

Energieeffizienz in Ventilatorensystemen

Beraterinformation klima:aktiv Programm energieeffiziente Betriebe



Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Basissystembeschreibung | 3 |
| Potenzialabschätzung | 3 |
| Energieeinsparpotenzial für Ventilatorsysteme | 5 |
| Verbesserungsmaßnahmen in Ventilatorsystemen | 6 |
| Quellen und weitere Informationen | 11 |

Ventilatorsysteme

Die folgende Übersicht enthält die wichtigsten Energieeinsparoptionen, die für die Optimierung von Ventilatorsystemen berücksichtigt werden sollten.

Basissystembeschreibung

Die Basissystembeschreibung umfasst im Wesentlichen folgende (Typenschild-) Daten, die aus Firmenunterlagen oder mit Hilfe einfacher Messungen erhoben werden können. In vielen Unternehmen können betriebliche Mitarbeiter die meisten oder gar alle genannten Informationen zusammenstellen.

1. Betriebszweck (Belüftung, Stofftransport, Rauchabzug usw.)
2. Ventilorentyp (axial, zentrifugal usw.)
3. Luftstrom (in m³/s)
4. Motorleistung (in kW),
5. Betriebspunkt,
6. Betriebsstunden,
7. Steuergeräte,
8. Kraftübertragung (Keilriemen, direkt usw.)

Da die Zahl der installierten Ventilatoren sehr groß sein kann, ist die Dokumentation oder Messung der o. g. Elemente der 50 größten Ventilatoren oder der drei größten Ventilatorengruppen wünschenswert. Ein anderer Ansatz kann auch darin bestehen, sich auf alle Ventilatoren für zwei ausgewählte Anwendungen (z. B. HLK oder Stofftransport) zu konzentrieren.

Besonders überdimensionierte Ventilatoren führen neben höheren Anschaffungskosten auch zu hohen Energiekosten, einerseits weil sie nicht im optimalen Betriebspunkt betrieben werden, andererseits weil sie einen größeren Luftstrom als notwendig fördern.

Potenzialabschätzung

Drosselung zur Leistungsanpassung: Bei konstanter Förderhöhe und konstantem Volumenstrom gedrosselte Ventilatoren weisen auf Überkapazität hin. Der Druckabfall über ein Regelventil stellt vergeudete Energie dar, die proportional zum Druckabfall und Förderstrom ist.

Eine überdimensionierter Ventilator erzeugt einen **lauten Luftstrom** und verstärkte Vibration der Kanäle. Weiters sind Riemen mit geringeren Wirkungsgraden lauter.

Änderungen der Anlagenbetriebsbedingungen (Erweiterungen, Stilllegungen, etc.) können bewirken, dass Ventilatoren, die vorher effizient arbeiteten, einen verringerten Wirkungsgrad aufweisen.

Ventilatoren mit bekannter **Überkapazität**: Überkapazität vergeudet Energie, weil mehr Volumenstrom mit höherem Druck als nötig gefördert wird.

Alle Ventilatoren mit großen **Förderstrom- und/oder Druckschwankungen**: Wenn Fördervolumina oder Drücke überwiegend unter 75% des Maximalwerts liegen (Teillastbetrieb), wird wahrscheinlich Energie durch Drosseln, Bypass-Ströme oder durch den Betrieb nicht benötigter Ventilatoren vergeudet.

Bypass-Ströme geben generell einen Hinweis auf vergeudete Energie, da ein größerer Luftstrom als nötig gefördert wird.

Eine Vielzahl von Untersuchungen haben gezeigt, dass durch eine effizientere Nutzung installierter Ventilatoren, insbesondere durch eine sorgfältigere und angepasste Auslegung des Ventilatorensystems (Kanäle, Motorleistungen und Steuerungen) große Energieeinsparungen erzielt werden können.

Energieeinsparpotenzial für Ventilatorsysteme

Die Möglichkeiten zur Energieeinsparung bei Installation eines Ventilatorensystems werden in den vier folgenden Kategorien zusammengefasst:

a) Minimierung der Verluste durch die Auslegung der Ventilatorenanlage bei gegebener Betriebsart, einschließlich Länge und Anordnung von Leitungen, Richtungs- oder Querschnittsänderungen.

b) Wahl des besten Ventilators für eine gegebene Betriebsart: Dies setzt voraus, dass nicht nur die benötigte Spitzenlast, sondern auch die Höhe und der zeitliche Verlauf der benötigten Leistung bekannt sind. Systembezogene Effekte spielen auch hier eine wichtige Rolle.

c) Wahl der Regelungsart des Ventilatorarbeitspunktes: Hierzu gehören Drosselung, variable Geschwindigkeit, variable Geometrie usw.

d) Wirkungsgrad des Ventilators: Verschiedene Ventilarentypen haben unterschiedliche Spitzen-Wirkungsgrade, wobei Axial-Flügelprofil-Ventilatoren die höchsten Werte aufweisen. Aber auch Ventilatoren des selben Typs haben mitunter stark voneinander abweichende Wirkungsgrade. Es sollten immer die effizientesten Ventilatoren bevorzugt werden.

| Maßnahme | Einsparpotenzial |
|---|--|
| Steuerung | |
| Betriebsplan, Laufzeit an Betriebszeit anpassen | 10-50% |
| Bedarfsabhängige Steuerung, Drehzahlvariabler Antrieb | 5-50% |
| Motor | |
| Auswahl des richtigen Motortyps- und grÖße | 5-20% |
| Einsatz hocheffizienter Motoren | 2-10% |
| Kraftübertragung | |
| Von Keilriemen zu Direktantrieb wechseln | 5 (größere Ventilatoren)-15% (kleine Ventilatoren) |
| Von Keilriemen zu Flachriemenantrieb wechseln | 5-10 % |
| Leitungen | Ca. 15% |
| Ventilatorauswahl und -wartung | 5-15% |

Verbesserungsmaßnahmen in Ventilatorsystemen

Betriebsplan

Als erste Einsparmöglichkeit ist der Einsatzplan der Ventilatoren zu prüfen, oft stellt man fest, dass Ventilatoren unabhängig vom Bedarf im Betrieb sind. Zur Laufzeitminimierung ist es wichtig, die Notwendigkeit der Belüftung während verschiedener Zeiten des Jahres, Monats und Tages zu analysieren. Ein an Hand dieser Analyse optimierter Einsatzplan kann den Energiebedarf drastisch reduzieren. Zum Beispiel können in gewerblich genutzten Gebäuden und in der Industrie außerhalb der Arbeitszeiten häufig Lüftungsanlagen abgeschaltet werden.

Bedarfsabhängige Steuerung

Für Anlagen mit variablem Volumenstrom kann die Absenkung der Drehzahl entscheidend zur Energieeinsparung beitragen:

Der Volumsstrom ist ungefähr proportional zur Drehzahl:

$$V \sim n$$

Die erforderliche Motorleistung nimmt aber mit der Kubatur der Verringerung der Drehzahl ab, dadurch kann bei einer Verringerung des Volumenstroms um 50% die erforderliche Leistung theoretisch auf 12,5% reduziert werden:

$$P_{neu} = P_{alt} * \left(\frac{n_{neu}}{n_{alt}}\right)^3$$

P_{neu} : erforderliche Leistung nach Änderung der Drehzahl [kW]

P_{alt} : erforderliche Leistung vor Änderung der Drehzahl [kW]

n_{neu} : Drehzahl (Drehzahl nach Änderung/Verringerung der Drehzahl)

n_{alt} : Drehzahl (Drehzahl vor Änderung der Drehzahl)

Auf dem Markt ist eine Vielzahl an bedarfsabhängigen Steuerungen verfügbar. Durch eine Überwachung des Bedarfs kann der Luftdurchsatz entsprechend angepasst werden.

a.) Drehzahlregelung

Eine der am häufigsten verwendeten Systeme zur Luftstromregelung ist der Einsatz drehzahlvariabler Antrieb mit Frequenzumrichter. Der Antriebsmoment sinkt quadratisch zur Drehzahl, damit sinkt die erforderliche Antriebsleistung bei einer Halbierung des Volumenstroms auf 25%. Wenn die Drehzahl mittels eines Frequenzumrichters variiert wird, ist zu beachten, dass dieser zusätzliche Verluste (typischerweise etwa 5%) aufweist. Diese können vernachlässigt werden, wenn der Ventilator oft unter Teillast arbeitet. Wenn es jedoch nicht nötig oder möglich ist, den Luftdurchsatz zu variieren, sollte auf den Einsatz eines

Frequenzumrichter verzichtet werden. Eine andere Möglichkeit der (groben) Drehzahlstellung ist der Einsatz von polumschaltbaren Motoren, sie sind kostengünstiger in der Anschaffung auf Grund ihrer fixen Drehzahlvorgaben ist der Einstellungsbereich jedoch begrenzt, für einfache Aufgaben eignen sie sich jedoch perfekt.

b.) **Drallregelung**

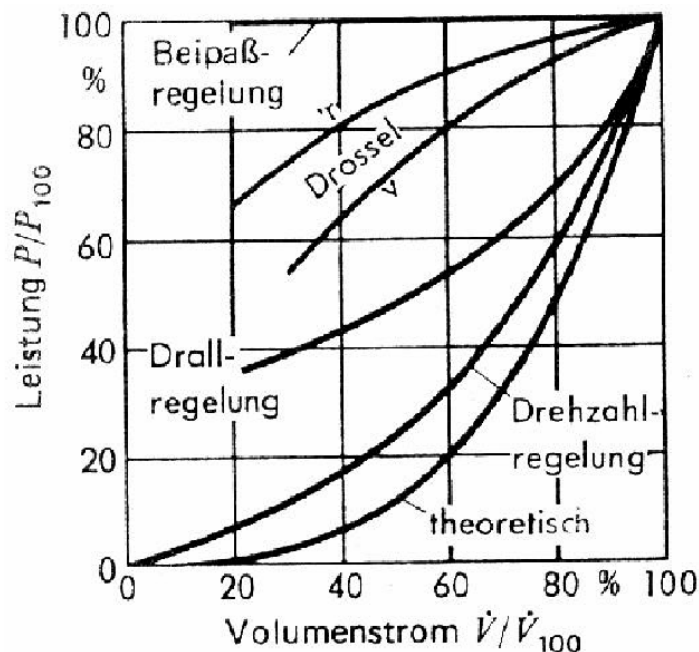
Bei der Drallregelung wird der Einfluss einer drallbehafteten Zuströmung auf das Gebläselaufrad auf die Ventilator Kennlinie ausgenutzt. Ein Gleichdrall im Drehsinn des Laufrades führt gegenüber drallfreier Zuströmung zu einem Abfall, d.h. Erhöhung des Volumenstromes bei gleicher Motorisierung. Ein Gegendrall entgegen dem Drehsinn des Laufrades zu einer Anhebung der Kennlinie, d.h. Absenkung des Volumenstromes bei gleicher Motorleistung. Der Vordrall wird bei dieser Regelung durch Verstellung des Anstellwinkels eines aus mehreren Vorleitschaufeln bestehenden Schaufelgitters (Umstaffelungsgitter) vor dem Laufrad erzeugt.

c.) **Drosselregelung**

Durch eine entsprechende punktuelle Querschnittsverringeringung entsteht am Drosselorgan ein zunehmend hoher Druckabfall, der schließlich zu einer Reduktion des Gasvolumenstroms führt, weil das Gebläse gegen einen künstlichen Gegendruck arbeiten muss. Bei Drosselregelung dreht das Gebläse näherungsweise mit konstanter Drehzahl (der Asynchron-Antriebsmotor wird direkt am Netz betrieben und läuft mit sehr geringem Schlupf fast synchron zur Netzfrequenz). Wird der Querschnitt gedrosselt, steigt zunächst der Druck am Gebläse vor der Drosselstelle entsprechend an, wobei sich die Förderleistung verringert. Bei einer Drosselung auf die Hälfte des Volumenstroms, steigt der Druck am Gebläse auf 125 % seines Nennwertes an. Die erforderliche Antriebsleistung des Gebläses sinkt aber trotz halben Volumenstroms nur auf 72% des Nennwertes. Diese Möglichkeit ist nach der By-Pass Regelung die mit Abstand ineffizienteste Regelung des Volumenstromes. Vor allem wenn das System viel in Teillast arbeitet sollten derartige Regelungen ausgetauscht bzw. bei Neuinstallationen nicht verwendet werden.

d.) Bei größeren Ventilatoren ist die Einstellung der **Schaufelstellung** ein übliches Verfahren zur Anpassung des Luftstromes. Diese Variante kann auch mit Variante b (Drallregelung) zwecks einer Verbesserung der Regelmöglichkeiten und des Wirkungsgrades verwendet werden.

In der Regel ergeben sich die größten wirtschaftlichen Einsparpotenziale wenn die Volumenstromregelung durch Drosselung auf eine Drallregelung bzw. FU Regelung umgestellt wird. Wird häufig im Teillastbereich häufig unter 75% der Nennlast gefahren so ist auch der Umstieg von einer Drallregelung auf eine Frequenzumformer - Regelung sinnvoll. (siehe Diagramm)



Überdimensionierung

Bei überdimensionierten Ventilatoren können mehrere Maßnahmen zur Energieeinsparung führen:

- Drehzahlregelung, diese kann zur Anpassung bestehender Systeme genutzt werden.
- Installation eines kleineren Ventilators und Motors mit geringerer Leistung, was natürlich hohe Investitionskosten nach sich zieht.
- Verwendung einer Riemenscheibe einer anderen Größe, um damit die Drehzahl zu verändern. Dabei ist zu beachten, dass der Motor nicht unter 40 % ausgelastet wird, da sonst sein Wirkungsgrad stark abnimmt. Gegebenenfalls ist er durch einen kleineren Motor – am besten durch einen Hocheffizienzmotor – zu ersetzen.

Motor

- Auswahl des richtigen Motortyps und der richtigen Motorisierung. Ein zu großer Sicherheitszuschlag führt zur (krassen) Überdimensionierung und zusätzlichen Verlusten. Moderne Motoren bieten gute Wirkungsgrade in einem Nennlastbereich von 60 – 100%, was die Auswahl erleichtert. Die Auswahl des richtigen Motors ist dennoch sehr wichtig.
- Abgesehen von Anwendungen mit sehr geringem Leistungsbedarf, lohnt es sich immer, Eff1- oder Eff2-Motoren einzusetzen, die dazu beitragen, Energieverluste und damit Kosten zu verringern.

Kraftübertragung

Die effizienteste Kopplung von Motor und Ventilator ist die Direktkopplung auf einer Achse. Folglich sollte nach Möglichkeit jedes unnötige Element zwischen Motor und Ventilator vermieden werden. Folgende Maßnahmen können ergriffen werden.

- a.) Getriebe vermeiden
- b.) Von Keilriemen- zu Direktantrieb wechseln
- c.) Von Keilriemen- zu Flachriemenantrieb wechseln
- d.) Von Flachriemen- zu Direktantrieb wechseln

Siehe auch Informationen zu Riemenantriebe unter Antriebe.

Luftkanäle

- a.) Das Leitungssystem in Gebäuden und Industrieanlagen wird typischerweise installiert, nachdem die Hauptkonstruktionen/Hauptanlagen errichtet wurden. Dies erfordert teilweise häufige Krümmungen und Querschnittsänderungen. Hinzu kommt, dass meist rechteckige Lüftungskanäle installiert werden, während kreisförmige energetisch günstiger sind.
- b.) Darüber hinaus muss eine Ventilatoranlage nach der Installation so ausgelegt werden, dass überall die erforderlichen Luftmengen erreicht werden. Diese Auslegung beinhaltet zum Teil den Einsatz von Drosselklappen, was zusätzlich Druck- und Energieverluste mit sich bringt. Um diese zu minimieren, ist eine korrekte Planung der Lüftungsanlage nötig.

Ventilatorenauswahl und -wartung

Zusätzliche Energieeinsparungen sind häufig durch die Wahl des richtigen Ventilators erreichbar. Diese wird heute durch die Ventilatorenauswahlprogramme der Hersteller wesentlich erleichtert. Weitere Einsparungen können durch die regelmäßige Wartung von Ventilatoren und Systemkomponenten erzielt werden.

Wartung der Riemen

Bei riemengetriebenen Ventilatoren sind die Riemen die Komponenten mit den höchsten Wartungsanforderungen. Bei abgenutzten Riemen kann sich der Wirkungsgrad um 5 bis 10% verringern. Die Energieverluste machen sich durch erhöhte Lautstärke bemerkbar. Bei notwendigem Ersatz eines einzelnen Riemens in einem Mehrriemensystem sollte der gesamte Riemensatz gewechselt werden, da sonst der neue Riemen überlastet wird. (siehe auch Informationen zu Riemenantrieb unter Antriebe!)

Reinigung des Ventilatorsystems

Bei vielen Ventilatoren wird die Leistungsverringerung durch die Anreicherung von Verunreinigungen auf den Ventilatorflächen oder anderen Oberflächen verursacht.

Besonders Ventilatoren mit rückwärts gekrümmten Schaufeln neigen zur leichten Verschmutzung, sie werden daher normalerweise nicht in einer Umgebung mit höheren Staubkonzentrationen eingesetzt.

Leckagen

Der erste Schritt zur Behebung der Leistungsverluste von Ventilatorsystemen ist die Kontrolle der Dichtheit des Leitungsnetzes. Besonders flexible Verbindungen und Bereiche, die hohen Vibrationsniveaus ausgesetzt sind, neigen zur erhöhten Leckage.

Schmierens des Lagers

Die Lager sind bei Ventilatoren gemäß den Wartungsvorschriften zu schmieren. Diese enthalten das Intervall und die Fettqualität und -mengen.

Kontrolle des Motors

Quellen und weitere Informationen unter:

Das Europäische Motor Challenge Programm, Modul Ventilatorsysteme, Brüssel, 2003

<http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/motorchallenge>

Umweltbundesamt, Allplan, Energieeffiziente Technologien und effizienzsteigernde Maßnahmen, Wien 2005

http://www.umweltbundesamt.at/publikationen/publikationssuche/publikationsdetail/?pub_id=1561

U.S Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Improving Fan System Performance, a sourcebook for industry, Washington, D.C., 2003

http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/pdfs/fan_sourcebook.pdf