

Energieeffiziente Raumlufthygiene

Bei der Filterauswahl sind nicht nur ökologische sondern auch ökonomische Aspekte zu berücksichtigen



Steigende Energiepreise und ambitionierte Klimaziele, um die CO₂-Reduzierung voranzutreiben, sorgen weltweit für ein Umdenken. Der Ruf nach effizienten und energiesparenden Produkten ist die logische Konsequenz. Von dieser Entwicklung ist auch die Raumlufttechnik betroffen. Speziell bei Filtermedien reicht die Betrachtung der zurückgehaltenen Partikelanzahl längst nicht mehr aus. Der TGA-Fachplaner sollte daher auch weitere Kriterien bei der Auslegung beachten, um ein auf die Nutzung abgestimmtes Gesamtsystem zu realisieren.

In gewerblichen Bereichen werden in Europa zwischen 10 und 20% der elektrischen Energie für den Antrieb von Ventilatoren in raumluftechnischen Anlagen verbraucht. In Reinraumproduktionsanlagen liegt der Prozentsatz sogar noch weit höher. Ein Drittel des Energieverbrauchs wird allein dafür benötigt, um den Strömungswiderstand der eingesetzten Filter zu überwinden. Deshalb werden seitens der Hersteller enorme Anstrengungen unternommen, um durch die strömungstechnische Optimierung der Filtermedien, aber

auch der Luftdurchlässe und durch den Einsatz intelligenter Luft-Management-Systeme RLT-Anlagen energieeffizienter zu gestalten und signifikante Energieeinsparungen zu erzielen.

Während Filter früher lediglich danach beurteilt wurden, wie effektiv sie Partikel aus der Luft abscheiden (durchschnittlich zurückgehaltene Partikelanzahl), aber nicht danach, wie energieeffizient sie arbeiten, rückt die energetische Beurteilung nun sehr viel stärker in den Fokus.

Neues Eurovent-Energieeffizienz-Klassifizierungssystem

Das neue Energieeffizienz-Klassifizierungssystem nach Eurovent 4/21 macht es dem Anwender nun möglich, Filter in Bezug auf ihr energetisches Betriebsverhalten quantitativ untereinander zu vergleichen. Um die Energieeffizienzklassen zu definieren, werden nur die Energieverbräuche, die durch die Druckverluste der Filter verursacht werden, in Betracht gezogen. Unter der Annahme, dass der Volumenstrom, der durch den Ventilator geför-

Prüfnorm EN 779:2012	
Maßgebende Messwerte – Energieeffizienzklasse bei einer Staubbelastung gem. EN 779:2012	
Filterklasse M5, M6	0 – 250 g
Filterklasse F7, F8, F9	0 – 100 g
Prüfnorm EN 779:2012	
Prüfung der Filter bis zur Enddruckdifferenz	
Filterklasse G1, G2, G3, G4	250 Pa
Filterklasse M5, M6, F7, F8, F9	450 Pa
VDI 6022 Blatt 1 (5.4.8.) – Filterwechsel	
Hygienische Gründe	
Ökonomische Optimierung	
Erreichen vorgesehener Enddruckdifferenz	
Defektes Filter	
Umweltbundesamt: Jahresmittelwerte der Staubbelastung PM 10, z. B.:	
Innerstädtisch: Berlin Zentrum	32 µm/m³
Ländlich stadtnah: Berlin-Grünwald	21 µm/m³
Ländlich abgelegen: Thüringen	12 µm/m³
Anlagenbetriebsdauer	
24 Std. an 7 Tagen je Woche	8.760 h
14 Std. an 5 Tagen je Woche	3.354 h – Absenkung auf 40% an den Wochenenden
Effektive Ausnutzung der verbauten Filterfläche	
Optimale Geometrie (Länge und Taschenanzahl)	
Staubspeicherfähigkeit	
Energieverbrauch/a in kWh gemäß EUROVENT	
Basierend auf Messwerten (0 – 250 g bzw. 0 – 100 g)	
Bewertung der mittleren Druckdifferenz unabhängig vom darüber hinausgehenden Kurvenverlauf	

Bild 1: Die wichtigsten Informationen zu Normen, Richtlinien, Rahmenbedingungen und Parametern im Überblick.

dert wird, konstant ist, also nicht vom Filterdruckverlust abhängt, lässt sich so der durch den Luftfilter verursachte Energieverbrauch W berechnen:

$$W = \frac{q_v \cdot \Delta p \cdot t}{\eta_{vent} \cdot 1000}$$

Die für dieses Bewertungsverfahren festgelegten Werte sind:

$q_v = 0,944 \text{ m}^3/\text{s}$ (Volumenstrom),

$t = 6000 \text{ h}$ (Betriebsdauer),

$\eta_{vent} = 0,50$ (Eta – Ventilatorwirkungsgrad) und der einzige variable Wert $\Delta p =$ mittlere Druckdifferenz.

W (in kWh) gibt die in der Zeit t (in h) verbrauchte Energie an. Da der Druckverlust während der Betriebsdauer eines Luftfilters mit der Staubeinlagerung zunimmt, wird in die Gleichung der integral gemittelte Druckverlust Δp (in Pa) eingesetzt – bei je nach Filterklasse festgelegter Staubbelastung.

Die Größe, die letztendlich über die Einteilung in die Energieeffizienzklasse entscheidet, ist die mittlere Druckdifferenz gemäß Eurovent 4/21. Die Filter werden mit einem synthetischen Staub, dem sogenannten Ashrae-Staub, einem standardisierten Staubgemisch, das die Zusammensetzung der Verschmutzung der Außenluft nachbildet, beladen, um dann die Druckdifferenzen praxisnah zu ermitteln.

Zunächst wird die Druckdifferenz eines Filters bei zunehmender Beladung gemessen, bis die vorgeschriebene Enddruckdifferenz nach EN 779:2012 erreicht ist. Für die Einteilung nach Energieeffizienzklassen werden die Messwerte der Filter der Gruppe M bis 250 g und der Gruppe F bis 100 g Staubbelastung bewertet. Dies entspricht in etwa der durchschnittlichen Staubaufnahme bei einer Betriebsdauer von einem Jahr für die entsprechende Filterklasse bzw. deren typischer Partikelfraktion.

Die Zunahme der Druckdifferenz während der Betriebsdauer eines Filters wird durch diesen Prüfablauf praxisnah simuliert. Die Messergebnisse lassen sich als Kurve (Bild 3) zusammenfassen.

Strenges Prüfverfahren für Filter der Klassen M5 bis F9

Das Prüfverfahren von Eurovent ist streng. Daher bietet es Betreibern von Klima- und Lüftungsanlagen auch ein Höchstmaß an Sicherheit und Zuverlässigkeit. Geprüft werden Filter der Klassen M5 bis F9 in neutralen, akkreditierten Prüfinstituten. Zurzeit sind diese VTT in Finnland, SP in Schweden und Cetiat in Frankreich. Die „Notified Bodies“ überprüfen mithilfe standardisierter Tests, ob die Angaben der Hersteller mit den Katalogdaten übereinstimmen. Kontrolliert werden die Angaben gemäß EN 779:2012 hinsichtlich Filterklasse, Anfangsdruckdifferenz, Anfangswirkungsgrad, Mindestwirkungsgrad sowie gemäß Eurovent hinsichtlich Energieklasse und Energieverbrauch (Bild 4 und 5).

Die wichtigsten Informationen zu Normen, Richtlinien, Rahmenbedingungen und Parametern im Überblick:

Eurovent: Für die Energieeffizienzklasse sind die Messwerte maßgebend bei einer Staubbelastung gem. EN 779:2012 von

- 0 bis 250 g: Filterklassen M5, M6
- 0 bis 100 g: Filterklassen F7, F8, F9

EN 779:2012 – Prüfnorm:

Prüfung der Filter bis zur Enddruckdifferenz



Bild 2: Eurovent Energieeffizienz-Label für Luftfilter.

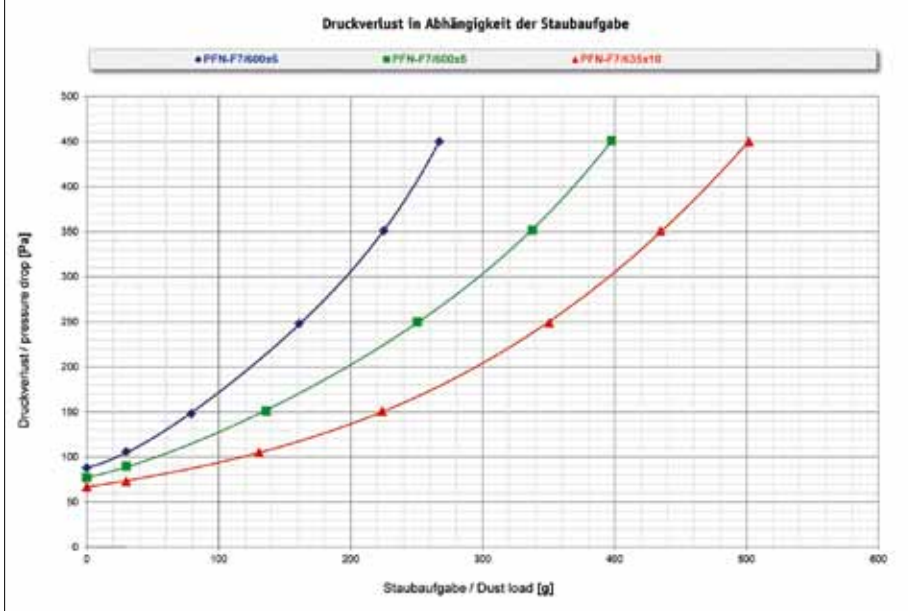


Bild 3: Kurvenverlauf der Druckdifferenz über der Staubaufgabe gemäß DIN EN 779 für die drei aufgeführten Taschenfilter.

- **2. Die Anlagenbetriebsdauer und somit Belastungsdauer der Filter**
 - 24 Std. an 7 Tagen je Woche: 8760 h.
 - 14 Std. an 5 Tagen je Woche 100%, Absenkung auf 40% an Wochenenden: 3354 h.
- **3. Effektive Ausnutzung der verbauten Filterfläche**
 - Optimale Geometrie (Länge und Taschenanzahl).
 - Qualität und Staubspeicherfähigkeit des verwendeten Vlieses.

LCC-Betrachtung: Der richtige Filter für die jeweilige Anwendung

Neben der Beurteilung eines Filters hinsichtlich seiner Energieeffizienz liegt natürlich auch die Wirtschaftlichkeit im Interesse des Betreibers. Sie ist wiederum abhängig von der Art der Verwendung, den vorherrschenden Staublasten und den Betriebsstunden (siehe Punkt 2). Aus diesem Grunde wurde ein LCC-Analyse-Tool entwickelt, das die Auswahl des richtigen Filters für die Art der Anwendung erleichtert. Einbezogen werden dabei praxisnahe Parameter:

- Die Staubspeicherfähigkeit nahe an 100% der zu erwartenden Staubbelastung berücksichtigt die Ausnutzung der gesamten Staubspeicherfähigkeit innerhalb des gewünschten Wechselintervalls.
- Die Definition der Enddruckdifferenz im Vorfeld.
- Die Anpassung des Filters an die örtlichen Gegebenheiten wie der Qualität der zu filternden Luft durch entsprechende Konfektionierung (Vlies, Länge, Taschenanzahl).

Bei weniger belasteten Luftverhältnissen können weniger leistungsstarke Filter mit niedrigerer Energieeffizienz eingesetzt werden (siehe Punkt 1). Umgekehrt kann bei höherer Staubbelastung eine Erhöhung der Taschenanzahl die gewünschte Wirkung erzielen (siehe Punkt 3). Die Betrachtung der Druckdifferenz im Mittel über den gesamten Einsatzzeitraum ist dabei zu berücksichtigen. Je nach Wechselzeitpunkt kann ein Standard C- oder B-Filter das passende Medium sein.

Bild 3 verdeutlicht die Wichtigkeit, die infrage kommenden Filter hinsichtlich ihres Druckverlustes in Abhängigkeit ihrer Staubaufnahme für die festgelegte Druckdifferenz (in unserem Fall 250 Pa) über den gesamten Betriebszeitraum zu beurteilen. So kann ein Filter der Energieeffizienzklasse B dem vermeintlich effizienteren Filter der Energieeffizienzklasse A (die Einteilung in die Energieeffizienzklasse erfolgt bei Betrachtung der Staubaufgabe von 0 bis

Filterklasse nach EN779:2012					
	M5	M6	F7	F8	F9
Mindestwirkungsgrad	-	-	ME> 35%	ME> 55%	ME> 70%
Staubaufgabe	MM = 250 g ASHRAE		MF = 100 g ASHRAE		
A+	0 - 450	0 - 550	0 - 800	0 - 1000	0 - 1250
A	451 - 600	551 - 650	801 - 950	1001 - 1200	1251 - 1450
B	601 - 700	651 - 800	951 - 1200	1201 - 1500	1451 - 1900
C	701 - 950	801 - 1100	1201 - 1700	1501 - 2000	1901 - 2600
D	951 - 1200	1101 - 1400	1701 - 2200	2001 - 3000	2601 - 4000
E	>1201	>1401	>2201	>3001	>4001

Bild 4: Energieeffizienzklassengrenzen für jede Filterklasse nach DIN EN 779:2012 bei 0,944 m³/s nach EUROVENT RS 4/JC/001-2015 – Werte in kWh/a.

Filter	PFN-F7/600x6	PFN-F7/600x8	PFN-F7/635x10
Energieklasse	C	B	A
Anschaffungs- und Einbaukosten	56,50 [€]	70,00 [€]	86,50 [€]
Wartungskosten	56,22 [€]	0,00 [€]	0,00 [€]
Entsorgungskosten	1,50 [€]	0,00 [€]	0,00 [€]
Energiekosten	86,80 [€]	69,98 [€]	55,71 [€]
1 Jahr	201,02 [€]	139,98 [€]	142,21 [€]
Anschaffungs- und Einbaukosten	56,50 [€]	70,00 [€]	86,50 [€]
Austauschkosten für 5 Jahre	333,19 [€]	274,68 [€]	254,15 [€]
Entsorgungskosten für 5 Jahre	9,00 [€]	6,00 [€]	4,50 [€]
Energiekosten für 5 Jahre	439,28 [€]	354,16 [€]	281,92 [€]
5 Jahre	837,96 [€]	704,83 [€]	627,07 [€]
Anschaffungs- und Einbaukosten	56,50 [€]	70,00 [€]	86,50 [€]
Austauschkosten für 10 Jahre	709,79 [€]	606,50 [€]	580,98 [€]
Entsorgungskosten für 10 Jahre	19,50 [€]	13,50 [€]	10,50 [€]
Energiekosten für 10 Jahre	891,97 [€]	719,13 [€]	572,46 [€]
10 Jahre	1.677,76 [€]	1.409,13 [€]	1.250,44 [€]

Bild 5: Beispielwerte der Lebenszykluskosten über ein, fünf und zehn Jahre gemäß EUROVENT Recommendation conc. „Calculating of life cycle costs for air filters“ issued 09/2005.

- 250 Pa: Filterklassen G1, G2, G3, G4
 - 450 Pa: Filterklassen M5, M6, F7, F8, F9
- ### VDI 6022 Blatt 1 (5.4.8.) – Filterwechsel:

- Hygienische Gründe,
- Ökonomische Optimierung,
- Erreichen vorgesehener Enddruckdifferenz,
- Defekter Filter.

Beeinflussende Kriterien für den Energieverbrauch und die Energieeffizienzklasse von Filtern sind z. B.:

● 1. Die individuelle Staubbelastung im Jahresmittel

Umweltbundesamt: Jahresmittelwerte der Staubbelastung PM 10, z. B.

- Innerstädtisch (Berlin-Zentrum) 32 µm³/m³.
- Ländlich stadtnah (Berlin-Grünwald) 21 µm³/m³.
- Ländlich abgelegen (Thüringen) 12 µm³/m³.

NACHGEFRAGT

IKZ-FACHPLANER: Herr Klamp, ist die Klassifizierung der Filtermedien nach Eurovent für alle Hersteller bindend oder handelt es sich hierbei um ein freiwilliges Label?

Thomas Klamp: Es handelt sich hierbei um ein freiwilliges Label. Zurzeit sind 24 Firmen Mitglied des Zertifizierungsprogramms Air Filter. Die Voraussetzungen dafür sind ein Qualitätsmanagementsystem, z.B. nach ISO 9001, sowie die aufgestellten Regeln und Gebühren zu akzeptieren.

IKZ-FACHPLANER: Kann sich der TGA-Fachplaner zu 100% auf die Daten des Labels verlassen?

Thomas Klamp: Die Überprüfung der Leistungsangaben erfolgt durch neutrale Testinstitute, SP, VTT, Cetiat, nach dem europäischen Standard EN 779:2012. Alle Daten werden in der Eurovent Datenbank veröffentlicht und sind für jeden zugänglich. Damit ist eine hohe Transparenz und Vergleichbarkeit der Filterhersteller untereinander gegeben. Außerdem wird durch die Prüfungen die Übereinstimmung der Leistungsdaten mit den Katalogdaten bestätigt.

IKZ-FACHPLANER: Werden die Produkte auch nach der Zertifizierung regelmäßig von den akkreditierten Prüfinstituten kontrolliert, um die Qualität und damit das Label nachhaltig zu schützen?

Thomas Klamp: Ja, es gibt eine regelmäßige Kontrolle von Eurovent. Jeweils ein Filter von vier verschiedenen Produktgruppen wird jährlich durch ein neutrales Institut geprüft. Nach Bestehen gilt die Zertifizierung für die im Anwendungsbereich definierte Produktpalette. Es gilt das Certify All Prinzip. D. h., wenn die vier Prüfungen erfolgreich waren, sind alle gelieferten Filter im Bereich M5 bis

F9 zertifiziert. Die Zertifizierung gilt dann jeweils für ein Jahr.

IKZ-FACHPLANER: Wie steht es um die Vergleichbarkeit zwischen Konkurrenzprodukten? Gibt es Besonderheiten, worauf der Planer achten sollte?

Thomas Klamp: Das Kriterium der Energieeffizienzklasse ist geschaffen worden, um untereinander vergleichen zu können. Allerdings lässt der Weg der Berechnung zu den LCC – Life Cycle Costs – eines Filters noch bestimmte Freiheiten, die zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können, z.B. Anlagenbetriebsdauer, Staubspeicherfähigkeit des Mediums über den Bewertungsbereich 0 bis 100g hinaus bzw. Verlauf der Druckdifferenzkurve sowie die Standzeit eines Filters, abhängig der Staubbelastung vor Ort, individuell je nach Lage und Gegend. Ebenso gehören Zinsraten, Kostenänderungen für Wartung – Personal, Material und der Aufwand für Wartung bzw. Entsorgung dazu. Somit sollte der Planer darauf achten, welche Stellschrauben der einzelne Hersteller verwendet. Bei den Prüfzeugnissen nach EN 779 ist darauf zu achten, dass die Filter jeweils beim gleichen Nennvolumenstrom verglichen werden.

IKZ-FACHPLANER: Rentiert sich überhaupt ein Vergleich in puncto Effizienz? Wie hoch sind die Einsparpotenziale?

Thomas Klamp: Einsparpotenziale sind auf jeden Fall möglich. Grundsätzlich nach der Qualität des eingesetzten Materials. Hier können 50% Einsparung möglich sein. Allerdings sind für viele Anwender die Investitionskosten ausschlaggebend, sodass ein hochwertiges Material nicht infrage kommt, auch wenn die Ersparnis über die Energieeinsparung diese mehr als ausgleicht.



Dipl.-Ing. Thomas Klamp, Leiter Filtertechnik, Trox GmbH.

Zudem sind Einsparungen bei vergleichbaren Qualitäten ebenfalls möglich, wenn ein Filter mit gleichen Staubspeicherfähigkeiten und Investitionskosten dann aber eine günstigere Druckverlustkurve aufweist. Am Ende ist jede eingesparte Druckdifferenz gegenüber einem anderen Filter rentabel, wenn alles andere gleich ist. Hier sind geschätzte Einsparungen von ein- bis eher geringen zweistelligen %-Werten möglich. Genaue Angaben lassen sich allerdings nur in Versuchsanlagen machen, in denen zwei vergleichbare Systeme unterschiedlich bestückt werden.

100 g) bei einer höheren, individuell vorliegenden Staubbelastung (z. B. 200 g) durchaus vorzuziehen sein.

Fazit

Durch die Eurovent-Energieeffizienz-Klassifizierung und den LCC-Rechner werden dem Planer und Anwender grundlegende Informationen an die Hand gegeben, um bei der Filterauswahl ökologische wie ökonomische Aspekte in die Überlegungen einzubeziehen. Allerdings sind neben der Bewertung nach Eurovent auch spezifische Einflüsse wie die Vorfiltration oder die konkrete Staubbelastung sowie die Staubspeicherfähigkeit eines Filters und die gewünschte voreingestellte Enddruckdifferenz zu berücksichtigen.

Eurovent sieht keine Vorfiltration vor, d. h. egal ob als erste oder zweite Filterstufe vorgesehen, ist bei der Filterklasse F7 z. B. 0 bis 100 g als Staubaufgabe für die Einteilung in eine Energieeffizienzklasse relevant. Die Bewertungskriterien Energieeffizienzklasse und Jahresenergieverbrauch sind final heranzuziehen, wenn die Konfiguration hinsichtlich der...

1. ...Art des Filtermediums...
2. ...Taschenlänge und -anzahl...
3. ...Staubspeicherfähigkeit...
4. ...Filterklasse...
5. ...Enddruckdifferenz...
6. ...Staubbelastung...
7. ...Wechselintervall...

...abgestimmt ist und mehrere gleichartige Filter zur Auswahl stehen.

Bei allem Augenmerk auf die Energieeffizienz eines Filters darf man allerdings eins nicht vergessen, seine eigentliche Aufgabe: gesundheitsgefährdenden Feinstaub abzuscheiden und so für eine hohe und gesunde Raumluftqualität zu sorgen. ■

Autor: Dipl.-Ing. Thomas Klamp, Leiter Filtertechnik, Trox GmbH

Bilder: Trox

www.trox.de