

DIN EN 12599

ICS 91.140.30

Ersatz für
DIN EN 12599:2000-08**Lüftung von Gebäuden –
Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumlufttechnischer Anlagen;
Deutsche Fassung EN 12599:2012**

Ventilation for buildings –

Test procedures and measurement methods to hand over air conditioning and ventilation systems;

German version EN 12599:2012

Ventilation des bâtiments –

Procédures d'essai et méthodes de mesure pour la réception des installations de conditionnement d'air et de ventilation;

Version allemande EN 12599:2012

Gesamtumfang 87 Seiten

Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument beinhaltet die Deutsche Fassung der vom Technischen Komitee CEN/TC 156 „Lüftung von Gebäuden“ (Sekretariat: BSI, Vereinigtes Königreich) im Europäischen Komitee für Normung (CEN) ausgearbeiteten EN 12599:2012.

Der Arbeitsausschuss NA 041-02-50 AA „Grundlagen (SpA CEN/TC 156 und ISO/TC 205/WG 4)“ des Normenausschusses Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. war an der Erarbeitung dieser Norm beteiligt.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12599:2000-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Anwendungsbereich wurde dahingehend abgeändert, dass die Prüfverfahren und Messgeräte nicht nur während der Übergabe, sondern vor, während und nach der Übergabe sowie im Rahmen von Messungen nach der Energieeffizienz-Richtlinie angewendet werden können;
- b) der Anwendungsbereich wurde dahingehend geändert, dass EN 12599 keine Wohnungen ausschließt;
- c) die normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- d) Tabelle 1 enthält jetzt Anforderungen an die Sauberkeit und Dichtigkeit der Anlage;
- e) in Tabelle 2 wurde die Unsicherheit für den Luftvolumenstrom je Einzelraum von $\pm 20\%$ auf $\pm 15\%$ und je Anlage von $\pm 15\%$ auf $\pm 10\%$ herabgesetzt;
- f) Tabelle E.4 wurde um eine Gleichung zur Berechnung der Unsicherheit des Messortes τ_u ergänzt;
- g) es wurden Verfahren zur Messung der elektrischen Leistung mit aufgenommen.

Frühere Ausgaben

DIN EN 12599: 2000-08

Deutsche Fassung

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

Ventilation for buildings —
Test procedures and measurement methods to hand over
air conditioning and ventilation systems

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

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 25. August 2012 angenommen.

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

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

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



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

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

Inhalt

Seite

Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	7
3 Prüfverfahren	8
4 Vollständigkeitsprüfungen	10
5 Funktionsprüfungen	10
5.1 Allgemeines	10
5.2 Anlage in Gebrauch nehmen	10
5.3 Durchführung	10
6 Funktionsmessungen	11
6.1 Allgemeines	11
6.2 Umfang der Funktionsmessungen	11
6.3 Durchführung	13
6.4 Messverfahren und Messgeräte	13
6.4.1 Allgemeines	13
6.4.2 Messung des Luftvolumenstroms	14
6.4.3 Messung der Undichtheit des Luftleitungssystems	14
6.4.4 Messung der Raumluftgeschwindigkeit	14
6.4.5 Messung der Lufttemperatur	14
6.4.6 Messung der Luftfeuchte	15
6.4.7 Messung des Schalldruckpegels	15
6.4.8 Messung der elektrischen Leistung des Ventilators	15
6.4.9 Messung der Druckdifferenz am Luftfilter	15
6.5 Begleitende Messungen	15
7 Sondermessungen (siehe Anhang E)	16
7.1 Allgemeines	16
7.2 Messgrößen	16
7.3 Messungen an Bauelementen	16
7.3.1 Ventilatoren	16
7.3.2 Filter	17
7.3.3 Wärmetauscher	17
7.3.4 Luftbefeuchter	19
7.4 Überprüfung der Regelungs-, Steuerungs- und Schaltsysteme	20
7.4.1 Allgemeines	20
7.4.2 Regeleinrichtungen	20
8 Messunsicherheiten	21
8.1 Allgemeines	21
8.2 Unsicherheit der Messgeräte	21
8.2.1 Messgeräteunsicherheit (u_1)	21
8.2.2 Ableseunsicherheit (u_2)	21
8.3 Unsicherheit der Messergebnisse	22
8.4 Berechnung der Fehler der Messeinrichtung	23
9 Prüfberichte	23
9.1 Allgemeines	23
9.2 Übergabebericht	23
9.3 Inspektionsbericht zur Vollständigkeitsprüfung	24
9.4 Inspektionsbericht zur Funktionsprüfung	25
9.5 Prüfbericht zu Funktionsmessungen	25
9.6 Prüfbericht zu Sondermessungen	25

Anhang A (informativ) Vollständigkeitsprüfung	26
A.1 Unterlagen	26
A.1.1 Liste der vereinbarten Planungsdaten	26
A.1.2 Bestandsunterlagen	27
A.1.3 Unterlagen für Betrieb und Wartung	27
A.2 Prüfungen.....	28
A.2.1 Allgemeine Inspektion	28
A.2.2 Abgleich.....	28
A.2.3 Einzelprüfungen	28
A.3 Prüfbericht für die Vollständigkeitsprüfung	31
Anhang B (informativ) Funktionsprüfungen	32
B.1 Allgemeines	32
B.2 Einzelprüfungen für Bauteile.....	32
B.2.1 Zentralgeräte, Ventilatoren	32
B.2.2 Wärmetauscher.....	33
B.2.3 Luftfilter	33
B.2.4 Befeuchter	33
B.2.5 Jalousieklappen.....	33
B.2.6 Brand- und Rauchschutzklappen	33
B.2.7 Mischkammer.....	33
B.2.8 Luftleitungssystem.....	33
B.2.9 Strömungsbild im Raum beeinflusst von Luftdurchlässen und geometrischen Hindernissen	33
B.2.10 Regeleinrichtungen und Schaltschränke.....	34
Anhang C (normativ) Bestimmung des Umfangs der Funktionsprüfungen bzw. -messungen	35
C.1 Allgemeines	35
C.2 Messgrößen und ähnliche Stellen	35
C.2.1 Messgrößen	35
C.2.2 Ähnliche Stellen.....	35
C.3 Bestimmung der Gesamtzahl n ähnlicher Stellen	35
C.4 Umfang der Prüfungen bzw. Messungen.....	36
Anhang D (normativ) Messverfahren und Messgeräte für die Funktionsmessungen	38
D.1 Messung des Luftvolumenstroms	38
D.1.1 Allgemeines	38
D.1.2 Messung im Querschnitt der Luftleitung	38
D.1.3 Messungen mit Drosselgeräten	43
D.1.4 Messungen im Kammer-, Ventilatorgehäuse- oder Gerätequerschnitt	43
D.1.5 Messung an den Luftdurchlässen	43
D.1.6 Messgeräte (Beispiele).....	48
D.2 Messung der Raumlufthgeschwindigkeit.....	49
D.2.1 Messverfahren	49
D.2.2 Messgeräte	49
D.3 Messung der Lufttemperatur.....	50
D.3.1 Messverfahren	50
D.3.2 Messgeräte	51
D.4 Messung der Luftfeuchte.....	51
D.5 Messung des Schallpegels.....	52
D.6 Messung der elektrischen Leistung des Ventilators	52
D.6.1 Messverfahren	52
D.6.2 Messgeräte	54
D.6.3 Messstrecke	54
D.6.4 Messunsicherheiten	54
D.7 Druckdifferenz am Luftfilter.....	55
D.8 Leckluftstrom	55
D.8.1 Messverfahren	55
D.8.2 Messgeräte	55
D.8.3 Messstrecke	56
D.8.4 Messunsicherheit	56

Anhang E (normativ) Sondermessungen.....	57
E.1 Messgeräte	57
E.2 Messung von Parametern	57
E.2.1 Druck	57
E.2.2 Temperatur	59
E.2.3 Feuchte	62
E.2.4 Luftvolumenstrom	62
E.2.5 Schall	69
E.2.6 Luftverunreinigung	69
E.2.7 Elektrische Leistung.....	71
E.3 Messungen in Räumen.....	71
E.3.1 Allgemeines.....	71
E.3.2 Thermische Bedingungen.....	71
E.3.3 Lüftungseffektivität.....	72
E.3.4 Schall in der Umgebung.....	74
Anhang F (informativ) Vertragliche Vereinbarungen	75
Anhang G (informativ) Beispiele für die Bestimmung der Anzahl der Funktionsprüfungen und -messungen.....	76
G.1 Funktionsprüfungen.....	76
G.2 Funktionsmessungen.....	77
Anhang H (informativ) Beispiele für Messunsicherheiten	78
H.1 Messgeräte zur Messung der Geschwindigkeit und des Querschnitts	78
H.2 Geschwindigkeitsmessung mit dem Prandtl-Rohr	78
H.3 Beispiel wie in H.1, jedoch bei niedrigerer Geschwindigkeit und größerem Abstand	79
H.4 Beispiel: Geschwindigkeitsmessung mit einem Flügelradanemometer.....	80
Anhang I (informativ) Beispiele für Messprotokolle zum Luftvolumenstrom	81
Literaturhinweise	85

Vorwort

Dieses Dokument (EN 12599:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 156 „Lüftung von Gebäuden“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2013, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 2013 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN 12599:2000.

Die wesentlichen technischen Änderungen zwischen dieser und der Vorgängerversion sind:

- der Anwendungsbereich wurde dahingehend abgeändert, dass die Prüfverfahren und Messgeräte nicht nur während der Übergabe, sondern vor, während und nach der Übergabe sowie im Rahmen von Messungen nach der Energieeffizienz-Richtlinie angewendet werden können;
- der Anwendungsbereich wurde dahingehend geändert, dass EN 12599 keine Wohnungen ausschließt;
- die normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- Tabelle 1 enthält jetzt Anforderungen an die Sauberkeit und Dichtigkeit der Anlage;
- in Tabelle 2 wurde die Unsicherheit für den Luftvolumenstrom je Einzelraum von $\pm 20\%$ auf $\pm 15\%$ und je Anlage von $\pm 15\%$ auf $\pm 10\%$ herabgesetzt;
- Tabelle E.4 wurde um eine Gleichung zur Berechnung der Unsicherheit des Messortes τ_u ergänzt;
- es wurden Verfahren zur Messung der elektrischen Leistung mit aufgenommen.

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

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Prüfungen, Prüfverfahren und Messgeräte zur Feststellung der Gebrauchstauglichkeit von installierten Anlagen bei der Übergabe fest, die teilweise vor, während und nach der Übergabe durchgeführt werden.

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

Diese Europäische Norm gilt für mechanisch betriebene raumluftechnische Anlagen (RLT-Anlagen) nach EN 12792, die eine oder mehrere der folgenden Einrichtungen enthalten:

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

Wenn die Anlage fertiggestellt und abgeglichen ist, gelten die in dieser Europäischen Norm beschriebenen Messverfahren.

Diese Europäische Norm 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 und
- Elektrizitätsversorgungsanlagen.

Diese Europäische Norm gilt für RLT-Anlagen, deren Bestimmung die Erhaltung eines Behaglichkeitszustands in Gebäuden ist. Sie gilt nicht für Anlagen zum Betreiben von Räumen für industrielle oder andere besondere Prozesse. Im letztgenannten Fall kann jedoch auf diese Norm Bezug genommen werden, wenn die Anlagentechnik denen der vorgenannten RLT-Anlagen ähnlich ist.

Diese Europäische Norm enthält keine Anforderungen für den Installationsvertrag. Um die Anwendung dieser Norm zu vereinfachen, sollten allerdings die in Anhang F aufgeführten Hinweise im Vertrag berücksichtigt werden.

Die Messverfahren dieser Norm können im Rahmen der energetischen Inspektion von Klimaanlage nach der EU-Richtlinie 2010/31/EG „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“ (siehe EN 15239, EN 15240) angewendet werden.

Diese Europäische Norm kann für Lüftungsanlagen von Wohnungen und Wohngebäuden angewendet werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 308, *Wärmeaustauscher — Prüfverfahren zur Bestimmung der Leistungskriterien von Luft/Luft- und Luft/Abgas-Wärmerückgewinnungsanlagen*

EN 1507, *Lüftung von Gebäuden — Rechteckige Luftleitungen aus Blech — Anforderungen an Festigkeit und Dichtheit*

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

EN 12097, *Lüftung von Gebäuden — Luftleitungen — Anforderungen an Luftleitungsbauteile zur Wartung von Luftleitungssystemen*

EN 12237, *Lüftung von Gebäuden — Luftleitungen — Festigkeit und Dichtheit von Luftleitungen mit rundem Querschnitt aus Blech*

EN 12238, *Lüftung von Gebäuden — Luftdurchlässe — Aerodynamische Prüfung und Bewertung für Anwendung bei Mischströmung*

EN 13182, *Lüftung von Gebäuden — Gerätetechnische Anforderungen für Messungen der Luftgeschwindigkeit in belüfteten Räumen*

EN 13779, *Lüftung von Nichtwohngebäuden — Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme*

EN 14239, *Lüftung von Gebäuden — Luftleitungen — Messung von Luftleitungsflächen*

EN 15423:2008, *Lüftung von Gebäuden — Brandschutz von Lüftungsanlagen in Gebäuden*

EN 15726, *Lüftung von Gebäuden — Luftverteilung — Messungen im Aufenthaltsbereich von klimatisierten/belüfteten Räumen zur Bewertung der thermischen und akustischen Bedingungen*

EN 15780, *Lüftung von Gebäuden — Luftleitungen — Sauberkeit von Lüftungsanlagen*

EN 60584-1, *Thermopaare — Teil 1: Grundwerte der Thermospannungen (IEC 60584-1)*

EN 60584-2, *Thermopaare — Teil 2: Grenzabweichungen der Thermospannungen (IEC 60584-2)*

EN 60751, *Industrielle Platin-Widerstandsthermometer und Platin-Temperatursensoren (IEC 60751)*

EN 61672-1, *Elektroakustik — Schallpegelmesser — Teil 1: Anforderungen (IEC 61672-1)*

EN ISO 3740, *Akustik — Bestimmung des Schallleistungspegels von Geräuschquellen — Leitlinien zur Anwendung der Grundnormen (ISO 3740)*

EN ISO 3744, *Akustik — Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen — Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 2 für ein im Wesentlichen freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene (ISO 3744)*

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

EN ISO 3747, *Akustik — Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen — Verfahren der Genauigkeitsklassen 2 und 3 zur Anwendung in situ in einer halligen Umgebung (ISO 3747)*

EN ISO 7726, *Umgebungsklima — Instrumente zur Messung physikalischer Größen (ISO 7726)*

EN ISO 11201, *Akustik — Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten — Bestimmung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten in einem im Wesentlichen freien Schallfeld über einer reflektierenden Ebene mit vernachlässigbaren Umgebungskorrekturen (ISO 11201)*

EN ISO 12569, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden und Werkstoffen — Bestimmung des spezifischen Luftvolumenstroms in Gebäuden — Indikatorgasverfahren (ISO 12569)*

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

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

3 Prüfverfahren

Die folgenden Schritte sind in der angegebenen Reihenfolge durchzuführen:

- a) Vollständigkeitsprüfungen;
- b) Funktionsprüfungen;
- c) Funktionsmessungen;
- d) Sondermessungen;
- e) Bericht.

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

Sondermessungen nach Abschnitt 7 und Anhang E sind nur durchzuführen, wenn sie erforderlich und gesondert vereinbart sind.

Eine Übersicht über die verschiedenen Prüfungen und Messungen ist in Tabelle 1 enthalten.

Tabelle 1 — Übersicht über Prüfungen, Messungen und Berichte zur Feststellung der Anlagenqualität

Erforderliche Schritte	Zweck	Tätigkeiten	Anhänge
<u>Schritt a</u> Vollständigkeitsprüfungen	Sicherstellen, dass die RLT-Anlage vollständig in Übereinstimmung mit dem Vertrag eingebaut wurde	1. Vergleich der Einrichtung mit dem Installationsverzeichnis 2. Übereinstimmung mit technischen Regeln (vertraglich und formell) 3. Zugänglichkeit 4. Sauberkeit 5. Abgleich 6. Dichtigkeit 7. Notwendige Betriebsunterlagen	<u>Anhang A</u> mit genaueren Angaben zu den Tätigkeiten 1 bis 7
<u>Schritt b</u> Funktionsprüfungen	Überprüfen des Anlagenbetriebs	1. Anlage in Gebrauch nehmen 2. Betriebsfähigkeit der Bauteile und der Anlage	<u>Anhang C</u> Bestimmung des Umfangs <u>Anhang B</u> Übersicht zur Funktion der Bauteile und der Anlage
<u>Schritt c</u> Funktionsmessungen	Überprüfen – auf statistischer Grundlage, ob die Anlage die in der Planung vorgesehenen Werte erreicht	1. Bestimmen der erforderlichen Messungen und Aufzeichnungen 2. Umfang der Funktionsmessungen entsprechend den Klassen A, B, C und D 3. Messungen 4. Begleitende Messungen (siehe 6.4)	<u>Anhang C</u> Bestimmung des Umfangs <u>Anhang D</u> Messverfahren und Messgeräte
<u>Schritt d</u> Sondermessungen (falls erforderlich)	Bei Zweifeln an der Qualität von Teilen der Anlage, wenn zuvor die Schritte a bis c angewendet wurden oder falls gesondert vereinbart	1. Bestimmung der erforderlichen Messungen und Aufzeichnungen 2. Bestimmung der Messunsicherheit 3. Messungen	<u>Anhang D und Anhang E</u> Messverfahren und Messgeräte sowie Sondermessungen
<u>Schritt e</u> Bericht siehe Abschnitt 9		1. Bericht 2. Übergabe des Berichts	<u>Anhang A</u> Beispiel eines Prüfberichts für die Vollständigkeitsprüfung <u>Anhang I</u> Beispiele für Messprotokolle

4 Vollständigkeitsprüfungen

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 des Umfangs und Materials als auch, sofern erforderlich, hinsichtlich der Eigenschaften und Ersatzteile;
- Überprüfung der Einhaltung behördlicher Vorgaben und festgelegter technischen Regeln;
- Überprüfung der Zugänglichkeit der Anlage, besonders im Hinblick auf Betrieb, Reinigung und Wartung entsprechend EN 12097;
- Überprüfung der Sauberkeit der Anlage nach EN 15780, auch des Zentralgerätes und der Anlage falls gesondert vereinbart;
- Überprüfung, ob sämtliche für das Betreiben der Anlage notwendigen Unterlagen vorhanden sind;
- Überprüfung, ob ein Abgleich der Anlage erfolgt ist;
- Überprüfung, ob die Luftdichtheitsprüfung durchgeführt wurde.

Eine Beschreibung der Vollständigkeitsprüfung ist in Anhang A enthalten.

5 Funktionsprüfungen

5.1 Allgemeines

Zweck der Funktionsprüfung ist der Nachweis 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.

5.2 Anlage in Gebrauch nehmen

Die Anlage ist im einregulierten und betriebssicheren Zustand einzuschalten.

Die Einstellungsprotokolle und Betriebsanleitungen müssen verfügbar sein.

5.3 Durchführung

Funktionsprüfungen sind an allen Arten der eingebauten Einrichtungen durchzuführen.

Vor Beginn der Prüfungen ist eine Checkliste anzufertigen.

Der Umfang der Funktionsprüfungen ist in Anhang C definiert.

Die Positionen, an denen geprüft werden muss, sind vorher von den Beteiligten zu vereinbaren.

Verfahrensanleitungen und eine Auflistung üblicher Funktionsprüfungen sind in Anhang B enthalten.

6 Funktionsmessungen

6.1 Allgemeines

Mit den Funktionsmessungen wird nachgewiesen, dass die Anlage die vereinbarten Bedingungen erfüllt und die entsprechenden Sollwerte erbringt.

Bei der Beurteilung der Messergebnisse in einem belüfteten oder klimatisierten Raum sollten die Auswirkungen der physikalischen Eigenschaften des Gebäudes berücksichtigt werden.

Funktionsmessungen können auch durchgeführt werden, wenn keine Auslegungsbedingungen herrschen. Die Messungen dürfen in die Auslegungsbedingungen umgerechnet werden, wenn die Berechnung möglich ist (z. B. möglich: Wärmetauscher, nicht möglich: Raumströmung).

6.2 Umfang der Funktionsmessungen

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

Der Umfang der Funktionsmessungen ist in Anhang C definiert.

Tabelle 2 — Funktionsmessungen

Messung an		Ge- samt- anlage	Zentrale/Gerät				Luftlei- tungs- system	Raum					
Messgrößen		Zusätzliche Sauberkeitsprüfung	Strom- und Leistungsaufnahme des Motors [D.6]	Volumenstrom ^a [D.1]	Lufttemperatur ^a [D.3]	Druckabfall im Filter [D.7]	Prüfung der Dichtigkeit des Luftleitungssystems [D.8]	Zuluftstrom [D.1]	Abluftstrom [D.1]	Zuluft- und Raumlufttemperatur ^b [D.3]	Luftfeuchte [D.4]	Schalldruckpegel [D.5]	Raumluftgeschwindigkeit [D.2]
Art der Anlage/Funktion													
Lüftungs- anlage	(F) Z	2	1	1	0	1	2	1	2	0	0	2	0
	(F) H	2	1	1	1	1	2	1	2	2	0	2	2
	(F) C	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2
	(F) M/D	2	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	2
Teilklima- anlage	(F) HC	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	2	2
	(F) HM/HD/CM/CD	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	2
	(F) MD	2	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	2
	(F) HCM/MCD/CHD/HMD	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	2
Klimaanlage	(F) HCMD	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	2

^a Außenluft, Zuluft und Abluft.

^b In Abhängigkeit von Regelungsgrundsätzen, falls erforderlich.

Erläuterungen:

0 Messung nicht erforderlich

1 in allen Fällen durchzuführen

2 nur durchzuführen, wenn vertraglich vereinbart

Die Zahlen 0 bis 2 geben an, ob im Rahmen der Funktionsmessungen während der Übergabe eine Prüfung zu erfolgen hat. Einige der Prüfungen wurden bereits vor der Übergabe vom Installateur durchgeführt; während der Vollständigkeitsprüfung muss die Dokumentation daraufhin überprüft werden.

- C Kühlen
D Entfeuchten
F Filtern
H Heizen
M Befeuchten
Z ohne thermodynamische Luftbehandlung (zero)

6.3 Durchführung

Vor Beginn der Funktionsmessungen 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 m² 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. Es sind kalibrierte Geräte zu verwenden.

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

Tabelle 3 — Zulässige Unsicherheiten der Messung

Messgrößen	Messunsicherheit ^a
Luftvolumenstrom, je Einzelraum	± 15 %
Luftvolumenstrom, je Anlage	± 10 %
Zulufttemperatur	± 2 °C
Relative Feuchte (en: relative humidity, RH)	± 15 % RH
Luftgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich	± 0,05 m/s
Lufttemperatur im Aufenthaltsbereich	± 1,5 °C
A-bewerteter Schalldruckpegel im Raum	± 3 dBA
^a Diese Europäische Norm legt keine Abweichungen für die Auslegungswerte fest. Das Ergebnis wird akzeptiert, wenn der Auslegungswert im Bereich der Messunsicherheit liegt.	

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

6.4 Messverfahren und Messgeräte

6.4.1 Allgemeines

Angaben zu den für die Funktionsmessung geeigneten Messverfahren und -geräten sind in Anhang D enthalten.

Bei Messungen in Luftleitungen und RLT-Anlagen mit Unterdruck müssen Messfehler vermieden werden, die durch eine Infiltration aufgrund der Messöffnung entstehen könnten.

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

6.4.2 Messung des Luftvolumenstroms

Der Luftvolumenstrom kann anhand verschiedener Verfahren bestimmt werden. Üblicherweise wird er mit der Luftgeschwindigkeit und dem entsprechenden Strömungs-Querschnitt berechnet. Die Luftgeschwindigkeit kann mit Hilfe eines geeigneten Anemometers, mit einem Prandtl-Staurohr oder mit dem Druckabfall an einem Drosselement gemessen werden.

Luftvolumenströme sollten an einem geeigneten Querschnitt einer Luftleitung gemessen werden. Da die Luftgeschwindigkeit selten gleichmäßig ist, sollte sie an ausreichend vielen Stellen des Querschnitts gemessen und dann gemittelt werden, um die mittlere Luftgeschwindigkeit zu erhalten.

Der Gesamtluftvolumenstrom einer Anlage sollte vorzugsweise innerhalb des Luftbehandlungsgerätes oder des Ventilatorgehäuses durch die integrierten Messanordnungen bestimmt werden, wenn Vorrichtungen wie zum Beispiel integrierte Einlaufdüsen vorhanden sind.

Für Luftdurchlässe können andere Verfahren (z. B. Beutelverfahren, Referenzdruckverfahren oder Trichtermessung) angewendet werden. Bei Luftdurchlässen mit niedrigem Druckabfall sollte die Messung mit Hilfe des Kompensationsverfahrens oder anderer Verfahren ohne wesentlichen Druckverlust erfolgen.

Die verschiedenen Messverfahren und -geräte sind in D.1 beschrieben.

6.4.3 Messung der Undichtheit des Luftleitungssystems

Die Undichtheit des Luftleitungssystems ist wichtig für die Energieeffizienz der gesamten lufttechnischen Anlage. Die Einhaltung der Dichtheitsklasse nach EN 1507 und EN 12237 ist zu überprüfen.

Bei großen und komplexen Luftleitungssystemen kann die Leckage nur an einem Teil der Anlage gemessen werden. Die Messung muss erfolgen, während die Leitung eingebaut wird und zugänglich ist.

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

Die verschiedenen Messverfahren und -geräte sind in D.8 beschrieben.

6.4.4 Messung der Raumlufthgeschwindigkeit

Bei der Luftströmung im Raum handelt es sich in der Regel um eine turbulente Strömung. 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 (siehe D.2.1).

In Räumen mit einer Grundfläche bis etwa 20 m² 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.

Die verschiedenen Messverfahren und -geräte sind in D.2 beschrieben. EN 15726 enthält genauere Angaben.

6.4.5 Messung der Lufttemperatur

Messungen der Lufttemperatur können im Raum, am Fortluftdurchlass 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 (siehe D.3.1).

Die Messung der Lufttemperatur ist in D.3 beschrieben.

6.4.6 Messung der Luftfeuchte

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.

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

Die Messung der Luftfeuchte ist in D.4 beschrieben.

6.4.7 Messung des Schalldruckpegels

An Arbeitsplätzen ist der A-bewertete Schalldruckpegel zu ermitteln. Zu den entsprechenden Bedingungen im Raum siehe CR 1752.

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. Die Messung des Schalldruckpegels ist in D.5 beschrieben.

6.4.8 Messung der elektrischen Leistung des Ventilators

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.

Bei Drehstrommotoren wird die Leistung nach dem 2-Wattmeter-Verfahren ermittelt. Bei 1-Phasen-Motoren wird die Leistung nach dem 1-Wattmeter-Verfahren ermittelt.

Besondere Anforderungen sind zu beachten, wenn Frequenzumrichter verwendet werden.

Die Messung der elektrischen Leistung des Ventilators ist in D.6 beschrieben.

6.4.9 Messung der Druckdifferenz am Luftfilter

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

Die Messung der Druckdifferenz im Luftfilter ist in D.7 beschrieben.

6.5 Begleitende Messungen

Zur Aufzeichnung der Betriebsbedingungen während der Funktionsprüfung können erforderlichenfalls folgende Daten ermittelt und registriert werden:

- Außenlufttemperatur und -feuchte;
- Warmwasser- und Kaltwassertemperatur am Verteiler bzw. am Lufterhitzer und Luftkühler;
- Wasserdurchfluss im Warmwasser- und Kaltwasserrohrnetz und
- Druckdifferenz an den Pumpen.

7 Sondermessungen (siehe Anhang E)

7.1 Allgemeines

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

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

Das Messprogramm, die zu messenden Messgrößen, die Messgeräte sowie die Messstellen sind gesondert zu vereinbaren. Die Vereinbarung sollte sich auch auf die erlaubte Unsicherheit der Messergebnisse erstrecken. Die Vereinbarung sollte vor Einbau der jeweiligen Anlage getroffen werden. Der Aufwand und die Kosten für die Messungen müssen in einem angemessenen Verhältnis zu den an die Anlage gestellten Anforderungen stehen. Sind die gewünschten Messunsicherheiten bei den Messungen unter vertretbarem Aufwand nicht zu erreichen, so ist der Auftraggeber vor Durchführung der Messungen davon rechtzeitig in Kenntnis zu setzen. Zur Durchführung der Messungen sollten nur Personen mit der notwendigen Sachkenntnis und Erfahrung herangezogen werden.

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

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

Die Betriebsart während der Messungen sollte möglichst den vereinbarten Bedingungen entsprechen. Ist dies nicht der Fall, muss auf die Auslegungsdaten geschlossen werden können. Bei bestimmten Bauelementen (z. B. Luftherhitzer, Kühler) ist eine Umrechnung der Messergebnisse auf die Auslegungsdaten erforderlich.

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

Bei der Beurteilung der Messergebnisse in einem klimatisierten Bereich ist der Einfluss der physikalischen Eigenschaften des Gebäudes zu berücksichtigen.

Zu empfohlenen Messgeräten siehe E.1.

7.2 Messgrößen

Die Messung der Messgrößen ist in E.2 beschrieben.

7.3 Messungen an Bauelementen

7.3.1 Ventilatoren

7.3.1.1 Messung

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

- Luftvolumenstrom nach E.2.4;
- Gesamtdruckdifferenz nach E.2.1;
- Druck und Temperatur im Messquerschnitt nach E.2.1 und E.2.2;
- elektrische Leistung nach E.2.7 und
- die Drehzahl (min^{-1}).

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

7.3.1.2 Messunsicherheit

Der Volumenstrom und die Gesamtdruckdifferenz sind auf die Dichte $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ umzurechnen. Bei der Beurteilung sollten die Einbausituation und die Zuströmbedingungen berücksichtigt werden.

Die Messunsicherheit ist nach Abschnitt 8 zu berechnen.

7.3.2 Filter

7.3.2.1 Messung

Zur Prüfung eines eingebauten Filters sind folgende Daten zu messen:

- Luftvolumenstrom nach E.2.4,
- Geschwindigkeitsverteilung am Filter unter Verwendung der „Netzmessung“ aus D.1.2 (Bestimmung des Geschwindigkeitsprofils für Volumenstrommessungen) und
- Druckabfall nach E.2.1.

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

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

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

- der Ölfadentest und
- das Partikelzählverfahren.

7.3.2.2 Messunsicherheit

Die Messunsicherheiten bei der Luftvolumenstrom-, der Luftgeschwindigkeits- und der Druckabfallmessung sind nach Abschnitt 8 zu berechnen.

7.3.3 Wärmetauscher

7.3.3.1 Allgemeines

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

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

Ein Wärmerückgewinner ist eine Art von Wärmetauscher; es gelten also sinngemäß dieselben Regeln.

Bei regenerativen Wärmerückgewinnern, in denen auch Luftfeuchte übertragen wird (Kategorie III nach EN 308), ist zusätzlich zur Aufwärmung die Befeuchtung (Rückfeuchtezahl) kennzeichnend. Die Rückfeuchtezahl ist ein dimensionsloses Verhältnis der Rückgewinnung der latenten Wärme. Das Verhältnis setzt sich aus zwei Differenzen zusammen. Die Differenz aus der absoluten Feuchte der Zuluft und der Außenluft wird geteilt durch die Differenz aus der absoluten Feuchte der (den Raum verlassenden) Abluft und der Außenluft.

Allgemein gilt, dass neben den die Wärmeleistung bestimmenden Größen und dem Druckabfall auch die gleichmäßige Temperaturverteilung über den Leitungsquerschnitt hinter dem einzelnen Wärmetauscher zu prüfen ist.

7.3.3.2 Messung

Die folgenden Daten sind zu messen:

- der Luftvolumenstrom und die Lufttemperatur am Ein- und Austritt des Wärmetauschers;
- die größte Abweichung der Lufttemperatur von einem Mittelwert am Ein- und Austritt des Wärmetauschers und
- der Druckabfall des Volumenstroms und des Heiz- bzw. Kühlmittelstroms.

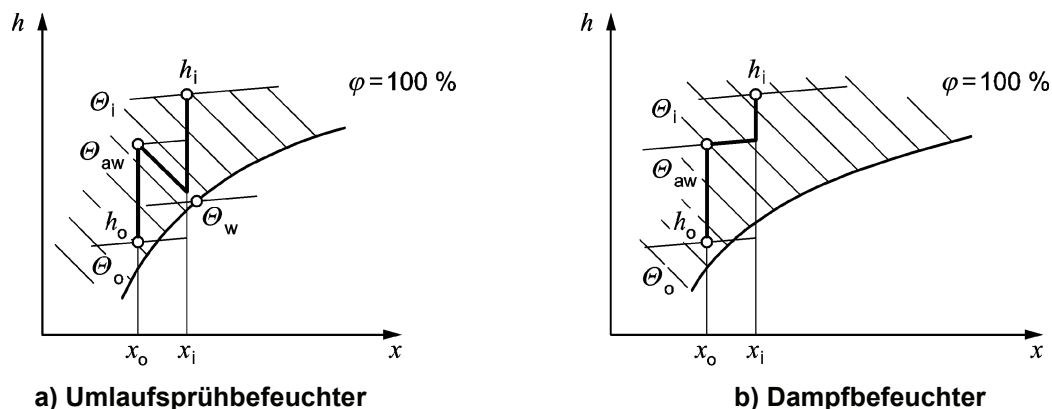
Zusätzlich sollten gemessen werden:

- bei Lufterhitzern der Heizmittelstrom und seine Abkühlung sowie die Feuchte der Luft am Ein- oder Austritt;
- bei Luftkühlern der Kühlmittelstrom und seine Erwärmung sowie zusätzlich die Abnahme des 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).

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

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

Messungen an Lufterhitzern vor und nach dem Befeuchter werden grundsätzlich zusammen mit dem Befeuchter (siehe 7.3.4) durchgeführt. Es ist nicht erforderlich, gesonderte Messungen an den einzelnen Wärmetauschern und dem zugleich betriebenen Befeuchter vorzunehmen. Dabei wird vorausgesetzt, dass bei ausgeglichenen Temperaturen am Lufteintritt der Lufterhitzer die Temperaturen am Luftaustritt des Nachwärmers über den Querschnitt um weniger als 10% von einem Mittelwert abweichen. Es genügt dann, den Heizmittelstrom und seine Abkühlung an einem der Wärmetauscher zu messen. Die Wärmeleistung der einzelnen Lufterhitzer wird aus der Gesamtwärmeleistung und den im „ h - x -Diagramm“ ablesbaren Enthalpie-Unterschieden berechnet (siehe Bild 1).



Legende

θ_i	Zulufttemperatur (Austritt „Nachwärmer“)
θ_{aw}	Lufttemperatur am Luftbefeuchtereintritt
θ_o	Außenlufttemperatur (Eintritt „Vorwärmer“)
x_i	Zuluftfeuchte (Austritt „Nachwärmer“)
x_o	Außenluftfeuchte (Eintritt „Vorwärmer“)
h_i	Zuluft-Enthalpie (Eintritt „Nachwärmer“)
h_o	Außenluft-Enthalpie (Eintritt „Vorwärmer“)
φ	Relative Feuchte
θ_w	Wassertemperatur

Bild 1 — Beispiel für den Prozessverlauf im h - x -Diagramm

Der Zustandsverlauf der Luft im Befeuchter ergibt sich aus der Lufttemperatur am Eintritt und

- bei Sprüh- oder Rieselbefeuchtern aus der Feuchtkugeltemperatur am Austritt (bei Umlaufbefeuchtern, quasi-adiabat, reicht im stationären Betrieb die Messung der Wassertemperatur anstelle der Lufttemperaturen aus);
- bei Dampfbefeuchtern aus der Dampftemperatur.

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

7.3.3.3 Messunsicherheit

Die Messunsicherheiten bei den Messungen sind nach Abschnitt 8 zu berechnen.

7.3.4 Luftbefeuchter

7.3.4.1 Allgemeines

Für Messungen an Luftbefeuchtern gelten analog die Regeln für Wärmetauscher (siehe 7.3.3). Die Messung ist im selben Versuch zusammen mit den Wärmetauschern durchzuführen (siehe 7.3.3.2).

Bei Sprüh- und Rieselbefeuchtern wird davon ausgegangen, dass Befeuchter-Kennlinien vorliegen, denen die Befeuchtung als Differenz der Feuchtegehalte der Luft oder als relative Größe, bezogen auf die maximale Differenz der Feuchtegehalte, und der luftseitige Druckabfall (einschließlich Tropfenabscheider) abhängig vom Volumenstrom entnommen werden können. Zusätzlich kennzeichnend sind neben den konstruktiven Merkmalen wie Sprühdüsenzahl und -anordnung der Wasserstrom sowie dessen Druck und Temperatur.

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

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

7.3.4.2 Messung

Über die in 7.3.3.2 aufgeführten Messgrößen für Wärmetauscher hinaus sollten Messungen für folgende zusätzliche Messgrößen durchgeführt werden:

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

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

7.3.4.3 Messunsicherheit

Die Messunsicherheiten sind nach Abschnitt 8 zu berechnen.

7.4 Überprüfung der Regelungs-, Steuerungs- und Schaltsysteme

7.4.1 Allgemeines

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

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

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

7.4.2 Regeleinrichtungen

a) Wirkungssinn:

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

b) Sollwert:

Für einen oder mehrere Sollwerte ist (entsprechend den Vereinbarungen) zu untersuchen, ob im eingeschwungenen Zustand Istwert und Sollwert übereinstimmen. Bei Verwendung von P-Reglern (Proportional-Regler) ist ein bestimmter Lastfall festzulegen.

c) Führungseinfluss:

Im Falle der Führungsregelung ist zu klären, ob bei linearem Zusammenhang die Steilheit, der Wirkungssinn und der Einsatzpunkt den Anforderungen entsprechen. Für den Fall, dass ein nicht linearer Zusammenhang vorgegeben wird, ist diese Kurve für vereinbarte Werte zu prüfen.

d) Führungsfolgeregelung:

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

8 Messunsicherheiten

8.1 Allgemeines

Bei jeder Messung ist mit Unsicherheiten zu rechnen, die durch die Messanordnung, das Messverfahren, die Messgeräte sowie die Ablesung bedingt sind. Bei Werten, die aus der Messung mehrerer einzelner Größen ermittelt werden, ergibt sich die Gesamtunsicherheit der Messungen aus dem Fehlerfortpflanzungsgesetz. Es wird vorausgesetzt, dass die Fehler voneinander unabhängig sind und einer Gauß-Verteilung folgen. Dabei können z. B. zwei willkürlich herausgegriffene Werte durchaus in einer Richtung abweichen. Die Unsicherheit in Bezug auf die einzelnen Messgrößen liegt jedoch in den Grenzen, die in den vorstehenden Abschnitten angegeben sind. Falls die Betriebsdaten während der Messung schwanken, ist der Einfluss auf die Unsicherheiten der Messergebnisse zu berücksichtigen. Gegebenenfalls sind mehrere Messungen zur Ermittlung dieser Einflüsse erforderlich.

Unsicherheiten sind nach ENV 13005 auszuwerten. Die Messergebnisse sollten mit einer erweiterten Unsicherheit für eine Überdeckungswahrscheinlichkeit von etwa 95 % angegeben sein. Bei der Berechnung der Gesamtunsicherheit der Messung auf Grundlage der unterschiedlichen Unsicherheitswerte (z. B. Ableseunsicherheit der Messgeräteanzeige, Unsicherheiten des Verfahrens usw.), müssen alle verwendeten Unsicherheiten auf der gleichen Überdeckungswahrscheinlichkeit von 95 % basieren.

8.2 Unsicherheit der Messgeräte

8.2.1 Messgeräteunsicherheit (u_1)

Der Gerätehersteller muss Informationen zur Unsicherheit der Messgeräte liefern; es ist wichtig zu überprüfen, ob die Überdeckungswahrscheinlichkeit von etwa 95 % angewendet wird.

Einige Geräte besitzen einen oberen und einen unteren Unsicherheitswert (Grenze, $x \pm \Delta x$); die Unsicherheit kann in diesem Fall als rechtwinklig verteilt beurteilt werden:

$$u_1 = \frac{\Delta x}{\sqrt{3}} \quad (1)$$

Korrekturen sind bekannte Fehler und nicht in der Messgeräte-Unsicherheit enthalten. Die Messwerte sind durch Anwendung der im Kalibrierschein angegebenen Korrekturen zu korrigieren.

8.2.2 Ableseunsicherheit (u_2)

Diese Unsicherheit lässt sich auf Unsicherheiten durch das Ablesen der Werte zurückführen; die Auflösung spielt also eine große Rolle, vor allem bei analogen Geräten.

Bei digitalen Geräten gilt für die Ablesunsicherheit und:

$$u_2 = \frac{k}{2\sqrt{3}} \text{ der Auflösung} \quad (2)$$

mit einem Überdeckungsfaktor $k = 2$ bei einer Überdeckungswahrscheinlichkeit von etwa 95 %.

Bei einer digitalen Impulsanzeige muss die Unsicherheit geschätzt werden; für bestimmte Geräte kann auch eine zeitlich gemittelte Funktion verwendet werden. Bei Geräten mit einer analogen Anzeige kann die Unsicherheit mit $k/6$ eines Skalenintervalls angenommen werden (u_{2s}).

8.3 Unsicherheit der Messergebnisse

Bei der Ermittlung der Unsicherheiten sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Messunsicherheiten durch Einflüsse am Messort;
- Messunsicherheiten durch Ablesung;
- Messunsicherheit des Mittelwertes (bei schwankender Messgröße);
- Fehler der Messgeräteanzeige (Messgerätefehler);
- Messunsicherheiten der Stoffwerte, z. B. der Dichte und
- Unsicherheiten bei der Umrechnung.

Die Unsicherheit der primär gemessenen Größen setzt sich aus den ersten vier genannten Messunsicherheitsquellen zusammen. In den einzelnen Abschnitten dieser Norm sind Anhaltswerte für die zu erwartenden Unsicherheiten der Messgrößen aufgeführt. Die Unsicherheiten sollten möglichst schon vor den Messungen abgeschätzt, berechnet und in den Protokollen angegeben werden.

Aufgrund des Fehlerfortpflanzungsgesetzes lässt sich die Gesamtunsicherheit aus den Unsicherheiten der einzelnen Messgrößen wie folgt ermitteln:

Wird das Messergebnis x aus der Summe oder der Differenz mehrerer Einzelmessgrößen x_i gebildet, z. B.:

$$x = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_i \quad (3)$$

so errechnet sich die Gesamtunsicherheit u_y aus der Gleichung:

$$u_y = \pm \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + \dots + u_i^2} \quad (4)$$

Dabei ist u_i die Einzelunsicherheit (Vertrauensgrenze).

Wird das Messergebnis x aus dem Produkt oder Quotienten mehrerer Einzelmessgrößen x_i gebildet, z. B.:

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

so wird zweckmäßigerweise mit der relativen Unsicherheit:

$$\tau = \frac{u}{x} \quad (6)$$

gerechnet.

Damit ergibt sich die Gesamtunsicherheit zu:

$$\tau_y = \pm \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2 + \tau_3^2} \quad (7)$$

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

$$x = \frac{x_1^2 \cdot \sqrt{x_2}}{x_3}, \quad (8)$$

so errechnet sich die Gesamtunsicherheit nach der Gleichung:

$$\tau_y = \pm \sqrt{(2\tau_1)^2 + \left(\frac{1}{2}\tau_2\right)^2 + \tau_3^2} \quad (9)$$

8.4 Berechnung der Fehler der Messeinrichtung

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

Die Fehlergrenzen (Vertrauensgrenzen) für die einzelnen Messeinrichtungen werden daher wie folgt ermittelt:

- nach den Messregeln für bestimmte Einzelmessungen (z. B. Durchflussmessungen);
- aus den bekannten Fehlergrenzen (Genauigkeitsklassen) von Messgeräten, falls keine Kalibrierung der Messeinrichtung vorliegt;
- bei kalibrierten Messgeräten aus der festgesetzten Genauigkeit der Prüfung und
- nach allgemeiner messtechnischer Erfahrung.

Ein Beispiel für die Unsicherheiten von Messungen ist in Anhang H angegeben.

9 Prüfberichte

9.1 Allgemeines

Bei der Übergabe der Anlage muss ein vollständiger Bericht nach Unterabschnitt 9.2 ausgehändigt werden.

In einigen Fällen, wenn Zweifel hinsichtlich der ordnungsgemäßen Funktion der Anlage bestehen, müssen jedoch nach der Übergabe noch Sondermessungen 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 9.2 beschriebenen Übergabebericht erstellt werden, wobei auf einige Teile der Inspektionen und Messungen verzichtet werden darf.

9.2 Übergabebericht

Der Übergabebericht muss sich wie folgt zusammensetzen:

- allgemeiner Teil;
- Inspektionsbericht zur Vollständigkeitsprüfung (siehe 9.3);
- Inspektionsbericht zur Funktionsprüfung (siehe 9.4);

- Bericht zu den Messergebnissen der Funktionsprüfungen (siehe 9.5);
- Bericht zu den Sondermessungen (siehe 9.6);
- Zusammenfassung der Prüfergebnisse.

Jeder Teil der Prüfung bzw. Inspektion (9.3 bis 9.6) ist deutlich zu benennen und muss mindestens folgende Angaben enthalten:

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

Der allgemeine Teil muss mindestens die folgenden Informationen enthalten:

- Beschreibung des Gebäudes und der Anlage;
- vereinbarte Spezifikationen;
- Überblick über den vereinbarten Prüfumfang:
 - vorgeschriebene Prüfungen;
 - Liste der vereinbarten zusätzlichen Funktions- und Sonderprüfungen;
- 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 Planungsdaten ist in ihrem Ausmaß zu dokumentieren und ein Korrekturzeitraum anzugeben.

9.3 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 Beurteilung der Vollständigkeit der Begleitdokumentation enthalten (z. B. für Betrieb und Instandhaltung).

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

9.4 Inspektionsbericht zur Funktionsprüfung

Der Inspektionsbericht muss die Ergebnisse und eine Beurteilung 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).

9.5 Prüfbericht zu Funktionsmessungen

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).

Beispiele für Messprotokolle zum Luftvolumenstrom sind in Anhang I angegeben.

9.6 Prüfbericht zu Sondermessungen

Der Prüfbericht zu den Sondermessungen muss dieselben Informationen enthalten wie der Prüfbericht zu den Funktionsmessungen, siehe 9.5. Er muss die vereinbarten Messungen, Sollwerte und zulässigen Abweichungen angeben.