

10 KPIs zur Verbesserung der Luftqualität am Arbeitsplatz – Eine Win-Win-Situation für Unternehmen und Beschäftigte

AUTOREN

Daniel Pellegrini, Consultant, s-peers AG

Matthias Feldle, Head of Industry 4.0, s-peers AG



Zusammenfassung

Die COVID-19-Pandemie hat die Unternehmen überrascht und vor grosse Herausforderungen gestellt. Noch immer kämpft die Wirtschaft mit den Folgen der Pandemie und den damit verbundenen Umsatzeinbussen im In- und Ausland. Insbesondere die Planungsunsicherheit, mit der viele Unternehmen noch heute konfrontiert sind, birgt grosse Sorge vor weiteren Umsatzeinbussen. Nach vielen pandemiebedingten Ausfällen von Mitarbeitenden gilt es heute umso mehr, diese zu schützen. Für die Rückkehr an den Arbeitsplatz ist es daher notwendig, die richtige Strategie aus den Erfahrungen abzuleiten und den Schutz der Beschäftigten zu gewährleisten.

In diesem Whitepaper wird diskutiert, welche Strategie wir aus den Erfahrungen der Pandemie ableiten können, um ein gesünderes, effizienteres Arbeitsumfeld zu schaffen und welche Möglichkeiten es aus umwelt- und umgebungstechnischer Sicht dafür gibt. Neben den bereits bestehenden gesetzlichen Vorgaben für den Arbeitsschutz (z.B. EN 13779) kommen Regelungen zu Mindestabstand, Quarantäne und

Rückverfolgbarkeit von Infektionsketten hinzu. Insbesondere die Luftqualität ist ein entscheidender Indikator zur Einhaltung von Regelungen und zum Schutz der Mitarbeitenden.

Wir zeigen einen Lösungsansatz zur Verbesserung des Arbeitsumfelds durch stetige Verbesserung der Luftqualität unter Einhaltung europäischer Vorgaben. Dieser Ansatz bietet den Vorteil, durch intelligente Nutzung von mit Sensoren ausgestatteten Räumlichkeiten Energie- und Personalkosten einzusparen. Unser Prototyp ermöglicht es, die Luftqualität sowie die relevanten Unternehmenskennzahlen (KPIs) aufbereitet darzustellen. Mit den richtigen KPIs kann damit die optimale Strategie für die Rückkehr an den Arbeitsplatz und die zukünftige Arbeitsplatzausstattung entwickelt werden – eine Win-Win-Situation für Unternehmen und deren Beschäftigte.

Zusammenfassung	2
1. Luftqualität – eine Notwendigkeit in Pandemiezeiten	4
2. Industrie 4.0, Sensoren und Aktoren – Instrumente zur Verbesserung der Luftqualität	6
3. KPIs zur Verbesserung der Luftqualität	7
4. Die Lösung: Das s-peers AG Luftqualitäts Dashboard	8
5. Fazit	13

1. Luftqualität – eine Notwendigkeit in Pandemiezeiten

Viele Faktoren haben Einfluss auf die Qualität der Luft. Diese zu bewerten und einzuordnen obliegt unterschiedlichen Instanzen, wie z.B. der WHO oder dem Umweltbundesamt.

Was bedingt eine gute Luftqualität?

Laut der WHO ist verschmutzte Luft eine der Hauptursachen für Krankheiten. Die Luftqualität wird durch die in der Luft enthaltenen Verunreinigungen bestimmt. Dabei stellen sich folgende Fragen:

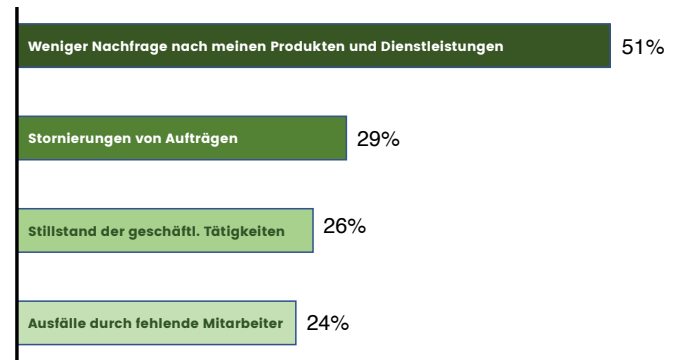
- Wie lässt sich die Luftqualität grundlegend steigern?
- Welche Lösungen gibt es bereits?
- Wie kann man von einer hohen Qualität der Luft profitieren?
- Wie bekommt man qualitativ hochwertige Luft?

Im Umfeld des digitalen Wandels hat sich das Monitoring zu einem wertvollen Werkzeug zur besseren Nutzung von KPIs entwickelt. Insbesondere für Controlling und Management sind genaue und verlässliche Kennzahlen unabdingbar. Die Kennzahlen zeigen u.a. den finanziellen Unternehmenserfolg, sie helfen Trends und Unsicherheiten frühzeitig zu erkennen und zeitnah zu reagieren. Auch für die Verbesserung der Luftqualität am Arbeitsplatz können Kennzahlen ein wichtiges Steuerungsinstrument sein und somit zum Unternehmenserfolg beitragen.

Gibt es eine Schnittstelle der Luftqualität zum Unternehmenserfolg?

Die COVID-19-Pandemie (2020-2021) hat die Wirtschaftsleistung vieler Länder und deren Unternehmen enorm beeinflusst. Die unsichere Zukunft in Hinblick auf die Pandemie sowie nicht vorhersehbares Konsumverhalten taten ihr Übriges (s. Abbildung 1).

Vieles lässt darauf schliessen, dass es einen Zusammenhang zwischen der Qualität von Luft und dem Erfolg von Unternehmen geben kann.



(Abbildung 1: Ausfall von Arbeitnehmenden in Pandemiezeiten)

Die Möglichkeit, das Arbeitsklima sprichwörtlich zu optimieren, kann sich positiv auf Unternehmenskennzahlen auswirken.

Laut der Online-Datenbank statista (s. Abbildung 1) war der pandemiebedingte Ausfall von Arbeitnehmenden mit 24% einer der Hauptgründe für sinkende bzw. stagnierende Unternehmenszahlen. Laut bitkom war rund ein Viertel der Beschäftigten zu der Zeit im Home-Office tätig. Dank der modernen Technik war dies mehrheitlich gut möglich. Doch mit Abflachen der Ansteckungszahlen sowie einem verbesserten Umgang mit der Pandemie kehren die Beschäftigten nach und nach an ihren Arbeitsplatz zurück. Um ein gesundes Arbeitsumfeld und die Vermeidung der Ansteckungsgefahr für ihre Mitarbeitenden zu gewährleisten, ist es für Unternehmen daher ratsam, die Arbeitsplätze auch im Hinblick auf die gestiegenen Ansprüche an die Luftqualität optimal vorzubereiten.

Gemäss einem Bericht der Oxford University Press lässt vieles darauf schliessen, dass es einen Zusammenhang zwischen der Qualität von Luft und dem Erfolg von Unternehmen geben kann. So sterben dem Bericht nach europaweit jährlich 790.000 Menschen vorzeitig an den Folgen schlechter Luftqualität, insbesondere an Herz- oder Lungenkrankheiten. Die Möglichkeit, das Arbeitsklima sprichwörtlich zu optimieren und die Gesundheit am Arbeitsplatz zu fördern, kann sich positiv auf Unternehmenskennzahlen auswirken.



2. Industrie 4.0, Sensoren und Aktoren – Instrumente zur Verbesserung der Luftqualität

Die vierte industrielle Revolution (**Industrie 4.0**) bietet unterschiedliche Ansätze zur Verknüpfung von Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine. Die Digitalisierung stellt die Basis für Verknüpfungen mithilfe von elektronischen Systemen, die genaue Daten über Kommunikationsschnittstellen übermitteln können. Dabei können mit elektronischen Komponenten, wie Sensoren und Aktoren, teilautonome Systeme erzeugt werden. Die Daten zur Verbesserung der Luftqualität werden mithilfe von **Sensoren** gemessen und erfasst.

Relevante Werte für die Luftqualität sind:

- Temperatur [°C]
- Luftfeuchtigkeit [%]
- Luftdruck [kPa]
- CO₂-Belastung [ppm]
- Luftzusammensetzung [%]
- Luftumwälzung [h]
- NO₂-Belastung [µg/m³]
- Pm_{2,5} [t]
- Pm₁₀ [t]

Die meisten dieser Werte können mithilfe von Sensoren ausgelesen und im Anschluss an ein System zur Auswertung weitergeleitet werden. Andere Werte, wie z.B. die Luftumwälzung, können über Sensoren hergeleitet oder berechnet werden. Die Weiterbearbeitung dieser Daten geschieht mithilfe von zwischengeschalteten Microcontrollern, Microcomputern oder Cloudsystemen.

Dabei können die Systeme unterschiedliche Funktionalitäten verfolgen: Zum einen können die Systeme zum Monitoring verwendet werden. Daraus ergeben sich Trendanalysen sowie Planungs- und Vorhersagemodelle. Weiterhin können die Systeme **Aktoren** ansteuern, die dabei helfen, Ziel-/Grenzwerte automatisiert einzuhalten. Eine zusätzliche Möglichkeit zur Erweiterung eines Sensorsystems ist die Anbindung an einen Aktor zur autonomen oder teilautonomen Zielwerterreichung. Ein Aktor kann bspw. ein Motor sein, der bei einer hohen CO₂-Belastung ein Fenster öffnet oder bei zu hoher Temperatur den Klimakompressor aktiviert.

3. KPIs zur Verbesserung der Luftqualität

Durch den Einsatz von KPIs lassen sich nicht nur Zielwerte für die Sensor-Aktor-Verbindung einstellen, sie können auch für das Monitoring verwendet werden. Insbesondere KPIs haben die Möglichkeit, einen direkten Zusammenhang der Luftqualität

zum Unternehmenserfolg herzustellen. Im Folgenden werden verschiedene KPIs vorgestellt, die ein Unternehmen bei der Verbesserung der Luftqualität unterstützen:

KPI	Einheit	Beschreibung	Zielwerte
CO ₂ -Luftbelastung	%	Prozentuale CO ₂ -Belastung in der Umgebungs-/Raumluft	< 0,1
CO ₂ -Personalbelastung	ppm	CO ₂ -Belastung eines Raumes in ppm (Parts per Million)	1.500 (Innen)
Luftfeuchtigkeit	%	Relative Luftfeuchtigkeit gemessen an der Feuchtigkeit in der Raumluft	40 - 60
Temperatur	°C	Temperatur der Raumluft	19 - 21
Luftdruck	hPA	Luftdruck im Innenraum (z.B. für Labore, Reinräume, etc.)	~ 1013
Luftfeuchtigkeit/Temp.	%/°C	Relation von Luftfeuchtigkeit zu Temperatur	2,5
Luftqualitätsindex(I/A)	***	Ampel-Qualitätsindex zur Indikation der Luftqualität Innen/Aussen	*
Luftumwälzung	1/h	Umwälzungsintervall der Raumluft pro Stunde	> 0,5
CO ₂ /Raumvolumen	g/m ³	Relation von CO ₂ -Masse in der Umgebungsluft pro Raumvolumen	***
Luftqualitätsindikator	%/Tag	Wert zur prozentualen Indikation einer hohen Luftqualität pro Tag	> 90

Tabelle 1: 10 KPIs als Indikator für Luftqualität

*** variiert je nach Raumbeschaffenheit – relevant für ungleiche CO₂ Verteilung im Raum



4. Die Lösung: Das s-peers AG Luftqualitäts-Dashboard

s-peers AG hat für diese Anwendung eine Testumgebung erzeugt, die es ermöglicht, in Echtzeit Daten der Luftqualität aus Büroräumen unterschiedlicher Standorte dezentral bereitzustellen. Somit können Arbeitsplätze in ihrer Luftqualität reguliert werden, indem der Mitarbeitende auf innere Einflüsse reagiert. Ein Reporting über den aktuellen Istzustand einer Arbeitsumgebung kann durch gezielte Algorithmierung in ein prädiktives Szenario umgewandelt werden. Die Daten können in das Standardreporting des Unternehmens, wie im Prototypen (s. Abbildung 2), integriert oder auch separat, z. B. im Intranet verfügbar gemacht werden.

Im Management Reporting wird neben Unternehmenskennzahlen (Sales, Costs, Margins, etc.) über die Umgebungsdaten (Ambiend Data, Headcount) informiert. Eine IBCS-konforme Darstellung visualisiert die Daten entsprechend der Anwendung. Die Dashboard-Elemente sind interaktiv und zeigen durch Betätigung der Elemente die detaillierten Kennzahlen sowie die Standorte der Sensoren an (s. Abbildung 3).

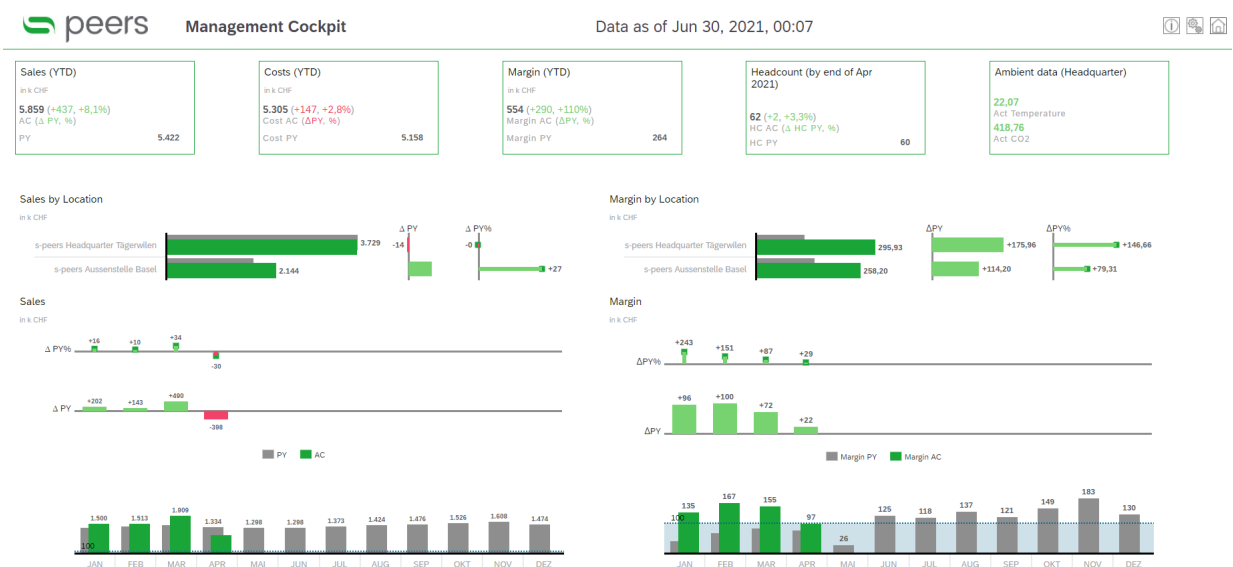


Abbildung 2: Management Cockpit in der SAP Analytics Cloud Plattform



4. Die Lösung: Das s-peers AG Luftqualitäts-Dashboard

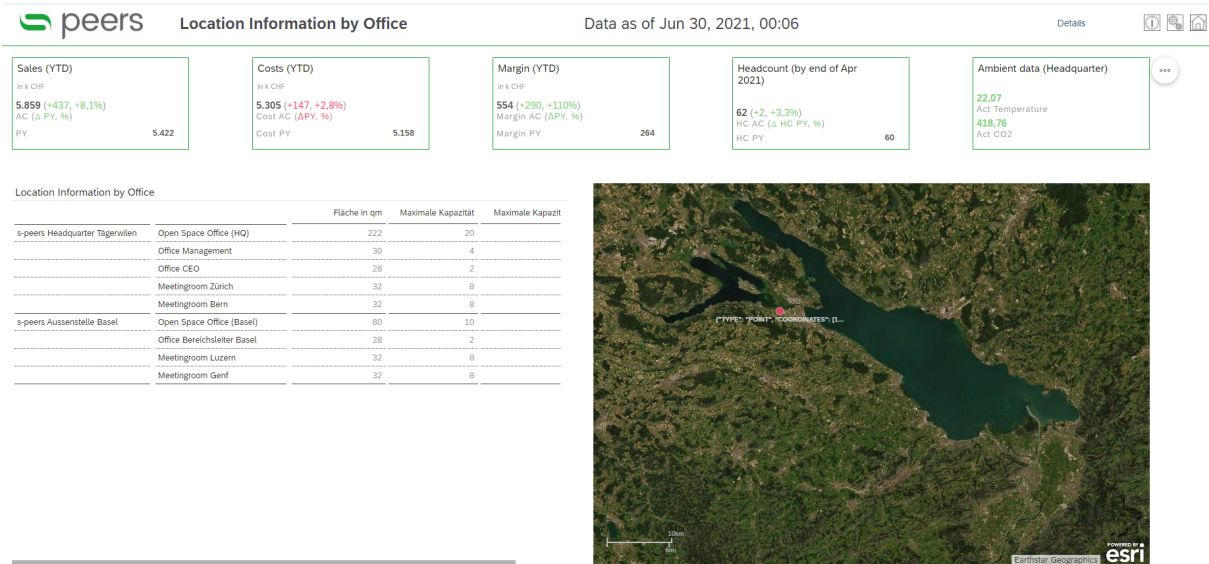


Abbildung 3: Bürumgebung und Geomap in der SAP Analytics Cloud Plattform

Durch die Auswahl eines Standorts wird wie in Abbildung 4 ein Luftqualitätsreport in Echtzeit für den Standort angezeigt. In diesem Beispiel sind alle Räume mit einem CO₂-, Temperatur- und Feuchtigkeitssensor ausgestattet. Das Dashboard gibt

den aktuellen Status der Luftqualität in Form eines Ampelsystems (Rot, Gelb, Grün) wieder. Einzelne Grenzwerte sind bereits hinterlegt und die Luftqualität kann so stetig überwacht werden.

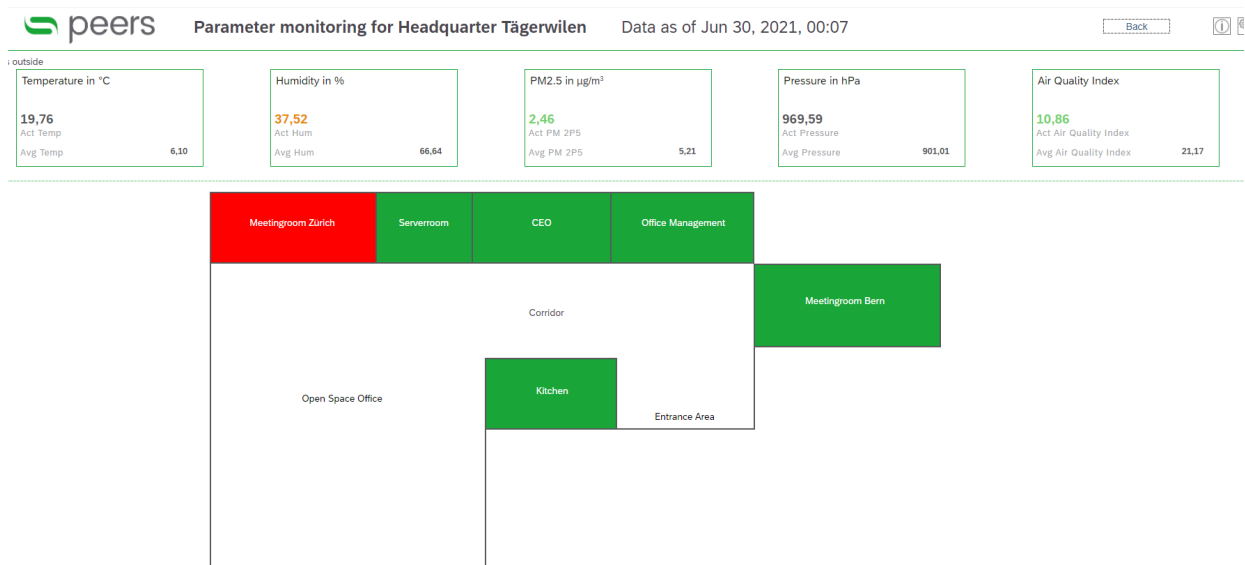


Abbildung 4: Raumaufteilung und Luftqualität in der SAP Analytics Cloud Plattform

4. Die Lösung: Das s-peers AG Luftqualitäts-Dashboard

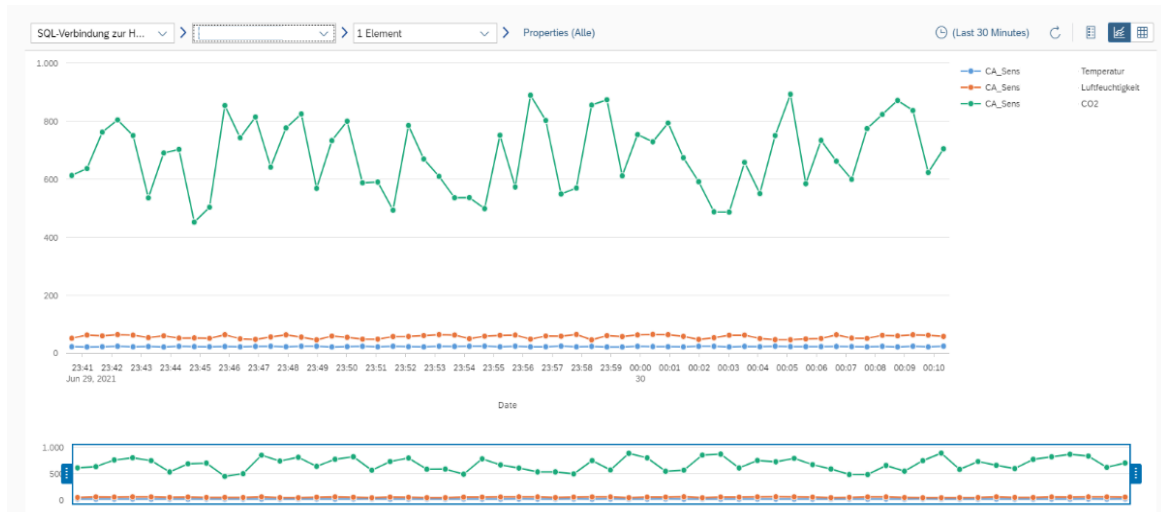


Abbildung 5: Zeitlicher Verlauf von Temperatur, CO₂ und Luftfeuchtigkeit; Auszug aus SAP Business Technology Platform

Die hinterlegten Daten können ebenfalls über das Dashboard abgerufen werden. Zudem kann im Dashboard ein zeitlicher Verlauf der Umgebungsdaten angezeigt werden, wodurch ein Trend über den Verlauf ermittelt wird (s. Abbildung 5).

Die Erzeugung einer solchen sensorüberwachten Umgebung kann bereits mithilfe eines geringen Hilfsmitelesatzes realisiert werden. Zunächst werden eine Umgebung sowie Ziel- oder Grenzwerte für die unterschiedlichen KPIs definiert. Abhängig vom Einsatz kann auch ein finanzielles Einsparpotential hinterlegt werden – bspw. im Sinne eines CO₂-Zertifikats. Die Grenz- oder Zielwerte können farblich gekennzeichnet werden und

geben so Aufschluss über den aktuellen Status der überwachten Umgebung in den einzelnen Räumen (s. Abbildung 5). Im Anschluss werden Sensoren, wie z.B. der **Nubo Air** von der **Sensirion AG** systematisch platziert und an ein Netzwerk angeschlossen. Über eine Schnittstelle kann der Sensor mit verschiedenen Cloud- oder Computersystemen kommunizieren und Daten in Echtzeit übermitteln.

4. Die Lösung: Das s-peers AG Luftqualitäts-Dashboard

Gute Luftqualität wirkt sich erwiesenermassen auf die Leistungsfähigkeit und Produktivität von Mitarbeitenden aus; ideal wäre ein niedriger Gehalt an CO₂ in der Raumluft und mittelmässig feuchter Umgebung bei konstanter Temperatur (s. Tabelle 1). Durchschnittlich stösst ein Mensch ca. 1kg CO₂ pro Stunde aus. Bei zwanzig Personen in einem Besprechungsraum können so bis zur Mittagspause etwa 80kg CO₂ in der Umgebungsluft erzeugt werden. Eine Studie des Umweltbundesamts gibt an, dass ein durchschnittlicher Klassenraum somit bis zu 89% der Schulstunde einen Wert von 1000 ppm CO₂ und bis zu 32% der Schulstunde einen Wert von 2000 ppm

CO₂ überschreitet. Laut EN13779 wird die Luftqualität im Innenraum bei einer CO₂-Konzentration von über 1400 ppm als unzureichend bewertet. Hinzu kommen Verunreinigungen der äusseren Umgebungsluft wie beispielsweise durch Strassenverkehr oder Baumassnahmen. Der CO₂-Wert im Raum steigt dabei rapide an, was zu Konzentrationsverlust und Ermüdung der Mitarbeitenden führen kann. Dies erhöht wiederum die Krankheitsgefahr und birgt ein Risiko für den Mitarbeitenden und somit auch für das Unternehmen. Ein pandemieoptimierter Arbeitsplatz für die Mitarbeiter ist daher notwendig.

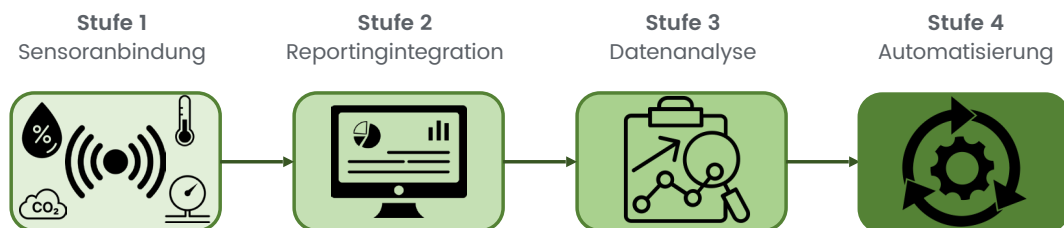


Abbildung 6: Vierstufenmodell zur Verbesserung der Luftqualität der s-peers AG

Hierfür empfiehlt s-peers ein einfaches vierstufiges Vorgehen, welches bedarfsoptimiert erweitert werden kann.

Stufe 1 – Sensoranbindung:

Mithilfe von Sensoren für die Umgebungsparameter werden Temperatur, CO₂ und Luftfeuchtigkeit erfasst. Die Temperatur dient zunächst als Hauptindikator für das Raumklima. Ein Luftfeuchtigkeitswert unter 60% sorgt zudem für eine angenehmere Wahrnehmung der Temperatur, da warme Luft erheblich mehr Feuchtigkeit speichert. Im nächsten Schritt wird der CO₂-Gehalt als Hauptindikator für die Luftqualität in der Raumluft gemessen. Dieser indiziert, dass der Raum bei Überschreiten des Grenzwerts entweder überbesetzt ist oder nicht ausreichend gelüftet wurde.

Stufe 2 – Reportingintegration:

Die Integration der gemessenen CO₂-, Temperatur- und Luftfeuchtigkeitswerte in die Reporting-Landschaft des Unternehmens erleichtert die Kontrolle der Luftqualität in den einzelnen Räumen. Besprechungen mit zu vielen Personen können so beispielsweise vermieden werden; die Mitarbeitenden können live im System verfolgen, ob ein Raum gelüftet werden sollte. Die Daten der Luftqualität können unternehmensweit bereitgestellt werden, ein Ampelsystem mit den hinterlegten Grenzwerten sorgt für eine übersichtliche visuelle Darstellung.

4. Die Lösung: Das s-peers AG Luftqualitäts-Dashboard

Stufe 3 - Datenanalyse:

Für die hinterlegten Grenzwerte der KPIs werden grafische Darstellungen erzeugt. Das System fordert den Mitarbeitenden z.B. auf, die Fenster zu öffnen. Durch gezielte Berechnungen und Zukunftsszenarien lassen sich Stosszeiten voraussehen. Mitarbeitende mit gesundheitlichen Einschränkungen können dadurch angewiesen werden, sich besser online einer Besprechung zuzuschalten, anstatt persönlich teilzunehmen. Phasenbedingte Krankheitstage (z.B. Grippewelle, COVID-19) können ausgewertet werden und empfehlen die Reduzierung der Anzahl an Mitarbeitenden in den Büroräumen, um die Wahrscheinlichkeit einer Ansteckung zu minimieren. Des Weiteren kann das prädiktive Modell festgelegte Lüftungszeiten unter Berücksichtigung der eingetragenen Raumbelastung empfehlen. Das System weist mithilfe der Sensoren darauf hin, wenn die Luftqualität wieder gut ist und die Fenster können geschlossen werden.

Stufe 4 - Automatisierung:

Zukünftig sollen sämtliche Sensorverknüpfungen durch Aktoren erweitert werden. Ein zugeschaltetes System ermöglicht das autonome Fensteröffnen, sobald die Luftfeuchtigkeit ansteigt. Bei hoher Aussenluftfeuchtigkeit wird die Klimaanlage eingeschaltet. Im Falle von erhöhten CO₂-Werten - innen oder aussen - können Luftfilter automatisiert aktiviert werden, bis die Luftqualität sich wieder im optimalen Bereich befindet. Sowohl Wetter- als auch aktuelle Verkehrsdaten können das Unternehmen bei der effizienten Energieumsetzung unterstützen.

5. Fazit

Bereits mit geringem Mitteleinsatz unter Verwendung der empfohlenen zehn KPIs kann ein umfangreiches Kontrollsystem für die Luftqualität erstellt werden. Die Vorteile einer überwachten Luftumgebung mittels KPIs können bereits **nach kurzer Zeit** beobachtet werden. Die Mitarbeitenden profitieren von einer sauberen Umgebung und bleiben so den ganzen Arbeitstag über leistungsfähig.

Mittelfristig kann durch die Luftqualitätsmessung Energie eingespart werden. Effiziente Lüftungsvorgänge und die bedarfsorientierte Aktivierung von Geräten zur Feuchtigkeits- oder CO₂-Regulierung können unter Berücksichtigung der Terminplanung der Mitarbeitenden zum Einsatz gebracht werden. Ein überwachtes CO₂-Umfeld reduziert die Anzahl an Krankheitstagen, da CO₂ ein Indikator für die Überfüllung von Räumen oder eine erhöhte Luftverschmutzung ist.

Langfristig kann der Einsatz einer digitalisierten Sensorlandschaft ein schneller und günstiger Eintritt in das I4.0-Umfeld sein. Weitere Systeme können an die Systemlandschaft angebunden und neue Zusammenhänge integriert werden (z.B. Filteranlagen an Maschinen, Absaugungen, Maschinenruhezzeiten, etc.).

Phasen mit erhöhten Krankheitsverläufen können vermieden werden, indem Büroräume während der jährlich wiederkehrenden Grippewelle strategisch besetzt werden. Alles in allem ist erkennbar, dass die Umgebungseinflüsse in einem kontrollierten Umfeld wesentlich zur Verbesserung der Arbeitsleistung beitragen können (z.B. Produktivität). Zudem wirkt sich positiv aus, dass die Energiekosten sowohl in Büro- als auch in Produktionsräumen reduziert werden können. Ein Blick auf den eigenen Umgang mit der Raum-Luftqualität ist lohnend.

Die **s-peers AG** bleibt an dem wichtigen und spannenden Thema dran. Wir freuen uns auf einen Austausch über die Implementierung eines Stufenplans zur Verbesserung der «Atmosphäre» in Ihrem Unternehmen. Bis dahin, bleiben Sie gesund!

Präzise. Fundiert. Unkompliziert.

s-peers AG
Lohstampfstrasse 11

CH-8274 Tägerwilen
Tel.: +41 71 667 00 67

www.s-peers.com
info@s-peers.com

