

HLH

Lüftung/Klima
Heizung/Sanitär
Gebäudetechnik

Organ des VDI für Technische Gebäudeausrüstung



EEWärmeG
EnEV

Energieeffizienz
Studie
RLT-Geräte

Raumluftechnik am Umwelt-Campus Birkenfeld

Sonderdruck

**Erweiterung der Studie zur Energieeffizienz
von raumluftechnischen Geräten**

Erweiterung der Studie zur Energieeffizienz von raumluftechnischen Geräten

Christoph Kaup, Brücken

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

Elektroenergiebedarf

Mit beiden energierelevanten Komplexen befasste sich eine Studie [1], die am Umweltcampus Birkenfeld, Fachhochschule Trier durchgeführt wurde. In dieser Studie aus dem Jahr 2009 wurden insgesamt 13 893 RLT-Geräte und deren Auslegungsdaten analysiert. Es handelte sich dabei um marktbezogene und reale Geräteauslegungen eines Herstellers

Autor



Dr.-Ing. Christoph Kaup, Lehrbeauftragter am Umwelt-Campus Birkenfeld, Fachhochschule Trier, für Energieeffizienz und Wärmerückgewinnung. Geschäftsführender Gesellschafter von HOWATHERM Klimatechnik GmbH. Vorstandsmitglied und Obmann für Technik des Herstellerverbandes Raumluftechnische Geräte e. V., Chairman der Arbeitsgruppe „Non-residential Ventilation“ in EVIA (European Ventilation Industry Association). Mitglied in verschiedenen Normungsgremien wie zum Beispiel EN 13779, EN 13053 und EN 1886 sowie in verschiedenen Richtlinien Ausschüssen wie VDI 6022 und VDI 3803.

Die im März 2010 veröffentlichte Studie [1] wurde nun um eine ergänzende Untersuchung aus dem Jahr 2011 erweitert. Es wurden die Markt- und Effizienzdaten von RLT-Geräten der Jahre 2009 und 2010 um Daten weiterer Studien des Umwelt-Campus Birkenfeld ergänzt. Somit können Entwicklungstendenzen aufgezeigt werden.

aus den Jahren 2003 bis 2009. Diese Studie wurde nun um eine ergänzende Untersuchung aus dem Jahr 2010 erweitert, in der weitere 1 726 Geräteauslegungen analysiert wurden. Durch diese Ergänzung der früheren Studie können Entwicklungstendenzen aufgezeigt werden.

Es wurden bewusst Auslegungen im Angebotsstadium und nicht ausgeführte Geräte zur Auswertung herangezogen, um unternehmensspezifische Einflüsse zu minimieren. Da die Analyse auf den Daten eines Herstellers beruht, können die Ergebnisse in ihrer absoluten Größe im Verhältnis zum gesamten Markt statistisch abweichen, allerdings dürfte diese Abweichung aufgrund der sehr großen Datenmenge und aufgrund der hohen Übereinstimmung mit vorangegangenen Studien nur gering sein (Bild 1). Die Studie kann auf jeden Fall im Hinblick auf die Entwicklungstendenzen des Marktes als repräsentativ bewertet werden.

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^3/s
 Δp der Gesamtdifferenzdruck in Pa
 η_s der Systemwirkungsgrad des Ventilatorantriebssystems

Aus der Beziehung dieser Faktoren zueinander wird ersichtlich, wodurch der Elektroenergiebedarf einer Anlage beeinflusst wird.

Volumenstrom

Der Volumenstrom wird wesentlich durch die Anwendung selbst bestimmt.

Insgesamt handelt es sich bei den ausgewerteten RLT-Geräten zu 5,8 % um reine Abluftgeräte, 13,3 % sind Zuluftgeräte und 80,9 % wurden als kombinierte Zu- und Abluftgeräte ausgelegt.

Die Verteilung der analysierten Daten stimmt mit einer ersten Studie, in der zwei weitere Datenbanken mit einer Gesamtheit von 30 022 und 53 597 Stichproben untersucht wurden, sehr gut überein. Insbesondere eine zweite hiervon unabhängige Datenbank weist nahezu eine Deckungsgleichheit mit der in dieser Studie analysierten Datenbank auf (Bild 1).

Der gewichtete mittlere geförderte Volumenstrom aller ausgewerteten Geräte lag im Zeitraum 2003 bis 2009 bei 14 460 m^3/h (Zuluft) und 13 896 m^3/h (Abluft).

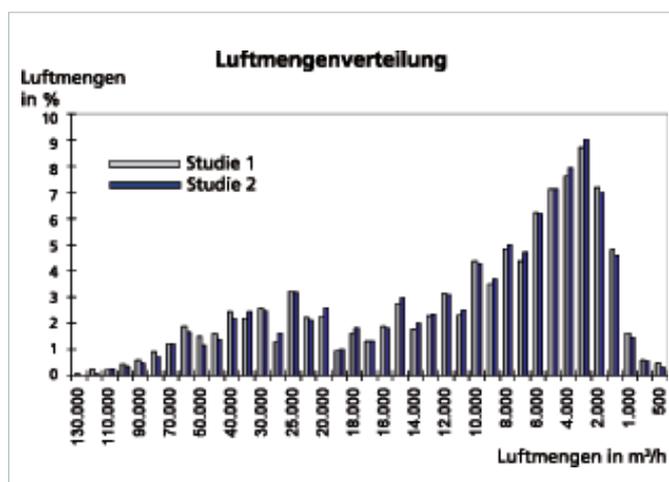


Bild 1

Statistische Verteilung der ausgelegten Volumenströme (2003–2009)

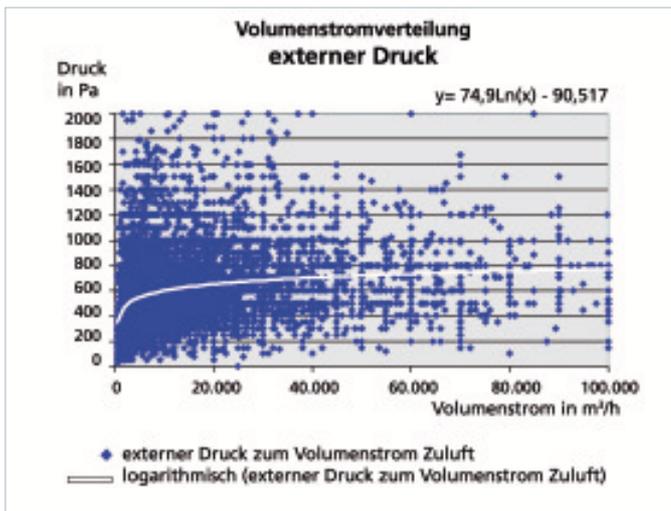


Bild 2

Statistische Verteilung der externen Zuluftwiderstände (2003 – 2009)

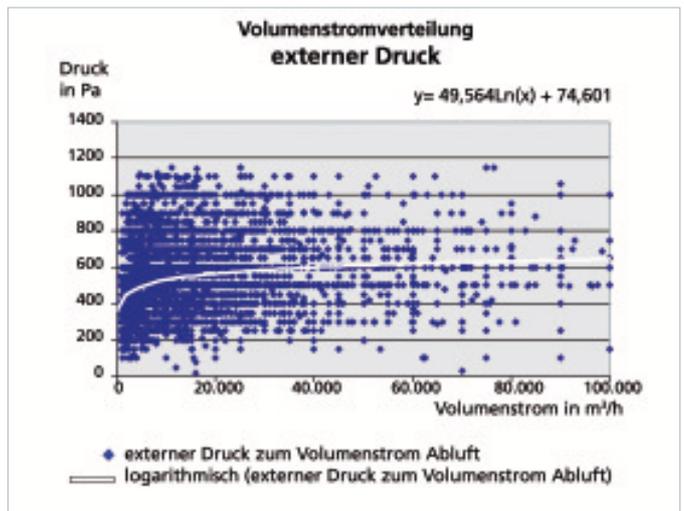


Bild 3

Statistische Verteilung der externen Abluftwiderstände (2003 – 2009)

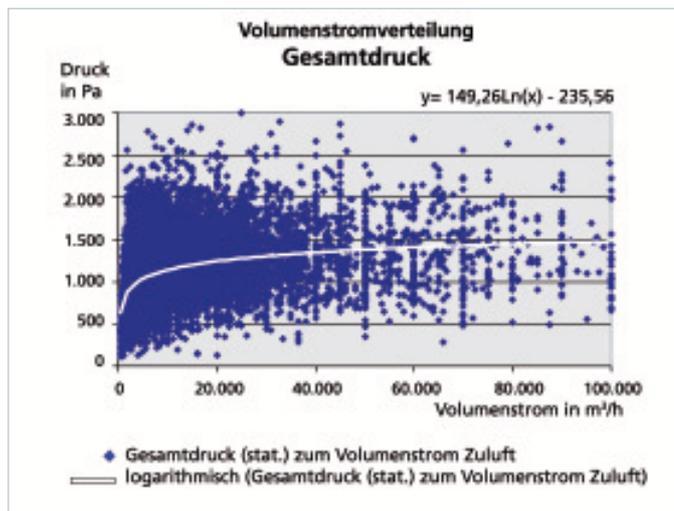


Bild 4

Statistische Verteilung der Gesamtwiderstände (Zuluft) (2003 – 2009)

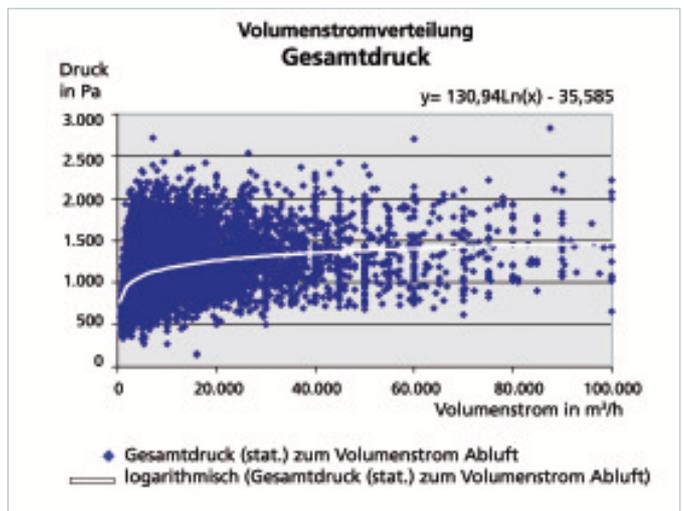


Bild 5

Statistische Verteilung der Gesamtwiderstände (Abluft) (2003 – 2009)

Im Zeitraum 2010 haben sich die mittleren Luftmengen auf 13 490 m³/h (Zuluft) und 12 784 m³/h (Abluft) reduziert. Damit kann als Trend festgestellt werden, dass sich die geförderten Luftmengen tendenziell (Zuluft – 6,7 % und Abluft – 8 %) verringerten.

Differenzdruck

Der zweite energierelevante Faktor ist der zu überwindende Differenzdruck in der RLT-Anlage, der intern durch die installierten Komponenten und extern durch das angeschlossene Kanalnetz bestimmt wird.

Analysiert wurde hier der Anteil des externen Widerstandes am Gesamtdruck der untersuchten RLT-Geräte. Aus Bild 2 und 3 wird deutlich, dass der externe Widerstand auf der Zuluftseite in

den Jahren bis 2009 im Mittel bei 587 Pa und bei 544 Pa auf der Abluftseite lag, aber die Streubreite der externen Widerstände insbesondere auf der Zuluftseite war sehr groß und variierte zwischen 100 und rund 1 800 Pa.

Im Jahr 2010 haben sich die mittleren externen Drücke um 5,3 % auf 556 Pa in der Zuluft reduziert. Auf der Abluftseite lag das Niveau der externen Widerstände bei 523 Pa und damit auf einem 3,9 % niedrigeren Niveau als in den Vorjahren.

Abluftseitig lag zwar der Mittelwert der externen Drücke nahezu gleich dem Mittelwert auf der Zuluftseite, allerdings streuen die Werte wesentlich geringer und liegen zwischen 100 und etwa 1 100 Pa

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

ihre Dimensionierung, bestimmt. Da in den Energiebedarf die Addition der internen und externen Widerstände eingeht, ist der Wert von beiden Anteilen abhängig.

Bezogen auf den Gesamtdruck, also die Summe von externen und internen Widerständen, ergibt sich damit ein ähnliches Bild (Bild 4 und 5) wie bei den externen Widerständen. Der mittlere Gesamtdruck, bezogen auf alle RLT-Geräte, lag auf der Zuluftseite bei 1 115 Pa und auf der Abluftseite bei 902 Pa. Allerdings unterscheiden sich die Streubereiche der beiden Volumenströme im Gegensatz zum externen Widerstand nur unwesentlich.

In 2010 haben sich die Gesamtdrucke mit 1 100 Pa auf der Zuluftseite und 920 Pa auf der Abluftseite nur unwesentlich geändert.

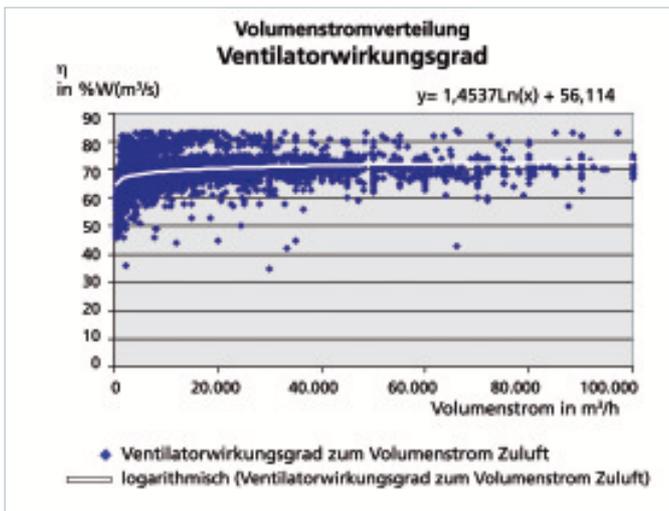


Bild 6

Statistische Verteilung der Ventilatorwirkungsgrade (Zuluft) (2003 – 2009)

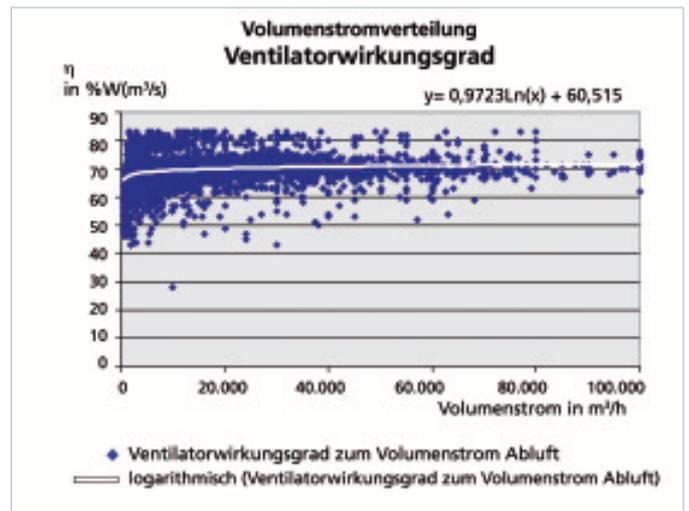


Bild 7

Statistische Verteilung der Ventilatorwirkungsgrade (Abluft) (2003 – 2009)

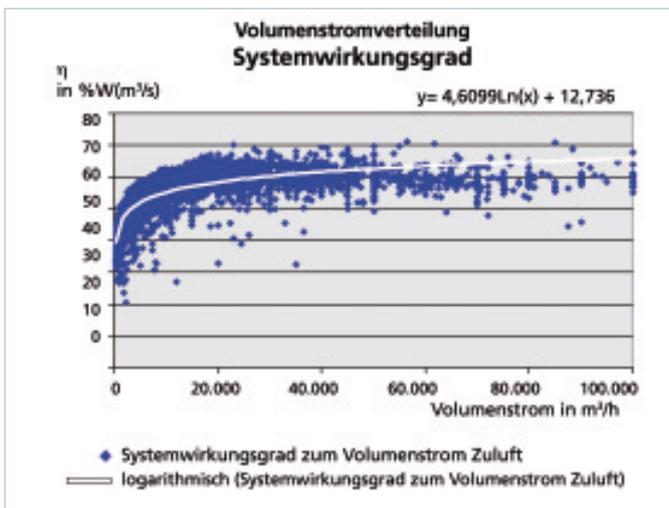


Bild 8

Statistische Verteilung der Systemwirkungsgrade (Zuluft) (2003 – 2009)

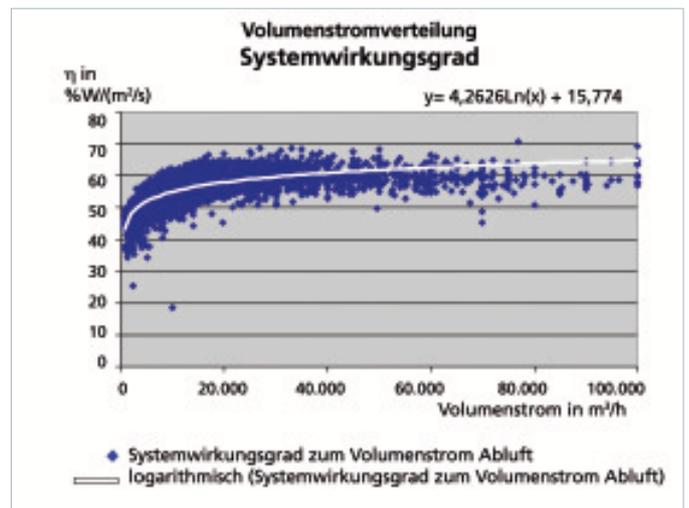


Bild 9

Statistische Verteilung der Systemwirkungsgrade (Abluft) (2003 – 2009)

Systemwirkungsgrad

Der Systemwirkungsgrad (η_s) des Ventilatorantriebssystems wird durch drei Einzelwirkungsgrade bestimmt:

$$\eta_s = \eta_V \cdot \eta_M \cdot \eta_A$$

wobei:

- η_V Wirkungsgrad des Ventilators
- η_M Motorwirkungsgrad
- η_A Antriebs- und Regelungswirkungsgrad

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:

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

Aus **Bild 6** und **7** erkennt man die Streubreite der Ventilatorwirkungsgrade auf der Zuluft- und Abluftseite der RLT-Geräte.

Im Mittel ergab sich in den Jahren 2003 bis 2009 für die Zuluftseite ein Ventilatorwirkungsgrad von 69,2 % und auf der Abluftseite – wie zu erwarten war – ein fast identischer Wirkungsgrad von 69,3 %, da in beiden Fällen die gleichen Techniken verwendet werden.

Auch in 2010 haben sich die mittleren Wirkungsgrade auf 70,6 % (Zuluft) bzw. 70,7 % (Abluft) leicht erhöht.

In **Bild 8** und **9** sind die Systemwirkungsgrade dargestellt, die sich aus den weiteren Wirkungsgraden (Motor, Antriebe und Drehzahlregelung) im Zusammenhang mit dem Ventilatorwirkungsgrad ergeben. Bei den Systemwirkungsgraden zeigte sich ein differenziertes Bild, da die mittlere Motorgröße in der Zuluft stärker war als in der Abluft und damit bessere Motor- und Antriebswirkungsgrade zu erwarten waren.

So ergab sich auf der Zuluftseite bei einer mittleren Wellenleistung von 6,18 kW ein mittlerer Systemwirkungsgrad von 54,5 %. Auf der Abluftseite lag der mittlere Systemwirkungsgrad bei

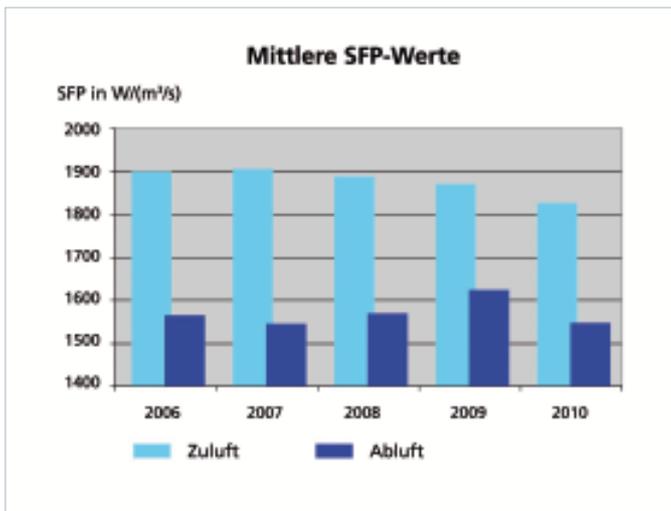


Bild 10

Entwicklung der spezifischen SFP-Werte auf der Zu- und Abluftseite (2003 – 2010)

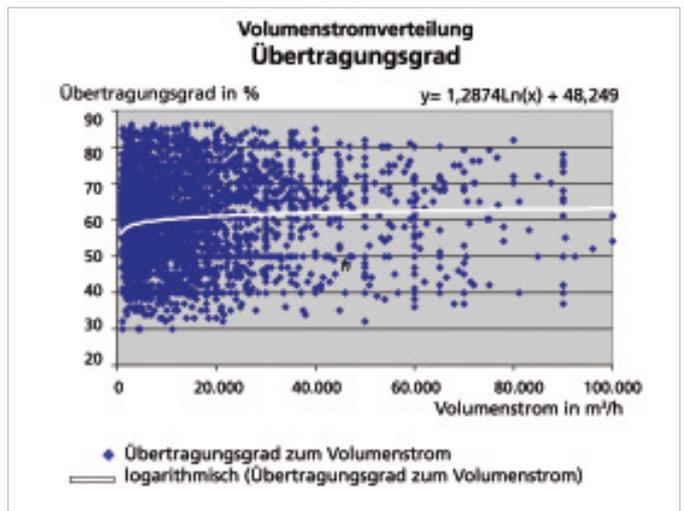


Bild 11

Statistische Verteilung der Temperaturübertragungsgrade von WRG-Einrichtungen (2003 – 2009)



Bild 12

Anteil der Nutzung der WRG von 2006 bis 2010

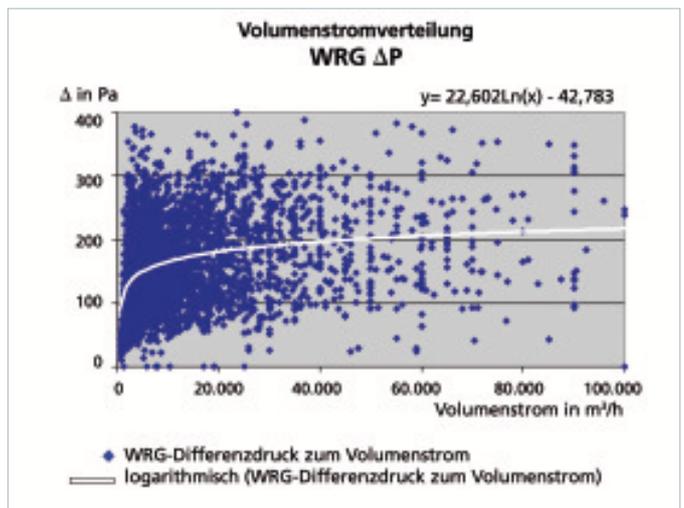


Bild 13

Statistische Verteilung der mittleren Differenzdrücke von WRG-Einrichtungen (Zu- und Abluft) (2003 – 2009)

einer mittleren Wellenleistung von 4,84 KW bei 53,8 %.

In der Erweiterung der Studie wird deutlich, dass die Systemwirkungsgrade sich ebenfalls auf 55,7 % in der Zuluft sowie 55,3 % in der Abluft geringfügig verbessert haben.

Die aufgenommene Motorleistung lag bis 2009 im Mittel bei 7,30 KW (Zuluft) zu 5,77 KW (Abluft). Hieraus errechnet sich ein mittlerer Motor-Antriebswirkungsgrad von 0,847 (Zuluft) zu 0,838 (Abluft). Dieser Wert ist deshalb so hoch, da sich in den letzten Jahren direktgetriebene Ventilatorsysteme durchgesetzt haben und damit die Antriebsverluste entfallen.

In 2010 haben sich insbesondere die aufgenommenen Leistungen im Ver-

gleich zu den Vorjahren aufgrund der geringeren Luftmengen und verbesserten Systemwirkungsgrade deutlich reduziert. Auf der Zuluftseite lag die mittlere Leistungsaufnahme bei 6,62 KW und damit 9,3 % unter dem Wert der vorangegangenen Studie. In der Abluft reduzierte sich die Leistungsaufnahme um 8,7 % auf 5,27 KW.

In der Darstellung der SFP-Werte (specific fan power) erkennt man ebenfalls, dass sich pro geförderte Luftmenge die Werte reduziert haben (Bild 10).

Auf der Zuluftseite liegt der SFP-Wert in 2010 bei 1826 W/m³/s gegenüber 1870 W/m³/s in 2009 (-2,4 %). Auf der Abluftseite haben sich die Werte von 1625 W/m³/s auf 1547 W/m³/s (-4,8 %) reduziert.

Wärmerückgewinnung

Wärmerückgewinnungssysteme werden seit Jahren zur effizienten Reduktion des benötigten thermischen Primärenergiebedarfs in raumlufttechnischen Geräten und Anlagen eingesetzt. Diese Effizienzmaßnahme gehört spätestens seit Inkrafttreten der Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 [2] am 01.10.2009 zum definitiven Stand der Technik.

In § 15 der EnEV werden für sämtliche raumlufttechnische Anlagen ab einem Volumenstrom von 4 000 m³/h Wärmerückgewinnungseinrichtungen entsprechend der Klasse H3 nach DIN EN 13053 [3] zwingend gefordert.

Aber nicht nur aus diesem Grund, sondern auch wegen steigender Energie-

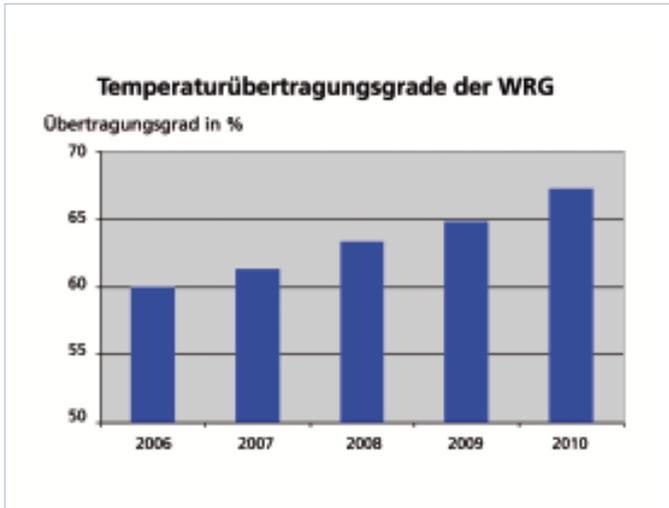


Bild 14

Entwicklung der mittleren Übertragungsgrade von WRG-Einrichtungen (2003 – 2010)

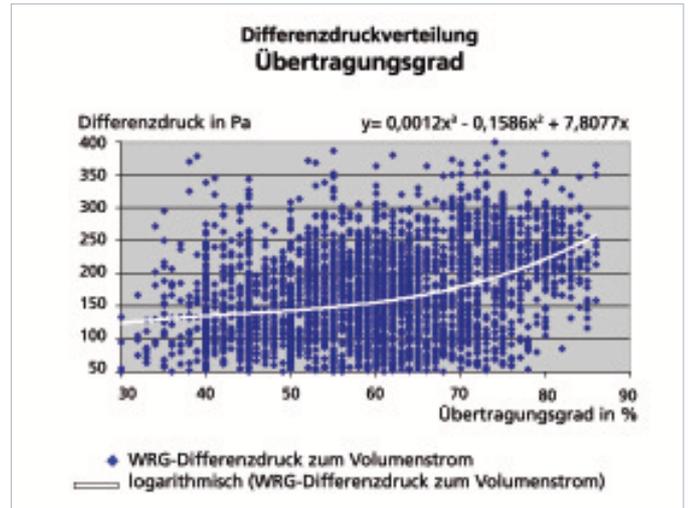


Bild 15

Statistische Verteilung der Druckverluste von WRG-Einrichtungen zum Übertragungsgrad (2003 – 2009)

kosten wird die WRG zukünftig stärker eingesetzt werden. Diesen Trend zeigt die Erweiterung der Studie sehr deutlich auf.

Im Rahmen einer ersten Studie wurde auch der Einsatz von Wärmerückgewinnungseinrichtungen in den untersuchten RLT-Geräten analysiert. Dabei ergab sich eine Nutzung der WRG von 52,0 % der WRG-tauglichen RLT-Geräte, die sowohl Zuluft als auch Abluft fördern. Es wurde also nur etwa jedes zweite Gerät mit WRG ausgestattet, das mit WRG hätte ausgestattet werden können.

Der durchschnittliche Temperaturübertragungsgrad lag allerdings bei 62,4 % und damit unerwartet hoch. Die Verteilung und Streuung der Übertragungsgrade zeigt **Bild 11**.

Im Rahmen der Erweiterung der Studie ergab sich in 2010 ein sehr positives Bild. Der Anteil der Wärmerückgewinnung stieg in 2010 auf 67 % der möglichen RLT-Geräte, also der Geräte, die sowohl Abluft- als auch Zuluft fördern (**Bild 12**).

In beiden Studien wurde auch der Differenzdruck der eingesetzten WRG-Einrichtungen untersucht. Dabei lag der mittlere Differenzdruck der WRG bis 2009 in der Zuluft bei 168 Pa und in der Abluft bei 177 Pa (**Bild 13**). In 2010 erhöhte sich der Differenzdruck marginal auf 177 Pa in der Zuluft und 186 Pa in der Abluft.

Dass die Wärmerückgewinnung eine immer wichtigere Rolle spielt, kann auch durch die Darstellung der geforderten Übertragungsgrade im Jahresvergleich dokumentiert werden. Danach hat sich von 2005 bis heute der mittlere Übertragungsgrad von 58,1 % auf 64,8 % in 2009 deutlich erhöht (**Bild 14**).

Auch in 2010 konnte die mittlere Rückwärmzahl nochmals deutlich auf 67,2 % gesteigert werden.

Der Übertragungsgrad mit Differenzdruck der WRG wird allerdings durch zusätzlichen Druckabfall „erkauft“. Der durchschnittliche Differenzdruck der WRG stieg allerdings von 2005 moderat von 152 Pa auf 175 Pa in 2009. In 2010 erhöhte sich der Differenzdruck durch die stärkere Nutzung der Wärmerückgewinnung nur noch auf 182 Pa.

Der Zusammenhang von steigendem Differenzdruck und steigendem Übertragungsgrad kann auch statistisch aufgezeigt werden (**Bild 15**). Man erkennt aber auch anhand der großen Streuung, dass durch die Wahl des Strömungsquerschnittes niedrige Widerstände bei hohen Übertragungsgraden möglich sind.

Zusammenfassung

Die Analyse des Elektroenergiebedarfs von raumluftechnischen 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.

Aus den Ergebnissen der Studien wird ersichtlich, dass die Streubreite der Auslegungen, insbesondere der zu überwindenden Drücke beträchtlich ist. Aber im Mittel der Auslegungen wird auch heute schon der Trend zu energieeffizienten Antrieben erkennbar.

Im Vergleich der letzten Jahre wird aber auch deutlich, dass die Antriebs-

technik weit fortgeschritten ist und dass wesentliche Steigerungen der Effizienz und damit des Systemwirkungsgrades hier nicht mehr zu erwarten sind. Zielrichtung der Entwicklung muss die Reduktion der beiden Druckanteile (interne und externe Drücke) sein.

In der Entwicklung des Jahres 2010 ist auch zu erkennen, dass sowohl die geförderten Volumenströme reduziert werden als auch die Wirkungsgrade der Antriebssysteme leicht gestiegen sind. Letztlich führt dies zu geringeren Leistungsaufnahmen der Antriebssysteme.

Im Gegensatz hierzu ist ein Trend zu hocheffizienten Wärmerückgewinnungseinrichtungen sehr deutlich festzustellen. Dieser Trend wird sich auch im Hinblick auf die Einführung der gesetzlichen Vorgaben weiter fortsetzen. Dies kann aufgrund der Studienergebnisse aus den Jahren 2008 bis 2010 eindeutig bestätigt werden. Denn eine Nutzungsquote der WRG von rund 67 % muss als großer Erfolg gewertet werden.

Gleichzeitig stieg die mittlere Rückwärmzahl erheblich auf nunmehr 67,2 % in 2010 an. Damit kann der Trend zur stärkeren Nutzung der Wärmerückgewinnung sicher bestätigt werden.

Literatur

- [1] Kaup, Ch.: Energieeffizienz von RLT-Geräten. TGA Fachplaner 03/2010, S. 36–41.
- [2] Energieeinsparverordnung, 2009 –10
- [3] DIN EN 13053: Lüftung von Gebäuden – Zentrale raumluftechnische Geräte – Leistungskenndaten für Geräte, Komponenten und Baueinheiten; Deutsche Fassung EN 13053:2007–9