

Messen der Luftqualität in Innenräumen mit dem Partikelzähler Fluke 983

Anwendungsbericht

Einleitung

In den letzten Jahren wurde viel über die Luftqualität in Innenräumen diskutiert und publiziert, da sie sich auf die öffentliche Gesundheit auswirkt. Nach einer Schätzung der EPA (Environmental Protection Agency, USA) verbringen wir etwa 90 % unserer Zeit in Innenräumen. Weitere Studien belegen, dass die Luftverschmutzung in Innenräumen in manchen industriellen Umgebungen bis zu fünf Mal so hoch ist wie im Freien. Es gibt die verschiedensten Arten von Partikeln in der Luft, von Tierschuppen, Pollen und Bakterien bis zu Glasfasern, Asbest und Verbrennungspartikeln. Schon ein bewegungsloser Mensch gibt bis zu 500.000 Partikel (\varnothing 0,3 μm) pro Minute ab. Bei Aktivität kann der Ausstoß auf bis zu 45.000.000 Partikel pro Minute ansteigen. Feuchtigkeit und Temperatur haben großen Einfluss auf die Erzeugungsrate dieser Schadstoffe. Damit ein Techniker Probleme mit der Luftqualität in Innenräumen korrekt erkennen und beheben kann, benötigt er ein Messgerät, das nicht nur die Partikelkonzentration misst, sondern auch Anhaltspunkte bietet, warum eine Umgebung die Ansammlung von Schadstoffen fördert.

Die Bedeutung der Partikelkonzentration

Welche Partikelkonzentrationen annehmbar sind, hängt vom jeweiligen Standort ab, genauer gesagt von Überlegungen zu Gesundheit und Annehmlichkeit (z. B. in Wohnungen, Büros und Lackierereien) oder Verschmutzung (z. B. in Krankenhäusern, in Betrieben der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie und Reinräumen). Überhöhte Partikelkonzentrationen können Krankheiten wie das sogenannte „Sick Building Syndrome“, verringerte Produktivität, verunreinigte Produkte oder die oben genannten Probleme zur Folge haben.



Die Sicherung einer angenehmen Luftqualität kann nicht nur zu einer Senkung der mit Stillstandszeiten verbundenen Kosten beitragen, sondern auch zu einer Senkung oder Vermeidung der Kosten für teure Reparaturen in Zukunft. Bei der Einführung eines Programms zur Erhaltung der Luftqualität in Innenräumen muss zunächst ermittelt werden, ob gegenwärtig ein Problem vorliegt.

Untersuchung der Luftqualität in Innenräumen

In einem laufenden Wartungsprogramm oder bei Beschwerden, die möglicherweise mit der Luftqualität zusammenhängen, sollte zunächst die Luftqualität in Innenräumen untersucht werden.

Die Vorgehensweise ist in beiden Fällen gleich:

1. Führen Sie eine Umfrage unter glaubwürdigen Mitarbeitern vor Ort durch. Wer hat eine Beschwerde eingereicht, und was waren die Symptome? Befinden sich die Arbeitsplätze dieser Mitarbeiter nahe beieinander oder über das Gebäude verteilt? Diese Umfrage dient der Einschätzung der Toxizität anhand allergischer Reaktionen oder Irritationen.
2. Überprüfen Sie die Vorgeschichte des Gebäudes. Wann wurde das Gebäude errichtet und/oder umgestaltet? Gab es größere Schäden, und wie wurden die Reparaturen ausgeführt?

Welche Wartungsverfahren kommen im Gebäude zum Einsatz? Es ist beispielsweise möglich, dass Lecks in Dächern oder Rohrleitungen zwar ausgebessert wurden, der Wasserschaden jedoch nicht behoben wurde.

- Führen Sie eine Untersuchung vor Ort durch. Techniker müssen die Testumgebung genau prüfen und auf mögliche Partikelquellen achten. Vor Ort müssen Bereiche mit Auslassventilen, Öfen, Reinigungsmittelbeständen, frischer Farbe und/oder neuen Teppichböden berücksichtigt werden, insbesondere, wenn bezüglich dieser Bereiche Beschwerden eingegangen sind. Gibt es Geruchsbildung oder sichtbare Quellen (z. B. Schimmel)?

- Messen Sie die Luftqualität. Bei einer vollständigen Untersuchung der Luftqualität in Innenräumen sollten auch Temperatur-, Feuchtigkeits-, CO- und CO₂-Werte gemessen werden. Dadurch können Probleme identifiziert werden, die mit unzureichender und/oder verschmutzter Belüftung zusammenhängen und möglicherweise ein Partikelproblem verursachen. Temperatur- und Feuchtigkeitswerten kommt beispielsweise eine wichtige Rolle beim Erkennen von Schimmel und Bakterien zu. Eine hohe relative Feuchte und höhere Konzentrationen von Partikeln mit einer Größe von 3,0 µm oder mehr können auf das Vorhandensein von Schimmelpilzsporen hinweisen, die umgehend beseitigt werden sollten.

Das effizienteste Vorgehen bei der Beurteilung der Luftqualität in Innenräumen besteht darin, mehrere Messwerte im Freien als Grundwerte zu nehmen und dabei festzuhalten, wo im Verhältnis zum Gebäude diese Werte gemessen wurden. Mindestens ein Messwert sollte in der Nähe des Frischlufteinlassventils des Gebäudes ermittelt werden. Beachten Sie jedoch die Anordnung des Einlassventils, um sicherzustellen, dass die Grundwerte nicht durch Schadstoffquellen verfälscht werden, beispielsweise in der Nähe einer Laderampe. Dann wird ein Zielwert für die Luftqualität in Innenräumen berechnet, indem die Grundwerte durch die Effizienz der

Filterung in Innenräumen modifiziert werden. Partikel verteilen sich meist schnell in der umgebenden Luft, was das Identifizieren einer Quelle schwierig gestaltet. Eine Möglichkeit besteht darin, ausgehend vom beanstandeten Bereich mehrere Messwerte in Innenräumen zu ermitteln. Achten Sie bei der Datensammlung auf einen ungewöhnlichen Anstieg der Partikelzahl und -größe. Beurteilen Sie die Messwerte der eingebauten Temperatur- und Feuchtigkeitssensoren des Fluke 983 anhand anerkannter Kennziffern für Temperatur und relative Feuchte (NEN-ISO 7730).

Vergleichen Sie die Partikelmesswerte mit den im Freien gemessenen Grundwerten, um die Schwere der Partikelkonzentration abzuschätzen. Identifizieren Sie Problemzonen und Wege, die möglicherweise zur Partikelquelle führen. Verfolgen Sie die höheren Konzentrationen bis zur Quelle. Nachdem die Quelle beseitigt wurde, sollte eine neue Messung durchgeführt werden, um den Erfolg des Eingriffs sicherzustellen.

Für derartige Messungen werden oft mehrere Messgeräte eingesetzt. Der Partikelzähler Fluke 983 verfügt jedoch über Temperatur- und Feuchtigkeitssensoren sowie sechs Kanäle für die Messung von Partikeln unterschiedlicher Größe. Mit diesem Messgerät ist ein Techniker für eine einfache Untersuchung der Luftqualität in Innenräumen gewappnet und kann die notwendigen Schritte zur Behebung des Problems einleiten.

Auswertung der Daten

Für die korrekte Auswertung der Daten sind Kenntnisse über das Messgebiet erforderlich. Handelt es sich um ein Wohngebiet oder ein Industriegebiet? Gibt es Tabakqualm oder Tiere in diesem Bereich? Wird in dem Gebiet oder in der Nähe gebaut? Eine sachgerechte Bewertung der Umgebung kann die Auswahl der problematischen Partikel einengen. Grenzwerte hängen u. a. von Größe und Art des Gebäudes ab und können sich stark unterscheiden. Eine sorgfältige Bewertung kann jedoch Hinweise darauf geben, ob ein Problem vorliegt.

Folgende Messwerte der Luftqualität im Freien dienen als übergeordnete Referenz für Techniker (siehe Abb. A).

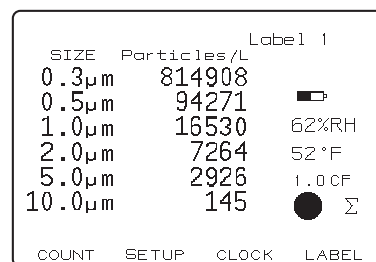


Abb. A

Szenario 1: Die in Abb. B angezeigten Messwerte stammen aus einem neuen Wohngebäude (< 5 Jahre) und weisen keine außergewöhnlich hohen Konzentrationen auf. Aufgrund einer höheren Anzahl möglicher Partikelquellen (z. B. Schuppen von Haustieren), der kleineren Diffusionsfläche und der meist weniger ausgereiften Filterung können in Wohngebäuden bisweilen Partikelkonzentrationen auftreten, die über den Messwerten im Freien liegen.

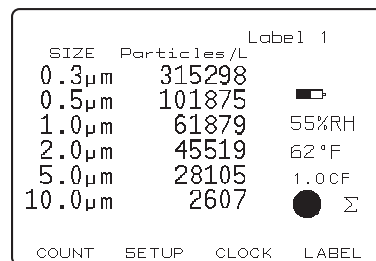


Abb. B

Szenario 2: Die in Abb. C angezeigten Partikelkonzentrationen sind charakteristisch für ein durchschnittliches Bürogebäude und weisen keine außergewöhnlich hohen Konzentrationen auf. Aufgrund der besseren Filterung und dem besseren Luftaustausch mit der Außenluft sollte die Partikelkonzentration in Bürogebäuden deutlich unter den Messwerten im Freien liegen.

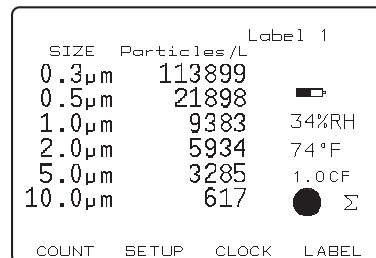


Abb. C

Szenario 3: Die in Abb. D angezeigten Partikelkonzentrationen stammen aus einem älteren Wohngebäude mit sichtbarem Schimmel. Die Messwerte sind deutlich höher, und es sollten Maßnahmen ergriffen werden, den Schimmel zu beseitigen und die Ursache des Problems zu beheben.

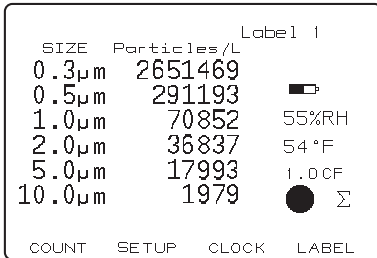


Abb. D

Messungen in Reinräumen

Reinräume sind besonders sensibel hinsichtlich vorhandener Partikel, für Messungen in diesen Bereichen sind Partikelzähler hervorragend geeignet. Um dies zu verdeutlichen, wird hier als Beispiel ein Reinraum der ISO Klasse 5 (nach ISO 14644-1:1999) mit dem Fluke 983 bewertet. In einem Reinraum der Klasse 5 darf die Konzentration in keiner der Partikelgrößen über den folgenden Grenzwerten liegen:

ISO-Klassifizierung	Partikelgrenzwerte nach Klasse					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1,0 µm	5,0 µm
	m³	m³	m³	m³	m³	m³
1	10	2				
2	100	24	10	4		
3	1000	237	102	35	8	
4	10000	2370	1020	352	83	
5	100000	23700	10200	3520	832	29
6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
7				352000	83200	2930
8				3520000	832000	29300
9				35200000	8320000	293000

Unser Test befasst sich mit der Konzentration von Partikeln mit einer Größe von 0,3 µm. An sechs verschiedenen Punkten innerhalb des Reinraums wurden mehrere 2 l-Proben mit folgenden Messwerten genommen:

Messpunkt (L)	Konzentration (C _i)						Durchschnittliche Konzentration (AC _i)
	1	2	3	4	5	6	
A	750	560	655	730			674
B	1575	1250	750	950	1100	1300	1154
C	1300	850	980	1125	1350	975	1097
D	1150	775	450	825	845	1000	841
E	825	855	730	940	695	925	828
F	1700	1585	1135	900	1725	1210	1376

Szenario 4: Falls es in Szenario 3 keine sichtbare Partikelquelle gibt, können Sie mögliche Quellen mit Hilfe von Partikelgrößentabellen wie z. B. Abb. E bestimmen. Nehmen Sie eine Probe der Partikel und lassen Sie diese in einem Labor analysieren.

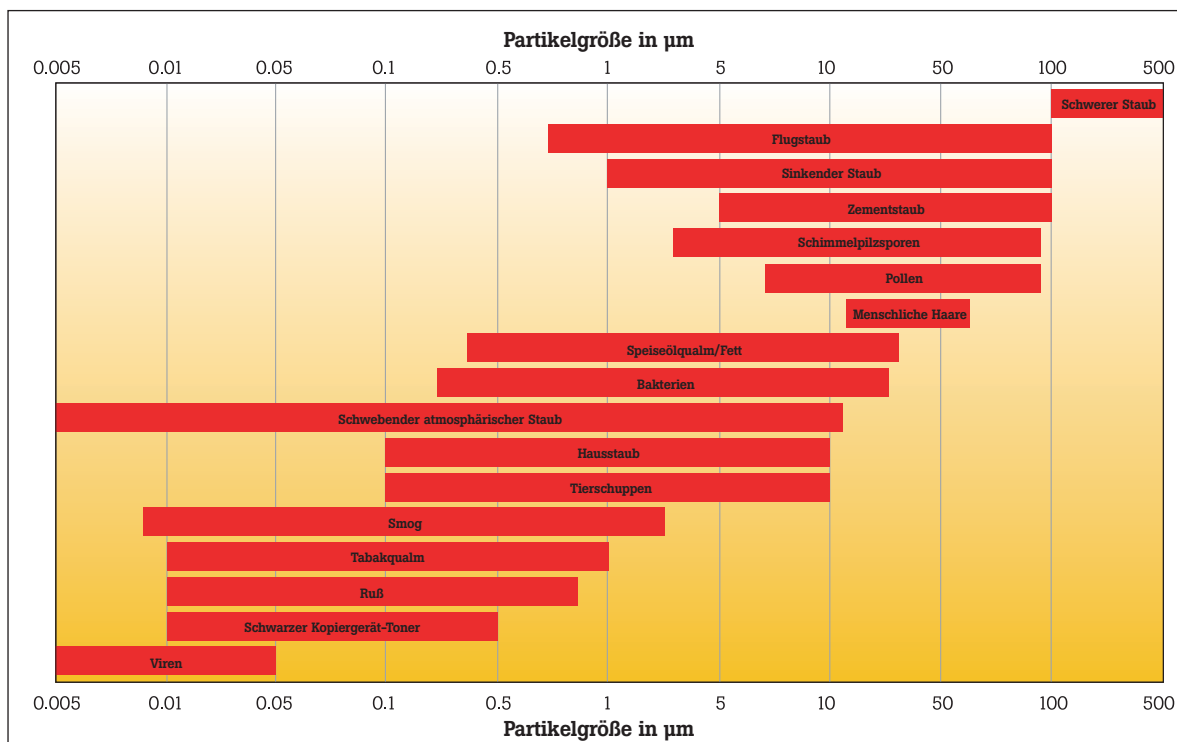


Abb. E

Erklärung der Funktionen des Partikelzählers

Der Einsatz eines Partikelzählers ist relativ einfach. Bisweilen ist es jedoch schwierig, die Funktionen zu verstehen, die den Unterschied zu anderen Geräten ausmachen. Folgende Begriffe werden oft im Zusammenhang mit Genauigkeit, Effizienz und anderen Eigenschaften eines optischen Partikelzählers verwendet.

Zählmodus: Der Zählmodus bestimmt, wie Daten für den Benutzer angezeigt werden. Zwei typische Zählmodi sind Konzentration und Summe. Fluke 983 verfügt zusätzlich über einen Audiomodus. Im Konzentrationsmodus werden die Werte einer kleinen Luftprobe entsprechend der Volumeneinstellung des Zählers (cm² oder ft²) berechnet. Im Summenmodus kann der Benutzer während der Messung die momentane Partikelzahl ablesen. Im Audiomodus können Partikelkonzentrationen gemessen werden, die vordefinierte Parameter übersteigen. Wenn die eingestellte Konzentration überschritten wird, wird der Benutzer akustisch gewarnt.

Nullzählung: Nullzählung ist ein Maß für die Genauigkeit des Partikelzählers. Eine Nullzählung sollte vor der ersten Verwendung und in regelmäßigen Abständen danach durchgeführt werden, oder wenn ein Messfehler vermutet wird. Am Partikelzähler wird ein Nullzählungsfilter entsprechend den Anweisungen des Herstellers angebracht und danach der Zähler für 15 Minuten eingeschaltet. Der Zähler sollte über einen Zeitraum von fünf Minuten nicht mehr als einen Partikel mit einer Größe von mehr als 0,3 µm messen.

Koinzidenzverlust: Koinzidenzverlust tritt auf, wenn zwei Partikel den Lichtstrahl des Zählers gleichzeitig kreuzen. In diesem Fall wird nur ein einzelner Impuls erzeugt und nur ein Partikel gemessen. Dieser Fehler tritt bei höheren Partikelkonzentrationen in der Probe häufiger auf. Nach FED-STD-209E muss der Koinzidenzverlust unter 10 % liegen.

Zähleffizienz: Wahrscheinlichkeit, mit der der Zähler ein Partikel im Probevolumen erkennt und zählt. Bis zu einer minimalen Empfindlichkeit ist die Zähleffizienz eine Funktion der Größe, über der minimalen Empfindlichkeit werden alle Partikel erkannt und gezählt. Eine Zähleffizienz von 80 % bei höchster Empfindlichkeit gilt als optimal und erleichtert den einheitlichen Vergleich von Messungen mit optischen Partikelzählern und Messungen mit hochauflösenderen Messgeräten.

Empfindlichkeit: Die Fähigkeit eines Geräts, kleine Partikel bei einer bestimmten Zähleffizienz zu erkennen. Fluke 983 erkennt Partikel mit einer Größe von 0,3 µm bei einer Zähleffizienz von 50 %.

Auflösung: Die Fähigkeit eines Geräts, feine Unterschiede in der Partikelgröße zu erkennen. Die Sensorauflösung hängt von einer gleichförmigen Beleuchtung des Probevolumens, Schwankungen in der Fließgeschwindigkeit und der Qualität des optischen Systems ab. Eine falsche Ausrichtung des Sensors oder ein Ausfall der Laserdiode bewirken eine niedrige Auflösung.

Kalibrierung: Die Tätigkeiten zur Ermittlung des Zusammenhanges zwischen den ausgegebenen Werten eines Messmittels und den bekannten Werten der Messgröße unter bekannten Bedingungen. Fluke 983 wird mit Hilfe von PSL-Kugeln (Polystyrolatex) kalibriert, die aufgrund ihrer gleichmäßigen Größe und lichtbrechenden Eigenschaften weit verbreitet sind.

Auf NIST rückführbar: Der Begriff Rückführung beschreibt einen Vorgang, durch den die Anzeige eines Messgeräts (oder eine Maßverkörperung) in einer Stufe oder in mehreren Stufen mit einem nationalen Normal für die betreffende Messgröße verglichen werden kann. Die PSL-Kugeln, die für die Kalibrierung des Fluke 983 verwendet werden, sind auf NIST-Normen (National Institute of Standards and Technology/USA) rückführbar.

Die einzelnen Messwerte liegen für sich genommen unter den Grenzwerten für den Reinraum. Wir können jedoch mit folgendem statistischen Verfahren die Gültigkeit der Messwerte überprüfen:

1. Schritt: Berechnung des gewichteten Mittelwerts der Partikelkonzentration

$$M = (AC_1 + AC_2 + AC_3 + AC_4 + AC_5 + AC_6) / L$$

$$995 = (674 + 1154 + 1097 + 841 + 828 + 1376) / 6$$

2. Schritt: Berechnung der Standardabweichung der Durchschnittswerte

$$SD = (\sqrt{(AC_1 - M)^2 + \dots + (AC_6 - M)^2}) / (L - 1)$$

$$116 = (\sqrt{(674 - 995)^2 + (1154 - 995)^2 + (1097 - 995)^2 + (841 - 995)^2 + (828 - 995)^2 + (1376 - 995)^2}) / (6 - 1)$$

3. Schritt: Berechnung des Standardfehlers des arithmetischen Mittels der Durchschnittswerte

$$SE = SD / (\sqrt{L})$$

$$47.36 = 116 / (\sqrt{6})$$

4. Schritt: Bestimmung der oberen Vertrauensgrenze (UCL)

	Obere Vertrauensgrenze (UCL), Multiplikator für 95 % Vertrauen								
Messpunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9+
95% UCL	6,31	2,92	2,35	2,13	2,02	1,94	1,9	1,86	NA

$$UCL = M + (UCL\text{-Multiplikator} * SE)$$

$$1,087 = 995 + (1.94 * 47.36)$$

Das arithmetische Mittel liegt bei allen Messpunkten innerhalb der Grenzwerte für einen Reinraum der Klasse 5. Fluke 983 verwendet sechs Kanäle zur Anzeige der Messwerte für Partikel unterschiedlicher Größe auf einem einzigen Display und ermöglicht so ein Ablesen der Messwerte auf einen Blick. Das Beispiel mit dem Reinraum bezieht sich zwar auf die Partikelgröße 0,3 µm, doch der Techniker erkennt auf dem Display sofort Abweichungen in anderen Partikelgrößen.

Ausblick: Partikelmessungen

Der Schlüssel zu einer erfolgreichen Untersuchung der Luftqualität in Innenräumen ist die Betrachtung der Umgebung insgesamt. Standort, Vorgeschichte des Gebäudes, Beschwerden sowie messbare Faktoren wie Temperatur und Feuchtigkeit können bei der Identifizierung von Problemen mit der Luftqualität in Innenräumen eine wichtige Rolle spielen. Beim Einsatz eines Partikelzählers sollten Sie sich bewusst sein, dass eine Partikelquelle möglicherweise nur ein Symptom eines viel größeren Problems ist. Eine Beseitigung der Quelle behebt möglicherweise nicht das zugrunde liegende Problem einer schlechten Filterung, Belüftung oder übermäßiger Feuchtigkeit. Wenn diese Probleme nicht behoben werden, werden mit Sicherheit dieselben Symptome erneut und verstärkt auftreten. Der Partikelzähler Fluke 983 ist ein leistungsstarkes, robustes und bedienungsfreundliches Messgerät, das Techniker bei der Identifizierung von Partikelproblemen und Überprüfung der Bemühungen zur Behebung der zugrunde liegenden Ursachen unterstützt.

Fluke. Damit Ihre Welt intakt bleibt.

Fluke Deutschland GmbH
Heinrich-Hertz-Straße 11
34123 Kassel
Tel.: (069) 2 22 22 02 00
Fax: (069) 2 22 22 02 01
E-Mail: info@de.fluke.nl

Fluke Vertriebsgesellschaft mbH
Mariahilfer Straße 123
1060 Wien
Tel.: (01) 928 95 00
Fax: (01) 928 95 01
E-Mail: info@as.fluke.nl

Fluke Switzerland GmbH:
Industrial Division
Grindelstrasse 5
8304 Wallisellen
Tel.: 044 580 75 00
Fax: 044 580 75 01
E-Mail: info@ch.fluke.nl

Besuchen Sie uns im Internet unter:
<http://www.fluke.de>
<http://www.fluke.at>
<http://www.fluke.ch>