

DIN EN 16211

ICS 91.140.30; 17.120.10

**Lüftung von Gebäuden –
Luftvolumenstrommessung in Lüftungssystemen –
Verfahren;
Deutsche Fassung EN 16211:2015**

Ventilation for buildings –
Measurement of air flows on site –
Methods;
German version EN 16211:2015

Systèmes de ventilation pour les bâtiments –
Mesurages de débit d'air dans les systèmes de ventilation –
Méthodes;
Version allemande EN 16211:2015

Gesamtumfang 40 Seiten

DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument beinhaltet die Deutsche Fassung der vom Technischen Komitee CEN/TC 156 „Lüftung von Gebäuden“ (Sekretariat: BSI, Vereinigtes Königreich) im Europäischen Komitee für Normung (CEN) ausgearbeiteten EN 16211:2015.

Der NA 041-02-52 AA „Komponenten (SpA CEN/TC 156/WG 3 und WG 4)“ des DIN-Normenausschusses Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) war an der Erarbeitung dieser Norm beteiligt.

Deutsche Fassung

Lüftung von Gebäuden —
Luftvolumenstrommessung in Lüftungssystemen —
Verfahren

Ventilation for buildings —
Measurement of air flows on site —
Methods

Systèmes de ventilation pour les bâtiments —
Mesurages de débit d'air dans les systèmes
de ventilation —
Méthodes

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 5. März 2015 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Symbole	5
3.1 Begriffe	5
3.2 Symbole	5
4 Grundsätze und Einflussparameter	6
4.1 Hydraulischer Durchmesser	6
4.2 Strömungsstörungen	7
4.3 Luftdichte, ρ	7
4.4 Dynamischer Druck, p_d	7
4.5 Korrekturen für die Luftdichte, ρ	7
5 Fehlerquellen	8
5.1 Allgemein	8
5.2 Systematische Fehler	9
5.3 Zufallsfehler	10
6 Messunsicherheit	10
6.1 Gesamte Messunsicherheit	10
6.2 Standardunsicherheit des Messgerätes, u_1	10
6.3 Standardunsicherheit des Verfahrens, u_2	11
6.4 Standardunsicherheit der Ablesung, u_3	11
6.5 Erweiterte Messunsicherheit, U_m	11
7 Anforderungen an die Messung	12
7.1 Anforderungen an die Messung und Korrektur	12
7.2 Messungen mit einem Druckmessgerät (Manometer)	12
7.3 Messungen mit einem Anemometer	13
7.4 Messungen mit dem Prandtl-Rohr	13
7.5 Messung von Temperatur und Luftdruck	13
7.6 Mittelwertberechnung des Messsignals	13
8 Verfahren zur Messung von Luftvolumenströmen in Luftleitungen — ID-Verfahren	13
8.1 Empfohlene Verfahren	13
8.2 Punktmessungen der Geschwindigkeit mit einem Prandtl-Rohr – (Verfahren ID 1) oder einem Anemometer (Verfahren ID 2)	14
8.2.1 Beschreibung des Verfahrens	14
8.2.2 Am Ort der Messung durchzuführende Vorbereitungen	15
8.2.3 Durchführung der Messung	18
8.2.4 Korrektur von gemessenen Werten und Berechnung des Luftvolumenstroms	19
8.2.5 Standardunsicherheit des Verfahrens	20
8.3 Ortsfeste Geräte für die Volumenstrommessung – Verfahren ID 3	21
8.3.1 Beschreibung des Verfahrens	21
8.3.2 Vorbereitung der Messungen – Prüfeinrichtung	21
8.3.3 Messverfahren	21
8.3.4 Korrektur von gemessenen Werten	21
8.3.5 Standardunsicherheit des Verfahrens	22

8.4	Indikatorgas-Messung – Verfahren ID 4	22
8.4.1	Beschreibung des Verfahrens	22
8.4.2	Prüfeinrichtung	22
8.4.3	Berechnung des Luftvolumenstroms	23
8.4.4	Standardmessunsicherheit	24
8.4.5	Bedingungen für ein homogenes Mischen von Indikatorgas	24
9	Verfahren zur Messung von Luftvolumenströmen für Zuluftdurchlässe – ST-Verfahren	25
9.1	Überblick über die empfohlenen Verfahren	25
9.2	Messung des Referenzdrucks – Verfahren ST 1	26
9.2.1	Einleitung	26
9.2.2	Prüfeinrichtung	27
9.2.3	Korrektur von gemessenen Werten	27
9.2.4	Standardunsicherheit des Verfahrens	27
9.3	Das Beutel-Verfahren – Verfahren ST 2	27
9.3.1	Beschreibung des Verfahrens	27
9.3.2	Grenzen	28
9.3.3	Prüfeinrichtung	28
9.3.4	Vorbereitung	28
9.3.5	Messung	28
9.3.6	Korrektur von gemessenen Werten	29
9.3.7	Standardunsicherheit des Verfahrens	29
9.4	Messungen mit Strömungshaube – Verfahren ST 3	29
9.4.1	Einleitung	29
9.4.2	Prüfeinrichtung	29
9.4.3	Messungen	30
9.4.4	Korrektur von gemessenen Werten	31
9.4.5	Standardunsicherheit des Verfahrens	31
10	Verfahren für Abluftdurchlässe – ET-Verfahren	31
10.1	Empfohlene Verfahren	31
10.2	Messung des Referenzdrucks am Abluftdurchlass – Verfahren ET 1	32
10.2.1	Beschreibung des Verfahrens	32
10.2.2	Grenzen	33
10.2.3	Prüfeinrichtung	33
10.2.4	Korrektur von gemessenen Werten	33
10.2.5	Standardunsicherheit des Verfahrens	33
10.3	Messung unter Verwendung einer Strömungshaube – Verfahren ET 2	33
10.3.1	Einleitung	33
10.3.2	Prüfeinrichtung	34
10.3.3	Messungen	35
10.3.4	Korrektur von gemessenen Werten	35
10.3.5	Standardunsicherheit des Verfahrens	35
Anhang A (normativ)	Unsicherheiten	36
A.1	Berechnungsbeispiele	36
A.2	Zusammengesetzte Unsicherheiten	37
A.3	Anwendungsbeispiele	37
Literaturhinweise		38

Vorwort

Dieses Dokument (EN 16211:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 156 „Lüftung von Gebäuden“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2016, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2016 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Zur Inbetriebnahme und Betriebsüberwachung Raumluftechnischer Anlagen wurden Messverfahren entwickelt und normiert, die sowohl vorschriftsmäßig als auch einfach anzuwenden sind. Das Raumklima und die Luftqualität können häufig erheblich verbessert werden, wenn das Heizungs- und Lüftungssystem in einer Weise betrieben wird, dass es dauerhaft gut funktioniert. Es ist daher wichtig, dass die Anlage im Planungsstadium so konstruiert wird, dass Messungen und Überwachungen unter Anwendung etablierter und anerkannter Verfahren durchgeführt werden können.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Messung von Luftvolumenströmen in Lüftungssystemen. Sie legt eine Beschreibung der Verfahren für Luftvolumenströme dar und wie Messungen innerhalb der für das Verfahren vorgeschriebenen Toleranzen durchgeführt werden.

Ein Messverfahren beruht auf der Messung von Punktgeschwindigkeiten über einen Querschnitt einer Luftleitung, um die Luftvolumenströmung zu bestimmen. Dieses vereinfachte Verfahren ist eine Alternative zu den in ISO 3966 und EN 12599 beschriebenen Verfahren. Diese Norm setzt bestimmte Messumgebungen voraus (Länge gerader Luftleitungen und einheitliches Geschwindigkeitsprofil), die eingehalten werden müssen, um die vorgeschriebenen Toleranzen des vereinfachten Verfahrens zu erreichen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 12792, *Lüftung von Gebäuden — Symbole, Begriffe und grafische Symbole*

EN 14277, *Lüftung von Gebäuden — Luftdurchlässe — Verfahren zur Messung des Luftstroms durch kalibrierte Fühler in oder in der Nähe von Luftdurchlässen/Überdruckkammern*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in EN 12792 angegebenen Begriffe.

3.2 Symbole

Die folgenden Symbole werden verwendet.

Symbol	SI-Einheit	SI Unit	Symbol	SI-Einheit	SI Unit
t	Zeit	s	O	Umfang	m
ρ	Dichte	kg/m ³	p	Druck	Pa
ρ_s	Luftdichte unter Normalbedingungen = 1,2	kg/m ³	p_d	Dynamischer Druck	Pa
ρ_r	Tatsächliche Dichte	kg/m ³	p_s	Statischer Druck	Pa
$\rho_{g\text{tracer}}$	Indikatorgaskonzentration	kg/m ³	p_t	Gesamtdruck	Pa
$\rho_{g\text{duct}}$	Luftleitungsluftdichte	kg/m ³	p_u	Gemessener Druck	Pa
A	Querschnittsfläche	m ²	Δp	Differentialdruck	Pa
$a, b, c,$ etc.	Maße für Längen	mm	Δp_u	Differenzdruck	Pa
L	Mischlänge	mm	q	Luftvolumenstrom	m ³ /s, l/s
H	Höhe der Luftleitung	mm	q_k	Korrigierter Luftvolumenstrom	m ³ /s, l/s
W	Breite der Luftleitung	mm	q_s	Indikatorgas-Strömung	m ³ /s, l/s

Symbol	SI-Einheit	SI Unit	Symbol	SI-Einheit	SI Unit
B	Barometrischer Druck	hPa	q_{s9duct}	Indikatorgas-Strömung bei Luftleitungs-Temperatur	m ³ /s, l/s
C	Verunreinigungskonzentration	ppm	$q_{stracer}$	Indikatorgas-Strömung bei Durchflussmessgerät/Rotameter-Temperatur	m ³ /s, l/s
C_i	Anfangskonzentration	ppm	q_t	Gesamter Luftvolumenstrom	m ³ /s, l/s
C_s	Indikatorgas-Konzentration in stationärem Zustand	ppm	q_u	Gemessener Luftvolumenstrom	m ³ /s, l/s
D	Durchmesser	mm	g	Temperatur	°C
D_h	Hydraulischer Durchmesser	mm	g_{duct}	Temperatur in der Luftleitung	°C
k_c	Abdeckungsfaktor	–	g_{tracer}	Indikatorgas-Temperatur	°C
k_1	Korrekturfaktor für Dichte	–	V	Volumen	m ³
k_2	Korrekturfaktor für die Form der Luftleitung	–	v	Luftgeschwindigkeit	m/s
k	Durchflussfaktor	–	v_s	Luftgeschwindigkeit unter Normalbedingungen	m/s
L_1	kleineres Maß einer Luftleitung mit rechteckigem Querschnitt	mm	v_r	Tatsächliche Luftgeschwindigkeit	m/s
L_2	größeres Maß einer Luftleitung mit rechteckigem Querschnitt	mm	v_m	Luftgeschwindigkeit, Mittelwert	m/s
u_1	Standardunsicherheit des Messgerätes	–			
u_2	Standardunsicherheit des Verfahrens	–			
u_3	Standardunsicherheit der Ablesung	–			
u_m	Standardunsicherheit der Messung	–			
U_m	Erweiterte Messunsicherheit	–			

4 Grundsätze und Einflussparameter

4.1 Hydraulischer Durchmesser

Der hydraulische Durchmesser ist der Durchmesser einer runden Luftleitung, in der derselbe Druckabfall bei gleicher Luftgeschwindigkeit und gleichem Reibungskoeffizient herrschen würde, und er wird durch die folgende Gleichung definiert:

$$D_h = 4 \cdot A / O \quad (1)$$

Bei Luftleitungen mit rechteckigem Querschnitt wird daraus:

$$D_h = 2 \cdot L_1 \cdot L_2 / (L_1 + L_2) \quad (2)$$

Dabei sind L_1 und L_2 die Seiten der Luftleitung.

Bei einer Luftleitung mit kreisförmigem Querschnitt wird daraus:

$$D_h = D \quad (3)$$

4.2 Strömungsstörungen

Strömungsstörungen führen zu Geschwindigkeitsprofilen in Luftleitungen, die nicht symmetrisch sind.

ANMERKUNG Der Durchfluss weist, außer nach langen, geraden Abschnitten, selten ein symmetrisches Erscheinungsbild auf. Die Symmetrie wird häufig durch unterschiedlichen Widerstand gestört, zum Beispiel nach einem Bogen, einer Verringerung oder einer Vergrößerung des Querschnitts. Das Geschwindigkeitsprofil wird außerdem durch eine Drosselvorrichtung, ein T-Stück sowie vor und nach einem Ventilator gestört.

4.3 Luftdichte, ρ

Die Dichte von trockener Luft variiert mit dem Luftdruck und der Lufttemperatur nach folgender Näherungsgleichung:

$$\rho = 1,293 \cdot \frac{B}{1013,25} \cdot \frac{273,15}{273,15 + \vartheta} \quad (4)$$

ANMERKUNG Die relative Luftfeuchte (RH) hat einen sehr geringen Einfluss auf die Luftdichte bei Raumtemperatur. Die Dichte von mit Wasserdampf gesättigter Luft bei 20 °C und 1 013,25 hPa ist nur ungefähr 1 % geringer als die der äquivalenten trockenen Luft.

In einem Niederdrucksystem ist es selten erforderlich, den Einfluss des statischen Drucks auf die Luftdichte zu berücksichtigen. In einem Hochdrucksystem kann es jedoch notwendig sein. Die Berechnung wird dann folgendermaßen durchgeführt:

$$\rho = 1,293 \cdot \frac{B + 0,01 \cdot p_s}{1013,15} \cdot \frac{273,15}{273,15 + \vartheta} \quad (5)$$

4.4 Dynamischer Druck, p_d

Mit einem Prandtl-Rohr wird der dynamische Druck gemessen. Der dynamische Druck kann verwendet werden, um den Luftvolumenstrom unter der Verwendung folgender Gleichung zu berechnen:

$$p_d = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (6)$$

4.5 Korrekturen für die Luftdichte, ρ

Bei der Darstellung eines gemessenen Luftvolumenstroms oder einer Geschwindigkeit sollte angegeben werden, ob es sich dabei um reale oder normierte Strömung handelt. Die Messungen müssen vorgegebenen Werten des Luftvolumenstroms des Systems (realer oder normierter Luftvolumenstrom) entsprechen. Die Verfahren in dieser Norm stellen die Messungen als realen Luftvolumenstrom dar. In 4.5 ist beschrieben, wie zwischen normierter und realer Geschwindigkeit umgerechnet wird. Dieselbe Umrechnung gilt auch für den Luftvolumenstrom.

Der reale Luftvolumenstrom richtet sich nach der herrschenden Temperatur und dem herrschenden Luftdruck. Die Normströmung wird verwendet, um den Luftvolumenstrom unter Normbedingungen von 1 013,25 hPa und 20 °C darzustellen. Ein Ventilator transportiert, unabhängig von der Luftdichte, ungefähr dieselbe Luftmenge. Der Betrag der Normströmung ändert sich mit der Luftdichte.

Das verwendete Messgerät kann die reale oder normierte Strömung messen oder das Messgerät erfordert für eine korrekte Darstellung Kalibrierungsbedingungen. Es ist eine entsprechende Kompensation erforderlich, insbesondere dann, wenn der Einsatz unter Bedingungen erfolgt, die von den Kalibrierungsbedingungen oder

Normbedingungen von 1 013,25 hPa und 20 °C abweichen. Der Luftdruck verringert sich mit zunehmender Höhe und schwankt außerdem mit dem Wetter.

Zur Umrechnung von realer Geschwindigkeit oder realem Luftvolumenstrom auf Normgeschwindigkeit bzw. normierter Luftvolumenstrom ist die folgende Gleichung zu verwenden:

$$v_s = v_r \cdot \rho_r / \rho_s \quad (7)$$

5 Fehlerquellen

5.1 Allgemein

Es gibt viele Faktoren, die Einfluss auf die Messergebnisse haben und die beim Messen zu berücksichtigen sind. Diese Faktoren sind zum Beispiel:

- a) Kalibriereinrichtungen, die regelmäßig mit einem rückführbaren Normal (Kalibriereinheit) abgeglichen werden müssen;
- b) kalibrierte Messgeräte;
- c) Kalibrierintervalle;
- d) Untersuchung der Langzeitstabilität der Messgeräte;
- e) Temperatur- oder Dichtekompensation der Messgeräte;
- f) zufällige Unsicherheiten der Messgeräte;
- g) zufällige Unsicherheiten der Ablesungen;
- h) Schwankungen der Messgröße;
- i) an unterschiedliche Einbaufälle angepasste Messverfahren;
- j) zufällige Unsicherheiten bei den Messverfahren;
- k) Einfluss der Messverfahren auf den Durchfluss;
- l) Schwankungen des Außenklimas;
- m) Stabilität des Luftvolumenstroms.

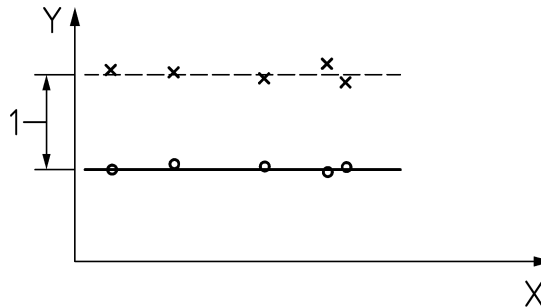
Bestimmte Fehlerquellen sind schwer zu beeinflussen, andere können verringert oder sogar eliminiert werden. Fehler bei der vorhandenen Datenerfassung können die Folge von Messungen sein, die durch Systemfehler oder zeitweilige Störungen beeinflusst wurden. Fehler der Messdaten können unterteilt werden in:

- grobe Fehler, aufgrund des menschlichen Faktors, die im Einklang mit dieser Norm ausgeschlossen werden müssen;
- systematische Fehler;
- Zufallsfehler.

5.2 Systematische Fehler

Nach der Definition treten systematische Fehler auf, wenn die einzelnen Messwerte in derselben Richtung vom „wahren“ Wert abweichen oder wenn sie in regelmäßiger Weise variieren.

Das Ergebnis von Messungen, bei denen systematische Fehler auftreten, kann aussehen wie in Bild 1.



Legende

- 1 Systematischer Fehler
- 2 Zeit
- 3 Wahrer Wert

Bild 1 — Erläuterung eines systematischen Fehlers

Die Kreise repräsentieren gemessene Zahlenwerte, die in zufälliger Weise um den wahren Wert verstreut liegen und die nach der Definition folglich keine systematischen Fehler aufweisen.

Die Kreuze repräsentieren Messergebnisse, bei denen die gemessenen Zahlenwerte zu hoch sind, zum Beispiel infolge der Verwendung eines unkalibrierten Messgerätes. Dieser Fehler kann leicht beseitigt werden, indem das Messgerät kalibriert und eine Korrektur bestimmt wird.

Für eine Korrektur gilt Folgendes:

$$\text{Korrektur} = (\text{Schätzwert des wahren Wertes}) - (\text{abgelesener Wert})$$

oder

$$(\text{Abgelesener Wert}) + (\text{Korrektur}) = \text{Schätzwert des wahren Wertes}$$

Schätzwerte von wahren Werten werden häufig als Messwerte bezeichnet. Für Korrekturen wird empfohlen einen Korrekturwert (positiv oder negativ) zu addieren, statt mit einem Korrektionsfaktor zu multiplizieren.

Die Kalibrierung ist ein Teil der Bestimmung des systematischen Fehlers eines Messgerätes, mit der die Kalibrierunsicherheit bestimmt werden kann, um das Messgerät schließlich einzustellen oder die Messungen zu korrigieren, und durch deren Wiederholung die Driftunsicherheit zu beurteilen.

Ein Messgerät muss stets in der Lage sein, einen korrekten Messwert anzugeben. Das bedeutet, dass die Kalibrierung in regelmäßigen Zeitabständen durchzuführen ist. Es wird empfohlen, dass elektronische Messgeräte, die für Messungen von Druck, Strömung und Geschwindigkeit verwendet werden, regelmäßig entsprechend ihrer Drift kalibriert werden, um die zulässige Unsicherheit einzuhalten. Das Messgerät sowie weitere Einrichtungen, die das Messergebnis beeinflussen (z. B. der Beutel im Beutel-Verfahren) sollten mit einem Verfahren kalibriert werden, das eine (bekannte) geringe Unsicherheit aufweist und auf internationale Kalibriernormale rückführbar ist.

Es sollten Kalibriertabellen verwendet werden, aus denen Korrekturen oder alternativ der reale Wert ersichtlich sind.

5.3 Zufallsfehler

Selbst wenn systematische Fehler erfolgreich eliminiert werden, können wiederholte Messungen derselben Größe nicht notwendigerweise identische Ergebnisse produzieren, auch wenn die Messungen sorgfältig durchgeführt wurden. Dieser Fehlertyp ist normalerweise als Ergebnis des Zufalls definiert und wird Unsicherheit genannt. Das heißt, dass die Größenordnung und die Art der Unsicherheit keinem bekannten Gesetz folgen und es daher nicht möglich ist, sie im Voraus zu berechnen oder zu korrigieren. Es gibt verschiedene Ursachen zufälliger Unsicherheit, z. B., Ablesungsunsicherheit, Geräteunsicherheit, Verfahrensunsicherheit, Probleme der Wiederholbarkeit aufgrund des Benutzers, Schwankungen der Umgebungsbedingungen usw. Im Allgemeinen kann die Unsicherheit durch die Vergrößerung der Anzahl der Messpunkte oder durch Erhöhung der Messdauer bei Geräten mit Erwartungswertfunktion reduziert werden.

Zufällige Unsicherheiten aufgrund des Ablesens, des Messgerätes und des Verfahrens werden in Abschnitt 6 näher erläutert.

6 Messunsicherheit

6.1 Gesamte Messunsicherheit

Die gesamte Messunsicherheit sollte eine erweiterte Messunsicherheit mit einer Überdeckungswahrscheinlichkeit von etwa 95 % aufweisen, siehe 6.5 und die Beispiele im Anhang A. Bei der Berechnung von Unsicherheiten mit Hilfe von Gleichung (8) müssen alle Unsicherheiten dieselbe Überdeckungswahrscheinlichkeit von etwa 68 % aufweisen.

Die Standardunsicherheit der Messung u_m wird unter Verwendung der folgenden Gleichung berechnet:

$$u_m = \left(u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 \right)^{1/2} \quad (8)$$

Dabei ist

- | | |
|----------------------|--|
| u_1, u_2 und u_3 | zufällige Standardunsicherheiten mit einer Überdeckungswahrscheinlichkeit von etwa 68 % sind. |
| u_1 | die Standardunsicherheit des Messgerätes, wie Hysterese, Temperaturkompensation, Drift usw. ist. Die Messgerätunsicherheit ist normal verteilt. |
| u_2 | die Standardunsicherheit des Verfahrens, die sich aus Abweichungen vom Kalibrierungsverfahren für das Messverfahren ergibt ist. Bei diesem Typ sind außerdem die Abweichungen von der Kalibrierkurve für in Serie gefertigte Messgeräte, Drosselvorrichtungen oder Luftdurchlässe mit eingebauten Messausgängen enthalten. Die Verfahrensunsicherheit ist normal verteilt. |
| u_3 | die Standardunsicherheit der Ablesung ist. Die Ablesungsunsicherheit ist bei digitalen Messgeräten rechteckig verteilt. |

6.2 Standardunsicherheit des Messgerätes, u_1

Auch nach Korrektur eines Ablesewertes oder eines gemessenen Mittelwertes in Bezug auf unterschiedliche Faktoren, bleiben bei Messungen zufällige Unsicherheiten. Zur Unsicherheit des Messgerätes zählen Kalibrierunsicherheit und Unsicherheit des Messgerätes selbst (wie beispielsweise Hysterese, Temperaturkompensation, Drift usw.).

Informationen zu dieser Unsicherheit müssen vom Hersteller des Messgerätes zur Verfügung gestellt werden, und es ist wichtig, zu kontrollieren, dass eine Überdeckungswahrscheinlichkeit von etwa 68 % verwendet wird.