

DIN EN 15241

ICS 91.120.10; 91.140.30

Ersatz für
DIN EN 15241:2007-09

**Lüftung von Gebäuden –
Berechnungsverfahren für den Energieverlust aufgrund der Lüftung und
Infiltration in Gebäuden;
Deutsche Fassung EN 15241:2007 + AC:2011**

Ventilation for buildings –
Calculation methods for energy losses due to ventilation and infiltration in buildings;
German version EN 15241:2007 + AC:2011

Ventilation des bâtiments –
Méthodes de calcul des pertes d'énergie dues à la ventilation et à l'infiltration dans les
bâtiments;
Version allemande EN 15241:2007 + AC:2011

Gesamtumfang 31 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 15241:2007 + AC:2011) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 156 „Lüftung von Gebäuden“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Großbritannien) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist NA 041-05-02 AA „Auslegung und Berechnung“ im Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN.

In Deutschland wird die EU-Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden im wesentlichen durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) umgesetzt. Die EnEV nimmt datierte nationale und Europäische Normen und nationale Vornormen in Bezug, die für die Umsetzung in Deutschland festgelegt wurden. Dieser Zusammenhang wird im informativen Nationalen Anhang NA dargelegt.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 15241:2007-09 wurden folgende Korrekturen vorgenommen:

- a) gemäß Resolution 510 des CEN/TC 156 wurden Korrekturen am Titel von EN 15241 vorgenommen. Im englischen Titel wurde „commercial“ und im französischen Titel „commerciaux“ gelöscht;
- b) im deutschen Titel wurde „Nichtwohngebäuden“ mit „Gebäuden“ ersetzt.

Frühere Ausgaben

DIN EN 15241: 2007-09

Nationaler Anhang NA (informativ)

Derzeit in Deutschland verwendete Berechnungsverfahren

Die derzeit in Deutschland verwendeten Berechnungsverfahren werden in DIN V 18599-3, DIN V 18599-6 und DIN V 18599-7 beschrieben.

In dieser Europäischen Norm wird ein Verfahren (Berechnungsgleichungen) für die Berechnung der Außenluftaufbereitung definiert, das in dieser Art für den EnEV-Nachweis in Deutschland bisher nicht verwendet wurde.

In Deutschland wird nach den Bereichen Wohnungsbau (siehe Tabelle NA.1) und Nichtwohnungsbau (siehe Tabelle NA.2) unterschieden.

Tabelle NA.1 — Wohnungsbau

Thema	Abschnitte/Unterabschnitte dieser Europäischen Norm	Bisher in Deutschland verwendete Berechnungsverfahren	
		Dokument	Hinweise
Energetische Bewertung	alle	DIN V 4701-10	Wohnungslüftungsanlagen ohne Kühlung für die Verwendung nach EnEV
Energetische Bewertung	alle	DIN V 18599-6	Wohnungslüftungsanlagen ohne Kühlung
Statistisches Verfahren	7.3	—	—

Tabelle NA.2 — Nichtwohnungsbau (RLT-Anlagen nach DIN EN 13779)

Thema	Abschnitte/Unterabschnitte dieser Europäischen Norm	Bisher in Deutschland verwendete Berechnungsverfahren	
		Dokument	Hinweise
Energetische Bewertung	alle	DIN V 18599-3: 2007-02, Anhang C	Verfahren und Randbedingungen für die Ermittlung
Statistisches Verfahren	7.3	DIN V 18599-3	—
		E DIN EN 15243, 2005-09, E.2	Entspricht dem Verfahren in DIN V 18599-3:2007-02.

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 13779, *Lüftung von Nichtwohngebäuden — Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage*

E DIN EN 15243, 2005-09, *Lüftung von Gebäuden — Berechnung der Raumtemperaturen, der Last und Energie von Gebäuden mit Klimaanlage*

DIN V 18599-1, *Energetische Bewertung von Gebäuden — Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung — Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger*

DIN V 18599-2, *Energetische Bewertung von Gebäuden — Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung — Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen*

DIN V 18599-3:2007-03, *Energetische Bewertung von Gebäuden — Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung — Teil 3: Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung*

DIN V 18599-4, *Energetische Bewertung von Gebäuden — Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung — Teil 4: Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung*

DIN V 18599-5, *Energetische Bewertung von Gebäuden — Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung — Teil 5: Endenergiebedarf von Heizsystemen*

DIN V 18599-6, *Energetische Bewertung von Gebäuden — Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung — Teil 6: Endenergiebedarf von Wohnungslüftungsanlagen und Luftheizungsanlagen für den Wohnungsbau*

DIN V 18599-7, *Energetische Bewertung von Gebäuden — Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung — Teil 7: Endenergiebedarf von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau*

DIN V 18599-8, *Energetische Bewertung von Gebäuden — Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung — Teil 8: Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen*

DIN V 18599-9, *Energetische Bewertung von Gebäuden — Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung — Teil 9: End- und Primärenergiebedarf von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen*

DIN V 18599-10, *Energetische Bewertung von Gebäuden — Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung — Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten.*

DIN V 4701-10, *Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen — Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung*

DIN V 4701-10 Beiblatt 1, *Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen — Teil 10: Diagramme und Planungshilfen für ausgewählte Anlagensysteme mit Standardkomponenten*

ICS 91.140.30

Deutsche Fassung

Lüftung von Gebäuden —
Berechnungsverfahren für den Energieverlust aufgrund der
Lüftung und Infiltration in Gebäuden

Ventilation for buildings —
Calculation methods for energy losses due to ventilation
and infiltration in buildings

Ventilation des bâtiments —
Méthodes de calcul des pertes d'énergie dues à la
ventilation et à l'infiltration dans les bâtiments

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 26. März 2007 angenommen.

Die Berichtigung tritt am 2. Februar 2011 in Kraft.

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

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

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



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

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B- 1050 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen	7
5 Allgemeiner Ansatz.....	8
6 Berechnung für den stationären Zustand	10
6.1 Grundlage des Berechnungsverfahrens	10
6.2 Zuluft durch Infiltration, passive Außenwandluftdurchlässe oder Fenster.....	10
6.3 Berechnung der Zuluft für kombinierte Lüftungsanlagen und für Nur-Zuluftanlagen	10
6.3.1 Allgemeines	10
6.3.2 Wärmeverluste der Luftleitungen.....	10
6.3.3 Leckageverluste der Luftleitung	11
6.3.4 Ventilator	11
6.3.5 Wärmeübertrager	14
6.3.6 Mischkammer	16
6.3.7 Vorwärmung	17
6.3.8 Vorkühlung	17
6.3.9 Befeuchtung im Winter	18
6.3.10 Entfeuchtung.....	19
7 Anwendung des Verfahrens	19
7.1 Allgemeines	19
7.2 Verfahren auf Stundenbasis	19
7.3 Verfahren auf monatlicher Basis.....	20
7.3.1 Anlagen ohne oder mit geringem Luftfeuchteinfluss	20
7.3.2 Anlagen mit mittlerem oder hohem Luftfeuchteinfluss	21
7.4 Auf nationaler Ebene anzuwendendes statistisches Verfahren	21
Anhang A (informativ) Vereinfachtes Modell für einen Erdreich-Luft-Wärmeübertrager	22
A.1 Hintergrund und Zusammenfassung.....	22
A.2 Überblick über Variablen, Parameter und Konstanten	23
A.2.1 Eingangsgrößen.....	23
A.2.2 Ergebnisgrößen	23
A.2.3 Örtliche Variablen	23
A.2.4 Parameter	24
A.2.5 Berechnete Parameter.....	24
A.2.6 Konstanten	24
A.3 Physikalische Beschreibung des Erdreich-Luftwärmeübertragungsmodells.....	24
A.3.1 Wärmedurchgangskoeffizient (<i>U</i> -Wert) der Luftleitung.....	24
A.3.2 Erdreichtemperatur.....	25
A.3.3 <i>VS</i> – Kurvenverschiebung	25
A.3.4 Wärmestrom vom Erdreich zur Luft.....	26
A.3.5 Druckverluste des Wärmeübertragers.....	26
Literaturhinweise	27

Vorwort

Dieses Dokument (EN 15241:2007 + AC:2011) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 156 „Lüftung von Gebäuden“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis November 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis November 2007 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument wurde unter dem Mandat (Mandat 343) erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt hat. Es unterstützt grundlegende Anforderungen der Europäischen Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden 2002/91/EG (en: Energy Performance of Building Directive (EPBD)). Das Dokument gehört zu einer Normenreihe mit dem Ziel, ein europäisch harmonisiertes Berechnungsverfahren zur Energieeffizienz von Gebäuden darzulegen. Einen Überblick über diese Normenreihe gibt das Dokument CEN/TR 15615, *Erläuterung der allgemeinen Beziehung zwischen verschiedenen CEN-Normen und der Europäischen Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) (übergeordnetes Dokument)*.

Es wird auf die Notwendigkeit zur Beachtung der relevanten EU Direktiven, welche in nationalen gesetzlichen Bestimmungen umgesetzt werden, hingewiesen. Bestehende nationale Regularien mit oder ohne Bezug auf nationale Normen können vorübergehend die Ausführung der in diesem Bericht erwähnten Europäischen Normen beschränken.

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

Einleitung

Diese Norm legt das Verfahren zur energetischen Berechnung der durch die Lüftungsanlage und durch Infiltration verursachten Luftvolumenströme fest. Die Auswirkung der Lüftungsanlage wird als direkte (Energie, die zur Behandlung und Bewegung der Luft im Lüftungssystem aufgewendet wird) und als indirekte (Auswirkung auf Heizung und Kühlung des Gebäudes) Auswirkung berechnet. Diese Norm steht zu anderen Normen in folgenden Beziehungen:

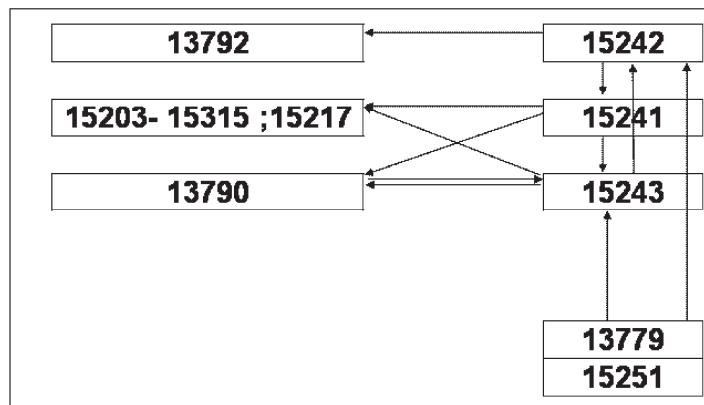


Bild 1 — Darstellung der Beziehung der Normen untereinander

Tabelle 1 — Beziehung der Normen untereinander

Von	Zu	Übergebene Informationen	Variablen
15251	15243	Innenraumklima-Anforderungen	Sollwerte für Heizung und Kühlung
13779 15251	15242	Luftvolumenstromanforderungen für Behaglichkeit und Gesundheit	Erforderliche Zuluft- und Fortluftvolumenströme
15242	15241	Luftvolumenströme	Luftvolumenströme in und aus dem Gebäude
15241	13792	Luftvolumenströme	Luftvolumenstrom für die Berechnung der sommerlichen Behaglichkeit
15241	15203 15315;15217	Energie	Energien je Energieträger für Lüftung (Ventilatoren, Befeuchtung, Vorkühlung, Vorheizung), + Heizung und Kühlung für Luftsysteme
15241	13790	Daten für Berechnung für Heizung und Kühlung	Temperaturen, Luftfeuchten und Luftvolumenströme in das Gebäude
15243	15243	Daten für Luftsysteme	Für Heizung und Kühlung erforderliche Energie

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Von	Zu	Übergebene Informationen	Variablen
15243	15242	Daten für Luftheiz- und -kühlsysteme	Notwendige Luftvolumenströme, wenn erforderlich
15243	13790	Daten für Berechnungen für Gebäudeheizung und -kühlung	Sollwert, Nutzungsgrad, nutzbare Verteilungsverluste, nutzbare Erzeugungsverluste
13790	15243	Daten für Anlagenberechnung	Für die Erzeugung erforderliche Energie

EN-Titel:

prEN 15217, *Energieeffizienz von Gebäuden — Verfahren zur Darstellung der Energieeffizienz und zur Energiepasserstellung von Gebäuden*

prEN 15603, *Energieeffizienz von Gebäuden — Bewertung des Energieverbrauchs und Festlegung der Leistungsindikatoren*

prEN 15243, *Lüftung von Gebäuden — Berechnung der Raumtemperaturen, der Last und Energie von Gebäuden mit Klimaanlage*

prEN ISO 13790, *Energieeffizienz von Gebäuden — Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung (ISO/DIS 13790:2005)*

EN 15242, *Lüftung von Gebäuden — Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Luftvolumenströme in Gebäuden einschließlich Infiltration*

EN 15241, *Lüftung von Gebäuden — Berechnungsverfahren für den Energieverlust aufgrund der Lüftung und Infiltration in Nichtwohngebäuden*

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

EN 13792, *Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden — Berechnung von sommerlichen Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik — Vereinfachtes Berechnungsverfahren*

EN 15251, *Bewertungskriterien für den Innenraum einschließlich Temperatur, Raumluftqualität, Licht und Lärm*

Diese Norm wendet sich an Entscheidungsträger in der Baubranche, an Entwickler von Gebäudesimulationssoftware, an Industrieunternehmen und Ingenieurbüros.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm beschreibt das Verfahren zur Berechnung der energetischen Auswirkungen von Lüftungsanlagen (einschließlich Fensterlüftung) in Gebäuden, das z. B. bei Energieberechnungen und Heiz- und Kühllastberechnungen anzuwenden ist.

Der Zweck besteht darin, festzulegen, wie die Kennwerte (Temperatur, Luftfeuchte) der in das Gebäude eintretenden Luft und die entsprechenden für ihre Behandlung erforderlichen Energien und elektrische Hilfsenergie zu berechnen sind.

Diese Norm kann auch auf Luftherhitzer und -kühler angewendet werden, wenn sie die Lüftung sicherstellen, wobei zu berücksichtigen ist, dass die geforderte Heiz- bzw. Kühllast und die entsprechenden Luftvolumenströme und/oder Lufttemperaturen in prEN 15243 festgelegt werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 12792:2003, *Lüftung von Gebäuden — Symbole, Terminologie und graphische Symbole*

EN 13053:2006, *Lüftung von Gebäuden — Zentrale raumluftechnische Geräte — Leistungskenndaten für Geräte, Komponenten und Baueinheiten*

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

prEN 15232, *Energieeffizienz von Gebäuden — Auswirkungen der Gebäudeautomation und des Gebäudemanagements*

EN 15242, *Lüftung von Gebäuden — Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Luftvolumenströme in Gebäuden einschließlich Infiltration*

prEN 15243, *Lüftung von Gebäuden — Berechnung der Raumtemperaturen, der Last und Energie für Gebäude mit Klimaanlage*

prEN ISO 13790, *Energieeffizienz von Gebäuden — Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung (ISO/DIS 13790:2005)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 12792:2003 und die folgenden Begriffe.

3.1

Defroster

Einrichtung, die vor dem Wärmeübertrager angeordnet wird, um dessen Vereisen zu verhindern

3.2

Vorwärmer

Wärmeübertrager, der dazu dient, die Luft im Zuluftsystem auf einen zuvor festgelegten (z. B. einen nicht nach der Raumtemperatur geregelten) Wert vorzuwärmen

3.3

Vorkühler

Wärmeübertrager, der dazu dient, die Luft im Zuluftsystem auf einen zuvor festgelegten Wert vorzukühlen

3.4

Gebäudehöhe

Höhe des Gebäudes von der Geländehöhe am Eingang bis zur Höhe der Dachoberkante

3.5

Gebäudeleckluftmenge

Gesamtleckluftstrom für eine bestimmte Prüfdruckdifferenz über das Gebäude

3.6

Gebäudevolumen

Volumen innerhalb der Außenwände des für einen bestimmten Zweck konditionierten Gebäudes (oder Gebäudeteils). Dazu gehören im Allgemeinen weder der Dachboden noch das Kellergeschoss oder etwaige Anbauten an das Gebäude

3.7

Lufttemperatur des Gebäudes

mittlere Lufttemperatur der Räume

4 Symbole und Abkürzungen

Tabelle 2 — Symbole und Abkürzungen

Symbol	Einheit	Beschreibung
A	m ²	Fläche
Bh	m	Gebäudehöhe
C_{ductleak}	ad	Koeffizient, mit dessen Hilfe die Undichtheit der Luftleitung berücksichtigt wird
C_{sys}	ad	Koeffizient, mit dessen Hilfe die Komponenten- und Anlagen-Bemessungstoleranzen berücksichtigt werden
C_{use}	ad	Koeffizient, mit dessen Hilfe das Ein- und Ausschalten von Ventilatoren berücksichtigt wird
C_{cont}	ad	Koeffizient, der von der örtlichen Luftvolumenstromregelung abhängt
Eff	ad	Effizienz
H	W/K	Wärmeverlustkoeffizient
$q_v(\text{dP})$	Kurve oder Formel	Luftvolumenstrom-/Druckdifferenz-Kennwert
$q_{v\ 4\ \text{Pa},n}$ oder $n_{50,n}$	m ³ /h	Luftdichtheit der äußeren Gebäudehülle, ausgedrückt als Luftvolumenstrom für eine gegebene Druckdifferenz, Exponent
$q_{v\ 4\ \text{Pa},n}$ oder $n_{50,n}$	m ³ /h	partielle Luftdichtheit für Höhe (z), Ausrichtung (or), Kippwinkel (Neigung), Exponent
$q_{v\ \text{exh}}$	m ³ /h	Fortluftvolumenstrom
$q_{v\ \text{sup}}$	m ³ /h	Zuluftvolumenstrom
P	W	Heizleistung
R	Ad	Verhältnis
θ	°C	Temperatur
x	g/kg trockene Luft	Feuchtegehalt der Luft

Tabelle 3 — In den Dokumenten verwendete Indizes

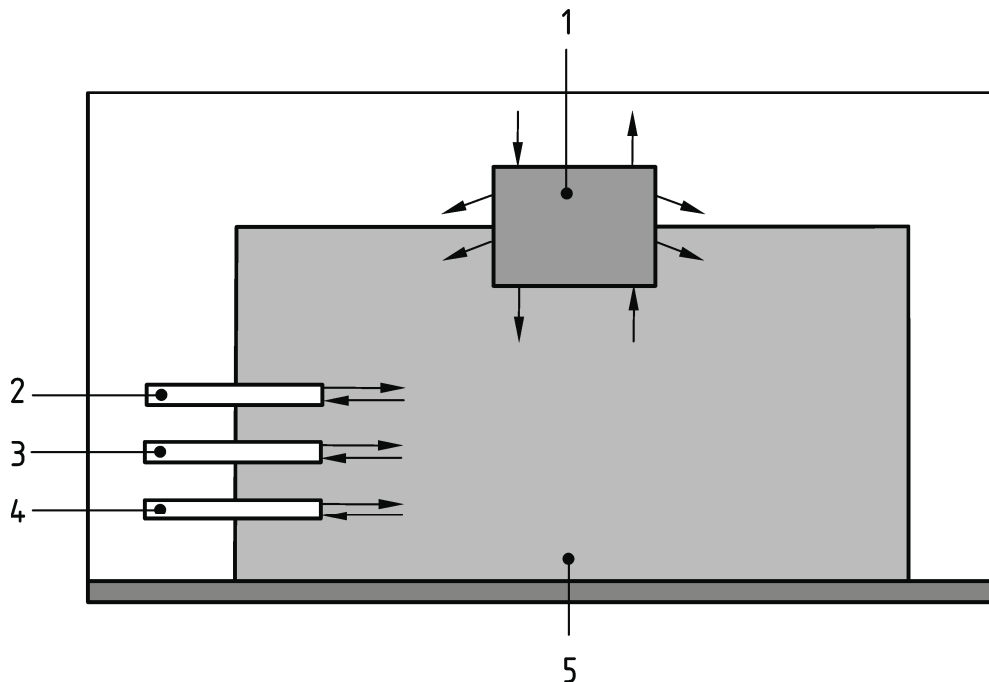
sup	die Zuluft nach der Definition in EN 13779 betreffend	rec	die Umluft betreffend
exh	die Fortluft nach der Definition in EN 13779 betreffend	ductsurr	die die Luftleitung umgebende Luft betreffend
e1	die in das Lüftungsgerät eintretende Fortluft betreffend	e2	die aus dem Lüftungsgerät austretende Fortluft betreffend
s1	die in das Lüftungsgerät eintretende Zuluft betreffend	s2	die aus dem Lüftungsgerät austretende Zuluft betreffend
PC	die Vorkühlung betreffend	PH	die Vorwärmung betreffend
hum	die Befeuchtung betreffend	fan bzw. f	den Ventilator betreffend
HE	den Wärmeübertrager betreffend	f,r	die aus der Ventilatorarbeit rückgewonnene Wärme betreffend
ext	außen	int	innen
duct	die Luftleitung betreffend	cont	Regelung

5 Allgemeiner Ansatz

EN 15242 legt das Verfahren zur Berechnung der Luftvolumenströme fest, die in den beheizten/klimatisierten Bereich durch Undichtheiten, geöffnete Fenster, für bestimmte Zwecke vorgesehene Außenwandluftdurchlässe (die als Teil der Lüftungsanlage betrachtet werden) und die Lüftungsanlage entweder eintreten oder aus diesem austreten.

Für die Berechnung des Gesamtheiz- und Kühlbedarfs nutzt das in prEN ISO 13790 angegebene Verfahren direkt Luftvolumenströme, die durch Undichtheiten, geöffnete Fenster und für bestimmte Zwecke vorgesehene Außenwandluftdurchlässe in das Gebäude eintreten; wenn diese Luftvolumenströme bekannt sind, besteht keine weitere energetische Auswirkung. Daher befasst sich diese Norm vorwiegend mit der Auswirkung der Luftbehandlung und -bewegung auf die Lüftungsanlage selbst.

Für Luftheiz- und -kühlanlagen gibt prEN 15243 die geforderten Luftvolumenströme und Zulufttemperaturen an.



Legende

- 1 Lüftungsanlage
- 2 Fensteröffnung
- 3 Außenwandluftdurchlass
- 4 Undichtheit
- 5 Bezugsinnendruck

Bild 2 — Allgemeine Darstellung der Luftvolumenströme

Die hier betrachtete Lüftungsanlage umfasst Heizung und Kühlung nicht direkt, sondern nur Vorwärmer und Vorkühler. Die Beschreibung und die Berechnung der lokalen Heiz- und Kühlsysteme werden nicht direkt berücksichtigt. Dennoch können ihre möglichen Auswirkungen auf die Fortlufttemperatur oder auf die geforderten Sollwerte des Luftvolumenstroms und Regelungen betrachtet werden.

Das Ziel dieser Norm besteht daher darin, die für die Verfahren zur Berechnung der Heizung und Kühlung erforderlichen „Luftinformationen“ bereitzustellen, d. h.:

- Volumenströme (nach EN 15242), Temperatur und Feuchte der in die beheizte/klimatisierte Zone eintretenden Luft, sowohl hinsichtlich Lüftung als auch Infiltration;
- Elektroenergiebedarf von Ventilator und Hilfsenergien;
- für Enteisung, Vorwärmen, Vorkühlen, Befeuchten und Entfeuchten erforderliche Energie;
- die aufgrund von Infiltration bestehenden Energieanforderungen hinsichtlich Heizung und Kühlung sind nicht Gegenstand dieser Norm.

Die für das Erwärmen und Abkühlen von Luftheiz- und -kühlsystemen erforderliche Energie kann unter Anwendung der in prEN 15243 gegebenen Gleichungen einbezogen werden.

Diese Energien werden durch Energieträger und deren Verwendung (Heizung, Kühlung, Lüftung) bereitgestellt. In einigen Fällen müssen bestimmte Annahmen getroffen werden, z. B. ob ein Ventilator für Lüftung, Heizung und Kühlung verwendet wird.

Abschnitt 7 zeigt drei Anwendungsmöglichkeiten der in Abschnitt 6 beschriebenen Berechnungsverfahren.

6 Berechnung für den stationären Zustand

6.1 Grundlage des Berechnungsverfahrens

Ausgehend von den Luftvolumenströmen ist das Ziel des Verfahrens die Berechnung der folgenden Werte:

- Temperatur und Feuchte der in die beheizte oder gekühlte Zone eintretenden Luftvolumenströme;
- für die Luftbehandlung aufgewendete Energie.

6.2 Zuluft durch Infiltration, passive Außenwandluftdurchlässe oder Fenster

Es wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass die Luft Außenluft konditioniert hat.

Außenwandluftdurchlässe und Erdreich-Wärmeübertrager sind Teil dieser Norm.

Falls die Luft aus einem benachbarten Raum eingeführt wird, ist die Lufttemperatur für diesen Raum nach prEN ISO 13790 zu berechnen.

6.3 Berechnung der Zuluft für kombinierte Lüftungsanlagen und für Nur-Zuluftanlagen

6.3.1 Allgemeines

Die folgenden Unterabschnitte beschreiben, wie sich die Luftkonditionen in jeder Komponente ändern und wie viel Energie für diese Behandlung erforderlich ist.

6.3.2 Wärmeverluste der Luftleitungen

6.3.2.1 Wärmeübertragung durch die in der beheizten oder klimatisierten Zone befindlichen Luftleitungen

Es ist festzustellen, ob diese Verluste im Hinblick auf die für die Berechnungen erforderliche Genauigkeit von Bedeutung sind.

Bei Anlagen, die weder heizen noch kühlen, können sie vernachlässigt werden.

Ist dies nicht der Fall, sind die Gleichungen anzuwenden, die auch bei Luftleitungen außerhalb der klimatisierten Zone zur Anwendung kommen, wobei jedoch die Temperatur der die Luftleitung umgebenden Luft gleich der Zonentemperatur ist. Wenn die Wärmeübertragung der Zone an die Luft in der Luftleitung berücksichtigt wird, muss die Energiebilanz des Raums vervollständigt werden (z. B. muss ein Verlust der an die Luft übertragenen Wärme durch die Zone erfolgen).

6.3.2.2 Wärmeübertragung durch die außerhalb der beheizten oder klimatisierten Zone befindlichen Luftleitungen

Die Lufttemperatur ändert sich in der Luftleitung wie folgt:

$$\theta_2 = \theta_1 + \Delta T_{duct}$$

$$x_2 = x_1$$

Dabei ist

ΔT_{duct} die Differenz zwischen den Lufttemperaturen beim Einströmen in die und Ausströmen aus der Luftleitung, in K;

θ_1, x_1 die Lufttemperatur und die Luftfeuchte beim Einströmen in die Luftleitung (in °C und g/kg trockene Luft);

θ_2, x_2 die Lufttemperatur und die Luftfeuchte beim Ausströmen aus der Luftleitung (in °C und g/kg trockene Luft).

ΔT_{duct} wird wie folgt berechnet:

$$\Delta T_{\text{duct}} = (\theta_1 - \theta_{\text{surduct}}) \left(1 - e^{\left(\frac{H_{\text{duct}}}{0,34 \cdot q_{\text{vduct}}} \right)} \right)_s$$

Dabei ist

θ_{surduct} die Temperatur der die Luftleitung umgebenden Luft, in diesem Fall gleich der Außenlufttemperatur, in °C;

H_{duct} der Wärmeverlust der Luftleitung an die Umgebung, in W/K;

q_{vduct} der Luftvolumenstrom in der Luftleitung, in m³/h.

6.3.3 Leckageverluste der Luftleitung

Der Infiltrations- und Exfiltrationsluftvolumenstrom der Luftleitung wird nach EN 15242 berechnet.

Falls die Luft durch Exfiltration austritt, tritt keine Änderung der Luftkennwerte in der Luftleitung (aber eine Differenz in den Luftvolumenströmen) ein.

Bei Infiltration der Luft wird die Außenluft mit der Luft in der Luftleitung gemischt.

6.3.4 Ventilator

Die Lufttemperatur wird durch den Ventilator mit einem ΔT_{fan} -Wert von

$$\Delta T_{\text{fan}} = \frac{F_{\text{fan}} \cdot R_{\text{f,r}}}{\rho \cdot c \cdot q_{\text{vfan}}}$$

erhöht.

Dabei ist

ΔT_{fan} der durch den Ventilator verursachte Anstieg der Lufttemperatur, in K;

F_{fan} die Ventilatorleistung, in W;

$R_{\text{f,r}}$ der Ventilator-Rückgewinnungsgrad (ad.);

ρc das Produkt aus der Luftdichte und der spezifischen Wärmekapazität, in 34 Wh/(m³ · K). Als Standardwert kann ein Wert von 0,34 Wh/(m³ · K) verwendet werden (bei 20 °C);

q_{vfan} ist der Luftvolumenstrom durch den Ventilator, in m³/h.

ANMERKUNG 1 EN 13779 enthält Angaben zur Klassifizierung der Ventilatorleistung.

Der Ventilator-Rückgewinnungsgrad, $R_{\text{f,r}}$, ist das Verhältnis der vom Ventilator an die Luft übertragenen Wärme zu der dem Ventilator zugeführten elektrischen Energie. Tabelle 4 enthält Standardwerte. Wenn die Lage unbekannt ist, muss der ungünstigste Wert angewendet werden (bei Kühlung Motor im Luftvolumenstrom, bei Heizung außerhalb des Luftvolumenstroms).

Tabelle 4 — $R_{f,r}$ -Werte

Motor im Luftvolumenstrom	0,9
Motor außerhalb des Luftvolumenstroms	0,6

Bei bedarfsgeregelter Lüftung oder Anlagen mit variablem Luftvolumenstrom (VVS-Anlagen) ohne Umluft (100 % Außenluft) darf zur Vereinfachung der Berechnung davon ausgegangen werden, dass der Elektroenergiebedarf des Ventilators aus der Ventilatorleistung bei einem mittleren Luftvolumenstrom von $C_{cont} \cdot q_v$ ermittelt werden kann.

ANMERKUNG 2 Es können auch andere Annahmen zugrunde gelegt werden, sie müssen jedoch beschrieben werden. Falls z. B. die Ventilatorleistung bei Höchst- und Mindestdrehzahl Einfluss auf das Gesamtergebnis hat, kann ein anderes Verfahren zur Berechnung der mittleren Aufnahmeleistung des Ventilators angewendet werden, welches dies berücksichtigt.

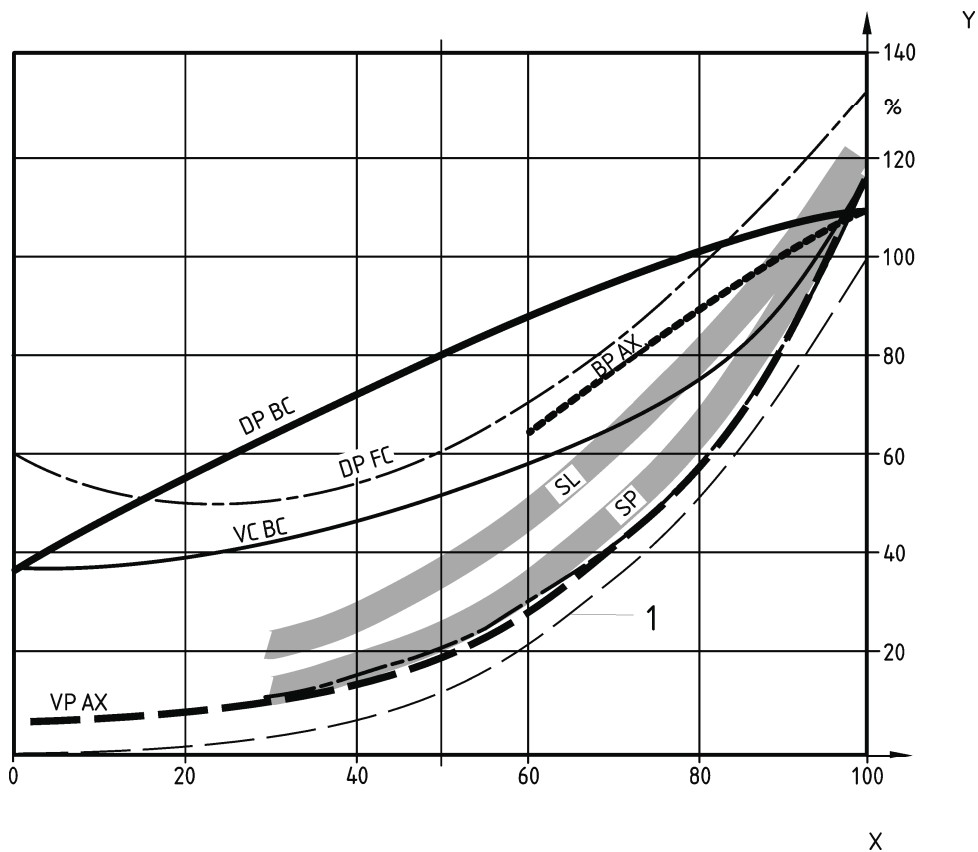
Für VVS-Anlagen mit Umluft hängt C_{cont} von der Stellung der Außenluftklappe ab, während die Leistungsaufnahme des Ventilators vom Verhältnis des mittleren zum maximalen Luftvolumenstrom abhängt.

Daher gilt:

- für bedarfsgeregelte und VVS-Anlagen mit 100 % Außenluft: Luftvolumenstromverhältnis = C_{cont} ;
- für VVS-Anlagen mit Umluft ist das Luftvolumenstromverhältnis gleich dem gewichteten mittleren Luftvolumenstrom in der Anlage, dividiert durch den maximalen Luftvolumenstrom in der Anlage;
- falls keine Bemessung möglich ist, können der mittlere Luftvolumenstrom und ein Standardwert von 80 % verwendet werden.

In jedem Fall muss die Steuerung des Ventilators berücksichtigt werden, um zu bestimmen, in welchem Maß die Leistungsaufnahme des Ventilators sinkt.

Falls keine Informationen zur Verfügung stehen, vermittelt zum Beispiel die folgende Kurve eine Vorstellung vom Verhältnis der Leistungsaufnahme des Ventilators zum Luftvolumenstromverhältnis für verschiedene Regelungsarten.



Legende

- | | | | | | |
|----|-------------------|----|--------------------------|----|--|
| X | Luftvolumenstrom | VC | variable Regelung | BC | rückwärts gekrümmte Ventilator-schaufeln |
| Y | Leistungsaufnahme | VP | variable Schaufelneigung | FC | vorwärts gekrümmte Ventilator-schaufeln |
| DP | Drosselregelung | SP | Drehzahlregelung | | |
| BP | Beipassregelung | SL | Schlupfregelung | | |

Bild 3 — Beispiel für die Leistungsaufnahme des Ventilators in Abhängigkeit vom Luftvolumenstrom

Falls zum Beispiel für eine bedarfsgeregelte Anlage für C_{cont} ein Wert von 0,5 ermittelt wurde, kann davon ausgegangen werden, dass die Aufnahmeleistung des Ventilators gleich der Leistung bei einem Luftvolumenstromverhältnis von 50 % ist, d. h. in diesem Falle 30 % des Höchstwertes bei Drehzahlregelung.

Daher fasst die nachstehende Tabelle 5 die Verhältnisse zusammen, die auf die maximale Ventilatorleistung in Abhängigkeit von C_{cont} und der Regelungsart angewendet werden können.

Tabelle 5 (informativ) — Beispiel für das Ventilatorleistungsverhältnis in Abhängigkeit von der Regelung und dem Luftvolumenstromverhältnis

mittlere Ventilatorleistung = Ventilatorleistungsverhältnis · maximale Ventilatorleistung

Luftvolumenstromverhältnis	0,2	0,4	0,6	0,8
Drosselregelung bei einem Radialventilator mit vorwärts gekrümmten Schaufeln	55 %	75 %	90 %	100 %
Drosselregelung bei einem Radialventilator mit rückwärts gekrümmten Schaufeln	50 %	55 %	70 %	100 %
Drehzahlregelung	10 %	18 %	35 %	65 %

6.3.5 Wärmeübertrager

6.3.5.1 Wärmeübertrager für ausschließlich sensible Wärme

Bei gleichem Zuluft- und Abluftvolumenstrom werden die Temperaturänderungen wie folgt berechnet:

$$\theta_{s2} = \theta_{s1} + \Delta T_{\text{HEsup}}$$

$$\theta_{e2} = \theta_{e1} + \Delta T_{\text{HEextr}}$$

Dabei sind

$\theta_{e1,xe1}$ die Abluftkonditionen vor dem Wärmeübertrager;

$\theta_{s1,xs1}$ die Zuluftkonditionen vor dem Wärmeübertrager;

$$\Delta T_{\text{HEsup}} = \text{Eff}_{\text{HE}} (\theta_{e1} - \theta_{s1});$$

$$\Delta T_{\text{HEextr}} = -\Delta T_{\text{HEsup}};$$

Eff_{HE} der Rückgewinnungsgrad des Wärmeübertragers für gleiche oder annähernd gleiche Zuluft- und Abluftvolumenströme.

Für (nach EN 13141-7 geprüfte) Zuluft- und Ablufteinheiten für Einfamilienhäuser schließt die Gesamteffizienz den durch den Ventilator verursachten Temperaturanstieg ein, falls die Anordnung des Ventilators dessen Wärmerückgewinnung ermöglicht. Er muss daher bei der Berechnung in der Gleichung gleich null gesetzt werden, da er im Wärmerückgewinnungsgrad bereits enthalten ist.

6.3.5.2 Wärmeübertrager für sensible und latente Wärme

Die Gleichungen können unter gesonderter Berücksichtigung der Temperatur- und Luftfeuchteänderungen aufgestellt werden, die Produktnormen legen jedoch für hygroskopische Einheiten nur einen Prüfpunkt fest, was nicht ausreicht, um beide Einflüsse (Temperatur und Luftfeuchte) zu beschreiben.

6.3.5.3 Aspekte der Enteisung

Aspekte der Enteisung werden auch in EN 13053:2006, Anhang A, behandelt.

Es gibt zwei Möglichkeiten, um Vereisung zu verhindern:

- direkte Regelung der Enteisung am Wärmeübertrager (Bypass, Rotationswärmeübertrager oder separate Abschaltung des Zuluftventilators), falls möglich;
- Verwendung eines Defrosters zur Vorwärmung der Außenluft.

In beiden Fällen ist die Fortlufttemperatur θ_{e2} auf einen Minimalwert $\theta_{e2\text{min}}$ begrenzt.

Stehen keine nationalen Angaben zur Verfügung, können die folgenden Standardwerte für $\theta_{e2\text{min}}$ verwendet werden:

Wohngebäude	5 °C;
Plattenwärmeübertrager für Nichtwohngebäude	0 °C;
Rotationswärmeübertrager für Nichtwohngebäude	-5 °C;
Standardwert für $\theta_{\text{setdefrost}}$	5 °C.

a) Direkte Regelung der Enteisung:

Auf θ_{e2} muss ein Korrekturwert $\Delta(\Delta T_{\text{HEext}})_a$ angewendet werden:

$$\Delta(\Delta T_{\text{HEext}})_a = \max(0; \theta_{e2\text{min}} - \theta_{e2})$$

Falls der Abluft- und der Zuluftvolumenstrom gleich sind, muss derselbe Korrekturwert auf die Zulufttemperatur θ_{s2} angewendet werden:

$$\Delta(\Delta T_{\text{HEsup}})_a = -\Delta(\Delta T_{\text{HEext}})_a$$

Der korrigierte Wert für θ_{s2} ist niedriger als der ursprüngliche Wert, was dem Wärmeverlust aufgrund des Enteisens entspricht.

b) Defroster:

Die Außenluft wird bis zu einem $\theta_{\text{setdefrost}}$ -Wert erwärmt. In diesem Fall ist es erforderlich, die Luft direkt zu erwärmen. Die zur Erwärmung der Luft erforderliche Heizleistung, P_{defrost} , in W, wird wie folgt berechnet:

$$P_{\text{defrost}} = \max[0; 0,34q_v(\theta_{\text{setdefrost}} - \theta_{s1})]$$

Um die minimale Fortlufttemperatur $\theta_{e2\text{min}}$ für den Wärmeübertrager zu erhalten, muss der $\theta_{\text{setdefrost}}$ -Wert berechnet werden, was bei gleichem Zuluft- und Abluftvolumenstrom wie folgt geschieht:

$$\theta_{\text{setdefrost}} = \theta_{e1} + (\theta_{e2\text{min}} - \theta_{e1}) / \text{Eff}_{\text{HE}}$$

ANMERKUNG Der $\theta_{\text{setdefrost}}$ -Wert steigt mit zunehmenden Wärmerückgewinnungsgrad an.

Die Kennwerte der Luft werden wie folgt berechnet:

$$\theta_{s1} = \theta_{\text{ext}}$$

$$x_{s1} = x_{\text{ext}}$$

$$\theta_{s2} = \max(\theta_{s1}, \theta_{\text{setdefrost}})$$

$$x_{s2} = x_{s1}$$

6.3.5.4 Freie Kühlung – Begrenzung der Zulufttemperatur

Nur gültig, wenn eine Bypass Bestimmung vorhanden ist.

Die Zulufttemperatur θ_{s2} kann auf einen Maximalwert $\theta_{s2\text{max}}$ begrenzt werden, um zu verhindern, dass die Luft in einer Kühlperiode erwärmt wird. Der ΔT_{HEsup} -Wert muss durch Anwendung des folgenden Wertes korrigiert werden:

$$\Delta(\Delta T_{\text{HEsup}}) = \min[0; \max(\theta_{s2\text{max}} - \theta_{s2}; \theta_{s1} - \theta_{s2})]$$

Falls keine Begrenzung erfolgt, kann dieselbe Formel angewendet werden, wenn $\theta_{s2\text{max}}$ auf einen hohen Wert (zum Beispiel 100 °C) gesetzt wird.

Der neue Wert für θ_{s2} mit Regelung (θ_{s2c}) ist dann:

$$\theta_{s2c} = \theta_{s2} + \Delta\Delta T_{\text{HEsupa}} + \Delta\Delta T_{\text{HEsupb}}$$

6.3.6 Mischkammer

Die Zuluft ist ein Gemisch aus Außenluft und Umluft. Die Mischung erfolgt in der Mischkammer (oder Umluftkammer) mit Hilfe von Luftklappen.

Es wird davon ausgegangen, dass die Luftvolumenströme im Gebäude (Zuluft und Fortluft) bekannt sind. Die Umluft ändert daher nur die das Gebäude verlassenden Luftströme, und zwar wie folgt:

$$q_{vs1} = (1 - R_{\text{rec}})q_{s2}$$

$$q_{ve2} = (1 - R_{\text{rec}})q_{e1}$$

$$\theta_{s2} = R_{\text{rec}}\theta_{e1} + (1 - R_{\text{rec}})\theta_{s1}$$

$$x_{s2} = R_{\text{rec}}x_{e1} + (1 - R_{\text{rec}})x_{s1}$$

$$\theta_{e2} = \theta_{e1}$$

$$x_{e2} = x_{e1}$$

Dabei ist

- θ_{e1} die Ablufttemperatur vor der Mischkammer, in °C;
- x_{e1} die Abluftfeuchte vor der Mischkammer, in g/kg trockene Luft;
- q_{ve1} der Abluftvolumenstrom vor der Mischkammer, in m³/h;
- θ_{e2} die Ablufttemperatur nach der Mischkammer;
- x_{e2} die Abluftfeuchte nach der Mischkammer;
- q_{ve2} der Abluftvolumenstrom nach der Mischkammer;
- θ_{s1} die Zulufttemperatur vor der Mischkammer;
- x_{s1} die Zuluftfeuchte vor der Mischkammer;
- q_{vs1} der Zuluftvolumenstrom vor der Mischkammer;
- θ_{s2} die Zulufttemperatur nach der Mischkammer;
- x_{s2} die Zuluftfeuchte nach der Mischkammer;
- q_{vs2} der Abluftvolumenstrom nach der Mischkammer;
- R_{rec} das Umluftverhältnis in der Zuluft.

Umluftregelung

Ähnlich wie bei einem Wärmeübertrager kann das Umluftverhältnis geregelt werden, um Energie einzusparen; vor allem wird die Außenluftzufuhr nur erhöht, falls dies erforderlich ist.

6.3.7 Vorwärmung

Aus Gründen der Behaglichkeit wird die Zuluft auf einen Wert θ_{setPH} erwärmt. Die erforderliche Heizleistung P_{preheat} sowie die Temperatur und Feuchte werden wie folgt berechnet:

$$P_{\text{preheat}} = \max[0; 0,34 q_{\text{vPH}} \cdot (\theta_{\text{SetPH}} - \theta_1)]$$

$$\theta_2 = \max(\theta_1, \theta_{\text{setPH}})$$

$$x_2 = x_1$$

Dabei ist

q_{vPH} der Luftvolumenstrom durch den Vorwärmer, in m³/h;

θ_{setPH} der Sollwert für die Vorwärmung, in °C;

θ_1 die Lufttemperatur vor dem Vorwärmer, in °C;

θ_2 die Lufttemperatur nach dem Vorwärmer;

x_1 die Luftfeuchte vor dem Vorwärmer, in g/kg trockene Luft;

x_2 die Luftfeuchte nach dem Vorwärmer.

Werte für θ_{setPH} können zum Beispiel je nach Anwendung im Bereich von 12 °C bis 15 °C liegen.

6.3.8 Vorkühlung

Aus Gründen der Behaglichkeit wird die Zuluft auf einen Wert θ_{setPC} (°C) abgekühlt. Die erforderliche Kühlleistung P_{precool} wird wie folgt berechnet:

$$P_{\text{precool}} = q_{\text{vPC}} \cdot [0,83 \cdot (x_2 - x_1) + 0,34(\theta_2 - \theta_1)]$$

Dabei ist

q_{vPC} der Luftvolumenstrom durch den Vorkühler, in m³/h;

θ_1 die Lufttemperatur vor dem Vorkühler, in °C;

θ_2 die Lufttemperatur nach dem Vorkühler, in °C;

x_1 die Luftfeuchte vor dem Vorkühler, in g/kg trockene Luft;

x_2 die Luftfeuchte nach dem Vorkühler, in g/kg trockene Luft.

x_2 und θ_2 werden wie folgt berechnet:

$$x_2 = x_1 + \Delta x_{PC}$$

$$\theta_2 = \theta_1 + \Delta T_{PC}$$

Dabei ist

$$\Delta T_{PC} = \max(0; \theta_1 - \theta_{\text{setPC}});$$

$$\Delta x_{PC} = \min(0; x_{\text{coil}} - x_1) \cdot (1 - BP_{\text{avfactor}});$$

$$x_{\text{coil}} = \text{EXP} [18,8161 - 4110,34 / (\theta_{\text{coil}} + 235)];$$

θ_{coil} die Vorkühlertemperatur mit einem Standardwert von 8 °C;

$$BP_{\text{avfactor}} = \min[1; (\theta_2 - \theta_{\text{coil}}) / (\theta_1 - \theta_{\text{coil}})].$$

BP_{avfactor} ist ein gemittelter Bypass-Faktor, der die Temperaturregelung berücksichtigt und daher höher als der tatsächliche Bypass-Faktor sein kann.

6.3.9 Befeuchtung im Winter

Die Luft wird bis zu einem Wert x_{sethum} (g/kg trockene Luft) befeuchtet.

Die erforderliche Heizleistung zur Befeuchtung der Luft bei konstanter Temperatur, P_{humid} , wird wie folgt berechnet:

$$P_{\text{humid}} = 0,83 q_{\text{vhum}} [0; (x_{\text{sethum}} - x_1)]$$

Dabei ist

q_{vhum} der Luftvolumenstrom durch den Befeuchter; in m³/h;

x_1 die Luftfeuchte vor dem Befeuchter, in g/kg trockene Luft.

Die Kennwerte der Luft (θ_2, x_2) nach dem Befeuchter sind:

$$\theta_2 = \theta_1$$

$$x_2 = \max(x_1; x_{\text{sethum}})$$

Dabei ist

θ_1 die Lufttemperatur vor dem Befeuchter, in °C;

θ_2 die Lufttemperatur nach dem Befeuchter, in °C;

x_2 die Luftfeuchte nach dem Befeuchter, in g/kg trockene Luft.

ANMERKUNG Es wird angenommen, dass die Lufttemperatur konstant bleibt (Dampfbefeuchtung) oder dass die Luft erwärmt wird, um sie konstant zu halten (Wasserbefeuchtung).

Diese Formel gilt daher nur für die Erhöhung der Luftfeuchte im Winter zur Vermeidung des Trockenheitsgefühls und nicht für die thermische Behaglichkeit unter sommerlichen Bedingungen (Verdunstungskühlung).

6.3.10 Entfeuchtung

Mit einer Entfeuchtung soll ein bestimmter Luftfeuchtegrad erreicht werden. Die Luft wird bis zu einem Wert $x_{\text{setdeshum}}$ (g/kg trockene Luft) getrocknet.

Zur Berechnung wird die Gleichung verwendet, die im Abschnitt zur Vorkühlung angegeben ist, wobei jedoch die Temperatur so anzupassen ist, dass die Sollwerte der Feuchte erreicht werden.

In den meisten Fällen ist ein einschließendes Erwärmen erforderlich, wobei wie für das Vorwärmen beschrieben vorzugehen ist.

Die Berechnung erfolgt nur, wenn der Sollwert der Feuchte, $x_{\text{setdeshum}}$ (g/kg trockene Luft), kleiner als der Feuchtegrad vor dem Entfeuchter, x_1 , ist.

Ist der Bypass-Faktor des Kühlers, BP_{coil} , bekannt, wird w_{coil} wie folgt berechnet:

$$x_{\text{coil}} = \frac{(x_{\text{setdeshum}} - x_1 \cdot BP_{\text{coil}})}{(1 - BP_{\text{coil}})}$$

Ist der Bypass-Faktor nicht bekannt, wird er gleich null gesetzt.

Temperatur bzw. Sollwerttemperatur des Entfeuchters werden wie folgt berechnet:

$$\theta_{\text{coil}} = [4110,34 / (18,8161 - \ln(x_{\text{coil}}))] - 235$$

$$\theta_{\text{setcoil}} = \theta_{\text{coil}}$$

Kräfte müssen jede Stunde über die betrachtete Zeitspanne addiert werden

7 Anwendung des Verfahrens

7.1 Allgemeines

Die allgemeinen Anwendungsbereiche sind die folgenden:

- Verfahren auf Stundenbasis;
- Verfahren auf monatlicher Basis;
- statistische Verfahren.

Vor einer Anwendung der Berechnungsverfahren sind Art und Leistung der Regelung nach prEN 15232 zu ermitteln.

7.2 Verfahren auf Stundenbasis

Wenn keine Zuluft durch Zu-/Abluftanlagen oder durch Nur-Zuluft-Anlagen in das Gebäude gelangt, werden die Luftkennwerte nach 6.2 berechnet. Die Energieaufnahme des Ventilators (falls vorhanden) muss berücksichtigt werden.

Anderenfalls ist die Berechnung unter Beachtung der Lüftungskomponenten wie folgt durchzuführen:

- 1) zu Beginn der jährlichen Berechnung sind die Anlagenparameter mit Ausnahme der Sollwerte und des Raum- und des Außenklimas festzulegen;
- 2) es sind folgende Parameter auf Stundenbasis festzulegen:
 - die Außenkonditionen ($\theta_{\text{ext}}, w_{\text{ext}}$);
 - die Raumluftkennwerte ($\theta_{\text{int}}, w_{\text{int}}$). Um Iterationen zu vermeiden, können die für die vorhergehende Stunde berechneten Werte verwendet werden;
 - die zu verwendenden Sollwerte;
 - die Luftvolumenströme.
- 3) Es sind folgende Schritte durchzuführen:
 - Berechnung der Abluftkonditionen vor dem Wärmeübertrager;
 - Außenluftleitung (Erwärmung und Mischung mit infiltrierter Luft);
 - Berechnung der Außenluftkonditionen vor dem Wärmeübertrager
 - Enteisung;
 - Berechnung der Abluft- und Zuluftkonditionen nach dem Wärmeübertrager
 - Wärmeübertrager;
 - Berechnung bei zusätzlicher Behandlung der Zuluft;
 - a) Ventilator;
 - b) Leckageverluste der Luftleitungen außerhalb des Gebäudes;
 - c) Vorwärmung;
 - d) Vorkühlung;
 - e) Befeuchtung.

Diese Reihenfolge ist nicht festgelegt, sie ist aber korrekt im Hinblick auf die Berechnung der Temperaturen, Luftfeuchten und Energien unter folgenden Annahmen:

- die Regelung von Vorwärmung und Vorkühlung erfolgt in Bezug auf die Zuluft im beheizten/klimatisierten Bereich; die Leckageverluste der Luftleitungen und die Auswirkungen des Ventilators sind daher kompensiert;
- der Temperatursollwert für die Vorkühlung ist niedriger als der Sollwert für die Vorwärmung (dies sollte obligatorisch sein!);
- der Sollwert der Luftfeuchte für die Befeuchtung ist niedriger als die Sättigungsluftfeuchte für den Kühler (oder es sollte verhindert werden, dass beide gleichzeitig in Betrieb sind).

7.3 Verfahren auf monatlicher Basis

7.3.1 Anlagen ohne oder mit geringem Luftfeuchteinfluss

Es wird der gleiche Ansatz angewendet, jedoch werden die monatliche Verteilung (Bereiche der Außentemperatur mit entsprechendem Auftreten) der Außentemperaturen berücksichtigt und Berechnungen für jeden Außentemperaturbereich sowie Annahmen zu den entsprechenden Raumtemperaturen getroffen.

Die Endergebnisse sind die jährlichen (monatlichen) Energiebedarfswerte für Vorwärmung, Vorkühlung und Hilfsenergie unter Berücksichtigung des statistischen Auftretens für jeden Bereich der Außentemperatur. Wenn die Ergebnisse nachweislich mit der Außentemperatur auf nationaler Ebene linear sind, kann die Berechnung auf der Grundlage eines monatlichen Mittelwertes vorgenommen werden.

7.3.2 Anlagen mit mittlerem oder hohem Luftfeuchteinfluss

Es wird der gleiche Ansatz angewendet, jedoch werden die jährliche (monatliche) Verteilung der Außentemperatur und der Außenluftfeuchte berücksichtigt und Annahmen zu den entsprechenden Raumtemperaturen und Raumluftfeuchten aufgestellt. Da die Ergebnisse in diesem Fall in hohem Maße nichtlinear mit der Außentemperatur bzw. -feuchte sind, kann die Berechnung nicht auf monatlichen Mittelwerten der Außentemperatur bzw. -feuchte beruhen.

Die Endergebnisse sind die jährlichen (monatlichen) Energiebedarfswerte für Vorwärmung, Vorkühlung und Hilfsenergie.

7.4 Auf nationaler Ebene anzuwendendes statistisches Verfahren

Es ist zulässig, auf nationaler Ebene vereinfachte Ansätze auf der Grundlage von statistischen Analysen festzulegen.

Die folgenden Regeln müssen eingehalten werden:

- der Anwendungsbereich muss festgelegt werden (z. B. freistehende Häuser, festgelegte Lüftungsanlagen ...);
- spezifischen Annahmen (z. B. Raumtemperatur) oder Daten (z. B. Klima) müssen eindeutig beschrieben werden;
- der Satz der für die statistische Analyse verwendeten Fälle muss eindeutig beschrieben werden;
- die übrigen Eingangsdaten für den vereinfachten Ansatz müssen den Berechnungen zum stationären Zustand entsprechen;
- für die Eingangswerte der Berechnung des stationären Zustandes, die nicht berücksichtigt werden, müssen die zu verwendenden Standardwerte festgelegt werden (z. B. keine Enteisung in Regionen mit mildem Klima);
- die Ergebnisse des vereinfachten Ansatzes müssen mit den Referenzwerten verglichen werden, die für den der statistischen Analyse zugrunde gelegten Satz an Fällen gelten.

Der Bericht muss in zwei Teile gegliedert werden:

1) Beschreibung des vereinfachten Ansatzes auf statistischer Basis, in der Folgendes festzulegen ist:

- der Anwendungsbereich;
- die übrigen Eingangsgrößen;
- das Berechnungsverfahren;
- die übrigen Ergebnisse.

2) Begründung der Ergebnisse

Das Hauptziel besteht darin, ausgehend von der Berechnung für den stationären Zustand, die Wiederholung und Überprüfung der Berechnung zu ermöglichen.

- Festlegung der in der statistischen Analyse berücksichtigten Fälle, einschließlich:
 - Standardwerte für die nicht in das vereinfachte Verfahren einbezogenen Eingangsgrößen;
 - des Wertebereichs der in das vereinfachte Verfahren einbezogenen Eingangsgrößen;
 - Ergebnisse der verschiedenen Prüffälle (als Referenzergebnisse bezeichnet);
 - Beschreibung des vereinfachten Ansatzes und Vergleich mit den Referenzergebnissen;
 - Angaben zum Genauigkeitsgrad, beruhend auf dem Vergleich.

Anhang A (informativ)

Vereinfachtes Modell für einen Erdreich-Luft-Wärmeübertrager

A.1 Hintergrund und Zusammenfassung

Dies ist ein vereinfachtes Modell zur Berechnung der Vorwärmung der Außenluft durch im Erdreich liegende Luftleitungen (Erdreich-Luft-Wärmeübertrager).

Das Modell berechnet:

- die Temperatur der Luft nach dem Erdreich-Luft-Wärmeübertrager;
- den Wärmestrom zwischen dem Erdreich und der Luft in der Luftleitung;
- Druckverluste in Abhängigkeit von der Luftgeschwindigkeit und den spezifischen Luftleitungsparametern.

Der Hintergrund für dieses vereinfachte Modell wird dem „Handbuch der passiven Kühlung“¹⁾ entnommen. Das Modell berücksichtigt die spezifischen Luftleitungsparameter und der thermischen Trägheit des Erdreiches in Abhängigkeit von der Verlegungstiefe der Luftleitungen.

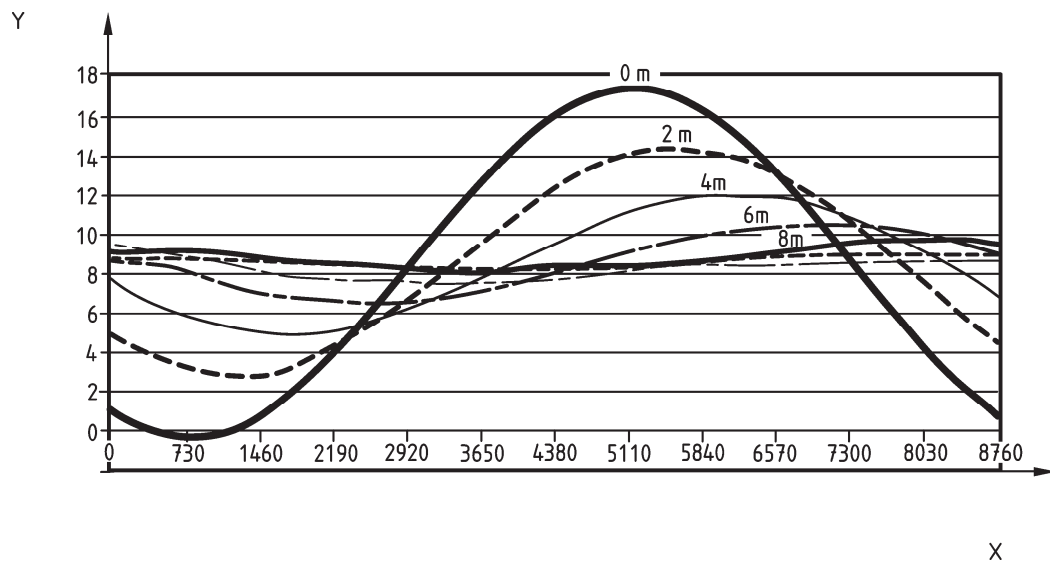
Auch das Erdreichmaterial wird mit Hilfe eines Korrekturfaktors für die Erdreichtemperatur berücksichtigt.

In diesem vereinfachten Modell hängt die Erdreichtemperatur von zwei Parametern ab: der mittleren jährlichen Außenlufttemperatur und der Verlegungstiefe der Luftleitungen.

Die Erdreichtemperatur wird auf der Grundlage der mittleren jährlichen Außenlufttemperatur als Sinuskurve modelliert. Die Verlegungstiefe korrigiert die Sinuskurve auf zwei Arten:

- 1) die Amplitude nimmt als Funktion der Tiefe ab;
- 2) die Erdreichtemperatur ist in Abhängigkeit von der Tiefe zeitlich verzögert (die thermische Trägheit des Erdreichs nimmt mit der Tiefe zu).

1) „Handbuch der passiven Kühlung“, Mark Zimmermann, EMPA, Juni 1999.



Legende

X Stunde im Jahr
Y Temperatur [T]

Bild A.1 — Erdreichtemperaturen für verschiedene Verlegetiefen der Luftleitungen

A.2 Überblick über Variablen, Parameter und Konstanten

A.2.1 Eingangsgrößen

T_{AirIn} „Lufttemperatur vor dem Erdreich-Luft-Wärmeübertrager“

M_{Air} „Luftmassenstrom (trockene Luft)“

A.2.2 Ergebnisgrößen

P_{AirOut} „Luftdruck nach dem Erdreich-Luft-Wärmeübertrager“

T_{AirOut} „Lufttemperatur nach dem Erdreich-Luft-Wärmeübertrager“

Q „Wärmestrom vom Erdreich zur Luft“

dP „Druckverluste“

A.2.3 Örtliche Variablen

T_G „Erdreichtemperatur“

h_i „Wärmeübergangskoeffizient innen“

U_d „Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) der Luftleitung“

V_{Air} „Volumenstrom“

V_0 „Strömungsgeschwindigkeit in der Luftleitung“

JH „Stunde im Jahr“

A.2.4 Parameter

nd	„Anzahl der Luftleitungen“
depth	„Verlegetiefe der Luftleitungen“
l_d	„Länge der Luftleitungen“
d_i	„Innendurchmesser der Luftleitungen“
t_d	„Wanddicke der Luftleitungen“
r_d	„innere Rauigkeit der Luftleitungen“
k_d	„Wärmeleitfähigkeit der Luftleitungen“
gm	„Erdreichmaterialfaktor“
TAM	„mittlere jährliche Außenlufttemperatur“

A.2.5 Berechnete Parameter

AC	„Querschnitt“
AS	„Oberfläche“
do	„Außendurchmesser der Luftleitungen“
AH	„Amplitudenkorrekturfaktor“
VS	„Kurvenverschiebung“

A.2.6 Konstanten

Rho_Air	„Luftdichte“
CP_Air	„spezifische Wärmekapazität der Luft“

A.3 Physikalische Beschreibung des Erdreich-Luftwärmeübertragungsmodells

A.3.1 Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) der Luftleitung

A.3.1.1 Volumenstrom und Strömungsgeschwindigkeit der Luft

$$\dot{V}_{Air} = \frac{\dot{M}_{Air}}{nd \cdot Rho_{Air}} \quad (A.1)$$

$$v_0 = \frac{\dot{V}_{Air}}{AC} \quad (A.2)$$

A.3.1.2 Wärmeübertragungskoeffizient innen

Der Wärmeübergangskoeffizient innen h_i wird nach der von Schack²⁾ angegebenen Formel berechnet.

$$h_i = \left[4,13 + 0,23 \cdot \frac{\theta_m}{100} - 0,0077 \cdot \left(\frac{\theta_m}{100} \right)^2 \right] \cdot \frac{v_0^{0,75}}{d_i^{0,25}} \quad (\text{A.3})$$

θ_m ist das arithmetische Mittel der Lufttemperaturen vor und nach dem Erdreich-Luft-Wärmeübertrager. Um eine Iteration zu vermeiden, kann Gleichung A.3 vereinfacht werden, indem $\theta_m = T_{\text{AirIn}}$ gesetzt wird.

A.3.1.3 Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)

$$U_d = \left(\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{1}{k_d} \cdot \ln \frac{d_0}{d_i} + \frac{1}{h_i} \right)^{-1} \quad (\text{A.4})$$

A.3.2 Erdreichtemperatur

A.3.2.1 Allgemeines

Die Erdreichtemperatur hängt vom Jahresmittel und der jährlichen Amplitude der Außenlufttemperatur am Gebäudestandort sowie von der Verlegetiefe der Luftleitung im Erdreich ab. Um der thermischen Trägheit des Erdreiches Rechnung zu tragen, wird die Außenlufttemperatur durch Anwendung von AH , VS und gm korrigiert.

A.3.2.2 AH – Amplitude

AH korrigiert die Amplitude in Abhängigkeit von der Verlegetiefe der Luftleitungen im Erdreich.

$$AH = -0,000335 \cdot \text{depth}^3 + 0,01381 \cdot \text{depth}^2 - 0,1993 \cdot \text{depth} + 1 \quad (\text{A.5})$$

A.3.3 VS – Kurvenverschiebung

A.3.3.1 Allgemeines

VS korrigiert die Erdreichtemperatur durch eine zeitliche Verschiebung in Abhängigkeit von der Verlegetiefe der Luftleitungen im Erdreich.

$$VS = 24 \cdot \left(-0,0195 \cdot \text{depth}^4 + 0,3385 \cdot \text{depth}^3 - 1,0156 \cdot \text{depth}^2 + 10,298 \cdot \text{depth} + 0,1786 \right) \quad (\text{A.6})$$

A.3.3.2 Erdreichtemperatur

$$T_G = gm \cdot \left[T_{\text{AM}} - AH \cdot \Delta T_A \cdot \sin \left(\frac{2 \cdot \pi}{8760} \cdot [JH - VS + 24,25] \right) \right] \quad (\text{A.7})$$

wobei ΔT_A die jährliche Amplitude der Außenlufttemperatur ist. Sie kann berechnet werden, indem die Differenz der höchsten (z. B. Juli) und der tiefsten (z. B. Januar) mittleren monatlichen Temperaturen durch 2 dividiert wird.

2) Taschenbuch Heizung+Klimatechnik 97/98, Recknagel.

Tabelle A.1 — *gm*-Werte für Erdreichmaterialien

Erdreichmaterial	Leitfähigkeit W/(m·K)	Dichte kg/m ³	Spezifische Wärmekapazität J/(kg·K)	Korrekturfaktor <i>gm</i>
Feuchtes Erdreich	1,5	1 400	1 400	1,00
Trockener Sand	0,7	1 500	920	0,90
Feuchter Sand	1,88	1 500	1 200	0,98
Feuchter Lehm	1,45	1 800	1 340	1,04
Nasser Lehm	2,9	1 800	1 590	1,05

A.3.3.3 Lufttemperatur nach dem Erdreich-Luft-Wärmeübertrager

$$T_{\text{AirOut}} = T_G - (T_G - T_{\text{AirIn}}) \cdot e^{\left(\frac{-U_d \cdot AS}{M_{\text{Air}} \cdot CP_{\text{Air}}} \right)} \quad (\text{A.8})$$

Dabei ist

$$AS = d_i \cdot \pi \cdot l_d \quad (\text{A.9})$$

A.3.4 Wärmestrom vom Erdreich zur Luft

$$Q = AS \cdot U_d \cdot \left(T_G - \frac{T_{\text{AirIn}} + T_{\text{AirOut}}}{2} \right) \quad (\text{A.10})$$

A.3.5 Druckverluste des Wärmeübertragers

Die Druckverluste werden wie für jede andere Luftleitung als Funktion der Materialeigenschaften, der Abmessungen der Luftleitungen und der Strömungsgeschwindigkeit berechnet.

Literaturhinweise

- [1] EN 1886, *Lüftung von Gebäuden — Zentrale raumluftechnische Geräte — Mechanische Eigenschaften und Messverfahren*
- [2] EN 13141-7, *Lüftung von Gebäuden — Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen — Teil 7: Leistungsprüfung von mechanischen Zuluft- und Ablufteinheiten (einschließlich Wärmerückgewinnung) für Lüftungsanlagen in Einfamilienhäusern*
- [3] EN 13465, *Lüftung von Gebäuden — Berechnungsverfahren zur Bestimmung von Luftvolumenströmen in Wohnungen*