

## DIN EN 12599



ICS 91.140.30

Einsprüche bis 2024-09-05  
Vorgesehen als Ersatz für  
DIN EN 12599:2013-01

**Entwurf**

**Lüftung von Gebäuden –  
Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen  
und Luftbehandlungssysteme in Nichtwohngebäuden;  
Deutsche und Englische Fassung prEN 12599:2024**

Ventilation for buildings –

Test procedures and measurement methods to hand over air conditioning and ventilation systems and air conditioning systems for non-residential buildings;  
German and English version prEN 12599:2024

Ventilation des bâtiments –

Procédures d'essai et méthodes de mesure pour la réception des installations de conditionnement d'air et de ventilation;  
Version allemande et anglaise prEN 12599:2024

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-07-05 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter [www.din.de/go/entwuerfe](http://www.din.de/go/entwuerfe) bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de), sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [nhrs@din.de](mailto:nhrs@din.de) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe](http://www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRS), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 133 Seiten

DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRS)

## Nationales Vorwort

Das Dokument prEN 12599:2024 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 156 „Lüftung von Gebäuden“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 041-02-50 AA „Grundlagen (SpA CEN/TC 156 sowie WG 1, 8, 20, 23, 24, 25 und WG 26)“ im DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRS).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN ([www.din.de](http://www.din.de)) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

## Änderungen

Gegenüber DIN EN 12599:2013-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Anwendungsbereich wurde dahingehend geändert, dass die EN 12599 für Nichtwohngebäude gilt. Es wurde gestrichen, dass sie für Wohngebäude verwendet werden kann. Die festgelegten Verfahren können die Übergabe und Inspektion von Anlagen unterstützen;
- b) die normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- c) die Verfahren zur Messung des Luftdurchflusses wurden in die EN 16211 übertragen;
- d) die Methode zur Messung der Luftdichtheit von Luftleitungen entsprechend den Luftdichtheitsklassen der EN 16798-3 wurde aufgenommen;
- e) Anhang C über die Bestimmung des Umfangs von Funktionskontrollen bei Messungen für z. B. ähnliche Orte wurde überarbeitet. Neue Stichprobenwerte auf der Grundlage von Stichprobenfehlern wurden festgelegt;
- f) Anhang D wurde in Abschnitt 8 „Messungen“ aufgenommen;
- g) die Berechnung der Oberfläche von Rohrleitungen wurde als neuer Anhang D aufgenommen;
- h) „Besondere Messungen“ wurden umbenannt in „Zusätzliche Messungen“;
- i) die Bestimmung der Messunsicherheit wurde überarbeitet;
- j) Norm redaktionell überarbeitet.

Juli 2024

**prEN 12599**

**Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe  
raumluftechnischer Anlagen und Luftbehandlungssysteme in Nichtwohngebäuden**

Ventilation for buildings – Test procedures and measurement methods to hand over air conditioning and ventilation systems and air conditioning systems for non-residential buildings

Ventilation des bâtiments – Procédures d’essai et méthodes de mesure pour la réception des installations de conditionnement d’air et de ventilation

## Inhalt

|                                                                              | Seite |
|------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Europäisches Vorwort . . . . .                                               | 5     |
| Einleitung . . . . .                                                         | 6     |
| 1 Anwendungsbereich . . . . .                                                | 7     |
| 2 Normative Verweisungen . . . . .                                           | 7     |
| 3 Begriffe . . . . .                                                         | 7     |
| 4 Prüfung und Prüfverfahren . . . . .                                        | 8     |
| 5 Administrative Prüfung . . . . .                                           | 10    |
| 6 Vollständigkeitsprüfung . . . . .                                          | 10    |
| 7 Funktionsprüfungen . . . . .                                               | 11    |
| 8 Messungen . . . . .                                                        | 11    |
| 8.1 Allgemeines . . . . .                                                    | 11    |
| 8.2 Messbereich . . . . .                                                    | 11    |
| 8.3 Durchführung . . . . .                                                   | 13    |
| 8.4 Messverfahren und Messgeräte . . . . .                                   | 13    |
| 8.4.1 Allgemeines . . . . .                                                  | 13    |
| 8.4.2 Messung des Luftvolumenstroms . . . . .                                | 13    |
| 8.4.3 Messung der Luftdichtheit von Luftleitungen . . . . .                  | 14    |
| 8.4.4 Messung der Raumluftgeschwindigkeit . . . . .                          | 21    |
| 8.4.5 Messung der Lufttemperatur . . . . .                                   | 23    |
| 8.4.6 Messung der Luftfeuchte . . . . .                                      | 24    |
| 8.4.7 Messung des Schalldruckpegels . . . . .                                | 24    |
| 8.4.8 Messung der elektrischen Leistung des Ventilators . . . . .            | 25    |
| 8.4.9 Messung der Druckdifferenz am Luftfilter . . . . .                     | 27    |
| 8.5 Begleitende Messungen . . . . .                                          | 28    |
| 9 Zusätzliche Messungen . . . . .                                            | 28    |
| 9.1 Allgemeines . . . . .                                                    | 28    |
| 9.2 Messungen an Bauteilen . . . . .                                         | 28    |
| 9.2.1 Ventilatoren . . . . .                                                 | 28    |
| 9.2.2 Filter . . . . .                                                       | 29    |
| 9.2.3 Wärmetauscher . . . . .                                                | 29    |
| 9.2.4 Luftbefeuchter . . . . .                                               | 29    |
| 9.3 Überprüfung der Regelungs-, Steuerungs- und Schaltsysteme . . . . .      | 30    |
| 10 Messunsicherheiten . . . . .                                              | 31    |
| 11 Prüfberichte . . . . .                                                    | 31    |
| 11.1 Allgemeines . . . . .                                                   | 31    |
| 11.2 Übergabebericht . . . . .                                               | 31    |
| 11.3 Inspektionsbericht zur Vollständigkeitsprüfung . . . . .                | 32    |
| 11.4 Inspektionsbericht zur Funktionsprüfung . . . . .                       | 32    |
| 11.5 Prüfbericht zu Messungen . . . . .                                      | 32    |
| 11.6 Prüfbericht zu zusätzlichen Messungen . . . . .                         | 33    |
| Anhang A (informativ) Administrative und Vollständigkeitsprüfung . . . . .   | 34    |
| A.1 Administrative Prüfung . . . . .                                         | 34    |
| A.1.1 Allgemeines . . . . .                                                  | 34    |
| A.1.2 Liste der vereinbarten Spezifikationen . . . . .                       | 34    |
| A.1.3 Bestandsunterlagen: . . . . .                                          | 35    |
| A.1.4 Unterlagen für Betrieb und Wartung: . . . . .                          | 35    |
| A.2 Vollständigkeitsprüfung . . . . .                                        | 35    |
| A.2.1 Allgemeine Inspektion . . . . .                                        | 35    |
| A.2.2 Abgleich . . . . .                                                     | 36    |
| A.2.3 Einzelprüfungen . . . . .                                              | 36    |
| A.3 Beispiel für einen Prüfbericht für die Vollständigkeitsprüfung . . . . . | 38    |

|                                                                                                            |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Anhang B (informativ) Funktionsprüfungen</b>                                                            | <b>40</b> |
| B.1 Allgemeines                                                                                            | 40        |
| B.2 Einzelprüfungen für Bauteile                                                                           | 40        |
| B.2.1 Luftbehandlungsgeräte                                                                                | 40        |
| B.2.2 Ventilatoren                                                                                         | 40        |
| B.2.3 Wärmetauscher                                                                                        | 40        |
| B.2.4 Luftfilter                                                                                           | 40        |
| B.2.5 Befeuchter                                                                                           | 41        |
| B.2.6 Jalousieklappen                                                                                      | 41        |
| B.2.7 Brand- und Rauchschutzklappen                                                                        | 41        |
| B.2.8 Mischkammer                                                                                          | 41        |
| B.2.9 Luftleitungssystem                                                                                   | 41        |
| B.2.10 Luftströmungsmuster im Raum                                                                         | 41        |
| B.2.11 Regeleinrichtungen und Schaltschränke                                                               | 41        |
| <b>Anhang C (normativ) Bestimmung des Umfangs der Funktionsprüfungen bzw. -messungen</b>                   | <b>42</b> |
| C.1 Allgemeines                                                                                            | 42        |
| C.2 Messgrößen und ähnliche Stellen                                                                        | 42        |
| C.3 Bestimmung der Gesamtzahl $n$ ähnlicher Stellen                                                        | 43        |
| C.4 Umfang der Prüfungen bzw. Messungen                                                                    | 43        |
| <b>Anhang D (normativ) Oberflächenberechnung von Luftleitungen</b>                                         | <b>45</b> |
| D.1 Allgemeines                                                                                            | 45        |
| D.2 Berechnungsregeln                                                                                      | 45        |
| D.3 Beispiel für die Messung und Berechnung von kreisrunden Luftleitungen                                  | 46        |
| D.4 Beispiel für die Messung und Berechnung von rechteckigen Luftleitungen                                 | 47        |
| <b>Anhang E (normativ) Zusätzliche Messungen</b>                                                           | <b>48</b> |
| E.1 Messung von Parametern                                                                                 | 48        |
| E.1.1 Druck                                                                                                | 48        |
| E.1.2 Temperatur                                                                                           | 48        |
| E.1.3 Feuchte                                                                                              | 49        |
| E.1.4 Innenraumluftqualität                                                                                | 49        |
| E.2 Messungen in Räumen                                                                                    | 51        |
| E.2.1 Allgemeines                                                                                          | 51        |
| E.2.2 Thermische Bedingungen                                                                               | 51        |
| E.2.3 Lüftungseffektivität                                                                                 | 52        |
| E.2.4 Schall in der Umgebung                                                                               | 52        |
| <b>Anhang F (informativ) Technische Spezifikationen für Prüfungen und Messungen zum Zweck der Übergabe</b> | <b>53</b> |
| <b>Anhang G (informativ) Beispiele für die Bestimmung der Anzahl der Funktionsprüfungen und -messungen</b> | <b>54</b> |
| G.1 Funktionsprüfungen                                                                                     | 54        |
| G.2 Messungen                                                                                              | 54        |
| <b>Anhang H (informativ) Beispiele für Messunsicherheiten</b>                                              | <b>56</b> |
| H.1 Unsicherheit des Ergebnisses einer Messung                                                             | 56        |
| H.2 Bewertung des Typs B der Standardunsicherheit                                                          | 56        |
| H.3 Kombinierte Standardunsicherheit                                                                       | 58        |
| H.4 Erweiterte Unsicherheit                                                                                | 58        |
| H.5 Beispiele                                                                                              | 59        |
| <b>Anhang I (informativ) Berechnungen zur Luftstromkorrektur unter Referenzbedingungen</b>                 | <b>62</b> |
| <b>Literaturhinweise</b>                                                                                   | <b>64</b> |

## Bilder

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| <b>Bild 1 — Prüfung einschließlich Gerät</b> | <b>16</b> |
| <b>Bild 2 — Prüfung ohne Gerät</b>           | <b>17</b> |

|                                                                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bild 3 — Empfohlene zu prüfende maximale Länge entsprechend der Luftdichtheitsklasse, dem Prüfdruck und dem mittleren Durchmesser des geprüften Abschnitts . . . . . | 19 |
| Bild 4 — Prüfstand für Luftdichtheitsmessungen (Überdruck) . . . . .                                                                                                 | 19 |
| Bild 5 — 1-Phasen-Wechselstrommotor . . . . .                                                                                                                        | 26 |
| Bild 6 — Drehstrommotor . . . . .                                                                                                                                    | 27 |
| Bild 7 — Prinzip des Regelkreises . . . . .                                                                                                                          | 30 |
| Bild 8 — Beispiel für eine CO <sub>2</sub> -Regelung . . . . .                                                                                                       | 30 |
| Bild D.1 — Beispiel für eine übliche Installation von Luftleitungen mit kreisrundem Querschnitt                                                                      | 46 |
| Bild D.2 — Beispiel für eine übliche Installation von Luftleitungen mit rechteckigem Querschnitt                                                                     | 47 |
| Bild E.1 — Einbau von Tauchhülsen in kreisrunden Luftleitungen bei gleichmäßiger Temperaturverteilung . . . . .                                                      | 49 |
| Bild H.1 — Vergleich der Ergebnisse mit den Grenzwerten der Klassen ATC 5 und ATC 6 . . . . .                                                                        | 61 |

## Tabellen

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1 — Liste der Prüfungen, Messungen und Berichte zur Feststellung der Anlagenqualität     | 9  |
| Tabelle 2 — Messungen . . . . .                                                                  | 12 |
| Tabelle 3 — Erweiterte Messunsicherheit U von Messgrößen . . . . .                               | 13 |
| Tabelle 4 — Klassifizierung der Luftdichtheitsklasse von Systemen . . . . .                      | 15 |
| Tabelle 5 — Anforderungen an Luftgeschwindigkeitsmessgeräte . . . . .                            | 22 |
| Tabelle 6 — Werte für $a$ als Funktion der Luftgeschwindigkeit $v_a$ . . . . .                   | 24 |
| Tabelle 7 — Strommessgerät . . . . .                                                             | 25 |
| Tabelle C.1 — Stichprobenfehler der Stichprobenstufen bei einem Vertrauensniveau von 95 % .      | 42 |
| Tabelle C.2 — Stichprobengröße in Abhängigkeit von der Gesamtzahl N . . . . .                    | 43 |
| Tabelle C.3 — Anzahl der durchzuführenden Messungen als Teil der Zahl $n$ . . . . .              | 44 |
| Tabelle D.1 — Beispiel für die Berechnung der Oberfläche von Luftleitungen in Bild D.1 . . . . . | 46 |
| Tabelle D.2 — Beispiel für die Berechnung der Oberfläche von Luftleitungen in Bild D.2 . . . . . | 47 |
| Tabelle G.1 — Bestimmung der Anzahl der Funktionsprüfungen . . . . .                             | 54 |
| Tabelle G.2 — Bestimmung der Anzahl der Messungen . . . . .                                      | 55 |
| Tabelle I.1 — Beispiel für die Berechnung der Luftstromkorrektur nach CEN/TS 17153 . . . . .     | 62 |
| Tabelle I.2 — Berechnete Beispiele, basierend auf verschiedenen Prüfbedingungen . . . . .        | 63 |

## Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 12599:2024) 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.

Dieses Dokument ersetzt EN 12599:2012.

Dieses Dokument beinhaltet die folgenden wesentlichen technischen Änderungen im Vergleich zu EN 12599:2012:

- der Anwendungsbereich wurde so geändert, dass EN 12599 für Nichtwohngebäude gilt. Die Angabe, dass er für Wohngebäude genutzt werden kann, wurde gestrichen. Die festgelegten Verfahren können die Übergabe und Inspektion von Systemen unterstützen;
- die normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- die Verfahren zur Messung des Luftvolumenstroms wurden in EN 16211 übertragen;
- das Verfahren zur Messung der Luftdichtheit von Luftleitungen entsprechend den Luftdichtheitsklassen von EN 16798-3 wurde einbezogen;
- Anhang C bezüglich der Bestimmung des Umfangs von Funktionsprüfungen in Messungen für z. B. vergleichbare Standorte wurde überarbeitet. Neue Stichprobenstufen auf der Grundlage von Stichprobenfehlern wurden festgelegt;
- Anhang D wurde in Abschnitt 8 „Messungen“ einbezogen;
- die Oberflächenberechnung von Luftleitungen wurde als neuer Anhang D einbezogen;
- „Besondere Messungen“ wurde in „Zusätzliche Messungen“ umbenannt;
- die Bestimmung der Messunsicherheit wurde überarbeitet.

## **Einleitung**

Die in diesem Dokument präsentierten Messmethoden und -verfahren sind so festgelegt, dass sie besonders für die Übergabe von Lüftungsanlagen und Luftbehandlungssystem geeignet sind, auch wenn die Verifizierung der Eignung für den Verwendungszweck installierter Belüftungsanlagen und Luftbehandlungssysteme in späteren Phasen des Lebenszyklusses von Lüftungsanlagen nützlich sein kann. Dies betrifft nicht nur die Phase der Übergabe. Aufgrund der Zugänglichkeit könnte es für einige Messungen von Vorteil sein, sie während der Installation durchzuführen (z. B. Luftdichtheit).

Die Messmethoden in diesem Dokument in Verbindung mit dem Dokument EN 16211 sind im Rahmen der Energieprüfung von Luftbehandlungssystemen nach EN 16798-17 und CEN/TR 16798-18 anwendbar.

## 1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Prüfungen, Messmethoden und Messverfahren fest, um die Eignung für den Verwendungszweck der installierten Lüftungsanlagen und Luftbehandlungssysteme entsprechend der Gestaltung zu verifizieren.

Es legt ein Verfahren fest, das dazu dient, die Übergabe und Inspektion dieser Systeme technisch zu unterstützen.

Dieses Dokument ermöglicht die Wahl zwischen Prüfungen und Messungen, wenn zusätzliche Messungen erforderlich sind.

Dieses Dokument gilt für mechanische Lüftungsanlagen (einschließlich des mechanischen Teils von Hybridsystemen) und vollständige (und teilweise) Luftbehandlungsanlagen in Nichtwohngebäuden (oder Teilen derselben).

Dieses Dokument gilt nicht für:

- wärmeerzeugende Anlagen und deren Regelung;
- Kälteanlagen und deren Regelung;
- Wärme- und Kälteverteilung bis zu den Luftbehandlungseinheiten;
- Druckluftversorgungsanlagen;
- Wasseraufbereitungsanlagen;
- zentrale dampferzeugende Anlagen zur Luftbefeuchtung;
- Elektrizitätsversorgungsanlagen.

Dieses Dokument gilt nicht für Lüftungsanlagen und Luftbehandlungssysteme für industrielle und andere besondere Prozessumgebungen.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 16211, *Lüftung von Gebäuden — Luftvolumenstrommessung in Lüftungssystemen — Verfahren*

EN 16798-3, *Energetische Bewertung von Gebäuden — Lüftung von Gebäuden — Teil 3: Lüftung von Nichtwohngebäuden — Leistungsanforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme (Module M5-1, M5-4)*

EN ISO 7730, *Ergonomie der thermischen Umgebung — Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit (ISO 7730)*

JCGM 100, *Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement*

## 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

**E DIN EN 12599:2024-08**  
**prEN 12599:2024 (D)**

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

### **3.1**

#### **Übergabe**

Prozess der Übertragung der Verantwortung für eine Anlage an eine andere Person oder Organisation

### **3.2**

#### **Prüfung**

Untersuchung von etwas ohne Rückgriff auf Messungen, um sicherzustellen, dass es korrekt ist oder den Vorgaben entspricht

### **3.3**

#### **administrative Prüfung**

Prüfung der Dokumentation und Spezifikationen einer Anlage

### **3.4**

#### **Vollständigkeitsprüfung**

Prüfung der Vollständigkeit und Anordnung einer Anlage

### **3.5**

#### **Funktionsprüfung**

Prüfung des Betriebs einer Hauptfunktion einer Anlage

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Beispiel für die Hauptfunktion einer Lüftungsanlage ist die Bereitstellung von Luftstrom.

### **3.6**

#### **Abgleich**

Prozess der Einstellung der Durchflussmengen jedes Kreislaufs einer Anlage zur Erfüllung der Spezifikationen

## **4 Prüfung und Prüfverfahren**

Zur Verifizierung der Eignung für den Verwendungszweck eines installierten Systems durch Prüfungen und Messungen ist es erforderlich, die Leistungskriterien für Prüfungen und Messungen (z. B. maximal zulässige Fehler, Probenauswahl) sowie für die Anlage (z. B. Toleranzen) festzulegen. Anhang F enthält eine Liste von Spezifikationen.

Die folgenden Schritte sind in der angegebenen Reihenfolge durchzuführen:

- a) Vollständigkeitsprüfungen;
- b) Funktionsprüfungen;
- c) Messungen;
- d) zusätzliche Messungen;
- e) Bericht.

Funktionsprüfungen und Messungen am System werden grundsätzlich für jedes Bauteil des Systems durchgeführt. Für Bauteile gleicher Art an vergleichbaren Standorten und mit vergleichbaren Betriebsbedingungen dürfen die Funktionsprüfungen und Messungen an einer Probenauswahl durchgeführt werden. Der Umfang der Funktionsprüfungen und Messungen muss nach Anhang C bestimmt werden.

Es muss sichergestellt werden, dass die Anlage in einem einregulierten und sicheren Zustand läuft.

Die zusätzlichen Messungen nach Abschnitt 9 und Anhang E müssen nur ausgeführt werden, wenn sie erforderlich sind und gesondert vereinbart wurden.

Die Schritte der Prüfung, der Messungen und des Berichts sind in Tabelle 1 angegeben.

**Tabelle 1 — Liste der Prüfungen, Messungen und Berichte zur Feststellung der Anlagenqualität**

| <b>Erforderliche Schritte</b> | <b>Zweck</b>                                                                                          | <b>Tätigkeiten</b>                                                                                                                                                                                             | <b>Anhänge</b>                                                                                       |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Administrative Prüfung        | Verifizieren, dass die Dokumentation der Anlage vollständig ist                                       | Prüfung der Vollständigkeit von Dokumenten<br>1. Spezifikationen<br>2. Bestandsaufnahme<br>3. Betrieb und Instandhaltung<br>4. Messberichte                                                                    | Anhang A                                                                                             |
| Vollständigkeitsprüfungen     | Sicherstellen, dass die RLT-Anlage vollständig in Übereinstimmung mit dem Vertrag eingebaut wurde     | 1. Vergleich der Einrichtung mit der Gestaltung<br>2. Übereinstimmung mit technischen Regeln (vertraglich und formell)<br>3. Abgleich<br>4                                                                     | Anhang A                                                                                             |
| Funktionsprüfungen            | Überprüfen des Anlagenbetriebs                                                                        | 1. Anlage in Gebrauch nehmen<br>2. Betriebsfähigkeit der Bauteile und der Anlage<br>3. Zugänglichkeit<br>4. Sauberkeit                                                                                         | Anhang C<br>Bestimmung des Umfangs<br>Anhang B<br>Übersicht zur Funktion der Bauteile und der Anlage |
| Messungen                     | Überprüfen, auf statistischer Grundlage, ob die Anlage die in der Planung vorgesehenen Werte erreicht | 1. Bestimmung der erforderlichen Messungen und Aufzeichnungen<br>2. Umfang der Messungen, festgelegt durch die Stichprobenstufe SL<br>3. Messungen<br>4. Begleitende Messungen (siehe 8.5)<br>5. Luftdichtheit | Anhang C<br>Bestimmung des Umfangs                                                                   |

Tabelle 1 (fortgesetzt)

| Erforderliche Schritte                        | Zweck                                                                                                             | Tätigkeiten                                                                                                         | Anhänge                                                                 |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Zusätzliche Messungen<br>(falls erforderlich) | Bei Zweifeln an der Qualität der Anlage oder von Teilen derselben können zusätzliche Messungen erforderlich sein. | 1. Bestimmung der erforderlichen Messungen und Aufzeichnungen<br>2. Bestimmung der Messunsicherheit<br>3. Messungen | Anhang E<br>Zusätzliche Messungen                                       |
| Bericht<br>Siehe Abschnitt 9                  |                                                                                                                   | 1. Bericht<br>2. Übergabe des Berichts                                                                              | Anhang A<br>Beispiel eines Prüfberichts für die Vollständigkeitsprüfung |

## 5 Administrative Prüfung

Die administrative Prüfung der verfügbaren Dokumente muss vor Inspektionen, Prüfungen und Messungen der Anlage vor Ort erfolgen.

Es muss geprüft werden, ob alle relevanten Dokumente verfügbar sind, einschließlich

- einer Liste aller Spezifikationen,
- aller Bestandsunterlagen,
- aller notwendigen Dokumente für den Betrieb und die Instandhaltung,
- der Abgleichberichte,
- der bestehenden Messberichte (z. B. Luftdichtheitsprüfung), sofern zutreffend.

Anhang A enthält Einzelheiten zur administrativen Prüfung.

## 6 Vollständigkeitsprüfung

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

Die folgenden Prüfungen sind hier enthalten:

- Vergleich der gelieferten Anlage mit der Spezifikation, sowohl hinsichtlich der Anzahl der Teile und Materialien als auch, sofern erforderlich, hinsichtlich der Eigenschaften und Ersatzteile;
- Vergleich des gelieferten Systems mit der Spezifikation hinsichtlich der Lage von Materialien und Bauteilen;
- Vergleich des gelieferten Systems mit der Spezifikation hinsichtlich der Anordnung der Anlage.

Überprüfung, ob der Abgleich der Anlage entsprechend dem Bericht erfolgt ist.

Ein Beispiel für eine Beschreibung der Vollständigkeitsprüfung ist in Anhang A enthalten.

## 7 Funktionsprüfungen

Zweck der Funktionsprüfung ist die Verifizierung der Betriebsfähigkeit der Anlage bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen in Übereinstimmung mit einschlägigen technischen Regeln und der Spezifikation. Mit dieser Prüfung wird festgestellt, ob die einzelnen Elemente der Anlage wie Filter, Ventilatoren, Wärmetauscher, Kühler, Befeuchter usw. ordnungsgemäß eingebaut wurden.

Im Fall der Kontrolle der Nutzungsart oder des Bedarfs sollte geprüft werden, ob die Reaktion des Systems auf Veränderungen des Sensorwerts den Gestaltungsanforderungen entspricht.

Funktionsprüfungen sind an allen Arten der eingebauten Einrichtungen durchzuführen.

Vor Beginn der Prüfungen sollte eine Checkliste angefertigt werden.

Der Umfang der Funktionsprüfungen ist in Anhang C festgelegt.

Der Ort der Prüfungen sollte festgelegt werden.

Anhang B enthält eine Anleitung für das Verfahren und eine Liste der Funktionsprüfungen.

## 8 Messungen

### 8.1 Allgemeines

Die Messungen dienen dazu, zu verifizieren, ob das System die Auslegungsbedingungen und festgelegten Sollwerte erfüllt.

Die Messbedingungen müssen zusammen mit den Messergebnissen entsprechend den Messverfahren in 8.4 aufgezeichnet werden.

Wenn die Messungen unter anderen als den Auslegungsbedingungen stattfinden, dürfen sie in die Auslegungsbedingungen für die Temperatur und den Druck umgerechnet werden.

Wenn einige der Prüfungen vor der Übergabe durchgeführt werden, sollte die Dokumentation im Rahmen der administrativen Prüfung verifiziert werden.

### 8.2 Messbereich

Tabelle 2 gibt an, welche Messungen bei den einzelnen RLT-Anlagen erforderlich sind.

Der Umfang der Messungen ist in Anhang C definiert.

**Tabelle 2 — Messungen**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                 | Gesamt-anlage                  | Zentrale/Gerät                          |                               |                             |                       | Luftlei-tungs-system                            | Raum                     |                          |                               |                    |                  |                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------|------------------|-------------------------|
| Art der Anlage/Funktion                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                 | Zusätzliche Sauberkeitsprüfung | Strom- und Leistungsaufnahme des Motors | Luftvolumenstrom <sup>a</sup> | Lufttemperatur <sup>a</sup> | Druckabfall im Filter | Prüfung der Dichtigkeit des Luftleitungssystems | Zuluftstrom (mechanisch) | Abluftstrom (mechanisch) | Zulufttemperatur <sup>b</sup> | Feuchte der Zuluft | Schalldruckpegel | Raumluftgeschwindigkeit |
| Lüftungsan-lage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Z               | 2                              | 2                                       | 1                             | 0                           | 1                     | 2                                               | 1                        | 1                        | 0                             | 0                  | 2                | 2                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | H               | 2                              | 2                                       | 1                             | 1                           | 1                     | 2                                               | 1                        | 1                        | 2                             | 0                  | 2                | 2                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | C               | 2                              | 2                                       | 1                             | 1                           | 1                     | 2                                               | 1                        | 1                        | 2                             | 2                  | 2                | 2                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | M/D             | 2                              | 2                                       | 1                             | 1                           | 1                     | 2                                               | 1                        | 1                        | 2                             | 1                  | 2                | 2                       |
| Teilklima-anlage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | HC              | 2                              | 2                                       | 1                             | 1                           | 1                     | 2                                               | 1                        | 1                        | 1                             | 2                  | 2                | 2                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | HM/HD/CM/CD     | 2                              | 2                                       | 1                             | 1                           | 1                     | 2                                               | 1                        | 1                        | 1                             | 1                  | 2                | 2                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | MD              | 2                              | 2                                       | 1                             | 1                           | 1                     | 2                                               | 1                        | 1                        | 2                             | 1                  | 2                | 2                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | HCM/MCD/CHD/HMD | 2                              | 2                                       | 1                             | 1                           | 1                     | 2                                               | 1                        | 1                        | 1                             | 1                  | 2                | 2                       |
| Vollklima-anlage                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | HCMD            | 2                              | 2                                       | 1                             | 1                           | 1                     | 2                                               | 1                        | 1                        | 1                             | 1                  | 2                | 2                       |
| <b>Erläuterungen</b><br>0-2 geben die Relevanz einer Messung an, um die Eignung für den Verwendungszweck des Systems zu verifizieren.<br>0      Messung nicht relevant<br>1      Messung erforderlich<br>2      Optionale Messung<br>C      Kühlung<br>D      Entfeuchtung<br>H      Heizung<br>M      Befeuchten (Feuchte)<br>Z      Ohne thermodynamische Funktionen (null) |                 |                                |                                         |                               |                             |                       |                                                 |                          |                          |                               |                    |                  |                         |
| <sup>a</sup> Außenluft, Zuluft und Abluft<br><sup>b</sup> In Abhängigkeit von Regelungsgrundsätzen, falls erforderlich                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |                                |                                         |                               |                             |                       |                                                 |                          |                          |                               |                    |                  |                         |

### 8.3 Durchführung

Vor Beginn der Messungen sind die Messorte festzulegen, die Verfahren und Messgeräte zu vereinbaren und in den technischen Unterlagen zur Funktionsmessung anzugeben.

Bei der Festlegung der Anzahl der Messpunkte in einem Raum sollten die Grundfläche und die Messgrößen berücksichtigt werden. In Räumen bis 20 m<sup>2</sup> Grundfläche ist mindestens ein Messort erforderlich; größere Räume sollten in entsprechende Bereiche unterteilt werden. Die Messorte im Aufenthaltsbereich des Raumes sind zwischen den Parteien zu vereinbaren und sollten bevorzugt an Stellen liegen, die als Daueraufenthaltsplätze vorgesehen sind.

Die Messgeräte sind unter Berücksichtigung der Gesamt-Messunsicherheit auszuwählen.

Die Einflussgrößen auf das Raumklima sowie Luftvolumenströme, Heiz-, Kühl- und Befeuchtungsleistungen, elektrische Eigenschaften und andere Auslegungsdaten sind beim Nennvolumenstrom der Lüftungsanlage zu messen. Die erweiterte Messunsicherheit der Messwerte ist in Tabelle 3 angegeben.

**Tabelle 3 — Erweiterte Messunsicherheit U von Messgrößen**

| Messgröße                                                                        | Erweiterte Messunsicherheit<br>$U^a$ |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Luftvolumenstrom, je Einzelraum                                                  | ±15 %                                |
| Luftvolumenstrom, je Anlage                                                      | ±10 %                                |
| Zulufttemperatur                                                                 | ±2 °C                                |
| Relative Feuchte [RH]                                                            | ±15 % RH                             |
| Luftgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich                                        | ±0,05 m/s                            |
| Lufttemperatur im Aufenthaltsbereich                                             | ±1,5 °C                              |
| A-bewerteter Schalldruckpegel im Raum                                            | ±3 dBA                               |
| <sup>a</sup> Dieses Dokument legt keine Toleranzen für die Bemessungswerte fest. |                                      |

Geringere erweiterte Messunsicherheiten können erforderlich sein. Dies sollte in der Dokumentation des Systems definiert werden.

### 8.4 Messverfahren und Messgeräte

#### 8.4.1 Allgemeines

Im Fall von Messungen in Luftleitungen und Luftbehandlungsanlagen mit Unterdruck sollten Messfehler durch Luftinfiltration durch die für das Einführen des Messgeräts hergestellte Öffnung vermieden werden.

In jedem Fall müssen die Öffnungen in den Luftleitungen nach der Messung versiegelt werden.

Es muss berücksichtigt werden, dass Wetterbedingungen die Messung und die Messunsicherheit beeinflussen können.

#### 8.4.2 Messung des Luftvolumenstroms

Der Luftvolumenstrom kann anhand verschiedener Verfahren nach EN 16211 bestimmt werden.

Der Luftvolumenstrom der Lüftungsanlage wird in der Luftleitung oder dem System gemessen, und die folgenden Verfahren können angewendet werden:

- Feste Geräte für die Messung des Luftvolumenstroms oder
- Mehrpunktmessung im Querschnitt der Luftleitung mit oder ohne Messebenen-Kriterien.

Wenn Lüftungsanlagen mit festen Geräten zur Messung des Luftvolumenstroms ausgestattet sind (z. B. Druckanschlüsse am Einlasskegel eines Ventilators mit einer entsprechenden Eigenschaft), sollten diese vorzugsweise für den Zweck der Übergabe verwendet werden.

Um den Gesamtluft-Volumenstrom in größeren Lüftungsanlagen mit dem Mehrpunkt-Messverfahren zu messen, sind die ungestörten geraden Durchflussabschnitte oftmals nicht vorhanden und das Verfahren ohne Messebenen-Kriterien wird empfohlen.

Messungen am Außenluft-Einlass oder der Abluftöffnung zur Bestimmung des Gesamtluft-Volumenstroms einer Lüftungsanlage werden nur empfohlen, wenn keine Messung innerhalb der Anlage oder der Luftleitung möglich ist.

Der Luftvolumenstrom an Luftdurchlässen kann durch die Verfahren mit den folgenden Messgeräten gemessen werden:

- feste Geräte, z. B. Referenzdruck an der Überdruckkammer;
- dichter Beutel (nur Zuluftanschlüsse) oder
- Strömungshauben.

### **8.4.3 Messung der Luftdichtheit von Luftleitungen**

#### **8.4.3.1 Kurzbeschreibung**

Die Luftdichtheit von Luftleitungen wird im Verhältnis zu einer festgelegten Dichtheitsklasse geprüft.

Dieses Dokument enthält Verfahren zur Messung der Dichtheit des Luftverteilsystems vor Ort (klassifiziert als  $ATC_{System}$ ) und der Dichtheit von Luftleitungen (klassifiziert als  $ATC_{Luftleitungen}$ ) nach EN 16798-3.

Die Dichtheit der Bauteile von Luftleitungen (klassifiziert als  $ATC_{Bauteil}$ ) kann nicht vor Ort geprüft werden.

**ANMERKUNG 1** Die Prüfung der Dichtheit von Bauteilen wird für Luftleitungen in EN 1507, EN 12237 und EN 17192 und für technische Luftleitungsprodukte in EN 15727 und EN 1751 behandelt.

Die Luftdichtheitsklassen müssen nach EN 16798-3 wie in Tabelle 4 festgelegt werden.

Entsprechend der Repräsentativität der geprüften Probe (siehe 8.4.3.2) ist entweder  $ATC_{System}$  oder  $ATC_{Luftleitungen}$  messbar, wie in EN 16798-3 definiert:

- $ATC_{System}$  repräsentiert die Undichtheit von Luftverteilsystemen und beinhaltet das gesamte installierte Luftverteilsystem einschließlich aller Bauteile, jedoch nicht einschließlich der Luftbehandlungseinheit (AHU) und Wärmerückgewinnung (relevant für die Systemleistung)
- $ATC_{Luftleitungen}$  repräsentiert die Undichtheit der Luftleitungen, d. h. die Undichtheit von Luftleitungen, Anschlussstücken, Schalldämpfern oder Abschnitten vor Ort in einer konkreten Baugruppe vor Ort.

Tabelle 4 — Klassifizierung der Luftdichtheitsklasse von Systemen

| Luftdichtheitsklasse                     | Grenzwert der Undichtheit                                    |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                                          | $f_{\max}$<br>$\text{m}^3 \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ |
| ATC 7                                    | nicht klassifiziert                                          |
| ATC 6                                    | $0,0675 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$                    |
| ATC 5                                    | $0,027 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$                     |
| ATC 4                                    | $0,009 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$                     |
| ATC 3                                    | $0,003 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$                     |
| ATC 2                                    | $0,001 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$                     |
| ATC 1                                    | $0,00033 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$                   |
| ANMERKUNG $p_t$ ist der Prüfdruck in Pa. |                                                              |

Die Klassifizierung  $\text{ATC}_{\text{System}}$  repräsentiert die Luftdichtheit des gesamten Systems. Dieser Wert kann als Eingabe für die Berechnung der Energieeffizienz verwendet werden. Um die Klassifizierung  $\text{ATC}_{\text{System}}$  zu erhalten, müssen die gesamten Luftleitungen gemessen werden, oder in großen und komplexen Luftleitungssystemen muss die Luftdichtheit in einem repräsentativen Teil des Systems gemessen werden. Wie in 8.4.3.2 beschrieben, wird empfohlen, 10 % der Oberfläche der Luftleitung einschließlich aller Arten von Luftleitungen und verschiedenen Größen und Bauteilen zu prüfen. Die Prüfung darf in mehreren durchgehenden Abschnitten durchgeführt werden.

Die Klassifizierung  $\text{ATC}_{\text{Luftleitungen}}$  repräsentiert die Luftdichtheit eines Teils der installierten Luftleitungen. Die zu prüfende Probe muss entsprechend dem Prüfziel ausgewählt werden und es wird empfohlen, 8.4.3.2 zu befolgen.

ANMERKUNG 2 Diese Messung kann beispielsweise verwendet werden, um die Qualität der Arbeit eines Handwerkers während des Baus oder die Dichtheit einer komplexen Verbindungsstelle zu prüfen.

Die Messung der Luftdichtheit sollte durchgeführt werden, wenn der betreffende Teil der Luftleitungen installiert und noch zugänglich ist.

Nach Aufnahme des Betriebs kann eine zweite Prüfung erforderlich sein, beispielsweise, wenn beim Anfahren Fehler auftreten. (Bei Fehlfunktionen z. B. einer Brandschutzklappe kann der Druck den zulässigen Druck überschreiten und die Luftleitungen beschädigen.)

ANMERKUNG 3 Luftdichte Geräte und Anschlussstücke von Luftleitungen (niedrige Klasse  $\text{ATC}_{\text{Bauteil}}$ ) sind erforderlich, um luftdichte Luftleitungen zu implementieren, aber nicht ausreichend, um luftdichte Luftleitungen zu garantieren.

### 8.4.3.2 Geprüfter Luftleitungsabschnitt

#### 8.4.3.2.1 Probe für die Prüfung einer spezifischen Anlage vor Ort

Der folgende Abschnitt ist für die Schätzung der Klassifikation  $\text{ATC}_{\text{System}}$  anwendbar. Die Prüfprobe zur Schätzung der  $\text{ATC}_{\text{Luftleitungen}}$  hängt von dem Zweck der Prüfung ab.

Der zu prüfende Abschnitt muss gegenüber dem übrigen System abgedichtet werden, bevor mit der Prüfung begonnen wird. Die Prüfprobe muss alle Arten von Luftleitungen (Maße, Form, Material usw.), an der Luftleitung montierte Geräte und Anschlussstücke einschließlich des Anschlusses zur Luftbehandlungseinheit oder Lüftungsanlage des untersuchten Abschnitts der Luftleitung enthalten.

Die Messungen der Luftdichtheit der Luftleitungen können in mehrere separat geprüften Abschnitte unterteilt werden. Der Undichtheitsfaktor wird durch den Gesamt-Undichtheitsfaktor und die gesamte Oberfläche berechnet.

Wenn eine Luftdichtheitsprüfung unter abweichenden Bedingungen durchgeführt wird, muss dies mit den Messergebnissen angegeben werden.

#### 8.4.3.2.2 Luftleitungsoberfläche

Die Luftleitungsoberfläche des Abschnitts muss mindestens 10 % der gesamten Luftleitungsoberfläche und nach Möglichkeit mindestens 10 m<sup>2</sup> betragen. Die Luftleitungsoberfläche muss nach Anhang D berechnet werden.

Das normale Verhältnis zwischen der Gesamtlänge der Verbindung und der Luftleitungsoberfläche beträgt:

$$1 \leq \frac{L}{A_j} \leq 1,5 \text{ in m}^{-1} \quad (1)$$

Dabei ist

$L$  die Gesamtlänge der Verbindung in m;

$A_j$  die Luftleitungsoberfläche in m<sup>2</sup>.

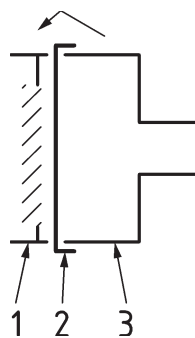
Wenn das System  $L/A_j$  größer als 1,5 ist, muss das Ergebnis von dem Gestalter behandelt werden.

#### 8.4.3.2.3 Anzahl der zu prüfenden Luftleitungen

Wenn mehrere Lüftungsanlagen und Luftbehandlungsgeräte vorhanden sind, kann die Anzahl der zu prüfenden Luftleitungen nach Anhang C reduziert werden.

#### 8.4.3.2.4 Besondere Geräte

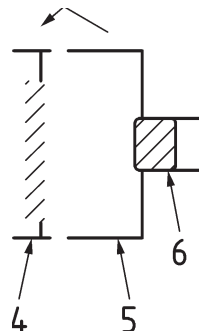
Der Prüfbericht muss angeben, ob flexible Manschetten, Überdruckkammern und Kühlbalken in der geprüften Probe enthalten sind oder nicht (siehe Bild 1 und Bild 2).



#### Legende

- 1 Abluft- oder Zuluftseinheit oder Kühlbalken
- 2 Dichtung anstatt Einheit
- 3 Überdruckkammer

**Bild 1 — Prüfung einschließlich Gerät**



### Legende

- 4 Abluft- oder Zuluftseinheit oder Kühlbalken
- 5 Überdruckkammer
- 6 Abdichtung in der Luftleitung

**Bild 2 — Prüfung ohne Gerät**

#### 8.4.3.2.5 Größe des geprüften Systems

Eine Durchflussmenge in Luftleitungen unterliegt Druckverlusten aufgrund von Reibung und dynamischen Verlusten. Die Auswirkung auf das Ergebnis der Luftdichtheitsprüfung hängt von der Länge des geprüften Abschnitts, den dynamischen Verlusten (Rohrbogen und Verbindungsstelle), dem Prüfdruck und der Luftdichtheitsklasse der Luftleitungen ab.

Bild 3 zeigt die empfohlene maximale zu prüfende Länge für eine maximale erweiterte Messunsicherheit von 5 %. Die Länge ist der Abstand zwischen dem Messgerät und dem am weitesten entfernten Teil der Luftleitungen. Wenn die geprüfte Länge größer ist als die maximale Länge, muss der Druck am Ende des Abschnitts und am Standort des Messgeräts gemessen werden. Wenn die Druckdifferenz mehr als 10 % beträgt, muss der Abschnitt in zu prüfende Teilabschnitte unterteilt werden.

Der mittlere Durchmesser kann grob geschätzt oder anhand der Gleichung (2) berechnet werden:

$$\frac{1}{D_{av}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{L_i}{D_i^2} \right)} \times \frac{1}{L_{tot}} \quad (2)$$

Dabei ist

$D_{av}$  der mittlere Durchmesser der Luftleitungen in m;

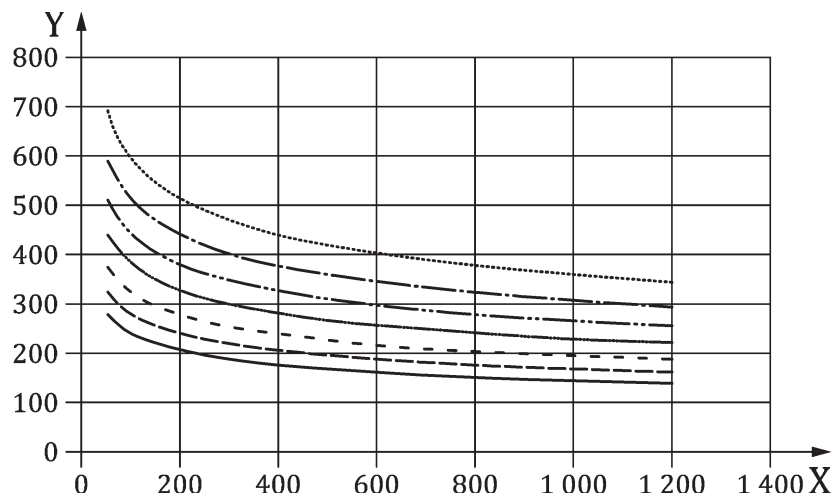
$L_{tot}$  die Länge der längsten geprüften Abzweigung in m;

$n$  die Anzahl der verschiedenen Durchmesser in den Luftleitungen in der längsten Abzweigung;

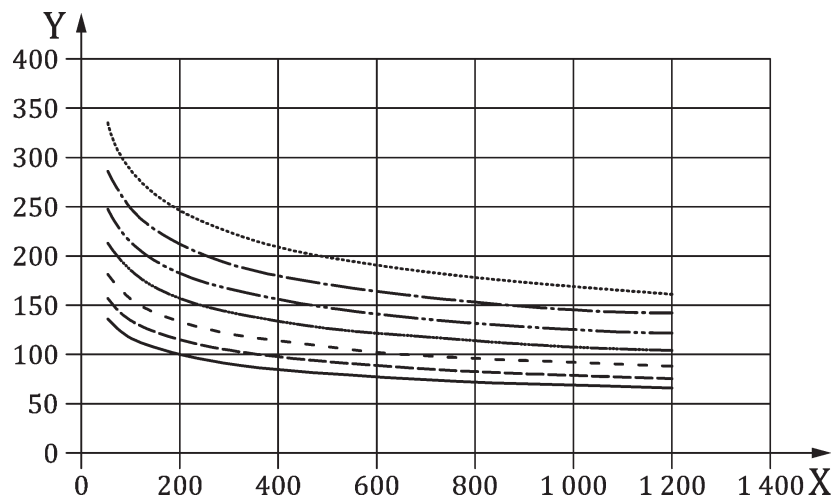
$D_i$  der Nenndurchmesser (oder hydraulischer Durchmesser einer Luftleitung mit Rechteckquerschnitt) des Abschnitts der Luftleitungen in m;

$L_i$  die Abschnittslänge der Luftleitungen in m.

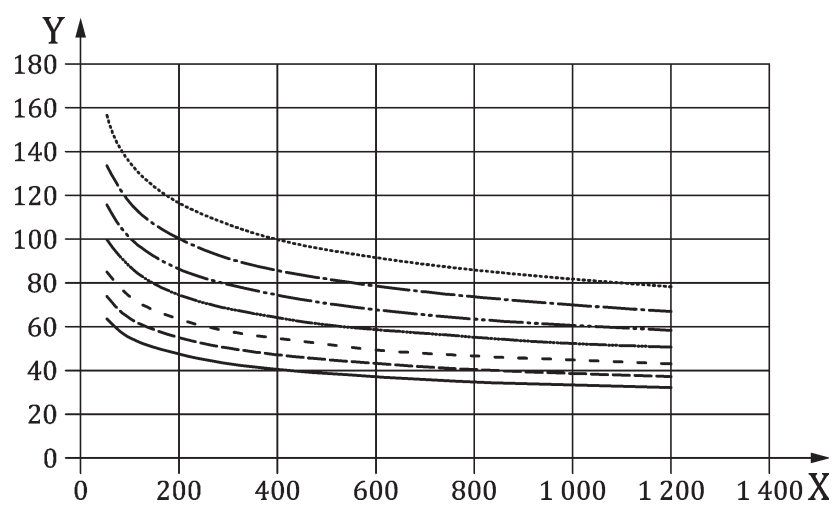
Für Luftleitungen, die enger sind als die der Klasse ATC 4 wird die maximale Länge wahrscheinlich keine Beschränkung sein, da sie immer mehr als 150 m beträgt. Für Luftleitungen mit einem mittleren Durchmesser von mehr als 315 mm kann die maximale Durchflussmenge, die durch das Messgerät bereitgestellt werden kann, wahrscheinlich eingeschränkter sein als die maximale Länge, die geprüft werden kann.



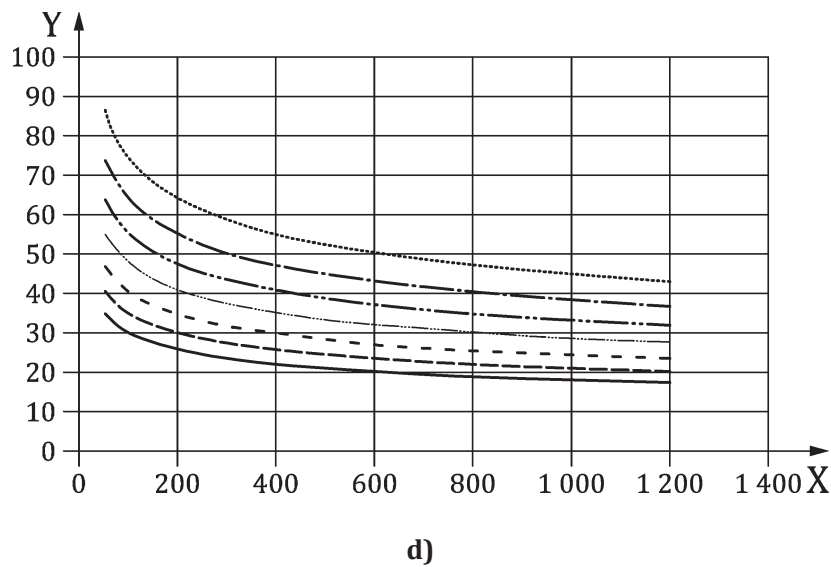
a)



b)



c)



### Legende

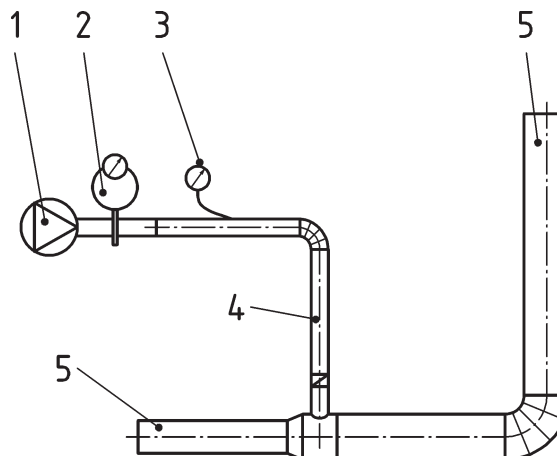
$p_{\text{test}}$  Prüfdruck in Pa

$L_{\text{max}}$  maximale zu prüfende Länge in m

**Bild 3 — Empfohlene zu prüfende maximale Länge entsprechend der Luftdichtheitsklasse, dem Prüfdruck und dem mittleren Durchmesser des geprüften Abschnitts**

### 8.4.3.3 Messgerät

Der Prüfstand für Überdruck wird wie in Bild 4 gezeigt zusammengebaut. Für Unterdruck wird der Ventilator in umgekehrter Richtung platziert.



### Legende

1 Ventilator mit variablem Luftvolumenstrom

2 Volumenstrom-Messgerät

3 Druckmessgerät

4 Adapter

5 zu prüfendes System

**Bild 4 — Prüfstand für Luftdichtheitsmessungen (Überdruck)**

Das statische Druckmessgerät sollte nicht wesentlich durch den dynamischen Druck beeinflusst werden.

Die Prüfstellen und das Messgerät müssen in dem Prüfbericht beschrieben werden.

Der Prüfstand muss vor dem Gebrauch vor Ort inspiziert werden. Eine regelmäßige Kalibrierung des in diesem Prüfverfahren verwendeten Messsystems entsprechend den Spezifikationen des Herstellers oder genormten Qualitätssicherungssystemen ist erforderlich.

Der Luftvolumenstrom muss mit einer maximalen erweiterten Unsicherheit von 5 % gemessen werden.

Der gemessene Leckvolumenstrom muss korrigiert werden, wenn die Temperatur und/oder der atmosphärische Druck von den Normbedingungen (+20 °C und 1 013 hPa) nach Anhang I abweichen.

Der Differenzdruck muss mit Instrumenten mit einem Grenzwert der Messabweichung von 3 % des Messwerts oder 0,5 Pa gemessen werden, je nachdem, welcher Wert größer ist.

Der barometrische Druck muss mit Instrumenten mit einem Grenzwert der Messabweichung von 500 Pa gemessen werden.

Die Temperatur muss mit Instrumenten mit einem Grenzwert der Messabweichung von 1 K gemessen werden.

ANMERKUNG Bei der Verwendung von Messgeräten, deren Betrieb auf dem Massendurchflussprinzip basiert, ist die vorgenannte Korrektur der Temperatur und des atmosphärischen Drucks nicht erforderlich.

#### 8.4.3.4 Messverfahren

Die Luftdichtheitsklasse sollte durch eine Messung mit einem Prüfdruck von  $\pm 250$  Pa oder dem Bemessungsdruck, wenn dieser mehr als 300 Pa beträgt, verifiziert werden. Für Zuluftleitungen sind die Prüfüberdrücke und für Abluftleitungen die Unterdrücke anwendbar.

Der Prüfdruck ist die Druckdifferenz zwischen der Umgebung und dem Innenbereich der Luftleitung.

Die Prüfdrücke müssen mindestens fünf Minuten lang beibehalten werden, und am Ende dieser Dauer muss die Luftleckrate gemessen werden.

Der Luftleckfaktor ( $f$ ) muss aus der Luftleckrate ( $q_v$ ) dividiert durch die innere Oberfläche ( $A_s$ ) bestimmt werden.

$$f = q_v / A_s \quad (3)$$

Dabei ist

$f$  der Luftleckfaktor in  $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{m}^{-2}$ ;

$q_v$  die Luftleckrate in  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ;

$A_s$  die innere Oberfläche in  $\text{m}^2$ .

#### 8.4.3.5 Angabe der Ergebnisse

Der Leckfaktor ( $f$ ) muss geringer sein als der Grenzwert der Luftleckrate ( $f_{\text{max}}$ ), entsprechend der geforderten Luftdichtheitsklasse nach Tabelle 4 bei dem Prüfdruck ( $p_{\text{test}}$ ).

Der Prüfbericht muss Folgendes angeben:

1) Messwerte von:

— Luftleitungsoberfläche ( $A$ );

— Gesamtlänge der Verbindung ( $L$ );

- Prüfdruck ( $p_{\text{test}}$ );
- ob bestimmte Geräte (flexible Manschette, Überdruckkammern, Kühlbalken) in der geprüften Probe enthalten sind oder nicht;
- Luftleckrate ( $q_v$ ), korrigiert um die Temperatur und den barometrischen Druck;

2) berechnete Werte von:

- Leckfaktor ( $f$ );
- Grenzwert der Luftleckrate ( $f_{\text{max}}$ ) (entsprechend den Gleichungen in Tabelle 1) bei dem gemessenen Prüfdruck ( $p_{\text{test}}$ );
- Luftdichtheitsklasse erreicht.

#### 8.4.4 Messung der Raumlufgeschwindigkeit

##### 8.4.4.1 Kurzbeschreibung

Das Luftvolumenstrommuster in Innenräumen ist üblicherweise turbulent. Die Luftgeschwindigkeit in Räumen ist von Ort zu Ort unterschiedlich 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.

In Räumen mit einer Grundfläche bis etwa 20 m<sup>2</sup> ist eine Messstelle ausreichend. Messungen in größeren Räumen (z. B. Großraumbüros) sollten analog dazu erfolgen, wobei Stellen innerhalb des Aufenthaltsbereichs gewählt werden sollten, an denen höhere Luftgeschwindigkeiten zu erwarten sind. Messungen sollten vorzugsweise an Stellen vorgenommen werden, die als Daueraufenthaltsplätze (z. B. Arbeitstisch im Büro) vorgesehen sind.

##### 8.4.4.2 Messgerät

Die Raumlufgeschwindigkeit sollte vorzugsweise mit einer richtungsunabhängigen Sonde gemessen werden, die direkt auf die Größenordnung der Geschwindigkeit und unabhängig von der Richtung reagiert.

Zu weiteren Informationen siehe EN ISO 7726 und EN 13182.

Tabelle 5 enthält die Anforderungen für Luftgeschwindigkeitsmessgeräte  $v_a$ .

**Tabelle 5 — Anforderungen an Luftgeschwindigkeitsmessgeräte**

| Messbereich<br>m/s | Unsicherheit<br>m/s          | Zeitkonstante<br>(90 %)                                                                                             | Richtungsabhängige<br>Empfindlichkeit  | Bemerkungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,05 – 1           | $\pm[0,05 + 0,05 \cdot v_a]$ | 0,2 s<br>wenn<br>Schwankungen<br>gemessen<br>werden<br><br>2 s<br>falls keine<br>Schwankungen<br>gemessen<br>werden | richtungsunabhängig,<br>siehe EN 13182 | Die Sonden müssen in einem Eichkanal kalibriert werden, in dem die Strömung gerichtet ist und einen niedrigen Turbulenzgrad aufweist. Die relative Standard-Abweichung der Schwankungen als Funktion der Zeit muss unter 5 % liegen. Eine Kalibrierung mittels Laser-Anemometer ist ebenfalls möglich. Die Änderung bei einem gemessenen Wert aufgrund von Temperaturschwankungen innerhalb von $\pm 4$ K muss vernachlässigbar klein sein. |

Die Genauigkeit der Messergebnisse der Raumluchtströmung bei Verwendung der beschriebenen Verfahren ist in erster Linie von den unterschiedlichen Eigenschaften der Messsonden und vom systematischen Fehler der Messeinrichtung abhängig. Die Sonden müssen die Mindestanforderungen erfüllen und regelmäßig kalibriert werden.

#### 8.4.4.3 Messverfahren

Da die zulässigen mittleren Raumluchtgeschwindigkeiten als Funktion des Turbulenzgrades (und der Lufttemperatur) angegeben sind, ist es erforderlich, die mittlere Luftgeschwindigkeit und den Turbulenzgrad zu messen. Wenn jedoch die Kurven für Turbulenzgrade von über 40 % angewendet werden, braucht nur die mittlere Luftgeschwindigkeit ermittelt zu werden.

Aufgrund der unterschiedlichen Größenordnung der Geschwindigkeitsschwankungen sind unterschiedliche Messzeiten erforderlich. Im Allgemeinen ist eine Messzeit von 100 s ausreichend. Die Messungen sollten bei jedem fünften Messpunkt wiederholt werden. Für Raumluchtgeschwindigkeiten mit großen Schwankungen ist eine Messzeit von 180 s erforderlich. Große Schwankungen liegen vor, wenn die Mittelwerte zweier aufeinander folgender Messungen an einer Messstelle mehr als 10 % voneinander abweichen.

Die Lufttemperatur ist an allen Messpunkten zu messen. Die Zulufttemperatur sollte ebenfalls gemessen werden.

Auf folgende Punkte sollte geachtet werden:

- Position von Sonnenschutzblenden;
- Temperaturen der Fenster, Wände, Fußböden und Decken;

- Raumbelegung;
- Verteilung von gelegentlichen und anderen Wärmequellen (Beleuchtung, Maschinen);
- Regeleinrichtungen (Einhalten stationärer Verhältnisse während der Messungen);
- Undichtheiten der Raumumfassungen;
- Art und Standort von Möbeln, Ausstattungsgegenständen, Maschinen usw.;
- Abschätzung der Wärmelasten im Raum.

Zu weiteren Informationen siehe EN ISO 7726.

### 8.4.5 Messung der Lufttemperatur

#### 8.4.5.1 Kurzbeschreibung

Messungen der Lufttemperatur können im Raum, am Abluftdurchlass oder in der Luftleitung erforderlich sein.

Wenn aufgrund hoher oder niedriger Oberflächentemperaturen (Fenster, Kühl-/Heizfelder usw.) thermische Unbehaglichkeit zu befürchten ist, kann es erforderlich sein, die operative Temperatur zu ermitteln.

#### 8.4.5.2 Messgerät

Siehe EN ISO 7726.

#### 8.4.5.3 Messverfahren

Bei der Messung der Lufttemperatur müssen Maßnahmen zur Verminderung des Einflusses der Wärmestrahlung und der Trägheit der Sonde getroffen werden (siehe EN ISO 7726).

Ein Thermometer, das in einem Raum aufgestellt wird, zeigt die Lufttemperatur nicht sofort an, sondern benötigt eine gewisse Zeit, um den Beharrungszustand zu erreichen. Eine Messung sollte nicht durchgeführt werden, bevor nicht ein Zeitraum von mindestens dem 1,5-Fachen der Zeitkonstante (90 %) der Sonde vergangen ist.

Ein Thermometer spricht umso schneller an

- je kleiner und leichter das Sensorelement und je niedriger seine spezifische Wärme ist;
- je besser der Wärmeaustausch mit der Umgebung ist (Erhöhung des Beiwertes für die konvektive Wärmeübertragung).

Temperaturen in Rohren oder Kanälen mit ungleichmäßiger Temperaturverteilung sind durch Netzmessungen zu ermitteln.

Zur Ermittlung der Strahlungstemperatur siehe EN ISO 7726.

Die operative Temperatur  $\theta_o$  ist die gleichmäßige Temperatur eines schwarzen Hohlraums, in dem ein Körper die gleiche Wärmemenge durch Strahlung und Konvektion austauscht wie in der bestehenden ungleichmäßigen Umgebung. In den meisten praktischen Fällen, in denen die Luftgeschwindigkeit gering ist ( $< 0,2$  m/s) oder der Unterschied zwischen der Strahlungs- und der Lufttemperatur gering ist ( $< 4$  °C), kann die operative Temperatur mit ausreichender Genauigkeit als der Mittelwert aus der Lufttemperatur ( $\theta_a$ ) und der mittleren Strahlungstemperatur ( $\theta_r$ ) berechnet werden. Für eine höhere Genauigkeit darf die folgende Gleichung angewendet werden:

$$\theta_O = a\theta_a + (1 - A)\theta_r \quad (4)$$

Dabei kann  $a$  als Funktion der Luftgeschwindigkeit  $v_a$  ermittelt werden (siehe Tabelle 6).

Die mittlere Strahlungstemperatur ( $\theta_r$ ) ist die gewichtete Durchschnittstemperatur der umgebenden Oberflächen.

**Tabelle 6 — Werte für  $a$  als Funktion der Luftgeschwindigkeit  $v_a$**

| $v_a$<br>m/s             | $a$ |
|--------------------------|-----|
| < 0,2                    | 0,5 |
| $\geq 0,2$<br>< 0,6      | 0,6 |
| $\geq 0,6$<br>$\leq 1,0$ | 0,7 |

#### 8.4.6 Messung der Luftfeuchte

##### 8.4.6.1 Kurzbeschreibung

Die Messungen der Luftfeuchte im Raum geben Auskunft über den Be- und Entfeuchtungsbetrieb der Anlage. Im Allgemeinen wird die relative Feuchte gemessen. Zur Berechnung der absoluten Feuchte ist es erforderlich, an der entsprechenden Stelle auch die Lufttemperatur zu messen.

Die Luftfeuchte sollte für mindestens 24 h überwacht werden.

##### 8.4.6.2 Messgerät

Mögliche Messgeräte sind in EN ISO 7726 beschrieben.

#### 8.4.7 Messung des Schalldruckpegels

##### 8.4.7.1 Kurzbeschreibung

An Arbeitsplätzen ist der A-bewertete Schalldruckpegel zu ermitteln. Zu den entsprechenden Bedingungen im Raum siehe EN ISO 10052.

Außerhalb des Gebäudes können Messungen des Schalldruckpegels 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 Hintergrundgeräuschpegel bei Stillstand der Anlage zu erfassen.

##### 8.4.7.2 Messgerät

Messgeräte sind in EN 61672-1 festgelegt.

##### 8.4.7.3 Messverfahren

Mögliche Messverfahren sind in EN ISO 3740, EN ISO 3746 und EN ISO 3747 beschrieben.

## 8.4.8 Messung der elektrischen Leistung des Ventilators

### 8.4.8.1 Kurzbeschreibung

Die aufgenommene elektrische Leistung (einschließlich Hilfsenergie) wird entweder unmittelbar mit einem Leistungsmessgerät (Wattmeter) oder indirekt aus der ermittelten geleisteten elektrischen Arbeit (kWh-Zähler) durch Ablesung des Messgerätes vor und nach der Prüfung über einen gemessenen Zeitraum bestimmt.

Leistungsmessgeräte und Motor-Analysatoren können zur Messung der Leistung der Motoren verwendet werden. Bei Drehstrommotoren wird die Leistung andernfalls nach dem 2-W-Meter-Verfahren ermittelt. Bei 1-Phasen-Motoren wird die Leistung nach dem 1-W-Meter-Verfahren ermittelt.

Besondere Anforderungen sind zu beachten, wenn Frequenzumrichter verwendet werden.

### 8.4.8.2 Messgerät

Die elektrische Leistung eines Motors kann direkt mit einem Motoranalysator gemessen werden. Zur Messung der elektrischen Leistung werden Geräte wie Instrumententransformatoren, Strommessgeräte und Stromverbrauchszähler verwendet, deren Genauigkeit der erforderlichen Genauigkeit der Ergebnisse entspricht. Die Nennlast darf während der Verwendung von Instrumententransformatoren nicht überschritten werden.

Die Messunsicherheit ergibt sich aus den Genauigkeitsklassen der einzelnen Bauteile der verwendeten Messeinrichtung. Es sei darauf hingewiesen, dass die Unsicherheit von der Größe des gemessenen Wertes abhängig ist. Genauigkeitsklassen sind in Tabelle 7 angegeben.

**Tabelle 7 — Strommessgerät**

| Messgerät                                 | Genauigkeitsklassen    |
|-------------------------------------------|------------------------|
| Amperemeter                               | 1                      |
| Amperemeter und Messwandler               | 1,5                    |
| Spannungsmesser                           | 1                      |
| Spannungsmesser und Messwandler           | 1,5                    |
| Wirkleistungsmesser (Aron-Schaltung)      | 0,5 bis 1,0            |
| — mit Messwandler                         | 0,5 bis 1,5            |
| Wirkleistungsmesser mit drei Messsystemen | 0,5 bis 1,5            |
| — mit Messwandler                         | 0,5 bis 1,5            |
| Sonstige multifunktionalen Digitalgeräte  | Nach Herstellerangaben |

Die Genauigkeitsklasse der Messgeräte ist die relative Unsicherheit einer Messung entsprechend der verwendeten Messgeräte-Skala. Dieser Wert gilt für jeden Messpunkt innerhalb der Messgeräte-Skala.

**BEISPIEL** Ein Amperemeter mit der Genauigkeitsklasse 1 und einer Messgeräte-Skala von 500 mA wird verwendet. Eine Messung ergibt einen Wert von 240 mA. Klasse 1 bedeutet, dass die relative Unsicherheit einer Messung mit einem Wert von 500 mA 1 % beträgt. Für jeden in der Messgeräte-Skala von 500 mA gemessenen Wert ergibt sich eine relative Unsicherheit von  $500 \text{ mA} \times (1/100) = 5 \text{ mA}$ . Für das Beispiel bedeutet das:  $235 \text{ mA} < \text{Messung} < 245 \text{ mA}$ .

**ANMERKUNG** Je näher der Messwert an dem Skalenwert des Messgeräts liegt, desto genauer ist die Messung. Die Genauigkeitsklasse ist für analoge und digitale Geräte gleich.

### 8.4.8.3 Messverfahren

Die Messgeräte sollten möglichst nahe an den Anschlussklemmen der einzelnen Bauteile der Anlage angeschlossen werden. Die Messgeräte sollten so angeordnet und die Leitungen so geführt werden, dass keine Fehler durch Magnetfelder entstehen können. Die Leitungen sollten ausreichend bemessen sein, damit das Messergebnis nicht beeinträchtigt wird.

Die Spannung und die Stromaufnahme der Motoren der Luftbehandlungseinheiten sind hinter der letzten Sicherung für jede Phase zu messen.

Die aufgenommene elektrische Leistung wird entweder unmittelbar mit einem Leistungsmessgerät (Wattmeter) oder indirekt aus der ermittelten geleisteten elektrischen Arbeit (kWh-Zähler) durch Ablesung des Messgerätes am Anfang und am Ende der Messung bestimmt. Vor der Messung sollte bei Motoren die Einstellung des Schutzschalters überprüft werden.

Bei Gleichstrommotoren wird die Leistung aus den Messwerten der Spannung ( $U$ ) und der Stromstärke ( $I$ ) berechnet.

Für die elektrische Leistung ergibt sich

$$P_e = U \cdot I \quad (5)$$

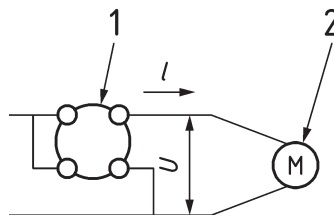
Dabei ist

$P_e$  die elektrische Leistung in W;

$U$  die Spannung in V;

$I$  die Stromstärke in A.

Bei 1-Phasen-Wechselstrommotoren (siehe Bild 5) wird die elektrische Leistung nach dem Wattmeter-Verfahren ermittelt



#### Legende

1 Wattmeter

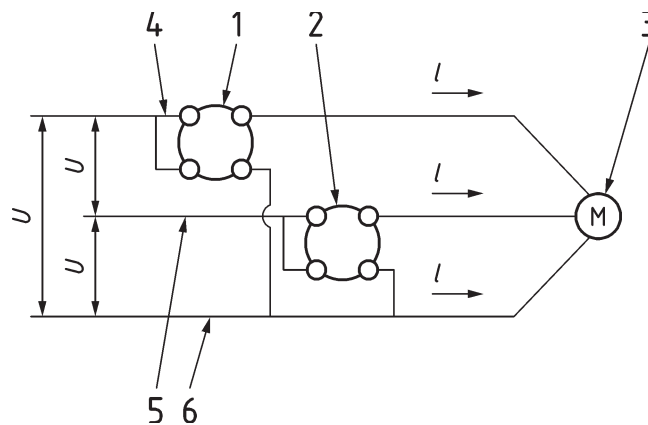
2 Motor

**Bild 5 — 1-Phasen-Wechselstrommotor**

Das Wattmeter berechnet unmittelbar die elektrische Leistung

$$P_e = U \cdot I \cdot \cos(U, I) \quad (6)$$

Bei Drehstrommotoren (siehe Bild 6) wird die elektrische Leistung nach dem 2-W-Meter-Verfahren ermittelt:



### Legende

- 1 Wattmeter 1
- 2 Wattmeter 2
- 3 Motor
- 4 Phase 1
- 5 Phase 2
- 6 Phase 3

**Bild 6 — Drehstrommotor**

Wattmeter 1 ergibt die elektrische Leistung  $P_1$  mit

$$P_1 = U \cdot I \cdot \cos(-30^\circ + \varphi) \quad (7)$$

Wattmeter 2 ergibt die elektrische Leistung  $P_2$  mit

$$P_2 = U \cdot I \cdot \cos(30^\circ + \varphi) \quad (8)$$

Die gesamte elektrische Leistung  $P_e$  ist gegeben durch  $P_1 + P_2$

$$P_e = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos(\varphi) \quad (9)$$

Die Blindleistung  $Q$  ist gegeben durch  $P_1 - P_2$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin(\varphi) \quad (10)$$

$\varphi$  ist gegeben durch

$$\tan(\varphi) = \frac{\sqrt{3} \cdot (P_1 - P_2)}{P_1 + P_2} \quad (11)$$

Wenn ausschließlich die Stromstärke gemessen wird:

Als Messgeräte können Stromwandlerzangen oder Schraubkappen mit Amperemeter verwendet werden.

### 8.4.9 Messung der Druckdifferenz am Luftfilter

Der sachgerechte Einbau und dichte Sitz des Filters ohne sichtbare Lecks sind zu überprüfen.

Die Druckdifferenz ist mit geeigneten Druckmessgeräten zu messen. Druckmessgeräte, die in Filtern eingebaut sind, sind für die Messung der Druckdifferenz ausreichend.

## 8.5 Begleitende Messungen

Die folgenden Daten sollten bestimmt und aufgezeichnet werden, wenn dies für die Bewertung der Betriebsbedingungen der Messungen erforderlich ist:

- Außentemperatur, atmosphärischer Druck und Feuchte;
- Warmwasser- und Kaltwassertemperatur am Verteiler bzw. am Lufterhitzer und Luftkühler;
- Wasserdurchfluss im Warmwasser- und Kaltwasserrohrnetz und
- Druckdifferenz an den Pumpen.

## 9 Zusätzliche Messungen

### 9.1 Allgemeines

Die Messungen zusammen mit den zur Durchführung dieser Messungen geeigneten Messgeräten können einen erheblichen Aufwand und damit verbundene Kosten bedeuten. Zusätzliche Messungen sind geeignet, wenn:

- Messungen nach Abschnitt 8 nicht ausreichen, um die Qualität der Anlage im gewünschten Genauigkeitsbereich nachzuweisen, oder
- spezifische Bauteile des Systems geprüft werden müssen.

Das Messprogramm, die zu messenden Messgrößen, die Messgeräte sowie die Messstellen sollten separat beschrieben werden. Die Beschreibung sollte sich auch auf die erlaubte Unsicherheit der Messergebnisse erstrecken.

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

Es kann erforderlich sein, die Anlage im Sommer- und Winterbetrieb zu prüfen.

Die Betriebsbedingungen der Lüftungsanlage während der Messungen sollte möglichst den vereinbarten Bedingungen entsprechen. Bei bestimmten Bauteilen (z.B. Lufterhitzer, Kühler) ist eine Umrechnung der Messergebnisse auf die Auslegungsdaten erforderlich.

Ist eine Messung an einem Bauteil oder einem Bauelement im eingebauten Zustand aus betrieblichen oder technischen Gründen nicht möglich, so kann die Prüfung auf einem Prüfstand erfolgen.

Die Ergebnisse der Messung in einem klimatisierten Raum können durch die Gebäudeeigenschaften (z. B. Sonnenblenden) beeinflusst werden, und solche besonderen Bedingungen sollten dokumentiert werden.

### 9.2 Messungen an Bauteilen

#### 9.2.1 Ventilatoren

Die folgenden Daten müssen für die Prüfung eines Ventilators bestimmt werden:

- Luftvolumenstrom nach EN 16211, umgerechnet in Normbedingungen;
- Gesamtdruckdifferenz nach E.1.1;
- Druck und Temperatur im Messquerschnitt nach E.1.1 und E.1.2;
- elektrische Leistung nach 8.4.8 und

- Drehzahl (1/min).

### 9.2.2 Filter

Zur Prüfung eines eingebauten Filters sind folgende Daten zu messen:

- Luftvolumenstrom nach EN 16211;
- Druckabfall nach E.1.1.

Der sachgerechte Einbau und dichte Sitz des Filters ohne sichtbare Lecks sind zu überprüfen.

Bei hocheffizienten Schwebstofffiltern der Klassen H und U ist die Leckfreiheit des Filtermaterials, der Verbindungen zwischen Filter und Rahmen und des Rahmens selbst nachzuweisen.

Die Luftfilterklassen H und U sind in EN 1822-1 definiert.

### 9.2.3 Wärmetauscher

Die folgenden Messgrößen sollten gemessen werden:

- Luftvolumenstrom nach EN 16211;
- Lufttemperatur am Eintritt und Austritt des Wärmetauschers nach E.1.1.

Die größte Abweichung der Lufttemperatur von einem Mittelwert am Ein- und Austritt des Wärmetauschers sollte berechnet werden. Zusätzlich sollte folgendes je nach Art des Wärmetauschers 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 Feuchtegehalts;
- bei Wärmerückgewinnern mit Feuchteübertragung (Kategorie III nach EN 308) die Zunahme des Feuchtegehalts (Rückfeuchtezahl);
- bei regenerativen Wärmerückgewinnern (Kategorien II und III nach EN 308) der Wärmeträgerstrom (z. B. auch indirekt durch die Rotordrehzahl) und die Leistungsaufnahme des Antriebsmotors (z. B. für den Rotor oder eine Umwälzpumpe).

Messungen an Lufterhitzern vor und hinter dem Befeuchter werden grundsätzlich zusammen mit dem Befeuchter (siehe 9.2.4) durchgeführt. Es ist nicht erforderlich, gesonderte Messungen an den einzelnen Wärmetauschern und dem zugleich betriebenen Befeuchter vorzunehmen.

### 9.2.4 Luftbefeuchter

Messungen an Befeuchtern werden grundsätzlich zusammen mit den Wärmetauschern vorgenommen (siehe 9.2.3).

Über die in 9.2.3 aufgeführten Messgrößen für Wärmetauscher hinaus sollten Messungen für folgende zusätzliche Messgrößen durchgeführt werden:

- bei Wasserbefeuchter die Temperatur und der Druck des Wassers vor den Düsen;
- bei Dampfbefeuchtern die Temperatur, der Druck und die Größe des Dampfstroms;

- die Temperatur und Feuchte der Luft vor und hinter dem Befeuchter mit Hilfe eines Mollier-Diagramms (h-x-Diagramm).

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

Die Steuerungseinrichtung sollte mit allen ihren relevanten Teilen, die voneinander abhängig sind, geprüft werden. Die Steuerungsfunktion hängt nicht nur von Eigenschaften der Regeleinrichtung, sondern auch von den Eigenschaften des gesteuerten Systems selbst ab. Das Prinzip des Regelkreises ist in Bild 7 und ein Beispiel für die CO<sub>2</sub>-Regelung in Bild 8 dargestellt.

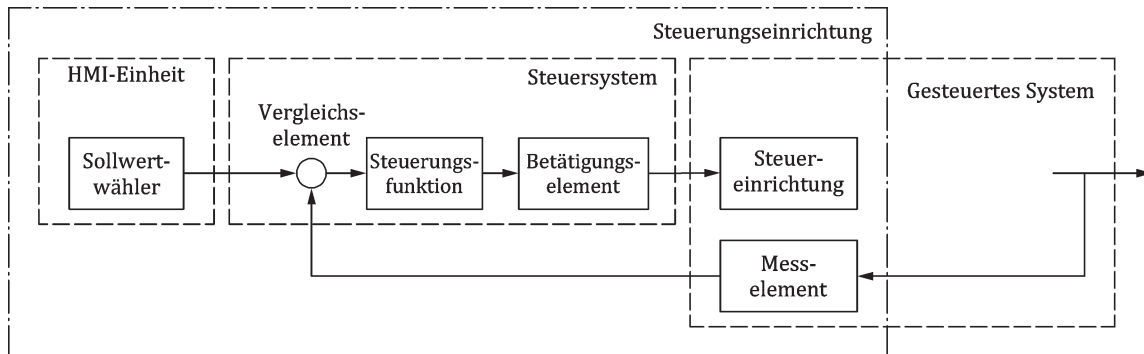


**Bild 7 — Prinzip des Regelkreises**

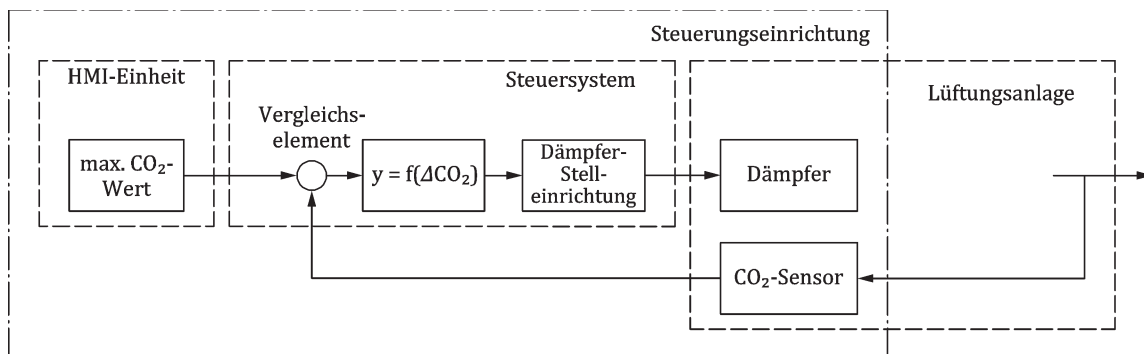


**Bild 8 — Beispiel für eine CO<sub>2</sub>-Regelung**

Die Leistung sollte während der realen Nutzung des Gebäudes oder durch eine Simulation der Sensoreingänge überprüft und verifiziert werden. Das Ergebnis sollte bestätigen, dass das System entsprechend seiner beabsichtigten Gestaltung reagiert.

Folgende Punkte sind zu überprüfen:

- Wirkungssinn: Der Einstellwert muss geändert werden, um zu überprüfen, ob die Steuereinrichtung entsprechend reagiert;
- Sollwert: Es muss überprüft werden, ob die tatsächlichen Werte den Sollwerten folgen. Dies kann durch eine Überprüfung der von dem Steuerungssystem aufgezeichneten Daten oder separate Messungen erfolgen.

Wenn die tatsächlichen Werte nicht den Sollwerten folgen, sollte die Fähigkeit des Systems, den Sollwert zu erreichen, überprüft werden.

Nach dem Einbau des Systems kann es erforderlich sein nachzuweisen, dass die gewünschten Innenraumzustände unter typischen Betriebsbedingungen erfüllt sind.

## 10 Messunsicherheiten

Bei jeder Messung ist mit Unsicherheiten zu rechnen, die durch die Messanordnung, das Messverfahren und die Messgeräte bedingt sind.

Die Messunsicherheit muss nach JCGM 100 bestimmt werden. Sie muss als erweiterte Unsicherheit mit einem Erweiterungsfaktor  $k$  gleich 2 (95 %) angegeben werden.

Ausführlichere Informationen sind in Anhang H enthalten.

## 11 Prüfberichte

### 11.1 Allgemeines

Bei der Übergabe des Systems muss ein vollständiger Bericht nach 11.2 ausgehändigt werden.

In einigen Fällen, wenn Zweifel hinsichtlich der ordnungsgemäßen Funktion der Anlage bestehen, können jedoch nach der Übergabe noch zusätzliche Messungen durchgeführt werden. Außerdem kann während der Betriebsphase die Tauglichkeit der eingebauten Anlage im Hinblick auf Inspektionen oder Instandhaltungsarbeiten überprüft werden. Je nach Inspektions- oder Instandhaltungsanforderungen können die Prüfungen und Messungen nur Teile der für die Übergabe notwendigen Messungen abdecken. Die Berichte zu diesen Prüfungen müssen in Übereinstimmung mit dem in Unterabschnitt 11.2 beschriebenen Übergabebericht erstellt werden, wobei einige Teile der Inspektionen und Messungen nicht in dem Bericht enthalten sind.

### 11.2 Übergabebericht

Der Übergabebericht muss sich wie folgt zusammensetzen

- allgemeiner Teil;
- Bericht zur Vollständigkeitsprüfung (siehe 11.3);
- Bericht zur Funktionsprüfung (siehe 11.4);
- Bericht zu den Messergebnissen (siehe 11.5);
- Bericht zu zusätzlichen Messungen (siehe 11.6);
- Zusammenfassung/Bewertung der Prüfergebnisse.

Jeder Teil der Prüfung oder Inspektion (11.3 bis 11.6) ist deutlich zu benennen und muss mindestens folgende Angaben enthalten:

- Datum und Ort der Prüfung/Inspektionen;
- Gebäude- oder Projektbezeichnung;
- Prüfpersonal und Zeugen.

Der allgemeine Teil muss mindestens die folgenden Informationen enthalten:

- Beschreibung des Gebäudes und der Systeme;
- vereinbarte Spezifikationen;

- Überblick über den vereinbarten Prüfumfang:
  - vorgeschriebene Messungen;
  - Liste der vereinbarten zusätzlichen Messungen;
- verwendete Messeinrichtung und deren Genauigkeit.

In der Zusammenfassung des Übergabeberichts müssen die Messungen und Inspektionen zusammengefasst und alle erforderlichen Korrekturmaßnahmen benannt werden. Jede Abweichung von den Spezifikationen ist in ihrem Ausmaß zu dokumentieren und ein Korrekturzeitraum anzugeben.

### **11.3 Inspektionsbericht zur Vollständigkeitsprüfung**

Der Inspektionsbericht muss eine detaillierte Beurteilung der Vollständigkeit der eingebauten Anlage enthalten, vor allem im Hinblick auf

- Zugänglichkeit für Betrieb und Instandhaltung;
- Sauberkeit;
- Abgleich;
- Luftdichtheitsprüfung;
- Sicherheit und Brandschutz;
- Dämmung;
- Kennzeichnung und Typenbezeichnung;
- Schäden.

Der Bericht muss außerdem eine Bewertung der Vollständigkeit der Begleitdokumentation enthalten (z. B. für Betrieb und Instandhaltung).

Ein Beispiel für einen Bericht zur Vollständigkeitsprüfung ist in Abschnitt A.3 angegeben.

### **11.4 Inspektionsbericht zur Funktionsprüfung**

Der Inspektionsbericht muss die Ergebnisse und eine Bewertung der Funktionsprüfungen enthalten, darunter:

- Betriebsbedingungen;
- zur Überprüfung der Funktion verwendete Messgeräte;
- durchgeführte Prüfungen und beobachtete Reaktionen;
- Nachprüfung der Berichte zu zuvor durchgeführten Prüfungen (z. B. Abgleich).

### **11.5 Prüfbericht zu Messungen**

Die Messprotokolle müssen in der Regel folgende Angaben enthalten:

- Sollwerte und zulässige Abweichungen;

- Betriebsbedingungen, z. B. Last, Einstellung der Regeleinrichtungen und Witterungsbedingungen, die die Messergebnisse beeinflussen könnten;
- Messorte und Messstellen und erforderlichenfalls Zeichnungen;
- Messgeräte und Messverfahren;
- Messwerte, einschließlich Datum und Uhrzeit;
- Unsicherheit der Messergebnisse;
- Beurteilung der Messungen (innerhalb oder außerhalb der zulässigen Abweichungen).

### 11.6 Prüfbericht zu zusätzlichen Messungen

Der Prüfbericht zu den zusätzlichen Messungen muss dieselben Informationen enthalten wie der Prüfbericht zu den Normmessungen, siehe 11.5. Er muss die vereinbarten Messungen, Sollwerte und zulässigen Abweichungen angeben.

## Anhang A (informativ)

### Administrative und Vollständigkeitsprüfung

#### A.1 Administrative Prüfung

##### A.1.1 Allgemeines

Es wird geprüft, ob alle relevanten Dokumente verfügbar sind.

##### A.1.2 Liste der vereinbarten Spezifikationen

- Leistung der Anlagen (für jeden Funktionsabschnitt), sofern festgelegt:
  - Raumbedingungen (Sommer, Winter);
  - Betriebszeiten;
  - Heizlasten;
  - Emissionsquellen;
  - Lüftungseffektivität;
  - Luftvolumenstrom, Außenraum;
  - Personenbelegung (Anzahl);
  - Bauphysik (Fassaden, Fenster, Sonnenschutz, Dächer, Luftdichtheit usw.);
  - Druckbedingungen im Raum in Bezug auf angrenzende Bereiche (+/-);
  - Raumlufthgeschwindigkeiten;
  - Schalldruckpegel im Raum;
  - Schalldruckpegel an Außenluft- und Fortluftdurchlässen;
  - Bemessungsklassen nach EN 16798-1:2019;
  - Filterklassen nach EN 16798-3;
  - Bemessungswetterdaten (Sommer/Winter);
  - Versorgung mit Wärme-, Kälte- und Elektroenergie;
  - Wasserqualität des Befeuchters;
  - Spannung und Frequenz der Stromversorgung;
  - Luftdichtheitsklasse nach EN 16798-3;
  - Lage der Messpunkte.

### A.1.3 Bestandsunterlagen:

Verzeichnis mit Angaben über sämtliche Bauteile der Klimaanlage:

- Bestandszeichnungen im vereinbarten Maßstab, farbig;
- Schaltpläne der Klimaanlage mit automatischen Regelungs- und Steuerungsfunktionen;
- Regelungsschemata mit Stromlaufplan, Rohrleitungsplan (Klemmenplan);
- Schaltpläne für alle Steuerungssysteme einschließlich Klemmenplänen;
- Zulassungsbescheinigungen für Sonderbauteile (z. B. Brandschutzklappen);
- Bericht der Installationsfirma über die durchgeführte Überwachung;
- Ergebnis der Dichtigkeitsprüfung, sofern gefordert.

### A.1.4 Unterlagen für Betrieb und Wartung:

- Falls Bedienungspersonal vorhanden ist, Bericht über dessen Einweisung;
- Handbuch zum Betrieb und zur Fehlersuche;
- Instandhaltungsanweisungen für sämtliche Bauteile der Anlage;
- Ersatzteilverzeichnis mit genauer Beschreibung sämtlicher Anlagenteile, die Verschleiß unterliegen;
- Verzeichnis der Teile sämtlicher Regel- und Steuereinrichtungen (Fühler, Regler, Stellglieder, Schaltschütze, Sicherheitsschalter);
- Software-Dokumentation über programmierbare und digitale automatische Regelsysteme.

## A.2 Vollständigkeitsprüfung

### A.2.1 Allgemeine Inspektion

- Zugänglichkeit der Bauteile für Betrieb und Instandhaltung;
- Sauberkeitszustand der Lüftungsanlage (Sichtprüfung), siehe EN 15780;
- Anordnung und Zugänglichkeit von Öffnungen für die Reinigung und Instandhaltung, siehe EN 12097;
- Vollständigkeit von Kennzeichnungen und Typenschildern;
- Ausführung der brandschutztechnischen Maßnahmen entsprechend der Planung (Anordnung von Brandschutzklappen, feuerbeständige Ummantelungen usw.);
- Anordnung von Dampfsperren und Wärmedämmungen wie geplant;
- Korrosionsschutz von Montagevorrichtungen und Tragkonstruktionen;
- Schwingungsfreie Installation von Geräten (flexible Verbindungen);
- Prüfung der Erdung an Geräten und am Luftleitungssystem;
- Prüfung, ob Sicherheitsvorrichtungen installiert sind.

## A.2.2 Abgleich

- Überprüfen, ob der Abgleich des Systems erfolgt ist.

## A.2.3 Einzelprüfungen

### A.2.3.1 Luftbehandlungsgeräte

- Überprüfung der folgerichtigen Anordnung der Einzelbauteile;
- Überprüfung des Typenschilds (Leistungsdaten);
- Konstruktion und Ausführung (z. B. zweischalig);
- Sichtprüfung der Dichtheit;
- Einbau von Schwingungsdämpfern;
- Entwässerung mit Geruchsverschluss.

### A.2.3.2 Ventilatoren

- Motorbefestigung;
- Anzahl der Riemen (einschließlich der gelieferten Ersatzteile);
- Riemenschutz;
- Überprüfung der Anordnung der Ventilatorflügel (vorwärts/rückwärts gekrümmt);
- Überprüfung der Ventilator- und Motordrehzahl entsprechend dem Typenschild;
- Überprüfung der elektrischen Anschlüsse des Ventilators.

### A.2.3.3 Wärmetauscher

- Überprüfung des Typenschilds (Leistungsdaten);
- Überprüfung der Dichtheit innerhalb des Gehäuses;
- Überprüfung im Hinblick auf Beschädigungen (z. B. verbogene Lamellen);
- Überprüfung des Materials der Wärmetauscher;
- Überprüfung der Strömungsrichtung von Flüssigkeiten;
- Überprüfung des Einbauzustands der Regelventile;
- Überprüfung des Tropfenabscheiders im Hinblick auf Beschädigung;
- Überprüfung der Frostschutteinrichtung am/im Wärmetauscher.

### A.2.3.4 Luftfilter

- Überprüfung des Filtersystems und seiner Leistungsklasse;
- Überprüfung des Einbaus und der Abdichtung zum Gehäuse;

- Überprüfung des Filtersystems im Hinblick auf mögliche Beschädigungen;
- Überprüfung der Differenzdruckanzeige im Hinblick auf mögliche Beschädigung und Flüssigkeitsstand.

#### **A.2.3.5 Luftbefeuchter**

- Überprüfung des Typenschilds (Leistungsdaten);
- Überprüfung der Installation;
- Überprüfung der Bauteile bezüglich Vollständigkeit (Pumpe, Wasserstandsregelung);
- Überprüfung des Wasser-(Dampf-)Verteilungssystems.

#### **A.2.3.6 Außen- und Fortluftdurchlässe**

- Überprüfung des Wetterschutzes hinsichtlich Größe, Material und Ausführung;
- Überprüfung auf Korrosion.

#### **A.2.3.7 Klappen**

- Überprüfung von Typ, Größe, Anzahl und Anordnung auf Übereinstimmung mit den Auslegungsdaten.

#### **A.2.3.8 Brandschutzklappen**

- Überprüfung der Installation und Inbetriebnahme von Brandschutzklappen.

#### **A.2.3.9 Luftleitungssystem**

- Überprüfung, ob die Luftdichtheitsprüfung des Systems entsprechend der Gestaltung geprüft wurde (siehe EN 16798-3);
- Überprüfung der Lage der Zugangsdeckel (siehe EN 12097);
- Überprüfung der Feuerbeständigkeit;
- Überprüfung der Wärmedämmung;
- Überprüfung der Aufhängungen.

#### **A.2.3.10 Schalldämpfer**

- Überprüfung von Typ, Größe, Anzahl und Anordnung auf Übereinstimmung mit den Auslegungsdaten;
- Überprüfung der Oberflächen der Kulissen auf Schäden.

#### **A.2.3.11 Luftdurchlässe und VAV-Drosseln**

- Überprüfung von Typ, Größe, Anzahl und Anordnung auf Übereinstimmung mit den Auslegungsdaten;
- Überprüfung der Lage der VAV-Drosseln und Durchlässe im Hinblick auf die Luftvolumenstrommessung.

#### **A.2.3.12 Regeleinrichtungen und Schaltschränke**

- Überprüfung des Regelungssystems auf seine Vollständigkeit und das Regelungsprinzip;
- Überprüfung der Vollständigkeit und Anordnung von Sensoren, Stellteilen und Steuereinrichtungen;

- Überprüfung des Schaltschranks im Hinblick auf die Ausführung:
  - Standort, Zugänglichkeit;
  - Anordnung von Leistungs- und Regelteilen;
  - Schutzklasse;
  - Lüftung;
  - Kennzeichnung;
  - Kabeltypen;
  - Erdung;
  - Schaltpläne im Schaltschrank;
  - Platzreserve.

### **A.3 Beispiel für einen Prüfbericht für die Vollständigkeitsprüfung**

Das Folgende ist ein Beispiel für eine Prüfberichtsvorlage für die Vollständigkeitsprüfung.

| <b>Bericht über die Vollständigkeitsprüfung nach EN 12599</b> |                                              |                                                                                                                                                                            |                      |             |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------|
| Gebäude-/<br>Projektbezeichnung                               |                                              | Bezeichnung der<br>eingebauten Anlage                                                                                                                                      |                      |             |
| Verantwortlicher                                              |                                              |                                                                                                                                                                            |                      |             |
| Firma                                                         |                                              | Tel.:                                                                                                                                                                      |                      |             |
| Anschrift                                                     |                                              | Fax:                                                                                                                                                                       |                      |             |
|                                                               | Beurteilung:                                 | -: trifft auf die eingebaute Lüftungsanlage nicht zu<br>0: OK<br>1: geringfügige Abweichung (muss behoben werden)<br>2: erhebliche Abweichung (muss sofort behoben werden) |                      |             |
| Siehe<br>EN 12599                                             |                                              | Zutreffend                                                                                                                                                                 | Ergebnis/Bemerkungen | Beurteilung |
| <b>A.1</b>                                                    | <b>Administrative Prüfung von Dokumenten</b> |                                                                                                                                                                            |                      |             |
| A.1.1                                                         | Liste der vereinbarten<br>Spezifikationen    | JA                                                                                                                                                                         |                      |             |
| A.1.2                                                         | Bestandsunterlagen                           | JA                                                                                                                                                                         |                      |             |
| A.1.3                                                         | Unterlagen für Betrieb und<br>Instandhaltung | JA                                                                                                                                                                         |                      |             |
| <b>A.2</b>                                                    | <b>Vollständigkeitsprüfung</b>               |                                                                                                                                                                            |                      |             |
| A.2.1                                                         | Allgemeine Inspektion                        | JA                                                                                                                                                                         |                      |             |
| A.2.2                                                         | Abgleich                                     |                                                                                                                                                                            |                      |             |
| A.2.3                                                         | Einzelprüfungen                              |                                                                                                                                                                            |                      |             |
| A.2.3.1                                                       | Luftbehandlungsgerät                         |                                                                                                                                                                            |                      |             |
| A.2.3.2                                                       | Ventilatoren                                 |                                                                                                                                                                            |                      |             |