

Rückwärmzahl und Druckverlust nach EU 1253

Die europäische Verordnung EU 1253-2014 limitiert den Energieverbrauch von Lüftungsanlagen von einer Kapazität grösser 250 m³/h für Nichtwohnräume (NWLA). Bezugskonfiguration der Zwei-Richtung-Lüftungsanlage ZLA ist dabei ein Gehäuse mit zwei Ventilatoren, einem Wärmerückgewinnungssystem WRS und je einem Zu- und Abluftfilter¹⁾. Für diese Komponenten ist bezüglich der thermischen Leistung eine Mindestrückwärmzahl (Mindest-RWZ) und bezüglich der elektrischen Leistungsaufnahme der Ventilatoren die maximal zulässige innere spezifische Ventilatorleistung $SVL_{int\ limit}$ vorgegeben. Dies ist konsequent und physikalisch richtig, gibt aber keinen direkten Hinweis mehr auf den zulässigen Druckverlust der Wärmerückgewinnung. Diesen muss man jetzt anlagenspezifisch mithilfe der Rückwärmzahl η_t , der Ventilatoreffizienz η_{fan} und der Nenn-Luftleistung q_{nom} berechnen.

¹⁾ Da weitere, typische Komponenten – wie z.B. Heiz- und Kühlregister – von Lüftungsanlagen fehlen, ist zu vermuten, dass die Gesamtphilosophie auf der Wohnungslüftung basiert. Damit sind einige Vorgaben besser verständlich.

Klare Vorgabe: Die Mindest-RWZ

Seit 1.1.2018 gilt laut EU 1253 für Plattenwärmeübertrager eine Mindest-RWZ von 73 % ($m_1 = m_2$, ohne Kondensation). Eine leistungsschwächere Wärmerückgewinnung ist nicht zulässig; ein Manko kann nicht durch geringere Druckverluste kompensiert werden. Die Verordnung gilt für alle Mitgliedstaaten der EU, hat aber auch Signalwirkung für andere Länder.

Der Effizienzbonus belohnt höhere RWZ

Die maximal zulässige innere spezifische Ventilatorleistung $SVL_{int\ limit}$ wird um den Effizienzbonus E erhöht, wenn die tatsächliche RWZ den Mindestwert überschreitet.

$$E = (\eta_t - 0.73) * 3000 \quad [W / m^3/s] \quad (01)$$

Achtung: Wird die Mindest-RWZ von 0.73 nicht erreicht, gibt es keinen Bonus → E = 0 !

Grund für diesen Bonus ist die Annahme²⁾, dass eine höhere RWZ auch einen höheren Druckverlust verursacht bzw. benötigt. Deshalb werden pro Prozent RWZ-Erhöhung 30 W/m³/s zusätzlich aufgenommene Elektroleistung zugestanden. Bei einem üblichen Ventilator-Wirkungsgrad sind das $\Delta p / \eta_{\text{fan}} = \text{ca. } 20 \text{ Pa}$ zusätzlicher Druckverlust für die Wärmerückgewinnung, also ca. 10 Pa pro Luftstrom.

²⁾ Diese Überlegung ist umstritten, ist doch die Erhöhung der RWZ auch durch geringere Beaufschlagung, sprich geringeren Druckverlust, möglich.

Mit dem Effizienzbonus ist eine Optimierung der Wärmerückgewinnung hinsichtlich RWZ und Druckverlust möglich. Notwendig dafür ist aber immer eine Wirtschaftlichkeitsrechnung, die den Vorteil einer höheren Leistung beweist. Wichtig ist der Hinweis, dass in der Regel eine hohe RWZ teurer ist als eine niedrige. Dazu kommt, dass hohe RWZ wegen der Einfriergefahr gerade dann, wenn sie gebraucht würden, also bei niedrigen Aussentemperaturen, nicht voll genutzt werden können. Deshalb ist zu erwarten, dass auf lange Sicht Wärmerückgewinner benutzt werden, die gerade die Mindest-Anforderung von 73 % erreichen.

Die aufgenommene elektrische Leistung wird limitiert

Während früher der Druckverlust direkt mit der Rückwärmzahl kombiniert wurde – z. B. in der EN 13053 - limitiert die EU 1253 die spezifische Ventilatorleistung der Bezugsconfiguration, die mit dem internen Druckverlust und dem Gesamtwirkungsgrad der Ventilatoren berechnet werden kann.

$$SVL_{\text{int}} = \Delta p_{\text{int}} / \eta_{\text{fan}} \quad (02)$$

$$SVL_{\text{int limit}} = 1100 - 150 \cdot q_{\text{nom}} + E - F \quad (03) \quad \text{für } q_{\text{nom}} < 2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$SVL_{\text{int limit}} = 800 + E - F \quad (04) \quad \text{für } q_{\text{nom}} \geq 2 \text{ m}^3/\text{s}$$

Interessant ist, dass die Vorgabe für Nenn-Volumenströme in grösser und kleiner 2 m³/s unterteilt ist. Vermutlich soll damit den geringeren Ventilator-Wirkungsgraden bei kleinen Luftleistungen Rechnung getragen werden. Wenn man aber die hohe Effizienz von EC-Ventilatoren mit einbezieht, so ist fraglich, ob diese Massnahme gerechtfertigt ist.

Mit Vorgabe der spezifischen Ventilatorleistung $SVL_{\text{int limit}}$ stehen jetzt der Gerätehersteller und der Anlagenbauer in der Verantwortung. Nur sie sind in der Lage, den für die Berechnung benötigten

Ventilatorwirkungsgrad η_{fan} anhand der verwendeten Komponenten zu bestimmen. Mit ihm erst lässt sich der zulässige Druckverlust der Wärmerückgewinnung angeben. Physikalisch ist dies sinnvoll, praktisch ergibt sich daraus aber ein Mehraufwand, da iterative Planungsschritte erforderlich sind. Ein einfacher Algorithmus für den zulässigen Druckverlust der Wärmerückgewinnung wäre deshalb sinnvoll.

Welcher Druckverlust ist zulässig?

Nach den vorgegebenen Formeln hängt der zulässige Druckverlust der Bezugskonfiguration Δp_{int} von den Vorgaben

- Nennluftstrom q_{nom}
- Effizienzbonus E
- Filterkorrektur F

und den Annahmen für

- die Gesamteffizienz der Ventilatoren η_{fan}
- den Anfangswiderstand der Filter Δp_F

ab. Der interne Druckverlust Δp_{int} ist die Summe der Druckverluste von Wärmerückgewinner und Zu- und Abluftfilter Δp_F .

$$\Delta p_{int} = \Delta p_{WRS} + \Delta p_F \quad (05)$$

Im Gesamtwirkungsgrad η_{fan} der beiden Ventilatoren sind Ventilator, Motor, Antrieb (z. B. Riemen) und Steuerung/Regelung (z. B. Frequenzumformer) berücksichtigt. Da diese Werte in der Praxis gerade bei kleinen Leistungen relativ breit streuen, empfiehlt sich eine Annahme, die durch eine Norm oder Verordnung abgesichert ist. So bietet sich die europäische Verordnung EU 327 an, in der Zielwerte für Gesamtwirkungsgrade von Ventilatoren η_{Ziel} vorgegeben sind. Für freiblasende Radialventilatoren mit rückwärts gekrümmten Schaufeln gilt dort

$$\eta_{Ziel} = 0.0456 * \ln(P) + 0.515 \quad (06)$$

P ist die aufgenommene elektrische Leistung in kW, was leider nicht zur volumenstrom-orientierten EU 1253 mit q_{nom} in m^3/s passt. Eine Umrechnung ist aber möglich; dazu wird der Ventilator-Gesamtdruck (also mit Heizregister, Kanal usw.) mit 600 Pa – als Mittelwert von Zu- und Abluft - angenommen.

Man erhält dann:

$$\eta_{fan} = 0.042 * \ln(q_{nom}) + 0.522 \quad (07)$$

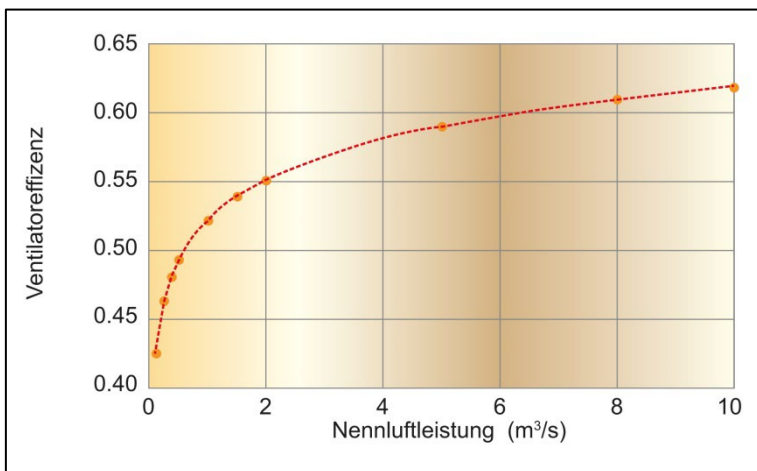


Bild 1: Ventilatoreffizienz η_{fan} als Funktion der Nennluftleistung q_{nom}

Der Effizienzbonus E ist bereits aus Formel 01 bekannt; er wird nur wirksam, wenn die RWZ größer als 0.73 ist. Die Filterkorrektur F und der Druckverlust der Filter hängen von der Konfiguration ab:

	Konfig. 1	Konfig. 2	Konfig. 3	Konfig. 4	
Feiner Filter	Ja	Ja	Nein	Nein	
Mittelfeiner Filter	Ja	Nein	Ja	Nein	
Filterkorrektur F	0	150	190	340	W/m ³ /s
Filterwiderstand	140	80	60	0	Pa

Wichtig ist der Hinweis, dass die Filterkorrektur F und der Filterwiderstand nicht identisch sind und unterschiedliche Funktionen haben:

- Die Filterkorrektur F dient der Festlegung von $SVL_{\text{int limit}}$
- Der Filterwiderstand Δp_F erfordert eine bestimmte Stromaufnahme (und ist messbar). Bei der Annahme wurde der ungefähre Anfangswiderstand nach Eurovent 4/21 für Energierating A zu Grunde gelegt.

Mit den Annahmen und Vorgaben erhält man jetzt relativ einfach berechenbare/ programmierbare Formeln.

Für $q_{\text{nom}} < 2 \text{ m}^3/\text{s}$:

$$\Delta p_{\text{WRS}} = \eta_{\text{fan}} * [(1100 - 150 * q_{\text{nom}}) + E - F] - \Delta p_F \quad (08)$$

$$\Delta p_{\text{WRS}} = (0.042 * \ln(q_{\text{nom}}) + 0.522) * [(1100 - 150 * q_{\text{nom}}) + (\eta_t - 0.73) * 3000 - F] - \Delta p_F \quad (09)$$

Für $q_{\text{nom}} \geq 2 \text{ m}^3/\text{s}$:

$$\Delta p_{\text{WRS}} = \eta_{\text{fan}} * [800 + E - F] - \Delta p_F \quad (10)$$

$$\Delta p_{\text{WRS}} = (0.042 * \ln(q_{\text{nom}}) + 0.522) * [800 + (\eta_t - 0.73) * 3000 - F] - \Delta p_F \quad (11)$$

Mit den Formeln 09 und 11 kann für jeden Nennluftstrom q_{nom} der zulässige Druckverlust Δp_{WRS} berechnet und in einem Diagramm dargestellt werden. Diagramm 2 zeigt so einen Verlauf, wobei auf folgendes hinzuweisen ist:

- Der Druckverlust gilt für die zwei Extremergebnisse:
 - Konfiguration 1 mit beiden Filtern; dies ist die häufigste Variante in der Praxis.
 - Konfiguration 4 ohne Filter hat generell niedrigere Werte.
- Die Kurven für die Konfigurationen 2 und 3 (jeweils ein Filter) verlaufen etwa mittig zwischen den Konfiguration 1 und 4. Zur besseren Übersicht (und da sie für die Praxis ohne Bedeutung sind) werden sie nicht dargestellt.
- Der Druckverlust gilt für die Mindest-RWZ von 0.73. Für höhere RWZ erhöht sich auch der zulässige Druckverlust Δp_{WRS} (um ca. 20 Pa/%).

- Der zulässige Druckverlust Δp_{WRS} gilt für das gesamte Wärmerückgewinnungssystem, also für Zu- und Abluft zusammen.
- Die Annahmen für die Ventilatoren-Effizienz η_{fan} und den Filterdruckverlust Δp_F können korrigiert werden, wenn die wirklichen Werte bekannt sind.
- Die Leistungsbegrenzung von 10 kW für den Ziel-Wirkungsgrad (Formel 06) muss bei dieser Berechnung nicht beachtet werden.

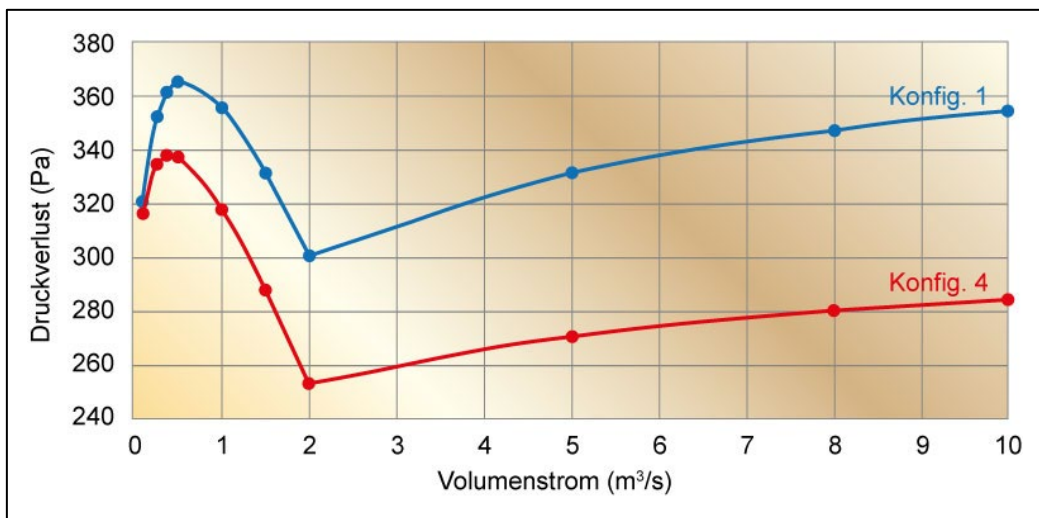


Bild 2: Zulässiger Druckverlust des Wärmerückgewinnungssystems in Abhängigkeit des Nennluftstroms

Abhängigkeit des Nennluftstroms

Die Kurven der beiden Funktionsäste für Nennluftleistungen grösser und kleiner $2\text{m}^3/\text{s}$ sind stark unterschiedlich. Bei kleinen Luftleistungen wirkt sich die Korrektur bezüglich der Ventilatoreffizienz sehr bzw. zu deutlich aus. Dies führt zu dieser steilen Kennlinie mit einem Maximum bei ca. $0.5\text{ m}^3/\text{s}$. Dagegen zeigen die Werte für Luftleistungen $\geq 2\text{ m}^3/\text{s}$ den stetigen Einfluss der steigenden Ventilatoreffizienz.

Näherungsweise kann man die Ergebnisse auch als Funktion des Nennluftstroms q_{nom} wiedergeben. Für die Konfiguration 1 mit einer RWZ von 0.73 gilt zum Beispiel:

Für $0.1 < q_{nom} < 2.0\text{ m}^3/\text{s}$

$$\Delta p_{WRS} = - 48.849 \cdot q_{nom}^4 + 246.27 \cdot q_{nom}^3 - 453.53 \cdot q_{nom}^2 + 315.44 \cdot q_{nom} + 295.49 \quad (12) \text{ mit Ab- bildungsgenauigkeit } 0.995$$

Für $q_{nom} \geq 2.0\text{ m}^3/\text{s}$

$$\Delta p_{WRS} = 33.6 \cdot \ln(q_{nom}) + 277.6 \quad (13)$$

mit Abbildungsgenauigkeit 1.0

Analog können solche Formeln auch für die anderen Konfigurationen mit anderen Randbedingungen erstellt werden.

Falls gar keine Informationen über das Anlagenkonzept und die Randbedingungen vorliegen, kann der zulässige Druckverlust des Wärmerückgewinnungssystems mit 340 Pa als Daumenwert geschätzt werden.

Zusammenfassung

Die europäische Verordnung EU 1253 limitiert den Energieverbrauch von Wärmerückgewinnungssystemen durch Vorgabe einer Mindest-Rückwärmzahl und der maximalen spezifischen Stromaufnahme der Ventilatoren. Nicht direkt erkennbar ist der für die Auslegung der Wärmerückgewinnung notwendige zulässige Druckverlust. Dieser kann aber mit der Annahme der Ventilatoreffizienz η_{fan} und des Filterdruckverlustes Δp_F berechnet werden. Entsprechende Formeln können für jede Filterkonfiguration und Rahmenbedingung erstellt werden.

Ansprechpartner:

Hoval Aktiengesellschaft

Thomas Richter

Leiter Entwicklung Energierückgewinnung

E-Mail: thomas.richter@hoval.com