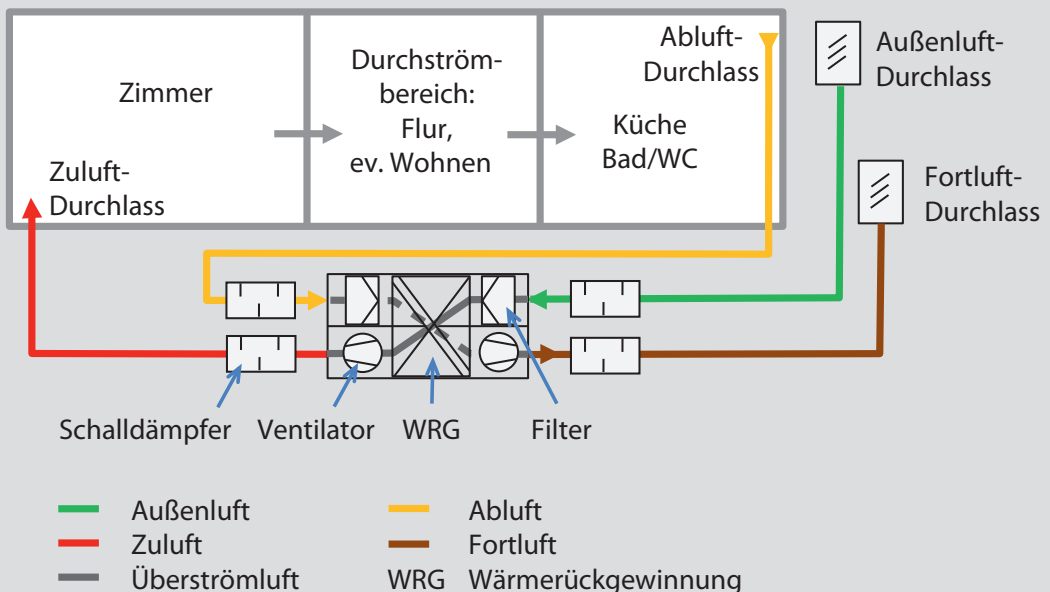


Heinrich Huber

Komfortlüftung in Wohngebäuden

Systeme, Konzepte, Umsetzung



Komfortlüftung in Wohngebäuden

Systeme, Konzepte, Umsetzung

mit 152 Abbildungen und 45 Tabellen

Prof. Heinrich Huber



Rudolf Müller

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de/abrufbar>.

© Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln 2016
Alle Rechte vorbehalten

Das Werk einschließlich seiner Bestandteile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne die Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme.

Maßgebend für das Anwenden von Normen ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist. Maßgebend für das Anwenden von Regelwerken, Richtlinien, Merkblättern, Hinweisen, Verordnungen usw. ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der jeweiligen herausgebenden Institution erhältlich ist. Zitate aus Normen, Merkblättern usw. wurden, unabhängig von ihrem Ausgabedatum, in neuer deutscher Rechtschreibung abgedruckt.

Das vorliegende Werk wurde mit größter Sorgfalt erstellt. Verlag und Autor können dennoch für die inhaltliche und technische Fehlerfreiheit, Aktualität und Vollständigkeit des Werkes und seiner elektronischen Bestandteile (Internetseiten) keine Haftung übernehmen.

Wir freuen uns, Ihre Meinung über dieses Fachbuch zu erfahren. Bitte teilen Sie uns Ihre Anregungen, Hinweise oder Fragen per E-Mail: fachmedien.bau@rudolf-mueller.de oder Telefax: 0221 5497-6141 mit.

Lektorat: Petra Sander, Köln
Umschlaggestaltung: Künkelmedia, Brühl
Satz: WMTP Wendt-Media Text-Processing GmbH, Birkenau
Druck und Bindearbeiten: Westermann Druck Zwickau GmbH, Zwickau
Printed in Germany

ISBN 978-3-481-03405-4 (Buch-Ausgabe)
ISBN 978-3-481-03406-1 (E-Book-Ausgabe als PDF)

Vorwort

Im Zeichen der Energiewende und eines steigenden Gesundheitsbewusstseins gewinnt die Lüftung von Wohnungen zunehmend an Bedeutung. In unseren Breitengraden und bei der heutigen Wohnkultur bietet sich die Komfortlüftung als optimale Lösung an, um sowohl eine gute Raumluftqualität als auch eine hohe Energieeffizienz zu erreichen. Dieses Buch befasst sich daher vorwiegend mit diesem Lüftungssystem.

In diesem Buch versteht sich eine Komfortlüftung als eine Anlage mit mechanisch geförderter Zu- und Abluft sowie mit Wärmerückgewinnung. Eine solche Anlage versorgt eine einzelne Wohnung bzw. ein Einfamilienhaus mit der hygienisch angemessenen Außenluftmenge. Der Begriff Komfortlüftung ist im Regelwerk der deutschsprachigen Länder nicht definiert. Er entspricht folgenden in Normen festgelegten Bezeichnungen:

- in Deutschland nach DIN 1946-6 „Zu-/Abluftsystem, Zentralventilator-Lüftungsanlage mit Wohnungs-Lüftungsgerät“ im Mehrfamilienhaus bzw. „Zu-/Abluftsystem, Wohnungs-Lüftungsgerät“ im Einfamilienhaus;
- in Österreich nach OENORM H 6038 „Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung“;
- in der Schweiz nach SIA 2023 „einfache Lüftungsanlage, Typ Einzelwohnungsanlage“.

Baufachleute erhalten Anleitungen und Hinweise, was in der Praxis bei der Planung, der Umsetzung und beim Betrieb dieser Anlagen zu beachten ist.

Neben der Komfortlüftung existieren diverse weitere Systeme für die Wohnungslüftung. Diese haben durchaus ihre Berechtigung. In diesem Buch wird nur soweit auf andere Lösungen eingegangen, wie es erforderlich ist, um die Unterschiede gegenüber der Komfortlüftung und geeignete Einsatzgebiete aufzuzeigen.

Das Zielpublikum dieses Buches sind Fachleute. Es wird daher vorausgesetzt, dass die einschlägigen nationalen Vorschriften und Normen bekannt sind. Dieses Buch versteht sich nicht als Erläuterung zu europäischen und nationalen Vorschriften und Normen. Wer dies sucht, findet z. B. in Deutschland genügend Fachliteratur, die sich schwerpunktmäßig mit der DIN 1946-6 auseinandersetzt.

Danksagung

Besten Dank an alle, die zum Entstehen dieses Buches beigetragen haben, im Speziellen an

Claus Händel, Fachverband Gebäude-Klima e. V., Bietigheim-Bissingen, für das Fachlektorat der [Kapitel 1 bis 4](#) sowie Hinweise zu europäischen und deutschen Vorschriften und Normen;

Andreas Greml, Technisches Büro – Ingenieurbüro, Kufstein, für das [Kapitel 1.5.3](#) sowie Hinweise zu österreichischen Vorschriften und Normen;

Prof. Dr. Rainer Pfluger, Universität Innsbruck, für Informationen zu Forschungsarbeiten im Bereich Passivhaus und Wohnungslüftung; zusammen mit Andreas Greml hat er im Vorfeld wesentliche Inputs geleistet, damit dieses Buch entstanden ist;

Dr. Gabriel Rojas-Kopeinig für Informationen und Unterlagen zur Kaskadenlüftung und zu Überström-Durchlässen; seine Dissertation an der Universität Innsbruck befasst sich mit der Optimierung der mechanischen Lüftung in energieeffizienten Gebäuden;

Benno Zurfluh, Ingenieurbüro Zurfluh Lottenbach GmbH, Luzern, für Fachgespräche und das umfangreiche Bildmaterial zur Planung und zur Installation von Komfortlüftungen;

Erich Herzog von der Firma HCN Clean AG, Cham (Schweiz), für die Anregungen, Fachgespräche und Bilder zum Thema Hygiene und Reinigung;

Dominik Hotz, Hochschule Luzern, Abteilung Gebäudetechnik, für das Fachlektorat Akustik;

Petra Sander und Brigitte van Eymeren von der Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG für die Unterstützung bei der Strukturierung sowie die sprachlichen und inhaltlichen Präzisierungen;

alle weiteren Personen und Firmen, die Bilder und Informationen zur Verfügung gestellt haben.

Luzern, im August 2016
Heinrich Huber

Inhalt

	Vorwort	5
1	Grundlagen der Wohnungslüftung	13
1.1	Prinzip, zentrale Begriffe und Aufgaben der Wohnungs- lüftung	13
1.2	Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit	17
1.3	Raumluftqualität und Schadstoffe	19
1.3.1	CO ₂ -Gehalt der Luft und Gerüche	19
1.3.2	Raumluftfeuchte	20
1.3.2.1	Angestrebter Bereich	20
1.3.2.2	Niedrige Raumluftfeuchte	21
1.3.2.3	Hohe Raumluftfeuchte	23
1.3.2.4	Parkett und feuchteempfindliche Baustoffe	23
1.3.3	Schadstoffe im Innenraum	24
1.3.4	Außenluftbelastung	25
1.3.5	Radon	25
1.4	Sommerlicher Wärmeschutz und Kühlung	26
1.4.1	Sommerlicher Wärmeschutz	26
1.4.2	Kühlung	27
1.4.2.1	Nachtauskühlung	27
1.4.2.2	Statische Kühlung	28
1.4.2.3	Kühlung und Entfeuchtung	28
1.4.2.4	Aktive Kühlung über die Komfortlüftung	28
1.5	Vorschriften und Normen	29
1.5.1	Europäische Union	30
1.5.1.1	Gebäuderichtlinie	30
1.5.1.2	Normen	30
1.5.2	Deutschland	31
1.5.2.1	Energievorschriften	31
1.5.2.2	Brandschutzvorschriften	32
1.5.2.3	Normen	32
1.5.3	Österreich	33
1.5.3.1	Energie- und Bauvorschriften	33
1.5.3.2	Brandschutzvorschriften	33
1.5.3.3	Normen	34
1.5.4	Schweiz	34
1.5.4.1	Energievorschriften	34
1.5.4.2	Brandschutzvorschriften	35
1.5.4.3	Normen und Merkblätter	36

2	Vergleich von Lüftungssystemen für Wohnungen	37
2.1	Lüftungssysteme	37
2.1.1	Natürliche Lüftung	37
2.1.1.1	Manuelle Fensterlüftung	38
2.1.1.2	Automatische Fensterlüftung	39
2.1.1.3	Fensterlüfter	40
2.1.2	Mechanische Lüftung	42
2.1.2.1	Abluftanlagen	42
2.1.2.2	Komfortlüftung	44
2.1.2.3	Einzelraumlüftung	46
2.1.2.4	Mehrraumlüftung	51
2.2	Energieeffizienz und energetischer Vergleich von Lüftungssystemen	51
2.2.1	Eco-Design und Energieetikett	51
2.2.2	Energetische Kenngrößen von Lüftungsgeräten und deren Komponenten	53
2.2.2.1	Kenngrößen für die Luftförderung	53
2.2.2.2	Kenngrößen für die Wärmerückgewinnung	54
2.2.2.3	Kenngrößen für die Feuchterückgewinnung	57
2.2.3	Jahresenergiebedarf und spezifischer Energieverbrauch von Systemen mit mechanischer Lüftung	57
2.2.3.1	Elektrischer Energieverbrauch	58
2.2.3.2	Heizenergieeinsparung	60
2.2.3.3	Vergleich des spezifischen Energieverbrauchs von Systemen mit mechanischer Lüftung gegenüber der Fensterlüftung	61
2.2.4	Leistungsbedarf und Vergleich der elektrischen Aufnahmeleistung von Systemen mit mechanischer Lüftung gegenüber der Fensterlüftung	64
2.2.5	Energieverbrauch einer Befeuchtung	66
2.2.6	Graue Energie, Betriebsenergie und energetische Amortisationszeit von Systemen mit mechanischer Lüftung	66
2.3	Wahl und qualitativer Vergleich von Lüftungssystemen	70
2.3.1	Pragmatische Systemwahl	70
2.3.2	Vergleich des realen Lüftungsverhaltens bei verschiedenen Systemen	70
3	Projektablauf und Organisation	73
3.1	Vorgehen bei der Planung und Umsetzung	73
3.2	Projektgrundlagen	74
3.2.1	Bedarfsbestimmung	75
3.2.2	Rahmenbedingungen	76
3.3	Lüftungslayout	77
3.4	Projekt	77
3.4.1	Dokumentation und Leistungen	77
3.4.2	Pläne	79
3.5	Umsetzung	80
3.6	Koordination	80

4	Lüftungslayout (Lüftungskonzept)	83
4.1	Lüftungszonen	83
4.1.1	Wohnbereich	84
4.1.2	Beheizte Räume außerhalb des Wohnbereichs	85
4.1.3	Unbeheizte Räume	86
4.2	Betriebsweise und Steuerung	87
4.2.1	Dauerbetrieb oder Ein-/Aus-Betrieb	87
4.2.2	Betriebsstufen	87
4.2.2.1	Festlegung der Betriebsstufen	87
4.2.2.2	Handsteuerung	88
4.2.2.3	Luftqualitätsregelung	88
4.2.3	Wartungsarbeiten, Störfall und Nutzungsunterbrechungen	89
4.2.4	Zonen- oder Einzelraumsteuerung	89
4.2.5	Spezielle Aspekte im Mehrfamilienhaus	90
4.3	Anlagentyp	91
4.3.1	Einzel- oder Mehrwohnungsanlage	91
4.3.2	Komfortlüftung mit Heizfunktion	93
4.4	Luftbehandlung	96
4.4.1	Wärme- und Feuchterückgewinnung	96
4.4.2	Abluft-Wärmepumpe	98
4.4.3	Vereisungsschutz und Vorwärmung	98
4.4.4	Zulufttemperatur und Nachwärmung	99
4.5	Luftführung und Positionierung	102
4.5.1	Gerätestandort und Zugänglichkeit der Anlagenkomponenten	102
4.5.2	Hauptverteilung im Einfamilienhaus	102
4.5.3	Gerätestandort und Hauptverteilung im Mehrfamilienhaus	104
4.5.4	Außenluft- und Fortluftleitungen	112
4.5.5	Außenluft- und Fortluft-Durchlässe	113
4.5.5.1	Außenluft-Durchlässe	113
4.5.5.2	Fortluft-Durchlässe	115
4.5.5.3	Abstände zwischen Außenluft- und Fortluft-Durchlässen	115
4.5.6	Zuluft- und Abluftleitungen	118
4.5.7	Leitungsführung der Feinverteilung	120
4.5.8	Luftführung im Wohnbereich	124
4.5.9	Überström-Durchlässe	125
4.6	Spezielle Aspekte bei Küchenabluft und Sicherheit	129
4.6.1	Küchenabluft	129
4.6.2	Brandschutz	130
4.6.3	Feuerstätten in der Wohnung	131
4.7	Dokumentation und Koordination	133
5	Luftführung und Luftvolumenströme	135
5.1	Luftführung in der Wohnung	135
5.1.1	Kaskadenlüftung	135
5.1.2	Wohnzimmer im Durchströmbereich	137
5.1.3	Verbundlüftung	140
5.2	Luftvolumenströme	143
5.2.1	Dimensionierung von Luftvolumenströmen	143

5.2.1.1	Dimensionierung pro Person sowie nach Wohnungs- und Raumtypen	146
5.2.1.2	Dimensionierung für eine gesamte Lüftungszone	149
5.2.2	Luftvolumenströme bei verschiedenen Betriebsstufen	153
5.2.3	Einregulierung von Luftvolumenströmen	153
5.3	Luftführung im Raum	154
5.3.1	Normal induzierende Zuluft-Durchlässe	154
5.3.2	Schwach induzierende Zuluft-Durchlässe	159
5.3.3	Abluft-Durchlässe	161
5.4	Überström-Durchlässe	162
5.4.1	Druckverlust	162
5.4.2	Schalldämmung	163
5.4.3	Luftspalt unter der Tür	164
5.4.3.1	Freier Türspalt	165
5.4.3.2	Bodendichtung als Überström-Durchlass	166
5.4.4	Standardprodukte	168
5.4.5	Vergleich von Überström-Durchlässen	169
5.4.6	Schalldämmung zwischen Räumen bei Trennflächen mit Überström-Durchlass	171
5.5	Küchenabluft	174
5.5.1	Umluft-Dunstabzugshaube	174
5.5.2	Fortluft-Dunstabzugshaube	175
5.5.2.1	Nachströmung mit Außenluft-Durchlass	177
5.5.2.2	Nachströmung über ein offenes Fenster	177
5.5.2.3	Mechanisch zugeführte Ersatzluft	178
5.5.2.4	Anschluss der Fortluft-Dunstabzugshaube an die Komfortlüftung	179
5.5.3	Dunstabzugshauben mit Umluft und Fortluft	180
6	Luftverteilung	183
6.1	Kriterien für die Wahl eines Verteilsystems	183
6.2	Dimensionierung der Leitungen und Druckverluste	183
6.2.1	Dimensionierung der Leitungen	183
6.2.2	Druckverluste	187
6.3	Luftdichtheit	192
6.3.1	Luftdichtheitsklassen	192
6.3.2	Kontrolle der Luftdichtheit	194
6.4	Wärmedämmung	194
6.4.1	Energiebilanz und Dämmstärken	194
6.4.2	Ausführung	197
6.5	Reinigung und Hygiene	198
6.5.1	Berücksichtigung bei Planung und Installation	198
6.5.2	Erstreinigung	200
6.6	Installation	200
6.7	Komponenten	202
6.7.1	Außenluft- und Fortluft-Durchlässe	202
6.7.1.1	Konstruktion	202
6.7.1.2	Dimensionierung	203

6.7.2	Rohre und Kanäle für Luftleitungen und Leitungssysteme . . .	204
6.7.3	Einregulierarmaturen	205
6.7.3.1	Drosselklappen und -elemente	205
6.7.3.2	Volumenstromregler	207
6.7.4	Wohnungslüftungsboxen	208
7	Lüftungsgeräte und Luftbehandlung	211
7.1	Grundsätze zur Wahl von Lüftungsgeräten	211
7.2	Bauarten von Lüftungsgeräten	212
7.2.1	Gerätetypen	212
7.2.2	Bauform und Aufstellung	213
7.2.3	Ventilatoranordnung im Lüftungsgerät	214
7.3	Funktionen und relevante Eigenschaften von Lüftungsgeräten	215
7.3.1	Luftbehandlungsfunktionen	215
7.3.2	Sicherheitsfunktionen	216
7.3.3	Deaktivierung der Wärmerückgewinnung im Sommer	216
7.3.4	Interne und externe Leckagen	217
7.3.5	Hygiene	217
7.3.6	Wärmedämmung	218
7.4	Luftförderung und elektrische Leistung	218
7.4.1	Kennlinienfelder und Betriebsmodi	218
7.4.2	Externer Wirkungsgrad	223
7.4.3	Spezifische Geräteleistung	224
7.5	Energieaufwand für den Vereisungsschutz	226
7.5.1	Vereisungsgrenze	226
7.5.2	Lüftungswärmeverluste und Heizenergieeinsparung	228
7.5.3	Energetischer Vergleich von Vereisungsschutzvarianten	231
7.6	Luftfilter	233
7.6.1	Klassifizierung und Begriffe	233
7.6.2	Zuluftfilter (Außenluftfilter)	234
7.6.3	Aktivkohlefilter	235
7.6.4	Abluftfilter und Abluft-Durchlässe mit Filtern	235
7.6.5	Filterwartung und Filterüberwachung	236
7.6.6	Filter-Bypass-Leckage	237
7.7	Geräte mit Abluft-Wärmepumpen	237
7.7.1	Bauarten	238
7.7.2	Leistungs- und Energiebilanz	240
7.7.3	Hinweise zur Dimensionierung	243
7.8	Erdreich-Wärmeübertrager	244
7.8.1	Luft-Erdreich-Wärmeübertrager	245
7.8.1.1	Ausführung und Verlegung	245
7.8.1.2	Dimensionierung	248
7.8.2	Sole-Erdreich-Wärmeübertrager	251
7.8.3	Vergleich von Sole- und Luft-Erdreich-Wärmeübertragern	252
8	Schallschutz	253
8.1	Grundlagen der Akustik	253
8.1.1	Schalldruckpegel, Schalleistungspegel und A-Bewertung	253
8.1.2	Addition von Schallpegeln	254

8.2	Schallschutzanforderungen an eine Komfortlüftung	255
8.3	Schallausbreitung in Räumen	257
8.4	Schallschutzhinweise auf Anlagenkomponenten	259
8.4.1	Luft-Durchlässe	259
8.4.2	Luftleitungen	260
8.4.3	Formstücke	261
8.4.4	Verzweigungen und Verteilerkästen	262
8.4.5	Ventilatoren und Lüftungsgeräte	263
8.4.5.1	Daten von Lüftungsgeräten	264
8.4.5.2	Schallleistungspegel in Abhängigkeit von Ventilator-drehzahl und Luftvolumenstrom	266
8.4.5.3	Schallleistungspegel bei konstanter Ventilator-drehzahl	267
8.4.6	Schalldämpfer	268
8.5	Schallberechnung für eine Gesamtanlage	269
8.6	Telefonie und Schallschutz zwischen Aufstellungs- und Wohnraum	274
8.6.1	Telefonie	274
8.6.2	Schallschutz zwischen Aufstellungs- und Wohnraum	274
8.7	Schallschutz gegen außen	276
9	Übergabe und Instandhaltung	281
9.1	Übergabe	281
9.1.1	Zweck und Umfang	281
9.1.2	Vollständigkeitsprüfung	281
9.1.3	Funktionsprüfung	282
9.1.4	Funktionsmessung	282
9.1.5	Hygienekontrolle	284
9.1.6	Dokumentation und Bedienungsanleitung	287
9.1.7	Instruktion	287
9.2	Instandhaltung	288
9.2.1	Wartung und Reinigung durch Laien	288
9.2.2	Inspektion und Reinigung durch Fachleute	289
9.2.3	Checkliste für die Instandhaltung	289
10	Anhang	293
10.1	Normen, Rechtsvorschriften und Literatur	293
10.1.1	Normen	293
10.1.2	Rechtsvorschriften	295
10.1.3	Literatur	295
10.2	Internetadressen für Lüftungsgeräte, Radonfachstellen und Software	298
10.2.1	Listen von Lüftungsgeräten und Bewertungssysteme	298
10.2.2	Radonfachstellen	298
10.2.3	Software	299
10.3	Kennzeichnungen der Luftarten und Symbole für lüftungs-technische Schemata	299
10.4	Stichwortverzeichnis	301

1 Grundlagen der Wohnungslüftung

1.1 Prinzip, zentrale Begriffe und Aufgaben der Wohnungslüftung

Prinzip

Bei der Wohnungslüftung geht es darum, die verbrauchte Raumluft gegen frische Außenluft auszutauschen. Bei der **natürlichen Lüftung** führen Wind- und Auftriebskräfte zu Luftvolumenströmen durch geplante oder zufällige Öffnungen in der Gebäudehülle. Die Öffnungen reichen von speziellen Lüftungselementen über Fenster bis zu Ritzen und Fugen.

Bei der **mechanischen Lüftung** sorgen Ventilatoren für den Lufttransport (zu den unterschiedlichen Lüftungssystemen siehe [Kapitel 2.1](#)). Der Luft-eintritt und der Luftaustritt erfolgen bei der mechanischen Lüftung immer an speziell dafür konzipierten Öffnungen, den sog. **Luft-Durchlässen**.

Die Geräte von mechanischen Lüftungen, die **Lüftungsgeräte**, sind in der Regel mit Ventilatoren, Wärmerückgewinnung und Filtern ausgestattet ([Abb. 1.1](#)). Weitere Komponenten, wie Vereisungsschutz, Sommerbypass und Nachwärmer, sind möglich (siehe [Kapitel 4.4](#) und 7). Im Rahmen des europäischen Energieetiketts wird auch der Begriff Wohnungslüftungsgerät verwendet. Der Transport vom Lüftungsgerät zu den Luft-Durchlässen und zurück erfolgt in der **Luftverteilung** (Kurzform: Verteilung). Dazu werden **Luftleitungen** verwendet, die teilweise auch als Luftkanäle oder Lüftungsrohre bezeichnet werden.

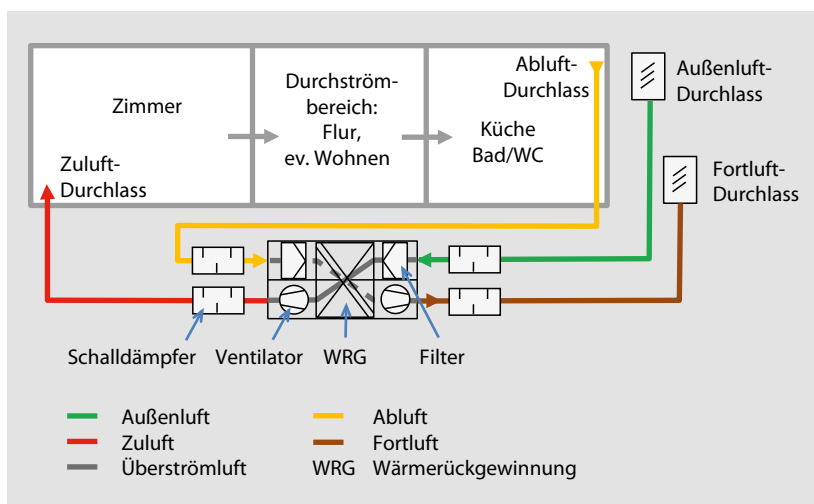


Abb. 1.1: Prinzip einer Komfortlüftung

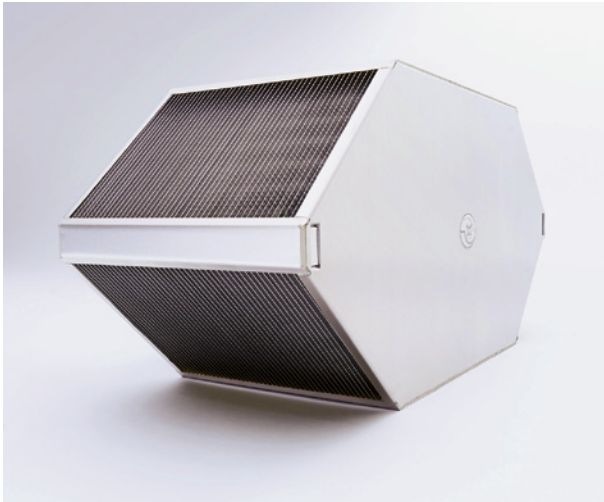


Abb. 1.2: Platten-Wärmeübertrager
(Quelle: Klingenburg GmbH)

Zentrale Begriffe

Die **Außenluft** ist unbehandelte Luft, die von außen in die Lüftungsanlage oder in eine Öffnung einströmt. Die **Zuluft** ist der Luftstrom, der aus dem Lüftungsgerät austritt und in den behandelten Raum eintritt. Die **Abluft** ist der Luftstrom, der den behandelten Raum verlässt und ins Lüftungsgerät eintritt. Die **Fortluft** ist der Luftstrom, der aus dem Lüftungsgerät austritt und ins Freie strömt. Die Grenze zwischen der Außenluft und der Zuluft liegt beim Zuluftventilator, die Grenze zwischen der Abluft und der Fortluft beim Abluftventilator.

Die Zuluft wird in den **Zuluft-Räumen** eingeblasen. Von dort gelangt sie über **Überström-Durchlässe** in den **Durchströmbereich**. Durch weitere Überström-Durchlässe strömt die Luft in die **Abluft-Räume**.

Die **Wärmerückgewinnung** ist die Wärmeübertragung von der Abluft auf die Zuluft mittels Wärmeübertrager. **Wärmeübertrager** sind in diesem Zusammenhang Einrichtungen zur Erwärmung und/oder Kühlung der Außenluft oder der Zuluft.

Die Wärmeübertragung von der Abluft auf die Zuluft mittels **Platten-Wärmeübertrager** erfolgt über eine Trennfläche, die aus vielen parallel angeordneten, dünnen Metall- oder Kunststoffplatten besteht (Abb. 1.2).

Bei der Wärmeübertragung mittels **Rotor** (auch Wärmerad genannt) strömt die Abluft durch Waben einer sich drehenden Scheibe (Rotor). Im Abluftstrom wärmt sich die Speichermasse des Rotors auf. Durch die stetige Drehbewegung gelangt die warme Speichermasse in den Außenluftstrom, wo sie die Wärme abgibt und damit die Außenluft erwärmt (Abb. 1.3).

Ein **Feuchteübertrager** überträgt neben sensibler (spürbarer) Wärme auch Feuchte von der Abluft auf die Zuluft. Dies ist sowohl mit speziellen Platten-Wärmeübertragern als auch mit Rotoren möglich. **Enthalpie-Übertrager** sind kombinierte Wärme- und Feuchteübertrager, bei denen kein Wasser in

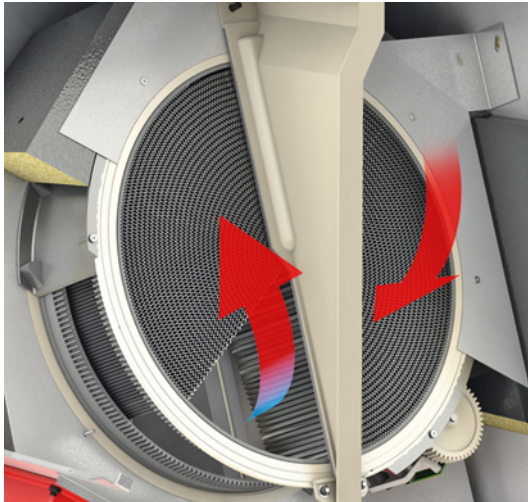


Abb. 1.3: Rotor (Quelle: Hoval Aktiengesellschaft)

flüssiger Form anfällt. Beim Platten-Wärmeübertrager erfolgt die Feuchteübertragung mittels einer dampfdurchlässigen Membran. Beim Rotor werden Wassermoleküle aus dem Abluftstrom an der hygroskopisch beschichteten Rotor-Oberfläche absorbiert und im Zuluftstrom wieder desorbiert.

Im Sommer ist eine Wärme- oder Feuchteübertragung oft unerwünscht. Lüftungsgeräte mit Platten-Wärmeübertragern werden daher teilweise mit einer Umgehung der Wärmerückgewinnung ausgerüstet. Bei diesem sog. **Sommerbypass** (auch als Wärmerückgewinnungsbypass bezeichnet) sorgt eine Klappensteuerung dafür, dass die Zuluft um die Wärmerückgewinnung herum strömt. Bei Rotoren ist kein Sommerbypass erforderlich, da sich die Wärmeübertragung durch die Drehzahl des Rotors steuern lässt.

Abluft enthält Feuchte, die beim Abkühlen in der Wärmerückgewinnung in Form von flüssigem Wasser kondensieren kann. Bei tiefen Außentemperaturen kann sich sogar Eis bilden. Ein Lüftungsgerät muss daher über einen **Vereisungsschutz** verfügen, der verhindert, dass eine Vereisung Funktionsstörungen oder Schäden verursacht. Bei Enthalpie-Übertragern tritt kein Kondensat auf. Bei sehr tiefen Außentemperaturen (je nach Fabrikat und Abluftfeuchte bei -5 bis -20 °C) kann aber dennoch eine Vereisung stattfinden. Das heißt, auch Geräte mit Enthalpie-Übertragern benötigen aus Sicherheitsgründen einen Vereisungsschutz.

Außenluft kann bei Bedarf durch Wärme aus dem Erdreich vorgewärmt oder gekühlt werden. Beim **Luft-Erdreich-Wärmeübertrager** wird die Außenluft durch im Erdreich verlegte Rohre geführt. Beim **Sole-Erdreich-Wärmeübertrager** werden im Erdreich Rohre verlegt, durch die Sole (frostsicheres Wasser-Glykol-Gemisch) zirkuliert. Die Sole nimmt im Erdreich Wärme auf und gibt sie über einen Wärmeübertrager an die Außenluft ab.

Mit **Belegung** wird die Anzahl der Personen bezeichnet, die sich regelmäßig in einer Wohnung aufhalten. Davon ist der Luftvolumenstrom abhängig, der für eine Lüftungsanlage dimensioniert (ausgelegt) werden muss.

Der **Luftvolumenstrom** ist die Menge Luft in Kubikmeter pro Stunde (m^3/h), der **Luftmassenstrom** die Menge Luft in Kilogramm pro Sekunde (kg/s), die von einem Lüftungssystem gefördert wird bzw. durch einen Teil eines Lüftungssystems strömt. Der Luftmassenstrom ist abhängig von dem Luftvolumenstrom und der Luftdichte, die sich wiederum mit der **Lufttemperatur** verändert. Da in der Lüftungstechnik Angaben in Luftvolumenströmen üblicher sind als in Luftmassenströmen, müssen bei der Dimensionierung (Auslegung) von Luftvolumenströmen für eine Lüftungsanlage die zugehörigen Temperaturen definiert werden. In der Regel beziehen sich Luftvolumenströme auf die Raumlufttemperatur.

Die Betriebsstufe und damit der geförderte Luftvolumenstrom lassen sich bei heutigen Lüftungsanlagen auf verschiedene Arten steuern und regeln. Bei der **Handsteuerung** stellen die Nutzer über einen Wahlschalter die Betriebsstufe ein. Bei einer **Zeitsteuerung** übernimmt eine Schaltuhr diese Funktion. Eine weitere Variante besteht darin, dass die Betriebsstufe mithilfe von Luftqualitäts- oder Feuchtesensoren automatisch geregelt wird, was als Bedarfsregelung oder **Bedarfssteuerung** bezeichnet wird. (Entsprechend der EU-Verordnung Nr. 1254/2014 vom 11. Juli 2014 wird im Folgenden der Begriff Bedarfssteuerung verwendet, auch wenn korrekterweise von einer Regelung gesprochen werden müsste.) Bei vielen Lüftungsanlagen sind 2 oder gar alle 3 der aufgeführten Steuerungs- bzw. Regelungsoptionen kombiniert vorhanden. Der Begriff **Steuerung** wird als Oberbegriff für alle erwähnten Varianten verwendet.

Der Begriff **Komfortlüftung** ist nicht normativ geregelt. Im vorliegenden Buch werden unter diesem Lüftungssystem folgende Lüftungsanlagen verstanden:

- Die Außenluft wird gefiltert und durch eine Wärmerückgewinnung erwärmt.
- Die Zuluft strömt in den Zimmern in die Wohnung und wird als Abluft in Bad, WC und Küche abgesaugt. Die Zuluft und die Abluft werden mechanisch gefördert. Beide Luftvolumenströme sind gleich groß, sodass in der Wohnung weder ein Unter- noch ein Überdruck entsteht (zu den Risiken bei Unterdruck und Überdruck siehe [Kapitel 1.5](#)). Durch den ausgeglichenen Druck strömt die Luft nur über die dafür bestimmten Wege in den Raum bzw. aus dem Raum. Bei Druckdifferenzen kann Luft zusätzlich durch Ritzen und Fugen sowie durch Installationszonen strömen. Diese Wege sind hygienisch nicht kontrollierbar (eventuell liegen hier Verschmutzungen oder Emissionen aus Baustoffen vor) und möglicherweise auch von der thermischen Behaglichkeit her problematisch (lokale Zugluft Risiken).
- Die Luftvolumenströme sind für den hygienischen Bedarf der Bewohner dimensioniert.
- Die Zuluft wird weder aktiv befeuchtet noch aktiv gekühlt. Optional können Enthalpie-Übertrager zur passiven Befeuchtung oder Erdreich-Wärmeübertrager zur passiven Kühlung eingesetzt werden.

Einzelwohnungsanlagen sind Komfortlüftungen für einzelne Wohnungen oder Einfamilienhäuser. Bei **Mehrwohnungsanlagen** werden mehrere Wohnungen von einem Lüftungsgerät versorgt und die Wohnungen sind über die Hauptverteilung lüftungstechnisch miteinander verbunden.

Aufgaben

Die primäre Aufgabe jeder Wohnungslüftung besteht darin, die Bewohner mit guter Luft zu versorgen. Die Umsetzung dieser trivialen und einleuchtenden Forderung wirft in der Praxis einige Fragen auf:

- Was ist eine gute Raumlufthqualität?
- Wie weit müssen sich die Nutzer aktiv beteiligen, damit die Lüftung den geplanten Nutzen erzielt?
- Wie weit muss eine Wohnungslüftung ein nicht ideales Nutzerverhalten, außergewöhnliche Luftbelastungen und weitere Störeinflüsse auffangen können?
- Gehört der Schutz vor externen Immissionen auch zu den Aufgaben der Wohnungslüftung?

[Kapitel 1.3](#) behandelt die erste Frage. Die weiteren Fragen müssen von den Entscheidungsträgern im Rahmen der sach- und fachgerechten Bewertung, also der Evaluation, des Lüftungssystems beantwortet werden. In [Kapitel 2](#) wird aber darauf eingegangen, ob und wie gut die **Komfortlüftung** und weitere Lüftungssysteme die in den Fragen angesprochenen Probleme lösen können.

Neben der Kernaufgabe der guten Raumlufthqualität hat eine Wohnungslüftung noch weitere Aufgaben:

- Ein angemessener Luftaustausch ist ein wesentlicher Bestandteil des baulichen **Feuchteschutzes**. Auf dieses Thema wird detailliert in [Kapitel 1.3.2](#) eingegangen.
- Die Wohnungslüftung muss eine hohe **Energieeffizienz** erfüllen. Neben möglichst geringen Lüftungswärmeverlusten soll auch der Verbrauch an elektrischer Energie gering sein. In [Kapitel 2.2](#) wird der Energieverbrauch der verschiedenen Lüftungssysteme diskutiert.
- Der bauliche **Schallschutz** darf durch die Wohnungslüftung nicht geschwächt werden. Das ist u. a. ein Thema in den [Kapiteln 5.4](#) und [8](#).
- Die Wohnungslüftung liefert einen Beitrag zum **sommerlichen Wärmeschutz**, indem typischerweise nachts eine freie Kühlung mit erhöhtem Luftaustausch stattfindet. Hinweise dazu finden sich in [Kapitel 1.4](#).

1.2 Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit

Bei jeder Evaluation eines geeigneten Lüftungssystems spielt ein Kriterium die zentrale Rolle: die Kosten bzw. die Wirtschaftlichkeit. Die gängige Lehrmeinung der Ökonomie ist, dass der geforderte Nutzen mit den geringstmöglichen Kosten zu erbringen ist. Einige Vorteile der Komfortlüftung lassen sich jedoch kaum monetär quantifizieren. Was ist z. B. das Filtern von Pollen wert?

Die **Komfortlüftung** schneidet bei den meisten nicht monetären Kriterien besser ab als andere gebräuchliche Lüftungssysteme. Ebenso sind die Betriebskosten (Energie, Wartung) der Komfortlüftung meistens niedriger. Die Investitionskosten sind aber typischerweise höher und können längst nicht immer durch die niedrigeren Betriebskosten amortisiert werden.

Hauptargument Komfort

Damit Ansprüche an die Wohnungslüftung nicht in jedem Bauvorhaben neu definiert und bewertet werden müssen, legen Vorschriften und Normen Anforderungen fest (siehe [Kapitel 1.5](#)). Trotzdem besteht ein großer Ermessensspielraum.

Bevor eine Wirtschaftlichkeitsberechnung erstellt wird, sollte die Frage gestellt werden, ob Auftraggeber und Bewohner bereit sind, für den Nutzen der Komfortlüftung höhere Investitionskosten in Kauf zu nehmen. Diese Frage hat den gleichen Charakter wie die Frage nach dem Standard einer Küche und ist insbesondere für Einfamilienhäuser und den mittelständischen bis gehobenen Wohnungsbau zielführend. So gehört die Komfortlüftung z. B. bei Eigentumswohnungen in den großen schweizerischen Ballungsräumen praktisch zur Standardausrüstung. Gründe dafür sind die gute Raumluftqualität, der Schutz vor Außenlärm und die automatische Funktion. Die Energieeinsparung ist dabei höchstens ein Nebenargument.

Einfachheit und Werterhaltung

Im sozialen und gemeinnützigen Wohnungsbau kann nur bedingt mit dem höheren Komfort argumentiert werden. In subventionierten Wohnungen sind Mehrinvestitionen aus Komfortgründen teilweise gar nicht zulässig. In diesem Bereich muss dargelegt werden, dass mit einer Komfortlüftung weniger Feuchteschäden auftreten und damit zu einer besseren Werterhaltung beigetragen wird. Bauherren in diesem Segment haben teilweise Auflagen für energieeffizientes und ökologisches Bauen. Auch das spricht für die Komfortlüftung.

Planer und Unternehmer sind gefordert, in diesem Segment einfache und kostengünstige Anlagen zu realisieren. Ein Ziel dieses Buches ist es, entsprechende Hinweise zu geben. So wird z. B. beim Thema Luftführung darauf eingegangen, wo in Wohnzimmern auf Zuluft-Durchlässe verzichtet werden kann (siehe [Kapitel 5.1.2](#)).

Mindestens so überzeugend wie eine Wirtschaftlichkeitsberechnung sind Vorzeige- und Referenzobjekte. Beispiele von deutschen und österreichischen Passivhaus-Siedlungen zeigen, dass insbesondere bei großen Mehrfamilienhäusern kostengünstige Komfortlüftungen machbar sind.

Luftheizung im Passivhaus

Im klassischen Passivhaus übernimmt die mechanische Lüftung die Heizfunktion. Eine Stärke dieses Konzepts ist, dass in der Planung nicht über die Lüftung diskutiert werden muss: Die Heizfunktion macht sie unentbehrlich. Damit ist auch keine weitere Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erforderlich.

Die Wahl des klassischen Passivhauskonzepts sollte aber nicht auf eine partielle Fokussierung auf die Lüftung gestützt sein, sondern auf das gesamte Energiekonzept des Gebäudes. Zu bemerken ist, dass in großen Passivhaus-Siedlungen oft getrennte Heizungs- und Lüftungsanlagen installiert wurden.

1.3 Raumlufthqualität und Schadstoffe

In Räumen mit schlechter Luftqualität ist oft zu hören: „Es muss dringend gelüftet werden, um frischen Sauerstoff reinzulassen.“ Aus hygienischer Sicht entbehrt diese Aussage aber jeglicher Begründung. Lange bevor in einem Raum der Sauerstoff auf eine gesundheitlich kritische Konzentration sinkt, wird meist der Geruch als unerträglich empfunden und auch die Schadstoffkonzentration überschreitet dann häufig ein gesundheitlich unbedenkliches Maß. Es wird also nicht in erster Linie gelüftet, um Sauerstoff zuzuführen, sondern um Belastungen aus dem Raum abzuführen. Die genannte Aussage illustriert aber, dass der Mensch trotz seines hoch entwickelten Geruchssinns nicht in der Lage ist, die Raumlufthqualität objektiv zu beurteilen.

1.3.1 CO₂-Gehalt der Luft und Gerüche

Kohlenstoffdioxid (CO₂) ist ein guter Indikator für die empfundene Luftqualität in Räumen, in denen die Geruchsbelastung hauptsächlich vom Stoffwechsel der anwesenden Personen stammt und in denen nicht geraucht wird.

CO₂ ist weder riechbar, noch liegt die CO₂-Konzentration in belüfteten Gebäuden in einem gesundheitlich kritischen Bereich. Daher wird in Normen nicht mit dem absoluten CO₂-Wert gearbeitet, sondern mit der Zunahme der CO₂-Konzentration im Raum gegenüber der Außenluft. Diese Differenz ist ein Maß für den menschlichen Stoffwechsel im Raum.

Der Grund, weshalb CO₂ gewählt wurde und nicht die vom Stoffwechsel stammenden, riechbaren flüchtigen Kohlenwasserstoff-Verbindungen, liegt in der Messtechnik. CO₂ lässt sich zuverlässig und günstig messen. Die Messungen flüchtiger organischer Verbindungen (volatile organic compounds [VOC]) sind aufwendig und erfordern bei der Interpretation eine hohe Fachkompetenz.

Im Entwurf der europäischen Norm prEN 16798-1 „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Teil 1: Eingangsparameter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumlufthqualität, Temperatur, Licht und Akustik; – Module M1–6“ (2016) wird die Raumlufthqualität in 4 CO₂-Kategorien eingeteilt. Die einzelnen Länder legen später fest, welche Kategorien sie für Wohnungen empfehlen. Dieser Prozess dürfte sich mindestens bis ins Jahr 2018 hinziehen. Während die heutigen Normen oft einen festen oder maximalen CO₂-Gehalt vorgeben, dürfte es in Zukunft vermehrt bei Planern und Auftraggebern liegen, die für ihr Objekt angemessene Kategorie festzulegen.

Anhand der angestrebten CO₂-Konzentration und der menschlichen Aktivität im Raum lässt sich der erforderliche Außenluftvolumenstrom berechnen, den eine Lüftungsanlage für das Erreichen einer bestimmten Raumlufthqualität fördern muss. [Tabelle 1.1](#) zeigt die Kategorien, wie sie in prEN 16798-1 als Vorschlag aufgeführt sind. In Abweichung von diesem Normentwurf wird für die CO₂-Emissionen und die Luftvolumenströme in [Tabelle 1.1](#) ein Bereich angegeben. Der Grund ist, dass die im Normentwurf aufgeführten CO₂-Emissionen für die typischen Aktivitäten im Wohnbereich eher zu

hoch sind. Die höheren Werte für die CO₂-Emissionen in [Tabelle 1.1](#) stammen aus dem Normentwurf. Bei den Luftqualitätskategorien sollte jedoch mit den niedrigeren aufgeführten Werten gearbeitet werden. So weit es die Vorgaben zulassen, sollte die Kategorie der mittleren Raumluftqualität angestrebt werden.

Tabelle 1.1: CO₂-Konzentrationen in Wohnungen und erforderliche Außenluftvolumenströme pro Person für verschiedene Raumluftkategorien, in Anlehnung an prEN 16798-1, Tabelle B2.7

CO ₂ -Konzentration in Bezug zur Außenluft/Aktivität der Person	CO ₂ -Konzentration in der Wohnung/ erforderlicher Außenluftvolumenstrom pro Person		
	Bezeichnung der Raumluftkategorie		
	hohe Raumluft- qualität	mittlere Raumluft- qualität	geringe Raumluft- qualität
	Kategorie nach prEN 16798-1		
	I	II	III
CO ₂ -Konzentration oberhalb der Konzentration in der Außenluft	550 ppm	800 ppm	1.350 ppm
CO ₂ -Konzentration bei einer Außenluftkonzentration von 400 ppm	950 ppm	1.200 ppm	1.750 ppm
typische Tagesaktivität im Wohnbereich (CO ₂ -Emission pro Person 18–20 Lt/h)	33–36 m ³ /h	23–25 m ³ /h	13–15 m ³ /h
Schlafen (CO ₂ -Emission pro Person 12–13,6 Lt/h)	22–25 m ³ /h	15–17 m ³ /h	9–10 m ³ /h
ppm parts per million Lt/h Liter pro Stunde			

1.3.2 Raumluftfeuchte

1.3.2.1 Angestrebter Bereich

Verschiedene nationale und europäische Normen nennen leicht unterschiedliche Werte für die angestrebte relative Raumluftfeuchte (r. F.). Typischerweise liegt der Bereich zwischen 30 und 60 % r. F. Einige Normen, wie z. B. die schweizerische Norm SIA 180 „Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden“ (2014), erwähnen, dass der angestrebte Bereich während einer gewissen Zeit (in SIA 180: 10 % der Nutzungszeit) unter- oder überschritten werden darf.

Mit zunehmender Höhenlage bzw. tieferen durchschnittlichen Außen-temperaturen lässt sich die untere Grenze immer schlechter einhalten. In SIA 180 findet sich dazu folgende Regel (SIA 180, Abschnitt 3.5.1.3): „Bei Lagen über 800 m ü. M. reduziert sich die Feuchtegrenze um 1 % r. F. pro 100 m Höhenzunahme.“

Merksatz

Mit keinem Lüftungssystem kann das Einhalten einer bestimmten Raumlufthfeuchte garantiert werden. Das Nutzerverhalten und die internen Feuchtequellen sind dafür zu unterschiedlich und nicht planbar. Es wird daher dringend davon abgeraten, in Planer- oder Werkverträgen Feuchtegrenzwerte festzulegen.

Es können aber durchaus sinnvolle Maßnahmen getroffen werden, um bei üblichem Nutzerverhalten eine Raumlufthfeuchte zwischen ca. 30 und 60 % zu erreichen (siehe [Kapitel 1.3.2.2](#)).

1.3.2.2 Niedrige Raumlufthfeuchte

Die Diskussion über die Auswirkungen von niedrigen Raumlufthfeuchten ist kontrovers. Die eine Meinung (Hildebrand, 2015) besagt, dass es keine Beweise für negative gesundheitliche Auswirkungen von niedrigen Raumlufthfeuchten gibt. Zum Beispiel wird auf sehr niedrige relative Luftfeuchten in Flugzeugen oder im Winter in alpinen Lagen hingewiesen. Eine andere Meinung (Hugentobler, 2015) weist auf Untersuchungen von Erkrankungen der Atemwege hin, die durch Aerosolübertragungen ausgelöst werden. Die maßgebenden Aerosole werden demnach durch Tröpfchenwurf übertragen, der beim Sprechen oder Atmen insbesondere bei niedrigen Raumlufthfeuchten entsteht. Von dieser Seite wird eine minimale Raumlufthfeuchte von 40 % gefordert.

Unabhängig von diesen beiden Meinungen ist darauf hinzuweisen, dass Kontaktlinsenträger oder Menschen mit speziellen gesundheitlichen Problemen (insbesondere der Haut und Atemwege) negativ auf niedrige relative Raumlufthfeuchten reagieren können.

Bezüglich der Wohnungslüftung wird hier davon ausgegangen, dass es für gesunde Personen unproblematisch ist, wenn die Raumlufthfeuchte an einigen Tagen im Jahr unter 30 % sinkt. Das erwähnte erhöhte Risiko von Atemwegserkrankungen bei niedrigen Raumlufthfeuchten relativiert sich im Wohnbereich, da das Ansteckungsrisiko innerhalb eines Haushalts durch direkten Körperkontakt und indirekte Kontaktübertragung (z. B. über Wasserarmaturen, Türklinken, Küchenutensilien) größer sein dürfte als durch Aerosole.

In prEN 16798-1, Abschnitt 6.4, wird festgestellt, dass üblicherweise keine Befeuchtung oder Entfeuchtung der Raumlufth erforderlich ist. Diese Haltung wird im schweizerischen Normenwesen bereits seit Jahren vertreten. Im SIA-Merkblatt 2023 „Lüftung in Wohnbauten“ (2008), Abschnitt 4.3.4, wird von einer aktiven Zuluftbefeuchtung bei Wohnungslüftungen abgeraten. Als Gründe werden der Energieverbrauch und die hygienischen Risiken genannt.

Um niedrigen Raumluftheuchten vorzubeugen, eignen sich folgende **technische Maßnahmen**:

- Die Außenluftvolumenströme sollten nach den nationalen Normen dimensioniert werden, aber nicht höher. Wo die Normen Spielraum für niedrigere Außenluftvolumenströme zulassen, sollte dieser genutzt werden.
- Die Lüftungsanlage sollte mit einer Bedarfssteuerung ausgerüstet werden.
- Eine kombinierte Wärme- und Feuchterückgewinnung kann die relative Raumluftheuchte im Winter um 5 bis 10 % erhöhen, wenn die beiden vorherigen Punkte eingehalten werden.
- Gemäß der schweizerischen Norm SIA 382-1 „Lüftungs- und Klimaanlage – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen“ (2014), Abschnitt 2.2.6, und dem SIA-Merkblatt 2023 (2008), Abschnitt 6.1.2, kann bei tiefen Außentemperaturen der Außenluftvolumenstrom reduziert werden.
- Wenn in einer Wohnung weniger Personen leben als geplant, sollten die Luftvolumenströme adäquat reguliert werden. Diese Maßnahme ist insbesondere bei Einfamilienhäusern und Eigentumswohnungen sinnvoll. Nach der österreichischen OENORM H 6038 „Lüftungstechnische Anlagen – Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung – Planung, Ausführung, Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung“ (2014), Abschnitt 6.1, ist im Hinblick auf die Verhinderung einer zu starken Entfeuchtung der Raumluft eine Einstufung abhängig vom Dimensionierungsluftvolumenstrom und der Belegung durchzuführen. Bei Luftmengen von über 30 m³ pro Stunde und Person sind Maßnahmen empfohlen, und bei Luftmengen von über 40 m³ pro Stunde und Person sind Maßnahmen erforderlich. Als Maßnahmen sind angeführt: Bedarfssteuerung, Zonensteuerung und Feuchterückgewinnung.

Zusätzlich kann die Raumluftheuchte durch das **Nutzerverhalten** erhöht werden. Geeignete Maßnahmen sind:

- Die Betriebsstufe der Lüftungsanlage sollte dem Bedarf angepasst werden. Bei mehrtägigen Abwesenheiten im Winter sollte die Minimalstufe eingestellt werden.
- Die Räume sollten nicht überheizt werden. Zum Beispiel senkt das Erhöhen der Raumlufttemperatur von 21 auf 24 °C die relative Raumluftheuchte von 35 auf 29 %.

Pflanzen geben zwar Wasserdampf ab, die Wirkung sollte aber nicht überschätzt werden. So gibt eine rund 80 cm große Yucca nur etwa 2 g Wasserdampf pro Stunde ab.

Wäschetrocknen zur Erhöhung der Raumluftheuchte ist heikel. Die erheblichen Wasserdampfmengen, die dabei abgegeben werden, sind zwar bei tiefen Außentemperaturen erwünscht. Bei höheren Außentemperaturen kann jedoch eine zu hohe Raumluftheuchte entstehen und Bauschäden oder gesundheitliche Probleme durch Schimmelpilze oder Hausstaubmilben verursachen. Falls in der Wohnung Wäsche getrocknet wird, sollte die Raumluftheuchte mit einem Hygrometer überwacht werden.

Ist eine Befeuchtung wegen gesundheitlicher Probleme von Bewohnern angemessen, sollte diese temporär durch lokale Raumluftheuchter bewerkstelligt werden. Raumluftheuchter sollten aber wegen ihres Energiever-

brauchs zurückhaltend eingesetzt werden. Aus hygienischen Gründen ist eine regelmäßige Reinigung dieser Geräte erforderlich.

Ebenfalls kann bei besonderen Raumausstattungen oder Nutzungen eine lokale Befeuchtung angemessen sein. Dies kann z. B. der Fall sein bei antiken Möbeln, Kunstgegenständen oder Musikinstrumenten. Weitere Informationen zur Raumlufthfeuchte finden sich z. B. im FGK-Status-Report 8 „Fragen und Antworten zur Raumlufthfeuchte“ (2015).

1.3.2.3 Hohe Raumlufthfeuchte

Die Feuchteschutzlüftung ist in Deutschland in der DIN 1946-6 „Raumlufthtechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung“ (2009) geregelt. Für die Schweiz finden sich Anforderungen und Hinweise in SIA 180.

Hohe Raumlufthfeuchten sind hygienisch bedeutend kritischer als niedrige. Vorwiegend während des Sommerhalbjahres besteht in Wohnungen ein Feuchteüberschuss, der zwingend durch Lüften abgeführt werden muss. Bei Raumlufthfeuchten von über 70 % nimmt das Risiko von Schimmelpilzwachstum deutlich zu. Zudem wird die Raumlufth als weniger frisch empfunden und durch ein stärkeres Wachstum von Mikroorganismen entstehen Gerüche.

Hausstaubmilbenallergiker sollten zumindest im Winterhalbjahr Bedingungen schaffen, die das Milbenwachstum hemmen. Für Hausstaubmilbenallergiker wird ein günstiges Klima erreicht, wenn bei einer Raumlufthtemperatur von 19 bis 21 °C im Wohnzimmer und von nicht über 19 °C im Schlafzimmer die Raumlufthfeuchte unter 50 % liegt (Hausstaubmilbenallergie, 2007).

Werden Komfortlüftungen fachgerecht ausgeführt und betrieben, treten bei üblichem Nutzerverhalten, sprich üblichem Feuchteanfall, innerhalb von Wohnungen keine Probleme mit zu hohen Raumlufthfeuchten auf. Räume außerhalb des beheizten Bereichs, wie z. B. Keller und Trocknungsräume, können aber diesbezüglich kritisch sein (vgl. [Kapitel 4.1.3](#)).

1.3.2.4 Parkett und feuchteempfindliche Baustoffe

In der Baupraxis wird die relative Raumlufthfeuchte nicht unbedingt unter gesundheitlichen Aspekten diskutiert, sondern eher in Zusammenhang mit Parkett und weiteren feuchteempfindlichen Baustoffen.

Zu Parkett lässt sich Folgendes sagen (Ganz, 2007): Holz ist ein hygroskopischer Werkstoff. Ein fugenloser Parkettbelag ist aufgrund der Holzigenschaften nicht möglich. Die Fugenbreite hängt von der Holzart ab; eine wichtige Kenngröße dafür ist das Schwindmaß. Die Formerhaltung (bei Schwindung und Quellung) hängt von der Holzqualität ab, z. B. vom Jungholzanteil.

Ungünstige Parkettversiegelungen können zu Kantenverleimungen führen. Dadurch können anstelle von vielen Kleinstfugen einzelne große Fugen entstehen. Ein qualitativ guter Parkettbelag verträgt eine relative Raumlufthfeuchte von 30 %. Kurzzeitig sind auch niedrigere Werte möglich. Die Riss-

bildung ist auch von der Temperatur (Bodenheizung) und der Quellung im ersten Sommer abhängig.

Wenn ein möglichst **rissarmer Parkett-Bodenbelag** hohe Priorität hat, sind die folgenden Punkte zu beachten:

- Hölzer und Qualitäten wählen, die generell weniger zu Rissbildung neigen (z. B. Eiche, nicht Buche),
- schmale Parkettsegmente wählen,
- kantenverleimende Lacke und Versiegelungen vermeiden,
- ggf. abgesperrtes (mehrschichtiges) Parkett einsetzen,
- bei Fußbodenheizungen eine Vorlauftemperatur von 30 °C anstreben (Maximalwert: 35 °C, entspricht auch den schweizerischen Energievorschriften).

Bei der Komfortlüftung sollten die in [Kapitel 1.3.2.2](#) beschriebenen Maßnahmen zur Erhöhung der Raumluftfeuchte umgesetzt werden. In SIA 180 findet sich folgende Anforderung (SIA 180, Abschnitt 3.2.8): *„Die Baumaterialien sind so zu wählen, dass sie auch ohne Luftbefeuchtung keinen Schaden nehmen.“*

1.3.3 Schadstoffe im Innenraum

Wohngifte

Eine Vielzahl von Stoffen kann die Raumluft belasten. Grundsätzlich muss zuerst an der Quelle angesetzt werden. Das heißt: Emissionen sollten so weit wie möglich reduziert werden. Es ist nicht Aufgabe einer Lüftungsanlage, eine falsche Materialwahl oder ein mangelhaftes Nutzerverhalten zu kompensieren.

In prEN 16798-1 finden sich Ansätze zur Bewertung und Berücksichtigung der Schadstoffe. Ob und wie sich diese auf die nationalen Wohnungslüftungsnormen durchschlagen, ist noch offen. Die Luftvolumenströme gemäß den aktuellen Normen genügen aber bei fachgerechter Planung und bewusster Nutzung bereits, um die üblichen Schadstoffe ausreichend abzuführen.

Schadstoffarmes bauen, wie es z. B. in den Energie- und Ökologiestandards der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (www.dgnb.de) oder dem Zertifikat Minergie-Eco der Vereine Minergie und eco-bau (www.minergie.ch) festgelegt wird, ist auch bei Wohnungen mit Komfortlüftung empfehlenswert. Viele Hinweise zum Thema Wohngifte, speziell zum Nutzerverhalten, finden sich auf der Website des schweizerischen Bundesamts für Gesundheit (www.wohngifte.admin.ch).

Rauchen

Rauchen beeinträchtigt die Raumluftqualität massiv (SIA 382-1, Abschnitt 2.2.6.8): *„In Räumen, in denen geraucht wird, ist es nicht möglich, eine gute Raumluftqualität zu erreichen.“*

Ohne besondere Vereinbarung sollte davon ausgegangen werden, dass in Wohnungen nicht geraucht wird. Es ist unklar, wie eine Lüftung auszulegen wäre, wenn in einer Wohnung geraucht wird. Auch bei einer massiven Erhö-

hung des Außenluftvolumenstroms könnte keine gesundheitlich unbedenkliche Raumlufthqualität gewährleistet werden.

1.3.4 Außenluftbelastung

Im deutschsprachigen Raum nimmt die Außenluftbelastung mit Feinstaub und Stickoxiden tendenziell ab. Regional und lokal können aber immer noch deutliche Überschreitungen von Richt- und Grenzwerten vorkommen. In Gebieten mit geringen Industrie-Emissionen treten die höchsten Feinstaub-Emissionen an stark befahrenen Straßen auf.

In Wohngebieten ist mit einem gelegentlichen Auftreten von Gerüchen (z. B. durch Kaminöfen oder die Landwirtschaft) zu rechnen. Es ist nicht Aufgabe einer Lüftungsanlage, diese Gerüche zu eliminieren.

Auf ausdrücklichen Wunsch des Auftraggebers oder der Nutzer können ggf. technische Lösungen zur Geruchsentfernung, wie z. B. Aktivkohlefilter, in Erwägung gezogen werden. Speziell bei unregelmäßigen und variierenden Gerüchen kann jedoch auch dadurch kein Erfolg garantiert werden. Solche Maßnahmen erfordern schnell Investitionen von einigen Hundert Euro. Zudem brauchen sie Platz und erhöhen den Wartungsaufwand sowie den Energieverbrauch. Im Allgemeinen ist daher davon abzuraten. Bei einem gelegentlichen und kurzzeitigen Auftreten von Außengerüchen lautet die Empfehlung: Fenster schließen und Lüftungsanlage ausschalten.

1.3.5 Radon

Radon ist ein radioaktives Gas, das aus dem Untergrund in Gebäude eindringen kann. Das Risiko hängt vom Standort des Gebäudes und von der Baukonstruktion ab.

Radon gilt im deutschsprachigen Raum als die wichtigste natürliche Ursache für Lungenkrebs. Die zuständigen Bundesämter Deutschlands und der Schweiz gehen davon aus, dass in diesen beiden Ländern zusammen jährlich rund 2.100 Todesfälle durch Radon verursacht werden.

Die Bundesämter und Beratungsstellen bieten im ganzen deutschsprachigen Raum gutes Informationsmaterial zum Thema an (siehe [Kapitel 10.2.2](#)). So sind z. B. in allen Ländern Radonkarten erhältlich, mit denen sich das lokale Risiko besser beurteilen lässt.

Die Richtlinie 2013/59/EURATOM vom 5. Dezember 2013 führt dazu, dass bis 2018 in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU) die Strahlenschutzgesetze angepasst werden. Lüftungstechnische Maßnahmen zum Radonschutz werden in DIN 1946-6 Beiblatt 5 „Kellerlüftung“ (2015) behandelt.

Neue Gebäude mit durchgehend betonierten Kellerböden und betonierten Decken über dem Untergeschoss gelten im Allgemeinen als unkritisch, sofern keine Zu- oder Ableitungen (Kanalisation, Erdsonden usw.) das Betonfundament durchdringen. In kritischen Regionen und vor allem bei älteren Einfamilienhäusern muss das Problem jedoch sehr ernst genommen werden.

Bei der **Komfortlüftung** ist bezüglich Radon Folgendes zu beachten:

- Außenluft-Durchlass mindestens 0,8 m über dem Boden,
- kein Unterdruck im Wohnbereich,
- dichte Durchführungen von Luftleitungen gegen das Erdreich (Boden und Kellerwände),
- gasdichte Ausführung, falls Luft-Erdreich-Wärmeübertrager eingesetzt werden.

In der Schweiz wurde im Kanton Luzern bei 15 Gebäuden mit Komfortlüftung und Luft-Erdreich-Wärmeübertragern die Radonkonzentration während einer Heizsaison gemessen (Bionda et al., 2012). Die Werte in den Wohn- und Aufenthaltsräumen der untersuchten Gebäude waren wesentlich niedriger als die durchschnittlichen Radonkonzentrationen in Wohn- und Aufenthaltsräumen der Standort-Gemeinden. Die mittlere Radonkonzentration lag in den bewohnten Räumen bei allen untersuchten Gebäuden deutlich unter 100 Bq/m^3 und erfüllte somit die WHO-Empfehlungen. Obwohl die Anzahl der untersuchten Objekte statistisch nicht signifikant ist, kann behauptet werden, dass bei einer fachgerecht ausgeführten Komfortlüftung die Radonkonzentration tendenziell niedriger ist als bei Gebäuden mit natürlicher Lüftung. Die Resultate aus den untersuchten Gebäuden zeigen auch, dass Luft-Erdreich-Wärmeübertrager durchaus radondicht ausgeführt werden können.

1.4 Sommerlicher Wärmeschutz und Kühlung

1.4.1 Sommerlicher Wärmeschutz

Die deutsche Energieeinsparverordnung vom 24. Juli 2007, letzte Änderung in Kraft getreten am 1. Mai 2014 (EnEV 2014), verlangt auch bei Wohnbauten einen Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes und verweist für die Umsetzung auf die DIN 4108-2 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz“ (2013). Das Pendant in der Schweiz sind die Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich vom 9. Januar 2015 (MuKE 2014) und die SIA 180.

Gemäß den aktuellen Vorschriften ist im mitteleuropäischen Klima für Wohnbauten keine aktive Kühlung erforderlich. Aus Komfortgründen werden aber im deutschsprachigen Raum immer mehr Wohnungen gekühlt.

Unabhängig davon, ob gekühlt wird oder nicht, basiert der bauliche sommerliche Wärmeschutz auf 2 zentralen Maßnahmen:

- Ein **außen liegender beweglicher Sonnenschutz** minimiert den Wärmeeintrag am Tag.
- Eine ausreichend hohe **thermisch aktive Speichermasse** puffert den Wärmeeinfall.

Diese beiden Punkte liegen nicht im Fokus dieses Buches und werden daher nicht weiter behandelt. Das Abführen von Wärme ist aber Thema des [Kapitels 1.4.2](#).

10.4 Stichwortverzeichnis**A**

Abluft-
 – Durchlass 127, 161
 – Durchlass mit Filter 235
 – Raum 14
 – Wärmepumpe 98, 237, 242
 Abluftanlage 42
 Abluftfilter 235
 Abluftleitung 118
 Akustik 253
 Anemometer 283
 Anlagenkomponente 102
 Aufnahmeleistung,
 elektrische 223
 Außenluft 14
 – -Durchlass 106, 113, 177, 203
 Außenluftbelastung 25
 Außenluftfilter 234
 Außenluftleitung 112
 Außenluftvolumenstrom 146
 Außenluftzufuhr 106

B

Bauvorschrift 33
 Bedarfssteuerung 16
 Betriebsenergie 66
 Betriebspunkt 219
 Betriebsstufe 87, 153
 Blechkanal 204
 Bodendichtung 166
 Brandschutz 130
 Brandschutzklappe 32
 Brandschutzvorschrift 32, 33, 35
 Bypass-Regelung 229

C

CO₂-
 – Gehalt der Luft 19
 – Konzentration 138

D

Dauerbetrieb 87
 Drosselklappe 205
 druckkompensiertes Gerät 284
 Druckverlust 162, 183
 Druckverlustberechnung 188
 Dunstabzugshaube 180
 –, Fortluft- 175, 179
 –, Umluft- 174
 Durchströmbereich 14, 127, 137

E

Eco-Design 51
 Einregulierarmatur 205
 Einzelraumlüftung 46
 Einzelraumlüftungsgerät 48
 – mit Strömungsumkehr 48
 Einzelraumsteuerung 89
 Einzelwohnungsanlage 16, 105,
 212
 Energieeinsparungsgesetz 31
 Energieetikett 51
 Energieverbrauch
 –, elektrischer 58
 –, spezifischer 57
 Energievorschrift 31, 34
 Enthalpie 96
 – -Übertrager 14
 Erdkollektor 251
 Erdwärmesonde 251

F

Feinverteilung 120
 Fensterlüfter 40
 Fensterlüftung
 –, automatische 39
 –, manuelle 38
 Feuchterückgewinnung 96
 Feuchteschutz 17
 Feuchteübertrager 14
 Filter-Bypass-Leckage 237
 Filterklasse 234
 Fortluft 14
 –, -Durchlass 115, 204
 Fortluftleitung 112

G

Gebäuderichtlinie 30
 Geräteleistung, spezifische 224
 Gerätestandort 102
 Graue Energie 66

H

Handsteuerung 16, 88
 Haustechnik-Kompakt-
 zentrale 212
 Heizenergieeinsparung 60, 228
 Heizfunktion 44
 Hygiene 198, 217
 Hygienekontrolle 284

I

Irisblende 206

J

Jahresenergiebedarf 57

K

Kaskadenlüftung 135
 Kenngröße
 –, energetische 53
 – Feuchterückgewinnung 57
 – Wärmerückgewinnung 54
 Komfortlüftung 16, 44
 – mit Heizfunktion 93
 Küchenabluft 129, 174
 Kühlung 27

L

Leckage 217
 Luft-
 – Durchlass 207, 259
 – Erdreich-Wärmeübertrager 15
 Luftbehandlung 96, 211
 Luftdichtheit 192
 Luftdichtheitsklasse 192
 Luftfilter 233
 Luftführung 102, 135, 154
 – im Wohnbereich 124
 Luftleitung 13, 260
 Luftmassenstrom 16
 Luftqualitätsregelung 88
 Luftschallübertragung 255
 Lüftung
 –, mechanische 13, 27, 42
 –, natürliche 27, 37
 Lüftungsgerät 107, 211, 212, 263
 Lüftungskompaktgerät 212
 Lüftungskonzept 83
 Lüftungslayout 77, 83
 Lüftungssystem 37, 51, 70
 Lüftungsverhalten 70
 Lüftungswärmeverlust 228
 Lüftungszone 83
 Luftverteilung 13, 183
 Luftvolumenstrom 16, 135,
 143, 153
 – -Messgerät 283

M

Mehrraumlüftung 51
 Mehrwohnungsanlage 16, 44, 92,
 212
 Messtrichter 284

N

Nachtauskühlung 27
Nachwärmer 13
Nachwärmung 99
Nennlüftung 143
Norm 29, 32, 34, 36, 293

P

Passivhaus 18
Planungshilfe „KWL-Tool“ 78
Platten-Wärmeübertrager 14

R

Radon 25
Raumluftheuchte 20
Raumluftheuchte 19
Rechtsvorschrift 293
Reinigung 198
Rotor 14

S

Schadstoff 19, 24
Schadstoffquelle 114
Schallberechnung 269
Schalldämmung 163, 256
Schalldämpfer 268
Schalldruckpegel 253
Schall-Emission 256
Schallleistungspegel 253, 265

Schallpegel 254
Schallschutz 17, 253
Sole-Erdreich-Wärme-
übertrager 15, 251
Sommerbypass 13, 15
Sternverteilung 119

T

Telefonie 274
Trittschall 255
Türspalt 165

U

Überström-Durchlass 14, 125,
162, 166, 169, 171
Überströmung, aktive 125

V

Ventilator 263
Ventilatorenergie 250
Verbundlüftung 125, 140
Vereisungsschutz 13, 15, 98, 226,
248
Vereisungsschutzvariante 65
Verteilsystem 183
Volumenstromregler 207
Vorwärmerleistung,
konstante 229
Vorwärmung 98

W

Wärmedämmung 194, 197, 218
Wärmegewinn 250
Wärmerückgewinnung 96, 216
Wärmeschutz, sommerlicher 26
Wärmeübertrager 14
Wärmeübertragung 14
Wartung 89
Wirkungsgrad, externer 223
Wirtschaftlichkeit 17
Wohngift 24
Wohnungslüftung 13
Wohnungslüftungsbox 208
Wohnungslüftungsgerät 13

Z

Zeitsteuerung 16
Zonensteuerung 89
Zuluft 14
– -Durchlass 124, 127, 137, 154,
159
Zulufterwärmung
– mit WRG 238
– ohne WRG 238
Zuluftfilter 234
Zuluftleitung 118
Zulufttemperatur 99
Zuluftvolumenstrom 147

Schadstoffe erfassen, bewerten und beseitigen



2. Auflage:
Jetzt bestellen!

Bestellen Sie jetzt das Fachbuch!

Das Fachbuch „Schadstoffe in Innenräumen und an Gebäuden“ ist das umfassende Werk für die Ermittlung, Bewertung und Beseitigung der wichtigsten Schadstoffe in Bauteilen.

Das Nachschlagewerk bringt Sie auf den **aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik**. Grundlagenwissen und die Beschreibung der Schadstoffe werden von einem Katalog typischer Schadstoffvorkommen mit vielen Abbildungen und tabellarischen Übersichten ergänzt.

Das praxisnahe Fachbuch hilft Ihnen, **Schadstoffe und schadstoffhaltige Baustoffe in Neu- und Altbauten zu erkennen**. Sie lernen, welche Risiken davon ausgehen und wie Sie deren gesundheitliche Relevanz bewerten. Schließlich werden geeignete Vorgehensweisen für Sanierungen beschrieben.

Schadstoffe in Innenräumen und an Gebäuden. Erfassen, bewerten, beseitigen. Herausgegeben vom Gesamtverband Schadstoffsanierung e.V. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage 2014. 17 x 24 cm. Gebunden. 606 Seiten mit 196 farbigen Abbildungen und 80 Tabellen. ISBN 978-3-481-03092-6. € 69,-

Praxisnah – kompakt – fundiert

Die Neuerscheinung „Schadstoffe im Baubestand“ bietet erstmalig eine **kompakte, systematische Zusammenstellung** der beim Bauen im Bestand am häufigsten vorkommenden Schadstoffe in Wort und Bild. Mit Hinweisen zur Bewertung sowie zu erforderlichen Maßnahmen ist sie eine **praxisgerechte Entscheidungshilfe und Handlungsanleitung** für Fachunternehmer, Planer und Bauherren beim Bauen im Bestand.

Diese Schadstoffübersicht ist einzigartig, vor allem wegen des **direkten Bezugs auf Bauteile und Konstruktionsabschnitte, ihrer kurz gefassten Darstellung der wesentlichen Daten und Fakten sowie der großen Anzahl an Bildern**. Die Schadstoffvorkommen sind systematisch katalogisiert und jeweils mit zahlreichen Fotos dokumentiert.

Schadstoffe im Baubestand. Erkennen und richtig reagieren – mit Katalog nach Bauteilen und Gewerken. Von Dipl.-Ing. Hans-Dieter Bossemeyer, Dipl.-Geol. Stephan Dolata, Dipl.-Ing. Chem. Uwe Schubert, Dr. Gerd Zwiener. 2016. Gebunden. 282 Seiten mit 328 farbigen Abbildungen und 4 Tabellen. 17 x 24 cm. ISBN 978-3-481-03242-5. € 59,-



NEU!

Wertvolles Fachwissen zum Bautenschutz

Die Fachzeitschrift für Bauleistungen im Bestand



Mit aktuellen Informationen zu:

- Energetische Sanierung
- Schadstoffsanierung
- Bautenschutz + Bausanierung



B+B BAUEN IM BESTAND ist die Fachzeitschrift für qualifizierte Bauleistungen im Bestand. Sie erhalten 7 Ausgaben pro Jahr mit praxisnahen Informationen für die Planung und Ausführung.

B+B BAUEN IM BESTAND

- beantwortet Fragen zu Verfahren, Baustoffen und Techniken,
- hilft bei der Bestandsaufnahme und Beurteilung von Schadensfällen,
- gibt Ihnen Sicherheit bei der Auswahl der richtigen Sanierungsmaßnahmen und Produkte,
- bietet Ihnen ein erweitertes Angebot mit diesen neuen Rubriken: Schadstoffsanierung, Bautenschutz + Bausanierung und Energetische Sanierung.

Testen Sie jetzt die Zeitschrift **B+B BAUEN IM BESTAND** im günstigen Mini-Abo!

Einfach QR-Code scannen oder online unter www.baufachmedien.de/b+b