

## Bedarfsgeregelte Lüftung (Variabler Volumenstrom)

Bei der bedarfsgeregelten Lüftung wird der Luftvolumenstrom in Abhängigkeit von Indikatoren für den Lüftungsbedarf geregelt. Diese Indikatoren können beispielsweise, die Luftqualität, die Raumtemperatur und –feuchte oder die Belegung mit Personen sein.

Der Mensch fühlt sich trotz seiner Anpassungsfähigkeit an wechselnde äußere Luftzustände in einem Behaglichkeitsbereich am wohlsten. Der Begriff Behaglichkeit kann in die Themen Raumluftqualität und thermische Behaglichkeit untergliedert werden.

### 1. Thermische Behaglichkeit

Zu den Hauptfaktoren für die thermische Behaglichkeit gehören:

- Luftbewegung  
Klare Vorgaben gibt es hierfür nicht, jedoch werden Luftgeschwindigkeiten  $> 0,2$  m/s bei sitzender Tätigkeit als unangenehm empfunden. In Räumen ohne aktive Kühlung kann die Erhöhung der Luftgeschwindigkeit versucht werden die Erhöhung der Raumtemperaturen auszugleichen.
- Luftfeuchtigkeit  
Zu trockene oder zu feuchte Luft sorgen für ein Gefühl der Unbehaglichkeit; generell sollte die absolute Luftfeuchtigkeit zwischen  $5 \text{ g/kg}_{\text{Luft}}$  (Winter) bis  $12 \text{ g/kg}_{\text{Luft}}$  (Sommer) liegen, was bei einer Raumtemperatur von  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  (Winter) einer relativen Feuchte (r.F.) von 30 % und im Sommer einer relativen Feuchte von 60 % bei einer Raumtemperatur von  $26 \text{ }^\circ\text{C}$  entspricht.
- Lufttemperatur  
In Abhängigkeit von der Jahreszeit, Kleidung, Alter und Geschlecht der Person, etc. wird ein bestimmter Temperaturbereich als angenehm empfunden.  
Für die Raumlufttemperatur gibt es keine verbindliche Regelungen, allerdings werden in verschiedenen Normen und Richtlinien Grenzwerte empfohlen, die auch bei den Gerichten als Stand der Technik anerkannt werden. Zu nennen wären hier beispielsweise:
  - DIN 4108-2  
⇒ obere Grenztemperatur zwischen  $25$  und  $27 \text{ }^\circ\text{C}$  bezogen auf die höchste Monatsmitteltemperatur
  - Arbeitsstättenrichtlinie ASR 6-1  
⇒ obere Grenztemperatur =  $26 \text{ }^\circ\text{C}$ , darf aber bei höheren Außentemperaturen überschritten werden  
⇒ untere Grenztemperatur bei überwiegend sitzender Tätigkeit  $19 \text{ }^\circ\text{C}$   

bei überwiegend nicht sitzender Tätigkeit	$17 \text{ }^\circ\text{C}$
bei schwerer körperlicher Arbeit	$12 \text{ }^\circ\text{C}$
in Büroräumen	$20 \text{ }^\circ\text{C}$
in Verkaufsräumen	$19 \text{ }^\circ\text{C}$
in Waschräumen mit Duschen oder Wannen	$24 \text{ }^\circ\text{C}$
  - DIN 1946-2,  
Diese DIN ist zwar von der DIN EN 13779 abgelöst worden, wird aber gern noch angewendet, da die DIN EN 13779 keine Kriterien enthält.  
⇒ obere Grenztemperatur  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  bei Außentemperaturen bis  $26 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  
Bei höheren Außentemperaturen kann die Raumtemperatur um  $1/3$  Grad pro Grad höhere Außentemperatur steigen.

Daher sollten die Mindest-Raumtemperaturen der Arbeitsstättenrichtlinie entsprechen und die max. Raumtemperaturen können an die DIN 4108-2 angelehnt werden, welche Überschreitungen der max. Raumtemperaturen in begrenzten Zeiträumen auch zulässt.

- Kleidung, durch Anpassung der Kleidung kann das Behaglichkeitsempfinden jedes Einzelnen beeinflusst werden.
- Wandtemperatur, große Differenzen zwischen Luft- und Wandtemperatur bzw. zwischen verschiedenen Wandtemperaturen werden als unangenehm empfunden. In der DIN 4108-2 werden hierzu bauteilbezogene Grenzwerte vorgegeben.

In der Abbildung 1 wird der Behaglichkeitsbereich im Zusammenhang zwischen Raumtemperatur und Raumfeuchte bei einer mittleren Oberflächentemperatur von 19,5 bis 23 °C sowie einer Luftbewegung bis zu 0,2 m/s dargestellt. Bei niedrigeren Oberflächentemperaturen, wie sie bei ungedämmten Altbauten auftreten können, würde sich das Behaglichkeitsfeld entsprechend nach rechts verschieben.

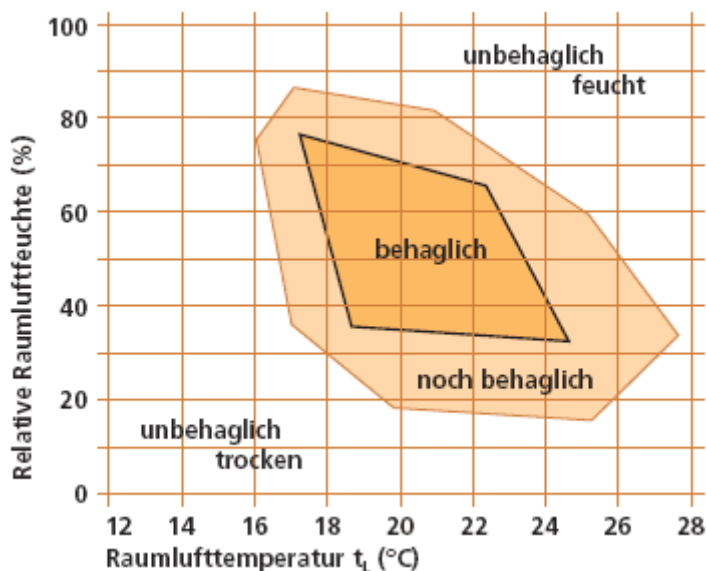


Abbildung 1: Behaglichkeitsbereich nach F.P. Leusden und H. Freymark

## 2. Raumluftqualität

Neben den sechs Hauptfaktoren Lufttemperatur, Strahlungstemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung, Bekleidungs- und Körperdämmung sowie körperliche Aktivität, bestimmen auch noch andere Einflussgrößen die Behaglichkeit.

Dazu zählt unter anderem die Luftqualität. Die Akzeptanz der Luft ist dabei linear abhängig von der Enthalpie (Feuchte) der Luft. Dies scheint dem Namen der Einflussgröße „verbrauchte und trockene Luft“ zu widersprechen. Dazu muss beachtet werden, dass der Mensch die Luftfeuchte im Bereich üblicher relativer Feuchten in Bürogebäuden nicht unmittelbar wahrnehmen kann. Der Mensch empfindet es als angenehm, mit jedem Atemzug eine Kühlung des Atmungstraktes zu erzielen. Dadurch wird ein Frischegefühl erzeugt, das als angenehm empfunden wird. Findet die angemessene Kühlung nicht statt, so kann die Luft als unakzeptabel, abgestanden oder stickig empfunden werden.

Eine weitere Einflussgröße der Luftqualität sind die Luftschadstoffe in Innenräumen. Sie entstehen in normalen Aufenthaltsräumen durch die Ausdünstungen der Menschen (Ammoniak, Methan, Fettsäuren usw.), Möbel, Teppiche, Tapeten, Farbanstriche und andere Baustoffe (Formaldehyd u. a.), durch Verbrennungs- und Heizvorgänge (Kohlenoxide, Öldämpfe = unverbranntes Heizöl), Reinigungsarbeiten, Autoabgase, durch Eindringen verunreinigter Außenluft, speziell in Industriegebieten und verkehrsreichen Straßen, ferner durch Speisenzubereitung in den Küchen, Aborte, Fäulnis und Vermoderung, Verschwelung und ähnliche Vorgänge. Die Konzentrationsgrenze, von der ab Gerüche wahrnehmbar sind, der sogenannte Schwellwert, ist unterschiedlich.

Die objektive Sauerstoffverringering in der Luft bis zu 16 Prozent (Normal liegt der Sauerstoffgehalt bei rund 21 Prozent) beeinflusst nicht das Wohlbefinden. Dieser Wert wird i. d. R. nicht erreicht, da bereits vorher andere Luftschadstoffe in größeren Konzentrationen auftreten.

Die immer wieder viel zitierten MAK-Werte (Maximale Arbeitsplatzkonzentration von Gasen, Dämpfen und Staub in Arbeitsräumen) beziehen sich nur auf Arbeitsplätze, bei denen mit Gefahrstoffen umgegangen wird. Die Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) werden in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) im Gemeinsamen Ministerialblatt (GMBI) bekannt gegeben.

Büroräume, Verkaufsräume, Krankenhäuser, Schulen, Innenräume in öffentlichen Gebäuden, Kindertagesstätten, Sporthallen, Bibliotheken, Gaststätten, Theater, Kinos und andere öffentliche Veranstaltungsräume sind Wohnräumen gleichzusetzen. Die MAK-Werte sind hier nicht in Betracht zu ziehen. Von der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes werden für diese Art von Räumen zwei Arten von Richtwerten festgelegt:

- Richtwert II (RW II) ist ein wirkungsbezogener Wert, der sich auf die derzeitigen toxikologischen und epidemiologischen Erkenntnisse stützt. Bei Erreichen der Wirkungskonzentration nach RW II besteht dringender Handlungsbedarf, um gesundheitliche Gefährdungen für empfindliche Personen zu vermeiden.
- Richtwert I (RW I) ist die Konzentration des Stoffes in der Innenraumluft, bei der nach derzeitigen Erkenntnissen auch bei lebenslanger Exposition nicht mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu rechnen ist.

Im Bereich zwischen RW II und RW I besteht aus Vorsorgegründen ebenfalls Handlungsbedarf. RW I wird durch einen Faktor (in der Regel 0,1) von RW II abgeleitet. Die Richtwerte betrachten nur die Einzelstoffe. Es wird keine Aussage über mögliche Kombinationswirkungen gemacht. Die Richtwerte können auf den Internetseiten des Umweltbundesamtes unter:

<http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/innenraumhygiene/richtwerte-irluft.htm>

nachgelesen werden.

Für die Bestimmung der empfundenen Luftqualität in dezipol (dp) gibt es derzeit noch kein Messgerät. Es können hierfür nur die menschlichen Sinnesorgane – in diesem Fall die Nase mit ihren beiden Sinnen, dem Geruchssinn und dem chemischen Sinn – eingesetzt werden. In der Praxis werden zwei Verfahren zur Bestimmung der empfundenen Luftqualität derzeit eingesetzt. Bei dem ersten Verfahren betritt eine untrainierte Gruppe unvoreingenommener Probanden den Raum und urteilt, in welchem Maße die Luftqualität akzeptabel ist oder nicht. Daraus lässt sich die empfundene Luftqualität in dezipol errechnen. Bei dem zweiten

Verfahren bewertet eine Gruppe von 10 bis 15 trainierten Probanden die Luftqualität direkt in dezipol, indem sie den Grad der Belästigung der Luftqualität – verursacht durch wahrgenommene Gerüche und Sinnesirritationen – im Vergleich zu einem genau definierten Bezugswert (Aceton) benennt. Mithilfe der Sinnesbewertung der empfundenen Luftqualität und dem Außenluftstrom lässt sich die Verunreinigungslast  $G$  in olf berechnen. Die gesamte Verunreinigungslast eines Raumes ist nur in seltenen Fällen mit guter Genauigkeit zu erfassen. Am ehesten gelingt dies noch für die im Raum anwesenden Personen und die sensorische Verunreinigungslast eines Gebäudes (einschließlich seiner Einrichtung und des Lüftungsanlagensystems). Für gering verunreinigte Gebäude mit sorgfältig ausgewählten Materialien kann die spezifische Verunreinigungslast mit  $0,1 \text{ olf/m}^2$  Bodenfläche angenommen werden. Bei stärkerer Verunreinigung eines Gebäudes wird die Annahme einer Verunreinigungslast von  $0,2 \text{ olf/m}^2$  Bodenfläche empfohlen. Die Belastung kann durchaus höher sein, wenn die in dem Gebäude verwendeten Materialien ohne ausreichende Berücksichtigung der Abgabe von verunreinigenden Stoffen ausgewählt wurden. Die von der anwesenden Person ausgehende Verunreinigungslast liegt bei sitzender Tätigkeit ohne Raucher bei  $1 \text{ olf}$  pro Person. Anhand der Belegungsdichte kann nun die gesamte Verunreinigungslast errechnet werden. Bei einer mittleren Belegungsdichte von  $0,1$  Personen pro  $\text{m}^2$  und einer stärkeren Verunreinigungslast des Gebäudes ergibt sich folgende Gesamtverunreinigung:

Personen  $0,1 \text{ olf/m}^2$  Bodenfläche  
Gebäude  $0,2 \text{ olf/m}^2$  Bodenfläche  
 gesamt  $0,3 \text{ olf/m}^2$  Bodenfläche

Über Richtwerte für empfundene Raumluftqualität die notwendige Lüftrate in  $\text{l/s} \cdot \text{olf}$  kann der entsprechende Luftwechsel berechnet werden.

Raumluftqualität	Erforderliche Lüftrate <sup>1</sup> $\text{l/s} \cdot \text{olf}$
Hoch (A)	10
Standard (B)	7
Minimum (C)	4

Tabelle 1: Richtwerte für die empfundene Raumluftqualität (Quelle: Recknagel, Sprenger, Schramek, Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, München 2009, S. 151, DVD-Version)

Bei einer gewünschten Luftqualität A ( $10 \text{ l/s} \cdot \text{olf}$ ) ergibt sich somit eine erforderliche Lüfteleistung von  $0,3 \text{ olf/m}^2 \cdot 10 \text{ l/s} \cdot \text{olf} = 3 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2 = 10,8 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ .

Ein anderer Weg, die Raumluftqualität zu beurteilen, ist die Messung des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes in der Raumluft. Bereits 1870 hat Pettenkofer den  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Raumluft als Maßstab für die gasförmigen Luftverunreinigungen eingeführt und aus umfangreichen Untersuchungen des  $\text{CO}_2$ -Pegels in verschiedenen Raum- und Gebäudearten im Verhältnis zur atmosphärischen Luft den Schluss gezogen, dass  $0,1$  Vol.-Prozent Kohlendioxid das brauchbare Kriterium für gute Raumluft sei. Dieser Wert von  $0,1$  Vol.-Prozent oder  $1.000 \text{ ppm CO}_2$  ist noch heute als „Pettenkofer-Zahl“ bekannt. In der Berechnung nach Pettenkofer ergibt sich eine

<sup>1</sup> Annahme: Reine Außenluft und eine Lüftungseffektivität von 1

Außenluftströme, die jeder Person mit leichter, vorwiegend sitzender Tätigkeit mindestens zur Verfügung stehen sollte, in Höhe von 30 m<sup>3</sup>/h. Die Luftströme von 30 m<sup>3</sup>/h je Person wird für viele Anwendungsfälle in unterschiedlichen Raum- und Gebäudearten in Ansatz gebracht.

Weitere Einflussfaktoren für die Behaglichkeit sind:

- Physikalische Einflussfaktoren
  - Luftbefeuchtung
  - Tieffrequenter Schall (< 100 Hz)
- Hygienische Faktoren

Abschließend noch einige Erklärungen zur Luftbefeuchtung. Gerade bei Gebäuden mit Raumlufttechnischen (RLT) Anlagen kommt es immer wieder zu Beschwerden in den Wintermonaten über zu trockene Luft. Oft ist aber die Raumluftfeuchte nicht der Grund für die Beschwerden. In Untersuchungen wurde die Luft in Gebäuden mit zentraler Luftbefeuchtung (ca. 40 - 50 % rel. Feuchte) oft als unangenehm trocken beklagt. Zu den Hauptursachen gehören wahrscheinlich überhöhte Lufttemperaturen mit Werten von über 23°C. Allein die Senkung der Temperatur auf ca. 21 °C führte bereits zu einer Verringerung der Beschwerden. Auch überhöhte Luftgeschwindigkeiten führen ebenfalls zu einem Austrocknungseffekt, der sich unangenehm an den Augenschleimhäuten, insbesondere bei Kontaktlinsträgern, bemerkbar macht. Eine weitere Ursache für das paradoxe Trockenheitsgefühl wird in einer erhöhten Belastung mit schleimhautreizenden bzw. allergogenen Partikeln aus RLT-Anlagen gesehen. Aus medizinischer Sicht besteht in üblichen Wohn- und Arbeitsbereichen keine Notwendigkeit für eine künstliche Luftbefeuchtung, zumal sie eine bedeutende Quelle von SBS-Problemen (Sick Building Syndrom) sein kann. Beschwerden über Lufttrockenheit lassen sich demnach am besten durch eine Vermeidung allergener, schleimhautreizender Staubquellen, Temperaturen unterhalb 23 °C und optimale Luftführung minimieren.

## 2.1 Vorgaben

### 2.1.1 Arbeitsstättenrichtlinie Lüftung

Die Arbeitsstättenrichtlinie Lüftung (ArbStätt 5.005) vom September 1984, welche heute noch gültig ist, lässt die Belüftung der Arbeitsräume über eine „Freie Lüftung“ und eine „Lüftungstechnische Anlage“ zu. Auf die Bestimmungen der „Freien Lüftung“ soll hier nicht näher eingegangen werden. In der ArbStätt 5.005 werden die Anforderungen an eine „Lüftungstechnische Anlage“ klar definiert.

#### Außenluftstrom

Als Außenluftstrom sind zugrunde zu legen:

- 20-40 m<sup>3</sup>/h Person bei überwiegend sitzender Tätigkeit
- 40-60 m<sup>3</sup>/h Person bei überwiegend nicht sitzender Tätigkeit
- über 65 m<sup>3</sup>/h Person bei schwerer körperlicher Arbeit.

Zum jeweiligen unteren Wert für den Außenluftstrom sind für zusätzliche Belastungen der Raumluft, z. B. durch belästigende Gerüche, hohe Wärmelast, starken Anteil von Rauchern unter den anwesenden Personen, zusätzliche Außenluftmengen vorzusehen. Diese sind mit einem zusätzlichen Außenluftstrom durch Tabakrauch mit 10 m<sup>3</sup>/h je Person und bei

intensiver Geruchsverschlechterung mit 20 m<sup>3</sup>/h je Person vorgesehen. In Räumen mit Publikumsverkehr ist eine Personenbelegung von 0,2 bis 0,3 Personen/m<sup>2</sup> Raumfläche zur Grundlage zu nehmen. Der festgelegte Außenluftstrom kann bei extremen Außentemperaturen über 26 bis 32 °C und unter 0 bis –12 °C linear auf max. die Hälfte reduziert werden.

### Luftgeschwindigkeit

Hier gibt es keine genauen Festlegungen, es wird nur verlangt, dass an den Arbeitsplätzen keine unzumutbare Zugluft auftritt. Es wird lediglich festgehalten, dass bis zu einer Temperatur von 20 °C und einer Luftgeschwindigkeit unter 0,2 m/s i. d. R. keine Zugluft auftritt.

### Luftfeuchtigkeit

Bei der Raumlufffeuchte werden nur Obergrenzen vorgegeben, da es wie bereits oben erwähnt i. d. R. im Bereich bis zu 30 % r.F. keine Probleme gibt.

Raumlufftemperatur in °C	20	22	24	26
Max. relative Raumlufffeuchte in %	80	70	62	55

Tab. 2: max. zulässige Raumlufffeuchte in Abhängigkeit von der Raumtemperatur (Quelle: ArbStätt 5.005, S. 3)

Weiterhin wird in der ArbStätt 5.005 auf die Punkte Luftreinigung (Luftfilter) und Wartung eingegangen, die hier nicht näher behandelt werden sollen.

### 2.1.2 DIN EN 13779

Die DIN EN 13779 „Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme“ gilt für die Lüftung von Nichtwohngebäuden, jedoch nicht für die Industrie- und Prozesstechnik. DIN-Normen haben zwar keinen Gesetzescharakter, sind also nicht bindend einzuhalten, werden aber i. d. R. als Stand der Technik anerkannt und oft als Grundlage für Rechtsstreite eingesetzt.

In dieser Norm wird die Raumluffqualität in 4 Kategorien eingeteilt:

- IDA 1 - hohe Raumluffqualität
- IDA 2 - mittlere Raumluffqualität
- IDA 3 - mäßige Raumluffqualität
- IDA 4 - niedrige Raumluffqualität

Die quantitative Bestimmung der Raumluffqualität kann durch eine indirekte Klassifizierung des Außenluftvolumenstroms je Person bzw. je Bodenfläche oder durch eine Klassifizierung nach CO<sub>2</sub>-Konzentration erfolgen.

Kategorie	CO <sub>2</sub> -Gehalt über dem Gehalt in der Außenluft [ppm]	
	Üblicher Bereich	Standardwert
IDA 1	≤ 400	350
IDA 2	400 – 600	500
IDA 3	600 – 1.000	800
IDA 4	>1.000	1.200

Tab. 3: CO<sub>2</sub>-Gehalt in Räumen (Quelle: DIN EN 13779, S. 59)

Kategorie	Einheit	Außenluftvolumenstrom je Person			
		Nichtraucherbereich		Raucherbereich	
		Üblicher Bereich	Standardwert	Üblicher Bereich	Standardwert
IDA 1	l*s <sup>-1</sup> *Person	> 15	20	> 30	40
IDA 2	l*s <sup>-1</sup> *Person	10 - 15	12,5	20 – 30	25
IDA 3	l*s <sup>-1</sup> *Person	6 – 10	8	12 – 20	16
IDA 4	l*s <sup>-1</sup> *Person	< 6	5	< 12	10

Tab. 4: Außenluftvolumenstrom je Person (Quelle: DIN EN 13779, S. 59)

Da es sich um eine europäische Norm handelt, ist der Außenluftvolumenstrom in l\*s<sup>-1</sup> angegeben. Der Umrechnungsfaktor zu m<sup>3</sup>/h ist 3,6.

Sind bekannte Emissionen vorhanden, welche die Luftqualität beeinflussen, so sind die daraus erforderlichen Außenluftmengen nach den Vorgaben der DIN EN 13779 zu berechnen und dem notwendigen Außenluftstrom aufzuschlagen.

Nach dieser Norm ist ein viel größerer Spielraum bei den notwendigen Außenluftvolumenströmen vorhanden als bei der Arbeitsstättenrichtlinie. Die unteren Grenzen der ArbStätt 5.005 sind daher maßgebend für Mindestaußenluftstrom.

Bei der Raumfeuchte werden in der DIN EN 13779 keine konkreten Vorgaben gemacht. Es wird lediglich darauf verwiesen, dass Mindest- und Höchstwerte festzulegen sind und die Raumluftfeuchte so zu wählen ist, dass Schäden durch Kondensation und Feuchte in Tragwerken und Anlagen verhindert werden. Weiterhin wird auf die Gefahr einer unkontrollierten Entfeuchtung durch eine Kühleinheit hingewiesen, dieses betrifft jedoch nur den Sommerbetrieb.

### 3. Luftvolumenstrom

Auf Grundlage der Arbeitsstättenrichtlinie und DIN EN 13779 wird nur der notwendige, hygienische Außenluftvolumenstrom ermittelt, um die erforderliche bzw. gewünschte Raumluftqualität zu gewährleisten. Werden über die Lüftungsanlage die Räume auch noch beheizt bzw. gekühlt, so reicht i. d. R. der hygienische Luftstrom nicht aus um die Heiz- und Kühlfunktion mit zu übernehmen. Da der Transport von Heiz- bzw. Kühlleistung über das Medium Luft einen vielfach höheren Energieaufwand hervorruft, als der Transport über ein flüssiges Medium (Heiz- oder Kaltwasser), sollten für die Heizung und Kühlung generell statische Flächen (Heizkörper und/oder Heiz- und Kühldecken) eingesetzt werden.

Lässt sich eine Klimatisierung der Räume über eine Lüftungsanlage nicht vermeiden, so muss der hierfür entsprechende Luftstrom berechnet werden. Über eine Wärmebedarfs- bzw. Kühllastberechnung wird der notwendige Wärme- bzw. Kühlbedarf für die Räume berechnet, aus denen sich der notwendige Luftstrom herleiten lässt.

$$\text{Volumenstrom Heizen (Kühlen): } \dot{V} = \frac{Q_{H(K)}}{\Delta\vartheta * \rho * c} \text{ in m}^3/\text{s}$$

- $Q_{H(K)}$  : Wärmebedarf bzw. Kühllast
- $\Delta\delta$  : Temperaturdifferenz zwischen Zuluft und Raumluft
- $\rho$  : Dichte der Luft (1,2 kg/m<sup>3</sup>)
- $c$  : spez. Wärmekapazität der Luft (1 kJ/kg\*K)

Dieser zum Heizen bzw. Kühlen notwendige Luftstrom so ist bis auf den Mindestaußenluftanteil als Umluft zu einzustellen, da er nur zur thermischen Behandlung der Raumluft dient. In der Übergangsjahreszeit, wenn noch niedrige Außentemperaturen vorherrschen aber in den Räumen bereits eine Kühlung notwendig ist, kann mit einem erhöhten Außenluftanteil von bis zu 100 Prozent gekühlt werden ⇒ freie Kühlung.

### 4. Regelung

Die Messung der Raumluftqualität kann auf gängige Verunreinigungen, z. B. CO<sub>2</sub> oder VOC (Volatile Organic Compounds) erfolgen. „VOC entstehen aus sehr unterschiedlichen Quellen. Biologische und technische Prozesse sowie flüchtige Nebenprodukte aus industriellen und gewerbemäßigen aber auch Produkte und Materialien zum Bau von Gebäuden und zur Innenausstattung (zum Beispiel Fußboden-, Wand- und Deckenmaterialien, Farben, Lacke, Klebstoffe, Möbel und Dekormaterialien). Bedeutsam sind zudem Pflege-, Reinigungs- und Hobbyprodukte, auch Tabak rauchen, selbst die Nahrungsmittelzubereitung sowie der menschliche Stoffwechsel.“<sup>2</sup> In der Regel ist die Außenluft bedeutend niedriger mit VOC belastet als die Innenluft, sodass es bei einem Luftwechsel zu einer Verdünnung der Innenraumkonzentrationen kommt.

<sup>2</sup> Umweltbundesamt, Gesundheit und Umwelthygiene, Flüchtige organische Verbindungen (VOC) [www.umweltbundesamt.de/gesundheit/stoffe/voc.htm](http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/stoffe/voc.htm)

Die Regelung einer Lüftungs- und Klimaanlage kann daher auf folgenden Führungsgrößen basieren:

- Reine Lüftungsanlage, nur Heizen
  - Raumluftqualität
  - Raumlufttemperatur (nur Heizfunktion)
- Teilklimaanlage mit Heizen und Kühlen
  - Raumluftqualität
  - Raumlufttemperatur (Heizen und Kühlen)
- Vollklimaanlage mit Heizen, Kühlen sowie Be- und Entfeuchten
  - Raumluftqualität
  - Raumlufttemperatur
  - Raumluftfeuchte

Bei allen Anlagen wird der notwendige Luftvolumenstrom aus zwei Teilbereichen zusammengesetzt. Zum einen, der notwendige Außenluftstrom, um die Luftqualität zu gewährleisten (hygienischer Luftwechsel) und zum anderen, der maximale Umluftvolumenstrom, um die Heiz- und Kühlfunktion sicher zu stellen. Beide Teilvolumenströme können über die entsprechenden Regelgrößen variabel gefahren werden, sodass sich je nach Raumluftqualität und notwendiger Heiz- oder Kühlleistung immer ein variabler Volumenstrom zwischen dem Mindest- und Maximalwert einstellt. Da sich der Leistungsbedarf eines Ventilators mit der dritten Potenz des Volumenstromes ändert, ist durch einen variablen Luftvolumenstrom eine Energieeinsparung möglich.

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

Bei einer Halbierung der Luftmenge würde beispielsweise nur noch 1/8 der Antriebsleistung des Motors benötigt werden.

Bei Vollklimaanlagen, wo auch eine Konditionierung der Raumluftfeuchte erfolgt, muss in die Entfeuchtung (Sommer) und Befeuchtung (Winter) unterschieden werden. Bei Letzterem ist es oft meist unproblematisch über den hygienischen notwendigen Außenluftstrom auch die entsprechende Befeuchtungsleistung mit in den Raum zu bringen. Bei der Entfeuchtung sind meist Kühler oder direkt verdampfende Kälteanlagen notwendig. Hier muss ein gutes Mittelmaß zwischen Luftvolumenstrom und Entfeuchtungsleistung gefunden werden. Die Entfeuchtungsleistung ist abhängig von der Temperaturabsenkung der Luft. Umso tiefer die Luft unter den Taupunkt abgesenkt wird, umso höher die Entfeuchtungsleistung. Allerdings steigt dann auch der Energiebedarf der Kälteanlage. Wird die Luft nur bis knapp unter dem Taupunkt abgekühlt, spart das zwar Energie bei der Kälteanlage, allerdings sinkt die Entfeuchtungsleistung und es eine erhöhte Luftmenge erforderlich, was eine höhere Ventilatorleistung zur Folge hat.

Bei der Nachrüstung einer bedarfsgeregelten Lüftung muss auch das Luftverteilnetz mit beachtet werden. Bei einer Verringerung der Luftströme kann es zu einer Verschiebung der hydraulischen Verhältnisse im Kanalnetz kommen, was im Extremfall dazu führen kann, dass einige Bereiche nicht mehr mit Luft versorgt werden. Hier muss ggf. eine Volumenstromreglung im Kanalnetz und/oder an den Luftauslässen nachgerüstet werden.

## 5. Fazit

Bei Neuanlagen sollte grundsätzlich der Einsatz einer bedarfsgeregelten Lüftung überprüft werden. Dabei ist immer zwischen dem hygienischen Außenluftanteil und dem Umluftanteil zur Raumluftkonditionierung zu unterscheiden. Ausnahmen bilden Bereiche, wo eine Vermischung von Außen- und Abluft nicht erwünscht ist, z. B. Krankenhäuser. Als Führungsgröße für den hygienischen Außenluftanteil kann der CO<sub>2</sub>-Gehalt oder die VOC-Verunreinigungen der Raumluft genommen werden. In kleinen Räumen mit einer Belegung von 1 bis 2 Personen sind auch Präsenzmelder einsetzbar. Ist die Raumluftkonditionierung nur über eine Lüftungsanlage möglich, dann sollte hierfür grundsätzlich Umluft eingesetzt werden. Die Führungsgrößen sind je nach Anlagentyp der Raumwärme- bzw. Kühlbedarf und die Raumluftfeuchte. Bei der Nachrüstung einer bedarfsgeregelten Lüftung muss das vorhandene Luftverteilnetz auf eine entsprechende Eignung hierfür mit überprüft werden und ggf. Nachrüstungen vorgenommen werden.

MBA / Dipl.-Ing. (FH) Matthias Kabus

Wuppertal, 30.04.2009