

Einfaches Messen der Luftqualität in Innenräumen

mit dem Partikelzähler Fluke 985

Anwendungsbericht

Einführung

Energieersparnisse stehen bei Anlagenbetreibern an oberster Stelle der Tagesordnung. Klimaanlage haben für gewöhnlich den größten Anteil an der Stromrechnung. Steuernachlässe basieren oft auf Energieersparnissen pro Quadratmeter. Doch Einsparungen bei den Stromkosten für Klimaanlage können infolge von fehlerhafter Ventilation, Temperatur- und Feuchtigkeitskontrolle schwerwiegende Probleme mit der Luftqualität in Innenräumen nach sich ziehen. Wenn beispielsweise die Anlage ausgeschaltet gelassen wird, bis am Morgen die ersten Personen eintreffen, wird zwar Geld gespart; andererseits können sich in dieser Zeit auch Schadstoffe in der Luft ansammeln. Wenn die Klimaanlage nicht ordnungsgemäß gewartet wird und die Luftfilter nicht geprüft werden, werden mit ziemlicher Sicherheit Probleme mit der Luftqualität in Innenräumen auftreten. Vor den Auswirkungen von

Problemen mit der Luftqualität in Innenräumen wurde in zahlreichen Umweltverträglichkeitsbewertungen und behördenübergreifenden Arbeiten der US-amerikanischen Umweltschutzbehörde (Environmental Protection Agency, EPA) gewarnt. Weitere Studien belegen, dass die Luftverschmutzung in den Innenräumen von manchen gewerblich genutzten Gebäuden bis zu fünfmal so hoch ist wie im Freien.

Es gibt die verschiedensten Arten von Partikeln in der Luft, von Tierschuppen, Pollen und Bakterien bis hin zu Glasfasern, Asbest und Verbrennungspartikeln, die durch Teile der Produktionsgeräte oder -prozesse generiert werden. Um Probleme mit der Luftqualität in Innenräumen korrekt zu identifizieren und zu beheben, benötigt der Techniker ein Messgerät, das nicht nur bei Stichprobenkontrollen die Partikelkonzentrationen liest, sondern auch zur verfahrenstechnischen Überwachung eine kontinuierliche Überwachung gewährleistet.



Die Bedeutung der Partikelkonzentration

Welche Partikelkonzentrationen annehmbar sind, hängt vom jeweiligen Messpunkt ab. Im Wohn- und Gewerbeumfeld (z. B. in Privathäusern, Büros, Hotels) sind es oft Gesundheits- und Komfortaspekte sowie die Angst vor Rechtsfällen, die den Auslöser für Untersuchungen zur Luftqualität in Innenräumen geben. Im industriellen und institutionellen Umfeld (z. B. in Krankenhäusern, Lebensmittel- und Getränkebetrieben bzw. Werkstätten für Elektronik- und Präzisionsfertigung) stehen Energiekosten, Kontaminationskontrolle und Produktionsausbeuten im Vordergrund. Überhöhte Partikelkonzentrationen können Krankheiten wie das so genannte „Sick Building Syndrome“, verringerte Produktivität, verunreinigte Produkte oder die oben genannten Probleme zur Folge haben.

Die Sicherung einer annehmbaren 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 Instandhaltungsprogramm oder bei Beschwerden, die möglicherweise mit der Luftqualität zusammenhängen, sollte zunächst die Luftqualität in Innenräumen untersucht werden. Die Vorgehensweise ist in beiden Fällen – ob Wohnung/Gewerbe oder Industrie/Institution – 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 bzw. der Konzentration anhand allergischer Reaktionen oder Irritationen im menschlichen Wohlbefinden oder erhöhter Kontamination im Produkt.
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 Instandhaltungsverfahren kommen im Gebäude zum Einsatz? Es ist beispielsweise möglich, dass Lecks in Dächern oder Rohrleitungen zwar ausgebessert wurden, der Wasserschaden jedoch nicht behoben wurde.
3. 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)?
4. 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. Eine hohe Konzentration von Partikeln mit einer Größe zwischen 0,3 und 10 µm kann auf das Vorhandensein von Bakterien hinweisen, die eine Gefahr für Patienten in OPs oder Krankenstationen darstellen können.

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 Frischlufterlassventils 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. Für den Einsatz in Reinnräumen können die Einstellungen „As-Build“, „in Ruhe“ oder „operativ“ (die drei Phasen des Reinnraums) als Grundlinie verwendet werden. Sobald eine Grundlinie festgelegt wurde, sollten die erfassten Daten stets mit der gleichen Grundlinie verglichen 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. Beschaffen Sie sich eine Karte der installierten Klimaanlage, und erstellen Sie anhand dieser eine Prüfroute. Nehmen Sie in jeder Zone eine Messung in der Mitte des Raums ebenso wie in der Nähe der Lufterein- und -auslässe und der anderen Elemente der Klimaanlage vor. Notieren Sie an allen HEPA-Filtern insbesondere die Werte für stromauf und stromab. Achten Sie bei der Datenerfassung auf einen ungewöhnlichen Anstieg der Partikelzahl und -größe. Nutzen Sie die Messpunktbenennungs- und Datenspeicherfunktionen des Messgeräts Fluke 985, um die Partikelkonzentrationen an verschiedenen Positionen zu Vergleichszwecken zu unterscheiden. Vergleichen Sie die Partikelmesswerte mit den 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.

Mit dem Temperatur- und Feuchtigkeitsmessgerät Fluke 971 kann der Techniker die Temperatur- und Feuchtigkeitsmessungen anhand von akzeptierten Parametern bewerten (siehe ASHRAE-Normen 55 und 62) und ist damit 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 einen Wohnraum oder einen Industriebereich? Handelt es sich um einen Reinraum oder einen Präzisionsfertigungsbereich? Ist der Reinraum „in Ruhe“ oder „operativ“? Gibt es Tabakqualm oder Verbrennungspartikel 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:

Stopped 00:00:00 SAMPLE 1 of 5	
Location 1	
Size	Counts
	Cumulative
0.3 µm	814908
0.5 µm	94271
1.0 µm	16530
2.0 µm	7264
5.0 µm	2926
10.0 µm	145
1.0 F ³	
10:27:15 AM	
11-14-2011	

Abbildung 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.

Stopped 00:00:00 SAMPLE 2 of 5	
Location 1	
Size	Counts
	Cumulative
0.3 µm	315298
0.5 µm	101875
1.0 µm	61879
2.0 µm	45519
5.0 µm	28105
10.0 µm	2607
1.0 F ³	
11:27:15 AM	
11-14-2011	

Abbildung 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.

Stopped 00:00:00 SAMPLE 3 of 5	
Location 1	
Size	Counts
	Cumulative
0.3 µm	113899
0.5 µm	21898
1.0 µm	9383
2.0 µm	5934
5.0 µm	3285
10.0 µm	617
1.0 F ³	
12:27:15 PM	
11-14-2011	

Abbildung 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, um den Schimmel zu beseitigen und die Ursache des Problems zu beheben.

Stopped 00:00:00 SAMPLE 4 of 5	
Location 1	
Size	Counts
	Cumulative
0.3 µm	2651469
0.5 µm	291193
1.0 µm	70852
2.0 µm	36837
5.0 µm	17993
10.0 µm	1979
1.0 F ³	
1:27:15 PM	
11-14-2011	

Abbildung D.

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.

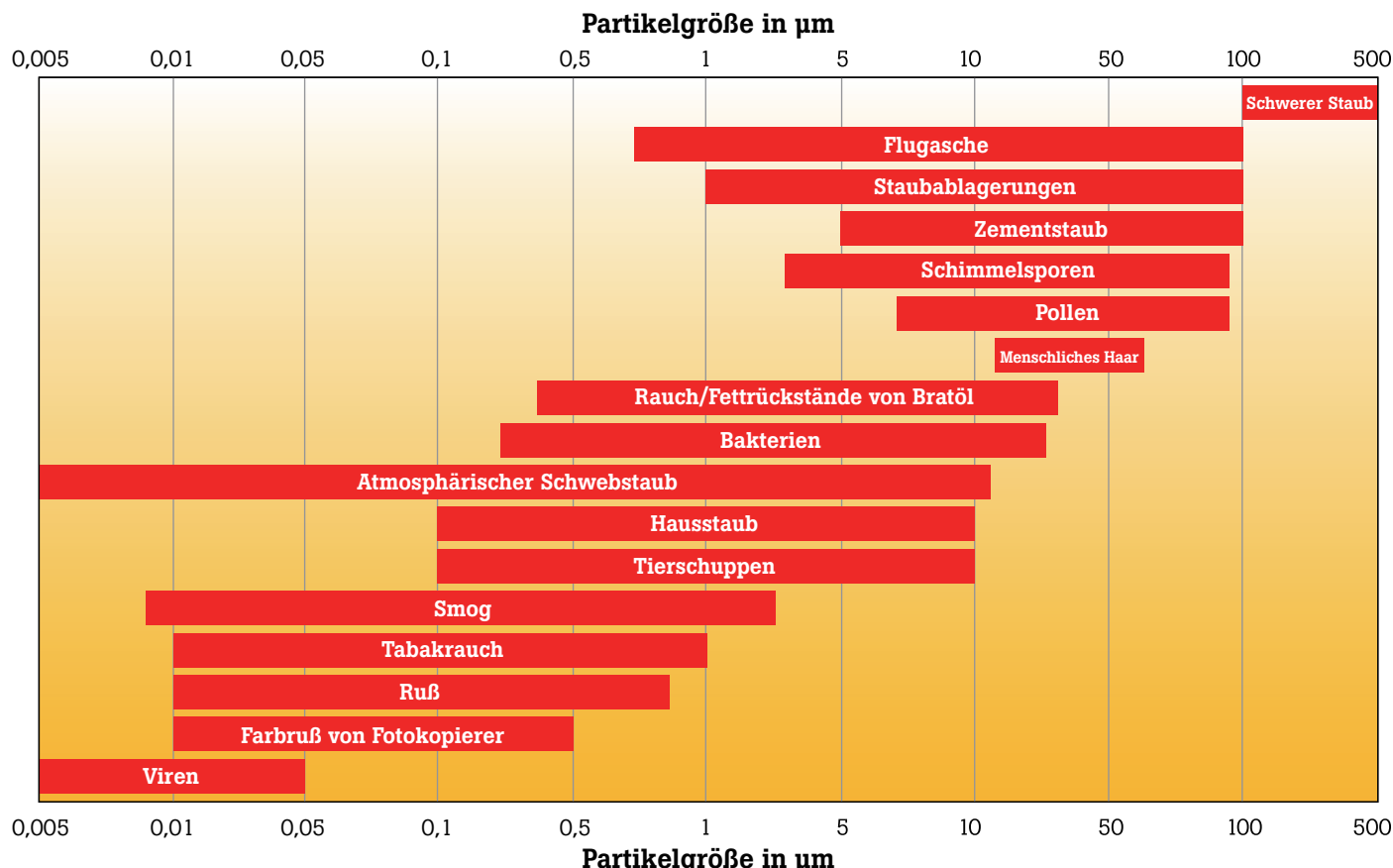


Tabelle 1:

Messungen in Reinräumen (Zertifizierung und Überwachung)

Reinräume sind besonders sensibel hinsichtlich vorhandener Partikel, für Messungen in diesen Bereichen sind Partikelzähler hervorragend geeignet. Die Zertifizierung von Reinräumen erfolgt in der Regel in der As-Built-Phase. Um dies zu verdeutlichen, wird hier als Beispiel ein Reinraum der ISO Klasse 5 (nach ISO 14644) mit dem Fluke 985 bewertet. In einem Reinraum der Klasse 5 darf die Konzentration in keiner der Partikelgrößen über den folgenden Grenzwerten liegen:

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

ISO-Klassifizierung	Partikelgrenzwerte nach Klasse					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1,0 µm	5,0 µm
	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
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

Messpunkt (L)	Konzentration (C1)						Mittel (AVE) Konzentration (AC1)
	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

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:

Schritt 1: Berechnung des gewichteten Mittelwerts der Partikelkonzentration

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

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

Schritt 2: Berechnung der Standardabweichung der Durchschnittswerte

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

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

Schritt 3: Berechnung des Standardfehlers des arithmetischen Mittels der Durchschnittswerte

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

$$47,36 = 116 / (\sqrt{6})$$

Schritt 4: Bestimmung der oberen Vertrauensgrenze (UCL)

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

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

$$1.087 = 995 + (1,94 * 47,36)$$

Das arithmetische Mittel liegt bei allen Messpunkten innerhalb der Grenzwerte für einen Reinraum der Klasse 5.

Der Fluke 985 verwendet sechs Kanäle zur Anzeige der Messwerte für Partikel unterschiedlicher Größe auf einem einzigen Display und ermöglicht so ein Ablesen aller 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. Mit dem Fluke 985 kann der Techniker die Anzahl der Kanäle konfigurieren, die für die verschiedenen Partikelgrößen angezeigt werden, und außerdem einen Alarm über Audio oder Text hervorhebung bei einer Zählungsüberkonzentration für die jeweilige Partikelgröße festlegen.

Sobald der Reinraum zertifiziert ist, kann der Techniker außerdem anhand der Trenddiagrammfunktion des Fluke 985 die Partikelkonzentration über einen vom Techniker festgelegten Zeitraum überwachen. Diese Funktion kann in der „operativen“ Phase des Reinraums verwendet werden. Auf diese Weise ist der Techniker in der Lage, den Fertigungsprozess zu überwachen, falls eine ungewöhnliche Erhöhung der Partikelkonzentration ermittelt wird, und das Ereignis aufzuspüren, das die kontaminierten Partikel in den Prozess eingeführt hat. Außerdem kann der Techniker den Trend unmittelbar auf der Einheit verfolgen, bevor die Daten exportiert werden, was beim Datendownload sehr viel Zeit spart. Anhand des Fluke 985 USB/Ethernet Cradle kann der Techniker die Daten zur umgehenden Datenanalyse schnell über USB oder über ein Netzwerk auf einen Computer übertragen, damit in kürzester Zeit Abhilfemaßnahmen ergriffen werden können. Die Verzögerungsfunktion des Fluke 985 ist nützlich, um die Partikelkonzentrationen in einem

Reinraum „in Ruhe“ festzustellen, d. h. nachdem die Mitarbeiter den Reinraum verlassen haben, die Luft durch das Ventilationssystem des Raums gefiltert wurde und die Umgebung sich stabilisiert hat.

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, Druck und Partikelkonzentration 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. Die Partikelzählung im Rahmen der laufenden vorbeugenden Instandhaltung ist für die Gewährleistung einer gesunden Umgebung und einer guten Produktionsausbeute unabdingbar. Der Partikelzähler Fluke 985 ist ein leistungsstarkes, robustes und benutzerfreundliches Messgerät, das Techniker bei der Identifizierung von Partikelproblemen und der Überprüfung von Bemühungen zur Behebung der zugrunde liegenden Ursachen unterstützt.

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. Der Fluke 985 verfügt zusätzlich über einen Audiomodus. Im Konzentrationsmodus werden die Werte einer kleinen Luftprobe entsprechend der Volumeneinstellung des Zählers (cm³, ft³ oder Liter) berechnet. Im Summenmodus kann der Benutzer während der Messung die momentane Partikelzahl ablesen. Er kann auf kumulativ (Gesamtzahl der Partikel > Größe jedes Kanals) oder differentiell (Anzahl der Partikel fällt zwischen Kanalgrößen) eingestellt werden. Im Audiomodus können Partikelkonzentrationen gemessen werden, die vordefinierte Parameter übersteigen. Wenn die eingestellte Konzentration überschritten wird, wird der Benutzer akustisch gewarnt. Der Zählmodus bestimmt, wie Daten für den Benutzer angezeigt werden.

Nullzählung: Die 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. Danach wird der Zähler für 15 Minuten eingeschaltet. Der Zähler sollte über einen Zeitraum von fünf Minuten nicht mehr als ein Partikel mit einer Größe von mehr als 0,3 µm messen.

Koinzidenzverlust: Ein 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 21501-4 muss der Koinzidenzverlust ≤ 10 % der maximalen Partikelzahlkonzentration betragen. Beim Fluke 985 beträgt der Koinzidenzverlust 10 % bei 4.000.000 Partikeln pro ft³.

Zähleffizienz: Die 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 50 % 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. Der Fluke 985 erkennt Partikel mit einer Größe von 0,3 µm bei einer Zähleffizienz von 50 %.

Kalibrierung: Die Tätigkeiten zur Ermittlung des Zusammenhangs zwischen den ausgegebenen Werten eines Messmittels und den bekannten Werten der Messgröße unter bekannten Bedingungen. Der Fluke 985 wird mit Hilfe von PSL-Kugeln (Polystyrolatex) kalibriert, die aufgrund ihrer gleichmäßigen Größe und lichtbrechenden Eigenschaften weit verbreitet sind, und erfüllt die Anforderungen nach ISO 21501-4. Lichtstreuungs-Luftpartikelzähler für saubere Räume.

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 einer nationalen Norm für die betreffende Messgröße verglichen werden kann. Die PSL-Kugeln, die für die Kalibrierung des Fluke 985 verwendet werden, sind auf NIST-Normen (National Institute of Standards and Technology/USA) rückführbar.

Fluke. Damit Ihre Welt intakt bleibt.®

Fluke Deutschland GmbH
In den Engematten 14
79286 Glottertal
Telefon: (069) 2 22 22 02 00
Telefax: (069) 2 22 22 02 01
E-Mail: info@de.fluke.nl
Web: www.fluke.de

Beratung zu Produkteigenschaften und Spezifikationen:
Tel: (07684) 8 00 95 45

Beratung zu Anwendungen, Software und Normen:
Tel: 0900 1 35 85 33
(€ 0,99 pro Minute aus dem deutschen Festnetz, zzgl. MwSt., Mobilfunkgebühren können abweichen)
E-Mail: hotline@fluke.com

Dieses Dokument darf nicht ohne die schriftliche Genehmigung der Fluke Corporation geändert werden.

Fluke Vertriebsgesellschaft m.b.H.
Liebermannstraße F01
A-2345 Brunn am Gebirge
Telefon: (01) 928 95 00
Telefax: (01) 928 95 01
E-Mail: info@as.fluke.nl
Web: www.fluke.at

Fluke (Switzerland) GmbH
Industrial Division
Hardstrasse 20
CH-8303 Bassersdorf
Telefon: 044 580 75 00
Telefax: 044 580 75 01
E-Mail: info@ch.fluke.nl
Web: www.fluke.ch

© Copyright 2012 Fluke Corporation. Alle Rechte vorbehalten. Gedruckt in den Niederlanden mm/jjj. Änderungen vorbehalten.

Fluke. Damit Ihre Welt intakt bleibt
Pub_ID:11904-ger