Wissenswertes über Arbeitspunkt und Kennlinie für die Praxis:

Schnelle Auswahl geeigneter Ventilatoren

Der Luftstrom für die Kühlung von Bauteilen, Baugruppen und Geräten kann nur bei sehr geringen Verlustleistungen allein durch natürliche Konvektion aufgebaut werden. In der Praxis sind daher fast immer Ventilatoren für die Umwälzung der nötigen Luftmengen im Einsatz (Zwangskonvektion). *elektronik industrie* gibt konkrete Hilfe bei der Auswahl des passenden Ventilators.

In elektrische Geräte eingespeiste Energie wird nie vollständig für den vorgesehenen Zweck genutzt. Ein gewisser Anteil erwärmt die Bauelemente, und diese geben die Wärme sowohl an benachbarte Baugruppen als auch an die umgebende Luft wieder ab. Die Luft wiederum kann auch nur eine begrenzte Wärmemenge abtransportieren. Der notwendige Volumenstrom (cp) ergibt sich aus den Gesetzen der Physik. Er wird bestimmt von der abzuführenden Verlustleistung (PV), der spezifischen Wärmekapazität der Luft (cp), ihrer mittleren Dichte (ρ) und der zulässigen mittleren Temperaturerhöhung (ΔT) der wärmeabführenden Luft nach der Formel $V=P_V/cp \cdot p \cdot \Delta T$. Die Frage, die es für Entwickler und Konstrukteure zu klären gilt, lautet somit: Wie wird der richtige Ventilator für den ausreichenden Volumenstrom im konkreten Fall ermittelt?

Ventilatoren arbeiten entweder blasend oder saugend (**Bild 1**). Der blasende Betrieb birgt die Vorteile, dass der direkte Luftstrom eine gute Hot-Spot-Kühlung und die hochturbulente Luftaustrittsströmung aus dem Ventilator einen sehr guten Wärmeübergang ermöglicht. Außerdem wird durch das Ansaugen kühler Umgebungsluft der Ventilator thermisch weniger belastet, was sich in einer höheren Lebensdauer im Vergleich zum saugenden Betrieb äußert. Auf der anderen Seite sorgt der saugende Betrieb des Ventilators für eine gleichmäßige Geschwindigkeitsverteilung der Kühlluft über den Durchströmquerschnitt und somit für eine homogene Wärmeabfuhr. Je nach Aufgabengebiet und Anforderung können im Komplettgerät der saugende oder der blasende Betrieb oder auch beide kombiniert zum Einsatz kommen.

AUTOR

Dr.-Ing. Walter Angelis ist Entwicklungsleiter bei Ebm-Papst St. Georgen

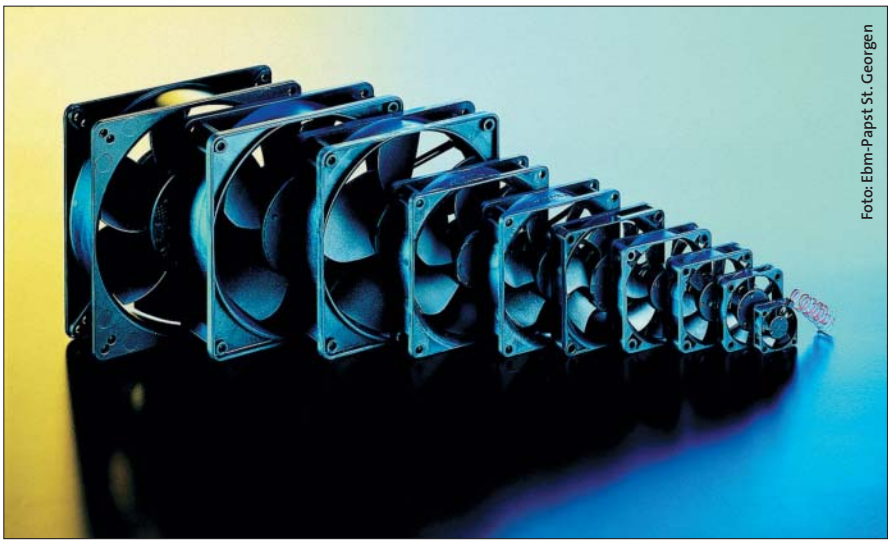


Foto: Ebm-Papst St. Georgen

Aussagekräftige Kennlinien

Die notwendige Ventilatorleistung ergibt sich aus dem erforderlichen Volumenstrom und der vom Ventilator zu überwindenden Druckdifferenz. Eine starke Behinderung der Luftströmung im Gerät durch Einbauten und reduzierte Querschnitte führt zu Druckverlusten, die vom Ventilator durch eine größere Druckerhöhung zu kompensieren sind. Der Ventilator muss dabei, bezogen auf denselben Volumenstrom, mehr leisten als bei freiem Ausblasen. Exakte Aussagen über den Volumenstrom bei unterschiedlichen Druckverhältnissen gibt die Ventilatorkennlinie. Bei einem Ventilator geht der Volumenstrom zurück, wenn der Strömungswiderstand im Gerät zunimmt. Je nach Aufbau und Beschaffenheit eines Gerätes ergeben sich unterschiedliche Charakteristiken für die Druckverluste in Abhängigkeit vom Volumenstrom. Man nennt diese Charakteristik Systemkennlinie, die in Luftleistungsprüfständen ermittelt werden kann. Sie beschreibt den Verlauf der Druckerhöhung, die nötig ist, um einen bestimmten Volumenstrom gegen die geräteinternen Strömungswiderstände zu fördern. Sie ist durch rein geometrische Parameter festgelegt.

Alle Kleinventilatoren haben konstruktionsbedingt relativ kleine und leistungsschwache Antriebsmotoren. Daher ändern sich die Drehzahl und die elektrische Leistungsaufnahme stark bei unterschiedlicher Belastung. Die höchste Drehzahl fällt z. B. für Axialventilatoren meist mit dem ma-

Bild 1: Lüftervielfalt Foto: Ebm-Papst St. Georgen

all-electronics.de
ENTWICKLUNG. FERTIGUNG. AUTOMATISIERUNG

Entdecken Sie weitere interessante Artikel und News zum Thema auf all-electronics.de!

Hier klicken & informieren!

ximalen Volumenstrom zusammen und das bei gleichzeitig geringster Leistungsaufnahme. Mit zunehmender Druckerhöhung wächst der Leistungsbedarf, die Motordrehzahl sinkt bis das Leistungsangebot des Motors wieder der Leistungsanforderung des Lüfterrades entspricht. Betrachtet man nun das Zusammenspiel von System- und Ventilatorkennlinie, so erkennt man, dass sich die beiden Kurven in einem Punkt schneiden. Dies ist der so genannte Arbeitspunkt des Ventilators (**Bild 2**). Hier decken sich die strömungstechnischen Anforderungen des Gerätes mit den „Liefermöglichkeiten" des gewählten Ventilators. Um diese physikalische Tatsache für den jeweiligen Ventilator schnell einschätzen zu können, veröffentlichen qualitätsbewusste Hersteller neben den anderen relevanten Daten in ihren Katalogen auch die Ventilatorkennlinien.

Ventilatorbauarten in Kürze

Axialventilatoren sind prädestiniert zur Förderung großer Luftmengen bei geringem Gegendruck. Steigt der Druckverlust im Gerät an, fällt ihr Volumenstrom schnell ab. Die Einsattelung der Ventilatorkennlinie, charakterisiert durch einen horizontalen oder sogar s-förmig geschwungenen Verlauf der Ventilatorkennlinie, ist typisch für den Axialventilator. Wenig rechts vom Sattelpunkt ergibt sich üblicherweise der Punkt des optimalen aerodynamischen Wirkungsgrads und geringsten Schallpegels. Bei weiterer Drosselung des Volumenstromes (links des Sattelpunkts) kann die Strömung den Vorgaben der Schaufelkontur nicht mehr folgen und die Strömung reißt an der Radnabe und an den auf höheren Durchsatz aerodynamisch optimierten Flügeln ab. Das führt zu einem Abfall des aerodynamischen Wirkungsgrads und zu starkem Geräuschanstieg durch Wirbelbildung (**Bild 3**).

Radialventilatoren dagegen können aufgrund ihrer Bauform mehr Energie auf die Luftmoleküle übertragen. Da die Strömung beim Radialventilator das Laufrad immer am äußeren Umfang verlässt, kann dank der dort größeren Umfangsgeschwindigkeiten ein höheres Druckniveau erzielt werden. Die Geräuschcharakteristik besitzt ebenso wie beim Axialventilator ein ausgeprägtes Minimum. Der optimale Wirkungsgrad erreicht in etwa das gleiche Niveau wie beim Axialventilator. Radiale Ventilatoren verändern die Strömungsrichtung um 90°, was in einigen Fällen konstruktive Vorteile bietet.

Diagonalventilatoren vereinen in sich die Eigenschaften der beiden Extrema. Je nach Auslegung können bei diesen Ventilatoren mehr axiale oder radiale Eigenschaften überwiegen. Auch lässt sich durch eine spezielle Gestaltung eine nahezu konstante Drehzahl des Motors über den gesamten Betriebsbereich erreichen. Die unterschiedlichen Verläufe der Kennlinien sind typisch für die jeweilige Ventilatorbauart; jedoch können auch Ventilatoren der gleichen Bauart spezielle Eigenarten des Kennlinienverlaufs aufweisen, je nach Auslegung und Motorausstattung.

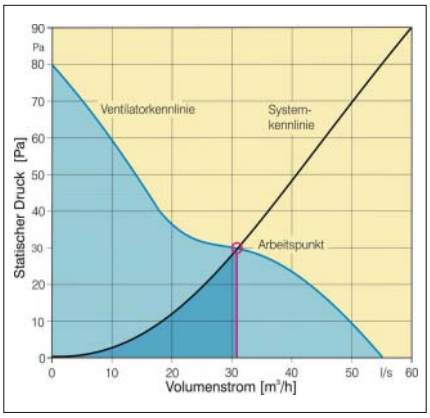


Bild 2: Ermittlung des Arbeitspunktes.
Foto: Ebm-Papst St. Georgen

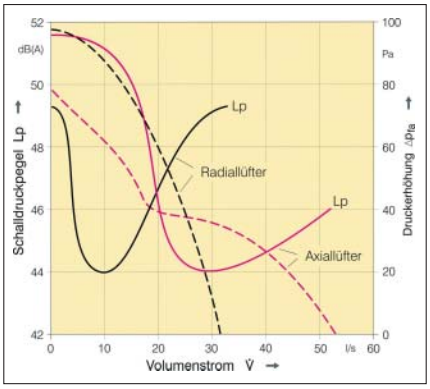


Bild 3: Akustische Kennlinien zeigen das Betriebsgeräuschverhalten auf.
Foto: Ebm-Papst St. Georgen

Spezifische Eigenheiten nutzen

Sonderaufgaben lassen sich oftmals recht einfach durch geschickte Ventilatorauswahl lösen. So gestatten programmierbare Ventilatoren mit eingebauter CPU einen weiten Regelbereich. Sie eignen sich daher für Geräte, die wegen unterschiedlicher Ausstattungsdetails eigentlich unterschiedliche Ventilatoren benötigen. Regelbare Ventilatoren passen sich den baulichen und im Betrieb auftretenden wärmetechnischen Erfordernissen selbst an. So wird eine optimale Kühlung bei geringstem Laufgeräusch sichergestellt.

Aber auch „archaische" Konzepte wie der Wechselstrom-Asynchronmotor finden heute noch ihre Nische: Ihr Wirkungsgrad ist recht gering und auch die netzfrequenzabhängige Drehzahl lässt sich nur in gewissen Grenzen variieren. Die höhere Verlustleistung der Antriebe belastet einerseits Baugruppen des Ventilators, andererseits bietet sie in Sonderfällen auch Vorteile, beispielsweise bei Anwendungen mit tiefen Temperaturen. Im Allgemeinen gilt: Liegt die Temperatur sehr niedrig, ▶

VERGLEICH UNTERSCHIEDLICHER VENTILATOREN DURCH KENNZAHLEN

In der Praxis benötigt man oft eine schnelle Entscheidungshilfe, wenn es um die Frage geht: Welches Ventilatorkonzept eignet sich für den Anwendungsfall. Hier ist ein einfacher Vergleich der unterschiedlichen Ventilatoren von Vorteil. Dabei helfen so genannte dimensionslose Kennzahlen weiter. Bezieht man die Abhängigkeit von Druckerhöhung und Volumenstrom auf die Umfangsgeschwindigkeit u, den Außendurchmesser des Laufrades D und die Dichte des Fördermittels, so erhält man die dimensionslose Volumenzahl φ und die Druckzahl Ψ Damit können die Leistungen geometrisch ähnlicher Ventilatoren bei anderen Drehzahlen und Abmessungen schnell berechnet werden. Auch der Vergleich unterschiedlicher Ventilatorausführungen in einem Diagramm ist so sehr übersichtlich darstellbar (**Bild 4**). Konzepte mit unterschiedlicher Bauart, Abmessung oder Drehzahlvariationen sind auf dieser Basis gut zu vergleichen.

benötigt man ein erhebliches Plus an Drehmoment, um das so genannte Losbrechmoment der Lagerung zu überwinden. Ein im Wirkungsgrad optimierter DC-Motor schaltet hier einfach ab, er kommt nicht auf Touren. Der „verlustreiche" AC-Motor heizt sich dagegen selbst auf die nötige Starttemperatur auf und verrichtet so ohne weitere Zusatzmaßnahmen zuverlässig seinen Dienst.

Kennlinien von Ventilatoren sind aussagekräftige Diagramme, die dem Anwender die nötigen Information geben über die Leistungsfähigkeit eines Ventilators bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen. Für den Vergleich unterschiedlicher Ventilatorkonzepte untereinander bieten sich über dimensionslose Kennzahlen (siehe Kastentext) normierte Kennlinien der Ventilatorvarianten an. So erhält der Anwender schnell einen guten Überblick über die Leistungsfähigkeit der betrachteten Gebläse. (av)

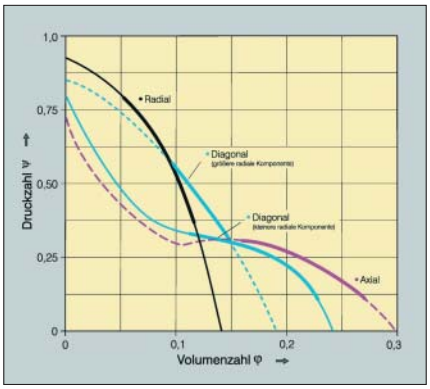


Bild 4: Vergleich der normierten Kennlinien verschiedener Ventilatorbauarten.

Foto: Ebm-Papst St. Georgen

infoDIRECT 313ei0706

www.elektronik-industrie.de
► Link zu **EBM-Papst St. Georgen**

Display mit 128 x 32 Pixeln

Monochrome OLED

Fiducia und Univision bieten ein weiteres OLED-Standarddisplay an – und zwar mit 128 x 32 Pixeln. Es ist in blau mit Vollgrafik mit einer Lötstempel-Verbindung oder mit einem Kabel für Nullkraftstecker für den Temperaturbereich von - 20 bis + 70 °C erhältlich, wobei die Versorgungsspannung zwischen 2,6 und 3,5 V liegt. Die Helligkeit der 27,50 mm x 6,06 mm großen aktiven Fläche liegt bei typischen 60 Cd/m².

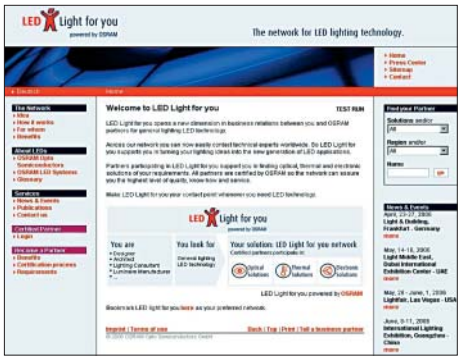
infoDIRECT www.elektronik-industrie.de 357ei0606

► **Fiducia**

Portal für LED-Lichtlösungen

Licht im Internet vom Jubilar

Starthilfe und Tipps für den Einsatz von LEDs in der Allgemeinbeleuchtung bietet Osram (feierte im Mai 100 Jahre) auf der Internet-Plattform „LED Light for you". Neben kompetenten Partnern findet man aktuelle Informationen über Komponenten, die für Lösungen mit LED erforderlich sind. Ziel ist es, die LED-Technologie in der Beleuchtungstechnik aufzuzeigen und potenzielle Kunden bei der Partnersuche zu unterstützen.



infoDIRECT www.elektronik-industrie.de 362ei0606

► Link zur neuen Internet-Plattform

Einfach und sicher

Montage von Leiterplatten

Mit Push-Lok bietet Infratron eine Ein-Komponenten-Lösung zur einfachen, kostengünstigen, sicheren und präzisen Montage von Leiterplatten an.

Durch Herunterdrücken des Oberteils mit einem einfachen, schraubenzieherähnlichen Schlagwerkzeug werden die Befestigungselemente mit der Unterseite auf die Basisplatte genietet. Der Mechanismus ist mit einer großen Bandbreite an Platten dicken und Lochdurchmessern kompatibel.

Die Tochterplatte rastet auf der Oberseite ein, wo sie auch bei hoher Belastung sicher gehalten wird. Im Servicefall ist eine leichte Entriegelung und Wiederverriegelung ohne Werkzeugeinsatz möglich. Die Elemente werden in zahlreichen Höhen aus Nylon 66 gefertigt und sind UL94V-2 zugelassen. Ausführungen aus UL94V-0-zugelassenem Material sind möglich.

infoDIRECT www.elektronik-industrie.de 475ei0606

► Direktlink

Verguss- und Linsenmaterialien

LED-Licht leiten

GE – Advanced Materials, Silicones hat mit Invisil eine Familie transparenter Verguss- und Linsenmaterialien für Anwendungen in der Optoelektronik eingeführt. Die Produkte bestehen aus sehr hartem Silikon und sind auch mit hohem Brechungsindex erhältlich. Das Material kann im Spritzgussverfahren verarbeitet werden und ist für bleifreies Reflow-Löten geeignet.

infoDIRECT www.elektronik-industrie.de 356ei0606

► **Invisil**