



Bild 1: Mehrere Ventilatoren als Fanwall-System mit der benötigten Regelungstechnik. Fotos: Howatherm GmbH



Bild 2: Mehrere EC-Ventilatoren als Fanwall-System. Fotos: Howatherm GmbH

Beispielrechnung

Elektroenergieeinsparung durch optimierte Anzahl der verwendeten Ventilatoren

Neben dem thermischen Energiebedarf für Heizung und Kühlung ist der Elektroenergiebedarf ein weiterer großer Energieverbraucher in raumluftechnischen Anlagen und Geräten. Mit geeigneten Maßnahmen kann in der Raumluftechnik Elektroenergie beträchtlich eingespart werden.

TEXT: Christoph Kaup

Modulare Fanwall-Systeme mit einer hohen Anzahl von Ventilatoren werden dabei immer häufiger genutzt, um Energieeinsparungen zu realisieren. Eine Beispielberechnung zeigt über den Vergleich der Anzahl der verwendeten Antriebskomponenten Vor- und Nachteile bezüglich Systemwirkungsgrad, Schallleistung und Investitionsausgaben in RLT-Systemen. Der Elektroleistungsbedarf (P_m) einer RLT-Anlage hängt von drei Faktoren ab:

$$P_m = q_v \cdot \Delta p / \eta_s$$

mit:

q_v : geförderter Volumenstrom in m^3/s

Δp : Gesamtdifferenzdruck in Pa

η_s : Systemwirkungsgrad des Ventilatorantriebssystems.

Der Volumenstrom wird durch die Anwendung bestimmt. Er sollte weder zu niedrig sein, um die Funktion zu gewährleisten, noch sollte er zu hoch sein, da der Energiebedarf linear zum Volumen-

strom steigt. Ein Hauptaugenmerk muss auf die Gesamtdruckdifferenz gelegt werden, die durch die Gestaltung der Komponenten wesentlich reduziert werden kann. Diese steigt sogar quadratisch zum Volumenstrom. Letztlich darf der Systemwirkungsgrad nicht unbeachtet bleiben. Er wird durch Multiplikation der vier Einzelwirkungsgrade bestimmt:

$$\eta_s = \eta_v \cdot \eta_M \cdot \eta_A \cdot \eta_R$$

wobei:

η_v : Wirkungsgrad des Ventilators

η_M : Motorwirkungsgrad

η_A : Antriebswirkungsgrad

η_R : Wirkungsgrad der Drehzahlregelung

Heute werden häufig mehrere Ventilatoren parallel als sogenannte Fanwall-Systeme (Ventilatorwände) eingesetzt. Diese Systeme sollen den Wirkungsgrad erhöhen, also die Energieeffizienz steigern.

Fanwall-Systeme bieten zudem eine erhöhte funktionelle Redundanz. Deshalb muss jeder Ventilator über eine eigene Regel-

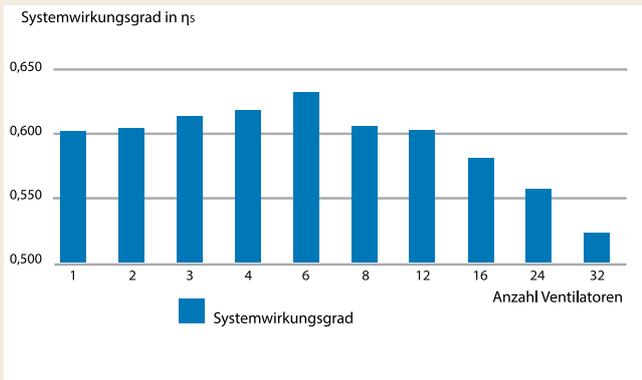


Bild 3: Systemwirkungsgrade (η_s) für 1 bis 32 Abluftventilatoren.
Grafik: Howatherm GmbH

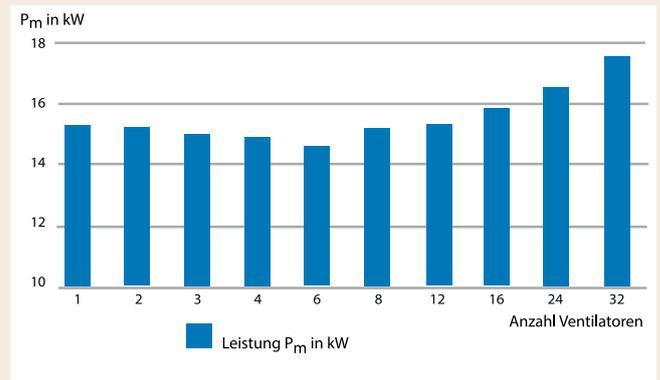


Bild 4: Aufgenommene Leistung (P_m) für 1 bis 32 Abluftventilatoren.
Grafik: Howatherm GmbH

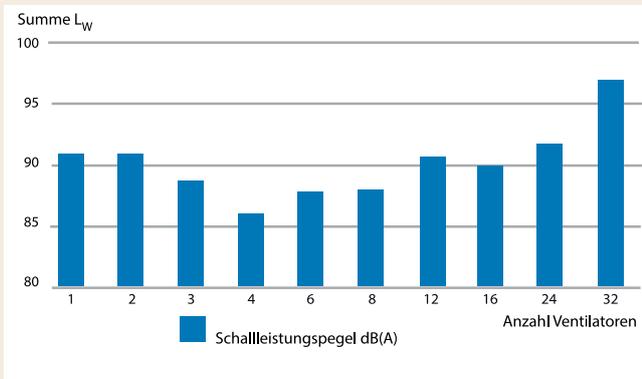


Bild 5: Druckseitige Schalleistungspegel (L_w) für 1 bis 32 Ventilatoren.
Grafik: Howatherm GmbH

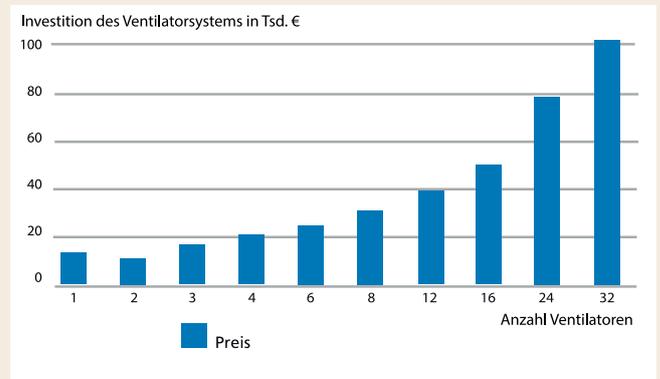


Bild 6: Investitionskosten für 1 bis 32 Ventilatoren (einschließlich FU).
Grafik: Howatherm GmbH

einrichtung verfügen, damit man einzelne Ventilatoren individuell ansteuern oder außer Betrieb nehmen kann (**Bild 1**). Dazu sind Luftabsperklappen oder Einlaufdüsenabdeckbleche zwingend erforderlich, um eine Rückströmung durch einen stehenden Ventilator zu verhindern. Eine Rückströmung würde die Effizienz des Systems erheblich reduzieren.

Dadurch erhöht sich der apparative und konstruktive Aufwand, einschließlich der Verkabelung, signifikant gegenüber Systemen mit nur einem oder zwei Ventilatoren (**Bild 1**). Mit steigender Anzahl an Ventilatoren steigt auch der Wartungsaufwand sowie der Aufwand für die Steuerung und Regelung.

Für Anlagen mit einer Vielzahl von Ventilatoren stellt auch die Auswuchtgüte und die Schwingungsentkopplung eine Herausforderung dar (**Bild 2**).

Die Betriebssicherheit wird kontrovers beurteilt, da einerseits die Redundanz erhöht ist, andererseits aber damit auch die Anzahl der Komponenten zunimmt, die ausfallen könnten. Somit kann sogar das Risiko eines Ausfalls steigen.

Der Vorteil von Fanwall-Systemen liegt in der geringen Baulänge, wenn keine Absperklappen benötigt werden, und in der gleichmäßigen Luftströmung nach den Ventilatoren.

Einfluss der Anzahl der Ventilatoren auf die Energieeffizienz

An einem Beispiel soll der Einfluss der Anzahl von Ventilatoren auf die Energieeffizienz gezeigt werden. Dafür wird ein relativ

großes RLT-Gerät mit einer Luftmenge von 50 000 m³/h betrachtet. Auf der Abluftseite wird eine statische Druckerhöhung von 664 Pa angenommen, während auf der Zuluftseite eine Druckerhöhung von 918 Pa berücksichtigt wird. Beide Werte stellen übliche Größenordnungen dar. Als Motoren werden Asynchronmaschinen der Energieklasse IE3 verwendet, die mit Frequenzumrichtern betrieben werden.

Als Ventilatoren werden freilaufende Ventilatorräder genutzt, die geometrisch ähnlich sind.

Aus **Bild 3** geht hervor, dass der Systemwirkungsgrad bei sechs Ventilatoren mit $\eta_s = 0,631$ am höchsten ist. Die dabei aufgenommene elektrische Leistung beträgt mit 14,62 KW etwa 1,3 KW weniger als ein System mit zum Beispiel sechzehn Ventilatoren (**Bild 4**).

Durch die Verwendung von Motoren, die mit Permanentmagnet erregt werden, oder Motoren der Klasse IE4 könnten deren Wirkungsgrade größenabhängig um zwei bis fünf Prozent-Punkte gesteigert werden.

Wird die Schallemission der Ventilatoren betrachtet, ergibt sich eine ähnliche Situation. **Bild 5** zeigt, dass in diesem Beispiel die Kombination mit vier Ventilatoren am leisesten ist. Der Schalleistungspegel liegt hier bei 86 dB(A) und damit 4 dB unter der Kombination mit sechzehn Ventilatoren.

Bild 6 zeigt dagegen die Investitionskosten des Ventilatorsystems am Beispiel der Abluft. Die geringsten Kosten werden im Beispiel mit zwei Ventilatoren (11 852 Euro) erreicht. Das energetisch optimale System mit sechs Ventilatoren kostet

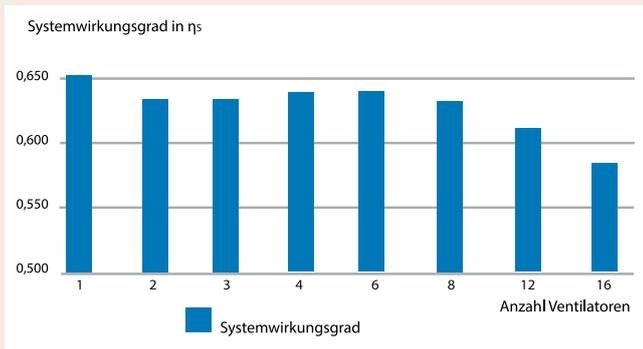


Bild 7: Systemwirkungsgrade (η_s) für 1 bis 16 Zuluftventilatoren.
Grafik: Howatherm GmbH

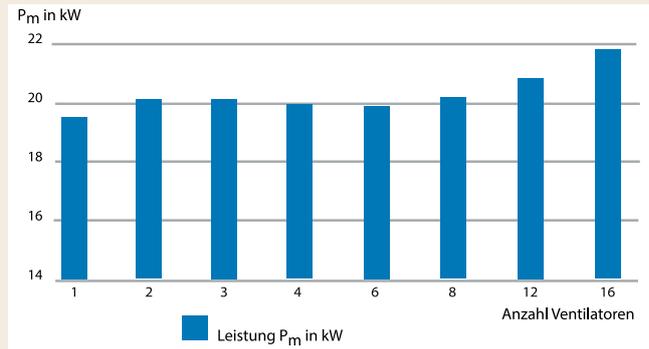


Bild 8: Aufgenommene Leistung (P_m) für 1 bis 16 Zuluftventilatoren.
Grafik: Howatherm GmbH

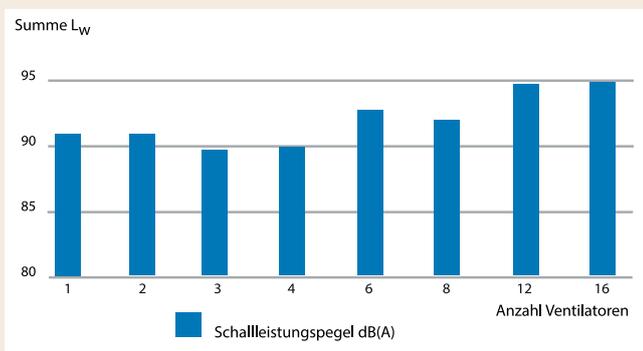


Bild 9: Druckseitige Schalleistungspegel (L_w) für 1 bis 16 Ventilatoren.
Grafik: Howatherm GmbH

dagegen bereits 25 152 Euro, also mehr als das Doppelte. Das System mit sechzehn Ventilatoren kostet sogar 50 448 Euro.

Auf der Zuluftseite ergibt sich hinsichtlich der Investitionskosten ein fast identisches Bild, wobei die geringsten Investitionskosten in diesem Fall mit nur einem Ventilator erreicht werden.

Bezüglich der Energieeffizienz ergibt sich auf der Zuluftseite ein differenziertes Bild. **Bild 7** und **Bild 8** zeigen, dass hier der höchste Systemwirkungsgrad (0,653) mit der geringsten elektrischen Leistungsaufnahme mit einem einzigen Ventilator erreicht werden kann.

Die Lautstärke könnte durch drei Ventilatoren um 1 dB reduziert werden (**Bild 9**). Allerdings wäre es dann notwendig, einen um 0,61 kW erhöhten Leistungsbedarf zu akzeptieren.

Zur Auswahl der optimalen Anzahl an Ventilatoren sollten die gezeigten Einflussgrößen in Kombination bewertet werden, so dass die optimale Energieeffizienz oder die niedrigste Akustik entsprechend der individuellen Anwendung berücksichtigt werden können.

Resümee

Aus den Berechnungen der beiden Beispielberechnungen für Ab- und Zuluft wird ersichtlich, dass sogenannte „Fanwall-Systeme“ nicht per se einen besseren Systemwirkungsgrad aufweisen als Einzelventilatoren. Dies ist auch physikalisch nachvollziehbar, da aufgrund der Strömungsgesetze größere Ventilatoren systembedingt einen höheren Wirkungsgrad aufweisen als kleinere Ventilatoren. Zudem haben größere Elektromotoren höhere Einzelwirkungsgrade als kleinere Motoren.

An den Beispielen wird ersichtlich, dass ein Optimum vorwiegend bei ein bis sechs Ventilatoren zu finden ist. Die Festlegung kann allerdings nicht pauschal getroffen werden, sondern muss auf der Grundlage von verschiedenen Auslegungen auf Basis der einzelnen Wirkungsgrade der verwendeten Komponenten ermittelt werden.

Die Berechnungen erfolgten ohne Änderung der spezifischen Technik. Es wurde bewusst nur ein geometrisch ähnlicher Ventilatorotyp und nur ein Motortyp einer Baureihe verwendet. Selbstverständlich können durch die Wahl unterschiedlicher Antriebstechnik (zum Beispiel PM-Motoren) die Systemwirkungsgrade weiter erhöht und damit die Leistungsaufnahme weiter reduziert werden. Es wird aber in allen Fällen sichtbar, dass eine große Anzahl von Einzelventilatoren prinzipiell immer zu einem niedrigeren Systemwirkungsgrad führt.

Zudem ist auch die Schallemission zu beachten, die bei einer Vielzahl von Einzelventilatoren rund 5 bis 10 dB höher ausfällt als im Optimum.

Werden die Investitionskosten betrachtet, ergeben sich überwiegend auch Vorteile für eine geringe Anzahl von Ventilatoren. Mit der Anzahl der Ventilatoren steigen die Kosten exponentiell. ■



**Prof. Dr.-Ing. Dr. rer. pol.
Christoph Kaup**

ist Honorarprofessor am Umwelt-Campus Birkenfeld und Geschäftsführender Gesellschafter der Howatherm Klimatechnik GmbH, Brücken.

Foto: Nikola Krieger