

 SpringerWienNewYork

Baukonstruktionen  
Band 16

Herausgegeben von  
Anton Pech

Anton Pech

Klaus Jens

Lüftung und Sanitär

SpringerWienNewYork

Dipl.-Ing. Dr. techn. Anton Pech  
Dipl.-Ing. Klaus Jens  
Wien, Österreich

Der Abdruck der zitierten ÖNORMen erfolgt mit Genehmigung des Österreichischen Normungsinstitutes, Heinestraße 38, 1020 Wien.  
Benutzungshinweis: ON Österreichisches Normungsinstitut, Heinestraße 38, 1020 Wien, Tel. ++43-1-21300-805, Fax ++43-1-21300-818, E-mail: sales@on-norm.at.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.  
Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

© 2006 Springer-Verlag/Wien  
Printed in Austria

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Produkthaftung: Sämtliche Angaben in diesem Fachbuch/wissenschaftlichen Werk erfolgen trotz sorgfältiger Bearbeitung und Kontrolle ohne Gewähr. Insbesondere Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden. Eine Haftung der Herausgeber, der Autoren oder des Verlages aus dem Inhalt dieses Werkes ist ausgeschlossen.

Textkonvertierung und Umbruch: Grafik Rödl, 2486 Pottendorf, Österreich  
Druck und Bindearbeiten: Druckerei Theiss GmbH, 9431 St. Stefan, Österreich

Gedruckt auf säurefreiem, chlorfrei gebleichtem Papier – TCF  
SPIN: 11404880

Mit zahlreichen (teilweise farbigen) Abbildungen

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek  
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie, detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

ISSN 1614-1288

ISBN-10 3-211-25252-5 SpringerWienNewYork  
ISBN-13 978-3-211-25252-9 SpringerWienNewYork

# VORWORT ZUR 1. AUFLAGE

Die Fachbuchreihe Baukonstruktionen mit ihren 17 Basisbänden stellt eine Zusammenfassung des derzeitigen technischen Wissens bei der Errichtung von Bauwerken des Hochbaues dar. Es wird versucht, mit einfachen Zusammenhängen oft komplexe Bereiche des Bauwesens zu erläutern und mit zahlreichen Plänen, Skizzen und Bildern zu veranschaulichen. Der vorliegende Band "Lüftung und Sanitär" aus dem Fachbereich der technischen Gebäudeausrüstung soll zur angemessenen und zeitgerechten Berücksichtigung von Lüftungs- und Klimaanlageanlagen sowie von Sanitärinstallationen bei der Gebäudeplanung beitragen. Beschreibungen von Anlagenkomponenten und deren Funktionsweisen erleichtern das Verständnis für die Vielfalt von Kombinationsmöglichkeiten und bieten Hinweise zur angemessenen Berücksichtigung baulicher Vorkehrungen. Für die Raumlüftung werden vielfältige technische Möglichkeiten aufgezeigt und Entscheidungshilfen für den Einsatz von Wärmerückgewinnungsanlagen angeboten. Die nach den Bestimmungen von EN-Normen erforderlichen Rechenwerte zur Grobbemessung von Lüftungs-, Klima- und Entwässerungsanlagen sind auszugsweise angeführt.





## Fachbuchreihe **BAUKONSTRUKTIONEN**



Band 1: Bauphysik



Band 2: Tragwerke



Band 3: Gründungen



Band 4: Wände



Band 5: Decken



Band 6: Keller



Band 7: Dachstühle



Band 8: Steildach



Band 9: Flachdach



Band 10: Treppen / Stiegen



Band 11: Fenster



Band 12: Türen und Tore



Band 13: Fassaden



Band 14: Fußböden



Band 15: Heizung und Kühlung



### **Band 16: Lüftung und Sanitär**

- ▶ Grundlagen der Lüftungs- und Klimatechnik
- ▶ Lüftungs- und Klimaanlage
- ▶ Wärmerückgewinnung
- ▶ Planung von Lüftungs- und Klimaanlage
- ▶ Definitionen zur Sanitärtechnik
- ▶ Wasserversorgung
- ▶ Entwässerung
- ▶ Planung von Sanitäranlagen



Band 17: Elektro- und Regeltechnik



# INHALTSVERZEICHNIS

|           |                                               |    |
|-----------|-----------------------------------------------|----|
| 160.1     | Grundlagen der Lüftungs- und Klimatechnik     | 1  |
| 160.1.1   | Geschichtliches                               | 1  |
| 160.1.2   | Luftbestandteile                              | 1  |
| 160.1.3   | Luftbedarf                                    | 3  |
| 160.1.4   | Behaglichkeitskriterien für Luftzustände      | 6  |
| 160.1.5   | Luftzustandsänderung – Psychrometrie          | 8  |
| 160.1.6   | Natürliche Lüftung                            | 16 |
| 160.1.7   | Mechanische Lüftung                           | 17 |
| 160.1.8   | Luftführung                                   | 19 |
| 160.1.9   | Schalltechnik                                 | 23 |
| 160.1.10  | Schwingungstechnik                            | 32 |
| 160.2     | Lüftungs- und Klimaanlage                     | 35 |
| 160.2.1   | Bezeichnungen und Sinnbilder                  | 35 |
| 160.2.2   | Lüftungsklappen                               | 37 |
| 160.2.2.1 | Absperrklappen                                | 37 |
| 160.2.2.2 | Regulierklappen                               | 37 |
| 160.2.2.3 | Volumenstromregler                            | 38 |
| 160.2.2.4 | Brandschutzklappen                            | 38 |
| 160.2.3   | Luftfilter                                    | 39 |
| 160.2.3.1 | Partikelfilter                                | 39 |
| 160.2.3.2 | Sorptionsfilter (Aktivkohlefilter)            | 40 |
| 160.2.3.3 | Reinraumtechnik                               | 41 |
| 160.2.3.4 | Lamellenrohr-Wärmeaustauscher                 | 42 |
| 160.2.4   | Luftbefeuchter                                | 44 |
| 160.2.4.1 | Zerstäubungsbefeuchter                        | 44 |
| 160.2.4.2 | Kontaktbefeuchter                             | 45 |
| 160.2.4.3 | Dampfbefeuchter                               | 46 |
| 160.2.5   | Ventilatoren                                  | 46 |
| 160.2.5.1 | Radialventilatoren                            | 46 |
| 160.2.5.2 | Axialventilatoren                             | 46 |
| 160.2.5.3 | Antriebsleistung                              | 47 |
| 160.2.5.4 | Drehzahländerung                              | 48 |
| 160.2.5.5 | Leistungsnetzennlinie                         | 48 |
| 160.2.5.6 | Ventilator Kennlinie                          | 48 |
| 160.2.5.7 | Betriebspunkt                                 | 48 |
| 160.2.5.8 | Körperschalldämmung und Schwingungsisolierung | 49 |
| 160.2.5.9 | Schallleistung                                | 49 |
| 160.2.6   | Schalldämpfer                                 | 50 |
| 160.2.7   | Luftleitungen                                 | 51 |
| 160.2.7.1 | Mindestanforderungen                          | 52 |
| 160.2.7.2 | Anforderungen an die Luftdichtheit            | 53 |
| 160.2.7.3 | Zugänglichkeit                                | 54 |
| 160.2.7.4 | Luftwiderstand gerader Luftleitungen          | 55 |
| 160.2.7.5 | Luftwiderstand von Formstücken                | 56 |
| 160.2.8   | Luftdurchlässe                                | 58 |
| 160.2.8.1 | Wetterschutzgitter                            | 58 |
| 160.2.8.2 | Wandluftdurchlässe                            | 58 |
| 160.2.8.3 | Deckenluftdurchlässe                          | 59 |

|         |                                                      |     |
|---------|------------------------------------------------------|-----|
|         | 160.2.8.4 Schlitzluftdurchlässe .....                | 59  |
|         | 160.2.8.5 Bodenluftdurchlässe .....                  | 60  |
|         | 160.2.8.6 Quellluftauslässe .....                    | 60  |
| 160.3   | Wärmerückgewinnung .....                             | 69  |
| 160.3.1 | Plattenwärmeaustauscher .....                        | 69  |
| 160.3.2 | Wärmerohr-Wärmeaustauscher .....                     | 70  |
| 160.3.3 | Kreislaufverbund-Wärmeaustauscher .....              | 71  |
| 160.3.4 | Rotations-Wärmeaustauscher .....                     | 72  |
| 160.3.5 | Wärmepumpeneinsatz zur Wärmerückgewinnung .....      | 74  |
| 160.3.6 | Erdwärmeaustauscher .....                            | 75  |
| 160.4   | Planung von Lüftungs- und Klimaanlage .....          | 77  |
| 160.4.1 | Luftmengenbemessung .....                            | 78  |
| 160.4.2 | Luftverteilung .....                                 | 78  |
| 160.4.3 | Druckverlustermittlung .....                         | 81  |
| 160.4.4 | Luftzustandsänderung .....                           | 84  |
| 160.4.5 | Antriebsleistungen .....                             | 86  |
| 160.4.6 | Schall .....                                         | 87  |
| 160.4.7 | Technikräume .....                                   | 88  |
| 160.5   | Begriffsbestimmungen zur Sanitärtechnik .....        | 95  |
| 160.5.1 | Trinkwasser .....                                    | 95  |
| 160.5.2 | Nutzwasser .....                                     | 95  |
| 160.5.3 | Löschwasser .....                                    | 95  |
| 160.5.4 | Schmutzwasser .....                                  | 96  |
| 160.5.5 | Regenwasser .....                                    | 98  |
| 160.6   | Wasserversorgung .....                               | 99  |
| 160.6.1 | Bezeichnungen und Sinnbilder .....                   | 99  |
| 160.6.2 | Rohrleitungen .....                                  | 101 |
| 160.6.3 | Armaturen .....                                      | 103 |
| 160.6.4 | Wassererwärmung .....                                | 106 |
| 160.6.5 | Wasseraufbereitung .....                             | 109 |
| 160.6.6 | Wasserbevorratung .....                              | 112 |
| 160.6.7 | Löschwasser .....                                    | 112 |
| 160.7   | Entwässerung .....                                   | 121 |
| 160.7.1 | Bezeichnungen und Sinnbilder .....                   | 121 |
| 160.7.2 | Trenn- und Mischsystem .....                         | 121 |
| 160.7.3 | Rohrleitungsführung .....                            | 122 |
| 160.7.4 | Putzstücke .....                                     | 128 |
| 160.7.5 | Rohrleitungszubehör .....                            | 130 |
|         | 160.7.5.1 Rohrverbindungen .....                     | 130 |
|         | 160.7.5.2 Geruchsverschlüsse .....                   | 131 |
|         | 160.7.5.3 Bodenwasserabläufe .....                   | 132 |
|         | 160.7.5.4 Montageelemente .....                      | 133 |
| 160.7.6 | Abwasserhebeanlagen .....                            | 133 |
| 160.7.7 | Abscheideranlage für Leichtflüssigkeiten Fette ..... | 134 |
| 160.8   | Planung von Sanitäranlagen .....                     | 137 |
| 160.8.1 | Rohrleitungsschema .....                             | 137 |
| 160.8.2 | Trink- und Nutzwasserleitungen .....                 | 138 |
| 160.8.3 | Wassererwärmung .....                                | 140 |
| 160.8.4 | Schmutzwasserleitungen .....                         | 142 |
| 160.8.5 | Lüftungsleitungen in Entwässerungsanlagen .....      | 148 |
| 160.8.6 | Bemessung von Regenwasserleitungen .....             | 149 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| Inhaltsverzeichnis            | XI  |
| 160.8.7 Putzschächte          | 151 |
| 160.8.8 Löschwasserversorgung | 152 |
| Quellennachweis               | 155 |
| Literaturverzeichnis          | 157 |
| Sachverzeichnis               | 162 |



# **160.1 GRUNDLAGEN DER LÜFTUNGS- UND KLIMATECHNIK**

## **160.1.1 GESCHICHTLICHES**

Lüftungstechnische Vorkehrungen werden bei jedem Bauwerk mit Aufenthaltsräumen erforderlich, die durch luftdichte Raumumschließungsflächen von der Außenluft abgeschlossen sind. Als unentbehrliche Funktionselemente von Bauwerken haben sich diese gemeinsam mit zahlreichen Verfahren zur Gestaltung von Bauwerkshüllen historisch entwickelt.

Eine intensive Bearbeitung dieses Fachgebietes auf wissenschaftlicher Grundlage ergab sich mit der Berufung des erfolgreichen Unternehmers Hermann Rietschel (1847–1914) als Ordinarius am ersten ordentlichen Lehrstuhl im Fach Heizung und Lüftung an der Königlichen Technischen Hochschule Berlin im Jahr 1885. Zu dieser Zeit war Rietschel unter anderem als Gutachter und Berater zur Beurteilung der Entwürfe für die Heizungs- und Lüftungsanlagen des neuen Reichstagsgebäudes in Berlin tätig. Mit dem von ihm herausgegebenen Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungsanlagen wurde er weit über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannt [8].

1896 erfolgte die Berufung von Richard Mollier (1863–1935) an die Universität Göttingen als Professor für angewandte Physik und Maschinenlehre, 1897 nahm Mollier einen Ruf nach Dresden an. Seine ab dem Jahr 1904 in der VDI-Zeitschrift veröffentlichten „Neuen Diagramme für Wasserdampf“ wurden in Fach- und Handbücher übernommen und somit Allgemeingut der Ingenieure in der ganzen Welt.

Im Jahr 1906 gelang dem damals 28-jährigen amerikanischen Elektroingenieur Willis Haviland Carrier (1876–1950) mit einem von ihm konzipierten „Luftaufbereitungsapparat“ unter anderem die geregelte Luftentfeuchtung für eine Druckereihalle der „Sackett-Wilhelms Lithographing and Publishing Company“, wodurch in diesem Druckereibetrieb der Ausschuss erheblich verringert werden konnte. Diese erste industriell hergestellte Klimaanlage ermöglichte ganzjährig eine konstante Luftfeuchtigkeit von 55% relativer Luftfeuchtigkeit bei Begrenzung der Raumlufttemperaturen auf minimal +21° C im Winter und auf maximal +25° C im Sommer. Sie begrenzte die Lufttemperatur, regelte die Luftfeuchtigkeit, steuerte die Lüfterneuerung und reinigte die Luft.

1907 wurde die Carrier Air Conditioning Company of America gegründet. Willis Carrier konzipierte Typenkataloge, arbeitete an einem klimatechnischen Handbuch, automatisierte eine „Taupunktregelung“ und präzierte die Kühllastberechnung, wobei Klimaanlagen zunächst in Industriebetrieben zum Einsatz kamen. Neben seiner erfolgreichen unternehmerischen Tätigkeit hat Carrier auch durch Veröffentlichung seiner „psychrometrischen Formeln“ im Jahr 1911 zur Entwicklung der Klimatechnik wesentlich beigetragen. 1926 wurde von seinem Unternehmen das erste Bürogebäude klimatisiert, 1928 das erste Hochhaus. Ab 1930 kamen Klimaanlagen bereits in Autobussen, Bahnen und Schiffen zum Einsatz [7].

## **160.1.2 LUFTBESTANDTEILE**

Trockene Luft besteht aus einem Gemisch verschiedener permanenter Gase, deren Zusammensetzung sich an der Erdoberfläche örtlich und zeitlich nur geringfügig verändert und folgenden Kennwerten entspricht:

**Tabelle 160.1-01:** Zusammensetzung unbelasteter Außenluft

| Gas          |                 | [ Vol. % ] <sup>1)</sup> | [ ppm ] <sup>2)</sup> |
|--------------|-----------------|--------------------------|-----------------------|
| Sauerstoff   | O <sub>2</sub>  | 20,93                    | 209300                |
| Stickstoff   | N <sub>2</sub>  | 78,10                    | 781000                |
| Argon        | Ar              | 0,93                     | 9300                  |
| Kohlendioxid | CO <sub>2</sub> | 0,03                     | 300                   |
| Wasserstoff  | H <sub>2</sub>  | 0,01                     | 100                   |

<sup>1)</sup> Volumsprozent (1 Vol. % = 10000 ppm); <sup>2)</sup> Part per million (1 ppm = 1/10<sup>6</sup>)

Bis zu einem Volumsanteil von maximal 4% kann Luft auch noch Wasserdampf in unterschiedlicher Menge beinhalten [6]. In Abhängigkeit von der Umgebung, Jahreszeit und Witterung kann Luft darüber hinaus auch noch zahlreiche Gase, Dämpfe und Partikel in geringen Mengen enthalten. Manche dieser Stoffe können bei Überschreitung bestimmter Einwirkzeiten und verhältnismäßig geringer Konzentrationswerte Menschen, Tiere und Pflanzen schädigen und werden als Luftschadstoffe bezeichnet. Zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurden deshalb beispielsweise durch ein österreichisches Immissionsschutzgesetz folgende Grenzwerte für besondere Luftschadstoffe festgelegt:

**Tabelle 160.1-02:** Immissionsgrenzwerte für die menschliche Gesundheit [17]

| Luftschadstoff |      | Immissionsgrenzwerte [ mg/m³Luft ] |     |      |        |
|----------------|------|------------------------------------|-----|------|--------|
|                |      | HMW                                | MW8 | TMW  | JMW    |
| Schwefeldioxid | SO₂  | 0,20                               | 10  | 0,12 | 0,0400 |
| Kohlendioxid   | CO   |                                    |     |      |        |
| Stickstoffoxid | NO₂  | 0,20                               |     |      |        |
| Partikel       | PM₁₀ |                                    |     | 0,05 |        |
| Blei in PM₁₀   | Pb   |                                    |     |      | 0,0005 |
| Benzol         | C₆H₆ |                                    |     |      | 0,0050 |

HMW Halbstundenmittelwert; MW8 Achtstundenmittelwert (gleitende Auswertung, halbstündige Schrittfolge); TMW Tagesmittelwert; JMW Jahresmittelwert; PM<sub>10</sub> Partikel mit mittlerem Partikeldurchmesser von 10 µm (Feinstaub)

Als Staub werden alle in der Luft fein verteilten Feststoffe beliebiger Form, Struktur und Dichte bezeichnet. In Abhängigkeit von den Teilchengrößen unterscheidet man folgende Staubarten:

**Tabelle 160.1-03:** Staubarten [6]

| Staubbezeichnung | Teilchengröße [ µm ] |
|------------------|----------------------|
| Grobstaub        | > 10                 |
| Feinstaub        | 1–10                 |
| Feinstaub        | < 1                  |

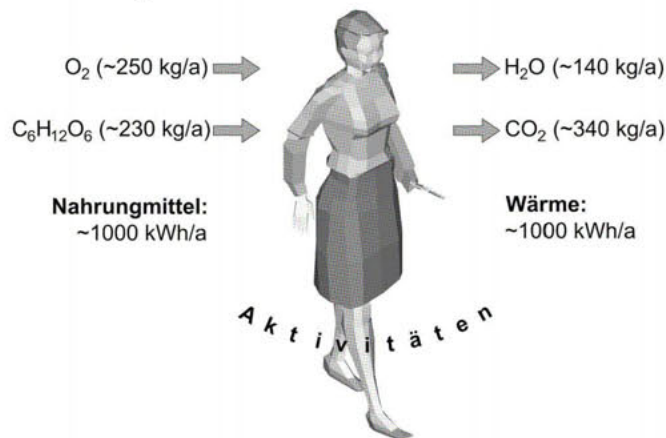
Der Gehalt an Staubteilchen in der atmosphärischen Luft verändert sich in Abhängigkeit von Wind, Regen, Tages- und Jahreszeit. In Städten ist er höher als auf dem Lande. Der in normaler Luft enthaltene Grobstaub beeinträchtigt die Atmung, verursacht jedoch keine gesundheitlichen Schädigungen, weil er durch die Schleimhäute in den Atemwegen weitgehend zurückgehalten wird. Gewerblicher Staub hingegen kann gefährlich werden, wie beispielsweise in steinverarbeitenden Betrieben (Silikose) oder bei Asbestverarbeitung (Asbestose). Feinstaub ist stets gesundheitsschädlich, da er in die menschliche Lunge eindringt und dort abgelagert wird. Eine gefährliche Emissionsquelle derartigen Feinstaubes besteht in der Rußemission von Dieselmotoren, die nicht mit Partikelfiltern ausgerüstet sind.

Keime sind pflanzliche oder tierische Kleinlebewesen in kugelförmiger, zylindrischer, spiral- oder fadenförmiger Gestalt (bis 1  $\mu\text{m}$  Dicke und 5  $\mu\text{m}$  Länge), die sich durch Teilung unter bestimmten Umgebungsbedingungen rasch vermehren können (z.B. Spaltpilze). Keime haften vorwiegend an Staubteilchen  $> 2 \mu\text{m}$ . Mit der Zunahme des Staubgehaltes der Luft nimmt deshalb auch der Keimgehalt der Luft zu. Krankheitsregend ist nur ein geringer Teil der Keime. Blütenstaub und Pollen können bei dafür empfindlichen Menschen Allergien auslösen.

### 160.1.3 LUFTBEDARF

Der menschliche Körper kann der eingeatmeten Luft Sauerstoff entziehen und diesen zur Oxidation (Verbrennung) von Nahrungsmitteln einsetzen, die ihm als Energieträger dienen. Bei dem Oxidationsprozess wird der Energieträger unter Freisetzung von Energie für vielfältige Lebensfunktionen umgewandelt. Als Umwandlungsprodukte entstehen dabei Wasser und Kohlendioxid. Langfristig betrachtet wird sowohl die Masse der vom Körper aufgenommenen Nahrungsmittel und des Sauerstoffes als auch der mit den Nahrungsmitteln aufgenommene Energieinhalt wieder in umgewandelter Form an die Umgebung abgegeben.

**Abbildung 160.1-01:** Energieumsatz eines erwachsenen Menschen



Ein Luftvolumenstrom von 0,36  $\text{m}^3/\text{h}$  (= 0,1 Liter/Sekunde) enthält bereits den Sauerstoffbedarf eines erwachsenen Menschen [6] ohne körperliche Tätigkeit, bei Extrembelastung kann dieser Wert auf bis zu 9  $\text{m}^3/\text{h}$  steigen.

Die von Menschen ausgeatmete Luft enthält im Mittel [6] etwa 17 Vol.%  $\text{O}_2$  und 4 Vol.%  $\text{CO}_2$ . Untersuchungen über den menschlichen Luftbedarf wurden erstmals vom Münchner Professor Max Josef von Pettenkofer (1818–1901) auf naturwissenschaftlich-experimenteller Grundlage durchgeführt. Aus der Erfahrung eines weitgehend gleichförmigen Verlaufes von  $\text{CO}_2$ -Konzentration und Geruchsintensität in Aufenthaltsräumen hat Pettenkofer für gasförmige Luftverunreinigungen den  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Luft als Indikator eingeführt und als brauchbares Kriterium für gute Raumluft eine  $\text{CO}_2$ -Konzentration von 0,1 Vol.% bzw. 1000 ppm  $\text{CO}_2$  vorgeschlagen. Dieser seit dem Jahr 1870 als „Pettenkofer-Zahl“ bekannte Wert wird seither weitgehend als Luftgüteindikator anerkannt.

**Tabelle 160.1-04:** Kennwerte für den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Luft

| Beschreibung                                                | CO <sub>2</sub> |         |
|-------------------------------------------------------------|-----------------|---------|
|                                                             | [ Vol. % ]      | [ ppm ] |
| Konzentration der ausgeatmeten Atemluft von Menschen        | 5,00            | 50000   |
| MAK-Wert (maximal zulässige Arbeitsplatzkonzentration)      | 0,50            | 5000    |
| Pettenkofer-Zahl als Luftqualitätsindikator                 | 0,10            | 1000    |
| Konzentration schadstoffreicher Außenluft (z.B.: Großstadt) | 0,05            | 500     |
| Konzentration schadstoffarmer Außenluft                     | 0,04            | 350     |

Die CO<sub>2</sub>-Konzentration von Raumluft kann man auf einfache Weise durch Zuführung unbelasteter Außenluft vermindern. Die für Aufenthaltsräume erforderliche stündliche Außenluftmenge ist vom Aktivitätsgrad und vom Verhalten der Raumbenutzer (z.B. Raucher) abhängig. Je nach Kategorie der Raumluftqualität liegen die genormten Richtwerte [80] der personenbezogenen Außenluftvolumenströme für Aufenthaltsräume ohne Raucherlaubnis im Bereich von

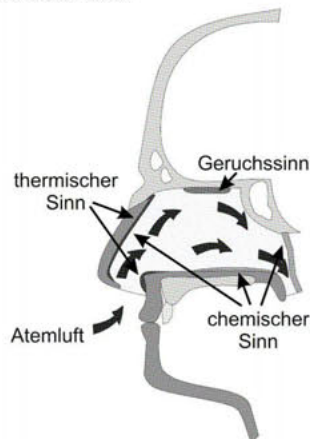
**Mindest-Außenluftvolumenstrom = 18 bis 72 m<sup>3</sup>/h je Person.**

Für Räume mit Raucherlaubnis wird empfohlen, den Mindest-Außenluftvolumenstrom wesentlich zu erhöhen, da in Vergleich zu einem Nichtraucher ein mehr als 6-facher Mindest-Außenluftvolumenstrom erforderlich ist, um annähernd gleiche Verhältnisse zu erreichen [99]. Für das Verhältnis der einem Raum stündlich zugeführten Außenluftmenge zu seinem Volumen hat sich der Begriff „Luftwechsel“ ( $n_L$ ) mit der Dimension [ $h^{-1}$ ] eingebürgert. Erfahrungsgemäß ergeben sich auch bei geschlossenen Fenstern und Türen in Aufenthaltsräumen

**Luftwechsel in der Größenordnung von  $n_L = 0,3$  bis  $0,6 h^{-1}$**

bei Winddruck auf die Gebäudehülle auf Grund von Luftundichtheiten der Raumumschließungsflächen oder durch thermische Auftriebskräfte im Gebäude. Nutzerbeschwerden, die auf unzureichende Raumlüftung zurückzuführen sind, werden in der Fachliteratur als „*Tight Building Syndrom*“ gekennzeichnet. Bei Außenluftwechseln von  $n_L > 0,5 h^{-1}$  sind derartige Beschwerden kaum zu erwarten [6].

Eine Bewertung der Raumluftqualität betrifft nicht nur Verunreinigungen, welche die Gesundheit des Menschen beeinträchtigen, sondern auch solche, die lediglich als unbehaglich, unangenehm oder irritierend empfunden werden. Luftqualität wird von Menschen sowohl durch einen „*Geruchssinn*“ als auch durch einen „*chemischen Sinn*“ wahrgenommen [6].

**Abbildung 160.1-02:** Die menschliche Nase

Der Geruchssinn befindet sich in der Nasenhöhle und ist empfindlich gegenüber einer großen Zahl von Geruchsstoffen. Der chemische Sinn wird durch freie Nervenenden vermittelt, die sich in den Schleimhäuten von Auge, Nase, Mund und Rachen befinden, und ist für eine ähnlich große Zahl von Reizstoffen empfindlich. Es ist immer die Kombination dieser beiden Sinne, die den Menschen die Luft als frisch und angenehm oder abgestanden und muffig empfinden lässt, möglicherweise mit Reizwirkungen auf die Schleimhäute. Eine herausragende Eigenschaft der menschlichen Nase ist dabei ihre extrem hohe Empfindlichkeit für niedrige Konzentrationen chemischer Substanzen, verglichen mit der Empfindlichkeit physikalischer Messgeräte. Durch zu geringe Außenluftwechsel können sich überhöhte Konzentrationen verschiedener Luftschadstoffe ergeben. Manche dieser Schadstoffe lösen bei dafür empfindlichen Personen Allergien aus. Bei einer Beurteilung der Raumluftqualität sind folgende Belastungsfaktoren besonders zu beachten:

- unangenehme Gerüche,
- hohe Luftfeuchtigkeit,
- hoher CO<sub>2</sub>-Gehalt,
- hoher Staubgehalt (Partikel),
- bedenklicher Gehalt an „VOC“-Substanzen.

Unter den Begriffen „VOC“ („*Volatile Organic Compounds*“) werden flüchtige organische Verbindungen und unter „MVOC“ („*Microbial Volatile Organic Compounds*“) Aerosolkomponenten mikrobiologischer Herkunft mit akuten und chronischen Wirkungen verstanden. Für zahlreiche Substanzen dieser Art gilt, dass ihre Wirkungen im Aerosol noch weitgehend unaufgeklärt sind. Im Gegensatz zu toxischen (*vergiftenden*) Belastungen betreffen allergene Belastungen nur entsprechend sensibilisierte Menschen. In der Raumluft können folgende Substanzen Allergien auslösen:

- Pollen,
- Schimmelpilzsporen,
- Ausscheidungen von Staubmilben,
- Ausscheidungen von Haustieren.

Für Raumluftqualitäten werden in ÖNORM EN 13779 [80] vier Kategorien (RAL) beschrieben und personenbezogene Außenluftvolumenströme angeführt, bei deren Einhaltung mit einem Erreichen der entsprechenden Raumluftkategorie in Aufenthaltsräumen gerechnet werden kann.

**Tabelle 160.1-05:** Personenbezogene Außenluftvolumenströme – ÖNORM 13779 [80]

| Raumluftqualität |                            |                                                           |              | Außenluftvolumenstrom je Person                     |              |                                                |              |
|------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------|--------------|
| Klassifikation   |                            | CO <sub>2</sub> -Konzentration<br>[ ppm CO <sub>2</sub> ] |              | Nichtraucherbereich<br>[ m <sup>3</sup> /(h·Pers) ] |              | Raucherbereich<br>[ m <sup>3</sup> /(h·Pers) ] |              |
| Kategorie        | Beschreibung               | üblicher Bereich                                          | Standardwert | üblicher Bereich                                    | Standardwert | üblicher Bereich                               | Standardwert |
| RAL 1            | spezielle Raumluftqualität | < 400                                                     | 350          | > 54                                                | 72           | > 108                                          | 144          |
| RAL 2            | hohe Raumluftqualität      | 400–600                                                   | 500          | 36–54                                               | 45           | 72–108                                         | 90           |
| RAL 3            | mittlere Raumluftqualität  | 600–1000                                                  | 800          | 22–36                                               | 29           | 43–72                                          | 58           |
| RAL 4            | niedrige Raumluftqualität  | > 1000                                                    | 1200         | < 22                                                | 18           | < 43                                           | 36           |

Für die Bemessung von Lüftungsanlagen werden üblicherweise Situationen angenommen, bei welchen sich besonders viele Personen gleichzeitig in den zu lüftenden Räumen aufhalten. Für eine angemessene Einschätzung dieser Situationen werden in ÖNORM EN 13779 folgende Auslegungskriterien angeführt:

**Tabelle 160.1-06:** Auslegungskriterien für die Netto-Bodenfläche je Person

| Nutzungsart             | Bodenfläche <sup>1)</sup> je Person [ m <sup>2</sup> /Pers ] |        |              |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------|--------|--------------|
|                         | üblicher Bereich                                             |        | Standardwert |
| Großraumbüro            | 7                                                            | bis 20 | 12,0         |
| Einzel- und Gruppenbüro | 8                                                            | bis 12 | 10,0         |
| Sitzungsraum            | 2                                                            | bis 5  | 3,0          |
| Kaufhaus                | 3                                                            | bis 8  | 4,0          |
| Klassenraum             | 2                                                            | bis 5  | 2,5          |
| Krankenhausstation      | 5                                                            | bis 15 | 10,0         |
| Hotelzimmer             | 5                                                            | bis 20 | 10,0         |
| Restaurant              | 1                                                            | bis 5  | 1,5          |

<sup>1)</sup> Nettobodenfläche je Raum

Eine akzeptable Luftqualität lässt sich in Aufenthaltsräumen durch Lüfterneuerung in Abhängigkeit von der Anzahl jeweils anwesender Personen erreichen. Bei wesentlicher Unterschreitung der in Tabelle 160.1-05 angeführten personenbezogenen Außenluftvolumenströme können sich Beschwerden ergeben, wobei zunächst über Müdigkeit, Konzentrationsschwäche und Kopfschmerzen geklagt wird. Durch Überschreitung dieser personenbezogenen Außenluftvolumenströme ergibt sich keine weitere Verbesserung der Raumluftqualität. Während der Heiz- und Kühlperioden ist für die Luftaufbereitung bei übertriebener Lüfterneuerung mit erheblichem Energiebedarf zu rechnen, dem keinerlei Nutzen gegenübersteht. Lüftungsanlagen sollten deshalb möglichst selbsttätig bedarfsabhängig betrieben werden. Mit intelligenten Anlagensteuerungen kann man sowohl die Lüftung unbenutzter Aufenthaltsräume als auch die Lüftung von schwach besetzten Aufenthaltsräumen an den jeweiligen Lüfterneuerungsbedarf anpassen und damit übermäßigen und nutzlosen Lüftungsbetrieb vermeiden.

## 160.1.4 BEHAGLICHKEITSKRITERIEN FÜR LUFTZUSTÄNDE

Innerhalb von Aufenthaltsräumen wird nach den Bestimmungen der ÖNORM EN 13779 [80] jener Bereich als „Aufenthaltsbereich“ definiert, in dem alle Anforderungen an das Raumklima zu erfüllen sind. Das bedeutet, dass in diesem Bereich alle in dieser Norm angeführten Behaglichkeitskriterien zu erfüllen sind.

Die Festlegung eines Aufenthaltsbereiches wurde erforderlich, weil es in unmittelbarer Nähe der Raumumschließungsflächen kaum möglich ist, alle diese Behaglichkeitskriterien zu erfüllen.

Bei einer bestimmten Bekleidung, Aktivität und Luftgeschwindigkeit wird das thermische Behaglichkeitsempfinden von der so genannten „operativen Temperatur“ beeinflusst. Mit dieser „operativen Temperatur“ wird nicht nur der Einfluss der Raumlufttemperatur, sondern auch jener von Raumumschließungsflächen auf das menschliche Behaglichkeitsempfinden berücksichtigt. In den meisten Anwendungsfällen mit geringer Luftgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich (< 0,2 m/s) und bei geringen Unterschieden zwischen Raumlufttemperatur und mittlerer Strahlungstemperatur (< 4 K) lässt sich die „operative Temperatur“ nach folgender Gleichung ermitteln: