

# Luftförderung mit kleinem Energiebedarf

## 1. Einleitung

Dieses Merkblatt richtet sich an Fachleute der HLK-Branche. Es dient zur Planung und Realisierung energieeffizienter Lüftungstechnischen Anlagen.

Der Energiebedarf für die Luftförderung mit elektrisch angetriebenen Ventilatoren berechnet sich nach der einfachen Formel:

$$E = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p \cdot h}{\eta_V \cdot \eta_M \cdot \eta_A}$$

- E Energiebedarf [Wh]
- $\dot{V}$  Volumenstrom [ $m^3/s$ ]
- $\Delta p$  Gesamtdruckdifferenz [Pa]
- h Betriebszeit [h]
- $\eta_V$  Wirkungsgrad des Ventilators  $\eta_{wv}$  [-]
- $\eta_M$  Wirkungsgrad des Motors inkl. Regeleinheit [-]
- $\eta_A$  Wirkungsgrad des Antriebs (Keil- oder Flachriemen) [-]

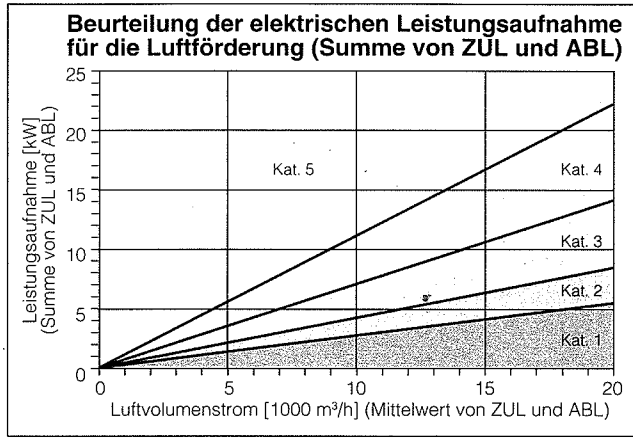
Das Produkt der drei Teilwirkungsgrade wird häufig zum Gesamtwirkungsgrad  $\eta_{ges}$  zusammengefasst. Bei mehrstufigen Anlagen und bei Anlagen mit stufenlos variablem Volumenstrom gilt dies für jeweils alle Betriebszustände.

Eine in der europäischen Normung verwendete Kenngrösse zur Beurteilung der energetischen Güte der Kombination Ventilator – Motor – Antrieb ist die spezifische Leistungsaufnahme für die Luftförderung im Betriebspunkt mit dem maximalen Luftstrom (Summe der Leistungsaufnahme der Motoren inkl. allfälliger Regeleinheiten für die Zu- und Abluftanlage bezogen auf den mittleren Luftstrom).

Kategorie	Spezifische Leistungsaufnahme für die Luftförderung (ZUL + ABL)	
	Kennwert	
	[W/(m³/s)]	[W/(m³/h)]
1	< 1'000	< 0.28
2	1'000 - 1'500	0.28 - 0.42
3	1'500 - 2'500	0.42 - 0.69
4	2'500 - 4'000	0.69 - 1.11
5	> 4'000	> 1.11

Neue Anlagen sollten mindestens die Anforderung der Kategorie 2, sanierte Anlagen die Anforderung der Kategorie 3 erfüllen.

Die Anforderungen gemäss der obenstehenden Tabelle sind nachfolgend grafisch dargestellt. Daraus lässt sich die maximal erlaubte Leistungsaufnahme der Ventilatormotoren je nach Luftstrom und Kategorie direkt ablesen.



Für eine erste Grobbeurteilung einer bestehenden Anlage kann die spezifische Leistungsaufnahme bestimmt werden, indem die Nennleistungen der Ventilatormotoren vom Typenschild abgelesen (Summe von ZUL und ABL) und die Nennluftströme dem Anlagenbeschrieb entnommen werden (Mittelwert von ZUL und ABL). Bei einer detaillierten Analyse werden die Luftströme und Leistungsaufnahmen gemessen. Fällt der Quotient in die Kategorie 4 oder 5, ist eine Sanierung in den meisten Fällen angezeigt.

Häufig werden bestehende Anlagen mit zu hohem Luftvolumenstrom betrieben. In diesen Fällen kann durch eine Reduktion des Luftvolumenstroms (Reduktion der Ventilator-drehzahl) der Energiebedarf für die Luftförderung massgeblich reduziert werden. Aber auch das Auswechseln von alten und häufig überdimensionierten Ventilatoren und Motoren gegen gute und optimal ausgelegte neue Komponenten ist in der Regel eine wirtschaftliche Massnahme.

## 2. Luftvolumenstrom

Folgende Kriterien können den erforderlichen Luftvolumenstrom bestimmen:

- Aussenluft pro Person
- Wärmeabfuhr mit dem Luftsystem
- Abfuhr von Schadstoffen und Feuchte
- Raumströmung

Aus energetischer Sicht ist anzustreben, den Luftvolumenstrom in hauptsächlich dem Aufenthalt von Personen dienenden Räumen aufgrund der erforderlichen Aussenluft pro Person zu bemessen und auf einen Umluftbetrieb zu verzichten, d.h. Zuluftstrom = Aussenluftstrom. Wenn die anfallende Wärmelast mit diesem Zuluftstrom nicht abgeführt werden kann, ist der Einsatz eines Wassersystems oder einer örtlichen Umluftkühlung zu prüfen. Eine Erhöhung des Zuluftvolumenstroms zur Abfuhr von Schadstoffen und Feuchte oder zur Erreichung der gewünschten Raumströmung ist bei Wohn- und Bürobauten im allgemeinen nicht notwendig.



Für die Wahl der angemessenen Aussenlufttrate pro Person bestehen in den Empfehlungen SIA V 382/1 + 3 die folgenden Anforderungen.

Aussenlufttrate pro Person		
Rauchen erlaubt	Allgemeine Anforderungen	Energieeffiziente Anlagen
ja	max. 70 m³/h P	max. 50 m³/h P
nein	max. 30 m³/h P	max. 25 m³/h P

**Beispiel**

**Büro:** Belegungsdichte 15 m²/P, Raumhöhe 3.00 m, Rauchen erlaubt, ergibt folgenden Luftwechsel:

$$\frac{50 - 70 \text{ m}^3/\text{h P}}{15 \text{ m}^2/\text{P} \cdot 3.0 \text{ m}} = 1.1 - 1.5 \text{ h}^{-1}$$

In einem bestehenden Kanalnetz mit turbulenter Strömung ändert sich der Leistungsbedarf P für die Luftförderung mit der dritten Potenz des Luftstroms V.

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^3$$

Kann also z.B. in einer Anlage der Luftstrom um 20% reduziert werden, so sinkt theoretisch der Leistungsbedarf auf  $0.8^3 = 0.51$ . In der Praxis kann diese Reduktion bezogen auf die Leistungsaufnahme der Motoren meist nicht voll ausgenutzt werden, weil das Kanalsystem evtl. Elemente enthält, welche nicht den Gesetzmässigkeiten der turbulenten Strömung gehorchen (z.B. Volumenstromregler oder WRG-Räder) und weil die Ventilatoren und Motoren im Teillastbetrieb meist einen schlechteren Wirkungsgrad aufweisen. Eine starke Abhängigkeit der Leistung vom Luftvolumenstrom ist aber in jedem Fall vorhanden.

**3. Druckdifferenz**

Gemäss der Empfehlung SIA V 382/3 gelten die folgenden Anforderungen für die gesamten Druckverluste als Summe der Zu- und Abluftanlagen inkl. WRG bei maximalem Luftvolumenstrom und sauberen Filtern:

Gesamte Druckverluste (ZUL + ABL)	
Allgemeine Anforderung	≤ 1'200 Pa
Energieeffiziente Anlagen	≤ 900 Pa

**Standort der Lüftungszentrale**

Zur Vermeidung unnötiger Druckverluste ist auf kurze Wege zwischen Aussenluftfassung resp. Fortluftaustritt und Zentrale sowie zwischen Zentrale und Räumen zu achten.

Die Aussenluftfassung soll in der Nähe der Lüftungszentrale liegen und so platziert werden, dass die Vorbelastung der Luft möglichst gering ist. Dabei ist folgendes zu beachten:

- Nicht an verkehrsreichen Fassaden ansaugen.
- Strömungskurzschlüsse mit der Fortluft oder anderen Abgas- oder Geruchsemitenten vermeiden.
- Nicht direkt über dem Boden ansaugen, sondern untere Einlasskante mindestens 1 m über Boden.
- Unerwünschte Erwärmung der Aussenluft im Sommer vermeiden durch Wahl eines beschatteten Ansaugorts und durch Verzicht auf aussenliegende besonnte Kanäle.
- Zugang zum Reinigen vorsehen.

Eine gemeinsame Zentrale für Zuluft und Fortluft erleichtert eine wirksame Wärmerückgewinnung. Bei grösseren Anlagen kann eine Aufteilung in mehrere Zentralen und Schächte zweckmässig sein. Dabei ist auch das Brandschutzkon-

zept zu beachten. Je differenzierter das Kanalnetz aufgeteilt wird, desto einfacher ist eine Anpassung auf die diversen Brandabschnitte möglich und desto flexibler ist das System bei späteren Änderungen. Bei kleineren Anlagen ist zudem das Abgleichen einfacher und die massgebenden Druckverluste können tiefer gehalten werden.

**Filterierung**

Bei Zuluftanlagen für Büro- und Verwaltungsbauten genügt im Normalfall eine Filterstufe der Klasse EU 5/6. Vorfilter (z.B. Grobstaubfilter EU 3) erhöhen den Anlagenwiderstand und bringen in der Regel keine Verlängerung der Standzeit der nachgeschalteten Filter. Filter sollten sowieso nach 1 bis 1 1/2 Jahren gewechselt werden, um Geruchsprobleme auszuschliessen.

Beim Festlegen des Filterwiderstands für die Anlagendimensionierung ist vom Mittelwert zwischen Anfangs- und Endwiderstand auszugehen und dabei ein geringerer Endwiderstand anzunehmen als der Filterfabrikant üblicherweise angibt. Empfehlenswert ist bei einem Anfangswiderstand von ca. 70 Pa bei einem Filter EU 5/6 ein Endwiderstand von 150 Pa bzw. ein Dimensionierungswiderstand von ca. 100 Pa.

Zur Überwachung des Filterwiderstands im Betrieb ist in der Regel eine einfache Anzeige der Druckdifferenz über die Filtersektion einzubauen und regelmässig zu kontrollieren.

**Luftaufbereitungsgerät**

Bei der Anordnung und Gestaltung der Luftaufbereitungsgeräte ist darauf zu achten, dass unnötige örtliche Erhöhungen der Strömungsgeschwindigkeit, Strömungswiderstände durch unnötige Versperrungen und ungünstige An- und Abströmungen des Ventilators (Drall) vermieden werden.

Untersuchungen über die Gesamtkosten von Luftaufbereitungsgeräten bezogen auf den Nettoquerschnitt des Monoblocs (Blech-Innenmass) ergeben ein Kostenminimum im Bereich von 1.5 bis 3 m/s. Aus energetischer Sicht wird darum heute für Lüftungsanlagen in Büro- und Verwaltungsbauten im allg. eine Strömungsgeschwindigkeit im Luftaufbereitungsgerät von 1.5 m/s empfohlen. Damit erreicht bei guter Platzausnutzung die Luftgeschwindigkeit bezogen auf die Nettoquerschnittfläche der Apparate ca. 2 m/s.

Maximale Luftgeschwindigkeit in Luftaufbereitungsgeräten	
Bezogen auf die Nettoquerschnittfläche des <b>Monoblocs</b>	1.5 m/s
oder bezogen auf die Nettoquerschnittfläche der <b>Apparate</b>	2.0 m/s

In Spezialfällen mit besonderen Anforderungen, z.B. aussergewöhnlich langen oder kurzen Betriebszeiten, kann die optimale Strömungsgeschwindigkeit von diesem Richtwert abweichen, was durch eine objektspezifische Optimierung zu prüfen ist.

Schalldämpfer sollten, sofern sie erforderlich sind, mit niedrigen Luftgeschwindigkeiten dimensioniert werden. Ansaugschalldämpfer sollten im oder unmittelbar vor dem Luftaufbereitungsgerät angeordnet werden, da dort der Querschnitt ohnehin gross ist und somit die Druckverluste klein sind.

Alle obenstehenden Anforderungen sollten auch bei Kompaktgeräten (Raumgeräten) eingehalten werden, wenn deren Betriebszeit 1'000 h/a überschreitet.

**Kanalnetz**

Die Druckverluste im Kanalnetz können klein gehalten werden durch kurze Wege, niedrige Luftgeschwindigkeiten bzw. niedrige R-Werte und kleine Einzelwiderstände. Wichtig ist eine zuverlässige Druckverlustberechnung, um auf unnötige Drosselungen zur Erreichung der gewünschten Luftmengenverteilung verzichten zu können.



Bei Lüftungsanlagen in Büro- und Verwaltungsbauten sollen die Luftgeschwindigkeiten in den Kanälen der für den Druckverlust massgebenden Stränge im allgemeinen die folgenden Werte nicht überschreiten:

Maximale Luftgeschwindigkeit in Kanälen		
bis	1'000 m <sup>3</sup> /h	3 m/s
bis	2'000 m <sup>3</sup> /h	4 m/s
bis	4'000 m <sup>3</sup> /h	5 m/s
bis	10'000 m <sup>3</sup> /h	6 m/s
über	10'000 m <sup>3</sup> /h	7 m/s

Besondere Beachtung ist der strömungsgünstigen Ausbildung der Kanäle und Formstücke zu schenken.

- Bei gleicher Fläche, gleicher Strömungsgeschwindigkeit und Rauigkeit ergeben sich mit runden Kanälen die geringsten Druckverluste. Rechteckige Kanäle werden mit zunehmendem Verhältnis von Höhe zu Breite ungünstiger, Verhältnisse über 5:1 sind unbedingt zu vermeiden.
- Für Kanäle aus Eternit muss im Vergleich zu Kanälen aus verzinktem Blech mit einem Korrekturfaktor für die Rohrrauigkeit von 1.5, bei innen isolierten Kanälen von 1.5 bis 2.0 gerechnet werden.
- Rechteckbogen verwenden oder mit Radien und Leitblechen ausführen.
- Rohrbogen sollten aus möglichst vielen Segmenten bestehen oder segmentlos gepresst sein.

Wie bei der max. Luftgeschwindigkeit im Luftaufbereitungsgerät, kann in Spezialfällen die optimale Strömungsgeschwindigkeit in den Kanälen von den genannten Werten abweichen.

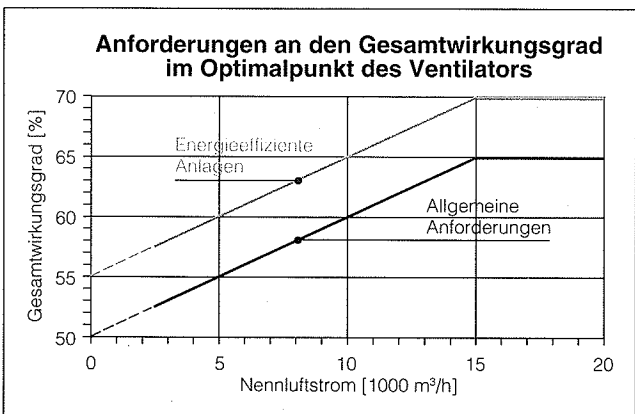
#### 4. Betriebszeit

Die einfachste und billigste Massnahme zur Reduktion des Energieverbrauchs für die Luftförderung besteht in der Reduktion der Betriebszeit auf das tatsächlich erforderliche Mass. Bei mehrstufigen Anlagen ist ein Betrieb mit der jeweils kleinst möglichen Stufe anzustreben. (Siehe auch Kapitel 6.)

#### 5. Wirkungsgrad

Massgebend ist der Gesamtwirkungsgrad  $\eta_{ges}$  als Produkt aus dem Ventilatorwirkungsgrad  $\eta_v$ , Motorwirkungsgrad  $\eta_M$  inkl. Regeleinheit und Antriebswirkungsgrad  $\eta_A$  im jeweiligen Betriebspunkt.

Gemäss SIA V 382/3 gelten für  $\eta_{ges}$  im Optimalpunkt des Ventilators die nachfolgend dargestellten allgemeinen Anforderungen. Für energieeffiziente Anlagen wird verlangt, dass der Gesamtwirkungsgrad um 5%-Punkte höher liegt.



Die vorstehenden Anforderungen gelten im Optimalpunkt des Ventilators (Betriebspunkt des Ventilators mit dem

höchsten Wirkungsgrad) unter Prüfstandsbedingungen. Im tatsächlichen Betrieb kann der Wirkungsgrad infolge eines nicht optimalen Betriebspunkts und durch Einbaueinflüsse teilweise deutlich tiefer liegen. Zur Vermeidung unnötiger Verluste sind die folgenden Hinweise zu beachten:

- Eine zuverlässige Druckverlustberechnung ist eine wichtige Grundlage für die Wahl des geeigneten Ventilators.
- Bei der Wahl des Ventilators sind alle zu erwartenden Betriebszustände gebührend zu berücksichtigen.
- Bei bestehenden Anlagen kann der tatsächliche Betriebspunkt aufgrund der Messung des Luftvolumenstroms und der Ventilator Drehzahl mit Hilfe des Ventilator kennlinienfeldes leicht bestimmt werden.
- Zu beachten ist auch, dass der Motor unter Berücksichtigung der tatsächlichen Betriebspunkte im optimalen Bereich läuft. Überdimensionierte Motoren laufen dauernd bei Teillast mit reduziertem Wirkungsgrad.
- Keil- und insbesondere Flachriemen erreichen ihre optimalen Wirkungsgrade nur bei richtiger Riemenspannung. Periodische Kontrollen sind daher unbedingt erforderlich.
- Zu kleine Riemenscheiben und unnötige Mehrfach- statt Einzelriemen können markante Verluste verursachen und sind zu vermeiden.
- Der Zusammenhang zwischen dem Drehmoment und der Ventilator Drehzahl ist bei der Luftförderung nicht linear. Frequenzumformer müssen deshalb einen nicht-linearen Drehmomentverlauf aufweisen. Andernfalls ergeben sich im Teillastbetrieb unnötig grosse Verluste.
- Durch einen ungeschickten Einbau können die Strömungsverhältnisse beim Ventilator gegenüber den Laborbedingungen spürbar verschlechtert werden. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass die Anströmung und der Ausblas des Ventilators nicht gestört werden und generell keine unnötig hohen Luftgeschwindigkeiten erzeugt und anschliessend wieder vernichtet werden müssen. Praktische Montagehinweise für Ventilatoren finden sich z.B. in Kapitel 20 des Fachbuchs *Ventilatoren in der Praxis* von J. Lexis.

Bei der Planung grösserer Anlagen mit wechselnden Betriebspunkten empfiehlt sich zur Erkennung einer energetisch guten Lösung die Festlegung von mehreren typischen Betriebspunkten mit Nennung der jeweiligen Betriebszeiten. Diese Angaben können leicht in die Ausschreibungsbedingungen aufgenommen und zusammen mit den Wirkungsgradangaben pro Betriebspunkt bewertet werden.

#### 6. Bedarfsgerechter Betrieb

Durch eine Anpassung der Luftförderung an den tatsächlichen Bedarf kann in der Regel der Energieverbrauch sehr stark reduziert werden.

Die einfachste Art der Anpassung des Lüftungsbetriebs an den Bedarf ist die Ein- und Ausschaltung oder die Rück-schaltung auf eine tiefere Stufe, welche den Grundluftwechsel (0.3 bis 0.5 h<sup>-1</sup>) noch gewährleistet. Folgende Möglichkeiten stehen zur Verfügung:

- **Handschalter**  
Im Normalfall sollten Handschalter nur mit automatischer Rück- bzw. Ausschaltung mit Zeitbegrenzung (Timer) eingesetzt werden.
- **Zeitschaltuhr**  
Bei Nutzungen mit definiertem Tages- und Wochengang leistet eine Zeitschaltuhr mit wenig Aufwand sehr wertvolle Dienste.
- **Fensterkontakt**  
Bei geöffneten Fenstern stellt der Betrieb einer Lüftungsanlage eine Energieverschwendung dar. Mit Fensterkontakten kann ein automatisches Ausschalten der Lüftungsanlage beim Öffnen der Fenster erreicht werden.



## • Bewegungsmelder

Die Anwesenheit von Personen in einem Raum kann mit Bewegungsmeldern (Infrarotmelder) zuverlässig erfasst werden. Dieses Signal kann gut zur Steuerung (Ein- und Ausschalten) der Lüftungsanlage verwendet werden, wobei meistens eine Kombination mit der Beleuchtungssteuerung zweckmässig ist.

Bei variabler Nutzung kann die Luftmenge aufgrund eines Schadstoffmelders so reguliert werden, dass bestimmte Anforderungen an die Raumluftqualität eingehalten werden können: Als Schadstoffmelder in von Personen genutzten Räumen können eingesetzt werden:

## • CO<sub>2</sub>-Sensoren

Eignen sich für Räume, in denen nicht geraucht wird (bewährter Grenzwert = 800 ppm CO<sub>2</sub> + zusätzlicher Spülbetrieb vor Nutzungsbeginn).

## • Mischgas-Sensoren

Eignen sich auch für Räume, in denen geraucht wird.

Bei anderen Nutzungen können Sensoren für die massgebende Schadstoffkonzentration eingesetzt werden, z.B. Kohlenmonoxid (CO)-Sensoren bei Garagenlüftungen.

Bei einer Änderung der Nutzung oder der Anforderungen in den versorgten Räumen ist unbedingt sicherzustellen, dass auch die Luftförderung den geänderten Verhältnissen angepasst wird.

Für Räume mit lüftungstechnischen Anlagen, die eine unterschiedliche Nutzung oder verschiedene Betriebszeiten aufweisen, sind Einrichtungen zu installieren, die einen individuellen Betrieb ermöglichen.

Falls Frequenzumformer zur stufenlosen Variation des Luftstroms verwendet werden, ist trotzdem darauf zu achten, dass die maximale Luftmenge den tatsächlichen Bedürfnissen entspricht.

## 7. Service und Unterhalt

Für jede grössere Anlage ist durch den Anlagenbetreiber ein Unterhaltspflichtenheft zu erstellen, das die Kontroll- und Wartungsgänge, den Service und die Verantwortlichkeiten regelt.

Die Service- und Wartungsarbeiten an den Komponenten richten sich nach den Bestimmungen der Hersteller, Angaben dazu finden sich auch in der SWKI-Richtlinie 95-2.

Hinweise für zusätzliche Arbeiten des Hauswirts oder der Serviceorganisation sind nachfolgend zusammengestellt, wobei die tatsächlichen Bedürfnisse stark von der jeweiligen Situation abhängig sind.

### Wöchentliche Arbeiten

- Allgemeine optische und akustische Kontrolle der Luftaufbereitungsanlagen. Aussergewöhnliche Beobachtungen sind ernst zu nehmen und deren Ursachen zu beheben. Grosse Über- oder Unterdrücke können sich z.B. durch Pfeifgeräusche oder Verformungen bemerkbar machen und auf fälschlicherweise geschlossene Klappen oder stark verschmutzte Filter oder Wärmetauscher hinweisen. Ungewohnt laute Geräusche in der Luftförderung können ihre Ursache in einer Unwucht oder in Lagerschäden haben.
- Kontrolle der Riemenspannung bei Keil- und Flachriemen.

### Vierteljährliche Arbeiten

- Zeitkontrolle der Schaltuhren (Winter- und Sommerzeit berücksichtigen).
- Reinigung der Luftaufbereitungsgeräte, der Aussenluftfassung und der Luftdurchlässe. In besonderen Situationen, z.B. bei einer Anlage mit Luftwäscher oder generell bei Küchenanlagen, sind diese Arbeiten wöchentlich durchzuführen.

- Reinigung der Fühler und Kontrolle der Sollwerte.
- Kontrolle der Filtermatten. Ersatz bei starker Verschmutzung, hohem Druckverlust, Undichtheit oder generell nach 1 bis 1 1/2 Jahren. Bei aussergewöhnlichen Verschmutzungen sind deren Ursachen zu beheben.

### Jährliche Arbeiten

- Optische Kontrolle des Kanälnetzes auf Verschmutzungen. Bei Bedarf Reinigung.
- Kontrolle der Zweckmässigkeit der Luftmengen und der Regelstrategien (z.B. Schaltpunkte der Schaltuhren) unter den aktuellen Nutzungsbedingungen. Energiesparpotentiale durch Reduktion der Luftmengen und der Betriebszeiten ausschöpfen.

### Energiebuchhaltung

Das Führen einer Energiebuchhaltung mit wöchentlicher oder sogar täglicher Notierung der interessierenden Kenngrössen wie z.B. Elektrizitätsverbrauch für die lüftungstechnischen Anlagen erlaubt einfache Vergleiche mit Vergleichsperioden und ein rasches Erkennen von Fehlfunktionen. Auch bei Leitsystemen mit der Erfassung vieler Grössen in kleinen Zeitschritten ist darauf zu achten, dass die interessierenden Kenngrössen gebildet und regelmässig analysiert werden.

### Messeinrichtungen

Neben den üblichen Einrichtungen zur Überwachung der Anlagen sind zur Beurteilung des Energieverbrauchs folgende Messeinrichtungen vorzusehen und im Sinne der obenstehenden Ausführungen regelmässig abzulesen und auszuwerten:

- Betriebsstundenzähler bei allen Ventilatoren
- Einfache Anzeige der Druckdifferenz bei allen Ventilatoren. Diese dient dem raschen Erkennen von Fehlfunktionen, Verschmutzungen und anderen Ereignissen, welche eine unnötige Erhöhung der Druckverluste im System verursachen.
- Zähler des gesamten Elektrizitätsverbrauchs aller lüftungstechnischen Anlagen, sofern die installierte Leistung insgesamt mehr als 5 kW beträgt (Summe der Zu- und Abluftanlagen inkl. aller weiteren Elektrizitätsverbraucher der Lüftungs- und Klimaanlage).

## 8. Literaturhinweise

Bundesamt für Konjunkturfragen, Impulsprogramm RAVEL *Energieeffiziente Lüftungstechnische Anlagen*, 1993, Bestell-Nr. 1993, 724.307 d

Bezugsquelle: EDMZ, 3000 Bern, Fax 031 322 39 75

Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein SIA *SIA Empfehlung 382/1 Technische Anforderungen an Lüftungstechnische Anlagen*;

*SIA Empfehlung 382/2 Kühlleistungsbedarf von Gebäuden*;  
*SIA Empfehlung 382/3 Bedarfsermittlung für Lüftungstechnische Anlagen*

Bezugsquelle: SIA, 8039 Zürich, Tel. 01 283 15 60

Schweizerischer Verein von Wärme- und Klima-Ingenieuren SWKI, *Richtlinie 95-2 Instandhaltung Lüftungstechnischer Anlagen*

Bezugsquelle: SWKI, 3018 Bern, Tel. 031 992 10 00

Urs Steinemann, Martin Stettler, *Vorgaben für den Gesamtwirkungsgrad von Ventilatoren in der Schweiz*  
VDI-Berichte 1249, ISBN 3-18-091249-9

Josef Lexis, *Ventilatoren in der Praxis*, Gentner Verlag  
Stuttgart, 2. Auflage 1990, ISBN 3-87247-305-0

Bruno Eck, *Technische Strömungslehre*  
Band 1 *Grundlagen*, ISBN 3-540-18746-4  
Band 2 *Anwendungen*, ISBN 3-540-10628-6  
Springer-Verlag