

DIN EN 16211

ICS 17.120.10; 91.140.30

Einsprüche bis 2011-03-17

Entwurf

**Lüftung von Gebäuden –
Luftvolumenstrommessung in Lüftungssystemen –
Verfahren;
Deutsche Fassung prEN 16211:2010**

Ventilation for buildings –
Measurement of air flows on site –
Methods;
German version prEN 16211:2010

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2011-01-17 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nhrs@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRs) im DIN, 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 45 Seiten

Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRs) im DIN
Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN

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 prEN 16211:2010.

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

Lüftung von Gebäuden — Luftvolumenstrommessung in Lüftungssystemen — Verfahren

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

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen	9
5 Vorbereitung der Messung	10
5.1 Messwertbeeinflussungen	10
5.2 Quellen für Fehler und Unsicherheiten	11
5.2.1 Grobe Fehler.....	11
5.2.2 Systematische Fehler.....	11
5.2.3 Kalibrierung.....	12
5.2.4 Unsicherheiten	13
5.3 Anforderungen an die Messung.....	13
5.3.1 Messungen mit einem Druckmessgerät (Manometer)	13
5.3.2 Messungen mit einem Anemometer	14
5.3.3 Messungen mit dem Prandtl-Rohr	14
5.3.4 Mittelwertberechnung des Messsignals.....	14
6 Messunsicherheit.....	14
6.1 Standardunsicherheit des Messgerätes, u_1	15
6.2 Standardunsicherheit des Verfahrens, u_2	15
6.3 Standardunsicherheit der Ablesung, u_3	15
6.4 Erweiterte Messunsicherheit, U_m	15
7 Verfahren zur Messung von Luftvolumenströmen in Luftleitungen — ID-Verfahren	16
7.1 Punktmessungen der Geschwindigkeit mit einem Prandtl-Rohr — Verfahren ID 1	16
7.1.1 Beschreibung des Verfahrens	16
7.1.2 Am Ort der Messung durchzuführende Vorbereitungen	18
7.1.3 Durchführung der Messung.....	20
7.1.4 Korrektur von gemessenen Werten	21
7.1.5 Standardunsicherheit des Verfahrens.....	22
7.2 Punktmessungen der Geschwindigkeit unter Verwendung eines Hitzedraht- Anemometers — Verfahren ID 2.....	23
7.2.1 Verfahren	23
7.2.2 Prüfeinrichtung	23
7.2.3 Messverfahren.....	23
7.2.4 Korrektur der Messwerte	23
7.2.5 Standardunsicherheit des Verfahrens.....	24
7.3 Ortsfeste Geräte für die Strömungsmessung — Verfahren ID 3	24
7.3.1 Beschreibung des Verfahrens	24
7.3.2 Vorbereitung der Messungen	24
7.3.3 Messverfahren.....	24
7.3.4 Korrektur von gemessenen Werten	25
7.3.5 Standardunsicherheit des Verfahrens.....	25
7.4 Indikatorgas-Messung — Verfahren ID 4	25
7.4.1 Beschreibung des Verfahrens.....	25
7.4.2 Prüfeinrichtung	26
7.4.3 Berechnung des Luftvolumenstroms	27
7.4.4 Standardmessunsicherheit.....	28
7.4.5 Bedingungen für ein homogenes Mischen von Indikatorgas	28

8	Verfahren für Zuluftdurchlässe — ST-Verfahren	29
8.1	Messung des Referenzdrucks — Verfahren ST 1	30
8.1.1	Prüfeinrichtung	31
8.1.2	Korrektur von gemessenen Werten	31
8.1.3	Standardunsicherheit des Verfahrens	31
8.2	Das Beutel-Verfahren — Verfahren ST 2	31
8.2.1	Grenzen	32
8.2.2	Prüfeinrichtung	32
8.2.3	Vorbereitung	32
8.2.4	Messung	33
8.2.5	Korrektur von gemessenen Werten	33
8.2.6	Standardunsicherheit des Verfahrens	33
8.3	Messungen mit Strömungshaube — Verfahren ST 3	33
8.3.1	Einleitung	33
8.3.2	Prüfeinrichtung	34
8.3.3	Korrektur von gemessenen Werten	35
8.3.4	Standardunsicherheit des Verfahrens	35
9	Verfahren für Abluftdurchlässe — ET-Verfahren	36
9.1	Messung des Referenzdrucks am Abluftdurchlass — Verfahren ET 1	36
9.1.1	Grenzen	37
9.1.2	Prüfeinrichtung	37
9.1.3	Korrektur von gemessenen Werten	37
9.1.4	Standardunsicherheit des Verfahrens	37
9.2	Messung unter Verwendung einer Strömungshaube — Verfahren ET 2	38
9.2.1	Einleitung	38
9.2.2	Prüfeinrichtung	38
9.2.3	Messungen	39
9.2.4	Korrektur von gemessenen Werten	39
9.2.5	Standardunsicherheit des Verfahrens	40
Anhang A (normativ) Unsicherheiten		41
Literaturhinweise		43

Vorwort

Dieses Dokument (prEN 16211:2010) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 156 „Lüftung von Gebäuden“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

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.

Einleitung

Für die Wahrnehmung des Raumklimas eines Gebäudes durch diejenigen Menschen, die dort arbeiten oder wohnen, sind der Aufbau, die Funktionsweise und die Wartung von Lüftungsanlagen von großer Bedeutung. Da ohnehin bekannt ist, dass es in vielen Gebäuden heutzutage Probleme mit dem Raumklima und der Luftqualität gibt, ist es wichtig, zuverlässige Verfahren anzuwenden, um zu überprüfen, dass die Anlage wie vorgesehen funktioniert. Das Ergebnis einer Inspektion kann erhebliche finanzielle Auswirkungen haben, falls die Anlage die Prüfung nicht besteht. Daher ist es wichtig, dass sich der Prüfer bei seinem Urteil auf Messverfahren stützt, die zuverlässig sind und geringe, bekannte Messunsicherheiten aufweisen. Der Aufbau, die Funktionsweise und die Wartung der Anlage haben außerdem große Auswirkungen auf die jährlich anfallenden Betriebskosten der Anlage.

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.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Messung von Luftvolumenströmen in Lüftungssystemen. Sie bietet dem Techniker eine Beschreibung der Verfahren, deren Protokolle sowie Tabellen zum Protokollieren der gemessenen und berechneten Werte, so dass die erforderlichen Messungen innerhalb der für das Verfahren vorgeschriebenen Toleranzen durchgeführt werden.

ANMERKUNG Das in dieser Norm verwendete Messverfahren über den Querschnitt der Luftleitung ist ein alternatives Verfahren zu dem Luftleitungsquerschnitts-Verfahren von ISO 3966 und EN 12599. Es werden Fehler infolge des vereinfachten Ansatzes definiert und außerdem weitere Messverfahren beschrieben.

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 12599, *Lüftung von Gebäuden — Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumluft-technischer Anlagen*

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

ISO 3966, *Measurement of fluid flow in closed conduits — Velocity area method using Pitot static tubes*

ISO 5167-1, *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 1: General principles and requirements*

ISO 5167-2, *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 2: Orifice plates*

ISO 5167-3, *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 3: Nozzles and Venturi nozzles*

ISO 5167-4, *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 4: Venturi tubes*

ISO 5221, *Air distribution and air diffusion. Rules to methods of measuring air flow rate in an air-handling duct*

ISO 4053-1, *Measurement of gas flow in conduits — Tracer methods — Part 1: General*

VIM/JCGM siehe Verweisung — *International Vocabulary of Metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM°)* — 3. Ausgabe, Jan 2008-04-03

ENV 13005, *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Begriffe.

3.1

hydraulischer Durchmesser

der hydraulische Durchmesser ist der Durchmesser einer runden Luftleitung, in der derselbe lineare Druckabfall herrschen würde, und er wird durch die folgende Gleichung definiert:

$$D_h = 4 \cdot A / O \text{ m} \quad (3-2)$$

Dabei ist

A die Querschnittsfläche der Luftleitung, in m^2 ;

O der Umfang der Luftleitung, in m.

Bei Luftleitungen mit rechteckigem Querschnitt wird daraus:

$$D_h = 2 \cdot L_1 \cdot L_2 / (L_1 + L_2) \text{ m} \quad (3-3)$$

Dabei sind L_1 und L_2 die Seiten der Luftleitung.

Bei einer Luftleitung mit kreisförmigem Querschnitt wird daraus:

$$D_h = D \text{ m} \quad (3-4)$$

Dabei ist

D der Durchmesser der Luftleitung, in m.

3.2

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 nach einem Ventilator gestört.

3.3

Luftdichte, ρ

die Dichte von trockener Luft variiert mit dem Luftdruck und der Lufttemperatur nach folgender Gleichung:

$$\rho = 1,293 \cdot \frac{B}{1013} \cdot \frac{273}{273 + \vartheta} \text{ kg/m}^3 \quad (3-5)$$

Dabei ist

B der Luftdruck, in h Pa (hPa) (Der normale Luftdruck beträgt 1 013 hPa);

ϑ die Lufttemperatur, in °C.

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 1013 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:

$$\rho = 1,293 \cdot \frac{B + 0,01 \cdot p_s}{1013} \cdot \frac{273}{273 + \vartheta} \quad (3-6)$$

Dabei ist

p_s der statische Überdruck in der Luftleitung, in Pa;

ϑ die Lufttemperatur, in °C.

3.4 dynamischer Druck, p_d

$$p_d = \frac{\rho \cdot u^2}{2} \text{ Pa} \quad (3-7)$$

Dabei ist

ρ die Luftdichte, in kg/m³;

u die Luftgeschwindigkeit, in m/s.

3.5 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. In diesem Abschnitt wird nachstehend beschrieben, wie zwischen normierter und realer Geschwindigkeit umgerechnet wird. Dieselbe Umrechnung gilt auch für den Luftvolumenstrom.

Das Verfahren beschreibt, wie der Luftvolumenstrom in Strömung kompensiert und korrigiert wird, die reale Strömung (reale Geschwindigkeit) ist. Das Luftvolumen richtet sich nach der herrschenden Temperatur und dem herrschenden Luftdruck. Reale Strömung ist nicht dasselbe wie Normströmung. Die Normströmung wird verwendet, um der Luftvolumenstrom durch Umrechnung des Luftvolumens unter Normbedingungen von 1 013 hPa und 20 °C (68 °F) darzustellen. Normströmung kann direkt als ein Massenstrom interpretiert werden. Reale Strömung wird verwendet, weil der Ventilator unabhängig von der Luftdichte ungefähr denselben realen Luftvolumenstrom transportiert. Der Betrag der Normströmung ändert sich mit der Luftdichte. Auch wenn die Bemessung des Luftvolumenstroms unter Verwendung von $\rho = 1,20 \text{ kg/m}^3$ am Ventilatoreintritt erfolgt, ist die gemessene Geschwindigkeit vergleichbar, wenn die Strömung als reale Strömung angegeben ist. Unter der Voraussetzung, dass die anderen Parameter identisch sind, ist eine Korrektur der realen Strömung nur dann erforderlich, wenn die Dichte zum Zeitpunkt der Messung ρ_m von der Dichte am Ventilatoreintritt ρ_f abweicht.

Während der Einregulierung von Luftdurchlässen und Luftleitungs-Abzweigungen sind keine Korrekturen für die Luftdichte erforderlich, vorausgesetzt die gesamte Anlage wird unter denselben Betriebsbedingungen einreguliert. Aus diesem Grund müssen zum Beispiel Lufterhitzer in Durchlässen und Luftleitungs-Abzweigungen ausgeschaltet werden.

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 hPa und 20 °C abweichen. Der Luftdruck verringert sich mit zunehmender Höhe

und schwankt außerdem mit dem Wetter. Die Temperatur kann ebenfalls variieren, insbesondere dann, wenn das Haus nicht klimatisiert ist.

Zur Umrechnung von gemessener (realer) Geschwindigkeit bzw. Luftvolumenstrom auf Normgeschwindigkeit bzw. normierter Luftvolumenstrom ist die folgende Gleichung zu verwenden:

$$v_s = v_m \cdot \rho_m / \rho_s \quad \text{m/s} \quad (3-8)$$

Dabei ist

- v_s die Normgeschwindigkeit, in m/s;
- v_m die gemessene (reale) Geschwindigkeit, in m/s;
- ρ_m die Dichte zum Zeitpunkt der Messung, in kg/m³;
- ρ_s die Normdichte $\rho = 1,2$ kg/m³.

Es ist zu beachten, dass die Heiz- oder Kühleinrichtungen in der Luftleitung zwischen dem Ventilator und dem Ort der Messung während der Messung des Luftvolumenstroms q_m oder der Luftgeschwindigkeit v_m abgeschaltet sein müssen.

4 Symbole und Abkürzungen

In dieser Norm werden die folgenden Symbole verwendet.

Symbol	Beschreibung	SI-Einheit	Symbol	Beschreibung	SI-Einheit
t	Zeit	s	p	Druck	Pa
α	Quotient des gemessenen und vorgesehenen Luftvolumenstroms	—	p_d	Dynamischer Druck	Pa
η	Wirkungsgrad	—	p_p	Vorgesehener Druck	Pa
ρ	Dichte	kg/m ³	p_s	Statischer Druck	Pa
A	Fläche	m ²	p_t	Gesamtdruck	Pa
a, b	Maße der Länge, z. B. Höhe der Luftleitung	m	p_u	Gemessener Druck	Pa
B	Luftdruck	hPa	Δp	Differenzdruck	Pa
C	Verunreinigungskonzentration	ppm	Δp_i	Differenzdruck bei Inbetriebnahme	Pa
C_i	Anfangskonzentration	ppm	q	Luftvolumenstrom	m ³ /s, l/s
C_s	Indikatorgas-Konzentration in stationärem Zustand	ppm	q_k	Korrigierter Luftvolumenstrom	m ³ /s, l/s
D	Durchmesser	m	q_p	Vorgesehener Luftvolumenstrom	m ³ /s, l/s
D_h	Hydraulischer Durchmesser	m	q_s	Indikatorgas-Strömung	m ³ /s, l/s

Symbol	Beschreibung	SI-Einheit	Symbol	Beschreibung	SI-Einheit
k	Durchflussfaktor	—	q_t	Gesamter Luftvolumenstrom	m ³ /s, l/s
L_1	kleineres Maß einer Luftleitung mit rechteckigem Querschnitt	mm	q_u	Gemessener Luftvolumenstrom	m ³ /s, l/s
L_2	größeres Maß einer Luftleitung mit rechteckigem Querschnitt	mm	ϑ	Temperatur	°C
u_1	Standardunsicherheit des Messgerätes		T	Temperatur	K
u_2	Standardunsicherheit des Verfahrens		$\Delta \vartheta, \Delta T$	Temperaturdifferenz	°C, K
u_3	Standardunsicherheit der Ablesung		V	Volumen	m ³
u_m	Standardunsicherheit der Messung		v	Luftgeschwindigkeit	m/s
U_m	Erweiterte Messunsicherheit		v_c	Luftgeschwindigkeit in der Mitte der Luftleitung	m/s
n	Drehzahl	1/min	v_k	Korrigierte Geschwindigkeit	m/s
O	Umfang	m	v_m	Luftgeschwindigkeit, Mittelwert	m/s
P	Leistung	W			

5 Vorbereitung der Messung

5.1 Messwertbeeinflussungen

Die anzuwendenden Messverfahren müssen bekannte und geringe Verfahrensunsicherheiten aufweisen. Die Anforderungen an Verfahrensunsicherheiten müssen in gewisser Weise den Anforderungen an die Strömungstoleranzen entsprechen.

Es gibt viele Faktoren, die Einfluss auf die Messergebnisse haben und die beim Messen zu berücksichtigen sind. Beispiele dafür sind:

- Kalibriereinrichtungen, die regelmäßig mit einem rückführbaren Normal (Kalibriereinheit) abgeglichen werden müssen;
- kalibrierte Messgeräte;
- Kalibrierintervalle;
- Untersuchung der Langzeitstabilität der Messgeräte;
- Temperatur- oder Dichtekompensation der Messgeräte;
- zufällige Unsicherheiten der Messgeräte;
- zufällige Unsicherheiten der Ablesungen;
- Schwankungen der Messgröße;

- an unterschiedliche Einbaufälle angepasste Messverfahren;
- Messabweichungen gegenüber kalibrierten Einbaufällen;
- zufällige Unsicherheiten bei den Messverfahren;
- Einfluss der Messverfahren auf den Durchfluss;
- Schwankungen des Außenklimas;
- Stabilität des Luftvolumenstroms.

5.2 Quellen für Fehler und Unsicherheiten

Das Ergebnis der numerischen Arbeit wird von vielen Fehlertypen beeinflusst. 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;
- systematische Fehler;
- Unsicherheiten.

5.2.1 Grobe Fehler

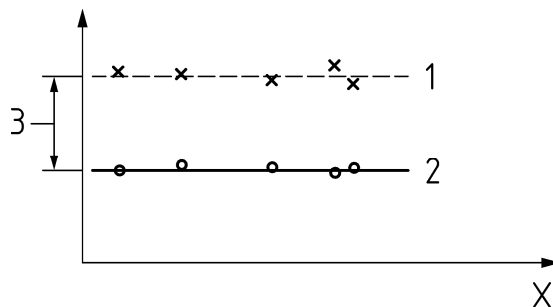
Grobe Fehler sollten nicht zugelassen werden, sie können jedoch infolge des Faktors Mensch zufällig auftreten. Das Risiko des Auftretens grober Fehler kann durch entsprechend gestaltete Arbeitsbedingungen und Arbeitsabläufe verringert werden. Stress, Müdigkeit und schlechte Beleuchtung sind häufige Ursachen für grobe Fehler.

Es sollten Kontrollen eingeplant werden, entweder des Endergebnisses, bevor es anerkannt wird, oder innerhalb des Arbeitsprozesses, um zu vermeiden, dass infolge eines frühzeitigen Fehlers große Teile der Arbeit wiederholt werden müssen. Eine falsche Größenordnung von gemessenen Werten oder eine nicht ausreichende Regelmäßigkeit können häufig bereits in einer frühen Phase erkannt werden. Außerdem ist es möglich, die Wahrscheinlichkeit vieler Ergebnisse zu überprüfen, indem Beziehungen zwischen ihnen untersucht werden. Die zur Gestaltung der Arbeitsbedingungen und Verifizierungsmaßnahmen aufgewandte Zeit ist gut investierte Zeit.

5.2.2 Systematische Fehler

Gemäß 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, könnte aussehen wie in Bild 1.



Legende

- 1 Gemessen
- 2 Wahrer Wert
- 3 Systematischer Fehler
- X Zeit

Bild 1 — Erläuterung eines systematischen Fehlers

Die Kreise repräsentieren gemessene Zahlenwerte, die in zufälliger Weise um den wahren Wert verstreut liegen und die gemäß 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:

$$\text{Korrektur} = (\text{wahrer Wert}) - (\text{abgelesener Wert})$$

oder

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

Schätzwerte von wahren Werten werden häufig als *Messwerte* bezeichnet.

5.2.3 Kalibrierung

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.

Der Messwert wird durch Korrigieren des abgelesenen Wertes nach folgender Gleichung ermittelt:

$$\text{Messwert} = (\text{abgelesener Wert}) + (\text{Korrektur für das Messgerät})$$

Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Korrekturen bei der Anwendung erfolgen, sollte die Korrektur daher als Zahl und nicht als Faktor angegeben werden.