Lernen und die Produktivität beeinträchtigen, da sie die Konzentrationsfähigkeit von Schülern und Mitarbeitern verringern. Da der Mensch Kohlendioxid ausatmet, steigt dessen Konzentration in schlecht belüfteten Innenräumen normalerweise an. Kohlendioxid entsteht auch bei der Gewinnung und Verbrennung fossiler Brennstoffe. Kohlendioxid (CO₂) ist nicht mit Kohlenmonoxid (CO) zu verwechseln.
- **Vapen und Rauchen.** Beim Vapen entstehen feine Partikel, die sich in den Atemwegen verteilen und festsetzen. Rauchen wird mit zahlreichen negativen Auswirkungen auf die Gesundheit in Verbindung gebracht, z. B. mit Atemwegserkrankungen, chronischer Bronchitis, Herzerkrankungen und Lungenkrebs.
- **Relative Luftfeuchtigkeit.** Eine zu hohe Luftfeuchtigkeit kann zu Schimmelbildung in einem Gebäude führen, während eine zu niedrige Luftfeuchtigkeit Haut- und Augenreizungen und Trockenheit verursacht. Die Kontrolle der Luftfeuchtigkeit ist auch in Serverräumen und Rechenzentren wichtig, um die Lebensdauer von empfindlichen Anlagen und Maschinenteilen zu verlängern. Die Luftfeuchtigkeit in Innenräumen wird in der Regel durch Lüftung, Kochen und Klimaanlage beeinflusst.
- **Temperatur.** Zu hohe oder zu niedrige Temperaturen können sich sowohl auf den Komfort der Menschen als auch auf die Langlebigkeit der Anlagen und Maschinenteile negativ auswirken. Die Temperaturen in Innenräumen werden in Verbindung mit unzureichender Isolierung oder unzureichender Heizung durch die Außentemperaturen beeinflusst. Auch Geräte oder Maschinen können in Innenräumen viel Wärme erzeugen.
- **AQI.** Der Luftqualitätsindex ist eine weit verbreitete Messgröße, die den Grad der Luftverschmutzung quantifiziert. Durch die Messung der Feinstaubkonzentration (PM_{2,5}) über einen Zeitraum von 12 Stunden teilt der AQI die Luftqualität in verschiedene Kategorien ein. Die NowCast-Methode zieht einen gewichteten Durchschnitt der letzten 12 stündlichen Messungen heran, um eine AQI-Schätzung in Echtzeit zu erhalten.

4 Messtechniken

Der AXIS Air Quality Sensor verwendet die folgenden Technologien zur Messung der Luftqualitätsparameter.

Optische Partikelzähler (OPC) werden zur Messung von Feinstaub eingesetzt. Bei einem OPC wird die Luft, die den Sensor passiert, mit einem Laser bestrahlt. Der Luftstrom wird durch einen Lüfter gesteuert. Da das Licht des Lasers auf die Partikel im Luftstrom gestreut wird, misst ein optischer Sensor die Menge des gestreuten Lichts. Daraus kann der OPC die Menge und Dichte der Partikel berechnen. Er kann zwischen verschiedenen Partikelzusammensetzungen unterscheiden und z. B. Aerosole identifizieren, die von Vapes ausgestoßen werden.

Metalloxid-Sensoren (MOX) werden zur Messung von VOCs und NO_x verwendet. Ein MOX-Sensor reagiert auf die Sauerstoffmenge in der Umgebung des Sensors. NO_x-Gase sind oxidierend (erhöhen den Sauerstoffgehalt), während VOCs bei ihrer Verbrennung an der Oberfläche des MOX-Sensors reduzieren (den Sauerstoffgehalt verringern). Auch die Luftfeuchtigkeit verringert die Sauerstoffmenge. Das bedeutet, dass die gleichzeitige Anwesenheit von NO_x-Gasen und flüchtigen organischen Verbindungen in der Luft dazu führt, dass sich die Gase entgegenwirken. All diese Faktoren werden durch den Einsatz des integrierten Feuchtigkeitssensors sowie durch die verbesserte Selektivität zur spezifischen Messung reduzierender oder oxidierender Gase kompensiert.

Gepulste IR-Lichtquellen werden zur Messung der CO₂-Werte verwendet. Die Lichtquellen senden Wellenlängen aus, die vom CO₂ absorbiert werden. Da die Lichtquelle gepulst ist, beginnen die CO₂-Moleküle, auf die sie trifft, zu vibrieren und erzeugen eine akustische Welle. Je mehr CO₂-Moleküle vorhanden sind, desto lauter ist die Schallwelle. Diese wird mit einem Mikrofon gemessen, um die CO₂-Konzentration zu berechnen.

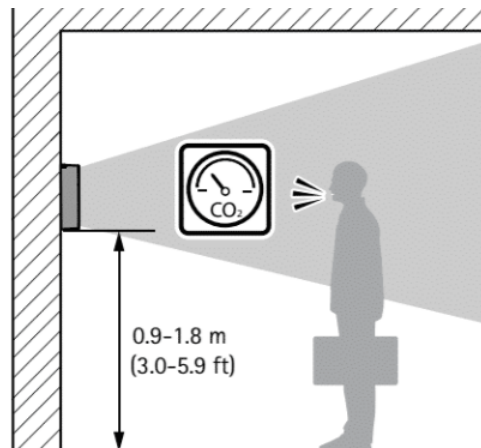
5 Platzierung und Abdeckung der Sensoren

Sie sollten den Sensor so nah wie möglich an Ihrem ausgewählten Bereich platzieren, um optimale Messwerte zu erhalten. Wählen Sie einen Einsatzort, der eine freie Luftzirkulation ermöglicht, nicht in der Nähe von Ecken

und Wärmequellen und nicht zu nah an Fenstern oder Lüftungsöffnungen. Auf diese Weise minimieren Sie die Auswirkungen von Luftströmungsmustern und Wärme auf die Genauigkeit des Sensors.

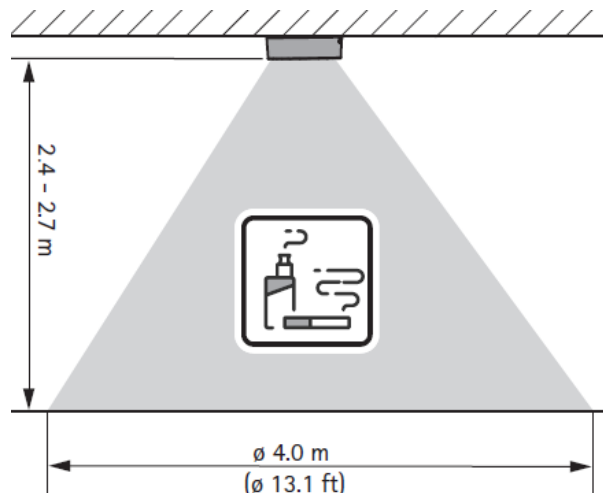
Die optimale Platzierung hängt auch davon ab, welche Messungen Sie vorrangig durchführen möchten. Lesen Sie daher im Benutzerhandbuch des Produkts nach, welche Richtlinien für die Installation in Ihrem Schutzziel gelten.

Um die Luftqualität effektiv zu überwachen, sollten Sie den Sensor normalerweise an der Wand installieren. Die Platzierung in einer Höhe von 0,9 bis 1,8 Metern über dem Boden stellt sicher, dass der Sensor die Luftqualität auf Atemhöhe misst und genaue Messwerte für die menschliche Exposition liefert. In großen Räumen benötigen Sie möglicherweise mehrere Sensoren, um eine genaue Erfassung und eine angemessene Abdeckung zu gewährleisten.



Wandmontage zur Messung des Kohlendioxidgehalts.

Zum Erfassen von Vapen oder Rauchen sollte der Sensor in der Regel an der Decke installiert werden. Ein an der Decke montierter Luftqualitätssensor von Axis deckt etwa 12 m² ab, mit einem Erfassungsradius von 2 Metern direkt unter dem Sensor.



Abdeckung eines deckenmontierten Sensors zur Erfassung von Rauchen oder Vapen.

6 Anwendungsbeispiele

Luftqualitätssensoren können zur Unterstützung von HSE (Gesundheit, Sicherheit, Umwelt), zur Verbesserung der Betriebseffizienz und zur Bereitstellung von Geschäftsentelligenz eingesetzt werden.

Sorgen Sie für eine gesunde Raumluftqualität. Durch die Überwachung der Raumluftqualität können Sie aufkommende Probleme frühzeitig erkennen und Anomalien feststellen, die den Bewohnern möglicherweise nicht auffallen. Luftqualitätssensoren können wichtige Indikatoren, wie z. B. den CO₂-Gehalt, verfolgen und Alarme und Ereignisse auslösen, wenn die Messwerte die eingestellten Grenzwerte überschreiten. Die Alarme können automatische oder manuelle Reaktionen auslösen, z. B. die Benachrichtigung des Personals und der Bewohner bei unzureichender Luftqualität oder die Anpassung der Belüftung, um eine optimale Luftqualität wiederherzustellen.

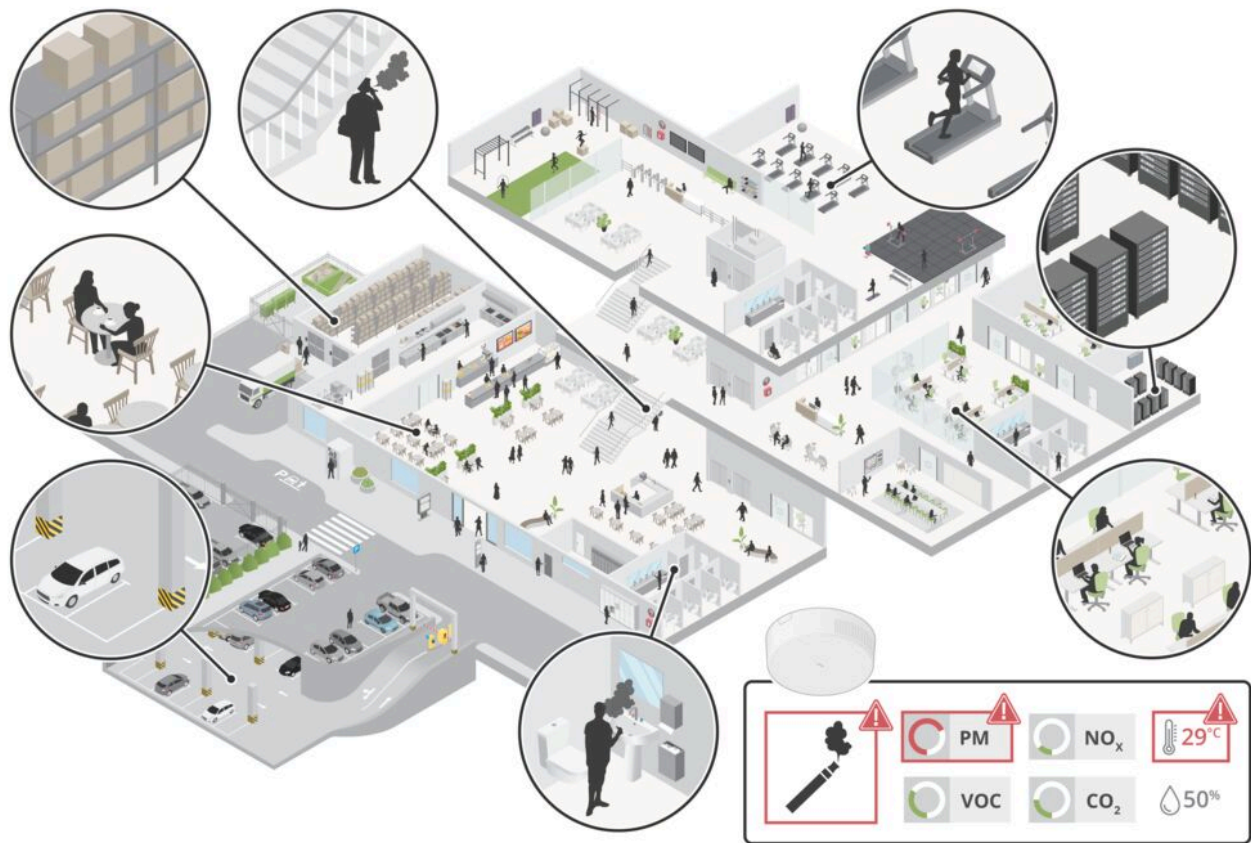
Sorgen Sie für ein gutes Innenraumklima. Durch die Überwachung von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit können Sie Anomalien detektieren und entsprechend anpassen, um die Lebensdauer von Maschinen und Maschinenteilen zu verlängern. Ein Luftqualitätssensor kann Warnmeldungen auslösen, wenn er Werte außerhalb Ihres voreingestellten Bereichs feststellt, sodass Sie wissen, wann Sie die Belüftung anpassen müssen.

Analysieren Sie Daten und Metadaten aus früheren Aufzeichnungen, um fundierte Entscheidungen zu treffen. Die Unterschiede in der Luftqualität Ihrer Innenräume können mit Hilfe von Sensoren ermittelt werden. Sie liefern die Metadaten, die Sie benötigen, um die Trends im zeitlichen Verlauf zu analysieren und Entscheidungen zu treffen, z. B. über die Belüftung und die Planung Ihrer Räume.

Erreichen von Nachhaltigkeitszielen. Durch die Installation von Luftqualitätssensoren können Sie Daten sammeln, die Ihnen helfen, Ihre Nachhaltigkeitsziele zu verfolgen und Ihre Bemühungen zu kommunizieren.

Halten Sie die Vorschriften ein. Durch die Installation von Luftqualitätssensoren können Sie die Regelung der Raumluftqualität angemessen dokumentieren und nachweisen.

Erfassen von Vapen und Rauchen. Die Erfassung von Vapen und Rauchen und die Einleitung einer angemessenen Reaktion bietet die Möglichkeit einzugreifen, wenn Rauchverbote nicht eingehalten werden. Zu den automatischen oder manuellen Reaktionen gehören das Senden eines Audio- oder visuellen Alarms, das Starten einer Videoaufzeichnung oder die Benachrichtigung des Personals.



Luftqualitätssensoren werden in der Regel zur Überwachung von Innenraum-Luftqualitätsparametern in Büros und öffentlichen Bereichen, zur Überwachung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit in Serverräumen und zur Erfassung von Rauchen oder Vapen in Toiletten und Treppenhäusern eingesetzt.

7 Einsatz in Industriebranchen

Sensoren für die Luftqualität können eine wichtige Rolle bei der Vermeidung von Gesundheitsrisiken, der Verbesserung der Produktivität und der Optimierung des Betriebs in verschiedenen Sektoren spielen.

- **Bildungswesen.** Die Förderung einer gesünderen Umgebung in Schulen ist für das Wohlbefinden und den Erfolg der Schüler von entscheidender Bedeutung, da sie dazu beiträgt, Konzentrations- und andere Schwierigkeiten durch schlechte Luftqualität zu vermeiden. Durch das Verbot von Vapen und Rauchen in Gemeinschaftsbereichen wie Toiletten, Fluren, Klassenzimmern, Bibliotheken, Cafeterias, Hörsälen und Freizeitbereichen können Pädagogen dazu beitragen, ein sichereres und förderlicheres Lernklima zu schaffen.
- **Rechenzentren.** Die Regulierung von Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Feinstaubgehalt kann die Lebensdauer von Anlagen und Maschinenteilen verlängern.
- **Gewerbliche Immobilien.** Die Überwachung der Luftqualität lässt ein intelligenteres Gebäudemanagement von Bürogebäuden, Hotels oder öffentlichen Bereichen zu. Die Innenraum-Luftqualität ist auch ein Bestandteil der Zertifizierungssysteme für umweltfreundliche Gebäude, die die Umweltverträglichkeit von Gebäuden bewerten.
- **Kritische Infrastruktur/Industrie.** Die Kontrolle der Luftverschmutzung, die manchmal durch den industriellen Prozess selbst verursacht wird, schützt die Gesundheit der Arbeitnehmer und die Qualität der Produkte in der Industrie. Beispiele sind lebensmittelverarbeitende Fabriken, Bereiche mit Schutt und Materialverbrennung sowie Bereiche, in denen Chemikalien verarbeitet werden.

- **Einzelhandel.** Eine gute Luftqualität trägt dazu bei, das Einkaufserlebnis Ihrer Kunden in Einkaufszentren und Geschäften zu verbessern. Eine schlechte Luftqualität kann umgekehrt zu Unwohlsein und gesundheitlichen Problemen führen, während eine gute Luftqualität zu längeren Einkaufstouren anregt.
- **Gesundheitswesen.** In Operationssälen, Patientenbereichen und Intensivstationen ist saubere Luft von entscheidender Bedeutung. Doch auch bei Renovierungs- oder Bauarbeiten in Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen ist eine genaue Überwachung der Luftqualität unerlässlich.

8 Luftqualitätssensoren von Axis



Ein Sensor für die Luftqualität und eine Kamera, die als Host-Gerät dient.

Der AXIS Air Quality Sensor misst die Luftqualitätsparameter in Innenräumen und detektiert Vaping und Rauchen. Sie können ihn so einstellen, dass er automatisch Ereignisse auslöst, um Sie zu benachrichtigen, wenn die Werte der Parameter den von Ihnen festgelegten Grenzwert überschreiten.

Tabelle 8.1 *Luftqualitätsparameter und Messbereiche für den AXIS Air Quality Sensor.*

Parameter	Messbereich
Feinstaub (PM)	PM-Konzentrationen zwischen 0 und 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Partikelgrößen zwischen 0,3 μm und 10 μm . Separate Messungen für jede Größenkategorie, PM ₁ , PM _{2,5} , PM ₄ und PM ₁₀ .
Flüchtige organische Verbindungen (VOC – Volatile Organic Compounds)	0 bis 500 ppm (kollektive Präsenz von VOCs)
Index der Stickstoffoxide (NO _x)	0 bis 500
Kohlendioxid (CO ₂)	0 bis 40.000 ppm
Luftqualitätsindex (LQI)	0 bis 500

Parameter	Messbereich
Relative Luftfeuchtigkeit (RH)	0 bis 100 % (nicht kondensierend)
Temperatur	-10 °C bis +45 °C
Vapen und Rauchen	Erfasst oder nicht erfasst

Bei VOC-Messungen ist zu beachten, dass der Sensor das kollektive Vorhandensein von VOCs misst und nicht jede Verbindung einzeln identifiziert. Wenn die VOC-Werte die erwarteten Konzentrationen überschreiten, sollten Sie zusätzliche Analysen durchführen, um den Hauptverursacher zu ermitteln.

Hinweise zur Interpretation Ihrer Messergebnisse in Bezug auf die Luftqualität finden Sie im Benutzerhandbuch des jeweiligen Produkts.

Der AXIS Air Quality Sensor ist kein unabhängiges Produkt, sondern muss an ein Gerät angeschlossen werden. Ausgewählte Axis Kameras und Blitzlichtsirenen können als Host-Gerät fungieren, so dass Sie den Sensor zu Ihrem Sicherheitssystem hinzufügen können. Die Verbindung zwischen dem Sensor und der Kamera oder der Blitzlichtsirene funktioniert über die Portcast-Technologie, mit der Sie einem Gerät nahtlos Funktionen hinzufügen können (in diesem Fall die Fähigkeit zur Messung der Luftqualität). Das bedeutet, dass der Sensor die IP-Adresse des Host-Geräts verwendet und vom Host-Gerät aus gesteuert wird. Sie können die Messergebnisse in der Weboberfläche der Kamera oder Blitzlichtsirene sowie über MQTT-Overlays anzeigen. Sie können die Messdaten auch in einem unterstützten VMS-Dashboard anzeigen lassen.

Über Axis Communications

Axis ermöglicht eine smartere und sichere Welt durch die Verbesserung von Sicherheit, Schutz, betrieblicher Effizienz und Geschäftsanalytik. Als Technologieführer im Bereich Netzwerk-Video bietet Axis Videosicherheits-, Zutrittskontroll-, Intercom- und Audiolösungen. Die branchenweit anerkannten Schulungen der Axis Communications Academy vermitteln fundiertes Expertenwissen zu den neuesten Technologien.

Das 1984 gegründete schwedische Unternehmen beschäftigt etwa 5.000 engagierte MitarbeiterInnen in über 50 Ländern und bietet mit Technologie- und Systemintegrationspartnern auf der ganzen Welt kundenspezifische Lösungen an. Der Hauptsitz ist in Lund, Schweden.