

DIN EN 308



ICS 27.060.30

Entwurf

Einsprüche bis 2020-07-15
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 308:1997-06

**Wärmeaustauscher –
Prüfverfahren zur Bestimmung der Leistungskriterien von Luft/Luft- und
Luft/Abgas-Wärmerückgewinnungsanlagen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 308:2020**

Heat exchangers –

Test procedures for establishing performance of air to air and flue gases heat recovery devices;

German and English version prEN 308:2020

Echangeurs thermiques –

Procédures d'essai pour la détermination de la performance des récupérateurs de chaleur air/air et air/gaz;

Version allemande et anglaise prEN 308:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-05-15 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm 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 bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fnkae@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Kältetechnik (FNKä), 10772 Berlin oder Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

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

Gesamtumfang 169 Seiten

DIN-Normenausschuss Kältetechnik (FNKä)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 308:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 110 „Wärmeübertrager“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche/nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 044-00-11 AA „Kälte-Apparate“ im DIN-Normenausschuss Kältetechnik (FNKä).

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) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 308:1997-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Geltungsbereich: Rauchgas-Wärmerückgewinnungsgeräte sind nicht mehr enthalten;
- b) zusätzlich zu den Labortests von Wärmerückgewinnungskomponenten (HRC) werden Laborprüfungen für in Lüftungsgeräte eingebaute HRC und Vor-Ort-Prüfungen von HRC definiert;
- c) es werden verschiedene Präzisionsklassen für Tests definiert;
- d) die Leckageprüfung wurde verfeinert; das Ablufttransferverhältnis (EATR) und der Außenluftkorrekturfaktor (OACF) sind implementiert;
- e) die Korrektur des sensiblen und latenten Wirkungsgrades aufgrund von Leckagen und schlechter Wärmebilanz ist implementiert;
- f) mehrere Begriffe und Definitionen werden geändert, z. B. Kategorien von Wärmerückgewinnungskomponenten;
- g) redaktionelle Überarbeitung der Norm.

Wärmeaustauscher — Prüfverfahren zur Bestimmung der Leistungskriterien von Luft/Luft- und Luft/Abgas- Wärmerückgewinnungsanlagen

*Echangeurs thermiques — Procédures d'essai pour la détermination de la performance des récupérateurs de chaleur
air/air et air/gaz*

Heat exchangers — Test procedures for establishing performance of air to air and flue gases heat recovery devices

ICS:

Deskriptoren

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

STD Version 2.10b

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	9
3.1 Luftkategorien	9
3.2 Thermische Leistungseigenschaften	10
3.3 Leckage und Massenstrom	14
3.4 Druck	17
3.5 Allgemeine Begriffe und Definitionen	18
3.6 Kategorien von Wärmerückgewinnungskomponenten	19
3.7 Prüfarten	21
3.8 Messunsicherheit	23
3.8.1 Angabe der Unsicherheit	23
4 Symbole und Abkürzungen	24
4.1 Symbole	24
4.2 Indizes	26
4.3 Abkürzungen	27
5 Prüfanforderungen	27
5.1 Spezifikation der HRC	27
5.2 Genauigkeitsklassen	28
5.3 Messgeräte	29
5.3.1 Unsicherheit von Sonden und Messinstrumenten	29
5.3.2 Temperaturmessebene	30
5.3.3 Messung des Druckabfalls und der Druckdifferenzen	32
5.3.4 Bestimmung des Luftvolumenstroms	32
5.4 Prüfung im Labor	33
5.4.1 Allgemeines	33
5.4.2 Atmosphärischer Druck	33
5.4.3 Umgebungsbedingungen	34
5.4.4 Prüfgehäuse	34
5.5 Leckagen	36
5.5.1 Allgemeines	36
5.5.2 Prüfung der Innenleckage	36
5.6 Spezifische HRC-Kategorien	36
5.6.1 Kategorie HRC2a	36
6 Prüfverfahren	37
6.1 Allgemeines	37
6.1.1 Überblick	37
6.1.2 Dichtheitsprüfung	37
6.1.3 Druckabfallprüfung	40
6.1.4 Bedingungen für Leckage- und Druckabfallmessungen	40
6.1.5 Prüfung des Wirkungsgrads	41
6.1.6 Berechnung des Wirkungsgrads	47
6.2 Prüfstufe A	50

6.2.1	Vorbereitung der HRC.....	50
6.2.2	Dichtheitsprüfung	50
6.2.3	Druckabfallprüfungen	52
6.2.4	Prüfung des Wirkungsgrads.....	53
6.2.5	Berechnung des Wirkungsgrads.....	53
6.3	Prüfart B.....	53
6.3.1	Einstellung des AHU	53
6.3.2	Einstellung des Bemessungsbetriebspunkts.....	54
6.3.3	Dichtheitsprüfung	55
6.3.4	Druckabfallprüfung	57
6.3.5	Prüfung des Wirkungsgrads.....	57
6.3.6	Berechnung des Wirkungsgrads.....	57
6.4	Prüfart C.....	57
6.4.1	Vorbereitung der HRC.....	57
6.4.2	Dichtheitsprüfung	57
6.4.3	Prüfungen des Wirkungsgrads.....	58
6.4.4	Druckabfallprüfung	58
7	Prüfergebnisse	59
7.1	Beschreibung des Konzepts, der Geometrie und der Merkmale der HRC.....	59
7.1.1	Allgemeines	59
7.1.2	Eintrittsgeschwindigkeit der Luft	59
7.1.3	Plattenwärmeaustauscher	59
7.1.4	Rotations-HRC.....	59
7.1.5	HRC mit intermediärem Wärmeübertragungsmedium	60
7.1.6	Andere Konstruktionen	60
7.2	Leckage.....	60
7.3	Wirkungsgrad	61
7.3.1	Temperatur- und Feuchtwirkungsgrad	61
7.3.2	Stromaufnahme und Geschwindigkeit	61
7.3.3	Wärmebilanz und Genauigkeitsklasse	61
7.4	Druckabfall	61
7.5	Sonstige Angaben	61
7.6	Angabe von Werten und Genauigkeit	62
7.7	Prüfbericht.....	63
Anhang A (informativ)	Prüfeinrichtung.....	64
A.1	Statische Druckmessung für die Prüfart A.....	64
A.2	Temperaturmessebene	65
A.2.1	Positionierung der Sonden	65
A.2.2	Benachbarte Sonden	65
A.3	Prüfgehäuse.....	66
A.3.1	Ideale Prüfgehäuse	66
A.3.2	Prüfgehäuse für Plattenwärmeaustauscher.....	66
A.3.3	Prüfgehäuse für Rotationswärmeaustauscher.....	67
A.3.4	Alternative Prüfgehäuse für Querstromplattenaustauscher	68
A.3.5	Alternative Prüfgehäuse für Rotationswärmeaustauscher	69
Anhang B (informativ)	Abweichung verschiedener Feuchtedefinitionen	71
Anhang C (normativ)	Messunsicherheit	72
C.1	Allgemeines	72
C.2	Einfluss des Prüfaufbaus.....	72
C.3	Unsicherheit der Temperaturmessung.....	73
C.4	Korrelationen	74
C.5	Messunsicherheit des Temperaturwirkungsgrads eines Gegenstrom- Wärmeaustauschers.....	74

Anhang D (informativ) Schätzung des EATR	77
D.1 Anwendung der Schätzung.....	77
D.2 Schätzung des EATR durch Temperaturmessung.....	77
D.2.1 Allgemeines	77
D.2.2 Prüfverfahren	77
D.3 Schätzung des EATR durch die Druckdifferenz um das Drehrad.....	77
Anhang E (normativ) Vereinfachter Prüfaufbau für die statische Innenleckage.....	79
Anhang F (informativ) Alternatives OACF-Messverfahren	80
F.1 Hintergrund.....	80
F.2 Verfahren.....	80
Anhang G (informativ) Übersichten der Prüfverfahren	82
G.1 Hinweise zu den Übersichten.....	82
G.2 Übersicht der Prüfmethode A	83
G.3 Übersicht der Prüfmethode B	84
G.4 Übersicht der Prüfmethode C.....	85
Literaturhinweise.....	86

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 308:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 110 „Wärmeübertrager“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 308:1997 ersetzen.

Gegenüber EN 308:1997 enthält diese Ausgabe die folgenden maßgeblichen technischen Änderungen:

- Anwendungsbereich: Abgaswärmerückgewinnungsgeräte sind nicht mehr enthalten;
- neben Laborprüfungen von Wärmerückgewinnungskomponenten (HRC) werden Laborprüfungen für in Luftbehandlungsgeräten eingebaute HRC und Vor-Ort-HRC-Prüfungen festgelegt;
- es werden verschiedene Genauigkeitsklassen für Prüfungen festgelegt;
- Dichtheitsprüfungen wurden verfeinert. Das Fortluftübertragungsverhältnis (EATR) und der Außenluftkorrekturfaktor (OACF) werden implementiert;
- die Korrektur des sensiblen und latenten Wirkungsgrads durch Leckagen und schlechte Wärmebilanz wird implementiert;
- mehrere Begriffe wurden geändert, z. B. Kategorien von Wärmerückgewinnungskomponenten.

EN 13053 verweist auf EN 308 hinsichtlich des Prüfaufbaus und des Prüfverfahrens. EN 13053 ist eine mit der Verordnung (EU) 12353/2014 [6] der Kommission harmonisierte Norm.

Einleitung

Dieses Dokument legt Verfahren zur Leistungsprüfung von Luft-Luft-Wärmerückgewinnungskomponenten (HRC) in Belüftungssystemen fest. Dieses Dokument enthält keine Angaben über Luftbehandlungsgeräte, Leitungsnetze und Luftverteilungskomponenten, die von anderen Europäischen Normen abgedeckt sind.

Das Dokument gilt für Labor- und Vor-Ort-Prüfungen. Darüber hinaus gilt das Dokument für verschiedene Prüfzwecke wie etwa beispielsweise die Produktzertifizierung, die Abnahme installierter Produkte, Marktforschung oder Qualitätsprüfungen von Herstellern. Diese verschiedenen Anwendungen erfordern nicht die gleiche Genauigkeit der Messergebnisse. Aus diesem Grund werden verschiedene Genauigkeitsklassen festgelegt. Tabelle 1 enthält informative Beispiele für die Anwendung der verschiedenen Prüffarten und Genauigkeitsklassen. Für Produkte und Installationen mit geringer Qualität und/oder vereinfachte Prüfungen kann eine „nicht klassifizierte“ Genauigkeitsklasse für alle Prüffarten bestehen.

Tabelle 1 — Beispiele für die Anwendung der verschiedenen Prüffarten und Genauigkeitsklassen

Prüffart	Beispiele für die Anwendung von Genauigkeitsklassen			
	Genauigkeitsklasse P1 (Hohe Genauigkeit)	Genauigkeitsklasse P2 (Mittlere Genauigkeit)	Genauigkeitsklasse P3 (Geringe Genauigkeit)	nicht klassifiziert
Prüffart A In einem Prüfgehäuse oder HRC-Abschnitt installierte HRC Geprüft im Labor	— Zertifizierung von Produkten — Qualitäts- prüfungen vor der Markt- einführung	— interne Prüfungen z. B. für Forschung und Entwicklung	— besondere Prüfpunkte unter extremen Bedingungen — Funktions- prüfung	— nicht bestim- mungs- gemäßer Gebrauch
Prüffart B In einem Luftbehandlungsgerät ^a installierte HRC Geprüft im Labor	— Prüfung unter idealen Bedingungen mit Produkten in hoher Qualität	— Zertifizierung von Produkten — Qualitäts- prüfungen vor der Markteinführung	— interne Prüfungen z. B. für Forschung und Entwicklung — Funktions- prüfung	— nicht bestim- mungs- gemäßer Gebrauch
Prüffart C In einem Luftbehandlungsgerät ^a oder in einem Leitungsnetz eines installierten Belüftungssystems installierte HRC Prüfung vor Ort	— nicht bestimmungs- gemäßer Gebrauch, aber möglich unter idealen Bedingungen mit Produkten in hoher Qualität und laborähnlichem Prüfgerät	— Prüfung unter idealen Bedingungen in realen Systemen	— typische Prüf- bedingungen in realen Systemen	— Funktions- prüfung
^a die HRC wird in einem AHU (Luftbehandlungsgerät) von dessen Hersteller installiert.				

Kunden und Hersteller können die angestrebte Genauigkeitsklasse für die Prüfung ihrer Produkte selbst festlegen, müssen jedoch berücksichtigen, dass die verfügbare Genauigkeitsklasse von den Prüfbedingungen, der HRC selbst, der Messeinrichtung und den Umgebungsbedingungen abhängt.

Dieses Dokument ist Bestandteil der Europäischen Normenreihe für Wärmeaustauscher.

ANMERKUNG 1 Prüfverfahren für Wohnungslüftungsgeräte (RVU) werden in EN 13141-7 und EN 13141-8 behandelt.

ANMERKUNG 2 EN 13053 behandelt Nichtwohnraumlüftungsgeräte (NRVU) und insbesondere Luftbehandlungsgeräte (AHU). Für die Prüfung der Wärmerückgewinnung verweist EN 13053 auf EN 308.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Verfahren für die Prüfung von Luft-Luft-Wärmerückgewinnungskomponenten (HRC) fest. Der Hauptzweck der HRC besteht in dem Wärmeaustausch zwischen Fortluft und Zuluft, um Energie zu sparen. Dies führt zu

- Vorerwärmung oder Erwärmung und/oder
- Vorkühlung oder Kühlung von

Zuluft in Belüftungssystemen oder Klimaanlage. Optional kann die HRC Luftfeuchtigkeit zwischen Fortluft und Zuluft austauschen. Die HRC enthält die Wärmeaustauscher und alle notwendigen Funktionen und Hilfsgeräte für den Austausch sensibler Wärme und (sofern verfügbar) Luftfeuchtigkeit zwischen Fortluft und Zuluft. Die HRC wird in Gehäusen oder Kanälen installiert. Wenn Ventilatoren Teil des Prüfgeräts sind, wird die Auswirkung der Ventilatorenleistung auf die Messwerte korrigiert.

Dieses Dokument legt Verfahren und Eingangskriterien für Prüfungen zur Bestimmung der Leistung einer HRC bei einer oder mehreren Prüfbedingungen fest, jeweils mit kontinuierlichen oder stationären Luftströmen, Lufttemperaturen und Feuchtwerten an beiden Eingangsseiten. Drei verschiedene Prüfarten werden behandelt:

- Prüffart A, Laborprüfung von in Prüfgehäusen (A1) oder HRC-Abschnitten (A.2) installierten HRC;
- Prüffart B, Laborprüfung von in Nichtwohnungsbelüftungsgeräten¹ in Bemessungskonfiguration installierten HRC;
- Prüffart C, Vor-Ort-Prüfung (Feldprüfung) von HRC in Nichtwohnungsbelüftungsgeräten (C1) oder HRC-Abschnitten (C2) in Betriebskonfiguration.

Dieses Dokument gilt für Rekuperatoren, Regeneratoren und HRC mit intermediärem Wärmeübertragungsmedium.

Dieses Dokument schreibt Prüfverfahren für die Bestimmung:

- 1) des Temperatur- und Feuchtwirkungsgrads;
- 2) des Druckabfalls auf der Fortluft- und Zuluftseite;
- 3) möglicher Innenleckage, des Fortluftübertragungsverhältnisses (EATR) und des Außenluftkorrekturfaktors (OACF);
- 4) von Außenleckage und
- 5) der für den Betrieb der HRC verwendeten Hilfsenergie vor.

HRC, die Wärmepumpe verwenden, werden in diesem Dokument nicht behandelt.

1 Definition gemäß Verordnung der Kommission (EU) Nr. 1253/2014 [6]

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 1886, *Lüftung von Gebäuden — Zentrale raumlufttechnische Geräte — Mechanische Eigenschaften und Messverfahren*

EN 13053:2019, *Lüftung von Gebäuden — Zentrale raumlufttechnische Geräte — Leistungskenndaten für Geräte, Komponenten und Baueinheiten*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

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

3.1 Luftkategorien

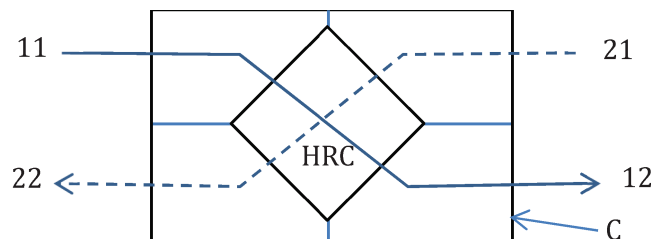
3.1.1

Einströmöffnung für Fortluft

aus der Anwendung abzuführende Luft, bevor diese in die HRC eindringt

Anmerkung 1 zum Begriff: In Lüftungssystemen wird diese Luft üblicherweise Abluft genannt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1.



Legende

- 11 Einströmöffnung für Fortluft
- 12 Ausströmöffnung für Fortluft
- 21 Einströmöffnung für Zuluft
- 22 Ausströmöffnung für Zuluft
- HRC Wärmerückgewinnungskomponente
- C Gehäuse

ANMERKUNG Bild 1 zeigt die Festlegung der Luftstromkategorien in Wärmerückgewinnungskomponenten (HRC).

Bild 1 — Luftkategorien

3.1.2

Ausströmöffnung für Fortluft

Luft im Abzugszustand, vorgesehen für die Rückgabe an die Umgebung nach Verlassen der HRC

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.1.3

Einströmöffnung für Zuluft

für die Anwendung vorgesehene Luft, bevor diese in die HRC eindringt

Anmerkung 1 zum Begriff: In Lüftungssystemen wird diese Luft üblicherweise Außenluft genannt. Manchmal stammt die Luft nicht direkt aus dem Außenbereich (vorerwärmter Raum, Bodenwärmeaustauscher usw.).

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.1.4

Ausströmöffnung für Zuluft

für die Anwendung vorgesehene Luft, nachdem diese die HRC verlassen hat

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.2 Thermische Leistungseigenschaften

3.2.1

Temperaturwirkungsgrad

$\eta_{t,efy}$

Übertragung sensibler Wärme von der Fortluft in die Zuluft mit Korrektur des Temperaturanstiegs der Ausströmöffnung für die Zuluft durch EATR und Korrektur im Fall einer schlechten Wärmebilanz

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Bestimmung entspricht 6.1.6.

Anmerkung 2 zum Begriff: Dieser Begriff ist zu verwenden, um die Leistungseigenschaft einer HRC für sensible Wärme zu beschreiben.

Anmerkung 3 zum Begriff: Festlegungen des Temperaturwirkungsgrads auf der Fortluftseite sind nicht enthalten. Wenn Daten zur Fortluftseite erforderlich sind, können die Bedingungen durch Wärme- und Massebilanzen unter Berücksichtigung der Leckage und des EATR berechnet werden.

Anmerkung 4 zum Begriff: Der Temperaturwirkungsgrad ist von dem Massenstrom und dem Massenstromverhältnis zwischen dem Zuluftstrom und dem Fortluftstrom abhängig.

3.2.2

Temperatur-Bruttowirkungsgrad

$\eta_{t,gro}$

Temperaturdifferenz auf der Zuluftseite geteilt durch die Temperaturdifferenz zwischen der Einströmöffnung für Fortluft und der Einströmöffnung für Zuluft

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Temperatur-Bruttowirkungsgrad wird wie in Gleichung (1) berechnet.

$$\eta_{t,gro} = \frac{\theta_{22} - \theta_{21}}{\theta_{11} - \theta_{21}} \quad (1)$$

Dabei ist

θ_{11} die Temperatur der Einströmöffnung für Fortluft in °C;

θ_{21} die Temperatur der Einströmöffnung für Zuluft in °C;

θ_{22} die Temperatur der Ausströmöffnung für Zuluft in °C.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Temperatur-Bruttowirkungsgrad berücksichtigt keine Innen- oder Außenleckagen oder Wärmedurchfluss durch das Gehäuse. Die Temperaturen θ_{11} , θ_{21} und θ_{22} können von den Messwerten abweichen, siehe 6.1.6.2.

Anmerkung 3 zum Begriff: In Verordnung (EU) 1253/2014 [6] wird dieselbe Gleichung verwendet. Hier lautet die Definition „thermischer Übertragungsgrad eines Nichtwohnraum-WRS ($\eta_{t,nrvu}$)“ und muss unter Trockenbezugsbedingungen mit ausgeglichenen Massenströmen berechnet werden, eine Lufttemperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenluft von 20 K ohne thermischen Wärmegewinn durch Ventilatormotoren und aus Innenleckagen.

3.2.3

Temperatur-Nettowirkungsgrad

$\eta_{t,net}$

Netto-Übertragung sensibler Wärme von der Fortluft in die Zuluft mit Korrektur der Temperaturveränderung der Ausströmöffnung für die Zuluft durch EATR

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Temperatur-Nettowirkungsgrad wird wie in Gleichung (2) berechnet.

$$\eta_{t,net} = \frac{\frac{\theta_{22} - EATR \times \theta_{11}}{1 - EATR} - \theta_{21}}{\theta_{11} - \theta_{21}} \quad (2)$$

Dabei ist

EATR das Fortluftübertragungsverhältnis;

θ_{11} die Temperatur der Einströmöffnung für die Fortluft in °C;

θ_{21} die Temperatur der Einströmöffnung für die Zuluft in °C;

θ_{22} die Temperatur der Ausströmöffnung für die Zuluft in °C.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Temperatur-Nettowirkungsgrad berücksichtigt keine Außenleckagen oder Wärmedurchfluss durch das Gehäuse. Die Temperaturen θ_{11} , θ_{21} und θ_{22} können von den Messwerten abweichen, siehe 6.1.6.2.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Temperatur-Nettowirkungsgrad muss berechnet werden, wenn das EATR bestimmt wird (siehe 5.5.2).

3.2.4

Temperatureffektivität

$\eta_{t,efs}$

Temperatur-Bruttowirkungsgrad multipliziert mit dem Verhältnis zwischen der Massenstromrate der Ausströmöffnung für die Zuluft und der minimalen Massenstromrate der Ausströmöffnung für die Zuluft oder der Einströmöffnung für die Fortluft

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Temperatureffektivität wird wie in Gleichung (3) berechnet.

$$\eta_{t,efs} = \frac{q_{m22} \times (\theta_{22} - \theta_{21})}{q_{m,min} \times (\theta_{11} - \theta_{21})} \quad (3)$$

Dabei ist

- q_{m22} die Massenstromrate der Ausströmöffnung für die Zuluft in kg/s;
- $q_{m,min}$ die minimale Massenstromrate der Ausströmöffnung für die Zuluft oder der Einströmöffnung für die Fortluft in kg/s
 $q_{m,min} = \min(q_{m22}, q_{m11})$;
- θ_{11} die Temperatur der Einströmöffnung für die Fortluft in °C;
- θ_{21} die Temperatur der Einströmöffnung für die Zuluft in °C;
- θ_{22} die Temperatur der Ausströmöffnung für die Zuluft in °C.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Temperatureffektivität beschreibt das Verhältnis der effektiven sensiblen Wärmeübertragung von der Fortluftseite zur Zuluftseite im Vergleich zur theoretisch möglichen sensiblen Wärmeübertragung.

3.2.5

Feuchtewirkungsgrad

$\eta_{x,efy}$

Übertragung latenter Wärme von der Fortluft in die Zuluft mit Korrektur der Feuchteänderung der Ausströmöffnung für die Zuluft durch EATR und Korrektur im Fall einer schlechten Wärmebilanz

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Feuchtewirkungsgrad wird nach 6.1.6 bestimmt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Festlegungen des Feuchtewirkungsgrads auf der Fortluftseite sind enthalten. Wenn Daten zur Fortluftseite erforderlich sind, können die Bedingungen durch Wärme- und Massebilanzen unter Berücksichtigung der Leckage und des EATR berechnet werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Feuchtewirkungsgrad ist von dem Massenstrom und dem Massenstromverhältnis zwischen dem Zuluftstrom und dem Fortluftstrom abhängig.

3.2.6

Feuchte-Bruttowirkungsgrad

η_x

absolute Feuchtedifferenz auf der Zuluftseite geteilt durch die absolute Feuchtedifferenz zwischen der Einströmöffnung für Fortluft und der Einströmöffnung für Zuluft

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Feuchte-Bruttowirkungsgrad wird wie in Gleichung (4) berechnet.

$$\eta_{x,gro} = \frac{x_{22} - x_{21}}{x_{11} - x_{21}} \quad (4)$$

Dabei ist

x_{11} die absolute Feuchte der Einströmöffnung für die Fortluft in g/kg;

x_{21} die absolute Feuchte der Einströmöffnung für die Zuluft in g/kg;

x_{22} die absolute Feuchte der Ausströmöffnung für die Zuluft in g/kg.

Anmerkung 2 zum Begriff: Festlegungen des Feuchtwirkungsgrads auf der Fortluftseite sind nicht enthalten. Wenn Daten zur Fortluftseite erforderlich sind, können die Bedingungen durch Massebilanzen unter Berücksichtigung der Leckage berechnet werden.

3.2.7

Feuchte-Nettowirkungsgrad

$\eta_{x,net}$

Netto-Übertragung latenter Wärme von der Fortluft in die Zuluft mit Korrektur der Feuchteveränderung der Ausströmöffnung für die Zuluft durch EATR

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Feuchte-Nettowirkungsgrad wird wie in Gleichung (5) berechnet.

$$\eta_{x,net} = \frac{\frac{x_{22} - EATR \times x_{11}}{1 - EATR} - x_{21}}{x_{11} - x_{21}} \quad (5)$$

Dabei ist

EATR das Fortluftübertragungsverhältnis;

x_{11} die absolute Feuchte der Einströmöffnung für die Fortluft in g/kg;

x_{21} die absolute Feuchte der Einströmöffnung für die Zuluft in g/kg;

x_{22} die absolute Feuchte der Ausströmöffnung für die Zuluft in g/kg.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Feuchte-Nettowirkungsgrad muss berechnet werden, wenn das EATR bestimmt wird (siehe 5.5.2).

3.2.8

Feuchte-Effektivität

$\eta_{x,efs}$

Feuchte-Wirkungsgrad multipliziert mit dem Verhältnis zwischen der trockenen Massenstromrate der Ausströmöffnung für die Zuluft und der minimalen trockenen Massenstromrate der Ausströmöffnung für die Zuluft oder der Einströmöffnung für die Fortluft

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Feuchte-Effektivität wird wie in Gleichung (6) berechnet.

$$\eta_{x,efs} = \frac{q_{m,dry22} \times (x_{22} - x_{21})}{q_{m,dry,min} \times (x_{11} - x_{21})} \quad (6)$$

Dabei ist

- $q_{m,dry22}$ die Massenstromrate der Einströmöffnung für die trockene Zuluft in kg/s;
- $q_{m,dry,min}$ die minimale trockene Massenstromrate der Ausströmöffnung für die Zuluft oder der Einströmöffnung für die Fortluft in kg/s
- $q_{m,min} = \min(q_{m,dry22}, q_{m,dry11});$
- x_{11} die absolute Feuchte der Einströmöffnung für die Fortluft in g/kg;
- x_{21} die absolute Feuchte der Einströmöffnung für die Zuluft in g/kg;
- x_{22} die absolute Feuchte der Ausströmöffnung für die Zuluft in g/kg.

3.3 Leckage und Massenstrom

3.3.1

Nennleckrate

Verhältnis der Leckage (Luftvolumenstrom) zum Nennluftvolumenstrom bei Normbedingungen

3.3.2

Außenleckage

q_{ve}

Leckage vom Gehäuse zu oder von der Umgebungsluft

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Außenleckage wird unter statischer Druckdifferenz gemessen. Für Berechnungen, die die Auswirkung der Außenleckage auf die Messunsicherheit berücksichtigen, muss die Außenleckage im Betriebsmodus üblicherweise durch Berechnung oder Schätzung bestimmt werden.

3.3.3

Innenleckage

q_{vi}

Überbegriff für die folgenden Definitionen:

- Prüfaufbauleckage;
- statische Innenleckage;
- dynamische Innenleckage.

3.3.4

Prüfaufbau-Innenleckage

$q_{vi,setup}$

Innenleckage des Prüfgehäuses für die Prüffart A1, gemessen mit statischer Druckdifferenz

3.3.5

statische Innenleckage

$q_{vi,stat}$

Innenleckage des geprüften Geräts, gemessen mit statischer Druckdifferenz

Anmerkung 1 zum Begriff: Die statische Innenleckage wird als Qualitätsindikator für eine HRC verwendet, wenn das EATR und der OACF nicht bestimmt sind. Dies betrifft Konstruktionen ohne oder mit nur geringen Leckagen wie etwa Plattenwärmeaustauscher.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die geprüfte Einheit wird durch die Prüfmethode definiert.

3.3.6

dynamische Innenleckage

Innenleckage der HRC, gemessen unter Betriebsbedingungen mit Luftstrom auf beiden Seiten

Anmerkung 1 zum Begriff: Die dynamische Innenleckage ist durch das EATR und den OACF gekennzeichnet. Das EATR und der OACF müssen als Paar unter identischen Bedingungen angegeben werden.

3.3.7

Fortluftübertragungsverhältnis

EATR

Übertragung von Fortluft in die Zuluftseite der HRC und ein Wert, der das Verhältnis zwischen Fortluft und Zuluft angibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Das EATR kann mit Prüfgas gemessen werden. Dieser Wert ist die Differenz der Prüfgaskonzentration zwischen der Ausströmöffnung für die Zuluft (C_{22}) und der Einströmöffnung für die Zuluft (C_{21}) geteilt durch die Differenz der Prüfgaskonzentration zwischen der Einströmöffnung für die Fortluft (C_{11}) und der Einströmöffnung für die Zuluft (C_{12}), angegeben als Prozentsatz.

$$EATR = \frac{C_{22} - C_{21}}{C_{11} - C_{21}} \quad (7)$$

Dabei ist

- C_{11} die Prüfgaskonzentration an der Einströmöffnung für Fortluft;
- C_{21} die Prüfgaskonzentration an der Einströmöffnung für Zuluft;
- C_{22} die Prüfgaskonzentration an der Ausströmöffnung für Zuluft.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Index gibt an, wie das EATR bestimmt oder gemessen wird:

- $EATR_{A1}$: Nach Prüfmethode A1;
- $EATR_{A2}$: Nach Prüfmethode A2;
- $EATR_B$: Nach Prüfmethode B;
- $EATR_C$: Nach Prüfmethode C.

Anmerkung 3 zum Begriff: Das EATR ist von der Druckdifferenz und den Luftströmen abhängig. Aus diesem Grund müssen die Prüfbedingungen, unter denen das EATR bestimmt wird, immer angegeben werden.

Anmerkung 4 zum Begriff: Verfahren für die Schätzung des EATR für die Prüfmethode C sind in Anhang D beschrieben.

3.3.8

Außenluftkorrekturfaktor

OACF

Verhältnis der eintretenden Zuluftmassenstromrate zur austretenden Zuluftmassenstromrate und Wert, der die Leckage zwischen den Luftströmen angibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Parameter kann als Korrekturfaktor für die Luftgebläse verwendet werden:

$$\text{OACF} = \frac{q_{m21}}{q_{m22}} \quad (8)$$

Dabei ist

q_{m21} die Massenstromrate der Einströmöffnung für die Zuluft;

q_{m22} die Massenstromrate der Ausströmöffnung für die Zuluft.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der OACF ist von der Druckdifferenz und den Luftströmen abhängig. Aus diesem Grund müssen die Prüfbedingungen, unter denen der OACF bestimmt wird, immer angegeben werden.

3.3.9

Massenstromrate der Einströmöffnung für die Fortluft

q_{m11}

Luftmassenstrom an der Einströmöffnung für die Fortluft

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies ist der Massenstrom, der die Anwendungsseite verlässt.

3.3.10

Massenstromrate der Einströmöffnung für die Zuluft

q_{m21}

Luftmassenstrom an der Einströmöffnung für die Zuluft

3.3.11

Massenstromrate der Ausströmöffnung für die Zuluft

q_{m22}

Luftmassenstrom an der Ausströmöffnung für die Zuluft

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies ist der Massenstrom, der in die Anwendungsseite eintritt.

3.3.12

Nenndurchfluss der Luft

$q_{m,n}$

Luftmassenstromrate als Grundlage für die Prüfung der angegebenen Werte und Prüfergebnisse, wenn keine anderen Definitionen angegeben oder festgelegt sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Wert wird an der Ausströmöffnung für die Zuluft ermittelt. Dies bedeutet

- für die Prüffart A1 unmittelbar hinter der HRC,
- für die Prüffart A2 und C2 an dem Kanalanschluss des HRC-Abschnitts und,
- für die Prüffart B und C1 an dem Kanalanschluss des AHU.

Anmerkung 2 zum Begriff: Sofern nicht durch andere Bezeichnungen gegeben, wird der Nenn-Luftmassenstrom für die Prüffart A wie folgt bestimmt:

$$q_{m,n} = v_d \times A_{f22} \times \varrho_{st} \quad (9)$$

Dabei ist

- v_d die von dem Hersteller angegebene Geschwindigkeit. In Ermangelung einer Angabe wird ein Standardwert von 2 m/s verwendet;
- A_{f22} die Frontfläche der Ausströmöffnung für Zuluft in m²;
- ϱ_{st} die Normluftdichte, 1,2 kg/m³.

Anmerkung 3 zum Begriff: Für die Prüffart B und C wird der Nenn-Luftmassenstrom von dem Hersteller des AHU angegeben.

3.4 Druck

3.4.1

Druckdifferenz 22–11

Δp_{22-11}

statische Druckdifferenz zwischen der Ausströmöffnung für die Zuluft und der Einströmöffnung für die Fortluft, gemessen in dem Gehäuse oder an anderen Anschlüssen mit derselben Querschnittsfläche auf beiden Seiten

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Druckdifferenz 22–11 wird wie in Gleichung (10) berechnet.

$$\Delta p_{22-11} = p_{22} - p_{11} \quad (10)$$

Dabei ist

- p_{11} der statische Druck an der Einströmöffnung für die Fortluft;
- p_{22} der statische Druck an der Ausströmöffnung für die Zuluft.

3.4.2

Druckabfall

Δp_{11-12} , Δp_{21-22}

statischer Druckverlust zwischen der Einströmöffnung und der Ausströmöffnung einer HRC, gemessen in dem Gehäuse oder an anderen Anschlüssen mit derselben Querschnittsfläche auf beiden Seiten

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Druckabfall wird wie in Gleichung (11) und Gleichung (12) berechnet.

$$\Delta p_{11-12} = p_{11} - p_{12} \quad (11)$$

$$\Delta p_{21-22} = p_{21} - p_{22} \quad (12)$$

Dabei ist

p_{11} der Druck an der Einströmöffnung für die Fortluft;

p_{12} der Druck an der Ausströmöffnung für die Fortluft;

p_{21} der Druck an der Einströmöffnung für die Zuluft;

p_{22} der Druck an der Ausströmöffnung für die Zuluft.

3.4.3

externe statische Druckdifferenz

$\Delta p_{s,ext}$

Differenz zwischen dem statischen Druck am Austritt und dem statischen Druck am Eintritt des RLT-Gerätes

[QUELLE: EN 13053]

3.4.4

statische Innenleakage-Massenstromrate

$q_{m,il,stat}$

Leakage verursacht durch eine statische Druckdifferenz zwischen Fortluft- und Zuluftseite

Anmerkung 1 zum Begriff: Gemessen durch Verschließen aller Kanäle der HRC oder des HRC-Abschnitts.

3.5 Allgemeine Begriffe und Definitionen

3.5.1

Normluftbedingungen

bezieht sich auf Luft mit einer Temperatur von 20 °C und einem atmosphärischen Luftdruck von 101 325 Pa

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Luftdichte bei Normbedingungen und einer relativen Feuchte von 65 % beträgt 1,20 kg/m³.

3.5.2

Frontfläche

A_{f22}

orthografische Projektion der Seite der Ausströmöffnung für die Zuluft der HRC, die von der Zuluft berührt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Frontfläche der HRC ist von der HRC-Kategorie und der Konstruktion abhängig.

3.6 Kategorien von Wärmerückgewinnungskomponenten

3.6.1

Wärmerückgewinnungskomponente

HRC

Wärmeaustauscher oder Kombinationen von Wärmeaustauschern, der/die Wärme und in einigen Fällen Feuchte zwischen dem Fortluft- und Zuluftstrom in Abhängigkeit von der Differenz der Temperatur- und Feuchtwerte überträgt/übertragen und der/die allgemein in Gehäusen oder Luftkanälen installiert ist/sind

Anmerkung 1 zum Begriff: HRC sind in drei Kategorien und zusätzliche Unterkategorien unterteilt. Der Code für die Klassifizierung wird in Übereinstimmung mit Tabelle 2 mit einer Zahl und gegebenenfalls mit einem Buchstaben, der für das Konstruktionsprinzip der HRC steht, definiert.

Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1.

Tabelle 2 — Kategoriecode für das Prinzip der HRC

Kategorie	Name	Ausführliche Beschreibung in
HRC1	Rekuperative HRC (allgemein)	3.6.2
HRC1a	Feuchtigkeitsundurchlässige rekuperative HRC	3.6.2.1
HRC1x	Feuchtigkeitsdurchlässige rekuperative HRC	3.6.2.2
HRC2	HRC mit intermediärem Wärmeübertragungsmedium (allgemein)	3.6.3
HRC2a	HRC mit intermediärem Wärmeübertragungsmedium ohne Phasenänderung (Kreislaufverbundsystem)	3.6.3.1
HRC2b	HRC mit intermediärem Wärmeübertragungsmedium mit Phasenänderung (Heizleitung)	3.6.3.2
HRC3	Regenerative HRC (allgemein)	3.6.4
HRC3a	Nichthygroskopisches Drehrad	3.6.4.2
HRC3x	Hygroskopisches Drehrad	3.6.4.3
HRC3b	HRC mit nichthygroskopischem stationärem Akkumulator	3.6.4.5
HRC3y	HRC mit hygroskopischem stationärem Akkumulator	3.6.4.6
Die Buchstaben <i>a</i> und <i>b</i> werden für Kategorien ohne vorgesehenen Feuchtigkeitsaustausch verwendet. Die Buchstaben <i>x</i> und <i>y</i> werden für Kategorien mit vorgesehenem Feuchtigkeitsaustausch verwendet.		

3.6.2

rekuperative HRC (allgemein)

Kategorie HRC1

Wärmetauscher, die ausgelegt sind, Energie von einem Luftstrom zu einem anderen Luftstrom ohne bewegliche Teile zu übertragen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Wärmeübertragungsflächen haben die Form von Platten oder Rohren. Die Ausführung dieser Wärmeaustauscher darf Parallelstrom, Querstrom, Gegenstrom oder eine Kombination dieser ermöglichen.

3.6.2.1

feuchtigkeitsundurchlässige rekuperative HRC

Kategorie HRC1a

Wärmetauscher der Kategorie HRC1, die nur für die Übertragung sensibler Wärme ausgelegt sind

3.6.2.2

feuchtigkeitsdurchlässige rekuperative HRC

Kategorie HRC1x

Wärmetauscher der Kategorie HRC1, die für die Übertragung sensibler Wärme und von Feuchtigkeit ausgelegt sind

3.6.3

HRC mit intermediärem Wärmeübertragungsmedium (allgemein)

Kategorie HRC2

Wärmetauscher in beiden Luftströmen, die durch Rohre oder Rohrleitungen verbunden sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Übertragungsmedium transportiert die sensible Energie von einem Wärmeaustauscher zu einem anderen Wärmeaustauscher. Die HRC enthält alle notwendigen Teile für den Wärmetransport.

3.6.3.1

HRC mit intermediärem Wärmeübertragungsmedium ohne Phasenänderung

Kategorie HRC2a

HRC der Kategorie HRC2, bei der eine Flüssigkeit als Wärmeübertragungsmedium verwendet wird und die die Rohrleitungen, die Pumpe und das Übertragungsmedium beinhaltet

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Kategorie wird üblicherweise als „Kreislaufverbundsystem“ oder abgekürzt „RAC“ bezeichnet.

3.6.3.2

HRC mit intermediärem Wärmeübertragungsmedium mit Phasenänderung

Kategorie HRC2b

HRC der Kategorie HRC2, in der das Übertragungsmedium in dem Wärmeaustauscher in dem warmen Luftstrom verdunstet und in dem Wärmeaustauscher in dem Kaltluftstrom kondensiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Kategorie wird üblicherweise als „Heizleitung“ bezeichnet. Wärmepumpen sind nicht in dieser Kategorie enthalten.

3.6.4

regenerative HRC (allgemein)

Kategorie HRC3

HRC, die für die Wärmeübertragung durch Akkumulationsmasse ausgelegt sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Masse wird in dem warmen Luftstrom erwärmt und in dem Kaltluftstrom abgekühlt. Beide Luftströme stehen in abwechselndem Kontakt zu einer gemeinsamen Oberfläche. Aufgrund der unterschiedlichen möglichen Mechanismen kann eine Übertragung von Feuchte oder anderen Substanzen von einem Luftstrom auf einen anderen Luftstrom stattfinden.

3.6.4.1

Drehrad

HRC der Kategorie HRC3 mit einer Akkumulationsmasse in Form eines drehenden Zylinders, der Wärmeübertragungsmaterial, einen Antriebsmechanismus, ein Gehäuse oder einen Rahmen und sämtliche Abdichtungen, die vorliegen, um die Umleitung und den Austritt von Luft von einem Luftstrom in einen anderen zu verzögern, beinhaltet

Anmerkung 1 zum Begriff: Drehräder werden manchmal auch „Rotationswärmeaustauscher“ oder „Wärmerad“ genannt.

3.6.4.2

nichthygroskopisches Drehrad

Kategorie HRC3a

Drehrad, das nicht für den Feuchteaustausch zwischen den beiden Luftströmen vorgesehen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Feuchteaustausch kann im Fall von Kondensation an der Oberfläche des Akkumulators auftreten.

3.6.4.3

hygroskopisches Drehrad

Kategorie HRC3x

Drehrad für den Feuchteaustausch zwischen den Luftströmen ohne Kondensation

3.6.4.4

HRC mit stationärem Akkumulator

HRC der Kategorie HRC3 mit einer stationären, bei der die Veränderung der Luftströme durch das gegenläufige Öffnen und Schließen von Dämpfern gesteuert wird und die Wärmeübertragungsmaterial, Dämpfer, einen Antriebsmechanismus für Dämpfer, ein Gehäuse oder einen Rahmen und sämtliche Abdichtungen, die vorliegen, um die Umleitung und den Austritt von Luft von einem Luftstrom in einen anderen zu verzögern, beinhaltet

Anmerkung 1 zum Begriff: Darüber hinaus umfasst das System Vorrichtungen für das Mischen und die Änderung der Richtung von Luftströmen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Entsprechend dem Anwendungsbereich ist nur die Prüfung von HRC mit stetigen Luftströmen von diesem Dokument umfasst.

3.6.4.5

HRC mit nichthygroskopischem stationärem Akkumulator

Kategorie HRC3b

stationärer Akkumulator, der nicht für den Feuchteaustausch zwischen den beiden Luftströmen vorgesehen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Feuchteaustausch kann im Fall von Kondensation an der Oberfläche des Akkumulators auftreten.

3.6.4.6

HRC mit hygroskopischem stationärem Akkumulator

Kategorie HRC3y

stationärer Akkumulator für den Feuchteaustausch zwischen den Luftströmen ohne Kondensation

3.7 Prüffarten

3.7.1

Prüfart A

Laborprüfung von HRC und HRC-Abschnitten

Prüfung im Labor

3.7.1.1

Prüfart A1

Laborprüfung von HRC

HRC ist in ein Prüfgehäuse integriert und wird im Labor gemessen

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Prüfgehäuse erfüllt die Anforderungen nach 5.4.4.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die HRC kann in Luftkanälen anstatt in einem Prüfgehäuse installiert werden. Das Prüfverfahren und die Prüfanforderungen sind identisch.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die HRC wird unter idealen Bedingungen geprüft. Diese Prüfmethode liefert Leistungsdaten für die HRC selbst ohne Einflüsse der Anwendung. Die Leistungsdaten sind beispielsweise eine zuverlässige Grundlage für einen allgemeinen Vergleich von Produkten oder die Validierung von Software der HRC-Hersteller.

3.7.1.2

Prüfart A2

Laborprüfung von HRC-Abschnitten

HRC ist in einem HRC-Abschnitt installiert, der aus der HRC und einem Gehäuse besteht, das für die Installation in einem AHU oder Kanälen vorgesehen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: In dem Abschnitt sind keine weiteren Komponenten installiert.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der HRC-Abschnitt wird dem Labor als Einheit geliefert. Der HRC-Abschnitt darf für kommerzielle Zwecke vorgesehen oder nur zu Prüfzwecken hergestellt worden sein. Die HRC kann in Luftkanälen anstatt in einem Gehäuse installiert werden. Das Prüfverfahren und die Prüfanforderungen sind identisch.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der HRC-Abschnitt ist der Prüfgegenstand. Der HRC-Abschnitt wird unter idealen Bedingungen geprüft. Das Labor ist nicht für das Gehäuse verantwortlich.

3.7.2

Prüfart B

Laborprüfung der HRC in einem AHU

Prüfung wird in einem Labor durchgeführt und die HRC wird in einem AHU installiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Luftstromraten werden an den Kanalanschlüssen des AHU bestimmt. Die Bedingungen der Eintrittsluft (11 und 21) werden ebenfalls am Kanalanschluss des AHU bestimmt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die HRC-Leistung wird unter Berücksichtigung der Installationsbedingungen in dem AHU und insbesondere der Durchflussbedingungen und Leckagen geprüft. Dennoch findet die Prüfung unter genormten Bedingungen und insbesondere gut definierten Luft- und Druckbedingungen an den Kanalanschlüssen des AHU statt.

3.7.3

Prüfart C

Vor-Ort-Prüfung der HRC

Prüfung wird nicht im Labor, sondern in einem realen Belüftungssystem durchgeführt, das beispielsweise in einem Gebäude installiert ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die HRC ist in einem AHU, einem HRC-Abschnitt oder in Luftkanälen installiert.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die HRC-Leistung wird unter Berücksichtigung der Installationsbedingungen in dem AHU oder in den Luftkanälen geprüft. Die Druckbedingungen werden durch die Gestaltung des Belüftungssystems bestimmt. Während der Prüfung sollten die Luftdurchflussraten und Luftbedingungen soweit wie möglich den Bemessungsbedingungen entsprechen.

3.7.3.1

Prüfart C1

Vor-Ort-Prüfung der HRC in einem AHU

HRC ist in dem AHU installiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Luftstromraten werden an den Kanalanschlüssen des AHU bestimmt. Die Bedingungen der Eintrittsluft (11 und 21) werden ebenfalls am Kanalanschluss des AHU bestimmt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Wenn kein Messzugang an den Kanalanschlüssen des AHU vorhanden ist, kann der HRC-Abschnitt nach Prüfart C2 geprüft werden.

3.7.3.2

Prüfart C2

Vor-Ort-Prüfung der HRC

HRC ist in Kanälen oder einem HRC-Abschnitt installiert, der nicht Teil eines AHU ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Luftstromraten werden an den Kanalanschlüssen des HRC-Abschnitts oder den Kanälen der HRC bestimmt. Die Bedingungen der Eintrittsluft (11 und 21) werden ebenfalls am Kanalanschluss des HRC-Abschnitts oder den Kanälen der HRC bestimmt.

3.8 Messunsicherheit

3.8.1 Angabe der Unsicherheit

3.8.1.1

Unsicherheit bei Messungen

dem Messergebnis zugeordneter Parameter, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die sinnvollerweise der Messgröße zugeordnet werden können

[QUELLE: JCGM 100:2008 [1]]

3.8.1.2

Standardunsicherheit

als Standardabweichung angegebene Unsicherheit eines Messergebnisses

[QUELLE: JCGM 100:2008 [1]]

3.8.1.3

kombinierte Standardunsicherheit

Standardunsicherheit des Messergebnisses, wenn das Ergebnis durch die Werte vieler anderer Mengen erhalten wird, gleich der positiven Quadratwurzel einer Summe von Ausdrücken, die Ausdrücke sind Varianzen oder Kovarianzen dieser anderen Mengen, die danach gewichtet werden, wie das Messergebnis durch Änderungen dieser Mengen variiert

[QUELLE: JCGM 100:2008 [1]]

3.8.1.4

erweiterte Unsicherheit

Menge, die ein Intervall definiert um das Ergebnis einer Messung herum, das erwartungsgemäß einen großen Anteil der Verteilung derjenigen Werte abdecken könnte, die mit angemessener Sicherheit der Messgröße zugeschrieben werden können

[QUELLE: JCGM 100:2008 [1]]

3.8.1.5

Erweiterungsfaktor

k

numerischer Faktor, der als Multiplikator der kombinierten Standardunsicherheit verwendet wird, um eine erweiterte Unsicherheit zu erhalten

Anmerkung 1 zum Begriff: In diesem Dokument beträgt der gewählte Erweiterungsfaktor 2. Dies entspricht einem Konfidenzniveau von etwa 95 %.

[QUELLE: JCGM 100:2008 [1], modifiziert – hinzugefügte Anmerkung 1]

3.8.2

Genauigkeitsklasse

Arten für die Genauigkeit der Prüfung sind nach Tabelle 3 festgelegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Messunsicherheiten sind als absolute Unsicherheit des Temperaturwirkungsgrads für Winterbedingungen oder den Feuchtewirkungsgrad zu verstehen.

Tabelle 3 — Genauigkeitsklassen

Leistungskriterien	Erweiterte Messunsicherheit des Wirkungsgrads der Genauigkeitsklasse			
	P1	P2	P3	nicht klassifiziert
Thermischer Wirkungsgrad	0,025	0,040	0,080	> 0,080
Feuchtewirkungsgrad	0,060	0,090	0,160	> 0,160

Anmerkung 2 zum Begriff: Die allgemeinen Bedingungen für die Erreichung dieser Unsicherheiten sind in 5.2 angegeben.

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Symbole

Für die Anwendung dieser Norm gelten die Symbole nach Tabelle 4.

Tabelle 4 — Symbole

Symbol	Größe	Einheit
A_f	Frontfläche	m^2
C	Prüfgaskonzentration	mol/l oder ppm
P_E	Stromaufnahme	W, kW
c_p	spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck	$J/(K \cdot kg)$
f_E	Umrechnungsfaktor, Strom in Wärme	–
h	spezifischer Wärmeinhalt	J/kg
k	Erweiterungsfaktor	–
k_{hb}	Korrektur des Wirkungsgrads aufgrund einer schlechten Wärmebilanz	–
n	Anzahl der Umdrehungen	s^{-1} oder U/min

Symbol	Größe	Einheit
p	Druck	Pa
p_{11}	Druck an der Einströmöffnung für die Fortluft	Pa
p_{12}	Druck an der Ausströmöffnung für die Fortluft	Pa
p_{21}	Druck an der Einströmöffnung für die Zuluft	Pa
p_{22}	Druck an der Ausströmöffnung für die Zuluft	Pa
q_{m11}	Massenstromrate der Einströmöffnung für die Fortluft	kg/s
q_{m22}	Massenstromrate der Ausströmöffnung für die Zuluft	kg/s
q_{mn}	Nennmassenstromrate	kg/s
q_{mEATR}	Massenstromrate EATR	kg/s
q_{ve}	äußerer Leckluftvolumenstrom	m ³ /s oder m ³ /h
$q_{vi,stat}$	statischer innerer Leckluftvolumenstrom	m ³ /s oder m ³ /h
r_w	spezifische Verdampfungsenthalpie von Wasser (2 500 kJ/(kg · K))	kJ/(kg · K)
v	Geschwindigkeit	m/s
v_d	angegebene Geschwindigkeit	m/s
x	absolute Feuchte	kg Wasser/kg Trockenluft
x_{11}	absolute Feuchte der Einströmöffnung für die Fortluft	kg Wasser/kg Trockenluft
x_{21}	absolute Feuchte der Einströmöffnung für die Zuluft	kg Wasser/kg Trockenluft
x_{22}	absolute Feuchte der Ausströmöffnung für die Zuluft	kg Wasser/kg Trockenluft
Δp_{11-12}	Druckabfall auf der Fortluftseite	Pa
Δp_{21-22}	Druckabfall auf der Zuluftseite	Pa
Δp_{22-11}	statische Druckdifferenz zwischen der Ausströmöffnung für die Zuluft und der Einströmöffnung für die Fortluft	Pa
$\Delta \theta$	Temperaturdifferenz	K
$\Delta \varphi$	Abweichung der Wärmebilanz	–
$\Delta \varphi_{lim}$	Toleranz der Wärmebilanz (Grenzwerte der relativen Wärmebilanz)	–
Φ	Wärmestrom	W, kW
$\eta_{t,efy}$	Temperaturwirkungsgrad	–
$\eta_{t,gro}$	Temperatur-Bruttowirkungsgrad	–
$\eta_{t,net}$	Temperatur-Nettowirkungsgrad	–

Symbol	Größe	Einheit
$\eta_{x,efy}$	Feuchtewirkungsgrad	–
$\eta_{x,gro}$	Feuchte-Bruttowirkungsgrad	–
$\eta_{x,net}$	Feuchte-Nettowirkungsgrad	–
θ	Temperatur	°C, K
θ_{11}	Temperatur der Einströmöffnung für die Fortluft	°C, K
θ_{12}	Temperatur der Ausströmöffnung für die Fortluft	°C, K
θ_{21}	Temperatur der Einströmöffnung für die Zuluft	°C, K
θ_{22}	Temperatur der Ausströmöffnung für die Zuluft	°C, K
ρ	Dichte	kg/m ³
ρ_{st}	normierte Luftdichte (1,20 kg/m ³)	kg/m ³

4.2 Indizes

- 0 Referenz
- 11 Einströmöffnung für die Fortluft (siehe Bild 1)
- 12 Ausströmöffnung für die Fortluft (siehe Bild 1)
- 21 Einströmöffnung für die Zuluft (siehe Bild 1)
- 22 Ausströmöffnung für die Zuluft (siehe Bild 1)
- A1 bestimmt oder gemessen nach Prüfmethode A1
- A2 bestimmt oder gemessen nach Prüfmethode A2
- B bestimmt oder gemessen nach Prüfmethode B
- C1 bestimmt oder gemessen nach Prüfmethode C1
- C2 bestimmt oder gemessen nach Prüfmethode C2
- E bezogen auf elektrische Energie
- Te bezogen auf Prüfbedingungen
- a Umgebung
- dp Taupunkt
- dry Trockenluft
- ext außen
- f Front

gro	brutto
int	innen
vi	bezogen auf die Innenleckage-Volumenstromrate
ve	bezogen auf die Außenleckage-Volumenstromrate
min	minimum
n	nominell
net	netto
st	bezogen auf die Normbedingung
w	Wasser
wb	Feuchtkugel

4.3 Abkürzungen

AHU	Luftbehandlungsgerät (en: Air Handling Unit)
EATR	Fortluftübertragungsverhältnis (en: Exhaust air transfer ratio)
HRC	Wärmerückgewinnungskomponente(n) (en: Heat Recovery Component(s))
OACF	Außenluftkorrekturfaktor (en: Outdoor air correction factor)

5 Prüfanforderungen

5.1 Spezifikation der HRC

Die folgenden Informationen werden vor der Durchführung der Prüfung benötigt:

- Spezifikation der HRC-Kategorie nach 3.3²;
- Spezifikation der gelieferten HRC, die eine eindeutige Identifizierung durch das Prüflabor ermöglicht;
- Für Prüffart A: Nennluftmassenstromrate, sofern nicht durch 3.3.12 gegeben;
- Für Prüffart A: Maximale Druckdifferenz 22-11 (positiv und negativ) zwischen der Zuluft- und Fortluftseite;
- Für Prüffart B und C: Relevante Bemessungsbetriebsbedingungen nach EN 13053 und mindestens Luftvolumenstrom und äußere statische Druckdifferenz bei Normbedingungen. Darüber hinaus kann die Druckdifferenz zwischen dem Umgebungsdruck und dem Außenlufteinlassabschnitt und auch die Druckdifferenz zwischen dem Umgebungsdruck und der Ausströmöffnung für die Fortluft definiert werden.

² Diese Spezifikation bestimmt, ob der Feuchtwirkungsgrad gemessen wird oder nicht. Dies betrifft die Messeinrichtung (siehe Tabelle 5), die Prüfpunkte und die Prüfbedingungen (siehe Tabelle 12 und Tabelle 13) sowie den Prüfbericht.

- Klare Bezeichnung der Einströmöffnung und Ausströmöffnung der Zuluft und der Fortluft (Anschluss von 11, 12, 21, und 22);
- Für die Kategorie HRC2a: Die geprüfte Einheit muss die Wärmeaustauscher auf beiden Luftstromseiten, die Rohrleitung, die Pumpe und die Flüssigkeit beinhalten. Die Pumpendrehzahl, der Massenstrom des intermediären Mediums, die Sole mit Art und Konzentration des Frostschutzmittels müssen definiert werden;
- Für die Kategorie HRC3a und HRC3x: Nenndrehzahlen und Drehrichtung des Rads oder Nennfrequenz des Dämpferwechsels;
- Für Kategorie HRC3a und HRC3x: Prüfung mit/ohne Spülabschnitt, Einstellung des Spülabschnitts;
- Angestrebte Genauigkeitsklasse für die Prüfung.

Die Anweisung für die Installation und den Betrieb der HRC ist dem Prüflabor zu übergeben. Diese muss die speziellen Einstellungen der Steuerungseinrichtung für das Prüfverfahren beinhalten.

5.2 Genauigkeitsklassen

Die Genauigkeitsklassen werden erreicht, wenn alle Anforderungen an die Unsicherheiten der einzelnen Größen und Prüfbedingungen nach Abschnitt 5 und Abschnitt 6 erfüllt werden.

Zusätzlich müssen die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

- Für die Bestimmung des Temperaturwirkungsgrads
 - $\eta_{t,gro} \leq 0,85$;
 - für P1 und P2: Standardprüfpunkt W1, W2 oder W3 nach Tabelle 12;
 - für P3: Temperaturdifferenz zwischen der Einströmöffnung für die Fortluft und der Einströmöffnung für die Zuluft von mindestens 13 K;
 - kein Einfrieren.
- Für die Bestimmung des Feuchtwirkungsgrads>
 - $\eta_{x,gro} \leq 0,85$;
 - für P1 und P2: Standardprüfpunkt W2 oder W3 nach Tabelle 12;
 - für P3: Differenz der absoluten Feuchte zwischen der Einströmöffnung für die Fortluft und der Einströmöffnung für die Zuluft von mindestens 6,0 g/kg;
 - weder Kondensation noch Einfrieren.

Für andere Bedingungen kann die Messunsicherheit durch individuelle Berechnung bestimmt werden. In diesem Fall sind die allgemeinen Grundsätze nach Anhang C zu berücksichtigen.

Für Wirkungsgrade von mehr als 0,85 muss die Unsicherheit separat berechnet oder die nächste Genauigkeitsklasse höherer Unsicherheit oder geringerer Genauigkeit (z. B. P2 anstelle von P1) muss angegeben werden.

5.3 Messgeräte

5.3.1 Unsicherheit von Sonden und Messinstrumenten

Die erforderlichen erweiterten Unsicherheiten für die Messung einzelner Größen für unterschiedliche Genauigkeitsklassen sind in Tabelle 5 angegeben. Diese Unsicherheiten sind als die Unsicherheiten der Messinstrumente oder der Messkette einer Größe zu verstehen.

Tabelle 5 — Erforderliche erweiterte Unsicherheiten für die Messung einzelner Größen für unterschiedliche Genauigkeitsklassen

Messgröße	Erforderliche erweiterte Unsicherheiten für die Messung einzelner Größen für die Genauigkeitsklasse		
	P1	P2	P3
Absolutdruck an Position 11 und 22 für die Bestimmung des Temperaturwirkungsgrads ^a	500 Pa	1 000 Pa	3 000 Pa oder Höhe über Meeresspiegel $\pm 20 \text{ m}^d$
Absolutdruck an Position 11 und 22 für die Bestimmung des Feuchtewirkungsgrads ^a	100 Pa	200 Pa	500 Pa
Trockenlufttemperatur	0,2 K	0,3 K	0,5 K
Feuchtkugeltemperatur ^b	0,3 K	0,4 K	0,6 K
Luftvolumenstromrate	3 % oder $3 \text{ m}^3/\text{h}^c$	5 % oder $5 \text{ m}^3/\text{h}^c$	10 % oder $10 \text{ m}^3/\text{h}^c$
Druckdifferenz für die Bestimmung des Druckabfalls einer HRC	1 % oder 2 Pa^c	2 % oder 4 Pa^c	3 % oder 10 Pa^c
Leckageluftstrom	5 % oder $0,1 \text{ m}^3/\text{h}^c$	10 % oder $0,2 \text{ m}^3/\text{h}^c$	20 % oder $0,5 \text{ m}^3/\text{h}^c$
Prüfgaskonzentration ^e			
C_{11}	$0,05 (C_{11} - C_{21})$	$0,10 (C_{11} - C_{21})$	$0,10 (C_{11} - C_{21})$
C_{21} und C_{22}	$0,006 (C_{11} - C_{21})$	$0,01 (C_{11} - C_{21})$	$0,02 (C_{11} - C_{21})$
Für die Kategorie HRC21: Durchfluss des flüssigen intermediären Mediums	3 %	5 %	10 %
Für die Kategorie HRC3: Umdrehungen des Rads oder Dämpferwechselfrequenz	3 %	5 %	10 %
Spannung	1 %	2 %	3 %
Stromaufnahme	2 % oder 1 W^c	3 % oder 2 W^c	5 % oder 3 W^c
^a Dies ist als kombinierte Unsicherheit zu verstehen, die die Unsicherheit des atmosphärischen Drucks (der Umgebung) und der Druckdifferenzen zwischen der Umgebung und dem Druck an der Position 11 oder 22 berücksichtigt. ^b Schätzungen der Unsicherheiten für andere Verfahren der Feuchtemessung sind in Anhang B angegeben. ^c Der größere der beiden Werte ist relevant. ^d Der atmosphärische Druck kann anhand der internationalen Normatmosphäre berechnet werden. ^e Nur für eine hohe Korrelation von C_{21} , C_{22} und C_{11} , d. h. insbesondere Messung mit demselben Instrument. Für Messungen mit unabhängigen Instrumenten muss die erweiterte Standardunsicherheit für jeden Wert um 30 % niedriger sein.			

5.3.2 Temperaturmessebene

Die Position der Messebene muss sicherstellen, dass die Veränderung der mittleren Lufttemperatur zwischen der Einströmöffnung und der Ausströmöffnung der geprüften Einheit und der gemessenen mittleren Temperatur nicht größer ist als in Tabelle 6 gefordert. Dies muss durch die Gestaltung des Prüfstands oder die Prüfkongfiguration sichergestellt werden.

ANMERKUNG Die relevante Einströmöffnung oder Ausströmöffnung der geprüften Einheit ist durch die Prüfmart vorgegeben.

In jedem der Luftströme (Kanäle oder Gehäuse des Prüfstands) zu oder von der HRC muss eine Temperaturmessebene angeordnet werden, um die mittlere Lufttemperatur zu messen.

Mindestens eine der folgenden beiden Anforderungen muss erfüllt werden:

- Gleichmäßige Temperaturverteilung: Die maximale Differenz der Mittelwerte der Sonde mit der höchsten Temperatur und der Sonde mit der niedrigsten Temperatur nach Tabelle 6;
- Ungleichmäßige Temperaturverteilung: Maximale Differenz der Mittelwerte nebeneinanderliegender Sonden in einer Messebene nach Tabelle 6. A.2 enthält Regeln und Beispiele für aneinandergrenzende Sonden.

Wenn das Kriterium für eine gleichmäßige Temperaturverteilung nicht erfüllt wird, muss die Anzahl der Sonden erhöht werden, bis das Kriterium für eine ungleichmäßige Temperaturverteilung erfüllt wird. Mehr als 20 Sonden sind jedoch nicht erforderlich.

Die Temperaturmessung darf nicht durch Strahlung, Kondensation oder Wärmeleitfähigkeit beeinflusst. Dies muss durch die Konstruktion der Messebenen, die Befestigung der Temperatursonden und die Wärmeisolierung sichergestellt werden.

Tabelle 6 — Anforderungen an Temperaturmessebenen für verschiedene Genauigkeitsklassen

Kriterium	Anforderungen an Temperaturmessebenen für verschiedene Genauigkeitsklassen		
	P1	P2	P3
Zulässige Veränderung der mittleren Lufttemperatur zwischen der Messebene und der Einströmöffnung des geprüften Geräts ^a	±0,10 K	±0,15 K	±0,20 K
Zulässige Veränderung der mittleren Lufttemperatur zwischen der Ausströmöffnung des geprüften Geräts und der Messebene ^a	±0,30 K	±0,50 K	±0,60 K
Gleichmäßige Temperaturverteilung: Die maximale Differenz der Mittelwerte der Sonde mit der höchsten Temperatur und der Sonde mit der niedrigsten Temperatur in einer Messebene	0,05 ($\theta_{22} - \theta_{21}$)	0,1 ($\theta_{22} - \theta_{21}$)	0,2 ($\theta_{22} - \theta_{21}$)
Ungleichmäßige Temperaturverteilung: Maximale Differenz der Mittelwerte nebeneinanderliegender Sonden in einer Messebene	0,03 ($\theta_{22} - \theta_{21}$)	0,05 ($\theta_{22} - \theta_{21}$)	0,1 ($\theta_{22} - \theta_{21}$)
Die Mindestanzahl der Temperaturmesspunkte (Sonden) in einer Messebene für eine gleichmäßige Temperaturverteilung			
— Durchmesser ≤ 125 mm oder eine Querschnittsfläche ≤ 0,012 m ²	3	3	3
— Durchmesser > 125 mm oder eine Querschnittsfläche > 0,012 m ²	5	5	5
^a Wenn Ventilator (eindeutig berechenbar oder messbar) oder andere Wärmeströme zwischen der Einströmöffnung/Ausströmöffnung der HRC und der Messebene eine höhere Temperaturveränderung als angegeben verursachen, muss der Einfluss dieser Wärmeströmung berücksichtigt und für die Bestimmung des Temperaturwirkungsgrads (siehe 6.1.6) korrigiert werden. Bei der Berechnung der Messunsicherheit muss berücksichtigt werden, dass diese Temperaturveränderung (oder die Unsicherheit dieser Temperaturveränderung) üblicherweise ein positives oder negatives Vorzeichen hat. Dies hängt von den Umgebungsbedingungen ab.			

Jeder Messpunkt muss die gleiche Flächengröße abdecken. Für rechteckige Querschnitte wird diese Fläche in Rechtecke mit gleicher Form und Größe unterteilt. Beispiele sind in A.2 angegeben.

In AHU unterscheidet sich die Querschnittsfläche der HRC oftmals vollständig von der Fläche des Gehäuses. Wenn die Messebene 22 oder 11 in dem Gehäuse platziert wird, sollte die Position der Messpunkte jedoch in Übereinstimmung mit der Form der HRC und nicht des Kanals oder Gehäuses gewählt werden, außer wenn die Messebene in einiger Entfernung von der HRC angeordnet ist.

Die Feuchte kann in derselben Ebene wie die Temperatur oder in einer anderen Ebene gemessen werden. Im Fall einer gleichmäßigen Temperaturverteilung in der Ebene der Feuchtemessung kann die Feuchte mit einer einzelnen Sonde gemessen werden. Im Fall einer ungleichmäßigen Temperaturverteilung muss die Anzahl der Feuchtesonden mindestens der Hälfte der Anzahl der Temperatursonden entsprechen. Alternativ kann die Luft an derselben Anzahl an Punkten durch ein Gitter beprobt und die Feuchte als Mittelwert gemessen werden.

5.3.3 Messung des Druckabfalls und der Druckdifferenzen

Für die Messung des Druckabfalls und der Druckdifferenz für die Genauigkeitsklasse P1 und P2 müssen Ringleitungen mit der folgenden Anzahl an Anschlusspunkten verwendet werden:

- Vollständiger Zugang zu allen 4 Seiten eines Gehäuses oder rund um einen Kanal: mindestens 4 Anschlusspunkte;
- Vollständiger Zugang zu 3 Seiten eines Gehäuses oder eines Kanals: mindestens 3 Anschlusspunkte.

ANMERKUNG EN 13053:2019, Anhang C, zeigt ein Verfahren für die Druckmessung in einem Gehäuse.

5.3.4 Bestimmung des Luftvolumenstroms

5.3.4.1 Gemessene Luftvolumenströme

Die Luftmassenstromraten aller vier Anschlüsse einer HRC müssen gemessen werden, sofern nicht die folgenden Anforderungen an die Leckage erfüllt werden:

- Wenn die Messung des OACF erforderlich ist: Die Messung des Luftstroms q_{m12} ist nicht erforderlich, wenn die Außenleckage nicht höher ist als die zulässige Außenleckage nach Tabelle 7 (die drei anderen Luftmassenstromraten müssen gemessen werden).
- Wenn die Messung des OACF nicht erforderlich ist: Die Messung des Luftstroms q_{m12} und q_{m21} ist nicht erforderlich, wenn die Außenleckage nicht höher ist als die zulässige Nenn-Außenleckagerate nach Tabelle 7 (die beiden anderen Luftmassenstromraten müssen gemessen werden).

Die Messung des OACF ist immer erforderlich, wenn die Messung des EATR erforderlich ist. Siehe 5.5.2.

Zusätzliche Ausnahme für Prüftart B und C:

- Wenn nur zwei Luftströme gemessen werden müssen und der Luftstrom q_{m22} nicht gemessen werden kann, kann stattdessen der Luftstrom q_{m21} gemessen werden. Das Gleiche gilt für den Luftstrom q_{m11} und den Luftstrom q_{m12} .
- Wenn nur drei Luftströme gemessen werden müssen und der Luftstrom q_{m22} oder q_{m12} oder q_{m21} nicht gemessen werden kann, kann stattdessen der Luftstrom q_{m12} gemessen werden.

Tabelle 7 — Zulässige Nenn-Außenleckagerate für das Auslassen einer oder zweier Luftstrommessungen

Größe	Anforderung an die Genauigkeitsklasse		
	P1	P2	P3
Zulässige Nenn-Außenleckagerate	2 %	3 %	5 %

5.3.4.2 Ungemessene Luftvolumenströme

Für die Berechnung der Energiebilanz von HRC mit Feuchteübertragung werden die Luftmassenstromraten aller vier Anschlüsse benötigt.

Wenn nur zwei Luftströme gemessen werden, werden die ungemessenen trockenen Luftmassenströme in den Berechnungen wie folgt berücksichtigt:

- Wenn $q_{m,11}$ nicht gemessen wird, dann $q_{m,dry11} = q_{m,dry12}$
- Wenn $q_{m,12}$ nicht gemessen wird, dann $q_{m,dry12} = q_{m,dry11}$
- Wenn $q_{m,21}$ nicht gemessen wird, dann $q_{m,dry21} = q_{m,dry22}$
- Wenn $q_{m,22}$ nicht gemessen wird, dann $q_{m,dry22} = q_{m,dry21}$

Wenn drei Luftströme gemessen werden, wird der ungemessene trockene Luftmassenstrom in den Berechnungen wie folgt berücksichtigt:

- Wenn $q_{m,11}$ nicht gemessen wird, dann $q_{m,dry11} = q_{m,dry12} + q_{m,dry22} - q_{m,dry21}$
- Wenn $q_{m,12}$ nicht gemessen wird, dann $q_{m,dry12} = q_{m,dry11} - q_{m,dry22} + q_{m,dry21}$
- Wenn $q_{m,21}$ nicht gemessen wird dann $q_{m,dry21} = q_{m,dry22} - q_{m,dry11} + q_{m,dry12}$
- Wenn $q_{m,22}$ nicht gemessen wird, dann $q_{m,dry22} = q_{m,dry21} + q_{m,dry11} - q_{m,dry12}$

Die trockenen Luftmassenstromraten müssen entsprechend der gemessenen Feuchte des entsprechenden Luftstroms berechnet werden.

5.3.4.1 legt fest, welche Luftströme zu messen sind.

5.4 Prüfung im Labor

5.4.1 Allgemeines

Die folgenden Anforderungen in diesem Abschnitt gelten für Prüfmethode A und B.

5.4.2 Atmosphärischer Druck

Der atmosphärische Druck kann den Feuchtwirkungsgrad oder, im Fall von Kondensation, den Temperaturwirkungsgrad beeinflussen.

Solange der atmosphärische Druck über den in Tabelle 8 angegebenen Werten liegt, sind die Differenzen zwischen dem Wirkungsgrad bei 101 325 Pa und dem gemessenen Wirkungsgrad bei atmosphärischem Druck vernachlässigbar. Für die Genauigkeitsklassen P1 und P2 und niedrigere atmosphärische Drücke muss der Wirkungsgrad entsprechend den Eigenschaften der HRC korrigiert werden.

Tabelle 8 — Minimaler atmosphärischer Druck oder maximale Höhe über Meeresspiegel für die Prüfung von HRC mit Feuchteübertragung für die Genauigkeitsklassen P1 und P2

Genauigkeitsklassen	Minimaler atmosphärischer Druck	Maximale Höhe über Meeresspiegel
P1	90 kPa	1 000 m
P2	80 kPa	2 000 m

ANMERKUNG 1 Der atmosphärische Druck ist für die Messung von HRC ohne Feuchteübertragung und ohne Kondensation nicht relevant, wenn der Massenstrom konstant ist.

ANMERKUNG 2 Die Eigenschaft des Feuchtwirkungsgrads in Abhängigkeit von dem atmosphärischen Druck kann nicht allgemein beschrieben werden. Für Hinweise siehe [2].

5.4.3 Umgebungsbedingungen

Während der Prüfung müssen die Umgebungsbedingungen des Labors (Temperatur, Feuchte, Druck, Strahlung) so sein, dass die Prüfung einwandfrei funktioniert. Insbesondere

- die Kalibrierungsdaten der Messinstrumente sind gültig,
- keine Kondensation an den Gehäuseoberflächen in dem Prüfstand,
- für Prüffart A1: keine Kondensation an den inneren Oberflächen des Prüfgehäuses und
- für Prüffart A2 und B: die von dem Hersteller vorgegebenen erforderlichen Umgebungsbedingungen müssen eingehalten werden.

5.4.4 Prüfgehäuse

5.4.4.1 Verwendung von Prüfgehäusen

Für die Prüffart A1 wird die HRC in einem Prüfgehäuse installiert.

5.4.4.2 Geometrie von Prüfgehäusen

Die Geometrie des Prüfgehäuses muss eine übliche Installation für den bestimmungsgemäßen Gebrauch der HRC darstellen. Für in Luftbehandlungsgeräten installierte HRC ist das Prüfgehäuse ein Quader mit einer Lufteinströmöffnung und einer Luftausströmöffnung auf gegenüberliegenden Seiten. Für Kategorie HRC1 und HRC3 liegen die Einströmöffnung für die Zuluft und die Ausströmöffnung für die Fortluft grundsätzlich auf derselben Seite. Die Ausströmöffnung für die Zuluft und die Einströmöffnung für die Fortluft liegen ebenfalls grundsätzlich auf der gegenüberliegenden Seite. Abweichungen von diesem Konzept müssen erläutert und validiert werden.

Weitere Anforderungen sind in A.3 definiert.

Eine maximale Luftgeschwindigkeit von 3 m/s in dem Gehäuse wird vorgeschlagen, um den Einfluss des dynamischen Drucks zu minimieren.

5.4.4.3 Wärmeisolierung von Prüfgehäusen

Die Wärmeisolierung von Prüfgehäusen muss jeden relevanten Einfluss auf die Prüfergebnisse durch Kondensation, Strahlung oder Wärmeübertragung in dem oder durch das Gehäuse verhindern.

Die Wärmeisolierung des Prüfgehäuses muss die Wärmewiderstandsklasse T2 oder besser nach EN 1886 erreichen.

ANMERKUNG Die Anforderungen der Energiebilanz (siehe auch Anforderungen in 6.1.5.3 und insbesondere Tabelle 16) und der Veränderung der Lufttemperatur zwischen der Ausströmöffnung der HRC und der Messebene könnten eine höhere Wärmeisolierung erfordern. Darüber hinaus sind die Umgebungsbedingungen des Labors zu berücksichtigen.

5.4.4.4 Leckage von Prüfgehäusen und Prüfaufbau

Für wiederholt genutzte Prüfgehäuse müssen vor der ersten Nutzung und danach regelmäßig Leckageprüfungen durchgeführt werden, um alle Alterungs- und Verschleißeinflüsse zu bestimmen.

Wenn Rohrleitungen oder anderes Zubehör der HRC in die Außenwand des Prüfgehäuses eindringen, wird die Außenleckage einschließlich dieser Eindringungen, d. h. mit installierter HRC, definiert. Dies betrifft insbesondere die Kategorie HRC2a. Für die HRC-Konstruktion ohne Eindringung in die Außenwand muss die Außenleckage des Prüfgehäuses vor dem ersten Gebrauch und anschließend jährlich gemessen werden.

Die Innenleckage eines Prüfgehäuses wird an einer luftdichten Wand anstelle der HRC zwischen den beiden Luftseiten definiert.

Die Innenleckage des Prüfaufbaus wird als Summe der Innenleckagen des Prüfgehäuses und der HRC selbst definiert. Die HRC muss so befestigt werden, dass die Innenleckage des Prüfaufbaus nicht wesentlich höher ist als die Innenleckage der HRC selbst.

ANMERKUNG 1 Außer für die Kategorien HRC1 und HR2a kann die durch die Installation der HRC in dem Prüfgehäuse verursachte Leckage nicht durch Messung bestimmt werden. Eine Sichtprüfung ist daher nicht möglich.

ANMERKUNG 2 Das Prüfverfahren wird in 6.2.2.1 und 6.2.2.1 beschrieben.

Die maximal zulässigen Leckagen der Prüfgehäuse und Prüfaufbauten sind in Tabelle 9 angegeben. Der größere der beiden Werte in jeder Zelle ist relevant. Der Wert in Prozent bezieht sich auf die Luftstromrate in der Wärmewirkungsgradprüfung.

Tabelle 9 — Anforderungen an die Leckagen von Prüfgehäusen

Art der Leckage	Maximale Leckrate	
	Genauigkeitsklasse P1	Genauigkeitsklasse P2
Außenleckage des Prüfgehäuses	2 % oder 2 kg/h	4 % oder 4 kg/h
Innenleckage des Prüfgehäuses	2 % oder 4 kg/h	3 % oder 6 kg/h
Differenz zwischen der Innenleckage des Prüfaufbaus und der Innenleckage der HRC (nur für die Kategorien HRC1 und HRC2a)	2 % oder 4 kg/h	3 % oder 6 kg/h

5.5 Leckagen

5.5.1 Allgemeines

Leckagen können den Scheinwirkungsgrad der HRC erhöhen und die der Anwendungsseite zugeführte Frischluftmenge reduzieren.

5.5.2 Prüfung der Innenleckage

Die Prüfung der Innenleckage gilt für Kategorie HRC1 und HRC2, in der die durch die Druckprüfung nach 6.1.2.2 bestimmte Nenn-Innenleckagerate weniger als 3 % beträgt. Wenn die statische Nenn-Innenleckagerate höher ist, muss das EATR geprüft werden.

Für die Prüfmethode C ist die Prüfung der Innenleckage von der angestrebten Genauigkeitsklasse abhängig (siehe 6.4.2).

Für die Kategorie HRC3 und alle anderen HRC mit einer statischen Innenleckage von mehr als 3 % müssen das EATR und der OACF bestimmt werden.

ANMERKUNG 1 Auch wenn die statische Innenleckagerate unter 3 % liegt, zum Beispiel 2 %, ist das EATR nicht gleich null. Eine optionale Prüfung des EATR und OACF ist immer möglich.

ANMERKUNG 2 Der Wert des EATR z. B. für die Kategorie HRC1 ist üblicherweise geringer als die statische Innenleckagerate (je nach Prüfpunkt in Übereinstimmung mit 6.2.2).

5.6 Spezifische HRC-Kategorien

5.6.1 Kategorie HRC2a

Die Kategorie HRC2 muss einschließlich der Pumpe, des Rohrleitungssystems und der Ventile geprüft werden. Die Messungen können auf drei Arten durchgeführt werden:

- **Variante 1:** Der Hersteller liefert nur die Wärmeaustauscher für die Zuluft und Fortluft. Das Labor stellt die Rohrleitungen und die Pumpe zur Prüfung des Systems zur Verfügung.
- **Variante 2:** Der Hersteller liefert die Wärmeaustauscher und darüber hinaus die Hydraulikanlagen (einschließlich Pumpen, Ventile usw.).
- **Variante 3:** Der Hersteller liefert zusätzlich zu Variante 2 die Steuerungseinrichtung. Alle Einstellungen entsprechen den Spezifikationen des Herstellers. In diesem Fall wird das System als Blackbox gemessen.

In der Variante 1 und 2 sollte die Flüssigkeit (Sole mit einem Frostschutzmittel und Konzentration) von dem Hersteller festgelegt werden. Sind keine Spezifikationen angegeben, muss die Flüssigkeit eine Mischung aus 25 % Volumenanteil Monoethylenglykol und 75 % Wasser sein. Der Flüssigkeitsdurchfluss muss vom Hersteller angegeben werden. Dieser Wert wird für die Prüfung verwendet. Optional kann die optimale Flüssigkeitsrate (Wärmekapazitätsverhältnis = 1) eingestellt werden.

In allen Varianten sollten darüber hinaus die Flüssigkeitsdurchflussraten und Flüssigkeitsdruckverluste der Wärmeaustauscher gemessen werden. Der Einfluss der Flüssigkeitsdurchflussmesseinrichtung sollte korrigiert werden.

Die Hydraulikanlage muss Druckmesshähne und Flüssigkeitsdurchflussmesseinrichtungen in allen Varianten beinhalten.

ANMERKUNG Kurze und gut isolierte Verbindungsrohrleitungen werden den Wirkungsgrad verbessern, wenn die Rohrschlangen nah beieinander liegen.

In Variante 3 und in einigen Fällen in Variante 2 wird das System vorbefüllt und sollte nicht von den Labormitarbeitern oder (bei Prüffart C) von dem Prüfpersonal berührt werden. Ultraschall ist eine Option zur Messung des Flüssigkeitsdurchflusses. Hierzu wird ein gerader Rohrleitungsabschnitt in ausreichender Länge benötigt. Andere Optionen wie etwa mit bekannter und nachverfolgbarer Messunsicherheit sind möglich, z. B. vormontierte kalibrierte Flüssigkeitsdurchflussmeseinrichtungen.

6 Prüfverfahren

6.1 Allgemeines

6.1.1 Überblick

Die allgemeinen Anforderungen an alle Prüffarten sind in 6.1 beschrieben. Spezifische Anforderungen an die verschiedenen Prüffarten sind in den nachfolgenden Abschnitten (A in 6.2, B in 6.3 und C in 6.4) beschrieben und insbesondere:

- Vorbereitung der HRC;
- Außenleckage;
- Innenleckage des Prüfaufbaus (für Prüfgehäuse) und statische Innenleckage;
- Prüfbedingungen für EATR und OACF;
- Bedingungen für Wirkungsgradprüfungen (Druckdifferenz, Massenstromrate, Luftbedingungen für Prüffart C).

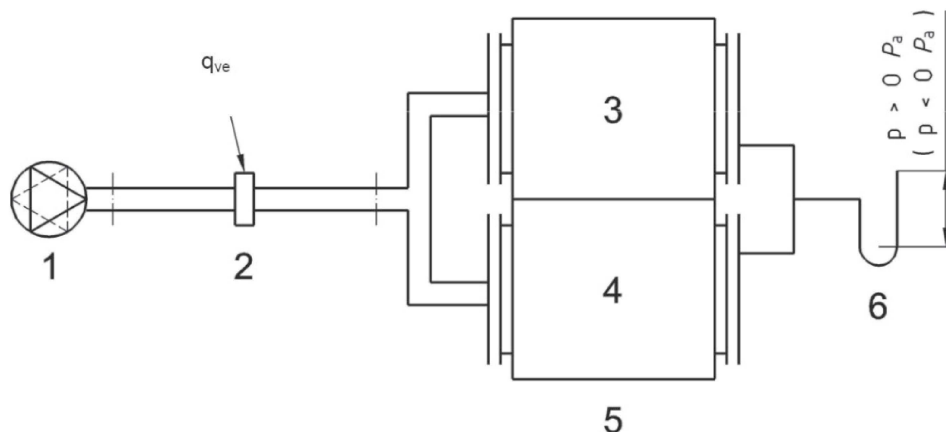
6.1.2 Dichtheitsprüfung

6.1.2.1 Außenleckage

Die Außenleckage betrifft das Prüfgehäuse (Prüffart A1), den HRC-Abschnitt (Prüffart A2) oder das vollständige AHU (Prüffart B und C) und muss anhand der in Bild 2 beschriebenen Prüfanordnung bestimmt werden.

Die Prüfung auf Außenleckagen ist durch Blindflanschen und Abdichten aller Luftleitungen und Anschließen eines Ventilators sowohl an die Zuluft als auch die Fortluftstromseite des Prüfgehäuses, des HRC-Abschnitts oder des AHU durchzuführen.

Als statischer Druck ist der Mittelwert der beiden Seiten anzusetzen. Daher sind die Messbohrungen für den statischen Druck an einer Blindplatte an jeder Seite angeordnet und die beiden Messbohrungen sind mit demselben Druckmessgerät verbunden. Die Volumenströme der Außenleckage bei Überdruck und Unterdruck werden mit einem geeigneten Gerät zur Messung des Luftvolumenstroms bestimmt.



Legende

- | | | | |
|---|--------------------------|---|---------------------------------|
| 1 | einstellbarer Ventilator | 4 | Zuluftseite |
| 2 | Luftstrommesseinrichtung | 5 | Gehäuse oder Abschnitt oder AHU |
| 3 | Fortluftseite | 6 | Messgerät für statischen Druck |

Bild 2 — Prüfaufbau für die statische Außenleckage

Die Prüfpunkte für die verschiedenen Prüfarten sind in den jeweiligen Abschnitten angegeben.

Prüfbedingungen nach 6.1.4 sind erforderlich.

Das Prüfverfahren muss nach EN 1886 durchgeführt werden.

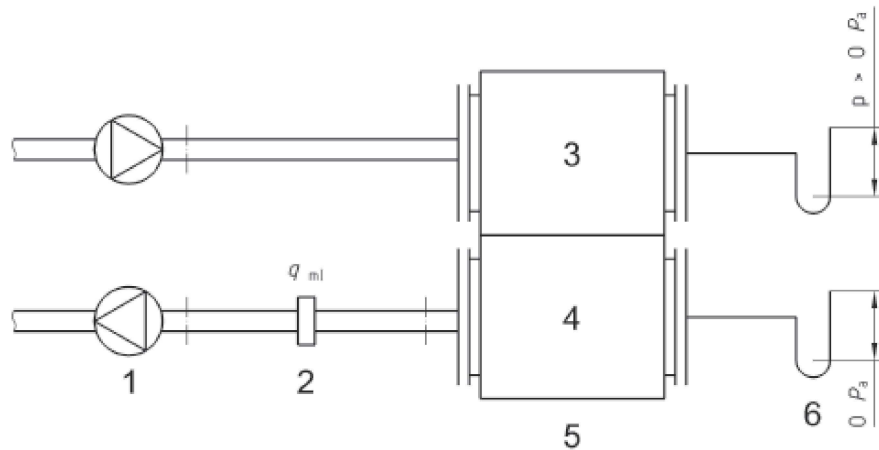
Der gemessene Luftstrom muss auf Normbedingung umgerechnet werden.

Die Leckrate bezieht sich auf den angegebenen Nenn-Luftvolumenstrom oder den Luftvolumenstrom des Betriebspunkts.

Wenn die Rückgewinnungseinrichtung ohne gemeinsame Wand zwischen den Zuluft- und Fortluftseiten konstruiert ist (z. B. Kategorie HRC2a), kann die Außenleckage des AHU für das Zuluft- und Fortluftgehäuse separat bei positivem und/oder negativem Druck bestimmt und summiert werden, um die Außenleckage für den gesamten HRC-Abschnitt oder das AHU anzugeben.

6.1.2.2 Statische Innenleckage

Die Prüfung der statischen Innenleckage ist durch Blindflanschen und Abdichten aller Luftleitungen und Anschließen eines Zuluftventilators an der Fortluftstromseite und eines Fortluftventilators an der Zuluftseite der HRC oder des HRC-Abschnitts nach Bild 3 durchzuführen. Der Überdruck an dem Fortluftstrom wird mithilfe einer Messbohrung für den statischen Druck in der Blindflanschplatte und einem Druck von 0 Pa an einer entsprechenden Messbohrung auf der Zuluftseite bestimmt. Der Volumenstrom der statischen Innenleckage wird mithilfe eines an der Zuluftseite angeschlossenen Luftvolumenstrommessgeräts bestimmt.



Legende

- | | | | |
|---|--------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | einstellbarer Ventilator | 4 | Zuluftseite |
| 2 | Luftstrommesseinrichtung | 5 | Wärmerückgewinnungsgerät |
| 3 | Fortluftseite | 6 | Messgerät für statischen Druck |

Bild 3 — Prüfaufbau für die statische Innenleckage

Wenn die HRC ohne gemeinsame Wand zwischen der Zuluft- und Fortluftseite konstruiert ist (z. B. Kategorie HRC2a) und aufgrund der Gestaltung der HRC, des HRC-Abschnitts oder des AHU keine Innenleckage auftreten kann, muss die Innenleckage nicht gemessen werden.

Ein alternatives Verfahren mit einem vereinfachten Prüfaufbau ist in Anhang E beschrieben.

Die Prüfpunkte für die verschiedenen Prüfarten sind in den jeweiligen Abschnitten angegeben.

Prüfbedingungen nach 6.1.4 sind erforderlich.

6.1.2.3 Dynamische Innenleckage

ANMERKUNG 5.5.2 legt fest, wann eine Prüfung der dynamischen Innenleckage erforderlich ist.

Das EATR und der OACF müssen unter identischen Bedingungen gemessen werden. Die Rotordrehzahl oder die Dämpferwechselintervalle entsprechen den Angaben des Herstellers.

Die Anforderungen an die Prüfbedingungen sind in 6.1.4 festgelegt.

Das EATR der Massenstromrate q_{mEATR} muss als Prozentsatz der Zuluftdurchflussrate q_{m22} anhand der Gleichung (7) berechnet werden.

Die EATR-Prüfung muss mithilfe eines inerten Prüfgases erfolgen, das in die Einströmöffnung für die Fortluft injiziert wird. Die Art des Prüfgases muss so gewählt werden, dass es nicht chemisch mit irgendeinem Teil des HRC-Gehäuses oder des Prüfstands reagiert oder davon adsorbiert wird. Luftproben müssen in den Abschnitten 11 bis 22 genommen werden, um das EATR zu bestimmen, und aus Abschnitt 21, um die Reinheit der Luft in der Einströmöffnung für die Zuluft zu bestätigen. Bild 4 stellt die Prüfgasprüfung dar.

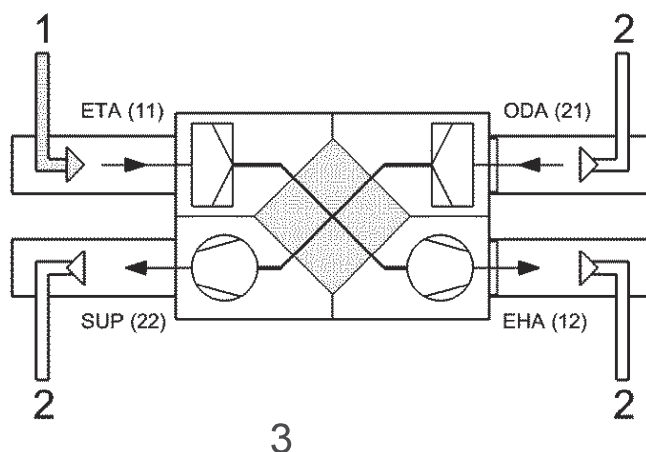
Es muss über einen ausreichenden Zeitraum gewartet werden, um stabile Bedingungen zu erreichen.

Eine fortlaufende Luftprobe ist für jeden Probenahmepunkt zu entnehmen. Die Proben sind nach einem für die Laboranwendung zugelassenen Verfahren zu entnehmen. Es muss darauf geachtet werden, dass sich das Prüfgas homogen mit dem Luftstrom 11 vermischt, bevor es in die geprüfte Einheit gelangt.

Die Prüfpunkte für die verschiedenen Prüfarten sind in den jeweiligen Abschnitten angegeben.

Für die Prüffart C wird die Schätzung des EATR durch andere Verfahren in Anhang D beschrieben.

Das EATR und der OACF müssen mit einem Index entsprechend der Prüffart angegeben werden (z. B. $EATR_{A1}$, wenn die Prüfung nach der Prüffart A1 durchgeführt wird).



Legende

- 1 Injektion von inertem Prüfgas
- 2 Gasmessung
- 3 zu prüfende Einheit

Bild 4 — Prüfgasprüfung

ANMERKUNG 1 Der mögliche Anstieg der Prüfgaskonzentration in der Außenluft während der Prüfsequenz wird in Gleichung (7) berücksichtigt.

ANMERKUNG 2 Die Innenleckagerate ist die Summe der Innenleckagerate der HRC und der durch die Montage der HRC in dem Prüfgehäuse, dem HRC-Abschnitt oder dem AHU verursachten Leckagerate. Darüber hinaus beeinflussen alle Leckagen zwischen den Messebenen das Prüfergebnis.

6.1.3 Druckabfallprüfung

Die Druckabfälle Δp_{21-22} und Δp_{11-12} sind als statische Druckdifferenzen zwischen den Einström- und Ausströmabschnitten der Zuluft- und Fortluftseite anhand der gemessenen statischen Drücke und der berechneten dynamischen Drücke der gemessenen Luftstromraten (q_{m2} und q_{m1}) zu bestimmen.

Für die Kategorien HRC1 und HRC3 muss die Prüfung mit Luftströmen an der Zuluft- und Fortluftseite durchgeführt werden.

Wenn der Druckabfall unabhängig von der Druckdifferenz zwischen den beiden Luftseiten ist, ist es zulässig, den Druckabfall für jede Seite der HRC ohne Luftstrom auf der anderen Seiten zu messen. Dies ist üblicherweise für die Kategorie HRC2 der Fall.

Die Prüfbedingungen sind in 6.1.4 festgelegt.

6.1.4 Bedingungen für Leakage- und Druckabfallmessungen

Leckagen und Druckabfall sind unter stationären Bedingungen zu messen. Die maximal zulässigen Standardabweichungen der gemessenen Größen sind in Tabelle 11 angegeben.

Die Prüfungen müssen unter isothermischen Bedingungen durchgeführt werden, d.h. mit derselben Eintrittslufttemperatur auf beiden Seiten (11 und 21) und ohne relevante Wärmeströmung durch das Gehäuse. Bei Prüfungen in Hallen wird die Umgebungsluft für die Messung verwendet. Für Prüfungen in Außenbereichen muss der Zustand der Luftbedingung eine angemessene Korrektur um die Normbedingungen ermöglichen.

Die Messergebnisse müssen auf die Normbedingungen korrigiert werden.

ANMERKUNG CEN/TS 17153 [3] beschreibt ein Verfahren zur Korrektur der Luftstromraten.

Tabelle 10 legt die erforderliche Mindestdauer der stationären Bedingungen vor dem Start der Messungen und die Anzahl der aufgezeichneten Datensätze für eine Messreihe fest.

Alle Daten müssen mindestens mit einer Abtastrate von 1/30 Hz (eine Probe mindestens alle 30 Sekunden) für die in Tabelle 10 angegebene Prüfdauer aufgezeichnet werden.

Tabelle 10 — Bedingungen und Anzahl der aufgezeichneten Datensätze für die Leakage- und Druckabfallmessungen für verschiedene Genauigkeitsklassen

Größe	Anforderung an die Genauigkeitsklasse		
	P1	P2	P3
Dauer der stationären Bedingungen vor dem Beginn der Messungen	$\geq 5 \text{ min}$	$\geq 3 \text{ min}$	$\geq 2 \text{ min}$
Anzahl der aufgezeichneten Datensätze der Massenstromrate und Druckdifferenz	≥ 40	≥ 30	≥ 20
Temperaturdifferenz zwischen den beiden Luftseiten	$\leq 2 \text{ K}$	$\leq 3 \text{ K}$	$\leq 5 \text{ K}$

Tabelle 11 — Zulässige Standardabweichungen für Leakage- und Druckmessungen für verschiedene Genauigkeitsklassen

Größe	Zulässige Standardabweichungen für die Genauigkeitsklasse		
	P1	P2	P3
Temperatur an der Einströmöffnung (Trockenluft)	0,5 K	1,0 K	2,0 K
Massenstromrate	1 %	2 %	3 %
Druckdifferenz	1 % oder 2 Pa ^a	2 % oder 3 Pa ^a	3 % oder 5 Pa ^a
^a Der höhere der beiden Werte ist erforderlich			

6.1.5 Prüfung des Wirkungsgrads

6.1.5.1 Luftbedingungen

Die gültigen Luftbedingungen für die Prüfarten A und B sind in Tabelle 12 (Winterbedingungen) und Tabelle 13 (Sommerbedingungen) festgelegt. Temperaturprüfbedingungen für die Prüfklasse C werden separat in 6.4.3.3 behandelt.

Für die Prüfarten A und B muss der Temperatur- und Feuchtwirkungsgrad bei Eintrittsluftbedingungen nach Tabelle 12, Punkt W1 oder W2, bestimmt werden. In Heizanwendungen können zusätzliche Prüfungen für die Kategorien HRC1a und HRC2 ausgeführt werden, um die Wirkungsgrade bei Kondensation (Punkt W4 und W5) zu bestimmen. Nach einer Prüfung für kalte Klimabedingungen (in Tabelle 12 als Prüfpunkt W6 angegeben), die mindestens 6 h dauern sollte, sollte die HRC einer Sichtprüfung unterzogen werden. Beobachtungen hinsichtlich des Einflusses von Frost und Kondensation auf den Betrieb der HRC und den Austritt von Kondenswasser sind im Prüfbericht aufzuzeichnen.

Tabelle 12 — Prüfbedingungen für Temperatur- und Feuchtwirkungsgrad, Winterbedingungen

Art der Anwendung Punkt Nr.	Normprüfbedingungen, Winter					Kaltes Klima
	W1	W2	W3	W4	W5	W6
Bemerkungen	ohne Feuchteübertragung (verbindlich)	mit Feuchteübertragung (verbindlich)	mit Feuchteübertragung (freigestellt)	Kondensation (freigestellt)	Kondensation (freigestellt)	(freigestellt)
HRC-Kategorie	HRC1a HRC2 HRC3a,b	HRC1x HRC3x,y	HRC1x HRC3x,y	HRC1a, HRC2	HRC1a HRC2	alle
Einströmöffnung für Fortluft						
— Trockenlufttemperatur	25 °C	25 °C	22 °C	20 °C	20 °C	20 °C
— Feuchtkugeltemperatur	< 14 °C	18 °C	(45 %)	15 °C	12 °C	12 °C
Einströmöffnung für Zuluft						
— Trockenlufttemperatur	5 °C	5 °C	–3	2 °C	–7 °C	–15 °C
— Feuchtkugeltemperatur	–	3 °C	(90 %)	1 °C	–8 °C	–

Tabelle 13 — Prüfbedingungen für Temperatur- und Feuchtwirkungsgrad, Sommerbedingungen

Art der Anwendung Punkt Nr.	Normprüfbedingungen, Sommer			
	S1	S2	S3	S4
Bemerkungen	mit Feuchte- übertragung (freigestellt)	mit Feuchte- übertragung (freigestellt)	mit Feuchte- übertragung (freigestellt)	mit Feuchte- übertragung (freigestellt)
HRC-Kategorie	HRC1x HRC3x,y	HRC1x HRC3x,y	HRC1x HRC3x,y	HRC1x HRC3x,y
Einströmöffnung für Fortluft				
— Trockenluft- temperatur	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C
— Feuchtkugel- temperatur	18 °C	18 °C	18 °C	18 °C
Einströmöffnung für Zuluft				
— Trockenluft- temperatur	35 °C	35 °C	35 °C	46 °C
— Feuchtkugel- temperatur	24 °C	26 °C	28 °C	29 °C

Die Messgrößen sind unter stationären Bedingungen zu messen. Die Toleranzen für die Einstellwerte sind in Tabelle 15 angegeben.

Tabelle 14 legt die erforderliche Minstdauer der stationären Bedingungen vor dem Start der Messung, die Dauer der Messung und die Anzahl der aufgezeichneten Datensätze fest.

Alle Daten müssen mindestens mit einer Abtastrate von 1/30 Hz (eine Probe mindestens alle 30 s) für die Prüfdauer aufgezeichnet werden.

Tabelle 14 — Minstdauer der stationären Bedingungen, Dauer der Messung und Anzahl der aufgezeichneten Datensätze für verschiedene Genauigkeitsklassen

Größe	Mindestwerte für Genauigkeitsklassen		
	P1	P2	P3
Dauer der stationären Bedingungen vor dem Beginn der Messungen	≥ 30 min	≥ 20 min	≥ 10 min
Dauer der Messung	≥ 30 min	≥ 20 min	≥ 10 min
Anzahl der aufgezeichneten Datensätze	≥ 60	≥ 40	≥ 20

Tabelle 15 — Toleranzen für Einstellwerte für verschiedene Genauigkeitsklassen

Messgröße	Toleranz der Einstellwerte					
	Genauigkeitsklasse P1		Genauigkeitsklasse P2		Genauigkeitsklasse P3	
	arith- metischer Mittelwert	Einzel- werte	arith- metischer Mittelwert	Einzel- werte	arith- metischer Mittelwert	Einzel- werte
Zuluft und Fortluft						
Trockenluft- temperatur	±0,3 K	±1,0 K	±0,5 K	±1,5 K	±1,0 K	±3 K
Feuchtkugel- temperatur, Winterbedingungen	±0,3 K	±1,0 K	±0,5 K	±1,5 K	±1,0 K	±3 K
Feuchtkugel- temperatur, Sommerbedingungen	±0,5 K	±1,5 K	±0,7 K	±2,0 K	±1,5 K	±5 K
Massenstrom	±2 % oder ±2 kg/h	±6 % oder ±6 kg/h	±3 % oder ±3 kg/h	±10 % oder ±10 kg/h	±5 % oder ±5 kg/h	±15 % oder ±15 kg/h
Kategorie HRC2a Flüssigkeits- Massenstromrate	±3 % oder ±1 kg/h	±10 % oder ±3 kg/h	±5 % oder ±1,5 kg/h	±15 % oder ±5 kg/h	±10 % oder ±10 kg/h	±20 % oder ±30 kg/h
Kategorie HRC3: Umdrehungen des Rads oder Dämpferwechsel- frequenz	±3 %	±10 %	±5 %	±15 %	±10 %	±20 %

6.1.5.2 Stromaufnahme und Geschwindigkeit

Während der Wirkungsgradprüfung muss jede Stromaufnahme und jede Geschwindigkeit in Verbindung mit dem Wärmeaustausch gemessen werden. Dies betrifft insbesondere

- für die Kategorie HRC2a die Stromaufnahme der Pumpe und den Massenstrom der Flüssigkeit,
- für die Kategorien HRC3a und HRC3x die Stromaufnahme des Radantriebs und die Drehzahl des Rads oder
- für die Kategorien HRC3b und HRC3y die Stromaufnahme des Dämpfermechanismus und die Frequenz des Dämpferpositionswechsels.

6.1.5.3 Wärmebilanz

Die Abweichung der Wärmebilanz muss für jeden Prüfpunkt anhand der Gleichung (13) berechnet werden.

$$\Delta\varphi = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{\Phi_2} \cdot 100\% \quad (13)$$

Dabei ist

Φ_1 der Wärmestrom der Fortluft nach Gleichung (14) oder Gleichung (15);

Φ_2 der Wärmestrom der Zuluft nach Gleichung (16) oder Gleichung (17).

Für die Prüffart A1 ist eine Prüfung gültig, wenn die Abweichung der Wärmebilanz innerhalb der Toleranz nach Tabelle 16 liegt.

Für alle anderen Prüfungsarten muss der Wirkungsgrad in Übereinstimmung mit 6.1.6.3 korrigiert werden, wenn die Wärmebilanz außerhalb der Toleranz in Tabelle 16 liegt.

Tabelle 16 — Toleranzen für die Wärmebilanz für verschiedene Genauigkeitsklassen

Kategorie und Bedingungen	Anteil latenter Wärme in der Gesamtwärmeübertragung (nach Gleichung (18))	Toleranz für die Wärmebilanz $\Delta\varphi_{lim}$ für die Genauigkeitsklasse		
		P1	P2	P3
Statische Innenleckage $\leq 3\%$ ^a oder EATR $\leq 3\%$ und ohne Kondensation	–	$\pm 4\%$	$\pm 6\%$	$\pm 10\%$
EATR $> 3\%$ oder jede Kategorie mit Kondensation	$f_x \leq 0,1$	$\pm 4\%$	$\pm 6\%$	$\pm 10\%$
	$0,1 < f_x < 0,3$	$\pm 5\%$	$\pm 8\%$	$\pm 12\%$
	$f_x \geq 0,3$	$\pm 6\%$	$\pm 10\%$	$\pm 15\%$
^a Wenn die statische Innenleckage $> 3\%$ beträgt, muss nach 5.5.2 das EATR gemessen werden.				

HRC ohne Feuchteübertragung (mit oder ohne Kondensation)

$$\Phi_1 = c_{p1} \times q_{m11} \times (\theta_{11,Te} - \theta_{12,Te}) + P_E \times f_E \quad (14)$$

HRC mit Feuchteübertragung

$$\Phi_1 = c_{p,dry} \times q_{m,dry11} \times (\theta_{11,Te} - \theta_{12,Te}) + c_{p,w} \times (q_{m,w11} \times \theta_{11,Te} - q_{m,w12} \times \theta_{12,Te}) + r_w \times (q_{m,w11} - q_{m,w12}) + P_{el} \times f_{el} \quad (15)$$

HRC ohne Feuchteübertragung und ohne Kondensation

$$\Phi_2 = c_{p2} \times q_{m22} \times (\theta_{22,Te} - \theta_{21,Te}) \quad (16)$$

HRC mit Feuchteübertragung oder mit Kondensation

$$\Phi_2 = c_{p,dry} \times q_{m,dry22} \times (\theta_{22,Te} - \theta_{21,Te}) + c_{p,w} \times (q_{m,w22} \times \theta_{22,Te} - q_{m,w21} \times \theta_{21,Te}) + r_w \times (q_{m,w22} - q_{m,w21}) \quad (17)$$

Anteil latenter Wärme an der Gesamtwärmeübertragung (im Fall von Feuchteübertragung oder Kondensation)

$$f_x = \frac{r_w \times (q_{m,w22} - q_{m,w21})}{\Phi_2} \quad (18)$$

Dabei ist

Φ_1 der Wärmestrom der Fortluft in kW;

Φ_2 der Wärmestrom der Zuluft in kW;

c_{p1}	die spezifische Wärmekapazität von feuchter Fortluft, arithmetischer Mittelwert zwischen Einströmöffnung und Ausströmöffnung in kJ/(kg · K);
c_{p2}	die spezifische Wärmekapazität von feuchter Zuluft, arithmetischer Mittelwert zwischen Einströmöffnung und Ausströmöffnung in kJ/(kg · K);
$c_{p,dry}$	die spezifische Wärmekapazität trockener Luft, 1,004 kJ/(kg · K);
$c_{p,w}$	die spezifische Wärmekapazität von Wasserdampf, 1,86 kJ/(kg · K);
r_w	die spezifische Verdampfungsenthalpie von Wasser, 2 500 kJ/(kg · K);
q_{m11}	die Massenstromrate an der Einströmöffnung für Fortluft (Feuchtluft) in kg/s;
q_{m21}	die Massenstromrate an der Einströmöffnung für Zuluft (Feuchtluft) in kg/s;
$q_{m,dry11}$	die Trockenluft-Massenstromrate an der Einströmöffnung für die Fortluft in kg/s;
$q_{m,dry22}$	die Trockenluft-Massenstromrate an der Ausströmöffnung für die Fortluft in kg/s;
$q_{m,w11}$	die Wasserdampf-Massenstromrate an der Einströmöffnung für Fortluft in kg/s;
$q_{m,w12}$	die Wasserdampf-Massenstromrate an der Ausströmöffnung für Fortluft in kg/s;
$q_{m,w21}$	die Wasserdampf-Massenstromrate an der Einströmöffnung für Zuluft in kg/s;
$q_{m,w22}$	die Wasserdampf-Massenstromrate an der Ausströmöffnung für Zuluft in kg/s;
$\theta_{11,Te}$	die gemessene Temperatur an der Einströmöffnung für Fortluft in der Messebene in °C;
$\theta_{12,Te}$	die gemessene Temperatur an der Ausströmöffnung für Fortluft in der Messebene in °C;
$\theta_{21,Te}$	die gemessene Temperatur an der Einströmöffnung für Zuluft in der Messebene in °C;
$\theta_{22,Te}$	die gemessene Temperatur an der Ausströmöffnung für Zuluft in der Messebene in °C;
P_E	die Stromaufnahme im HRC-Abschnitt in kW;
f_E	der Faktor für die Umrechnung von Strom in Wärme, nach 6.1.5.4.

In 5.3.4 sind die zu messenden Luftstromraten und die Handhabung ungemessener Luftstromraten festgelegt.

Die Berechnungen der Wärmeströme berücksichtigen keine Leckage oder Wärmeübertragung durch Gehäuse oder Kanäle, sodass auch für die Genauigkeitsklasse P3 ein Mindestmaß an Dichte und Wärmeisolierung der Gehäuse und Kanäle zwischen der HRC und den Temperaturmesspanels erforderlich ist.

6.1.5.4 Umrechnungsfaktor

Der Umrechnungsfaktor von Strom zu Wärme beschreibt den Anteil der Stromaufnahme, der die Temperatur der Zuluft und/oder Fortluft erhöht.

Für die Prüffart B und C können Zuluft- und/oder Fortluftgebläse zwischen der HRC und der Temperaturmessebene installiert werden. In diesem Fall beinhaltet die Stromaufnahme P_E auch die Leistungsaufnahme des Gebläses. Der Umrechnungsfaktor f_E ist 1, wenn der Motor und die Motorsteuerung

vollständig in den Luftstrom eingetaucht sind. Das Gleiche gilt für aktive Mischer zwischen der HRC und der Temperaturmessebene.

Für die Kategorie HRC2a liegt der Umrechnungsfaktor f_E für neue Pumpen üblicherweise in einem Bereich zwischen 0,75 und 0,95. 0,85 kann als Standardwert angewendet werden.

Für die Kategorie HRC3 kann für das Rad und die Dämpfer allgemein ein Umrechnungsfaktor f_E 1,0 angenommen werden.

ANMERKUNG Ausführlichere Umrechnungsfaktoren für alle gelisteten und möglichen zusätzlichen Geräte können jederzeit durch separate Messungen oder aus den Herstellerdaten abgeleitet werden.

6.1.6 Berechnung des Wirkungsgrads

6.1.6.1 Kurzbeschreibung

In einem ersten Schritt werden die gemessenen Temperaturen um die Einflüsse, die nicht Teil der HRC-Leistung sind, korrigiert. Dies betrifft hauptsächlich Prüftart B und C1, wo Ventilatoren zwischen den Messebenen installiert sind.

Darüber hinaus wird eine Korrektur vorgenommen, wenn die Wärmebilanz außerhalb bestimmter Toleranzen liegt. Hierbei wird der Einfluss der Außenleckage und des äußeren Wärmeflusses durch das Gehäuse berücksichtigt.

Wenn das EATR gemessen wird, wird anschließend der gemeldete Wirkungsgrad durch Anwendung der Gleichung des Nettowirkungsgrads berechnet. Wenn das EATR nicht gemessen wird, wird der gemeldete Wirkungsgrad durch Anwendung der Gleichung des Bruttowirkungsgrads berechnet.

ANMERKUNG In diesem Dokument wird keine Korrektur der Massenströme oder Massenstromraten vorgenommen. Der angegebene Wirkungsgrad gilt für die ebenfalls angegebenen Massenströme. Mögliche Korrekturen können während der Bewertung nach EN 13053 vorgenommen werden.

6.1.6.2 Temperaturkorrektur aufgrund der Leistungsaufnahme

Neben Ventilatoren gilt diese Korrektur auch für andere Stromversorgungen, die die Lufttemperatur beeinflussen (z. B. dynamische Luftmischer). In solchen Fällen wird der zugeführte Strom genauso behandelt wie die nachfolgend beschriebene Ventilatorleistungsaufnahme.

Die für die Bestimmung des Temperaturwirkungsgrads verwendeten Temperaturen werden berechnet als:

$$\theta_{11} = \theta_{11,Te} - \Delta\theta_{corr11} \quad (19)$$

$$\theta_{12} = \theta_{12,Te} - \Delta\theta_{corr12} \quad (20)$$

$$\theta_{21} = \theta_{21,Te} - \Delta\theta_{corr21} \quad (21)$$

$$\theta_{22} = \theta_{22,Te} - \Delta\theta_{corr22} \quad (22)$$

Dabei ist

θ_{11} die Temperatur der Einströmöffnung für Fortluft in °C

$\theta_{11,Te}$ die gemessene Temperatur an der Einströmöffnung für Fortluft in der Messebene in °C

θ_{12} die Temperatur der Ausströmöffnung für Fortluft in °C

$\theta_{12,Te}$ die gemessene Temperatur an der Ausströmöffnung für Fortluft in der Messebene in °C

θ_{21}	die Temperatur der Einströmöffnung für die Zuluft in °C
$\theta_{21,Te}$	die gemessene Temperatur an der Einströmöffnung für Zuluft in der Messebene in °C
θ_{22}	die Temperatur der Ausströmöffnung für die Zuluft in °C
$\theta_{22,Te}$	die gemessene Temperatur an der Ausströmöffnung für Zuluft in der Messebene in °C
$\Delta\theta_{corr11}$	die Temperaturkorrektur der Einströmöffnung für die Fortluft nach Tabelle 17 in K
$\Delta\theta_{corr12}$	die Temperaturkorrektur der Ausströmöffnung für die Fortluft nach Tabelle 17 in K
$\Delta\theta_{corr21}$	die Temperaturkorrektur der Einströmöffnung für die Zuluft nach Tabelle 17 in K
$\Delta\theta_{corr22}$	die Temperaturkorrektur der Ausströmöffnung für die Zuluft nach Tabelle 17 in K

Die Temperaturkorrekturen auf der Grundlage der Ventilatorpositionen sind in Tabelle 17 angegeben.

Tabelle 17 — Temperaturkorrektur basierend auf den Ventilatorpositionen

Ventilatorposition im Verhältnis zur HRC		Fortluftgebläse	
		vor der HRC	hinter der HRC
Zuluft-gebläse	vor der HRC	$\theta_{corr11} = \frac{P_{E1}}{q_{m11} \times c_p}$	$\theta_{corr12} = \frac{P_{E1}}{q_{m12} \times c_p}$
		$\theta_{corr21} = \frac{P_{E2}}{q_{m21} \times c_p}$	$\theta_{corr21} = \frac{P_{E2}}{q_{m21} \times c_p}$
		$\theta_{corr12} = \theta_{corr22} = 0$	$\theta_{corr11} = \theta_{corr22} = 0$
	hinter der HRC	$\theta_{corr11} = \frac{P_{E1}}{q_{m11} \times c_p}$	$\theta_{corr12} = \frac{P_{E1}}{q_{m12} \times c_p}$
		$\theta_{corr22} = \frac{P_{E2}}{q_{m22} \times c_p}$	$\theta_{corr22} = \frac{P_{E2}}{q_{m22} \times c_p}$
		$\theta_{corr12} = \theta_{corr21} = 0$	$\theta_{corr11} = \theta_{corr21} = 0$
Legende			
c_p	Spezifische Wärmekapazität des Luftstroms, für diese Berechnung kann 1 006 J/(kg · K) verwendet werden		
P_{E1}	Effektive Leistung in Luftstrom 1, in W		
P_{E2}	Effektive Leistung in Luftstrom 2, in W		
q_{m11}	Massenstromrate der Einströmöffnung für die Fortluft in kg/s		
q_{m12}	Massenstromrate der Ausströmöffnung für die Fortluft in kg/s		
q_{m21}	Massenstromrate der Einströmöffnung für die Zuluft in kg/s		
q_{m22}	die Massenstromrate der Ausströmöffnung für die Zuluft in kg/s		

Die Leistungsaufnahme jedes Ventilators muss nach Möglichkeit separat gemessen werden.

Wenn es nicht möglich ist, jeden Ventilator zu messen (z. B. wenn die Steuerung des AHU keine Trennung der Verkabelung erlaubt), ist eine Messung der gesamten Leistungsaufnahme ausreichend. In diesem Fall wird die effektive Leistung des Luftstroms berechnet als

$$P_{E1} = P_{E2} = 0,5 \times P_E \quad (23)$$