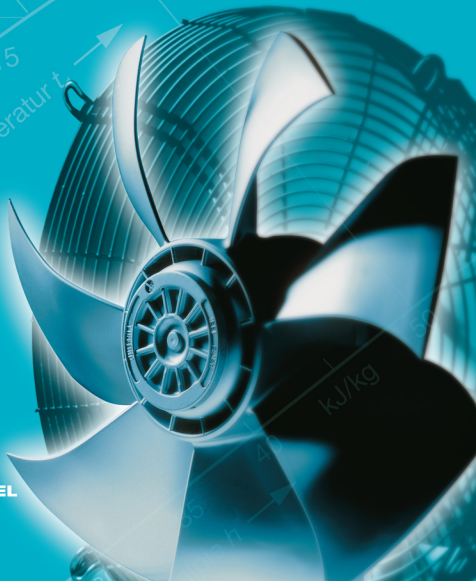


Becker

Die neue Meisterprüfung

# lüftungsanlagen



 **VOGEL**

# Lüftungsanlagen

**Die neue Meisterprüfung**

# **Lüftungsanlagen**

Dipl.-Ing. Anette Becker

2. Auflage 2011

Vogel Buchverlag  
Zentralverband Sanitär Heizung Klima

Dipl.-Ing. ANETTE BECKER  
Jahrgang 1948, studierte Technische Gebäudeausrüstung an der  
TU Dresden. Sie ist jetzt als Dozentin für Heizungs, Lüftungs- und  
Klimatechnik in der Meister- und Techniker Ausbildung in Leipzig tätig.

---

**Weitere Informationen:**  
[www.vogel-buchverlag.de](http://www.vogel-buchverlag.de)

---

ISBN 978-3-8343-3254-7

2. Auflage, 2011

Alle Rechte, auch der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf  
in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen  
Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder  
unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder  
verbreitet werden. Hiervon sind die in §§ 53, 54 UrhG ausdrücklich  
genannten Ausnahmefälle nicht berührt.

Printed in Germany

Copyright 2000 by Vogel Business Media GmbH & Co. KG, Würzburg

Umschlaggrafik: Icon, Veitshöchheim

# Geleitwort

Mit Inkrafttreten der Novelle zur Handwerksordnung am 1. April 1998 ist mit dem *Installateur und Heizungsbauer* ein Handwerk entstanden, dessen Tätigkeitsgebiete den gesamten Bereich der Ver- und Entsorgungsanlagen in der Gebäudetechnik umfassen.

Absolventen der Meisterprüfung in diesem neuen Handwerk werden nach dem Willen des Gesetzgebers Kenntnisse über alle Arbeitsgebiete des Berufsbildes nachweisen müssen. Dies wird einen neuen Zuschnitt der Prüfungsfächer und damit auch eine Neugestaltung der Vorbereitungsmaßnahmen auf die Prüfung bedeuten. Dabei sind vor allem die vielfachen Überschneidungen zu berücksichtigen, die in einzelnen Technikgebieten zwischen den bisherigen Einzelberufen Gas- und Wasserinstallateur bzw. Zentralheizungs- und Lüftungsbauer bereits bestanden.

Im Vorgriff auf die zur Zeit in Arbeit befindliche neue Meisterprüfungsverordnung hat der Vogel Verlag in Abstimmung mit dem Zentralverband Sanitär Heizung Klima eine Lehrbuchreihe konzipiert, die diesen ganzheitlichen Prüfungsansatz bereits berücksichtigt. In dieser Buchreihe, die sowohl zur Vorbereitung auf die Meisterprüfung als auch als Nachschlagewerk dienen kann, ist der Stoff bereits nicht mehr nach einzelberuflicher Sichtweise, sondern nach übergreifenden Technikgebieten geordnet.

Die vorgesehene Abstimmung der Inhalte mit den Vorgaben des bundeseinheitlichen Rahmenplans des ZVSHK für die Vorbereitung auf die Meisterprüfung wird nach unserer Auffassung wesentlich zu einem gleichmäßig hohen Niveau der Sachkunde zukünftiger Meister im Installateur- und Heizungsbauerhandwerk beitragen.

St. Augustin  
Zentralverband Sanitär Heizung Klima



# Vorwort

Das vorliegende Buch ist für den zukünftigen Meister auf dem Gebiet des Heizungs- und Lüftungsbaus konzipiert. Im Zuge der Neuordnung der Handwerksberufe ist es aber auch als Nahtstelle für fachübergreifende Gewerke zu verstehen.

Das Buch vermittelt spezielle, grundlegende Fachkenntnisse der Lüftungstechnik. Ziel ist es, dem zukünftigen Fachmann ein Arbeitsmittel an die Hand zu geben, mit dem er theoretische Zusammenhänge erfassen und eine praktische Umsetzung finden kann.

Die Darstellung ist kompakt gefasst und zum besseren Verständnis mit zahlreichen Bildern unterlegt; die Arbeit mit dem Buch wird anhand von Tabellen erleichtert. An geeigneten Stellen werden theoretische Abhandlungen mit einem Fallbeispiel ergänzt. Auf aktuelle gesetzliche Vorschriften und Normen wird hingewiesen.

Im Aufbau des Buches ist der Schwerpunkt auf die grundlegenden physikalischen Gesetze der feuchten Luft sowie auf die Dimensionierungsgrundlagen lufttechnischer Anlagen gelegt worden, die als Ausgangspunkte richtiger, energiesparender Bauweise gesehen werden müssen.

Zunächst werden die Grundlagen beschrieben, um dann auf die entsprechenden Anlagen einzugehen. Behandelt werden raumlufttechnische Anlagen zur Be- und Entlüftung sowie Luftheizungsanlagen. Auf die Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung zur Energieeinsparung wird hingewiesen. Auf Anlagen, die Räume oder auch ganze Gebäude weitergehend klimatechnisch umfassen, wird in dem Themenband «Klimaanlagen» eingegangen.

Das Fachbuch versteht sich als Nachschlagewerk und Begleiter zu den entsprechenden Lehrveranstaltungen in der Ausbildung und soll als eine in das Fachgebiet der Lüftungstechnik einführende Publikation verstanden werden, die es dem Benutzer ermöglicht, Zusammenhänge zwischen Theorie und Praxis herzustellen.

Markkleeberg

Anette Becker





# Inhaltsverzeichnis

<b>Geleitwort</b> .....	5
<b>Vorwort</b> .....	7
<b>1 Einführung</b> .....	13
<b>2 Raumklima und thermische Behaglichkeit</b> .....	15
2.1 Wärmephysiologische Grundlagen .....	15
2.2 Behaglichkeit und Einflussgrößen .....	17
2.2.1 Thermische Einflussgrößen.....	17
2.2.2 Sonstige Einflussgrößen.....	21
<b>3 Physikalische Grundlagen der Luftbehandlung</b> .....	23
3.1 Zustandsgrößen feuchter Luft .....	24
3.2 Prinzipieller Aufbau des Mollier- <i>h,x</i> -Diagramms.....	26
3.3 Zustandsänderungen im <i>h,x</i> -Diagramm .....	26
3.3.1 Erwärmen .....	26
3.3.2 Kühlen .....	28
3.3.3 Mischen zweier Feuchtluftströme .....	31
3.3.4 Befeuchten.....	32
<b>4 Anlagen zur Luftbehandlung</b> .....	35
4.1 Begriffe und Sinnbilder .....	35
4.1.1 Luftarten nach DIN 1946 Teil 1 .....	35
4.1.2 Sinnbilder nach DIN 1946 Teil 1.....	36
4.2 Einteilung raumlufttechnischer Anlagen .....	44
<b>5 Allgemeine Aufgaben der Raumluftechnik</b> .....	49
<b>6 Ermittlung notwendiger Luftvolumenströme</b> .....	51
6.1 Außenluft-Volumenströme $\dot{V}_{AU}$ .....	51
6.1.1 $\dot{V}_{AU}$ nach der Luftwechselzahl LW .....	52
6.1.2 $\dot{V}_{AU}$ nach der Außenluftrate AR .....	55
6.1.3 $\dot{V}_{AU}$ nach der Schadstoffkonzentration im Raum ..	57

6.2	Zuluft-Volumenstrom $\dot{V}_{ZU}$ .....	58
6.2.1	$\dot{V}_{ZU}$ für die Raumbelüftung.....	59
6.2.2	$\dot{V}_{ZU}$ für die Raumheizung.....	59
6.2.3	$\dot{V}_{ZU}$ für die Raumkühlung.....	61
<b>7</b>	<b>Freie Lüftung</b> .....	<b>63</b>
7.1	Einfluss des Dichteunterschiedes $\Delta\rho$ .....	63
7.2	Windeinfluss.....	65
7.3	Anlagen der freien Lüftung.....	67
7.3.1	Fugen- und Fensterlüftung.....	67
7.3.2	Schachtlüftung.....	69
7.3.3	Dachaufsatzlüftung.....	71
<b>8</b>	<b>Anlagen der maschinellen Lüftung</b> .....	<b>73</b>
8.1	Berechnungsgrundlagen.....	73
8.1.1	Luftvolumenströme und Heizregisterleistung für Luftheizungsanlagen.....	74
	<i>Außenlufterwärmung</i> .....	74
	<i>Lufterwärmung zur Raumheizung</i> .....	76
8.1.2	Querschnitte von Luftkanälen.....	80
8.1.3	Druckarten.....	83
8.1.4	Druckverluste im Kanalnetz.....	86
	<i>Druckverlust durch Rohrreibung</i> .....	86
	<i>Druckverlust durch Einbauten</i> .....	89
	<i>Gesamtdruckdifferenz</i> .....	99
8.2	Schalltechnische Grundlagen.....	101
8.2.1	Begriffe.....	104
8.2.2	Addition von Schallwellen.....	104
8.3	Ausgewählte Anlagen ohne Luftbehandlungsfunktion.....	107
8.3.1	Entlüftung innen liegender Bäder und Toiletten.....	107
8.3.2	Küchenentlüftung.....	117
8.3.3	Be- und Entlüftung mit Wand- und Fensterlüftern.....	119
8.4	Bauteile Lüftungstechnischer Anlagen.....	121
8.4.1	Ventilatoren.....	121
	<i>Anlagenkennlinie und Betriebspunkt</i> .....	121
	<i>Axialventilatoren</i> .....	123
	<i>Radialventilatoren</i> .....	125
	<i>Leistungsbedarf</i> .....	129
	<i>Parallel- und Reihenschaltung</i> .....	129
8.4.2	Wärmeübertrager.....	130
	<i>Lufterwärmer</i> .....	131
	<i>Luftkühler</i> .....	137

8.4.3	Luftfilter.....	142
8.4.4	Mischkammer .....	143
8.4.5	Schalldämpfer .....	145
8.4.6	Luftdurchlässe.....	148
8.4.7	Wetterschutzgitter .....	151
8.4.8	Absperreinrichtungen .....	151
8.4.9	Luftkanäle.....	151
8.5	Wärmerückgewinnung in RLT-Anlagen.....	154
<b>9</b>	<b>Brandschutz.....</b>	<b>163</b>
9.1	Allgemeines zu Normen und Richtlinien .....	163
9.2	Baustoffe .....	165
9.3	Lüftungsleitungen.....	165
9.4	Brandschutz für Wohnungslüftungsanlagen.....	166
<b>10</b>	<b>Wartung und Instandhaltung .....</b>	<b>169</b>
	<b>Anhänge .....</b>	<b>171</b>
A.1	Gesetze, Normen, Richtlinien.....	171
A.2	Formelsammlung.....	173
A.3	Umrechnung von Einheiten .....	174
A.4	Mollier- <i>h-x</i> -Diagramm .....	178
A.5	Diagramm zur Ermittlung von <i>R</i> -Werten für runde Blechkanäle .....	179
A.6	Zustandsgrößen gesättigter feuchter Luft .....	180
A.7	Formblatt zur Druckverlustberechnung.....	181
	<b>Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen und Einheiten ..</b>	<b>183</b>
	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis .....</b>	<b>185</b>
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>187</b>



# 1 | Einführung

Weltweit steigender Energiebedarf, begrenzte Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe und umwelttechnische Aspekte verlangen, sparsam mit Energie umzugehen. Im Energieeinsparungsgesetz (EnEG 2009) wird festgeschrieben, in Gebäuden nur so viel Energie zu verbrauchen, wie jeweils notwendig ist, um das Gebäude energieeffizient mit Heiz- und Kühlenergie zu versorgen.

Das Bundes-Immissionsgesetz (Neufassung 2010) begrenzt die Schadstoffbelastung der Luft, um Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen.

Mit den verschärften Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz, gewinnt die Lüftungs- und Klimatechnik weiterhin an Bedeutung. Während Raum- und Gebäudeheizungen lediglich die Raumlufttemperatur beeinflussen, ist man mit der heutigen Raumlufttechnik in der Lage, außerdem den Feuchtigkeitsgehalt der Luft und die Luftreinheit einzustellen.

Damit wird nicht nur ein wichtiger Beitrag zur Gesund- und damit Arbeitskrafterhaltung des Menschen geleistet, sondern auch das Gebäude mittels geeigneter Lufttechnik vor Feuchteschäden geschützt. Es entstehen Energieeinsparungseffekte hinsichtlich der erforderlichen Lüftungsheiz- bzw. Lüftungskühlleistung und zusätzlich sind Lärmschutzeffekte möglich.

Aus hygienischer und bauphysikalischer Sicht, ist es unumgänglich, die u.U. mit Feuchte, Schadstoffen und Gerüchen belastete Luft aus den Räumen abzuführen.

Bei der Lösung Lüftungstechnischer Probleme gibt es wie in allen anderen technischen Bereichen vielfältige Möglichkeiten. Hierbei sollte bei der Auswahl in Frage kommender Anlagen auf die Erfassung spezieller Randbedingungen – das Gebäude oder aber den Raum betreffend – Wert gelegt werden, denn nur eine speziell auf das jeweilige Problem bezogene Lösung wird einer umweltgerechten, energiesparenden, wirtschaftlichen Bauweise gerecht. Alle Ver- und Entsorgungseinrichtungen der Gebäudetechnik, besonders aber die Raumlufttechnik, müssen daher im engen Verbund mit der Architektur gesehen werden.

**Lösung Lüftungstechnischer Probleme**

**Planungsphase**

Die Forderung, Energie einzusparen, setzt voraus, dass neue Erkenntnisse bereits in die Planungsphase integriert werden müssen. Dies trifft im Zusammenhang mit Lüftungstechnischen Anlagen insbesondere auf die kontrollierte Lüftung in Gebäuden und damit auch auf den Einbau möglicher Wärmerückgewinnungssysteme beim Neubau und bei der Sanierung von Bauwerken zu.

# 2 Raumklima und thermische Behaglichkeit

- Wärmephysiologische Grundlagen
- Behaglichkeit und Einflussgrößen auf die Behaglichkeit

Die Lüftungs- und Klimatechnik hat die Aufgabe, für das Wohlbefinden des Menschen in geschlossenen Räumen zu sorgen und damit einen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung seiner Gesundheit und Arbeitsfähigkeit zu leisten.

Unter einer Raumklimatisierung versteht man die Aufrechterhaltung eines definierten konstanten Raumlufzustandes, der beispielsweise durch dessen Temperatur, Feuchte und Reinheit bestimmt ist.

Um die gewünschte Qualität der Raumluf aufrechtzuerhalten, ist es notwendig, die Einflüsse der Klimatisierung auf die Gesundheit des Menschen bzw. die Wechselwirkung zwischen Mensch und seiner Umgebung zu kennen.

## 2.1 Wärmephysiologische Grundlagen

Der menschliche Körper soll stets eine Körpertemperatur von annähernd 37°C halten, damit die Funktionen seiner inneren Organe gewährleistet sind.

Da beim Stoffwechsel des Menschen ständig Wärme produziert wird, muss er, um seine Körpertemperatur zu halten, ständig Wärme an die Umgebung (Umgebungsluft) abführen. Die thermische Wechselwirkung des Menschen mit seiner Umgebung bezeichnet man als Wärmegleichgewicht des Körpers.

Hierbei ist der **physikalischen Körpertemperaturregelung** (äußere Wärmeabgabe), die über seine Oberfläche erfolgt, eine besondere Bedeutung zuzumessen. Auf welche Art und Weise der Mensch in der Lage ist, Wärme an seine Umgebung abzugeben, verdeutlicht die Übersicht.

**Wärmegleichgewicht des Körpers**

**Wärmegleichgewicht  
zwischen Mensch und  
seiner Umgebung**

<p><b>Trockene Wärmeabgabe</b> <i>Konvektion</i> erfolgt von der Körperoberfläche an die Raumluft, falls die Lufttemperatur geringer als die Körpertemperatur ist.</p> <p><i>Wärmeleitung</i> bei Kontakt von Körperteilen mit festen Gegenständen.</p> <p><i>Wärmestrahlung</i> über die Oberfläche des Körpers erfolgt ein Strahlungsaustausch zwischen Menschen und festen Körpern.</p>	<p><b>Feuchte Wärmeabgabe</b> <i>Verdunstung</i> Kühlung der Hautoberfläche durch Wasserverdunstung.</p> <p><i>Atmung</i> Beim Ausatmen wird mit dem Wasserdampf latente Wärme abtransportiert.</p>
<p>= sensible (fühlbare) Wärmeabgabe <math>\dot{Q}_{\text{trocken}}</math></p>	<p>= latente (verborgene) Wärmeabgabe <math>\dot{Q}_{\text{feucht}}</math></p>

$$\text{Gesamtwärmeabgabe } \dot{Q}_{\text{gesamt}} = \dot{Q}_{\text{trocken}} + \dot{Q}_{\text{feucht}}$$

Welche Wärmeenergie vom Menschen an die Umgebung abgegeben wird, hängt im Wesentlichen von der Lufttemperatur und der körperlichen Betätigung (Aktivitätsgrad) ab (Tabelle 2.1).

Tabelle 2.1 Abhängigkeit der Wärme- und Wasserdampfabgabe des Menschen von seiner Umgebungstemperatur [5]

		Lufttemperatur	°C	18	20	22	23	24	25	26
physisch nicht tätiger Mensch	$\dot{Q}_{\text{tr}}$ (trocken)	W	100	95	90	85	75	75	70	
	$\dot{Q}_{\text{f}}$ (feucht)	W	25	25	30	35	40	40	45	
	$\dot{Q}_{\text{ges}}$ Wasserdampfabgabe $\dot{m}_{\text{D}}$	g/h	35	35	40	50	60	60	65	
mittelschwere Arbeit	$\dot{Q}_{\text{ges}}$	W	270	270	270	270	270	270	270	
	$\dot{Q}_{\text{tr}}$	W	155	140	120	115	110	105	95	

Tabelle 2.2 Abhängigkeit der Wärmeabgabe des Menschen von seiner Aktivität [5]

Tätigkeit	Aktivitätsgrad DIN 1946 T.2	Wärmeabgabe $\dot{Q}_{\text{ges}}$ ≈ W
ruhend		80
sitzend, entspannt	I	100
stehend, entspannt		125
sitzend, leichte Tätigkeit (Büro, Wohnung, Schule, Labor)	II	125
stehend, leichte Tätigkeit (Zeichenbrett-Tätigkeit)		145
(Shopping, Labor, leichte Industrie)	III	170
mäßige körperliche Tätigkeit (Haus-, Maschinenarbeit)		200
schwere körperliche Tätigkeit (schwere Maschinenarbeit)	IV	300



Je kleiner die Umgebungslufttemperatur (im Winter) wird, um so größer muss die sensible (fühlbare) Wärmeabgabe des Körpers werden. Der Mensch würde frieren, wenn er sich nicht durch entsprechende Kleidung vor zu hohen Wärmeverlusten schützt.

Bei hohen Lufttemperaturen (im Sommer) erhöht sich dann zwangsläufig die latente (feuchte) Abgabe von Wärme, damit die gesamte abzugebende Wärme über die Körperoberfläche etwa konstant bleibt.

Bei körperlich schwerer Arbeit gibt der Mensch vermehrt Wärme an seine Umgebung ab (Tabelle 2.2). Dies ist auch der Grund dafür, dass in Arbeitsräumen mit hohem körperlichen Einsatz die Raumlufttemperatur niedriger gehalten werden kann als beispielsweise in Aufenthaltsräumen.

## 2.2 Behaglichkeit und Einflussgrößen

Der Bereich äußerer messbarer Luftzustände (Lufttemperatur, -feuchte und -bewegung), unter denen sich der Mensch besonders wohl fühlt, nennt man den Behaglichkeitsbereich. Genau lässt sich dieser Bereich im Einzelnen jedoch nicht abgrenzen, da außerdem noch eine erhebliche Anzahl anderer Faktoren, wie z.B. die Kleidung, der Gesundheitszustand, das Alter des Menschen, die Temperaturen der Umschließungsflächen des Raumes, Geräusche, Gerüche und Luftverunreinigungen dabei eine Rolle spielen (Bild 2.1).

**Behaglichkeit**

### 2.2.1 Thermische Einflussgrößen

#### Raumlufttemperatur $\vartheta_i$

Wie bereits erwähnt, spielt die Raumlufttemperatur für die Höhe der Gesamtwärmeabgabe des Menschen an die Umgebungsluft eine ent-

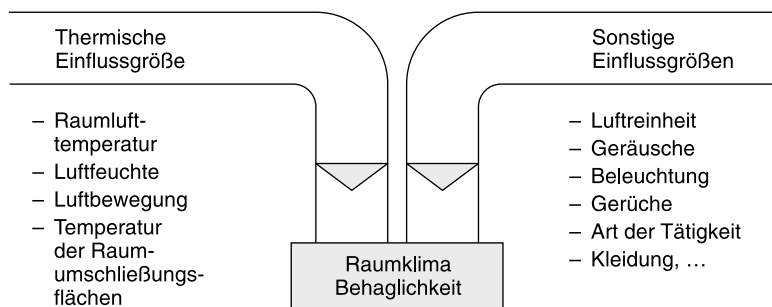
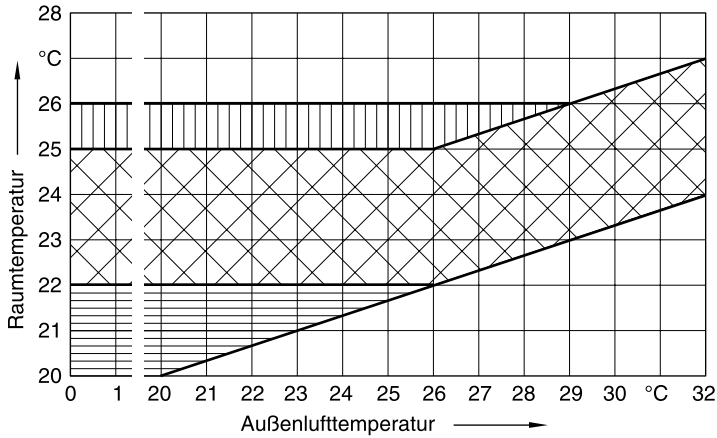


Bild 2.1  
Einflussgrößen auf die Behaglichkeit

Bild 2.2  
Zulässigkeitsbereich der  
Raumlufttemperatur  
nach DIN 1946 Teil 2 in  
Abhängigkeit von der  
Außentemperatur  $\vartheta_a$   
– Aktivitätsstufen I  
und II  
– leichte bis mittlere  
Bekleidung



scheidende Rolle. Die Temperaturangaben in Bild 2.2 sind als Mittelwert, also nicht als absolute Größen, zu betrachten.

Im Winter kann  $\vartheta_i$  aufgrund der wärmeren Kleidung kleiner angesetzt werden als im Sommer. Diese Tatsache schlägt sich auch in der Wahl von Norm-Innentemperaturen im Zusammenhang mit der Ermittlung der Normheizlast nach DIN EN 12 831 nieder.

Auch bei körperlich schwerer Arbeit dürfen die Raumlufttemperaturen entsprechend niedriger liegen. Je nach Tätigkeit können sie zwischen 10 °C und 18 °C angesetzt werden.

**Raumlufttemperat-  
uren als Funktion  
der Tätigkeit**

### Raumluftfeuchte $\varphi$

Menschen geben immer einen Teil ihrer Wärme als Verdampfungswärme  $\dot{Q}_f$  an die Raumluft ab. Dies bedeutet aber auch, dass die Umgebungsluft in der Lage sein muss, aufnahmefähig für Wasserdampf zu sein. Die empfohlene relative Feuchte  $\varphi$  als Richtgröße sollte sich etwa zwischen 40 % und 60 % bewegen (Bild 2.3).

**Empfohlene relative  
Feuchte**

Tabelle 2.3 Feuchteabgabe in Wohnungen [3]

Topfpflanzen	7–15 g/Stunde
Mittelgroßer Gummibaum	10–20 g/Stunde
Trocknende Wäsche, 4,5-kg-Trommel, geschleudert	50–200 g/Stunde
Wannenbad	ca. 1100 g/Bad
Duschbad	ca. 1700 g/Bad
Kurzzeitgericht	400–500 g/Stunde Kochzeit
Langzeitgericht	450–900 g/Stunde Kochzeit
Geschirrspülmaschine	ca. 200 g/Spülgang
Waschmaschine	200–350 g/Waschgang
Menschen	
– Schlafen	40–50 g/Stunde
– Haushaltsarbeit	ca. 90 g/Stunde
– anstrengende Tätigkeit	ca. 175 g/Stunde

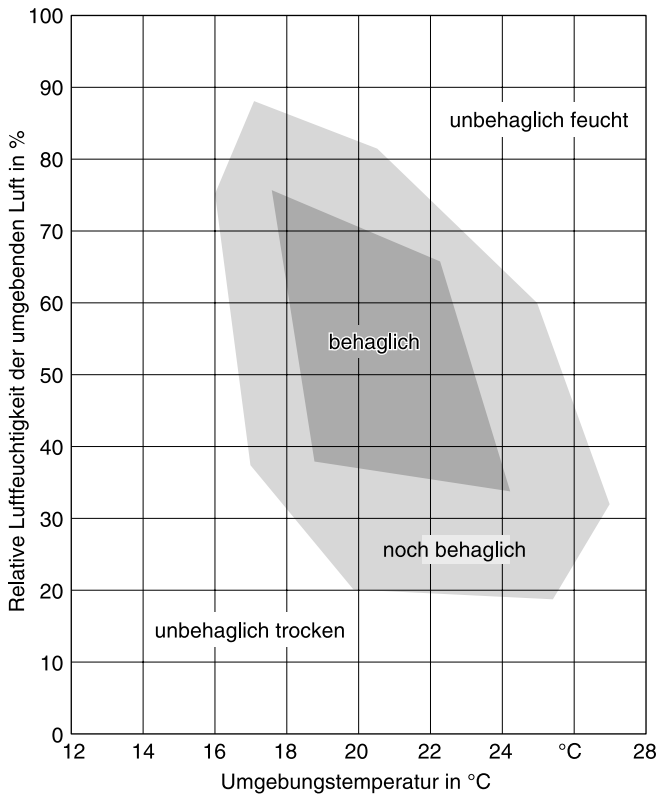


Bild 2.3  
Behaglichkeitsbereich  
der relativen Feuchte  
[12]

Die Raumluftfeuchte wird aber nicht nur vom Menschen allein beeinflusst. Beispielsweise lassen sich in Wohnungen auch andere Feuchtequellen, wie Wasserdampf aus Bad und Küche, finden (Tabelle 2.3).

### Luftbewegung (Luftgeschwindigkeit) $v$

Die Art der Luftströmung in geschlossenen Räumen hat einen erheblichen, nicht zu unterschätzenden Einfluss auf das menschliche Wohlbefinden. Im Zusammenhang mit Lüftungs- und Klimaanlage sind Zugserscheinungen durch zu kalte oder zu schnell eingeblasene Luft häufiger Grund der Unzufriedenheit mit der Anlage. Bei Normaltemperaturen (20...22 °C) werden deshalb zulässige Raumluftgeschwindigkeiten von etwa 0,1...0,2 m/s angegeben (Bild 2.4). Die Wahl der Geschwindigkeiten im Aufenthaltsbereich hängt auch von der jeweiligen Raumnutzung ab. So können in Räumen mit großer Aktivität höhere Geschwindigkeiten zugelassen werden.

### Luftbewegung in Räumen