

Energieeffizienz in Gebäuden – das Gesamtsystem bringt den Erfolg

Hoher Gesamtwirkungsgrad erfordert Optimierung aller Komponenten

Dipl.-Ing. Michael Burghardt, Produktmanager



Kühlen, Heizen, Luftaustausch, Be- und Entlüftung – die Anwendungen für sogenannte Raumlüftungstechnische Geräte (RLT-Geräte) sind weit gefächert. In vielen Regionen Europas betrachten sie die Einwohner allerdings nur als angenehmen Luxus. Dass sie auch energetisch sehr sinnvoll sind, ist nur wenig bekannt. Der von der Europäischen Kommission für die Ecodesign Directive: „ENTR Lot 6 – Air Conditioning and Ventilation Systems“ in Auftrag gegebene Teilbericht zu Ventilatorsystemen zeigt dies deutlich auf. Im Gegensatz zur natürlichen Lüftung steigt durch RLT-Geräte der Bedarf an elektrischer Energie, der Bedarf an Primärenergie für Heizen und Kühlen sinkt aber sehr stark.

Der elektrische Energiebedarf für RLT-Geräte ist in Europa von 42 TWh/Jahr im Jahr 2000 auf 59 TWh/Jahr in 2010 gestiegen^[1] und wird noch weiter steigen. Die Tatsache, dass ein Großteil dieser Energie in die elektrischen Antriebe fließt, zeigt das Einsparpotential bei Auswahl der geeigneten Antriebstechnik. Grundsätzlich bestimmen drei Faktoren, wieviel Energie ein Ventilatorsystem im täglichen Betrieb aufnimmt: der geförderte Volumenstrom, der Gesamtdifferenzdruck und der Systemwirkungsgrad des Ventilatorantriebssystems. Und der steht im Folgenden auch ausschließlich im Mittelpunkt der Betrachtung. Was müssen Anwender beachten, wenn sie das Antriebssystem bezüglich des Wirkungsgrades optimieren wollen?

NICHT DIE KOMPONENTE, SONDERN DAS ZUSAMMENSPIEL EINZELNER BAUGRUPPEN ZÄHLT

Der Gesamtwirkungsgrad des Ventilatorantriebssystems ist nicht durch einen einzelnen Faktor restlos zu beschreiben. Insgesamt gibt es vier wichtige Punkte,

die ihn beeinflussen und letztlich bestimmen: der Wirkungsgrad des Ventilators, der Motorwirkungsgrad, der Kupplungswirkungsgrad sowie der Wirkungsgrad der Drehzahlregelung. Jeder dieser Faktoren hat mehr oder weniger Einfluss auf die Effizienz des Systems und ist mehr oder weniger starken zukünftigen Entwicklungen unterworfen.

VENTILATOR

Heute kommen meist freilaufende, direktgetriebene Ventilatoren zum Einsatz. Der Wirkungsgrad ist bei ihnen definiert als das Verhältnis von Luftleistung zu Wellenleistung. Typisch haben heute rückwärts gekrümmte Radialventilatoren, bezogen auf den statischen Druck, einen Wirkungsgrad von 0,7 bis 0,75, wobei eine weitere wesentliche Steigerung aufgrund der physikalischen Bedingungen nicht mehr zu erwarten ist^[2].

Durch den Direktantrieb, der heute den größten Anteil bei den Systemen ausmacht, verbessern sich auch Zuströmbedingungen in das Laufrad und daraus folgend der Wirkungsgrad. Der Grund liegt

darin, dass Motorlagerung gleichzeitig Ventilatorlagerung ist und zusätzliche Lager im Ansaugbereich entfallen können. Ein weiterer Faktor, der den Lüfterwirkungsgrad beeinflusst, ist die Größe der Lüfternabe. Ist diese zu groß, wirkt sie im Ansaugbereich des Lüfterrads wie eine Drossel und reduziert damit den Wirkungsgrad. Dies ist vor allem bei kompakten Lüftern ein Problem, in denen integrierte Motoreinheiten, wie beispielsweise EC-Motoren, große Naben bilden. Je tiefer der Motor im Lüfter positioniert ist, desto kompakter baut die Einheit und desto schlechter gestaltet sich deren Wirkungsgrad.

MOTORWIRKUNGSGRAD

Bei der Motortechnik kommen in den RLT-Geräten meist Drehstromasynchronmotoren zum Einsatz. Sie sind robust, kostengünstig und in einem weiten Leistungsbereich verfügbar. Der Wirkungsgrad dieser traditionellen Antriebe liegt bei 75 bis 95 %, je nach Aufbau und Leistungsgröße. Aufgrund der Forderung nach einer noch höheren Energieeffizienz gehen aber im-

EC- vs. PM-Motor – Unterschiede und Gemeinsamkeiten

Handelt es sich bei einem PM-Motor grundlegend um einen Wechselstrommotor, kommen die EC-Motoren aus der Familie der Gleichstrommotoren. Allerdings ist der Unterschied flie-

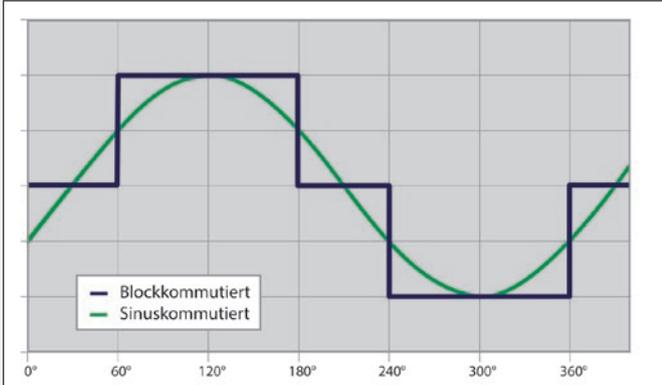


Abb.1

ßend. Ursprünglich nutzten EC-Motoren eine Blockkommutierung, während PM-Motoren eine sinusförmige Kommutierung verwenden.

Aufgrund verschiedener Nachteile der Blockkommutierung (z.B. Drehmomentrippel, höhere Eisenverluste und Geräusche) nutzen aber immer mehr EC-Motoren ebenfalls die sinusförmige Kommutierung. Die Wirkungsgrade beider Techniken sind etwa auf gleichem Niveau.

Ein weiteres, klassisches Unterscheidungsmerkmal zwischen PM- und EC-Motoren ist das Verfahren, mit dem sie die Rotorposition bestimmen. Die Industrie nutzt meist Resolver oder SinCos-Geber; bei EC-Motoren sind es üblicherweise Hall-Sensoren. Mittlerweile stehen für beide Motorvarianten Regelverfahren bereit, die den Motor sensorlos, d.h. ohne Rückführung, betreiben können.

Der Vorteil des EC-Motors liegt in der relativ einfachen und kostengünstigen Elektronik. Außerdem können die Hersteller aufgrund der niedrigen Taktfrequenz günstigere IGBT mit höheren Schaltverlusten einsetzen. Wie bei der Steuerelektronik des PM-Motors hängt das Betriebsverhalten von den eingesetzten Regelalgorithmen und ggfs. der hierfür benötigten Rechenleistung der Elektronik ab. Hier haben die aufwändigen Regler der PM-Motoren oft Vorteile. In der Praxis kommt es bei beiden Systemen aber darauf an, wie das System ausgelegt ist.

mer mehr Hersteller dazu über, PM- und EC-Motoren einzusetzen, auch als Synchronmotoren bekannt. Beide Technolo-

gien setzen für das Magnetfeld auf Permanentmagnete im Rotor, im Gegensatz zu den Wicklungen in den Asynchron-

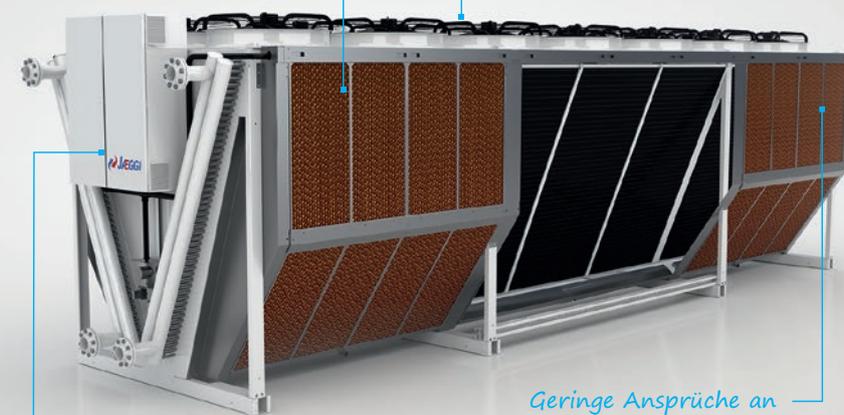
motoren. Der Wegfall der stromdurchflossenen Windungen reduziert die Verluste dieser Motoren und erhöht den

Doppelt kühlt besser

Mit adiabatischer Vorkühlung – ohne Wasseraufbereitung

Hygienegerechter Betrieb
nach VDI 2047-2

Geprüft auf
Aerosolaustrag



Kosteneffiziente/
energieeffiziente Regelung

Geringe Ansprüche an
die Wasserqualität



www.jaeggi-hybrid.eu/adc

Trocken- oder Nassbetrieb

Der Hybrid Blue von JAEGGI kombiniert die Einfachheit eines Trockenkühlers mit der flexiblen Leistungssteigerung einer adiabatischen Vorkühlung durch Befeuchtungsmatten – hygienisch einwandfrei und ohne Wasseraufbereitung. Mit seinem Leistungsspektrum von 50 kW bis 2 MW auf einer beeindruckend kleinen Aufstellfläche und der intelligenten Steuerung für Drehzahl und Befeuchtung lässt sich praktisch jede Rückkühler-Anwendung in den Bereichen Industrie, Klimatisierung oder Datacenter abdecken.

Wirkungsgrad gegenüber den Standardasynchronmotoren. Allerdings nimmt der Vorteil mit steigender Leistungsgröße der Motoren ab. Zudem lassen sich PM-Motoren in einer kompakten Bauform realisieren und zeichnen sich bei höheren Polpaaren durch eine hohe Gleichlaufgüte aus. Eine Besonderheit bei den EC-Motoren: Für Lüfteranwendungen sind sie häufig als Außenläufer ausgeführt, d.h. das Innere steht fest, während sich das Lüfterrad direkt außen am Gehäuse befindet. Und auch die Regelelektronik ist mit in das Gehäuse integriert. Es entsteht eine äußerst kompakte Baugröße, mit einem sehr effizienten Motor, heute bis zu einer Grenze bis ca. 6 kW erhältlich. Oft wird allerdings übersehen, dass der Anwender die Kombination aus Lüfter und Motor als Gesamtsystem betrachten muss, um die Auslegung auf optimale Energieeffizienz durchzuführen. Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, haben die Positionierung des Motors zum Lüfterrad sowie die Nabengröße des Lüfters einen hohen Einfluss auf den Wirkungsgrad. Problematisch ist z. B. bei Kompaktsystemen die Positionierung des EC-Motors als Nabenmotor. In der Praxis hebt diese Konstruktion dann oft den Vorteil eines hocheffizienten Motors, sei es EC- oder PM-Motor, durch Verluste beim Ventilatorwirkungsgrad zumindest auf, so dass in der Gesamtbetrachtung der Wirkungsgrad deutlich sinkt. Daher sollte der Anwender vor Entscheidung für ein System einen Vergleich der Lösungen durchführen bzw. die Gesamtwirkungsgrade vergleichen (s. Abb.2).

Da Lüftersysteme meist auf Spitzenlast ausgelegt sind, laufen sie in der Praxis häufig im Teillastbetrieb. In diesem Fall zeigen PM- wie auch EC-Motore aufgrund höherer Wirkungsgrade in diesem Bereich ihre Stärke und sind im Vergleich zu herkömmlichen Drehstromasynchronmotoren die bessere Wahl.

KUPPLUNGSWIRKUNGSGRAD

Jedes Antriebssystem hat natürlich einen Verlust. Setzt das System noch auf eine Keilriemenübertragung, so liegt der Wirkungsgrad dieser Lösung je nach Leis-

Studie ILK Dresden: EC+ System bringt höchste Energieeffizienz

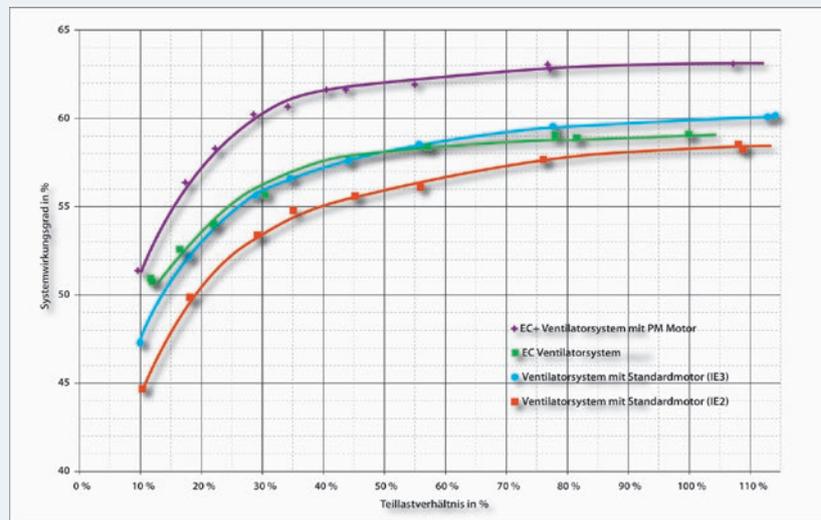
Das Institut für Luft- und Kältetechnik in Dresden hat im Auftrag von AL-KO, Nikotra Gebhardt und Danfoss am Markt befindliche Lüftersysteme auf ihre Energieeffizienz hin untersucht. Dabei stand – wie auch im Artikel erläutert – der Wirkungsgrad des Gesamtsystems im Vordergrund. Denn nur das gesamte System kann Energie sparen, nicht die einzelnen Komponenten.

Zur Untersuchung kamen Systeme, wie sie im Handel erhältlich sind. Damit die Effizienz vergleichbar zu bewerten ist, lieferte AL-KO eine einheitliche Versuchsumgebung, in der die Spezialisten des ILK die einzelnen Probanden testen, messen und bewerten konnten.

Im Einzelnen haben die Techniker getestet:

- ▶ Permanentmagnetmotor mit Frequenzumrichter (EC+)
- ▶ EC-Ventilator mit integriertem Antrieb
- ▶ Asynchronmotor IE2 mit Frequenzumrichter
- ▶ Asynchronmotor IE3 mit Frequenzumrichter

Das Ergebnis zeigt das folgende Schaubild:



Zudem fasste Professor Dr.-Ing. Franzke das Ergebnis so zusammen:

„Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass das Ventilatorsystem mit PM-Motor den höchsten Systemwirkungsgrad aufweist. Für den EC-Ventilator und den Ventilator mit einem IE3-Motor ergibt sich ein etwa 3 % geringerer Systemwirkungsgrad. Das System mit IE2-Motor liegt im Bestpunkt etwa 5 % unter dem Systemwirkungsgrad des Ventilatorsystems mit PM-Motor. Aus energetischen Gesichtspunkten ist daher das System mit PM-Motor und Frequenzumrichter für den Einsatz in RLT-Geräten zu bevorzugen. Es ist zudem zu empfehlen, für die konkrete Anwendung eine wirtschaftliche Bewertung des zu bevorzugenden Ventilatorsystems durchzuführen.“

Abb.2

tungsgröße bei 0,8 bis 0,95. Flachriemen sind da schon deutlich besser und erreichen Wirkungsgrade bis 0,97. Allerdings verschlechtern sich in beiden Fällen die Zuströmbedingungen zu den Ventilatoren, denn für die Montage sind Lagerkreuze sowie Keilriemenscheiben und Schutzeinrichtungen vorzusehen. Vorteilhaft ist dagegen ein Direktantrieb mit freilaufender Ventilorteknik, wie er sich in den letz-

ten Jahren durchgesetzt hat. Durch die direkte Kraftübertragung entstehen keine zusätzlichen Verluste. Als positiver Nebeneffekt entfällt auch der Abrieb durch die Riemen, und somit kann oft eine weniger aufwändige Filterung verwendet werden, die ebenfalls negativen Einfluss auf den Gesamtwirkungsgrad einer RLT-Anlage hat.

WIRKUNGSGRAD DER DREHZAHLREGELUNG

Die größten Einsparungen innerhalb des elektrischen Antriebssystems von RLT-Geräten erzielt allerdings die elektronische Drehzahlregelung. Zwar haben auch die entsprechenden Regler Verluste, die aber durch die immensen Einsparungen um ein Mehrfaches übertroffen werden. Denn die Leistungsaufnahme des Motors ändert sich bei den meisten Ventilatoren mit der dritten Potenz der Drehzahl, was in der Praxis bedeutet: Halbe Drehzahl reduziert die Leistungsaufnahme auf ein Achtel!

Die Drehzahlregelung erlaubt einen bedarfsgerechten Betrieb der Anlagen und ist selbst bei Konstantvolumenstromsystemen sinnvoll. Wenn sich mit der Zeit die Filter in der Anlage zusetzen, sinkt der Volumenstrom. Damit der geforderte Volumenstrom wirklich konstant bleibt, müsste das System die Drehzahl erhöhen. Moderne Frequenzumrichter erreichen Wirkungsgrade von 0,93 bis 0,98 und mehr. Zeitgemäße Lösungen können dabei sowohl Asynchron- wie auch PM-Motoren ansteuern, teilweise sogar geberlos. Das reduziert Schulungsaufwand für unterschiedlich Regelgeräte für unterschiedliche Motortechnologien und vereinheitlicht die Technik innerhalb eines gesamten Systems bei der Gebäudeautomation. Bei Auswahl eines geeigneten Umrichters sollte der Anwender auf die Integration der entsprechenden EMV-Filter und Netzdrosseln achten.

Eine Nachrüstung externer Komponenten bedeutet wieder zusätzliche Verluste, die die Gesamteffizienz des Systems senken.

FAZIT

Neben der richtigen Auslegung des Systems kommt vor allem der Auswahl des elektrischen Antriebssystems für die Ventilatorsteuerung eine wichtige Bedeutung zu. Wichtig ist dabei, zu beachten, dass nicht der Einsatz eines einzelnen optimierten Bauteils den Energieverbrauch reduziert, sondern das optimale Zusammenspiel aller Komponenten innerhalb des Gesamtsystems den optimalen Wirkungsgrad ergibt. Dies zeigt vor allem der Vergleich von kompakten auf EC-Motor basierenden Lüftern im Vergleich zu Systemen mit kleineren Lüfternaben, die auch bei einem eventuell schlechten Motorwirkungsgrad meist einen besseren Gesamtwirkungsgrad haben. Langfristig sichert aber ein solches optimiertes System geringere Energiekosten und damit deutliche Einsparungen.

Literatur:

- [1] Lot 6: Air-conditioning and ventilation systems, Final Report, Task 7
 [2] Dr.-Ing. Christoph Kaup, „Elektroenergiebedarf von RLT-Geräten und deren Potenziale zur Energieeinsparung“, HLH, Bd. 60 (2009), Nr. 11

Autor: Dipl.-Ing. Michael Burghardt
 Produktmanager VLT

Danfoss VLT Antriebstechnik
 63073 Offenbach/Main

Foto/Grafiken:
www.vlt.de



Temperatur & Feuchte automatisiert überwachen.

Gebäude-Klima stets unter Kontrolle.

Mit dem neuen WLAN-Datenlogger-System testo Saveris 2 gewährleisten Sie immer ein optimales Gebäude-Klima:

- Einfach** Keine Software-Installation nötig
- Sicher** Alarmierung bei Überschreiten kritischer Werte per SMS & E-Mail
- Mobil** Zugriff auf Messdaten jederzeit & von überall via PC, Smartphone oder Tablet