



Bild 1 Bedientableau des ClimateRad.

Bemerkungen zur DIN 1946 und Erfahrungen mit dem ClimateRad

Bedarfsgerechte Wohnungslüftung

Aktuelle und in der Aktualisierung befindliche Regelwerke dichten die Gebäudehülle zumindest theoretisch so stark ab, dass eine vom Nutzer zu bestimmende und zu beeinflussende Fensterlüftung oder eine kontrollierte mechanische Wohnungslüftung zwingend erforderlich ist. Im Gesamtkontext betrachtet, kann dabei die kontrollierte Wohnungslüftung nur über eine bedarfsgerechte, raumweise Zuluftvolumenstromsteuerung in Abhängigkeit der Luftqualität den Anforderungen an Hygiene und geringen Energieeinsatz gerecht werden. Solche Systeme sind aber bisher kaum verfügbar. Eine entsprechende dezentrale Lösung wurde jetzt über neun Monate wissenschaftlich untersucht.

Der Entwurf der überarbeiteten Norm DIN 1946-6 [1] liegt vor und berücksichtigt die Anforderungen der EnEV 2002 [2], EnEV 2004 [3] sowie der europäischen Normentwürfe. Allerdings wurde dabei nicht konsequent vorgegangen. Insbesondere bei den Formelzeichen und Bezeichnungen der Luftvolumenströme der DIN EN 13779, die ja der Ersatz für DIN 1946-2 ist. Leider kann man die Kritik nicht auf solche Unsauberkeiten beschränken, da es auch schwerer wiegende Fehler gibt.

In dem Normentwurf wird eine Systematisierung nach den Wirkprinzipien vorgenommen (Bild 2). Bedenklich erscheint die Einteilung bei der freien Lüftung. Die Windkraft als maßgebliche Antriebskraft bei der Querlüftung einzusetzen, ist physikalisch nicht korrekt. Die Querlüftung oder einseitige Fensterlüftung funktioniert vorrangig bis ausschließlich aufgrund von Dichte- bzw. Temperaturunterschieden. Windkräfte können sowohl die

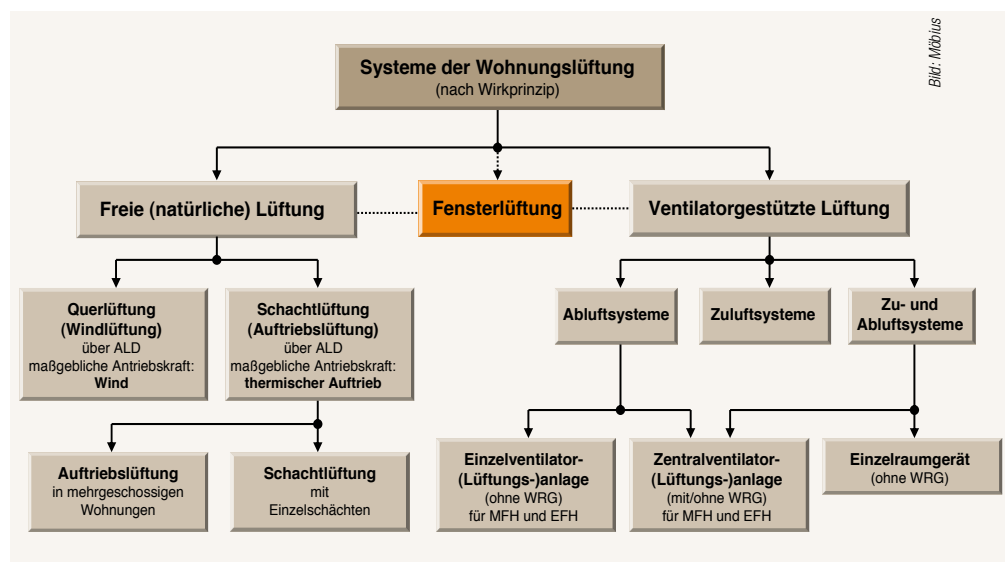


Bild 2 Systeme der Wohnungslüftung nach DIN 1946-6.

Tabelle 1**Lüftungskonzepte nach DIN 1946 nach [7]**

Realisierung durch	Feuchteschutzluftstufe	Mindestluftstufe	Grundluftstufe	Intensivluftstufe
Freie Lüftung	Infiltration und ALD	Infiltration und Fenster öffnen	Infiltration und Fenster öffnen	Infiltration und Fenster öffnen
Fensteröffnungsintervalle		z. B. alle 4 Stunden je 12 Minuten öffnen	z. B. alle 4 Stunden je 22 Minuten öffnen	bedarfsabhängig
ventilatorgestütztes Abluftsystem	Infiltration und Abluftsystem	Infiltration und Abluftsystem	Infiltration und Abluftsystem	Infiltration, Abluftsystem und Fenster öffnen
ventilatorgestütztes Zu- und Abluftsystem	Infiltration, Zu- und Abluftsystem	Infiltration, Zu- und Abluftsystem	Infiltration, Zu- und Abluftsystem	Infiltration, Zu- und Abluftsystem

Querlüftung als auch die Schachtlüftung unterstützen – ihnen aber auch entgegenwirken. Da aber der Wind in seiner Richtung und Geschwindigkeit nicht eindeutig definierbar ist, darf der Wind nicht zur Dimensionierung der freien Lüftung herangezogen werden [4]. Ebenso ist die Unterscheidung der Schachtlüftung unzuverlässig. Sie funktioniert unabhängig davon, ob ein Einzelschacht oder ein Sammelschacht vorhanden ist. Die Zuordnung der Fensterlüftung ist ebenso kaum nachvollziehbar, da sie ausschließlich auf dem Prinzip der natürlichen (freien) Lüftung funktioniert.

Fugenlüftung nicht berücksichtigt

Die Fugenlüftung wird in Bild 2 außer Acht gelassen, es wird sich nur auf Außenluftdurchlässe bezogen. Für die Autoren entsteht der Eindruck, dass man sich mit den „dichten“ Fenstern aus energetischen Gründen abgefunden hat und nur noch die baulichen Undichtheiten unter „Infiltration“ berücksichtigt. Die Fugenlüftung mit definierten Fugendurchlasskoeffizienten sollte aber auch zukünftig Beachtung und Berücksichtigung in einer Norm zur Lüftung von Wohnungen finden. Denn sie funktioniert unabhängig vom Nutzer und seiner Anwesenheit (Bedienung) im Raum. Einig sind sich heute viele Autoren (z. B. [7], [8], [9], [10]), dass eine Lüftung notwendig und unablässig ist, was bei der Umsetzung der WSV0 95 und der EnEV 2002 scheinbar bewusst oder unbewusst bei der Sanierung der Fenster ignoriert wurde.

Infolge gesetzlich vorgeschriebener Maßnahmen wurden die Fensterfugen, die eine unabhängige, dauerhafte, jedoch auch unkontrollierbare Zuführung von Außenluft ermöglichten, gleichzeitig aber auch Aufgaben der Luftfilterung und Schalldämmung übernahmen, soweit abgedichtet, dass

- auf eine vom Nutzer zu bestimmende und zu beeinflussende Fensterlüftung oder
- eine kontrollierte mechanische Wohnungslüftung (KWL) in zentraler oder dezentraler Anordnung für die Gewährleistung des Mindestaußenluftvolumenstroms $q_{V,AUL,min}$ (Bezeichnung nach DIN 13 779) zurückgegriffen werden muss.

Die aus [1] abgeleiteten Lüftungskonzepte in [7] weisen sowohl eine die Infiltration (ohne diese näher zu definieren) als auch bei der Lüftung ein Öffnen des Fensters durch den Nutzer in bestimmten Zeitintervallen aus (Tabelle 1). Erfreulich ist, dass die Lüftung als Feuchteschutz erstmals eindeutig ausgewiesen wird. Der Bezug auf einen Mindestaußenluftvolumenstrom je Raum $q_{V,ges,R}$ in Abhängigkeit der Raumnutzung in DIN 1946-6 mit einer Angabe von Außenluftwechselzahlen n_{AUL} (leider oft nur als Luftwechsel n bezeichnet [7]) ist im Gegensatz zu der allgemeinen Aussage in der EnEV 2002 positiv zu werten (Tabelle 2).

Welches System eignet sich wann?

Welches System zur unabdingbaren Wohnungslüftung einschließlich der Fensterlüftung

unter welchen Randbedingungen das „optimale“ ist, wird in der Literatur vielfältig und unterschiedlich bewertet (s. a. [4] und [6]). Zweckmäßigerweise sollte dieses durch praktische Erfahrungen von Nutzern beantwortet werden. Naturgemäß sind diese Erfahrungen zum Teil subjektiv geprägt und basieren häufig auch auf mangelnder Planung, Fehlern bei Realisierung und Wartung sowie auf Unkenntnissen der Nutzer über die Anlagen und die genaue Funktions- und Bedienweise eines Lüftungskonzepts.

Eine Studie aus Österreich über Wohnungslüftungsanlagen [11] zeigt eine Reihe von Fehlern, die nur teilweise auf die kontrollierte Wohnungslüftung zutreffen und vielmehr als typische Planungs- und Ausführungsfehler bei RLT-Anlagen zu werten sind:

Tabelle 2**Außenluftvolumenstrom bei freier Lüftung mit Fenstern nach [1]**

	Außenluftvolumenstrom $q_{V,ges,R}$ in m^3/h				
	Lüftung zum Feuchteschutz (FL)		Mindestlüftung (ML)	Grundlüftung (GL)	Intensivlüftung (IL)
	Wärmeschutz hoch *)	Wärmeschutz gering **)			
Küche, Kochnische	10	15	ohne Lüftungstechnische Maßnahmen, teilweise durch Nutzerunterstützung (Fensterlüftung)	teilweise durch Nutzerunterstützung (Fensterlüftung)	durch Nutzerunterstützung (Fensterlüftung)
Bad mit/ohne WC					
Duschraum					
WC					
Hausarbeitsraum					
Kellerraum (z. B. Hobbyraum)					
Arbeitszimmer	15	20			
Gästezimmer					
Wohnzimmer					
Esszimmer					
Kinderzimmer					
Schlafzimmer					

*) Mindestens WSV0 95; **) unsanierte und teilsanierte Gebäude

- akustische Belästigungen durch Strömungsgeräusche,
- ungenügende und ineffiziente Raumströmung bzw. Raumdurchspülung,
- zu geringe, der Raumnutzung (z. B. Schlafzimmer, Küche, Wohnzimmer, Bad) nicht angepasste, Außenluft- bzw. Zuluftvolumenströme,
- zu gering oder falsch dimensionierte Überströmöffnungen,
- falsche Ventilatorauswahl,
- keine Filterwechselanzeige und zu geringe Filterqualität,
- mangelnde Reinigungsmöglichkeit aufgrund der Zugänglichkeit und
- unzureichende Steuerung in Abhängigkeit der Luftqualität in Abhängigkeit der Raumnutzung.

Aus VDI 6022 muss auch geschlussfolgert werden, dass für eine kontrollierte Wohnungslüftung eine bedarfsgerechte, raumweise Zuluftvolumenstromsteuerung in Abhängigkeit der Luftqualität erforderlich ist. Sie sollte sich nicht nur auf die Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte, sondern zumindest auch auf den CO₂-Gehalt als zusätzlichen Nutzungsindikator beziehen. [12] verweist darauf, dass die individuellen, d. h. dezentralen Lösungen zukünftig im Gebäudebestand gefragt sind, da diese von der Wohnungswirtschaft als „konfliktärmer“ und abrechnungstechnisch eindeutiger (Strom- und Servicekosten) eingeschätzt werden.

Einzelraumgerät mit WRG – ClimaRad

Wohnungslüftungsgeräte als Einzelraumgeräte mit integriertem Heizkörper und Wärmerückgewinnung werden in Deutschland von mehreren Herstellern angeboten [13]. Ein auf dem niederländischen Markt eingeführtes, in Schulen, Wohnungen, Kindergärten, Büros und Hotels erprobtes Gerät mit mehreren Baugrößen und Regelungskonzepten (ClimaRad [5]), wird seit Oktober 2005 auch am Stadtrand von Dresden erprobt [6]. Dort wurde in einem Einfamilienhaus mit vier Personen das dezentrale Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung „ClimaRad Sensotronic“ in einem Wohnraum mit einem Raumvolumen von 65 m³ und dicht schließenden Fenstern unter Nutzungsbedingungen untersucht. Vorteilhaft ist, dass schon vor dem Einbau des Geräts Raumlufttemperatur und die relative Raumluftfeuchte aufgezeichnet wurden. Der ursprünglich vorhandene Plattenheizkörper wurde ausgetauscht und das Gerät mit geringem Montageaufwand in die bestehende Heizungsanlage eingebunden [6].

In der fast neun-monatigen Erprobungszeit wurden

- neben den genannten Messungen der Temperatur und der relativen Feuchte mit Datenloggern,
- die Leistungsaufnahme der Ventilatoren bzw. des Geräts messtechnisch unter Nutzungsbedingungen aufgenommen,



Bild 3 Montiertes Gerät im Wohnraum.



Bild 4 Aufgeklapptes Gerät.



Bild 5 Ansicht der Ansaug- und Fortluftöffnung an der Außenwand.



Bild 6 Kernbohrungen (Durchmesser: 110 mm) in der Außenwand.

- der Schalldruckpegel erfasst und subjektiv das Geräusch bei der Nutzung des Raums durch unterschiedliche Personen bewertet,
- die Sensibilität der Feuchte- und CO₂-Regelung bei Belastung des Raums durch Personen und andere Schadstoffquellen (Pflanzen, Kerzen) kritisch beobachtet und
- die Bedienungs- und Wartungsfreundlichkeit eingeschätzt.

Der allgemeine Eindruck ist, dass das RLT-Gerät durch den vorgeblendeten Plattenheizkörper unauffällig ist (Bild 3) und erst bei genauem Hinschauen, insbesondere durch das Bedientableau auf dem Heizkörper erkennbar ist (Bild 4). Ebenso unauffällig sind die Ansaug- und Fortluftöffnung an der Außenwand (Bild 5) zu werten, die über Kernbohrungen (Durchmesser 110 mm) durch die Au-

ßenwand erstellt wurden (Bild 6). Bei einem Neubau sind noch unauffälligere Lösungen möglich.

Auswertung der Messungen

Die Auswertung der Messergebnisse von Temperatur und relativer Feuchte über 15 Monate zeigt Bild 7. Erkennbar ist, dass die relative Feuchte um ca. 10 % und die absolute Feuchte zwischen 1 und 2 g/kg niedriger war und die Raumlufttemperatur im Mittel bei 22 °C lag und Amplituden von ca. ± 2 K aufwies. Die ausgeprägten Spitzen Mitte Februar 2006 sind durch den Winterurlaub und die Regelung der Heizungsanlage zu begründen.

Bild 8 zeigt die Messwerte in einem kleineren Zeitraum. Gut erkennbar ist am Ende des 30. Dezember 2005 ein erhebliches Ansteigen der relativen Feuchte im Raum. Am Abend haben sich 14 Personen in dem Raum aufgehalten. Ersichtlich ist weiterhin, dass die relative Feuchte im Raum bei durchschnittlich 45 % lag und Werte von 50 % kaum überschritt.

Der eingesetzte CO₂-Sensor auf Infrarot-Basis (selbstkalibrierend) misst in einem Bereich zwischen 0 und 2000 ppm und ist im Vorrang zum Feuchte-sensor geschaltet. Tabelle 3 weist die werkseitige Zuordnung zwischen CO₂ und Außenluftvolumenstrom aus. Eine individuelle Zuordnung ist programmierbar. Empfehlenswert wäre eine andere Grundzuordnung (beispielsweise die höchste Stufe bei 2000 ppm oder ein Sensor mit einem höheren Grenzwert), da bei erhöhter Frequentierung des Wohnraums oder bei zusätzlichen CO₂-Emittenten (z. B. Kerzen in der Weihnachtszeit) schnell der obere Grenzwert erreicht ist und in die maximale Lüfterstufe geschaltet wird. Das ist mit einem erhöhten Schallpegel verbunden, der auch bei anderen Geräuschquellen im Raum leicht als störend empfunden wurde.

In der Regel lief das ClimaRad-Gerät in den unteren Stufen 1 und 2 und erreicht den in Tabelle 2 geforderten Mindestaußenluftvolumenstrom zum Feuchteschutz bzw. gewährleistet bei Stufe 2 immerhin einen 0,6-fachen Außenluftwechsel, was nach den Angaben von [7] schon der Grundluftstufe zuzuordnen wäre. Der zugeführte Außenluftvolumenstrom wird sowohl über den CO₂-Sensor als auch den Feuchtesensor gesteuert, wobei der CO₂-Sensor den Vorrang hat.

Der Energieverbrauch des Geräts entspricht sowohl bei der minimalen als auch der maximalen Drehzahl der Ventilatoren den Prospektangaben (8 bis 35 W, vgl. Tabelle 3). Die Leistungsaufnahme im Standby-Modus liegt bei ca. 4 W. Im Vergleich zu vorherigen elektrischen Energieverbräuchen in dem Haushalt spiegelte sich die Installation des Geräts im Untersuchungszeitraum nicht auffällig wieder.

Regelungskonzept

Von akustischer Seite ist das Gerät als sehr positiv einzustufen. Dass bei höheren Drehzahlen

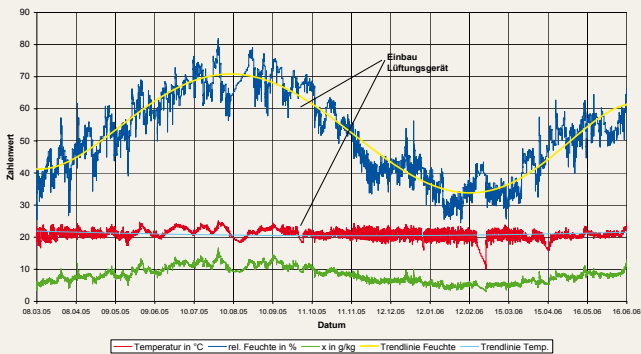


Bild: Tragisch/Möbius

Bild 7 Messwerte der Raumlufttemperatur und der relativen Feuchte vom 08. März 2005 bis 30. Juni 2006.

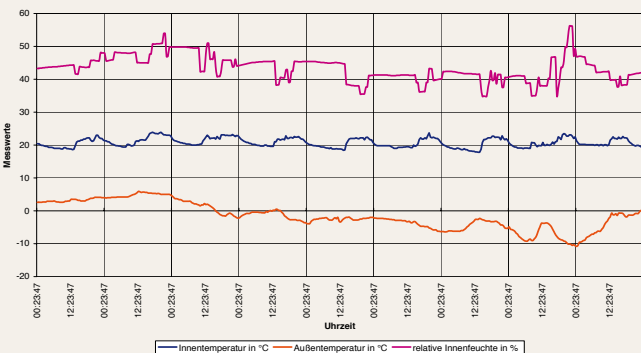


Bild: Tragisch/Möbius

Bild 8 Messwerte der Raum- und Außenlufttemperatur und deren relativer Feuchte im Zeitraum vom 23. Dezember 2005 bis 01. Januar 2006.

Tabelle 3

Technische Daten der 5 Lüfterstufen

Stufe	CO ₂	Luftvolumenstrom	Leistungsaufnahme (nahezu identisch mit Prospektangabe)	Gemessener Schalldruckpegel ^{*)}
	ppm	m ³ /h	W	dB(A)
1	800	20	ca. 7	ca. 34
2	1000	40	ca. 10	ca. 36
3	1200	60	ca. 15	ca. 40
4	1400	80	ca. 25	ca. 46
5	1600	100	ca. 37	ca. 49

^{*)} gemessen in 2 m Entfernung vom Gerät, nachts ohne störende Schallquellen von außen und im Gebäude

bzw. höheren Luftvolumenströmen Schalldruckpegel erreicht werden, die als störend empfunden werden können, ist ebenso von Fan-Coil-Geräten und auch von anderen dezentralen RLT-Geräten bekannt. Eigene Messungen in Hotelzimmern mit Fan-Coil-Geräten wiesen oft schon in der kleinsten Lüfterstufe Werte zwischen 38 bis 40 dB(A) auf. In akustisch sensiblen Räumen, z. B. in Schlafräumen, sollte das ClimaRad aber möglichst nur in den Stufen 1 und 2 betrieben werden.

Die Regelung und Bedienung ist äußerst nutzerfreundlich und leicht verständlich. Die Regelung erfolgt grundsätzlich automatisch in Abhängigkeit der CO₂-Konzentration und der relativen Luftfeuchte, wobei CO₂ den Vorrang hat. Über einen infrarotgesteuerten CO₂-Sensor wird die Raumluftqualität erfasst und so eine lastabhängige Außenluftvolumenstromsteuerung möglich. Eine zusätzliche Regelgröße stellt die relative Feuchte dar, die über einen Feuchtesensor erfasst wird. Die jeweilige Ventilatorstufe ist auf dem Bedientableau (Bild 1) auf der linken Seite optisch durch Aufleuchten eines Punkts erkennbar. Zusätzlich besteht die Möglichkeit der manuellen Regelung. In einem dritten Bereich des Bedienfelds können die Funktionen „Pause“, „maximaler Volumenstrom“ und „intensive Nachlüftung“ eingestellt werden.

Über zwei Temperaturfühler in der Außenluft und der Raumluft kann insbesondere unter sommerlichen Bedingungen über ca. 6 Stunden eine „intensive Nachkühlung“ im Vorrang gefahren werden. Diese Funktion wurde mehrmals benutzt und zeigte eine merkliche Abkühlung der Raumluft unter sommerlichen Bedingungen im Jahr 2006. In dieser Zeit treten die akustischen Werte der Stufe 5 auf. Auf dem rechten Feld des Bedientableaus werden zusätzlich angezeigt: Kindersicherung, Handbetrieb, Störungsmeldung und Filterwechsel.

Aufbau und Standzeit der Filter

Das Gerät ist mit zwei HAF-Filter (Prospektbezeichnung) bestückt, die der Filterstufe F7 und somit den Forderungen der VDI 6022-1 entsprechen. Um die Filter zu warten, wird der Plattenheizkörper nach vorn geklappt (Bild 4). Das Lüftungsgerät wird sichtbar und auf der Abdeckklappe (Bild 9), die für den Filterwechsel abzuheben ist, ist der Ablauf bildlich dargestellt. Der Filterwechsel ist ohne Fachwissen durchführbar und wird durch Herausziehen der Filterelemente bewerkstelligt (Bilder 10 und 11).

Nach einer Betriebszeit von ca. 7 Monaten war die angeströmte Seite leicht verschmutzt (Bild 12). Weil die Anströmung von oben nach unten erfolgt, sind Verschmutzungen sofort sichtbar. Auf der Abströmseite waren visuell keine Verschmutzungen erkennbar (Bild 13). In der zweiten Filterstufe (links oben in Bild 11) waren ebenfalls keine Verunreinigungen zu erkennen. Eine Reinigung mit Luft und Flüssigkeit war nicht Erfolg versprechend: Der Filter sollte in einem bestimmten Wartungszyklus ausgetauscht werden. Bis Ende August 2006 wurde noch kein Filterwechsel angezeigt, so dass unter den Versuchsbedingungen von einer Standzeit zwischen 1 und 2 Jahren auszugehen ist.

Um an das Lüftungsgerät heranzukommen, wird der Plattenheizkörper, der über Gasdruckfedern gehalten wird, schräg nach vorn geklappt. Dies geht sehr leicht. Eine Arretierung wäre hier sinnvoll, um ein ungewolltes Abklappen zu vermeiden. Sowohl der Filter als auch die Anschlusskanäle sind gut erreichbar (Bild 11), um gegebenen-



Bild 9 Ansicht des Lüftungsgeräts.



Bild 10 Geöffnetes ClimaRad mit Ansicht der Filter.



Bild 11 Herausziehen des Filters.



Bild 12 Filter (mit Außenluft angeströmte Fläche).



Bild 13 Filter (Fläche des ersten Filters, Abströmfläche).

falls eine Reinigung vornehmen zu können. Die Verschmutzungen im Gerät (Eintrittsöffnungen der Außenluft) sind leicht reinigbar.

Zusammenfassung

Aus der Sicht der Nutzer sowie nach der Auswertung der Messungen kann geschlussfolgert werden, dass das ClimaRad die Erwartungen voll erfüllt hat. Es ist wartungs- und bedienungsfreundlich und als dezentrales Wohnungslüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung zu empfehlen. Die Messergebnisse zeigen ebenso wie das Empfinden der Nutzer, dass Luftqualität und die Raumluftfeuchte in einem sehr behaglichen Bereich liegen. ■

Literatur

- [1] DIN 1946-6 (Entwurf) Lüftung von Wohnungen, Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung. Berlin: Beuth Verlag, Stand April 2006
- [2] EnEV Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden. Februar 2002
- [3] EnEV Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden. Dezember 2004
- [4] Trogisch, Achim: Planungshilfen Lüftungstechnik. Heidelberg: C. F. Müller Verlag, 2. Aufl., 2005
- [5] Trogisch, Achim; Velten, Hans: ClimaRad – Raumlüftung plus Heizkörper. Lüften und Heizen kombiniert. Stuttgart: Gentner Verlag, TGA Fachplaner, 11-2005
- [6] Trogisch, Achim; Möbius, Erhardt: Energiesparend, effizient und individuell – Raumweise Wohnungslüftung mit dem ClimaRad
- [7] Berhorst, Horst: DIN 1946-6: Konsequenzen für Planer, Bauherren und Nutzer. Berlin: Huss-Medien, MGT 5-2006
- [8] Händel, Claus: Anforderungen an Planung und Ausführung – Sachstand bei der kontrollierten Wohnungslüftung. Stuttgart: Gentner Verlag, SBZ, 15/16-2006
- [9] Händel, Claus: Grundlagen neu geregelt: Wohnungslüftung. Planung und Ausführung (Teil 3). Stuttgart: Gentner Verlag, SBZ, 11-2006
- [10] Wegner, Günter E.: Kontrollierte Wohnungslüftung: Neue Gebäudestandards verlangen neue Systemtechniken. Berlin: Huss-Medien, MGT 5-2006
- [11] Leitzinger, Wolfgang; Greml, Andreas, Blümel, Ernst; Kapferer, Roland: Wohnungslüftungsanlagen in Österreich, Praxiserfahrungen und Forschungsbedarf. Heidelberg: Hühig, KI 1/2-2005
- [12] Schmidt, Wolfgang: Wohnraumlüftung auf der Aircontec-ISH – Hygiene-Anforderungen an Raumlufttechnische Anlage. Stuttgart: Gentner Verlag, TGA 6-2005
- [13] Marktübersicht Wohnungslüftungssysteme und Ventilatoren; Berlin: Huss-Medien, MGT 5-2006



Achim Trogisch

Prof. Dr.-Ing., lehrt an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH) im Fachbereich Maschinenbau/Verfahrenstechnik auf dem Gebiet TGA.

Telefon (03 51) 4 62 27 89

Telefax (03 51) 4 62 21 90

E-Mail: trogisch@mw.htw-dresden.de

www.htw-dresden.de/mb



Erhardt Möbius

Dipl.-Ing., Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH) im Fachbereich Maschinenbau/Verfahrenstechnik, Lehrgebiet Strömungstechnik.

Telefon (03 51) 4 62 25 31

E-Mail: moebius@mw.htw-dresden.de

www.htw-dresden.de/mb