

Sonderdruck aus HLH 11/2009

# HLH

Lüftung/Klima  
Heizung/Sanitär  
Gebäudetechnik

Organ der VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung (VDI-TGA)



Sonderdruck

## Elektroenergiebedarf von RLT-Geräten und deren Potenziale zur Energieeinsparung

# Elektroenergiebedarf von RLT-Geräten und deren Potenziale zur Energieeinsparung

Christoph Kaup, Brücken

Neben dem thermischen Energiebedarf für Heizung und Kühlung ist der Elektroenergiebedarf der zweite große Energieverbraucher in raumluftechnischen Anlagen und Geräten (RLT-Geräte).

## Autor



**Dr.-Ing. Christoph Kaup**, Jahrgang 1963. Geschäftsführender Gesellschafter von HOWATHERM Klimatechnik GmbH. Vorstandsmitglied und Obmann für Technik des Herstellerverbandes Raumluftechnische Geräte e. V. Mitglied in verschiedenen Normungsgremien wie zum Beispiel EN 13779, EN 13053 und EN 1886 sowie in verschiedenen Richtlinien Ausschüssen wie VDI 6022, VDI 3803 und VDI 2071. Lehrbeauftragter am Umweltcampus Birkenfeld, Fachhochschule Trier, für Energieeffizienz und Wärmerückgewinnung.

In der Bundesrepublik Deutschland werden jedes Jahr rund 61 000 zentrale RLT-Geräte installiert [1]. Die durchschnittliche Luftmenge dieser Geräte liegt bei 14 460 m<sup>3</sup>/h. Nach der neuen Energieeinsparverordnung EnEV 2009 [2] müssen RLT-Geräte eine maximale spezifische Ventilatorleistung von 2 000 W/(m<sup>3</sup>/s) entsprechend der SFP Klasse 4 (Specific Fan Power) gemäß EN 13779 [3] einhalten. Im Durchschnitt liegen die SFP-Werte der Zuluftgeräte bei 1 916 W/(m<sup>3</sup>/s) und der Abluftgeräte bei 1 571 W/(m<sup>3</sup>/s) [4]. Im gewichteten Mittel beträgt der mittlere SFP-Wert pro Ventilator dabei 1 764 W/(m<sup>3</sup>/s).

Damit umfasst die jährlich neuinstallierte Leistung von zentralen RLT-Geräten bis zu 724 MW, wenn man eine Leistungsaufnahme von 7,30 kW pro durchschnittlichem RLT-Zuluftgerät und 5,77 kW pro Abluftgerät ansetzt und berücksichtigt, dass rund 80,9 % der Geräte zwei Ventilatoren (Zu- und Abluft) besitzen und 13,3 % reine Zuluft- und 5,8 % reine Abluftgeräte sind.

Senkt man mit geeigneten Maßnahmen den Energieverbrauch, ergibt sich ein enormes Einsparpotential im Bereich der Raumluftechnik.

Grundsätzlich wird der Elektroenergiebedarf ( $P_m$ ) eines RLT-Gerätes oder einer RLT-Anlage durch drei Faktoren bestimmt:

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

wobei:

$q_v$  der geförderte Volumenstrom in m<sup>3</sup>/s  
 $\Delta p$  der Gesamtdifferenzdruck in Pa

$\eta_s$  der Systemwirkungsgrad des Ventilatorantriebssystems

Aus der Beziehung dieser Faktoren zueinander wird ersichtlich, dass man prinzipiell drei Möglichkeiten hat, den Elektroenergiebedarf einer Anlage zu beeinflussen.

## Volumenstrom

Der Volumenstrom wird wesentlich durch die Anwendung selbst bestimmt. Trennt man die Außenluftzuführung und damit die Außenluftversorgung von der Aufgabe der Deckung des Lüftungswärmebedarfs, können die zu transportierenden Luftmengen meist erheblich reduziert werden, da der Wärme- und/oder Kältebedarf dann durch statische Heiz- oder Kühlflächen gedeckt wird.

Weiterhin können durch innovative Konzepte zur Raumdurchströmung die erforderlichen Volumenströme gesenkt werden, da die Effektivität der Lüftung gesteigert wird.

Ein zusätzlicher wichtiger Ansatzpunkt ist die Dichtheit des Kanalnetzes. Je dichter das Kanalnetz ist, desto geringer sind die zu transportierenden Luftmengen. Häufig liegen Leckagen in einem Bereich von bis zu 10 % der Nennluftmenge. Damit muss dann ein Volumenstrom von 110 % transportiert werden, um 100 % Versorgung gewährleisten zu können. Die Dichtheit der Kanäle kommt auch der Verringerung der thermischen Lasten zugute.

Des Weiteren ist es sehr sinnvoll, die Anlagen nicht konstant, sondern geregelt, also bedarfsgerecht zu betreiben. Denn mit sinkender Drehzahl reduziert sich die Leistungsaufnahme der Antriebe mit der dritten Potenz. Werden zum Beispiel nur 50 % der ausgelegten Luftmenge im Teillastbetrieb benötigt, sinkt die Leistungsaufnahme bei konstanter Anlagenkennlinie auf rund 13 % der ursprünglichen Nennleistung.

## Differenzdruck

Der zweite Faktor ist der zu überwindende Differenzdruck in der Anlage, der intern durch die installierten Kom-



**Bild 1**

**Hybridsystem Hydroplus zur indirekten Verdunstungskühlung**

ponenten und extern durch das angeschlossene Kanalnetz bestimmt wird.

#### *Externer Differenzdruck*

Um den externen Differenzdruck zu vermindern, soll das Kanalsystem so kurz wie möglich ausgeführt werden. Dazu kann die Technikzentrale so nah wie möglich an den zu versorgenden Bereichen installiert werden.

Zusätzlich soll das Kanalnetz strömungsgünstig dimensioniert werden. Auch hier wirkt sich die Strömungsge-

windigkeit in der zweiten Potenz auf den Druckabfall und in der dritten Potenz auf die Leistungsaufnahme aus.

#### *Interner Differenzdruck*

Die internen Widerstände werden durch die lufttechnischen Komponenten selbst und durch ihre Gestaltung, also ihre Dimensionierung, bestimmt.

Im ersten Schritt muss daher immer geprüft werden, welche Komponenten auch tatsächlich für die Anwendung erforderlich sind. So banal dies klingt:

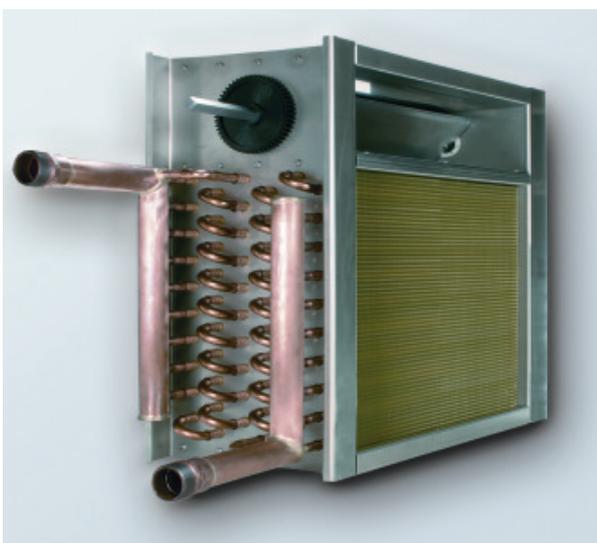
Komponenten, die nicht benötigt werden, erzeugen keinen Widerstand, der dann auch nicht überwunden werden muss.

So müssen die notwendigen Komponenten oder Funktionalitäten auf die jeweilige Anwendung sorgfältig abgestimmt werden. Wird beispielsweise ein Befeuchtungssystem nicht zwingend gefordert, kann der Verzicht darauf dauerhaft und ganzjährig den Differenzdruck dieser Komponente beseitigen.

Allerdings darf das Ziel der Energieeinsparung nicht auf Kosten der Funktion und der geforderten Behaglichkeit erreicht werden.

Weitere mögliche Reduktionen von Druckverlusten, die durch Komponenten hervorgerufen werden, sind zum Beispiel:

- Einstufige Filterung mit F7 beim Einsatz von direktgetriebenen Ventilatoren.
- Wenn eine zweistufige Filterung zwingend notwendig ist, dann ist die Kombination F7/F7 zu prüfen, da mit dieser Kombination über die Filterstandzeit geringere Druckabfälle zu erwarten sind.
- Verzicht auf Tropfenabscheider durch eine geringe Strömungsgeschwindigkeit im RLT-Gerät.
- Einsatz von mehrfachfunktionalen Wärmerückgewinnungssystemen und Verzicht auf weitere Wärmeübertrager (Erhitzer oder Kühler) im Luftstrom.
- Einsatz von Hybridsystemen (z. B. Befeuchter und Wärmeübertrager, siehe **Bild 1**).



**Bild 2**

**Integrierter Bypass im Wärmeübertrager**



Bild 3

Direktgetriebener freilaufender Ventilator

Aber auch Komponenten, die nur in einer geringen Jahresnutzungszeit benötigt werden wie beispielsweise Kühler, können durch integrierte Bypasssysteme in ihrem Druckabfall ganzjährig deutlich minimiert werden (s. **Bild 2**).

#### Dynamische Drücke

Innerhalb der Anlage oder des RLT-Gerätes sollen Geschwindigkeitsänderungen möglichst vermieden werden, da Geschwindigkeitsänderungen ihren Niederschlag in dynamischen Druckanteilen haben, die meist nicht wieder zurückgewonnen werden können. Dies gilt sowohl für Geschwindigkeitsänderungen im Ventilator selbst wie auch für Änderungen in einzelnen durchströmten Komponenten und Kammern.

#### Systemwirkungsgrad

Der Systemwirkungsgrad ( $\eta_S$ ) des Ventilatorantriebssystems wird durch vier Einzelwirkungsgrade bestimmt:

$$\eta_S = \eta_V \cdot \eta_M \cdot \eta_A \cdot \eta_R$$

wobei:

$\eta_V$  Wirkungsgrad des Ventilators

$\eta_M$  Motorwirkungsgrad

$\eta_A$  Antriebswirkungsgrad

$\eta_R$  Wirkungsgrad der Drehzahlregelung

#### Ventilatorwirkungsgrad

Der Wirkungsgrad des Ventilators ergibt sich aus der Luftleistung  $P_L = q_V \cdot \Delta p$  und der dafür benötigten Wellenleistung  $P_W$

$$\eta_V = P_L / P_W$$

oder:

$$\eta_V = q_V \cdot \Delta p / P_W$$

Aus dieser Beziehung wird bereits ersichtlich, dass es entscheidend ist, auf welchen Druck man den Ventilatorwirkungsgrad bezieht. In der Vergangenheit wurden die Wirkungsgrade meist auf den Totaldruck des Ventilators bezogen, was aber wenig sinnvoll ist, da meist nur der statisch verfügbare Druck in der Anlage eine nutzbare Rolle spielt und die dynamischen Druckanteile meist nicht wieder genutzt werden können.

Bezieht man den Wirkungsgrad auf den statisch verfügbaren Druck, liegen heute die Wirkungsgrade von rückwärts gekrümmten Radialventilatoren in ei-

nem Bereich von ca. 0,7 bis 0,75. Wesentliche Steigerungen sind hier nicht mehr zu erwarten.

In RLT-Geräten haben sich in den letzten Jahren vor allem freilaufende, direktgetriebene Ventilatoren (s. **Bild 3**) durchgesetzt, da ein Spiralgehäuse, das letztlich einen Diffusor darstellt, der um das Rad gelegt wird, keine nennenswerten Effekte erzielt. Denn die Austrittsgeschwindigkeit am Ende der Spirale liegt immer noch bei rund 10 m/s, während im RLT-Gerät die Geschwindigkeit, bezogen auf den freien Querschnitt, bei rund 2 m/s liegt. Dieser dynamische Druckunterschied kann in der Regel nicht wiedergewonnen werden. Im Gegenteil müssen meist Prallplatten oder ähnliche Vorrichtungen installiert werden, um diese Geschwindigkeitsspitzen, die mit Energieverlusten behaftet sind, abzubauen.

Hinzukommt, dass bei direktgetriebenen Ventilatoren die Motorlagerung auch die Aufgabe der Ventilatorlagerung übernimmt. Es müssen also keine zusätzlichen Lager mehr im Ansaug des Ventilators installiert werden. Dadurch verbessern sich auch die Zuströmbedingungen in das Laufrad und damit der Wirkungsgrad.

Der Marktanteil dieser Ventilator-technik in RLT-Geräten, die von Howatherm im Jahr 1990 erstmals auf den Markt gebracht wurde, liegt heute bei ca. 80 %.

### Motorwirkungsgrad

Als Antriebsmotoren werden in der Lufttechnik ausschließlich elektrische Maschinen eingesetzt. Durchgesetzt hat sich die Drehstrom-Asynchronmaschine. Die Wirkungsgrade dieser Maschinen liegen je nach Leistungsgröße zwischen 75 und 95 %. In den vergangenen Jahren haben sich auch immer mehr Asynchronmaschinen mit erhöhtem Wirkungsgrad (Klasse EFF 1 nach CEMEP [5] oder auch IE 2 nach IEC 60034-30) durchgesetzt, die – bauartbedingt – einen um ca. 1 bis 5 Prozentpunkte höheren Wirkungsgrad haben als Standardmaschinen (EFF 2). Der EFF 1-Motor erreicht seine höhere Effizienz durch aufwändigeren Einsatz von Kupfer und Aluminium und höher legiertem Elektroblech.

In letzter Zeit werden auch verstärkt permanentmagneterregte Synchronmotoren (PM-Motoren, Gleichstrommotoren) eingesetzt. Weil in diesem Fall nicht mehr das Magnetfeld durch das Wechselfeld in den Wicklungen (Spulen) aufgebaut werden muss, reduzieren sich die elektrischen Verluste, wodurch die Wirkungsgrade der Motoren je nach Leistungsgröße um weitere 1 bis 5 Prozentpunkte steigen. Des Weiteren haben PM-Motoren den Vorteil der hohen Kompaktheit (Drehmoment pro Volumen) und eine hohe Gleichlaufgüte.

Sehr wichtig ist es, Ventilator und Motor als Gesamtsystem zu betrachten. Denn auch die Positionierung des Motors zum Ventilator kann einen wesentlichen Einfluss auf den Gesamtwirkungsgrad haben. In vielen Fällen werden die Einheiten kompakt aufgebaut und z. B. PM-Motoren als Nabenmotoren verwandt. Dabei befindet sich der Motor im Ansaugbereich des Laufrades und wirkt zwangsläufig als Drossel. Oft wird durch diese Konstruktion der Gewinn an Motorwirkungsgrad durch den Verlust an Ventilatorwirkungsgrad wieder aufgebraucht.

Der Vorteil von Gleichstrommotoren ist bei kleinen Leistungsgrößen am größten. Bei beispielweise 3 KW Nenn-

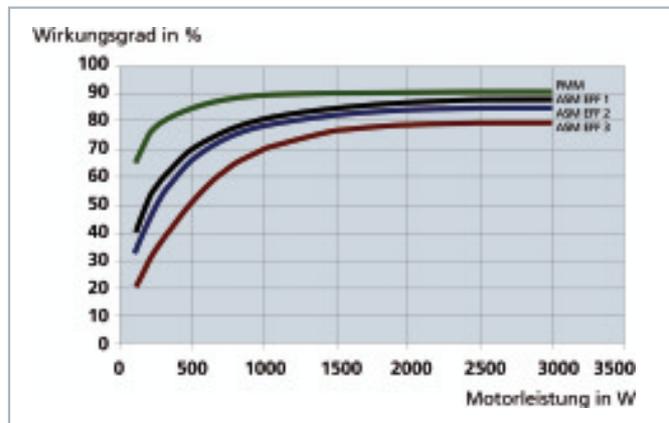


Bild 4

Wirkungsgradverlauf von Motoren am Beispiel einer 3 KW-Maschine

leistung hat der Asynchronmotor (EFF 1) einen Nennwirkungsgrad von 87 %. Der Wirkungsgrad eines 3 KW EFF 2-Motors liegt bei etwa 83 %. Der PM-Motor hat einen Nennwirkungsgrad von 91 %. Das Verhalten im Teillastbetrieb beschreibt **Bild 4**. Hier erkennt man deutlich den großen Vorteil von PM-Motoren im Teillastbetrieb.

### Antriebswirkungsgrad

Jedes Antriebssystem hat einen Verlust, der sich aus  $1 - \eta_A$  ergibt. Üblich sind heute immer noch Keilriemenantriebe, die einen Wirkungsgrad je nach Leistung von 0,8 bis 0,95 haben. Deutlich besser sind Flachriemen mit einem Wirkungsgrad von bis zu 0,97. Bei einer Nutzung von Riemenantrieben werden Lagerkreuze und eine Keilriemenscheibe im Ansaug des Ventilators installiert. Dadurch verschlechtern sich die Zuströmbedingungen in das Laufrad und damit der Wirkungsgrad des Veni-

lators deutlich. In den meisten Fällen müssen auch Riemenschutzvorrichtungen installiert werden, die den Einbauwirkungsgrad weiter verschlechtern.

Durchgesetzt hat sich allerdings der Direktantrieb mit dem Einsatz freilaufender Ventilator-technik, der ohne Antriebsverluste arbeitet.

Da beim Direktantrieb auch kein Riemenantrieb mehr entsteht, ist normativ in diesem Fall meist eine einstufige Filterung (F 7) ausreichend.

### Wirkungsgrad der Regelung

Wie bereits beschrieben, kann mit der Drehzahlregelung des Ventilators der Energiebedarf am stärksten beeinflusst werden, da sich die Leistungsaufnahme mit der dritten Potenz der Drehzahl ändert.

Heute haben sich variable Drehzahlregelsysteme durchgesetzt, die es ermöglichen, die Anlagen bedarfsgerecht zu betreiben. Konstantvolumenstrom-

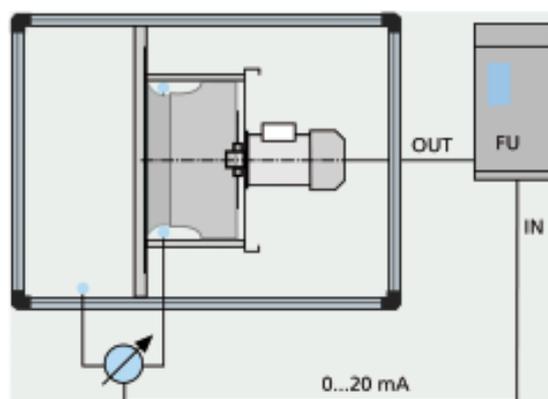


Bild 5

Ventilatorsystem mit Regelungseinrichtung und Volumenstrommess-System

systeme entsprechen heute nicht mehr dem Stand der Technik. Der große Nutzen dieser Drehzahlregelsysteme hebt auch den Nachteil der Verluste der Drehzahlregelsysteme mehr als auf.

Heute werden überwiegend Frequenzumrichter eingesetzt, die einen Wirkungsgrad von 0,95 bis 0,97 haben.

Zur Verwendung von PM-Motoren werden Gleichstromregelsysteme benötigt, die aber noch nicht den hohen industriellen Standard ausweisen, der bei Frequenzumrichtern bereits gegeben ist.

Die relativ geringe Verbreitung von PM-Motoren resultiert aber auch aus der Tatsache, dass früher Lagegeber zur Kommutierung der Elektronik benötigt wurden.

Diese Lagesensoren können heute aber durch sogenannte „sensorlose Regelungen“ eingespart werden, wodurch kostengünstige, robuste und kompakte Antriebssysteme möglich werden.

Allerdings besteht bei dieser Technik weiterhin der Nachteil, dass Synchronmotoren nicht in einem Notbetrieb direkt am Netz betrieben werden können. Das ist bei Asynchronmaschinen möglich. Dabei ist allerdings darauf zu achten, dass der Motor überfrequent ausgelegt wird, also für einen Betrieb im Nennpunkt am Umrichter über 50 Hz (Netzfrequenz).

Mit den integrierten Drehzahlregelsystemen hat man auch die Möglichkeit, den Volumenstrom in der Einlaufdüse des Ventilators integriert zu messen, darzustellen und zur Regelung zu verwenden. Diese Möglichkeit ist vor allem beim Einsatz von direktgetriebenen Systemen gegeben, da kein Lagerkreuz oder keine Keilriemenscheibe die Zuströmung zum Rad beeinträchtigt und damit die Messung negativ beeinflussen.

Mit dem integrierten Volumenstrommess-System lässt sich eine sehr hohe systembedingte Genauigkeit von  $\pm 2\%$  erzielen. Dabei kann durch die Bestimmung der Druckdifferenz zwischen dem Saugraum des Ventilators und der engsten Stelle der Düse, unter Verwendung eines experimentell bestimmten Kennwertes, der Volumenstrom mit einer geringen Toleranz bestimmt werden (siehe **Bild 5**). Bedingt durch die Messunsicherheit des Druckaufnehmers können in der Praxis Toleranzen von  $\pm 5\%$  deutlich unterschritten werden.

Klasse	Leistungsaufnahme $P_m$ in Bezug zu $P_{m\text{ref}}$
P1	$\leq P_{m\text{ref}} \cdot 0.85$
P2	$\leq P_{m\text{ref}} \cdot 0.90$
P3	$\leq P_{m\text{ref}} \cdot 0.95$
P4	$\leq P_{m\text{ref}} \cdot 1.00$
P5	$\leq P_{m\text{ref}} \cdot 1.06$
P6	$\leq P_{m\text{ref}} \cdot 1.12$
P7	$> P_{m\text{ref}} \cdot 1.12$

**Tabelle 1**

### Klasseneinteilung der Leistungsaufnahme $P_m$

#### Normative Anforderungen

Die aufgenommene Leistung des Ventilatorantriebssystems wird in ein Amendment der EN 13053 einfließen, das 2009 erarbeitet wurde. Neu ist in diesem Normenentwurf die Definition von sogenannten P-Klassen, welche die Leistungsaufnahme im Verhältnis zu einem Referenzwert festlegen.

Dieser Referenzwert errechnet sich aus der Beziehung:

$$P_{m\text{ref}} = (\Delta p_{\text{stat.}} / 450)^{0,925} \cdot (q_V + 0,08)^{0,95}$$

wobei:

$\Delta p_{\text{stat.}}$  die statische Gesamtdruckerhöhung des Ventilators in Pa ist und  $q_V$  der zu fördernde Volumenstrom des Ventilators in  $\text{m}^3/\text{s}$ .

Bezogen auf diesen Referenzwert erfolgt nun die Klasseneinteilung gemäß **Tabelle 1**.

In Deutschland übliche Klassen sind die Klassen P4 bis P2, die auch für die Einteilung der Energieeffizienzklasse B bis A+ des Herstellerverbandes Raumlufttechnische Geräte e. V. verwendet werden.

Die Klassen P5 bis P7 spielen in Deutschland keine Rolle und wurden von anderen europäischen Mitgliedern normativ gefordert.

Die Klasse P1 lässt für zukünftige Entwicklungen genügend Spielräume.

Es wird mit dieser Festlegung jedoch lediglich ein Bewertungskriterium für die Ventilatorantriebseinheit geschaffen. Es gibt keine Hinweise auf Güte der Dimensionierung der Anlage selbst.

Klasse	Luftgeschwindigkeit im RLT-Gerät
V1	$\leq 1.6 \text{ m/s}$
V2	$\leq 1.8 \text{ m/s}$
V3	$\leq 2.0 \text{ m/s}$
V4	$\leq 2.2 \text{ m/s}$
V5	$\leq 2.5 \text{ m/s}$
V6	$\leq 2.8 \text{ m/s}$
V7	$\leq 3.2 \text{ m/s}$
V8	$\leq 3.6 \text{ m/s}$
V9	$> 3.6 \text{ m/s}$

**Tabelle 2**

### Luftgeschwindigkeitsklassen

Klasse	$P_{\text{SFP}} \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$
SFP 1	$\leq 500$
SFP 2	$\leq 750$
SFP 3	$\leq 1.250$
SFP 4	$\leq 2.000$
SFP 5	$\leq 3.000$
SFP 6	$\leq 4.500$
SFP 7	$> 4.500$

**Tabelle 3**

### Klasseneinteilung der Leistungsaufnahme $P_m$

Da es unmöglich ist, unter allen Randbedingungen die Druckverluste einzelner Komponenten zu limitieren, wurde auf europäischer Ebene die Festlegung auf den Wert der Luftgeschwindigkeiten im RLT-Gerät bevorzugt, da mit der Luftgeschwindigkeit der Differenzdruck und damit der Energiebedarf der Komponenten wesentlich beeinflusst wird.

Die bisherige Einteilung der Klassen nach EN 13053: 2007 in 0,5 m/s Schritten zwischen 1,5 und 3,5 m/s war allerdings zu grob, weshalb im Amendment der EN 13053 auch die Geschwindigkeitsklassen neu eingeteilt werden (siehe **Tabelle 2**).

Mit dieser Klasseneinteilung ist vor allem im Bereich der niedrigen Luftgeschwindigkeiten eine sinnvolle Unterscheidung einfacher zu finden.

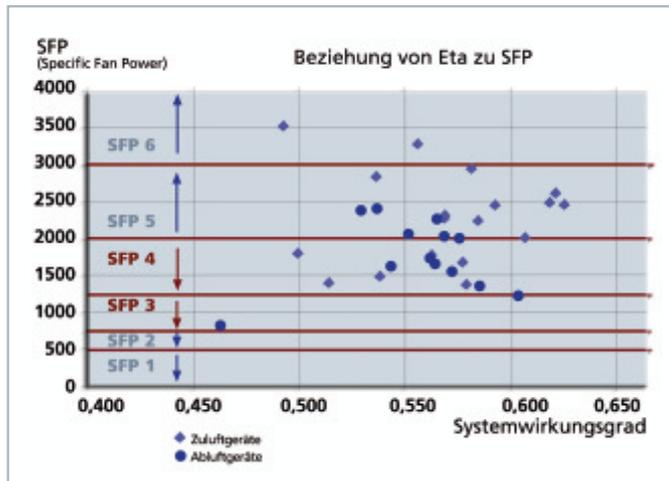


Bild 6

Auswertung von SFP-Werten von realen RLT-Geräten (Quelle: RWTÜV)

In Deutschland bewegen sich heute die Luftgeschwindigkeiten in RLT-Geräten auf einem erfreulich geringen Niveau und liegen üblicherweise in der Klasse V6 bis V2.

Die Klassen V7 bis V9 wurden von den weiteren europäischen Mitgliedern gefordert und spielen in Deutschland keine wesentliche Rolle.

Die aufgenommene Leistung der gesamten RLT-Anlage wird durch die SFP-Klassen der EN 13779 beschrieben. Die spezifische Ventilatorleistung (Specific Fan Power) beschreibt die Leistungsaufnahme, die notwendig ist, um einen Volumenstrom von  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  zu fördern. Sie stellt die Leistungsaufnahme ( $P_m$ ) bezogen auf den Volumenstrom ( $q_v$ ) dar. Die heute gültigen Klassen sind aus **Tabelle 3** zu ersehen.

Aus der Definition ergibt sich:

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

$$SFP = \Delta p / \eta_s$$

oder auch nach  $\Delta p$  umgeformt:

$$\Delta p = SFP \cdot \eta_s$$

Nimmt man z. B. die durch die EnEV 2009 geforderte SFP-Klasse SFP 4, darf in der RLT-Anlage eine maximale Leistungsaufnahme von  $2000 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$  nicht überschritten werden.

Berechnet man nun die maximal mögliche Druckerhöhung, so ergibt sich bei einem angenommenen „schlechten“ Systemwirkungsgrad von beispielsweise

0,5 eine „erlaubte“ Druckerhöhung von:

$$\Delta p = 2000 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s}) \cdot 0,5 = 1000 \text{ Pa}$$

Bei einem „sehr guten“ Systemwirkungsgrad von 0,6 ergeben sich dann:

$$\Delta p = 2000 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s}) \cdot 0,6 = 1200 \text{ Pa}$$

Man erkennt an diesen Beziehungen, dass dem Differenzdruck in den Anlagen mindestens eine so große Bedeutung zukommt wie dem Systemwirkungsgrad der Ventilatoreinheit selbst.

Ein Schwachpunkt der SFP-Klassen liegt darin, dass bei der Klassenfestlegung die maßgeblichen Drücke in den Anlagen nicht nach Applikation selektiert werden.  $1000 \text{ Pa}$  in einer komplexen Anlage im Hygienebereich mit Schwebstofffilter sind ein kaum zu erreichender Wert, während eine einfache Abluftanlage ohne lufttechnische Komponenten üblicherweise nie mehr als ca.

Komponente	zus. $P_{SFP}$ $\text{W}/(\text{m}^3/\text{s})$
zusätzliche Filterstufe	+ 300
HEPA-Filter	+ 1.000
Gasfilter	+ 300
WRG-Klasse H1 bis H2	+ 300
Hochleistungskühler	+ 300

Tabelle 4

Zusätzlich zu berücksichtigende spezifische Leistungsaufnahmen

400 Pa erreichen kann. Hätten beide die gleiche spezifische Leistungsaufnahme, wäre in beiden Fällen die SFP-Klasse gleich, obwohl die Güte beider Anlagen unterschiedlicher kaum sein kann. In **Bild 6** erkennt man sehr deutlich die starke Streuung der SFP-Werte, die auf Basis von realen Geräten ohne die Berücksichtigung von zusätzlichen SFP-Werten (gemäß **Tabelle 4**) durch den RWTÜV [6] ermittelt wurden.

Da in den SFP-Wert die Addition der internen und externen Widerstände eingeht, ist der Wert von beiden Anteilen gleichermaßen abhängig. Aus **Bild 7** wird deutlich, dass bereits der externe Widerstand je nach Volumenstrom im Mittel bei 440 bis ca.  $600 \text{ Pa}$  liegen kann, aber die Streubreite der externen Widerstände sehr groß ist und zwischen  $100$  und  $2000 \text{ Pa}$  liegt.

Aus diesem Grund dürfen die Gütekriterien nie isoliert betrachtet werden, sondern müssen gemeinsam beurteilt werden, um eine Aussage zur Energieeffizienz der Anlagen treffen zu können.

In der EN 13779 wurde das Problem durch die Einführung von zusätzlichen spezifischen Leistungszuschlägen gemindert.

Für untypische Komponenten wie Schwebstofffilter, Gasfilter usw. wurden Zuschläge definiert, die in Ansatz gebracht werden können (siehe **Tabelle 4**).

Auch für besonders effiziente WRG-Systeme gilt diese Zuschlagsregelung, um gute WRG-Systeme nicht durch eine unpassende Klassenfestlegung zu pönalisieren. Mit dieser Zuschlagsregelung wird eine bedarfsgerechte Einteilung der Anlagen ermöglicht.

Hat beispielsweise eine RLT-Anlage eine HEPA-Filterstufe und eine besonders effiziente WRG mit der Klasse H1 nach EN 13053, wird die Anlage im Gegensatz zur „normalen“ Anlage nicht mit  $2000 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$  als Grenzwert bewertet, sondern mit  $3300 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$ .

Diese Zuschlagsregelung wurde auch in der neuen EnEV 2009 berücksichtigt.

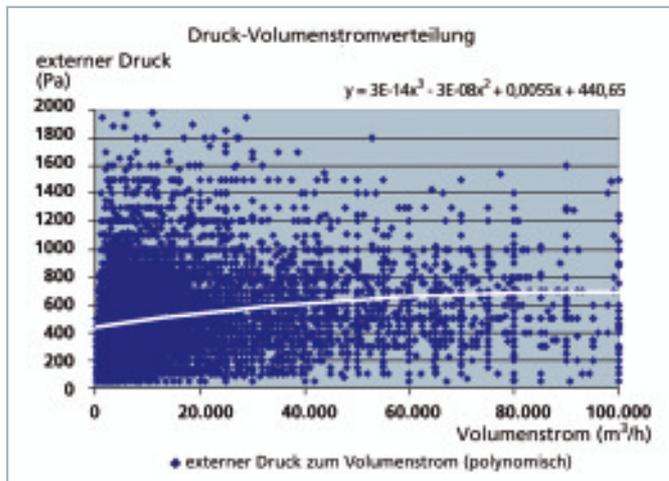


Bild 7

### Statistische Verteilung von externen Widerständen zum Volumenstrom [7]

Mit den beiden Normen EN 13053 und EN 13779 stehen nun auch die geeigneten Werkzeuge zur Beurteilung der Energieeffizienz von RLT-Anlagen und RLT-Geräten zur Verfügung. Insgesamt sind so in den letzten 20 Jahren wesentliche Innovationen zur Reduktion des Elektroenergieverbrauchs realisiert worden. Eine Erfolgsgeschichte.

## Zusammenfassung

Die Frage nach dem effizienten Elektroenergiebedarf von raumlufttechnischen Anlagen und Geräten darf sich nicht auf die Bewertung der Ventilatorantriebseinheit beschränken. Denn neben der Güte des Antriebssystems, beschrieben durch den Systemwirkungsgrad, spielt auch die Dimensionierung des Gesamtsystems im Hinblick auf einen niedrigen Druckabfall eine entscheidende Rolle. Nur wenn der „richtige“ und passende Volumenstrom gefördert wird und wenn die Druckverluste in der Anlage so gering wie möglich dimen-

sioniert werden, macht es überhaupt erst Sinn, sich um einen guten Systemwirkungsgrad zu bemühen. Dabei haben sich freilaufende Ventilatoren mit rückwärts gekrümmten Schaufeln bewährt.

Als Motoren werden zukünftig verstärkt effizientere Elektromotoren eingesetzt werden. Neben den energieoptimierten Asynchronmaschinen werden insbesondere in kleineren Leistungsklassen Permanentmagnet-Motoren Verwendung finden.

Letztlich werden zukünftig alle Anlagen stufenlos drehzahlregelt betrieben werden, worin erfahrungsgemäß das größte Einsparpotenzial liegt.

## Literatur

- [1] Studie zum Einsatz Potential der WRG in RLT-Geräten, Umweltcampus Birkenfeld und Herstellerverband Raumlufttechnische Geräte e. V., 2009.
- [2] Energieeinsparverordnung, 2009–10.
- [3] DIN EN 13779: Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme: 2007–9.
- [4] Studie zur Elektroenergieeffizienz in RLT-Geräten, Umweltcampus Birkenfeld, 2009.
- [5] CEMEP – Comité Européen de Constructeurs de Machines Électriques et d'Électronique de Puissance.
- [6] Zickler, W.: Statistische Auswertung von RLT-Geräten durch den RWTÜV, 2003.
- [7] Studie zur Elektroenergieeffizienz in RLT-Geräten (Basis 9 636 Auslegungen), Umweltcampus Birkenfeld, 2009.