

Lüftung von Gebäuden  
**Prüf- und Messverfahren für die Übergabe  
eingebauter raumluftechnischer Anlagen**  
Deutsche Fassung EN 12599:2000

**DIN**  
**EN 12599**

ICS 91.140.30

Ventilation for buildings –  
Test procedures and measuring methods for handing over installed ventilation  
and air conditioning systems;  
German version EN 12599:2000  
Ventilation des bâtiments –  
Procédures d'essai et méthodes de mesure pour la réception des installations  
de ventilation et de climatisation installées;  
Version allemande EN 12599:2000

**Die Europäische Norm EN 12599:2000 hat den Status einer  
Deutschen Norm.**

**Beginn der Gültigkeit**

EN 12599:2000 wurde am 20. Januar 2000 angenommen.

**Nationales Vorwort**

Diese Norm wurde im Technischen Komitee CEN/TC 156 (Lüftung von Gebäuden,  
Sekretariat: Vereinigtes Königreich) erarbeitet.

Zuständig für die Deutsche Fassung ist der deutsche Spiegelausschuss zu  
CEN/TC 156, der beim NA Heiz- und Raumluftechnik angesiedelt ist.

Fortsetzung 33 Seiten EN

Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

– Leerseite –

**Deutsche Fassung**

Lüftung von Gebäuden  
**Prüf- und Messverfahren für die Übergabe  
eingebauter raumluftechnischer Anlagen**

Ventilation for buildings – Test procedures and measuring methods for handing over installed ventilation and air conditioning systems

Ventilation des bâtiments – Procédures d'essai et méthodes de mesure pour la réception des installations de ventilation et de climatisation installées

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 20. Januar 2000 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 Zentralsekretariat 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 Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

**CEN**

**EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG**  
European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation

**Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel**

## Inhalt

|                                                                                                                  | Seite |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Vorwort . . . . .                                                                                                | 2     |
| 1 Anwendungsbereich . . . . .                                                                                    | 3     |
| 2 Normative Verweisungen . . . . .                                                                               | 3     |
| 3 Kontroll- und Prüfverfahren . . . . .                                                                          | 3     |
| 4 Vollständigkeitsprüfungen . . . . .                                                                            | 5     |
| 5 Funktionsprüfungen . . . . .                                                                                   | 5     |
| 6 Funktionsmessungen . . . . .                                                                                   | 5     |
| 7 Sondermessungen . . . . .                                                                                      | 7     |
| Anhang A (informativ) Vollständigkeitsprüfung . . . . .                                                          | 10    |
| Anhang B (normativ) Vorbereitende Arbeiten für die Funktionsprüfungen . . . . .                                  | 11    |
| Anhang C (informativ) Funktionsprüfungen . . . . .                                                               | 12    |
| Anhang D (normativ) Bestimmung des Umfanges der Funktionsprüfungen<br>bzw. -messungen . . . . .                  | 13    |
| Anhang E (normativ) Meßverfahren und Meßgeräte für die Funktionsmessungen . . . . .                              | 14    |
| Anhang F (informativ) Sondermessungen . . . . .                                                                  | 17    |
| Anhang G (informativ) Tabellen und Bilder . . . . .                                                              | 22    |
| Anhang H (informativ) Vertragliche Vereinbarungen . . . . .                                                      | 30    |
| Anhang I (informativ) Beispiele für die Bestimmung der Anzahl<br>der Funktionsprüfungen und -messungen . . . . . | 31    |
| Anhang J (informativ) Beispiele zur Meßunsicherheit . . . . .                                                    | 32    |
| Literaturhinweise . . . . .                                                                                      | 33    |

## Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 156 „Ventilationssysteme für 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 September 2000, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2000 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Prüfungen, Prüfverfahren und Meßgeräte zur Feststellung der Gebrauchstauglichkeit von eingebauten Anlagen zum Zeitpunkt der Übergabe fest.

Die Norm ermöglicht die Wahl zwischen einfachen Prüfverfahren, wenn ausreichend, und aufwendigen Messungen, wenn erforderlich.

Die Norm gilt für mechanisch betriebene raumluftechnische Anlagen (im folgenden RLT-Anlagen genannt), die irgendwelche der folgenden Einrichtungen enthalten (siehe auch CR 12792):

- Luftdurchlässe und Luftdurchlaß-Einheiten,
- Luftbehandlungseinheiten,
- Luftverteilungssysteme (Zuluft, Fortluft, Abluft),
- Brandschutzeinrichtungen,
- automatische Regel- und Kontrolleinrichtungen.

Diese Norm enthält keine Festlegungen im Zusammenhang mit Verfahren zum Ausrichten, Einstellen und Abgleichen der Anlagen oder zur internen Qualitätsprüfung vor der Übergabe.

Die Norm gilt nicht für

- wärmeerzeugende Anlagen und deren Regelung,
- Kälteanlagen und deren Regelung,
- Wärme- und Kälteverteilung bis zu den Luftbehandlungseinheiten,
- Druckluftversorgungs-Anlagen,
- Wasseraufbereitungsanlagen,
- zentrale dampferzeugende Anlagen für Luftbefeuchtung und
- Elektrizitätsversorgungsanlagen.

Diese Norm gilt für RLT-Anlagen, deren Bestimmung die Erhaltung eines Behaglichkeitszustandes in Gebäuden – mit Ausnahme von Wohngebäuden – ist. Sie gilt nicht für Anlagen zur Regelung von Innenräumen für industrielle oder andere besondere Prozesse. Im letztgenannten Fall jedoch kann auf diese Norm Bezug genommen werden, wenn die technischen Eigenschaften des Systems Ähnlichkeiten zu denen der vorgenannten RLT-Anlagen aufweisen.

Diese Norm enthält keine Anforderungen für den Installationsvertrag. Für eine einfachere Nutzung der Norm wird allerdings empfohlen, die im Anhang H aufgeführten Maßnahmen im Vertrag zu berücksichtigen.

## 2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

CR 1752, *Ventilation for buildings – Design criteria for the indoor environment*.

CR 12792, *Ventilation for buildings – Symbols and terminology*.

EN 779, *Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung*.

EN 1822-1, *Schwebstofffilter (HEPA und ULPA) – Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung*.

EN 60584-1, *Thermopaare – Teil 1: Grundwerte der Thermospannungen (IEC 60584-1:1995)*.

EN 60584-2, *Thermopaare – Teil 2: Grenzabweichungen der Thermospannungen (IEC 60584-2:1982 + A1:1989)*.

EN 60651, *Schallpegelmesser (IEC 651:1993)*.

EN 60751, *Industrielle Platin-Widerstandsthermometer und Platin-Meßwiderstände (IEC 751:1983 + A1:1986)*.

prEN 1507, *Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen – Rechteckige Luftleitungen aus Blech – Festigkeit und Dichtheit – Anforderungen und Prüfung*.

prEN 12237, *Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen – Runde Luftleitungen aus Blech – Festigkeit und Dichtheit – Anforderungen und Prüfung*.

ENV 1631, *Reinraumtechnik – Planung, Ausführung und Betrieb von Reinräumen und Reinraumgeräten*.

ENV 12097, *Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen – Anforderungen an Luftleitungsbauteile zur Wartung von Luftleitungssystemen*.

EN ISO 3744, *Akustik – Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 2 für ein im wesentlichen freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene (ISO 3744:1994)*.

EN ISO 3746, *Akustik – Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 3 über einer reflektierenden Ebene (ISO 3746:1994)*.

EN ISO 5167-1, *Durchflußmessung von Fluiden mit Drosselgeräten – Teil 1: Blenden, Düsen und Venturiröhre in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt (ISO 5167-1:1991)*.

EN ISO 11201, *Akustik – Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten – Messung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten – Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 für ein im Wesentlichen freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene (ISO 11202:1995)*.

ISO 3740, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Guidelines for the use of basic standards and for the preparations of noise test codes*.

ISO 3747, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Survey method using a reference sound source*.

ISO 5219, *Air distribution and air diffusion – Laboratory aerodynamic testing and rating of air terminal devices*.

ISO 7726, *Ergonomics of the thermal environments – Instruments and methods for measuring physical quantities*.

## 3 Kontroll- und Prüfverfahren

Die folgenden Schritte sind in der gegebenen Reihenfolge durchzuführen:

- a) Vollständigkeitsprüfungen,
- b) Funktionsprüfungen,
- c) Funktionsmessungen.

Falls erforderlich und vertraglich vereinbart, sind Sondermessungen durchzuführen (siehe Abschnitt 7 und Anhang F).

Der Umfang der an der Anlage durchzuführenden Funktionsprüfungen und -messungen kann variabel sein. Er wird durch 4 Klassen festgelegt (siehe Anhang D). Die Wahl einer Klasse sollte vereinbart werden und im Installationsvertrag enthalten sein.

Eine Übersicht der verschiedenen Prüfungen und Messungen ist in Bild 1 enthalten.

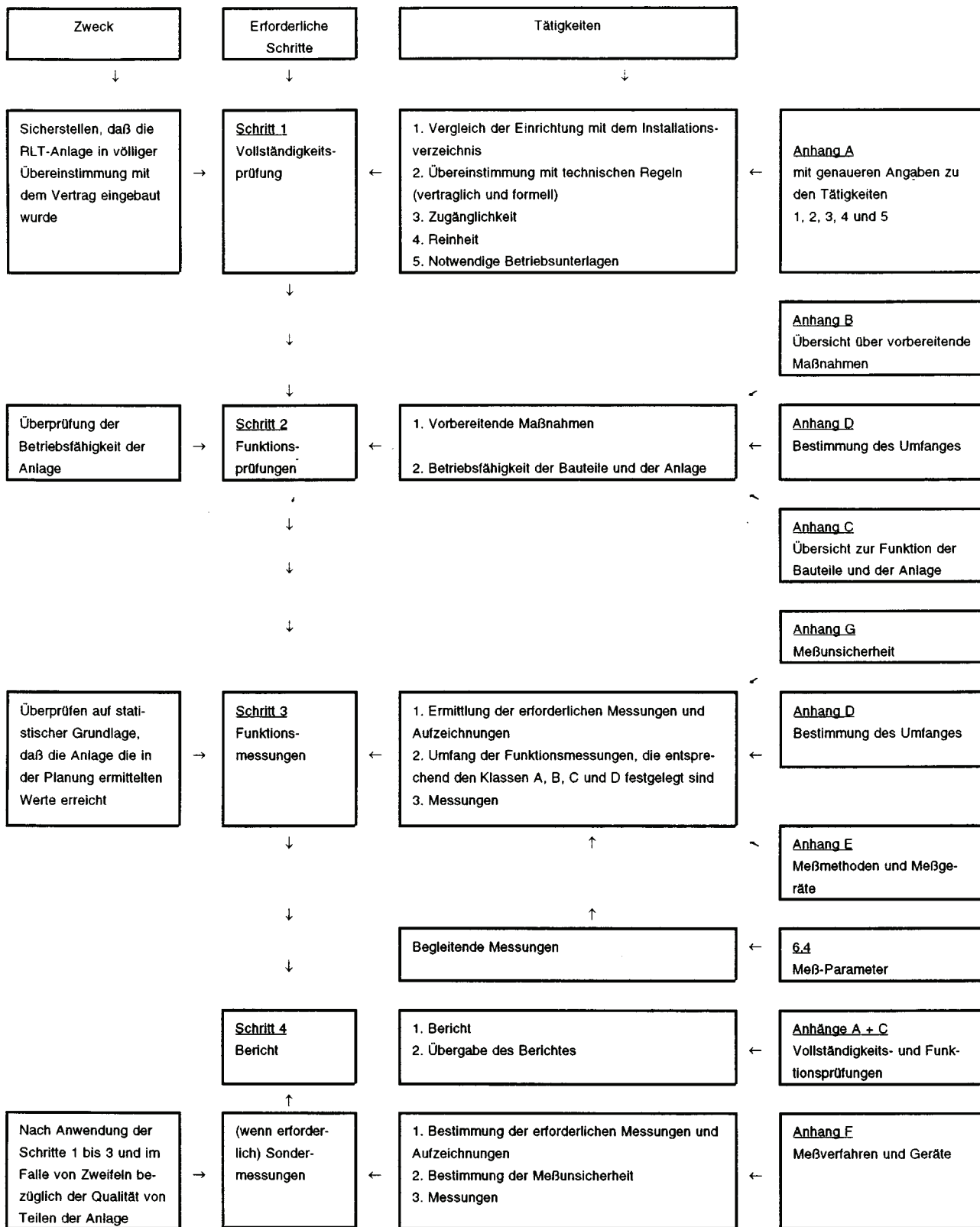


**Bild 1 – Übersicht über die Prüfungen und Messungen zum Feststellen der Anlagenqualität**

## 4 Vollständigkeitsprüfungen

Durch die Vollständigkeitsprüfung sollen der vollständige Einbau der Anlage und die Erfüllung der entsprechenden technischen Regeln sichergestellt werden.

Die folgenden Prüfungen sind hier enthalten:

- Vergleich zwischen Leistung und Vertrag sowohl hinsichtlich des Umfangs und Materials als auch – wenn erforderlich – hinsichtlich der Eigenschaften und Ersatzteile;
- Prüfung der Erfüllung von technischen und behördlichen Regeln;
- Prüfung der Zugänglichkeit der Anlage im Hinblick auf Betrieb, Reinigung und Wartung;
- Prüfung des Reinheitszustandes der Anlage (siehe ENV 12097);
- Überprüfung, ob sämtliche für das Betreiben der Anlage notwendigen Unterlagen vorhanden sind.

Anhang A enthält eine Beschreibung der Vollständigkeitsprüfung.

## 5 Funktionsprüfungen

Der Zweck der Funktionsprüfung ist, die Betriebsfähigkeit der Anlage in Übereinstimmung mit den getroffenen Festlegungen nachzuweisen. Mit dieser Prüfung wird festgestellt, ob die einzelnen Elemente der Anlage, wie Filter, Ventilatoren, Lufterhitzer, Kühler, Befeuchter usw., ordnungsgemäß eingebaut und wirksam sind.

### 5.1 Vorbereitende Maßnahmen

Vor Prüfungsbeginn ist es erforderlich, daß die Einbau- und Einstellarbeiten der Anlage abgeschlossen sind.

Anhang B gibt eine Übersicht über die vorbereitenden Maßnahmen.

### 5.2 Durchführung

Funktionsprüfungen sind an allen Typen von eingebauten Einrichtungen durchzuführen.

Vor Beginn der Prüfungen ist eine Checkliste anzufertigen.

Der Umfang der Funktionsprüfungen ist in Anhang D definiert.

Die Positionen, an denen geprüft werden soll, sind vorher zu vereinbaren.

Verfahrensanleitungen und eine Auflistung üblicher Funktionsprüfungen enthält Anhang C.

## 6 Funktionsmessungen

Die Funktionsmessungen sollen nachweisen, daß die Anlage die vorgegebenen Bedingungen erfüllt und die entsprechenden Sollwerte erbringt.

Bei der Beurteilung der Meßergebnisse in einem klimatisierten Raum sollten die physikalischen Eigenschaften des Gebäudes berücksichtigt werden.

### 6.1 Umfang der Funktionsmessungen

Tabelle 1 gibt an, welche Messungen und Aufzeichnungen bei den einzelnen RLT-Anlagen erforderlich sind.

Der Umfang der Funktionsmessungen ist in Anhang D definiert.

Tabelle 1 – Funktionsmessungen

| Messung an                                                                |                     | Zentrale/Gerät                          |                                       |                                            |                                      | Raum                               |                                                        |                            |                                 |                                        |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|
| Parameter                                                                 |                     | Stromaufnahme des Motors<br>(siehe E.6) | Luftstrom <sup>a</sup><br>(siehe E.1) | Lufttemperatur <sup>b</sup><br>(siehe E.3) | Druckabfall im Filter<br>(siehe E.7) | Zu- und Abluftstrom<br>(siehe E.1) | Zuluft- <sup>b</sup> und Raumtemperatur<br>(siehe E.3) | Luftfeuchte<br>(siehe E.4) | Schalldruckpegel<br>(siehe E.5) | Raumluftgeschwindigkeit<br>(siehe E.2) |
| Art der Anlage/Funktion                                                   |                     |                                         |                                       |                                            |                                      |                                    |                                                        |                            |                                 |                                        |
| Lüftungsanlage                                                            | (F) Z               | 1                                       | 1                                     | 0                                          | 1                                    | 2                                  | 0                                                      | 0                          | 2                               | 0                                      |
|                                                                           | (F) H               | 1                                       | 1                                     | 1                                          | 1                                    | 2                                  | 2                                                      | 0                          | 2                               | 2                                      |
|                                                                           | (F) C               | 1                                       | 1                                     | 1                                          | 1                                    | 2                                  | 2                                                      | 2                          | 2                               | 2                                      |
|                                                                           | (F) M/D             | 1                                       | 1                                     | 1                                          | 1                                    | 2                                  | 2                                                      | 1                          | 2                               | 2                                      |
| Teilklimaanlage                                                           | (F) HC              | 1                                       | 1                                     | 1                                          | 1                                    | 2                                  | 1                                                      | 2                          | 2                               | 2                                      |
|                                                                           | (F) HM/HD/CM/CD     | 1                                       | 1                                     | 1                                          | 1                                    | 2                                  | 1                                                      | 1                          | 2                               | 2                                      |
|                                                                           | (F) MD              | 1                                       | 1                                     | 1                                          | 1                                    | 2                                  | 2                                                      | 1                          | 2                               | 2                                      |
|                                                                           | (F) HCM/MCD/CHD/HMD | 1                                       | 1                                     | 1                                          | 1                                    | 2                                  | 1                                                      | 1                          | 2                               | 2                                      |
| Klimaanlage                                                               | (F) HCMD            | 1                                       | 1                                     | 1                                          | 1                                    | 2                                  | 1                                                      | 1                          | 2                               | 2                                      |
| <sup>a</sup> Außenluft, Zuluft und Abluft.                                |                     |                                         |                                       |                                            |                                      |                                    |                                                        |                            |                                 |                                        |
| <sup>b</sup> In Abhängigkeit von Regelungsgrundsätzen, wenn erforderlich. |                     |                                         |                                       |                                            |                                      |                                    |                                                        |                            |                                 |                                        |

Erläuterungen zu Tabelle 1:

0 = Messung nicht erforderlich

1 = auf jeden Fall durchführen

2 = durchzuführen nur, wenn vertraglich vereinbart

C = kühlen

D = entfeuchten

F = filtern

H = heizen

M = befeuchten

Z = ohne thermodynamische Luftbehandlungsfunktion (zero)

## 6.2 Durchführung der Funktionsmessung

Vor Beginn der Funktionsmessungen sind die Meßorte festzulegen und die Verfahren und Meßgeräte zu vereinbaren und in den technischen Unterlagen anzugeben.

In Räumen bis 20 m<sup>2</sup> Grundfläche ist mindestens ein Meßort erforderlich. Größere Räume sollten in entsprechende Bereiche unterteilt werden. Die Meßorte sollten innerhalb des Aufenthaltsbereiches gewählt werden, und zwar dort, wo die ungünstigsten Bedingungen zu erwarten sind.

Die Meßgeräte sind unter Berücksichtigung der Meßunsicherheit auszuwählen (siehe Anhang G). Es sind kalibrierte Geräte zu verwenden.

Die Einflußgrößen für das Innenraumklima sowie Luftvolumenströme, Heiz-, Kühl- und Befeuchtungsleistungen, elektrische Eigenschaften und andere Auslegungsdaten sind beim Nennvolumenstrom zu messen. Meßunsicherheiten der Werte im Hinblick auf die Wahl der Meßeinrichtungen sind in Tabelle 2 angegeben.

**Tabelle 2 – Zulässige Unsicherheiten für die Meßparameter**

| Parameter                                 | Meßunsicherheit *) |
|-------------------------------------------|--------------------|
| Luftvolumenstrom, je Einzelraum           | ± 20 %             |
| Luftvolumenstrom, je Anlage               | ± 15 %             |
| Zulufttemperatur                          | ± 2 °C             |
| Relative Feuchte (RH)                     | ± 15 % RH          |
| Luftgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich | ± 0,05 m/s         |
| Lufttemperatur im Aufenthaltsbereich      | ± 1,5 °C           |
| Schalldruckpegel im Raum                  | ± 3 dB             |

\*) Die Meßunsicherheiten enthalten die erlaubten Abweichungen von den Auslegungswerten sowie Meßfehler.

Sollte die Funktionsfähigkeit der Anlage geringere Meßunsicherheiten erforderlich machen, müssen diese in der Anlagenbeschreibung ausdrücklich definiert sein. Sollten Produktnormen, nationale oder örtliche Vorschriften geringere Meßunsicherheiten fordern, so sind diese einzuhalten. Alle Temperaturen und Heiz- oder Kühlleistungen müssen gleichzeitig mit den angegebenen Meßunsicherheiten übereinstimmen.

## 6.3 Meßmethoden und Meßgeräte

Angaben über Meßmethoden und entsprechende Meßgeräte für die Funktionsmessungen sind in Anhang E enthalten.

### 6.3.1 Messung des Luftvolumenstromes

Der Luftvolumenstrom kann durch verschiedene Verfahren ermittelt werden. Gewöhnlich wird er über die Luftgeschwindigkeit und den entsprechenden Querschnitt berechnet. Die Luftgeschwindigkeit kann mit Hilfe eines geeigneten Anemometers oder über den Druckabfall durch ein Drosselelement gemessen werden.

Luftvolumenströme sollten vorzugsweise an einem geeigneten Querschnitt einer Luftleitung gemessen werden. Da die Luftgeschwindigkeit selten gleichmäßig ist, sollte sie an ausreichend vielen Stellen des Querschnittes gemessen und dann gemittelt werden, um die mittlere Luftgeschwindigkeit zu erhalten. Die Messung des Druckabfalls durch ein Drosselelement darf ebenfalls angewendet werden.

Hat die Luftleitung keinen geeigneten Querschnitt, dürfen zur Bestimmung der mittleren Luftgeschwindigkeit Querschnitte innerhalb des Luftbehandlungsgerätes oder des Ventilatorgehäuses verwendet werden. Diese Messung darf nur unter der Voraussetzung, daß eine gleichgerichtete Strömung herrscht und eine klare Querschnitt-Zuordnung gegeben ist, durchgeführt werden.

Für Luftdurchlässe können andere Verfahren (z. B. Beutelmethode) verwendet werden. Bei Durchlässen mit niedrigem Druckabfall kann die Messung mit Hilfe der Kompensations-Methode erfolgen.

Die verschiedenen Meßverfahren und -geräte sind in E.1 beschrieben.

### 6.3.2 Messung der Raumlufgeschwindigkeit

Bei der Luftströmung im Raum handelt es sich in der Regel um eine turbulente Strömung. Die Luftgeschwindigkeit in Räumen ist unterschiedlich von Ort zu Ort und variiert regellos nach Größe und Richtung. Deshalb ist eine genaue Messung der Luftgeschwindigkeit kompliziert. Im Allgemeinen ist es ausreichend, die mittlere Luftgeschwindigkeit an ausgewählten Stellen zu messen (siehe E.2.1).

In Räumen mit einer Grundfläche bis etwa 20 m<sup>2</sup> sind 2 Meßstellen ausreichend. In größeren Räumen (z. B. Großraumbüros) sollten – analog zum vorstehend Erwähnten – Stellen innerhalb des Aufenthaltsbereiches gewählt werden, an denen höhere Luftgeschwindigkeiten zu erwarten sind. Messungen sollten vorzugsweise an solchen Stellen vorgenommen werden, die als Dauer-aufenthaltsplätze (z. B. Arbeitstisch im Büro) vorgesehen sind.

Die verschiedenen Meßverfahren und -geräte sind in E.2 beschrieben.

### 6.3.3 Messung der Lufttemperatur, der mittleren Strahlungstemperatur und operativen Temperatur (siehe E.3)

Messungen der Lufttemperatur können im Raum, am Luftdurchlaß oder in der Luftleitung angeordnet werden.

Über die Meßstellen im Raum sind für den Aufenthaltsbereich Vereinbarungen zu treffen.

Wenn – aufgrund hoher oder niedriger Oberflächentemperaturen (Fenster, Kühl-/Heizfelder usw.) – Zugscheinungen zu befürchten sind, kann es erforderlich werden, die operative Temperatur zu ermitteln (siehe E.3.1).

### 6.3.4 Messung der Luftfeuchte

Die Messungen der Luftfeuchte und der Temperatur im Raum dienen der Beurteilung der Arbeitsweise der Anlage im Hinblick auf Be- oder Entfeuchten.

In Verbindung mit der Messung der Luftfeuchte ist eine Messung der Lufttemperatur am selben Ort durchzuführen. Bei Messungen in Luftleitungen und Klimaanlage mit Unterdruck sind Meßfehler durch Eindringen von Raumluft zu vermeiden.

Es ist notwendig, Registriergeräte zu verwenden. Die Registrierzeit beträgt mindestens 24 h.

Meßgeräte sind in E.4 angegeben.

### 6.3.5 Messung des Schalldruckpegels

An Arbeitsplätzen ist der A-bewertete Schalldruckpegel zu ermitteln. Für entsprechende Bedingungen im Raum siehe CR 1752 (siehe auch E.5).

Außerhalb des Gebäudes können Messungen der Geräusch-Emission an Orten wie Grundstücksgrenzen oder 0,5 m vor geöffneten Fenstern des Nachbarn unter Berücksichtigung möglicher besonderer Bedingungen notwendig sein.

In allen Fällen ist zusätzlich der Fremdgeräuschpegel bei Stillstand der Anlage zu erfassen.

### 6.3.6 Messung der Stromaufnahme

Siehe E.6.

## 6.4 Begleitende Messungen

Zur Registrierung des Betriebszustandes während der Funktionsprüfung sollten folgende Daten ermittelt werden:

- Außenlufttemperatur und -feuchte,
- Warmwasser- und Kaltwassertemperatur am Verteiler bzw. am Lufterhitzer und Luftkühler,
- Wasserdurchfluß im Warmwasser- und Kaltwasser-Rohrnetz und
- Druckdifferenz an den Pumpen.

## 7 Sondermessungen (siehe Anhang F)

### 7.1 Allgemeines

Die Messungen zusammen mit den zur Durchführung dieser Messungen geeigneten Meßgeräten können einen erheblichen Aufwand und Kosten erfordern. Sie bedürfen einer besonderen vertraglichen Vereinbarung über Art und Umfang.

Sondermessungen sind dort angebracht, wo Funktionsmessungen nicht ausreichen, um die Qualität der Anlage im gewünschten Genauigkeitsbereich nachzuweisen.

Das Meßprogramm, die zu messenden Parameter, die Meßgeräte sowie die Meßstellen sind gesondert zu vereinbaren. Die Vereinbarung sollte sich auch auf die erlaubten Grenzabweichungen der Meßergebnisse erstrecken. Die Vereinbarung sollte vor Einbau der jeweiligen Anlage getroffen werden. Der Aufwand und die Kosten für die Messungen müssen in einem angemessenen Verhältnis zu den, an die Anlage gestellten Anforderungen stehen. Sind die gewünschten Meßunsicherheiten bei den Messungen unter vertretbarem Aufwand nicht zu erreichen, so ist der Auftraggeber vor Durchführung der Messungen durch entsprechende Mitteilung zu unterrichten. Zur Durchführung der Messungen sollten nur Personen mit der notwendigen Sachkenntnis und Erfahrung herangezogen werden.

Die Messungen dürfen sich auf Geräte und Bauelemente der Anlage beschränken.

Es kann notwendig werden, die Anlage im Sommer- und Winterbetrieb zu prüfen.

Der Betriebszustand während der Messungen sollte möglichst den vereinbarten Bedingungen entsprechen. Ist dies nicht der Fall, muß auf die Auslegungsdaten geschlossen werden können. Bei bestimmten Bauelementen (z. B. Lufterhitzer, Kühler) ist eine Umrechnung der Meßergebnisse auf die Auslegungsdaten erforderlich. Ist eine Messung an einem Gerät oder Bauelement im eingebauten Zustand aus betrieblichen oder technischen Gründen nicht möglich, so kann der Nachweis auf einem Prüfstand durchgeführt werden.

Bei der Beurteilung der Meßergebnisse in einem klimatisierten Bereich ist der Einfluß der physikalischen Eigenschaften des Gebäudes zu berücksichtigen.

Für die Annahme von Meßgeräten siehe F.1.

### 7.2 Parameter

Siehe F.3.

### 7.3 Messungen an Bauelementen

#### 7.3.1 Ventilatoren

##### 7.3.1.1 Messung

Zur Prüfung eines Ventilators, der Teil einer RLT-Anlage ist, sind folgende Daten zu ermitteln:

- Luftvolumenstrom nach F.3.4,

- Gesamt-Druckdifferenz,
- Druck und Temperatur im Meßquerschnitt nach F.3.1 und F.3.2,
- elektrische Leistung nach F.3.9 und
- die Drehzahl.

Die Messung der Drehzahl erfolgt im allgemeinen mit einem Drehzahlmesser, einem Stroboskop oder einem Impulszähler.

##### 7.3.1.2 Meßunsicherheit

Der Luftstrom und die Gesamt-Druckdifferenz sind auf die Dichte  $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$  umzurechnen. Bei der Beurteilung sind die Einbausituation und die Zuströmbedingungen zu berücksichtigen.

Die Meßunsicherheit ist nach 7.5 zu berechnen.

#### 7.3.2 Filter

Siehe auch EN 779.

##### 7.3.2.1 Messungen

Zur Prüfung eines eingebauten Filters sind folgende Daten zu messen:

- Luftvolumenstrom nach F.3.4,
- Geschwindigkeitsverteilung am Filter nach E.1 und
- Druckabfall nach F.3.1.

Der sachgerechte Einbau und Dichtsitz des Filters sind zu prüfen.

Bei hochwertigen Schwebstofffiltern (Klassen H und U, siehe EN 1822-1) ist die Leckfreiheit des Filtermaterials, der Verbindungen zwischen Filter und Rahmen und des Rahmens selbst nachzuweisen.

Zur Überprüfung der Filter können – in Abhängigkeit von den Einbauverhältnissen des Filters – die folgenden zwei Verfahren angewendet werden:

- der Ölfadentest und
- das Partikelzählverfahren.

##### 7.3.2.2 Meßunsicherheiten

Die Meßunsicherheiten bei der Luftvolumenstrom- und der Druckabfallmessung sind nach 7.5 zu berechnen.

#### 7.3.3 Wärmetauscher

Es wird davon ausgegangen, daß die Wärmetauscher-Kennlinien (Betriebscharakteristiken) vorliegen, denen die Aufwärmung bzw. Abkühlung der Luft als Temperaturunterschied oder als relative Größe (bezogen auf die maximale Temperaturdifferenz) abhängig vom anderen Massenstrom (z. B. Wasser) und der luftseitige Druckabfall abhängig vom Luftstrom entnommen werden können.

Bei Luftkühlern, in denen im Auslegungsfall Wasser kondensiert, sind die Kennlinien auch für nassen Betrieb unter Berücksichtigung der Feuchteabscheidung an der ganzen Kühlfläche maßgeblich. Hier sind statt der Temperaturen Enthalpien einzusetzen.

Wärmerückgewinner sind Wärmetauscher; es gelten sinngemäß dieselben Regeln.

Bei regenerativen Wärmerückgewinnern, in denen auch Luftfeuchte übertragen wird (Kategorie III), ist zusätzlich zur Aufwärmung die Befeuchtung (Rückfeuchtezahl) kennzeichnend.

Allgemein gilt, daß neben den die Wärmeleistung bestimmenden Größen und dem Druckabfall auch die Ausgeglichenheit der Temperaturen über den Kanalquerschnitt hinter dem einzelnen Wärmetauscher zu prüfen ist.

##### 7.3.3.1 Messung

Die folgenden Daten sind zu messen:

- der Luftvolumenstrom und die Lufttemperatur am Ein- und Austritt des Wärmetauschers,

- die größte Abweichung der Lufttemperatur von einem Mittelwert am Ein- und Austritt des Wärmetauschers und
- der Druckabfall des Luftstromes und des Heiz- bzw. Kühlmittelstromes.

Zusätzlich sollten gemessen werden:

- bei Lufterhitzern der Heizmittelstrom und seine Abkühlung sowie die Feuchte der Luft am Ein- oder Austritt,
- bei Luftkühlern der Kühlmittelstrom und seine Erwärmung sowie zusätzlich die Abnahme des Feuchtegehaltes,
- bei Wärmerückgewinnern mit Feuchteübertragung (Kategorie III) die Zunahme des Feuchtegehaltes (Rückfeuchtezahl),
- bei regenerativen Wärmerückgewinnern (Kategorien II und III) der Wärmeträgerstrom (z.B. auch indirekt durch die Rotordrehzahl) und die Leistungsaufnahme des Antriebsmotors (z.B. für den Rotor oder eine Umwälzpumpe).

Wenn Kennlinien vorliegen, sind Messungen an nur einem Betriebspunkt ausreichend.

Liegen keine Kennlinien vor und weicht der gemessene Luftstrom erheblich ( $> 30\%$ ) vom Auslegungswert ab, sollte die Aufwärmzahl (Rückwärmzahl) bzw. Abkühlzahl bei mindestens drei verschiedenen Luftströmen erfaßt und auf den Auslegungspunkt umgerechnet werden. Dabei ist der andere Massenstrom im Bereich des Auslegungswertes zu halten ( $\pm 20\%$ ).

Messungen an Lufterhitzern vor und nach dem Befeuchter werden grundsätzlich zusammen mit dem Befeuchter (siehe 7.3.4) durchgeführt. Es ist nicht erforderlich, gesonderte Messungen an den einzelnen Wärmetauschern und dem zugleich betriebenen Befeuchter vorzunehmen. Dabei wird vorausgesetzt, daß bei ausgeglichenen Temperaturen am Lufteintritt der Lufterhitzer die Temperaturen am Luftaustritt des Nachwärmers über den Querschnitt um weniger als  $10\%$  von einem Mittelwert abweichen. Es genügt dann, den Heizmittelstrom und seine Abkühlung an einem der Wärmetauscher zu messen. Die Wärmeleistung der einzelnen Lufterhitzer wird aus der Gesamtwärmeleistung und den im „h,x-Diagramm“ ablesbaren Enthalpie-Unterschieden berechnet (siehe Bild G.12). Der Zustandsverlauf der Luft im Befeuchter ergibt sich aus der Lufttemperatur am Eintritt und

- beim Sprüh- oder Rieselbefeuchter aus der Feuchtkugelttemperatur am Austritt (beim Umlaufbefeuchter – quasi adiabatisch – genügt im stationären Betrieb die Messung der Wassertemperatur anstelle der Lufttemperaturen),
- beim Dampfbefeuchter aus der Dampftemperatur.

Gegebenenfalls sind in der Wärmebilanz Energieströme durch Wände von Leitungen oder Ventilatorgehäusen zu berücksichtigen.

#### 7.3.3.2 Meßunsicherheiten

Die Unsicherheiten bei den Messungen sind nach 7.5 zu berechnen.

#### 7.3.4 Luftbefeuchter

Für Messungen an Luftbefeuchtern gelten analog die Regeln für Wärmetauscher (siehe 7.3.3). Die Messung ist im selben Versuch zusammen mit den Wärmetauschern durchzuführen (siehe 7.3.3.1).

Bei Sprüh- und Rieselbefeuchtern wird davon ausgegangen, daß Befeuchter-Kennlinien vorliegen, denen die Befeuchtung als Unterschied der Feuchtegehalte der Luft oder als

relative Größe, bezogen auf den maximalen Unterschied der Feuchtegehalte, und der luftseitige Druckabfall (einschließlich Tropfenabscheider) abhängig vom Luftstrom entnommen werden kann. Zusätzlich kennzeichnend sind neben den konstruktiven Merkmalen, wie Sprühdüsenzahl und -anordnung, der Wasserstrom sowie dessen Druck und Temperatur.

Bei Dampfbefeuchtern sind Temperatur, Druck und Dampfstrom die entscheidenden Parameter. Zusätzlich zu diesen Parametern ist der Grad der Nebelfreiheit im befeuchteten Luftstrom, gekennzeichnet z.B. durch den erforderlichen Abstand bestimmter Filter oder anderer Bauelemente hinter dem Dampfbefeuchter, bei verschiedenen, auf den Luftvolumenstrom bezogenen Dampfströmen zu prüfen.

Neben dem Dampfstrom und den die Befeuchtung bestimmenden Größen sollte auch die Ausgeglichenheit der Feuchtegehalte über den Querschnitt hinter dem Befeuchter festgestellt werden.

#### 7.3.4.1 Messung

Über die in 7.3.3.1 aufgeführten Parameter für Wärmetauscher hinaus sollten Messungen für folgende zusätzliche Parameter durchgeführt werden:

- beim Wasserbefeuchter die Temperatur und der Druck des Wassers vor den Düsen (unter Umständen z.B. beim Verdunstungsbefeuchter statt des Druckes der Umwälzwasserstrom) und die Leistungsaufnahme des Antriebs der Umwälzpumpe (gegebenenfalls ist die Abschlämmung zeitweise zu unterbrechen),
- beim Dampfbefeuchter die Temperatur, der Druck und die Größe des Dampfstromes,
- die Zustandsgrößen der Luft vor und hinter dem Befeuchter mit Hilfe eines „h,x-Diagramms“,
- die größten Abweichungen der Feuchtegehalte der Luft von einem Mittelwert am Austritt des Befeuchters.

Es genügt, die Messung in nur einem Betriebspunkt durchzuführen (Festlegen von Betriebsbedingungen). Liegt bei Sprüh- und Rieselbefeuchtern keine Kennlinie vor und weicht der gemessene Luftstrom erheblich ( $> 30\%$ ) vom Auslegungswert ab, so sollte die Befeuchtung bei mindestens drei verschiedenen Luftströmen erfaßt und auf den Auslegungspunkt umgerechnet werden. Dabei ist beim Sprühbefeuchter der Wasserstrom zu erfassen, während beim Rieselbefeuchter der Wasserstrom im Bereich des (garantierten) Auslegungswertes ( $\pm 20\%$ ) zu halten ist.

#### 7.3.4.2 Meßunsicherheiten

Die Meßunsicherheiten sind nach 7.5 zu berechnen.

### 7.4 Überprüfung der Regelungs-, Steuerungs- und Schaltsysteme

#### 7.4.1 Allgemeines

Zur Überprüfung des Regelverhaltens und der Funktion der Regeleinrichtungen gemeinsam mit den zugehörigen Regelstrecken ist eine Überprüfung der einzelnen Regelstreckenglieder nicht ausreichend, da der Erfolg nicht nur von den Übertragungseigenschaften der Regeleinrichtung, sondern auch von denen der Regelstrecke abhängig ist.

Fühler in Rohrleitungen, Kammern und Luftleitungen müssen in unmittelbarer Nähe mit einer brauchbaren Meßstelle oder – besser – mit einem geeigneten Anzeigeinstrument ausgerüstet sein, um eine Überprüfung des Istwertes zu ermöglichen.

Bei Differenzdruckgebern bzw. Reglern, die kein Anzeigeinstrument besitzen, sind zumindest zwei absperrbare Druckanschlüsse für Prüfmessungen zweckmäßig.

## 7.4.2 Prüfungen

### a) Wirkungssinn

Es ist eine positive und eine negative Regelabweichung durch eine Sollwertverstellung vorzunehmen und zu überprüfen, ob die Richtungsänderung des Stellgliedes mit dem gewünschten Regelsinn übereinstimmt.

### b) Sollwert

Entsprechend den Vereinbarungen ist für einen oder mehrere Sollwerte zu untersuchen, ob im eingeschwungenen Zustand der Istwert und Sollwert übereinstimmen. Bei der Verwendung von P-Reglern ist ein bestimmter Lastfall festzulegen.

### c) Führungseinfluß

Im Falle der Führungsregelung ist zu klären, ob bei linearem Zusammenhang die Steilheit, der Wirkungssinn und der Einsatzpunkt den Anforderungen entsprechen.

Für den Fall, daß ein nicht-linearer Zusammenhang vorgegeben wird, ist diese Kurve für vereinbarte Werte zu prüfen.

### d) Führungsfolgeregelung

Da die Führungsfolgeregelung aus zwei Regelkreisen – dem Führungs- und dem Folgeregelkreis – besteht, ist für jeden dieser Kreise eine Stabilitätskontrolle durchzuführen.

## 7.5 Meßunsicherheiten

### 7.5.1 Allgemeines

Bei jeder Messung ist mit Unsicherheiten zu rechnen, die durch die Meßanordnung, das Meßverfahren, die Meßgeräte sowie die Ablesung bedingt sind. Bei Werten, die aus der Messung mehrerer einzelner Größen ermittelt werden, ergibt sich die Gesamtunsicherheit der Messungen aus dem Fehlerfortpflanzungsgesetz. Es wird vorausgesetzt, daß die Fehler voneinander unabhängig sind und einer Gauß-Verteilung folgen. Dabei können z. B. zwei willkürlich herausgegriffene Werte durchaus in einer Richtung abweichen. In vielen Fällen werden die Abweichungen für die einzelnen Größen in den Grenzen liegen, die in den vorstehenden Abschnitten angegeben sind. Falls die Betriebsdaten während der Messung schwanken, ist der Einfluß auf die Unsicherheiten der Meßergebnisse zu berücksichtigen. Gegebenenfalls sind mehrere Messungen zur Ermittlung dieser Einflüsse erforderlich.

### 7.5.2 Unsicherheiten der Meßergebnisse

Bei der Ermittlung der Unsicherheiten sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Meßunsicherheiten durch Einflüsse am Meßort,
- Meßunsicherheiten durch Ablesung,
- Meßunsicherheit des Mittelwertes (bei schwankender Meßgröße),
- Fehler der Meßgeräteanzeige (Meßgerätefehler),
- Meßunsicherheiten der Stoffwerte, z. B. der Dichte und
- Unsicherheiten bei der Umrechnung.

Die Unsicherheit der primär gemessenen Größen setzt sich aus den ersten vier genannten Meßunsicherheitsquellen zusammen. In den einzelnen Abschnitten dieser

Norm sind Anhaltswerte für die zu erwartenden Unsicherheiten der Meßgrößen aufgeführt. Die Unsicherheiten sollten möglichst schon vor den Messungen abgeschätzt, berechnet und in den Protokollen angegeben werden.

Auf Grund des Fehlerfortpflanzungsgesetzes läßt sich die Gesamtunsicherheit aus den Unsicherheiten der einzelnen Meßgrößen wie folgt ermitteln:

Wird das Meßergebnis  $x$  aus der Summe oder der Differenz mehrerer Einzelmeßgrößen  $x_i$  gebildet, z. B.

$$x = x_1 + x_2 - x_3 + \dots + x_i \quad (1)$$

so errechnet sich die Gesamtunsicherheit  $V_y$  aus der Gleichung:

$$V_y = \pm \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_i^2} \quad (2)$$

Dabei ist  $V_i$  die Einzelunsicherheit (Vertrauensgrenze).

Wird das Meßergebnis  $x$  aus dem Produkt oder Quotienten mehrerer Einzelmeßgrößen  $x_i$  gebildet, z. B.

$$x = \frac{x_1 \cdot x_2}{x_3} \quad (3)$$

so wird zweckmäßigerweise mit der relativen Unsicherheit

$$\tau = \frac{V}{x} \quad (4)$$

gerechnet.

Damit ergibt sich die Gesamtunsicherheit zu

$$\tau = \pm \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2 + \tau_3^2}$$

Wird das Meßergebnis aus einer Potenzfunktion mehrerer Einzelgrößen gebildet, z. B.

$$x = \frac{x_1^2 \cdot \sqrt{x_2}}{x_3} \quad (5)$$

so errechnet sich die Gesamtunsicherheit nach der Gleichung:

$$\tau_y = \pm \sqrt{(2 \tau_1)^2 + (1/2 \tau_2)^2 + \tau_3^2} \quad (6)$$

### 7.5.3 Berechnung der Fehler der Meßeinrichtung

Die Unsicherheit von Meßgrößen ist als Vertrauensgrenze der gesamten Meßunsicherheit für eine statistische Sicherheit  $P = 95\%$  definiert.

Die Fehlergrenzen (Vertrauensgrenzen) für die einzelnen Meßeinrichtungen werden daher ermittelt

- nach den Meßregeln für bestimmte Einzelmessungen (z. B. Durchflußmessungen),
- aus den bekannten Fehlergrenzen (Genauigkeitsklassen) von Meßgeräten, falls keine Kalibrierung der Meßeinrichtung vorliegt,
- bei geeichten oder kalibrierten Meßgeräten aus der festgesetzten Genauigkeit der Prüfung und
- nach allgemeiner meßtechnischer Erfahrung.

Ein Beispiel zu den Unsicherheiten von Messungen ist in Anhang K enthalten.