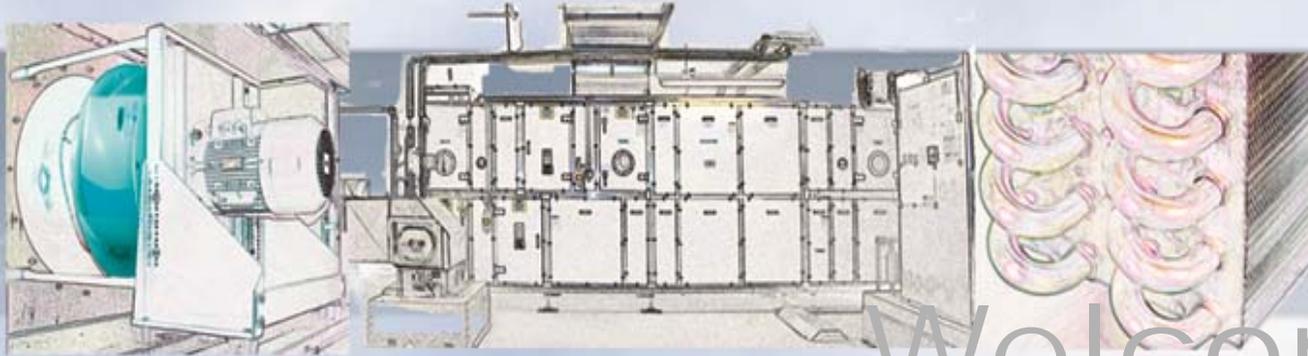


Willkommen



Bienvenue

Welcome

Leckage und Energieeffizienz

RLT-Anlagen im Kontext zur EN 16798-3, EN 13053,
EN 1886, VDI 6022 und VDI 3803 B.1

Prof. Dr.-Ing. Christoph Kaup

c.kaup@umwelt-campus.de



HOCHSCHULE TRIER
Umwelt-Campus Birkenfeld

Umwelt macht Karriere.

Generell

Leckagen des **Luftverteilnetzes** oder des **Gerätes** haben einen großen **Einfluss** sowohl auf die **Energieeffizienz** und die Funktion, als auch auf die **Hygiene**.

Es gibt drei verschiedene Arten der Leckage, die zu berücksichtigen sind:

- Leckage in der **WRG** – **interne Leckage**
- Leckage des **RLT-Gerätes** – **externe Leckage**
- Leckage des **Luftverteilnetzes** (Kanäle) einschließlich der Komponenten

Abluft Transfer Verhältnis (EATR) [%]:

Übertragung von Abluft zur Zuluft durch die WRG

$$\text{EATR} = \frac{q_{m,\text{SUP}} - q_{m,\text{SUPnet}}}{q_{m,\text{SUP}}} = 1 - \frac{q_{m,\text{SUPnet}}}{q_{m,\text{SUP}}}$$

$q_{m,\text{SUP,HR}}$ Luftmassenstrom der Zuluft nach der WRG

$q_{m,\text{SUPnet,HR}}$ Luftmassenstrom (Aussenluft) der Zuluft vor der WRG

Hinweis: Die Messung wird in der neuen EN 308 detailliert behandelt.

Aussenluft Korrektur Faktor (OACF) [-]:

Verhältnis des eintretendes Zuluftmassenstromes und des austretenendes Zuluftmassenstromes:

$$\text{OACF} = \frac{q_{m,\text{ODA,HR}}}{q_{m,\text{SUP,HR}}}$$

$q_{m,\text{ODA,HR}}$ Außenluftmassenstrom am WRG Eintritt

$q_{m,\text{SUP,HR}}$ Zuluftmassenstrom am WRG Austritt

Aussenluft Korrektur Faktor (OACF) [-]:

OACF > 1

Luft wird von der **Außenluft zur Fortluft** übertragen

OACF < 1

Luft wird von der **Abluft zur Zuluft** übertragen
(**Rezirkulation**)

Mit diesen zwei Werten wird die WRG Leckage definiert.
EATR und OACF sollen vom Hersteller unter Auslegungs-
bedingungen des RLT-Gerätes angegeben werden.

Tabelle 19. **OACF Klassen** (Outdoor air correction factor)

Klasse	OACF	
	Außenluft zur Fortluft	Abluft zur Zuluft
1	1,03	0,97
2	1,05	0,95
3	1,07	0,93
4	1,10	0,9
5	Nicht klassifiziert	

Leckage von RLT-Gerätegehäusen

Anforderungen und Klassifikation der Leckage von RLT-Gerätegehäusen werden nach **positiven und negativen Druckbereichen getrennt** nach **DIN EN 1886** betrachtet.

Wenn nichts anderes vereinbart wurde bestimmen die **Luftfilterklassen** die **Leckageklasse**.

Wenn **mehrere Filterstufen** verwendet werden, ist die **höchste Filterstufe bestimmend**.

Leckage von RLT-Gehäusen im Unterdruck (- 400 Pa)

Dichtheitsklasse des Gehäuses	Max. Lecklufrate (f_{400}) $l \times s^{-1} \times m^{-2}$	Filterklasse (EN 779)
L1	0,15	besser als F9
L2	0,44	F8 bis F9
L3	1,32	G1 bis F7

Die in Tabelle 1 genannten Lecklufraten entsprechen den Dichtheitsklassen von Kanälen in DIN EN 1507 und DIN EN 12237, (z. B. L2 = B), wobei die Prüfdrücke voneinander abweichen.

Leckage von RLT-Gehäusen im Überdruck (700 Pa)

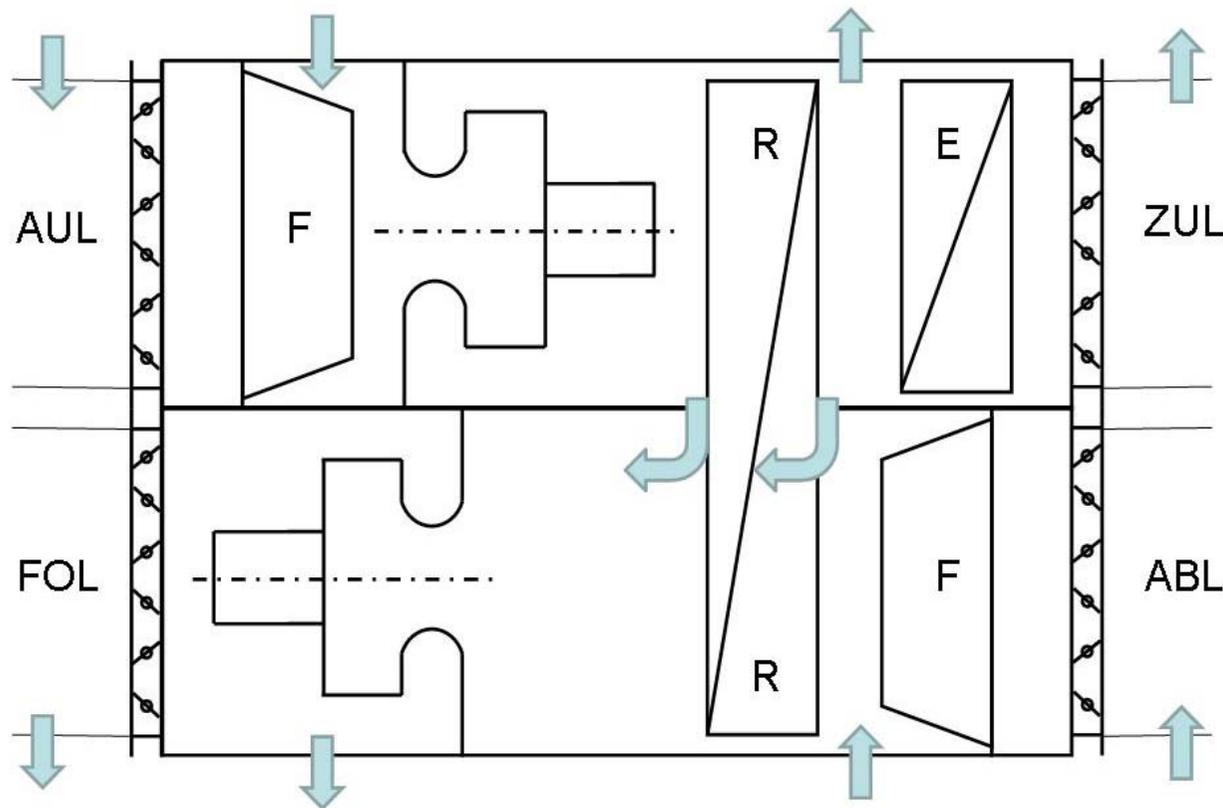
Dichtheitsklasse des Gehäuses	Max. Lecklufrate (f_{700}) $l \times s^{-1} \times m^{-2}$
L1	0,22
L2	0,63
L3	1,90

Klasse L1 für Geräte für spezielle Anwendungen, z. B. Reinräume.

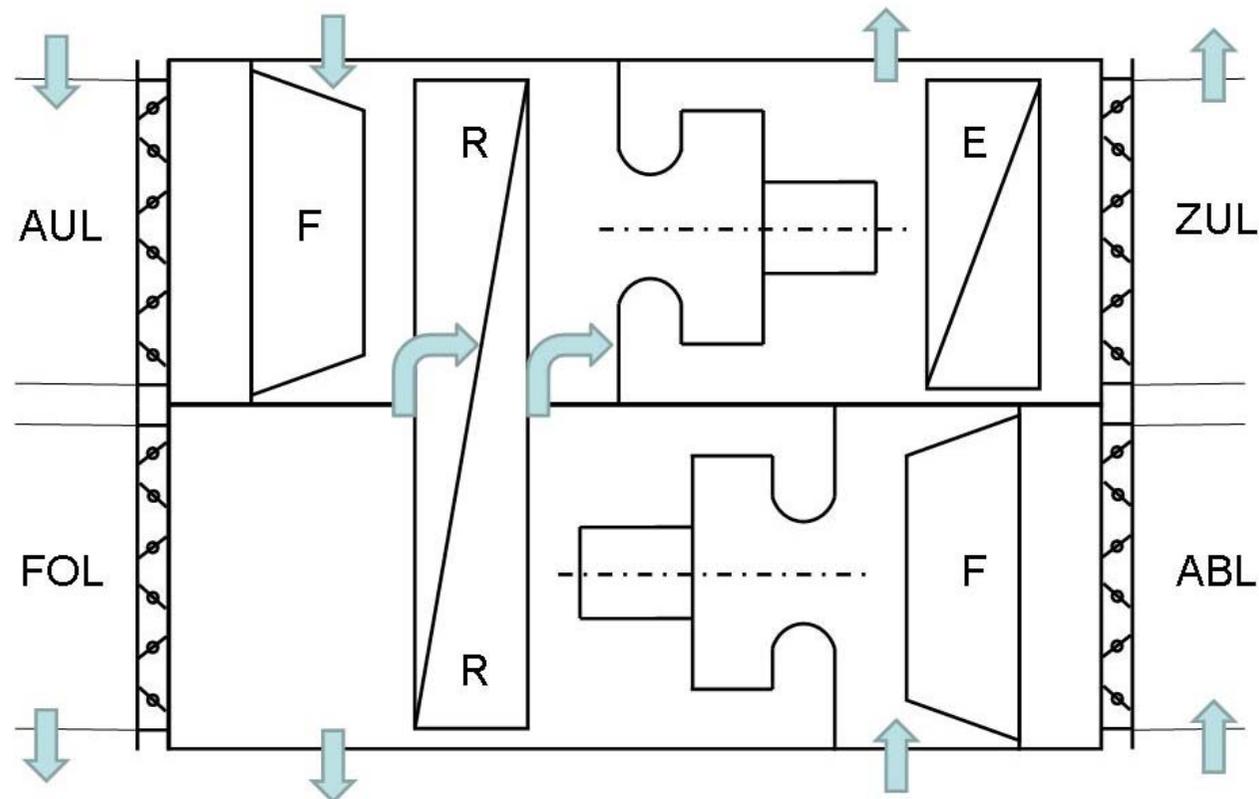
Tabelle 20. Leckageklassen des Luftverteilsystems

Leckageklassen		Luftleckage limit (f_{max}) $m^3 s^{-1} \cdot m^{-2}$
Alt	Neu	
	ATC 7	Nicht klassifiziert
	ATC 6	$0,0675 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
A	ATC 5	$0,027 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
B	ATC 4	$0,009 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
C	ATC 3	$0,003 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
D	ATC 2	$0,001 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
	ATC 1	$0,00033 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$

NOTE 1 Wenn keine Leckage gemessen wurde, der Standardwert zur Berechnung soll $0.0675 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$ sein



Anordnung der Bauteile im Berechnungsbeispiel (hygienisch optimal)



Anordnung der Bauteile im Berechnungsbeispiel (thermisch optimal)

VDI 3803 Blatt 1 Entwurf



Einfluss der Leckage bei RLT-Anlagen

Zuluft

Außenluft V_{AUL} m³/h t_{AUL} °C Anordnung des Ventilators (Zuluft)

Nennraten WRG η_{WRG} % $dP_{WRG, Zuluft}$ Pa

Systemwirkungsgrad $\eta_{Sys.}$ %

Auslegungsleistung $P_{m, Ausl.}$ **5.093 W** dP_{total} **1.115 Pa** Ventilatorwärme K
 $t_{WRG0} = 17,5$ °C

Leckage

Kanal (saugseitig) % -0,3 % $t_{L1} =$ °C dP_{Angabe} Pa $V_{11} = 10.030$ m³/h $t_{K1} = 0,03$ °C

Gehäuse (saugseitig) % -1,2 % $t_{L2} =$ °C Pa $V_{12} = 10.150$ m³/h $t_{G1} = 0,231$ °C

Ventilatorwärme vor der WRG K $t_V = 0,2$ °C

Leckage vor der WRG % -3,0 % $t_{L3} = 6,9$ °C $V_{13} = 10.455$ m³/h $t_{WRG1} = 0,427$ °C

WRG korr. $\eta_{WRG, korr.}$ **68,8** % $dP_{WRG, korr.}$ **215 Pa** $t_{WRG} = 17,32$ °C

Leckage nach der WRG % -7,0 % $t_{L4} = 24,1$ °C $V_{14} = 11.187$ m³/h $dt_{WRG2} = 18,9$ °C

Ventilatorwärme nach der WRG K $t_V = 20,4$ °C

Gehäuse (druckseitig) % 1,0 % Pa $V_{15} = 11.075$ m³/h $dt_{G2} = 20,4$ °C

Kanal (druckseitig) % 2,0 % Pa $V_{16} = 10.853$ m³/h $dt_{K2} = 20,4$ °C

Volumenstrom Raum ZUL _{tats.} **10.853** m³/h

Volumenstrom Raum AUL _{tats.} **9.702** m³/h

Volumenstrom Raum AUL _{notw.} **11.187** m³/h $V_{fan} = 11.187$ m³/h

Volumenstrom Raum FOL _{notw.} **11.187** m³/h **Wärmebereitstellungsgrad 81,6** %

© Prof. Dr.-Ing. Christoph Kaup HOWATHERM Klimatechnik GmbH 2017 (Exponent zur dP Berechnung 1,6)

Mindesteffizienzen von RLT-Geräten:

Elektrische spezifische Leistung pro Ventilator

SFP (Specific fan power) in $W/m^3/s$ (EN 13779)

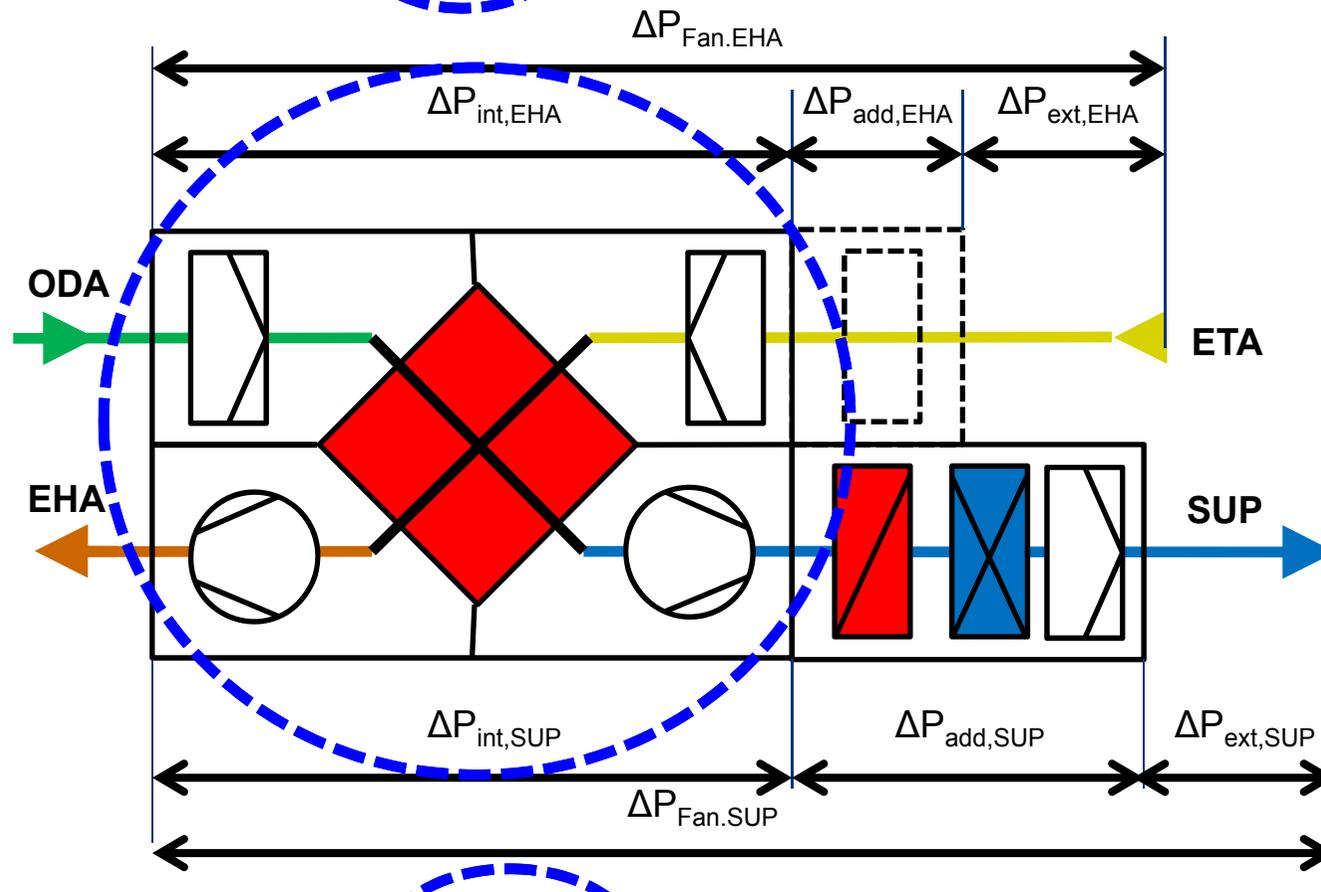
$$SFP = P / q_{nom} = \Delta p / \eta_v$$

Neuer Ansatz (siehe EN16798-3) SFP_{int}

$$SFP = SFP_{int} + SFP_{add} + SFP_{ext}$$

$$SFP = \Delta p_{int} / \eta_v + \Delta p_{add} / \eta_v + \Delta p_{ext} / \eta_v$$

$$SFP = SFP_{int} + SFP_{add} + SFP_{ext}$$



$$P_{SFP} = \frac{\Delta p_{int,stat}}{\eta_{stat}} + \frac{\Delta p_{add,stat}}{\eta_{stat}} + \frac{\Delta p_{ext,stat}}{\eta_{stat}}$$

Non Residential Units – EN 13053

Spezische Ventilatorleistung (Lüftungskomponenten)

$$SFP_{int} = \frac{P_{Elint}}{q_V} = \frac{\Delta p_{int}}{\eta_V}$$

mit:

$$\Delta p_{int} = \Delta p_{HRS} + \Delta p_F + \Delta p_{cas} = \Delta p_{s,fan} - \Delta p_{ext} - \Delta p_{add}$$

Für zentrale raumluftechnische Geräte mit zwei Luftseiten:

$$SFP_{int} = \frac{\Delta p_{s,int,SUP}}{\eta_{fan,SUP}} + \frac{\Delta p_{s,int,EHA}}{\eta_{fan,EHA}}$$

Non Residential Units – EN 13053

Verteiltes Kreislaufverbundsystem

Falls eine Luftseite aus mehr als einem Luftstrom besteht (z. B. Kreislaufverbundsysteme), muss SFP_{int} anhand der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$SFP_{int\ airside} = \frac{P_{el.int\ 1} + P_{el.int\ 2} + \dots + P_{el.int\ 3}}{q_{v,1} + q_{v,2} + \dots + q_{v,3}}$$

Specific Fan Power

EN 16798-3:2018

Kategorie	P_{SFP} W/(m ³ /s)
SFP 1	< 500
SFP 2	< 750
SFP 3	< 1.250
SFP 4	< 2.000
SFP 5	< 3.000
SFP 6	< 4.500
SFP 7	> 4.500

Δp_{Fan} [Pa]	
$h_{total} 0,55$	$h_{total} 0,65$
275	325
410	485
685	810
1.100	1.300
1.650	1.950
2.475	2.925

Anwendung	Stand. (Bereich)
AB ohne WRG	SFP 2 (1- 4)
AB mit WRG	SFP 3 (1- 5)
ZU ohne WRG	SFP 3 (1- 4)
ZU Klimaanlage	SFP 4 (1- 5)

Für spezielle Komponenten (z. B. HEPA-Filter, WRG H1 oder H2) ist eine Erhöhung des SFP-Wertes möglich.

Additional fan power

EN 16798-3 : 2018

	Komponente	zus. P_{SFP} [W/m ³ s]
1	zus. Filterstufe	+ 300
2	HEPA Filter	+ 1.000
3	Gasfilter	+ 300
4	WRG Klasse H2-H1	+ 300
5	Hochleistungskühler	+ 300



DIN EN 16798-3



European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung

Lüftung von Nichtwohngebäuden Allgemeine Grundlagen und Aufgaben für Lüftungs- und Klimaanlage

Spezifische Ventilatorleistung = Specific Fan Power (SFP)

$$P_{SFP} = \frac{P_{Input}}{q_V} = \frac{\Delta p_{fan (tot.)}}{\eta_{tot.}}$$

$$P_{SFP} = \frac{P_{Input}}{q_V} = \frac{\Delta p_{fan (stat.)}}{\eta_{stat.}}$$

P_{SFP} Spezifische Ventilatorleistung [W/(m³ s)]

P_{Input} elektrische Leistungsaufnahme [W]

q_V Nennluftvolumenstrom [m³/s]

$\Delta P_{fan (tot.)}$ Gesamtdruckerhöhung total [Pa]

$\eta_{tot.}$ Systemwirkungsgrad Antrieb bez. auf Totaldruck [-]

$\Delta P_{fan (stat.)}$ Gesamtdruckerhöhung statisch [Pa]

$\eta_{stat.}$ Systemwirkungsgrad Antrieb bez. auf stat. Druck [-]

Spezifische Ventilatorleistung SFP_{int}

Eine Luftseite

$$SFP_{int} = \left(1 - \frac{\Delta p_{s,ext}}{\Delta p_{s,free,fan}} \right) \cdot \frac{P_{EI}}{q_V}$$

Zwei Luftseiten

$$SFP_{int} = \left(1 - \frac{\Delta p_{s,ext,SUP}}{\Delta p_{s,free,fan,SUP}} \right) \cdot \frac{P_{EI,SUP}}{q_{V,SUP}} + \left(1 - \frac{\Delta p_{s,ext,EHA}}{\Delta p_{s,free,fan,EHA}} \right) \cdot \frac{P_{EI,EHA}}{q_{V,EHA}}$$



European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung

prEN 13053 (06/2017)

Wärmerückgewinnung

Temperatur

Übertragungsgrad

$$\eta_t = \frac{t_{ZUL} - t_{AUL}}{t_{ABL} - t_{AUL}} = \frac{\dot{Q}_{WRG}}{\dot{Q}_{Pot.}}$$

Massenstromverhältnis 1:1

$$\Phi_{1:1} = \Phi \cdot (1 + \dot{m}_2 / \dot{m}_1) / 2$$

$$\varepsilon = \dot{Q}_{WRG} / P_{el}$$

„trocken“



European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung

prEN 13053 (06/2017)

Wärmerückgewinnung

Klassen	$\eta_{e\ 1:1}$ [%] neu	$\eta_{e\ 1:1}$ [%] alt
H1	≥ 74	≥ 71
H2	≥ 70	≥ 64
H3	≥ 65	≥ 55
H4	≥ 60	≥ 45
H5		≥ 36
H6	< 60	< 36

$$\eta_e = \eta_t \cdot (1 - P_{el} / Q_{WRG})$$

$$\eta_e = \eta_t \cdot (1 - 1 / \varepsilon)$$

$$\eta_e = (Q_{WRG} - P_{el}) / Q_{Pot.}$$



European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung

prEN 13053 (06/2017)

Wärmerückgewinnung

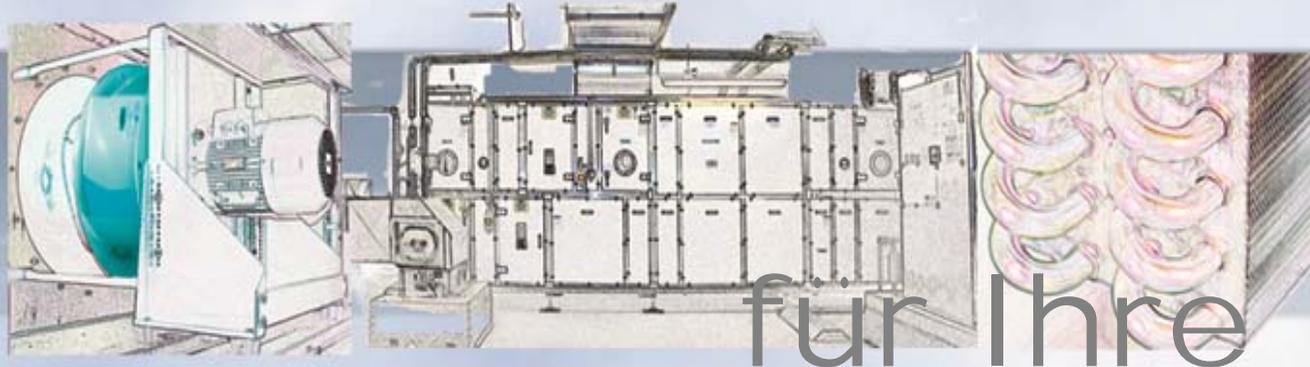
Klassen	$\eta_{e\ 1:1}$ [%]	η_t [%]	ϵ	ΔP [Pa]
H1	≥ 74 (71)	78 (75)	18.8	2 x 300 (280)
H2	≥ 70 (64)	73 (67)	22.0	2 x 240 (230)
H3	≥ 65 (55)	68 (57)	25.9	2 x 190 (170)
H4	≥ 60 (45)	63 (47)	30.4	2 x 150 (125)
	(36)	(37)		(100)
H6	< 60			

Werte basieren auf EN 308 mit $t_{21} = +5^\circ\text{C}$ und $t_{11} = 25^\circ\text{C}$

Regelung und Betrieb (Tabelle 12)

Kategorie	Beschreibung
IDA-C1	Die Anlage läuft konstant.
IDA-C2	Manuelle Regelung (Steuerung) Die Anlage unterliegt einer manuell geregelten Schaltung.
IDA-C3	Zeitabhängige Regelung (Steuerung) Die Anlage wird nach einem vorgegebenen Zeitplan betrieben.
IDA-C4	Belegungsabhängige Regelung (Steuerung) Die Anlage wird abhängig von der Anwesenheit von Personen betrieben (Lichtschalter, Infrarotsensoren usw.).
IDA-C5	Bedarfsabhängige Regelung (Anzahl der Personen) Die Anlage wird abhängig von der Anzahl der im Raum anwesenden Personen abgestuft betrieben.
IDA-C6	Bedarfsabhängige Regelung (Gassensoren) Die Anlage wird durch Sensoren geregelt, die Raumluftparameter oder angepasste Kriterien messen (z. B. CO ₂ -, Mischgas-, Luftfeuchte- oder VOC-Sensoren); diese sind festzulegen. Die angewendeten Parameter müssen an die Art der im Raum ausgeübten Tätigkeit angepasst sein.

Herzlichen Dank



für Ihre
Aufmerksamkeit

Leckage und Energieeffizienz

RLT-Anlagen im Kontext zur EN 16798-3, EN 13053,
EN 1886, VDI 6022 und VDI 3803 B.1

Prof. Dr.-Ing. Christoph Kaup

c.kaup@umwelt-campus.de



HOCHSCHULE TRIER
Umwelt-Campus Birkenfeld

Umwelt macht Karriere.