

G

gebäude  
technik

I

innenraum  
klimaISH 2015:  
Messevorbericht

- ▶ Modellierung von Adsorptions- Gaswärmepumpen innerhalb des numerischen Simulationsprogramms TRNSYS-TUD
- ▶ Dezentrale Ventilatoren in zentralen raumluft-technischen Anlagen – Berechnungen zur energetischen Vorteilhaftigkeit
- ▶ Zur Notwendigkeit von Vorbemessungsverfahren in der Planung
- ▶ Schimmelpilze in Innenräumen – notwendiges Übel?
- ▶ Fußbodenheizungen der ersten Generation fordern große Aufmerksamkeit

# Dezentrale Ventilatoren in zentralen raumlufotechnischen Anlagen – Berechnungen zur energetischen Vorteilhaftigkeit

**Mechanische Lüftungsanlagen** sind ein zentrales Element energieeffizienter, nachhaltiger Gebäude. Die Luftförderung erfolgt bei zentralen Lüftungsanlagen üblicherweise über einen Zuluft- und einen Abluftventilator in der Lüftungszentrale. Jeder Zentralventilator erzeugt eine Druckdifferenz, die sich an dem Widerstand des ungünstigsten Stranges orientiert. Zum Aufteilen des Gesamtvolumenstroms auf die einzelnen Gebäudebereiche wird die Druckdifferenz in den anderen Strängen gezielt abgedrosselt. Die Abdrosselung stellt eine Art „Energievernichtung“ dar, der kein direkter Nutzen gegenübersteht und die zumindest theoretisch vermieden werden kann bzw. sollte. Mit dem hier vorgestellten Ansatz soll die Luftförderung in zentralen RL-Anlagen durch den Einsatz dezentraler Ventilatoren energieeffizienter realisiert werden. Dabei wird die Druckdifferenz zur Luftförderung durch dezentrale Ventilatoren an dem Ort und in der Höhe erzeugt, wie sie zum Lufttransport erforderlich ist. Auf Drosselorgane wie Volumenstromregler wird im Dezentrale-Ventilatoren-System (dVt-System) verzichtet. Erste Berechnungen deuten auf ein signifikantes Energie-Einsparpotential hin, welches für typische Nutzungsarten bei 10 bis über 40 % liegt (siehe **Bild 1**). Aufgrund einer guten Regelfähigkeit ist dabei mit einer hohen Nutzerakzeptanz zu rechnen.

VON  
NIKLAS ALSEN  
TOBIAS KLIMMT  
JENS KNISSEL

## Decentralized Fans in Central HVAC Systems – Calculation of the Energetic Benefit

**Mechanical ventilation systems** are an important element of energy-efficient and sustainable buildings. In central ventilation systems usually a central supply air fan and a central exhaust air fan are used to ensure the required airflow. Each fan generates a pressure difference that is determined by the duct with the highest resistance. To distribute the total air flow to the different building areas, the pressure difference in the ducts is selectively throttled. The throttling is a kind of energy loss without a direct benefit and should at least theoretically be avoided. The approach presented here is meant to make air transport in central HVAC systems more energy-efficient through the use of decentralized fans. The pressure difference required for air transport is created through decentralized fans in the amount and at the location it is needed. Thus throttling by dampers or other throttle bodies is no longer required. Initial calculations indicate a significant energy-saving potential which ranges from 10 to 40 % for typical usages (see **Figure 1**). Due to energy savings and excellent control capabilities of the decentralized fan system a high user acceptance can be expected.

### 1. Ausgangssituation

Lüftungsanlagen sichern einerseits die für die Nutzung erforderliche Luftqualität. Andererseits können sie in Verbindung mit einer Wärmerückgewinnung einen relevanten Beitrag zur Reduktion des Energieaufwands zur Beheizung von Gebäuden leisten. Um eine tatsächliche Primärenergieeinsparung durch mechanische Lüftungsanlagen zu erreichen, muss der Aufwand zur Luftförderung gegenüber der erzielten Brennstoffeinsparung gering sein.

Seit dem Jahr 2007 müssen Lüftungsanlagen laut Energieeinsparverordnung [1] mit einem Zuluftvolumenstrom von wenigstens 4000 m<sup>3</sup>/h den Grenzwert der spezifischen Ventilatorleistung SFP 4 nach DIN EN 13779 [2] einhalten, sowie mit einer Einrichtung zur Wärmerückgewinnung ausgestattet sein. Ab einem Zuluftvolumenstrom von 9 m<sup>3</sup>/h je m<sup>2</sup><sub>NGF</sub> (z. B. in Sitzungszimmern, Klassenzimmern, Arztpraxen, etc.) müssen diese Anlagen zudem über eine selbstständige Regelung der Volumenströme in Abhängigkeit von thermischen und stofflichen Lasten oder der Zeit verfügen.

Derzeit werden zur Anpassung des Volumenstroms regelbare Klappen (sog. Variabel-Volumenstromregler, siehe **Bild 2**) eingesetzt. Diese modifizieren den Strömungswiderstand in dem entsprechenden Strang so lange, bis sich der gewünschte Volumenstrom einstellt. Über die Anpassung der Volumenströme an den Bedarf, wird trotz der stattfindenden Drosselung eine Reduktion beim Stromverbrauch erzielt. Voraussetzung ist, dass die Drehzahl des Ventilators an den reduzierten Volumenstrom angepasst wird.

- Eine weitere Reduktion des Stromaufwandes zur Luftförderung wäre möglich, wenn auf die Drosselung verzichtet werden könnte. Um den Drosselvorgang beim Einsatz von Variabel-Volumenstromreglern genauer zu analysieren, wird zwischen zwei Drosselvorgängen unterschieden:
1. Drosselung zur Realisierung der gewünschten Volumenstromverteilung im Gebäude, d. h. zur Luftmengenverteilung.
  2. Drosselung zur bedarfsabhängigen Anpassung des Volumenstroms an die Nutzung z. B. über CO<sub>2</sub>-Sensoren, d. h. zur Luftmengenreduktion.

Während die Drosselung zur Luftmengenverteilung (Drosselvorgang 1) immer auftritt, wenn ein Strang Luft anfordert und dieser nicht am

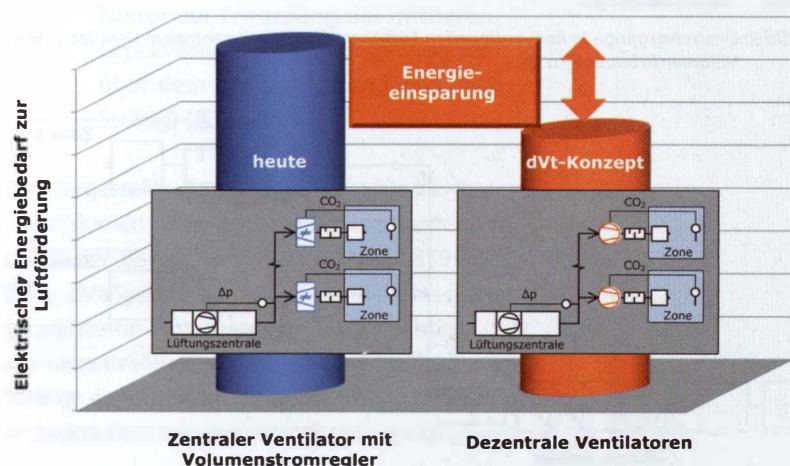
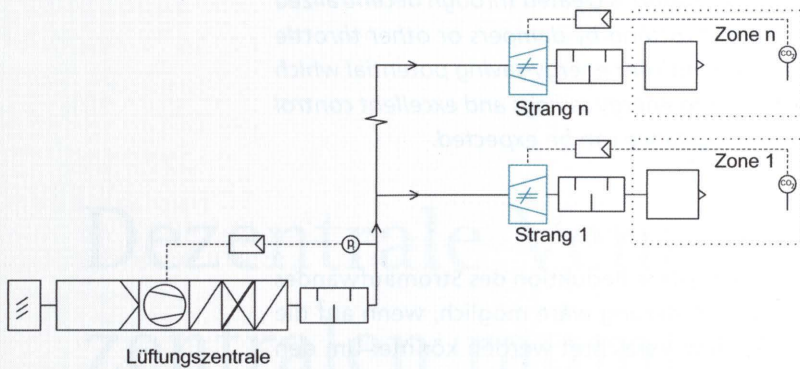


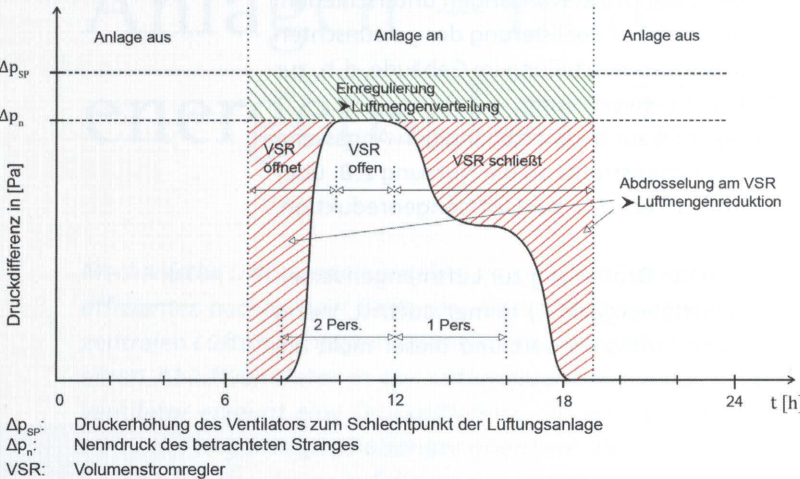
Bild 1: Elektrischer Energiebedarf zur Luftförderung bei zentralen RLT-Anlagen.

Schlechtpunkt liegt, fällt die Drosselung zur Luftmengenreduktion (Drosselvorgang 2) nur im Teillastfall an. **Bild 3** veranschaulicht diesen Zusammenhang am Beispiel eines Büros im Tagesverlauf.

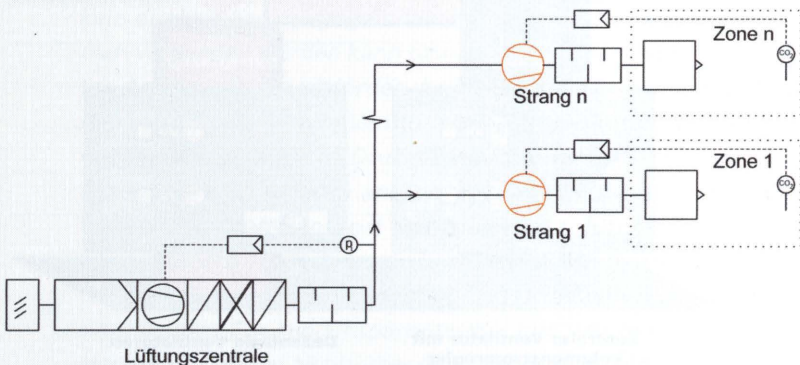
Schematisch wird ein Zwei-Personenbüro dargestellt, welches von 8:00 Uhr bis 12:00 Uhr voll



**Bild 2:** Stand der Technik: zentrale Lüftungsanlage mit Variabel-Volumenstromreglern.



**Bild 3:** Drosselvorgänge in konventionellen Lüftungsanlagen mit zentralem Ventilator und Volumenstromreglern [3].



**Bild 4:** Zentrale Lüftungsanlage mit dezentralen Ventilatoren.

und anschließend bis 16:00 Uhr nur noch mit einer Person belegt ist. Bei voller Belegung steigt am Morgen der erforderliche Zuluftvolumenstrom, um den Sollwert der CO<sub>2</sub>-Konzentration einzuhalten. Der zugehörige Volumenstromregler öffnet, bis nach kurzer Zeit der Nennvolumenstrom erreicht wird. Nachdem um 12 Uhr eine Person den Raum verlässt, reduziert der Volumenstromregler den Volumenstrom durch Erhöhen des Strömungswiderstands und hält die CO<sub>2</sub>-Konzentration so auf dem vorgegebenen Sollwert.

In der Abbildung wird deutlich, dass immer, wenn eine Reduktion des Nennvolumenstroms realisiert wird, im Volumenstromregler ein Drosselvorgang stattfindet (Drosselvorgang 2). Dieser ist umso stärker, je geringer der benötigte Volumenstrom ist. Hinzu kommt eine Drosselung zum Luftmengenabgleich (Drosselvorgang 1).

## 2. dVt-Ansatz

Bei dem hier untersuchten Einsatz von dezentralen Ventilatoren in zentralen Lüftungsanlagen soll eine bedarfsgerechte, raum- bzw. zonenweise Lüftung ohne die „Energievernichtung“ durch Drosselung realisiert werden. Die dezentral platzierten Ventilatoren bauen die zur Luftförderung erforderliche Druckerhöhung an dem jeweiligen Ort und in der erforderlichen Höhe auf (siehe **Bild 4**). Hierdurch entfallen sowohl der Drosselvorgang 1 zur Luftmengenverteilung als auch der Drosselvorgang 2 zur Luftmengenreduktion (siehe **Bild 3**).

Es wird erwartet, dass hierdurch der Energieaufwand zur Luftförderung reduziert und die Regelfähigkeit verbessert werden kann.

Einsetzbar ist das dVt-Konzept in zentralen Lüftungsanlagen und bietet besondere Vorteile bei bedarfsgerechter Lüftung. Die Nutzung des dVt-Ansatzes bei der Sanierung von Bestandsgebäuden ist möglich.

## 3. Energieeffizienzpotential

Es ist nicht selbstverständlich, dass mit dem dVt-System eine Energieeinsparung erzielt werden kann, da es neben den Vorteilen auch prinzipbedingte Nachteile gibt. So werden statt einem großen zentralen Ventilator viele kleine dezentrale Ventilatoren eingesetzt. Kleinere Ventilatoren haben aber in der Regel einen schlechteren Wirkungsgrad.

Zur Abwägung der energetischen Vor- und Nachteile werden im Folgenden exemplarisch die erforderlichen Ventilatorleistungen bei verschiedenen Teillast-Volumenstromanteilen für

- ein System mit Zentralventilator und Variabel-Volumenstromreglern mit konstantem Vordruck nach **Bild 2** und
- ein System mit Zentralventilator und dezentralen Ventilatoren nach **Bild 4** verglichen.

### 3.1 Elektrische Leistung

Grundsätzlich benötigen Ventilatoren elektrische Energie, um mit einem bestimmten Wirkungsgrad einen Luftvolumenstrom zu fördern und dabei Druckverluste im System zu überwinden.

$$P_{el} = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p}{\eta} \quad (1)$$

- $P_{el}$  Elektrische Ventilatorleistung [W]
- $\dot{V}$  Volumenstrom [m<sup>3</sup>/s]
- $\Delta p$  Statische Druckerhöhung des Ventilators entsprechend Druckverlusten im Kanalnetz [Pa]
- $\eta$  Wirkungsgrad [%]

In den betrachteten Lüftungssystemen kann die Ventilatorleistung als Summe von zwei Anteilen berechnet werden.

- Der erste Anteil berücksichtigt die Druckverluste bis zum Drucksensor in **Bild 2** und **4** (v.a. Lüftungszentrale).
- Der zweite Anteil berücksichtigt die Druckverluste ab dem Drucksensor in **Bild 2** und **4** (Verteilnetz).

$$P_{VSR,dVt} = P_z + P_N \quad (2)$$

- $P_{VSR,dVt}$  Ventilatorleistung eines Lüftungssystems mit Volumenstromreglern oder dezentralen Ventilatoren [W]
- $P_z$  Ventilatorleistung für Kanalnetz und Zentralgerät bis zum Drucksensor [W]
- $P_N$  Ventilatorleistung für Kanalnetz ab dem Drucksensor [W]

Für die beiden Systeme ergibt sich aus Gl. (1) und (2) mit den jeweiligen Drücken und Wirkungsgraden:

$$P_{VSR} = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p_z}{\eta_z} + \frac{\dot{V} \cdot \Delta p_{N,VSR}}{\eta_z} \quad (3)$$

$$P_{dVt} = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p_z}{\eta_z} + \frac{\dot{V} \cdot \overline{\Delta p_{N,dVt}}}{\eta_{dVt}} \quad (4)$$

- $\Delta p_z$  Druckverluste bis zum Drucksensor (v.a. Lüftungszentrale) [Pa]
- $\Delta p_{N,VSR}$  Druckverluste ab dem Drucksensor bis zum hydraulisch ungünstigsten Strang im System mit Volumenstromreglern (Verteilnetz) [Pa]
- $\overline{\Delta p_{N,dVt}}$  Druckverluste ab dem Drucksensor im System mit dezentralen Ventilatoren (Mittelwert über alle Stränge des Verteilnetzes) [Pa]
- $\eta_z$  Wirkungsgrad des Zentralventilators [%]
- $\eta_{dVt}$  Wirkungsgrad der dezentralen Ventilatoren [%]

### 3.2 Druckerhöhungen

Dabei berechnen sich die Drücke aus der Druckerhöhung beim Auslegungsvolumenstrom, dem Teillast-Volumenstromanteil und dem Anteil der Druckverluste des Verteilnetzes:

$$\Delta p_z = \left( \frac{\dot{V}}{\dot{V}^*} \right)^2 \cdot (1 - f_p) \cdot \Delta p^* \quad (5)$$

$$\Delta p_{N,VSR} = f_p \cdot \Delta p^* \quad (6)$$

$$\overline{\Delta p_{N,dVt}} = \left( \frac{\dot{V}}{\dot{V}^*} \right)^2 \cdot f_p \cdot f_N \cdot \Delta p^* \quad (7)$$

- $\dot{V}/\dot{V}^*$  Teillast-Volumenstromanteil [%]
- $\Delta p^*$  Druckverluste der Gesamtanlage bis zum hydraulisch ungünstigsten Strang beim Auslegungsvolumenstrom [Pa]
- $f_p$  Druckverhältniszahl nach DIN V 18599-3 (Anteil der Druckverluste ab Drucksensor) [-]
- $f_N$  Netzfaktor (volumenstromgewichteter Faktor zur Ermittlung der mittleren Druckverluste im Verteilnetz gegenüber dem hydraulisch ungünstigsten Strang) [-]

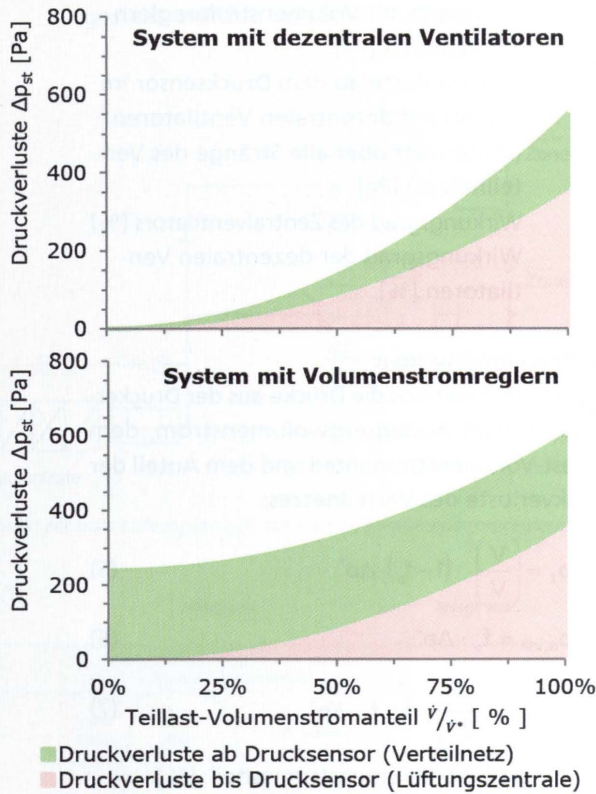
Der dargestellte Ansatz entspricht für das System mit Volumenstromreglern und konstantem Vordruck der Berechnung nach DIN V 18599-3 [4]. Beim dVt-System wird über den volumenstromgewichteten Netzfaktor  $f_N$  berücksichtigt, dass die dezentralen Ventilatoren im Mittel über alle Stränge einen geringeren Druck liefern müssen, als im hydraulisch ungünstigsten Strang benötigt wird:

$$f_N = \frac{\sum \dot{V}_i^* \cdot \Delta p_{N,i}^*}{\dot{V}^* \cdot \Delta p_{N,max}^*} \quad (8)$$

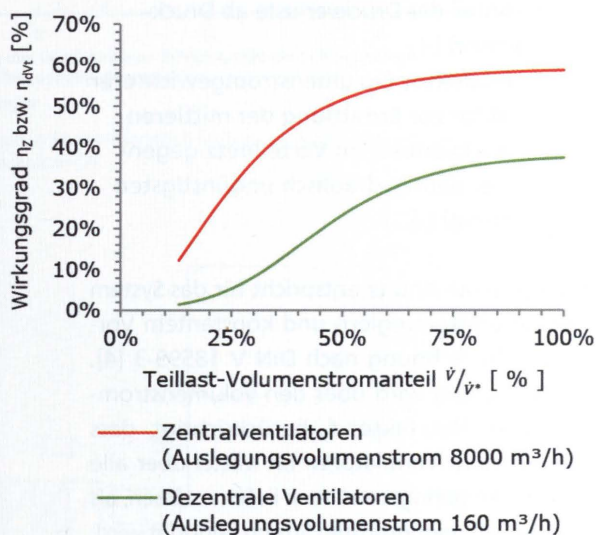
$\Delta p_{N,i}^*$  Auslegungsdruckverlust ab Drucksensor für Strang i [Pa]  
 $\Delta p_{N,max}^*$  Auslegungsdruckverlust ab dem Drucksensor für den hydraulisch ungünstigsten Strang [Pa]

$\dot{V}_i^*$  Auslegungsvolumenstrom im Strang i [m<sup>3</sup>/s]  
 $\dot{V}^*$  Gesamt-Auslegungsvolumenstrom [m<sup>3</sup>/s]  
 Für die weiteren Berechnungen werden folgende Randbedingungen hinzugezogen:

- $\dot{V}^* = 8.000 \text{ m}^3/\text{h}$
- $\Delta p^* = 600 \text{ Pa}$
- $f_p = 0,4$
- $f_n = 0,8$



**Bild 5:** Erforderliche Druckerhöhungen bei verschiedenen Teillast-Volumenstromanteilen im System mit dezentralen Ventilatoren (oben) und Volumenstromreglern (unten).



**Bild 6:** Verwendete Wirkungsgrade von zentralen und dezentralen Ventilatoren bei verschiedenen Teillast-Volumenstromanteilen.

**Bild 5** zeigt die in Gl. (5) bis (7) mit den genannten Randbedingungen berechneten und über den Teillast-Volumenstromanteil aufgetragenen Anlagendruckverluste beider Systeme. Die geringeren Druckverluste im dVt-System sind gegenüber dem System mit Volumenstromreglern und konstantem Vordruck klar erkennbar.

### 3.3 Wirkungsgrade

Die in der Berechnung nach Gl. (3) und (4) angesetzten Wirkungsgrade beruhen auf einer Querschnittsanalyse von rückwärtsgekrümmten Radialventilatoren mit EC-Motor der Firma ebm-papst (Serie RadiCal). Die Wirkungsgrade wurden anhand von gemessenen Werten des statischen Drucks, der Ventilatorleistung und des Volumenstroms berechnet und berücksichtigen das reale Teillastverhalten. **Bild 6** zeigt die verwendeten Wirkungsgrade bei variiertem Teillast-Volumenstromanteil.

Es sei angemerkt, dass sich der vergleichsweise schlechte Wirkungsgrad der dezentralen Ventilatoren bei größeren Auslegungsvolumenströmen, als den hier betrachteten 160 m<sup>3</sup>/h schnell verbessert. So lassen sich bereits bei 450 m<sup>3</sup>/h Volllastwirkungsgrade von knapp 50 % erreichen. Andererseits sinken die Wirkungsgrade deutlich, wenn Ventilatoren falsch oder überdimensioniert eingesetzt werden.

### 3.4 Vergleich der Ventilatorleistung

Werden die el. Ventilatorleistungen nach Gl. (3) und (4) ermittelt und über dem Teillast-Volumenstromanteil aufgetragen, ergibt sich der in **Bild 7** dargestellte Verlauf.

Für das dVt-System zeigt sich eine verringerte erforderliche Ventilatorleistung im Teillastbereich. Diese ist auf die systematisch vermiedenen Drosselvorgänge zurückzuführen (siehe **Bild 3** und **5**).

Im Bereich von 89 bis 100 % des Auslegungsvolumenstroms ist die erforderliche Ventilatorleistung im dVt-System höher als im Zentralventila-

torsystem. Dies ist durch den im Auslegungspunkt um 21 Prozentpunkte geringeren Wirkungsgrad der verwendeten dezentralen Ventilatoren zu erklären (siehe Bild 6).

Die Höhe der Energieeinsparung hängt neben den o. g. Einflussfaktoren wesentlich von der Häufigkeitsverteilung der Teillast-Volumenstromanteile während der Nutzungsphase ab. Dies kann sich je nach Nutzungsart stark unterscheiden. Erste Abschätzungen deuten auf einen um 10 bis über 40 % geringeren Energiebedarf zur Luftförderung des dVt-Systems gegenüber dem System mit Variabel-Volumenstromreglern und konstantem Vordruck hin. Differenzierte Untersuchungen werden im Laufe des Forschungsprojektes durchgeführt.

#### 4. Kosteneffekte

Der Einsatz des dVt-Konzeptes wird Auswirkungen auf die Kosten einer Lüftungsanlage haben, da sich Investitions-, Wartungs- und Energiekosten verändern. Investive Mehrkosten entstehen durch die dezentralen Ventilatoren. Einsparungen ergeben sich auf der anderen Seite durch den Verzicht auf die Variabel-Volumenstromregler. Vermutlich liegen bei den Investitionskosten die Einsparung und der Mehraufwand in einer ähnlichen Größenordnung.

Auch im Bereich der Wartungskosten ist beim Einsatz von dezentralen Ventilatoren nach aktuellem Wissensstand mit keinem substantiellen Mehraufwand des dVt-Systems gegenüber dem Einsatz von Variabel-Volumenstromreglern zu rechnen.

Der wesentliche Kostenunterschied wird im Bereich der Energiekosten liegen. Da der Energiebedarf der Luftförderung einen hohen Anteil des Gesamtverbrauchs von mechanisch belüfteten Gebäuden ausmacht [5], hat die prognostizierte Reduzierung der Energiekosten durch das dVt-System einen deutlichen Einfluss auf die gesamten Gebäude-Betriebskosten.

#### 5. Förderung und Projektpartner

Die Entwicklung des dVt-Ansatzes zu einem funktionierenden, praxistauglichen Gesamtsystem erfolgt in dem Forschungsprojekt „Einsatz von dezentralen Ventilatoren zur Luftförderung in zentralen RLT-Anlagen“. Bearbeitet werden u. a. folgende Punkte:

- Definition der Komponenten mit den erforderlichen Leistungsmerkmalen (Ventilatoren,

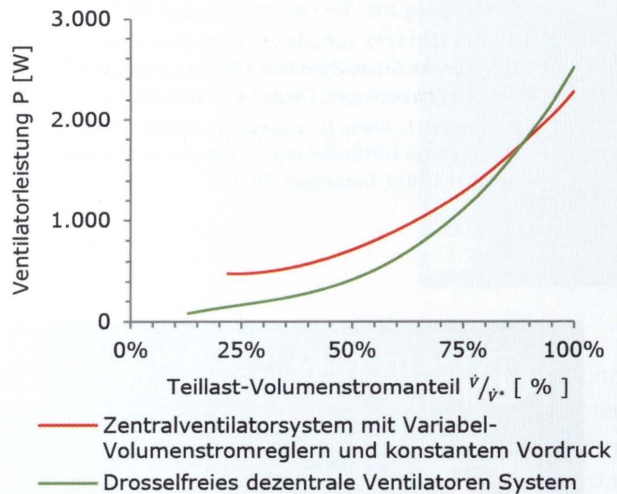


Bild 7: Vergleich der erforderlichen Ventilatorleistung von dVt-System und Zentralventilatorsystem bei verschiedenen Teillast-Volumenstromanteilen.

Schalldämpfer, ggf. Filter und Rückschlagklappen, Mess- und Regelorgane).

- Hinweise zur Platzierung der Ventilatoren. Je nach Anlagenkonzept sowie Druck- und Volumenstromanforderungen können diese raum- oder strangweise angeordnet werden.
- Regelung der Einzelkomponenten sowie deren Zusammenspiel untereinander (bei verschiedenen Konstellationen von Zu- und Abluftzonen).

Aufwand und Nutzen des dVt-Systems werden gegenüber dem aktuellen Stand der Technik eingeordnet, verglichen und bewertet. Die Ergebnisse werden in einem Handlungsleitfaden für die Praxis zusammengefasst.

Das Forschungsprojekt wird unter Leitung des Fachgebiets Technische Gebäudeausrüstung der Universität Kassel gemeinsam mit folgenden Partnern durchgeführt:

- ebm-papst Muldingen GmbH & Co. KG
- Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP)
- innovaTec Energiesysteme GmbH

Gefördert wird das Projekt durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

#### Literatur

- [1] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden.

- (Energieeinsparverordnung - EnEV) Bundesgesetzblatt Jahrgang 2007 Teil I Nr. 34, Bonn, Juli 2007.
- [2] DIN EN 13779: Lüftung von Nichtwohngebäuden - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage; Deutsche Fassung EN 13779:2004.
  - [3] Knissel, J., Alsen, N.: Einsatz von dezentralen Ventilatoren zur Luftförderung in zentralen RLT-Anlagen. In HLH 4/2013, Düsseldorf, 2013.
  - [4] DIN V 18599-3: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 3: Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung. Ausgabe 2011-12-00.
  - [5] Knissel, J.: Energetische Gebäuediagnose bei bestehenden Nicht-Wohngebäuden. In HLH 9/2011, Düsseldorf, 2011.

## i | AUTOREN VITA



M. Sc. NIKLAS ALSEN

**Geboren** 13.09.1986 in Soest

Studierte in Flensburg und Kassel die Studiengänge Energie- und Umweltmanagement sowie Regenerative Energien und Energieeffizienz. Seit März 2012 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter in Lehre und Forschung am Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung der Universität Kassel tätig. Die Schwerpunkte der Forschungstätigkeiten liegen in der Leitung und inhaltlichen Bearbeitung des Forschungsprojekts „Einsatz von dezentralen Ventilatoren zur Luftförderung in zentralen RLT-Anlagen“.

**Kontakt:** Universität Kassel  
Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung  
Gottschalkstraße 28  
34127 Kassel  
E-Mail: [alsen@uni-kassel.de](mailto:alsen@uni-kassel.de)  
[www.tga.uni-kassel.de](http://www.tga.uni-kassel.de)



M. Eng. TOBIAS KLIMMT

**Geboren** 13.04.1989 in Schlema

Studierte Gebäude- und Energietechnik an der FH Erfurt. Seit Januar 2014 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung der Universität Kassel tätig. Der Schwerpunkt der Forschungstätigkeiten liegt in der inhaltlichen Bearbeitung des Forschungsprojekts „Einsatz von dezentralen Ventilatoren zur Luftförderung in zentralen RLT-Anlagen“.

**Kontakt:** Universität Kassel  
Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung  
Gottschalkstraße 28  
34127 Kassel  
E-Mail: [klimmt@uni-kassel.de](mailto:klimmt@uni-kassel.de)  
[www.tga.uni-kassel.de](http://www.tga.uni-kassel.de)



Prof. Dr.-Ing. JENS KNISSEL

**Geboren** 15.12.1962 in Aachen

Studierte Energie- und Verfahrenstechnik an der TU-Berlin. Seit Oktober 2011 leitet er das Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung am Fachbereich „Architektur, Stadtplanung und Landschaftsplanung“ der Universität Kassel. Motivation und Ziel seiner Arbeiten in Lehre und Forschung ist die Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden. Aktuelle Forschungsthemen sind die energieeffiziente Belüftung von Gebäuden sowie die Energieeinsparung bei Nicht-Wohngebäuden insbesondere Hochschulgebäuden.

**Kontakt:** Universität Kassel  
Fachgebiet Technische Gebäudeausrüstung  
Gottschalkstraße 28  
34127 Kassel  
E-Mail: [knissel@uni-kassel.de](mailto:knissel@uni-kassel.de)  
[www.tga.uni-kassel.de](http://www.tga.uni-kassel.de)