

Sparpotential Luftverteilung

Elektronische Druck- und Volumenstromregler erhöhen die Energieeffizienz

Von Dr.-Ing. Hans Werner Roth

Um in einem Bürogebäude die Vorgaben der Energieeinsparverordnung einzuhalten, werden vorwiegend energieeffiziente Lüftungsgeräte eingesetzt. Das Einsparpotenzial durch eine effektive Luftverteilung ist dagegen weniger bekannt und wird selten ausgenutzt. Mit elektronischen Reglern gelingt es, den Strombedarf der Ventilatoren durch bedarfsgeregeltes Lüften deutlich unter den EnEV-Referenzwert abzusenken. Dass diese Betriebsweise auch wirtschaftlich darstellbar ist, wenn man Druck und Volumenstromregelung kombiniert, zeigt die folgende Arbeit.

Damit die Lüftungstechnik den strengeren Vorgaben der EnEV 2009 genügt, sind hocheffiziente raumluftechnische Geräte erforderlich. Standardausführungen, wie sie noch vor wenigen Jahren gang und gäbe waren, genügen nicht mehr, um den EnEV-Referenzwert der spezifischen Stromaufnahme des Zuluftventilators mit einem Zuschlag für die Wärmerückgewinnung mit der Wärmerückführungsklasse H1 oder H2 von $P_{SFP} = 1.800 (1.500 + 300) \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$ zu unterbieten. Zusätzlich müssen 50 % des Primärenergiebedarfs des Kühlsystems mit einem anderen Anlagensystem, beispielsweise mit der raumluftechnischen Anlage (RLT), eingespart werden, da nur 50 % des Energiebedarfs dem Referenzbedarf zugerechnet werden darf. Dazu bietet sich die Luftförderung an: Denn für jede beim Lufttransport gesparte Kilowattstunde Strom wird gemäß dem deutschen Strommix das 2,6-fache an Primärenergie angerechnet.

Energiebedarf der Klimakälte kompensieren

Anhand eines Beispiels soll das Potenzial, den Energiebedarf durch eine bedarfsgeregelte Luftförderung zu senken, beschrieben werden. Die Ventilatoren des RLT-Geräts im folgenden Beispiel haben die Leistungsklasse P1 mit einem Wirkungsgrad von 60 % bei einem Nennvolumenstrom von 18.000 m³/h. Der SFP-Wert ist der Quotient aus der Summe der Druckverluste des RLT-Geräts und des Luftnetzes und dem Wirkungsgrad des Ventilators. Daraus ergibt sich ein maximaler Druckverlust von 1.080 Pa ($1.800 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s}) \cdot 0,6$), der auf das Luftleitungsnetz und das Lüftungsgerät aufgeteilt werden kann. Betrachtet man ein RLT-Gerät mit der höchsten Effizienz- und Wärmerückgewinnungsklasse (P1, H1) bei einer mittleren Luftgeschwindigkeit von 1,7 m/s, liegt der interne Druckverlust bei 393 Pa. Etwa 700 Pa blieben dann für Druckverluste der Außenluft- und Zuluftwege übrig, wären nicht 50 % des Primärenergiebedarfs des Kühlsystems zu kompensieren (Kältekorrektur). Dies erfordert weitere Einsparungen: In Abbildung 2 ist beispielhaft die Abhängigkeit vom internen zum externen Druckverlust bei einer spezifischen Kühlleistung dargestellt. Bei einem internen Druckverlust von 393 Pa dürfte der externe Druckverlust im Luftleitungsnetz höchstens 440 Pa betragen.

Mit einem ideal abgeglichenen Luftleitungsnetz mit Luftgeschwindigkeiten zwischen 2 und 6 m/s und Formstücken mit niedrigen Druckverlustbeiwerten sowie Niederdruck-Luftauslässen und Konstantvolumenstrombetrieb (siehe Abb. 3) wäre eine externe Pressung von etwa 200 Pa ohne Einsatz von Volumenstromreglern erreichbar. Der Einsatz preiswerter Volumenstromregler oder -begrenzer vor dem Luftauslass würde jedoch dazu führen, dass die Druckverluste um etwa ein Drittel ansteigen. Eine Absperrung unbenutzter Räume ist in diesem Beispiel ohne zusätzliche motorische Absperrvorrichtung nicht möglich.

Beim CAV-Betrieb (Constant Air Volume = Konstantvolumenstrom) wird das Potenzial der bedarfsgerechten Lüftung, den Energiebedarf zu senken, verschenkt: Bei einem typischen Bürogebäude werden die Büros sehr unterschiedlich genutzt; Einzelbüros stehen wegen Dienstreisen, Krankheit und Urlaub etwa 30 % der Arbeitszeit leer, Konferenzräume werden durchschnittlich nur zur Hälfte der Bürozeiten benutzt. Auch eine reduzierte Belegung eines Großraumbüros durch Abwesenheitszeiten bleibt unberücksichtigt, so dass die RLT-Anlage stets über dem Durchschnittsbedarf betrieben werden muss.

Bedarfsgerecht lüften mit elektronischen Reglern

Gerade für die beschriebene Büronutzung bietet sich eine bedarfsgerechte Belüftung unter Zuhilfenahme elektronischer Druckoder Volumenstromregler an. Letztere zeichnen sich gegenüber ihren mechanischen Pendanten unter anderem dadurch aus, dass sie einen deutlich geringeren Mindestdruckverlust verursachen (etwa 3 bis 5 Pa statt 30 bis 50 Pa) sowie einen deutlich größeren Regelbereich bis zu einem Verhältnis von 1:10 besitzen. Zudem sind elektronische Volumenstromregler unempfindlich gegenüber einer gestörten Anströmung und bieten eine hohe Regelgenauigkeit (siehe Kasten "Präziser Volumenstrom durch Kennfeldregelung").

Elektronische Volumenstromregler werden derzeit häufig für Besprechungsräume genutzt. Mit einem elektronischen Volumenstromregler zur Raumabspernung würden die Druckverluste im Beispiel "CAV-Betrieb" (Abb. 3) auf 220 Pa ansteigen. Eine aus energetischer Sicht ausgefeiltere Lösung bietet der Einsatz von elektronischen Volumenstromreglern bei einem variablen Volumenstrom (DCV = Demand Control Ventilation). Hier wird die Luftwechselrate entsprechend dem Ausgangssignal eines Luftqualitätssensors oder Präsenzmelders geregelt und die Drehzahl der Ventilatoren im RLT-Gerät stufenlos angepasst. Die Druckverluste fallen bei dieser Lösung aufgrund der im Jahresmittel kleineren Volumenströme (etwa 64 % des Gesamtvolumenstroms) auf etwa 140 Pa (siehe Abb. 4).

Sparpotenzial trotz Einzelraumregelung

Die Ausrüstung jedes Raums mit je einem Zu- und Abluft-Volumenstromregler ist nur bei großen Räumen wirtschaftlich vertretbar. Auch muss nicht jeder Raum mit einer Bedarfsregelung belüftet werden. Flexibler und preiswerter sind Lösungen mit einer Zuluft-Druckregelung und Luftstromverstellung vor oder im Luftauslass. Eine Verstellung im Auslassquerschnitt ist besonders bei kleinen Volumenströmen mit einer besseren Lüftungseffektivität verbunden (siehe Abb. 5). Die Stellung der Druckregelklappen kann über eine Busleitung ausgelesen werden. Die Ventilatorrehzahl wird dann solange abgesenkt, bis die erste Klappe fast offen steht (Fanoptimizer). Der minimale Druck entlastet die Regler und begrenzt die Drosselgeräusche. Schalldämpfer in den Luftauslässen, die zur Minderung des Telefonieschalls ohnehin erforderlich sind, genügen, um die Schallpegel in den Büros auf 35 dB(A) zu begrenzen.

Durch diese Anordnung kann im aufgeführten Beispiel der Strombedarf des Zuluftventilators im Vergleich zum CAV-Betrieb um rund 70 % gesenkt werden (Abb. 6). Beim "DCV-Betrieb" sollte die Abluft in jedem Fall mit Hilfe eines Volumenstromreglers nachgeführt werden. Dies gelingt einfach, wenn die Abluft aus Einzelräumen über schallgedämpfte Luftdurchlässe in die Innenzone überströmen kann. Der mittels einer Druckregelklappe im Zuluftkanal gemessene Volumenstrom dient dann als Vorgabewert für den Abluftregler. Dies schafft – unabhängig von den zeitlich variablen Zuluftströmen der einzelnen Räume – eine stets ausgeglichene Luftbilanz in der jeweiligen Nutzungszone.

Fazit

Die bedarfsgerechte Lüftung (DCV) mit Hilfe elektronischer Regler im Kanalnetz bietet die Möglichkeit, auf die individuelle Nutzung des Gebäudes und seiner Räume Rücksicht zu nehmen, das Energiesparpotenzial und zugleich die Luftqualität und den Komfort zu steigern. Hierbei kann auf die Anwesenheit von Personen flexibler reagiert werden als bei einem konstanten Volumenstrom. Werden zum Beispiel elektronische Druckregler in den Hauptsträngen eingebaut, halten sich Investitions- und Verdrahtungsaufwand in Grenzen. Dem stehen deutliche Einsparungen, sowohl bei der Zuluftaufbereitung als auch beim Stromverbrauch gegenüber, da gegenüber dem Konstantvolumenstrom ein kleinerer mittlerer Volumenstrom und niedrigere Druckverluste anfallen. Zentrallüftungsgeräte können daher kleiner ausgelegt werden und häufiger in Teillast betrieben werden.

Fazit in Kurzform

- Energiepotenzial durch Bedarfslüftung
- Mittlerer Volumenstrom beim typischem Raummix eines Bürogebäudes um etwa ein Drittel kleiner als bei konstantem Volumenstrom
- Jährliche Stromarbeit verringert sich im Vergleich zum Betrieb mit konstantem Volumenstrom bis zu 70 %
- RLT-Geräte können kleiner ausgelegt werden
- Flexible Raumnutzung möglich
- Luftqualitätssensor schaltet die maschinelle Lüftung bei freier Lüftung ab (Eignung für hybride Lüftung)
- Nutzer bestimmt das lokale Raumklima

Bildmaterial / Erläuterungen

Auslegung P1-RLT-Gerät und Luftleitung

nach EnEV 2009 mit $\eta_{\text{a}} = 0,60$
 Kälte für $7\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ und im Raum $14\text{ kWh}/\text{m}^2/\text{a}$

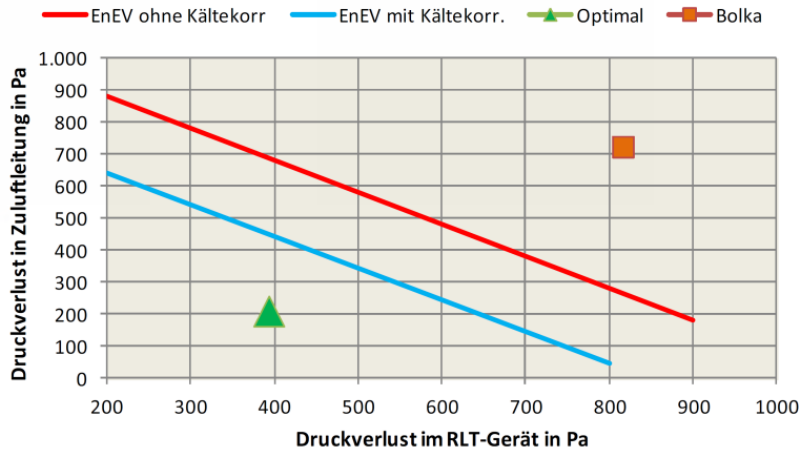


Abbildung 1: Um in einem nach EnEV 2009 ausgelegten Bürogebäude den Energiebedarf von Kompressionskältemaschinen zu kompensieren, dürfen die Druckverluste die blau gestrichelte Linie nicht überschreiten. Das rote Kästchen repräsentiert den Stand der Technik des Jahres 2004 (Datenpunkt „Bolka“ aus einem AiF-Forschungsbericht). Das grüne Dreieck stellt den Wert für ein berechnetes Lüftungsgerät mit einem angeschlossenen strömungstechnisch optimierten Zuluftnetz mit konstantem Volumenstrom dar.

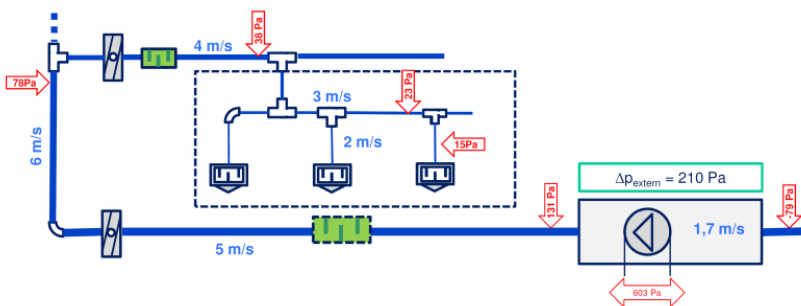


Abbildung 2: Beispielfhaftes Luftleitungsnetz bei konstantem Volumenstrom (CAV-Betrieb) und geringen Druckverlusten. Eingesetzt werden Niederdruck-Luftauslässe.

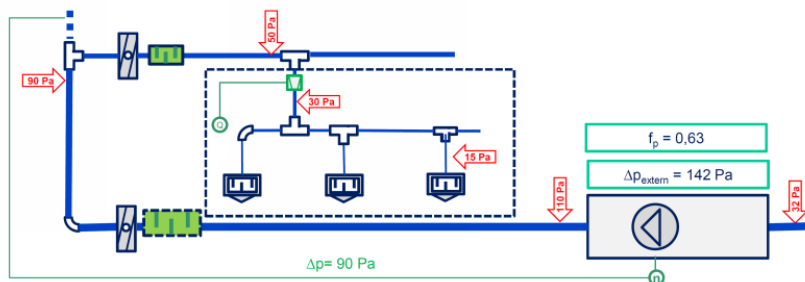


Abbildung 3: Eine bedarfsgerechte Regelung des Luftvolumenstroms (DCV-Betrieb) unter Einsatz von elektronischen Volumenstromreglern kann die Druckverluste im Kanalnetz etwa halbieren

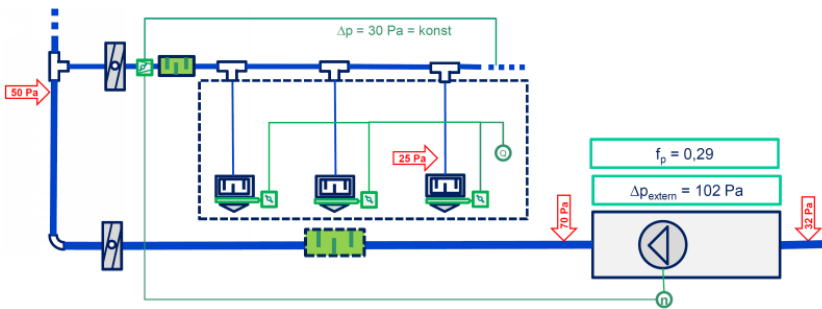


Abbildung 4: Hohe Effizienz und maximaler Komfort lassen sich erzielen, wenn durch Absperrklappen an den Luftauslässen Einfluss auf das Raumklima genommen werden kann. Ein konstanter Druck im Strang sorgt an den jeweiligen Luftauslässen für definierte Volumenströme.

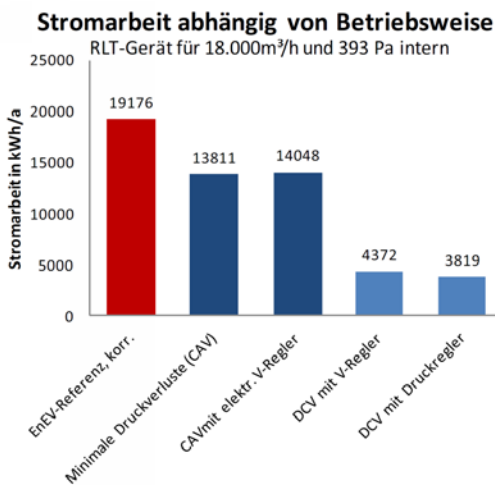
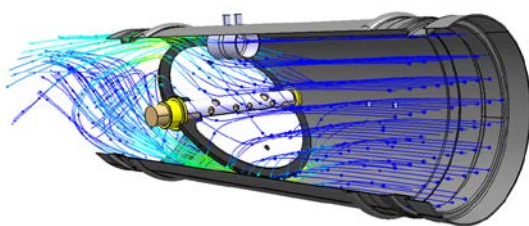


Abbildung 5: Die Höhe der jährlichen Stromarbeit ist abhängig von der Betriebsweise der Anlagentechnik. Der bedarfsgerechte Betrieb der Lüftung mit einem variablen Volumenstrom – ob mit elektronischen Volumenstrom-(V-) oder Druckreglern – eröffnet ein großes Sparpotenzial.

Präziser Volumenstrom durch Kennfeldregelung – die LTG Volumenstromregler VRE-W und VRF-W



Bei den elektronischen Volumenstromreglern VRF-W (mit rechteckigem Querschnitt) und VRE-W (runder Querschnitt) wird der Wirkdruck direkt im Bereich des Klappenblatts gemessen. Dies führt zu einem größeren Messsignal, da die Luftströmung am Messelement lokal beschleunigt wird. Die Kombination der Signale eines neuen, sehr genauen Drucksensors und der Klappenposition ermöglicht einen Regelbereich bis 1:10 und eine genauere Regelung bei kleinen Geschwindigkeiten in der Luftleitung. Dank ihrer hohen Ansprechempfindlichkeit arbeiten die Regler bereit bei sehr kleinen Druckverlusten von wenigen Pascal.

Die Positionierung des Messelements in der Klappenebene bietet zudem die Vorteile, dass die Volumenstromregler sehr kurz ausfallen und die Reglergenauigkeit dank der optimierten Luftführung kaum von der Anströmung beeinflusst wird. Die Volumenstromregler VRF-W und VRE-W eignen sich daher besonders gut zur vordruckunabhängigen Regelung eines konstanten oder variablen Volumenstroms im unteren Geschwindigkeitsbereich (siehe Grafiken unten). Dank ihres großen Regelbereichs und ihrer niedrigen minimalen Druckverluste lassen sich die Einsparpotenziale einer bedarfsgerechten Lüftung optimal nutzen.