

RIETSCHEL

# Raumklimatechnik

Band 2: Raumluft- und Raumkühltechnik

16., völlig überarbeitete  
und erweiterte Auflage

Herausgegeben von Klaus Fitzner

 Springer

VDI

RIETSCHEL

---

Raumklimatechnik

Band 2: Raumluf- und Raumkühltechnik

RIETSCHEL

# Raumklimatechnik

**Band 2: Raumluft- und Raumkühltechnik**

Herausgegeben von Klaus Fitzner

16., völlig überarbeitete  
und erweiterte Auflage mit  
260 Abbildungen und 54 Tabellen

 Springer

PROFESSOR A.D. DR.-ING. KLAUS FITZNER  
Hermann-Rietschel-Institut  
FG Heiz- und Raumlufttechnik  
Technische Universität Berlin  
Marchstr. 4  
10587 Berlin  
*klaus.fitzner@tu-berlin.de*

---

Ursprünglich erschienen in 2 Bänden unter dem Titel:  
Rietschel/Raiß, Heiz- und Klimatechnik,  
erster Band: Grundlagen, Systeme, Ausführung  
zweiter Band: Verfahren und Unterlagen zur Berechnung

---

ISBN 978-3-540-54466-1 (Band 1) 16.Auflage Springer Berlin Heidelberg New York

ISBN 978-3-540-57180-3 (Band 3) 16.Auflage Springer Berlin Heidelberg New York

ISBN 978-3-540-57011-0 16.Auflage Springer Berlin Heidelberg New York

ISBN 978-3-540-05001-8 15.Auflage Springer Berlin Heidelberg New York

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.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media

[springer.de](http://springer.de)

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008

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. Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Satz und Herstellung: LE-TpX, Jelonek, Schmidt & Vöckler GbR, Leipzig

Einbandgestaltung: WMXDesign, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem Papier 68/3180 YL – 5 4 3 2 1 0

## Vorwort

Mit diesem 2. Band „Raumluft- und Raumkühltechnik“ der 16. Auflage des „Rietschel“ sind jetzt 3 Bände dieser Auflage unter dem Gesamttitel „Raumklimatechnik“ erschienen. Horst Esdorn, mein Vorgänger am Herrmann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik an der TU Berlin, hat diesen neuen Sammelbegriff eingeführt, der sämtliche Verfahren und Einrichtungen zur Schaffung behaglicher Innenraumverhältnisse umreißen soll. Es ist oberstes Ziel der Raumlufttechnik, behagliche Bedingungen im Raum herzustellen und nicht nur die benötigte Kühl- oder Heizleistung aufzubringen.

Nachdem der erste Band, Grundlagen, 1994 erschienen war, habe ich 2001 die Aufgabe des Herausgebers von Esdorn übernommen, der die Gliederung und die Auswahl der Autoren auch für diesen Band schon vorgenommen hatte. Ich habe die Vorschläge weitgehend übernommen.

Seit der letzten 15. Auflage im Jahre 1968 hat sich auf dem Gebiet der Raumklimatechnik eine überwältigende Entwicklung ergeben. Die Fortschritte vor allem auf dem Gebiet der Raumkühltechnik waren sehr groß. Ihre ungebremsste Anwendung vor allem in Bürogebäuden der 70iger Jahre hat ihr allerdings einige nicht ganz unberechtigte Kritik eingebracht. Es mussten viele Gebäude gekühlt werden, weil sie falsch gebaut wurden. Teilweise waren aber auch die inneren Lasten sehr hoch. Es war früher nicht bekannt, dass behagliche Bedingungen mit Raumlufttechnik nur verwirklicht werden können, wenn die Kühlleistungen nicht zu hoch sind. Kühlleistungen bezogen auf die Grundfläche über etwa  $100 \text{ W/m}^2$  stellen eine solche kaum überschreitbare Grenze dar. Heute gibt es eine andere Tendenz. Es wird häufig bei Neu- und Umbauten auf Raumkühltechnik verzichtet, ohne sich bewusst zu sein, dass das nur möglich ist bei sehr geringen thermischen Lasten im Raum, wie es zum Beispiel bei Wohngebäuden gegeben ist.

Die Bedeutung der thermischen Last kann gar nicht oft genug betont werden. Sie ist entscheidend für die Beantwortung der Frage, ob eine Raumlufttechnische Anlage erforderlich ist und wie sie auszusehen hat. Das wird selten beachtet. Leider werden auch immer wieder umfangreiche Forschungen und Vergleiche verschiedener Gebäude durchgeführt, ohne ihre thermische Last zu berücksichtigen. Es wird gar versucht, Erfahrungen aus dem Wohnbereich, wo die thermischen Lasten sehr klein sind, auf andere Gebäude zu übertragen.

Es ist sehr erfreulich, dass Michael Schmidt für die Kapitel A bis E gewonnen werden konnte, wo es vor allem darum geht, die verschiedenen Lasten und ihre Abfuhr zu beschreiben.

Das Kapitel F, Raumluftrömung, ist mein Lieblingsthema und versucht vor allem die Grenzen der thermischen Lasten hervorzuheben, wenn thermisch behagliche Bedingungen eingehalten werden sollen. Es handelt sich hier immer noch überwiegend um Erfahrungswerte aus experimentellen Arbeiten. Die numerischen Berechnungen stecken vor allem bei auftriebsbehafteten Strömungen immer noch so sehr in den Kinderschuhen, dass sie nicht verlässlich genug sind.

Der Abschnitt G1 über Ventilatoren von Tibor Rákóczy und mir soll vor allem die richtige Auswahl und Anwendung der Ventilatoren und der Antriebe erleichtern.

In den weiteren Kapiteln G werden zahlreiche Komponenten der Raumluftechnischen Anlagen von mir beschrieben.

Thomas Sefker gibt in Kapitel H einen Überblick über dezentrale Anlagen, ihre Komponenten und ihre Anwendung.

In Kapitel I hat Ulrich Finke sich dem Thema Hygiene in RLT-Anlagen gewidmet, dem erfreulicherweise in letzter Zeit immer mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Die Kälteversorgung wird sehr umfangreich in Kapitel J von Anton Reinhart beschrieben, und er geht dabei auch auf die Kühlung ohne Kältemaschinen ein.

Siegfried Baumgarth und Georg-Peter Schernus haben in Kapitel K den aktuellen Stand der Regelungstechnik dargestellt. Es ist das Gebiet, auf dem sich nach wie vor die stärksten Änderungen vollziehen. Die Grundprinzipien, vor allem die charakteristischen Kennlinien der Komponenten, die schon in Band 1 beschrieben wurden, bleiben zwar erhalten, aber die Digitaltechnik erweitert die Möglichkeiten ständig. Trotzdem lassen sich falsch ausgewählte Komponentenkennlinien mit Digitaltechnik kaum korrigieren, was manchmal angenommen wird!

Das Kapitel L über Akustik wurde schon von Manfred Heckl geschrieben und von Michael Möser überarbeitet.

Ludwig Höhenberger hat in Kapitel L das Thema Wasseraufbereitung bearbeitet, das vor allem im Zusammenhang mit der Hygiene und Fragen der Korrosion eine große Bedeutung hat.

Das Thema Raumlufqualität hat in den letzten Jahren immer größere Bedeutung erlangt und es wird weiter wichtig werden, weil die Außenluftvolumenströme reduziert werden sollen und dadurch die Luftqualität schlechter wird, wenn nicht gleichzeitig Verunreinigungsquellen beseitigt werden. Es wird ein umfangreicher Überblick über die Empfundene Luftqualität und ihre Bestimmung von Dirk Müller und seinen Mitarbeitern Frank Bitter, Johannes Kasche, Birgit Müller und Jana Panaskova gegeben, und es ergänzt das Kapitel C3 aus Band 1. Auf diesem Gebiet ist weitere umfangreiche Forschung erforderlich.

Last not least habe ich eine Arbeit von Olli Seppänen und William Fisk zum Thema Raumklima und Leistungsfähigkeit als Kapitel O übersetzt, das ich für die Raumluftechnik für sehr wichtig halte, bei allen Vorbehalten, die die Autoren selbst nennen.

Wie Heinz Esdorn schon im Vorwort zum ersten Band ausgeführt hat, soll der erste Band das „Warum“ klären, dieser zweite das „Wie“. Dabei sind Überschneidungen nicht immer vermeidbar. Das Buch wendet sich traditionsgemäß

an Studenten zur Unterstützung während des Studiums, mehr aber noch an tätige Ingenieure auf unserem Fachgebiet und es wäre erfreulich, wenn auch Architekten hineinsehen würden. Das Buch geht nicht so weit ins Detail, dass Ingenieure in der Entwicklung und Forschung hiermit allein zurechtkämen.

Das Buch geht nicht auf Sonderanwendungen im industriellen Bereich ein, obwohl der größte Teil der Aussagen auch dort gilt.

Die Formelzeichen wurden wie in den beiden früheren Bänden weiter verwendet, also noch nicht auf die laufende europäische Normung umgestellt.

Auf unserem Gebiet haben sich in den letzten fast 30 Jahren zahlreiche bemerkenswerte internationale Konferenzen etabliert, die in Abständen von zwei bis vier Jahren regelmäßig stattfinden. Dazu zählen unter anderen Indoor Air, Roomvent, Healthy Building, Clima 2000 und für die Reinraumtechnik Konferenzen der ICCCS (International Confederation of Contamination Control Societies). Zahlreiche Beiträge sind daraus hier schon aufgenommen, aber es war leider nicht möglich, alle wesentlichen Beiträge dieser Konferenzen in dieses Buch einfließen zu lassen. Deshalb möchte ich auf die Kongressveröffentlichungen hinweisen.

Berlin im Juni 2008

*Klaus Fitzner*

# Autorenverzeichnis

## Abschnitt Autor

- A–E      **SCHMIDT, MICHAEL, PROF. DR.-ING.**  
Institut für Gebäudeenergetik  
Universität Stuttgart  
Pfaffenwaldring 35  
70569 Stuttgart
- F, G      **FITZNER, KLAUS, PROF. A. D. DR.-ING.**  
Hermann-Rietschel-Institut  
FG Heizungs- und Raumluftechnik  
Technische Universität Berlin  
Marchstr. 4  
10587 Berlin
- G1      **RÁKÓCZY, TIBOR, PROF. DR.-ING.**  
Vorgebirgstraße 51  
50677 Köln
- H      **SEFKER, THOMAS, DR.-ING.**  
TROX GmbH  
Heinrich-Trox-Platz  
D-47504 Neukirchen-Vluyn
- I      **FINKE, ULRICH, DR.-ING.**  
KLIMAKONZEPT Ingenieurgesellschaft  
Olympische Str. 3a  
14052 Berlin
- J      **REINHART, ANTON, DR. SC. T.**  
Schwesternberg 1c  
88131 Lindau



**Abschnitt Autor**

- K**            **BAUMGARTH, SIEGFRIED, PROF. DR.-ING.**  
Vereidigter Sachverständiger  
Homburgstr. 31  
38116 Braunschweig
- SCHERNUS, GEORG-PETER, PROF. DR.-ING.**  
Labor für Elektrotechnik, Fachhochschule Braunschweig/  
Wolfenbüttel  
Institut für Verbrennungstechnik und Prozessautomation  
Salzdahlumer Straße 46–48  
38302 Wolfenbüttel
- L**            **HECKL, MANFRED, PROF. EM. DR. RER. NAT., VERSTORBEN**  
Institut für Technische Akustik  
Technische Universität Berlin
- MÖSER, MICHAEL, PROF. DR.-ING.**  
Technische Universität Berlin  
Institut für Technische Akustik, Sekr. TA7  
Einsteinufer 25  
10587 Berlin
- M**            **HÖHENBERGER, LUDWIG, DIPL.-ING.**  
TÜV Süddeutschland, Bau und Betrieb  
Westendstr. 199  
80686 München
- N**            **BITTER, FRANK, DR.-ING.**  
WSPLab Dr.-Ing. Harald Bitter  
Dipl.-Ing. Frank Kapuzinerweg 7  
70374 Stuttgart
- DAHMS, ARNE, DIPL.-ING.**  
Hermann-Rietschel-Institut  
FG Heizungs- und Raumlufttechnik  
Technische Universität Berlin  
Marchstr. 4  
10587 Berlin
- KASCHE, JOHANNES, DIPL.-ING.**  
Building Applications Ingenieure  
Köpenicker Str. 154 a/D  
10997 Berlin

**Abschnitt Autor**

**MÜLLER, BIRGIT, DR.-ING.**  
Fachgebiet: Heiz- und Raumluftechnik  
Hermann-Rietschel-Institut  
Institut für Energietechnik  
Technische Universität Berlin  
Marchstr. 4  
10587 Berlin

**MÜLLER, DIRK, PROF. DR.-ING.**  
RWTH Aachen University  
E.ON Energy Research Center  
Institute for Rational Use of Energy in Buildings  
Jaegerstr. 17-19  
D-52066 Aachen

**PANASKOVA, JANA, DIPL.-ING.**  
RWTH Aachen, E.ON Energieforschungszentrum  
Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik  
Jaegerstr. 17-19  
D-52066 Aachen

**O**      **SEPPÄNEN, OLLI, PROF.**  
Helsinki University of Technology  
POBox 4100  
FIN-02015 HUT

**FISK, WILLIAM J. MS, BS.**  
Lawrence Berkeley National Laboratory  
Indoor Environment Department  
1 Cyclotron Rd. 90R3058  
Berkeley, CA 94720

# Inhaltsverzeichnis

<b>A</b>	<b>Aufgaben der Raumklimatechnik</b> .....	1
	MICHAEL SCHMIDT	
<b>A1</b>	<b>Übersicht</b> .....	1
<b>A2</b>	<b>Raumbelastungen und Raumlasten</b> .....	2
A2.1	Raumbelastungen.....	2
A2.1.1	Allgemein .....	2
A2.1.2	Energiebelastungen.....	2
A2.1.2.1	Wärme.....	2
A2.1.2.2	Druck.....	3
A2.1.2.3	Geschwindigkeit .....	3
A2.1.2.4	Ladung.....	4
A2.1.3	Stoffbelastungen.....	4
A2.1.4	Speichern von Raumbelastungen .....	4
A2.2	Raumlasten .....	7
A2.2.1	Allgemein .....	7
A2.2.2	Energielasten .....	11
A2.2.2.1	Heizlasten.....	11
A2.2.2.2	Kühllasten .....	12
A2.2.2.3	Drucklasten.....	13
A2.2.2.4	Geschwindigkeitslasten* .....	14
A2.2.2.5	Ladungslasten.....	14
A2.2.3	Stofflasten .....	14
A2.2.3.1	Feuchtelasten .....	14
A2.2.3.2	Schadstofflasten .....	15
A2.2.4	Normlasten .....	16
A2.2.5	Norm-Auslegungslasten.....	16
	<b>Literatur</b> .....	16
<b>B</b>	<b>Abfuhr von Raumlasten</b> .....	19
	MICHAEL SCHMIDT	
<b>B1</b>	<b>Allgemeine Grundlagen der Lastabfuhr</b> .....	19
<b>B2</b>	<b>Lastabfuhr über Raumwärmeaustauscher</b> .....	20
B2.1	Raumheizflächen.....	20
B2.1.1	Allgemein .....	20

B2.1.2	Integrierte Heizflächen.....	20
B2.1.2.1	Allgemein.....	20
B2.1.2.2	Deckenheizungen .....	21
B2.1.2.3	Fußbodenheizungen.....	21
B2.1.2.4	Wandheizungen.....	22
B2.1.3	Freie Raumheizflächen.....	22
B2.1.3.1	Deckenstrahlplatten .....	22
B2.1.3.2	Raumheizkörper .....	23
B2.2	Raumkühlflächen.....	24
B2.2.1	Allgemein.....	24
B2.2.2	Integrierte Kühlflächen .....	25
B2.2.2.1	Allgemein.....	25
B2.2.2.2	Kühldecken.....	25
B2.2.2.3	Kühlfußböden .....	25
B2.2.2.4	Kühlwände.....	26
B2.2.3	Freie Kühlflächen.....	26
<b>B3</b>	<b>Lastabfuhr über Raumstoffaustauscher .....</b>	<b>27</b>
B3.1	Allgemein.....	27
B3.2	Raumbefeuchter.....	28
B3.2.1	Allgemein.....	28
B3.2.2	Aerosolbefeuchter.....	28
B3.2.3	Verdunstungsbefeuchter.....	28
B3.2.4	Dampfbefeuchter .....	29
B3.3	Raumentfeuchter .....	29
B3.3.1	Allgemein.....	29
B3.3.2	Kondensationsentfeuchter.....	29
B3.3.2.1	Raumkühlkörper .....	29
B3.3.2.2	Umluftentfeuchter .....	30
B3.3.3	Sorptionsentfeuchter .....	30
B3.4	Raumentstoffer .....	30
B3.4.1	Allgemein.....	30
B3.4.2	Umluftentstoffer .....	30
B3.4.3	Oberflächenentstoffer.....	30
B3.5	Raumbestoffer.....	31
<b>B4</b>	<b>Lastabfuhr über Raumluftaustausch .....</b>	<b>31</b>
B4.1	Allgemein.....	31
B4.2	Grundprinzipien der konvektiven Abfuhr von Raumlasten .....	32
B4.2.1	Verdünnen.....	32
B4.2.2	Zonieren.....	33
B4.2.3	Verdrängen.....	34

B4.3	Definitionen von Raumluftkonzentrationen.....	35
B4.3.1	Allgemein.....	35
B4.3.2	Energielasten.....	35
B4.3.2.1	Wärmelasten.....	35
B4.3.2.2	Sensible Heiz- und Kühllasten.....	36
B4.3.2.3	Latente Heiz- und Kühllasten.....	36
B4.3.2.4	Drucklasten.....	36
B4.3.2.5	Geschwindigkeitslasten.....	36
B4.3.3	Stofflasten.....	37
B4.3.3.1	Be- und Entfeuchtungslasten.....	37
B4.3.3.2	Schadstofflasten.....	38
B4.4	Raumströmungsformen zur konvektiven Lastabfuhr.....	39
B4.4.1	Mischströmung.....	39
B4.4.2	Schichtströmung oder Quellluftströmung.....	40
B4.4.3	Verdrängungsströmung.....	41
B4.4.4	Umsetzung der Lastabfuhr mit den Raumströmungsformen.....	41
B4.4.5	Raumbelastungsgrad, Lüftungseffektivität.....	41
<b>B5</b>	<b>Raumbilanzen.....</b>	<b>43</b>
B5.1	Allgemein.....	43
B5.2	Energiebilanzen.....	44
B5.2.1	Wärmebilanzen.....	44
B5.2.1.1	Sensible Wärmelasten.....	44
B5.2.1.2	Latente Wärmelasten.....	47
B5.2.2	Druckbilanzen.....	49
B5.2.3	Geschwindigkeitsbilanzen.....	50
B5.3	Stoffbilanzen.....	50
B5.3.1	Feuchtebilanzen.....	50
B5.3.2	Schadstoffbilanzen.....	52
<b>Literatur.....</b>		<b>53</b>
<b>C</b>	<b>Raumlufttechnische Anlagen zur konvektiven Abfuhr von Raumlasten.....</b>	<b>55</b>
	MICHAEL SCHMIDT	
C1	Arbeitsbereiche der Lufttechnik.....	55
C2	Funktion Raumlufttechnischer Anlagen.....	57
C3	Prozesse Raumlufttechnischer Anlagen.....	57
C3.1	Thermodynamische Prozesse.....	57
C3.1.1	Heizen.....	57
C3.1.2	Kühlen.....	59
C3.1.3	Befeuchten.....	60

C3.1.4	Entfeuchten (s. G6) .....	63
C3.1.5	Mischen.....	66
C3.1.6	Druck aufprägen .....	67
C3.1.7	Geschwindigkeit aufprägen .....	67
C3.2	Mechanische Prozesse .....	68
C3.2.1	Luftförderung.....	68
C3.2.2	Luftreinigung .....	70
<b>Literatur</b>	.....	71
<b>D</b>	<b>Energetische Bewertung Raumluftechnischer Anlagen .....</b>	<b>73</b>
	MICHAEL SCHMIDT	
<b>D1</b>	<b>Optimierung Raumluftechnischer Prozesse .....</b>	<b>73</b>
D1.1	Allgemein.....	73
D1.2	Energieeinsatz .....	74
D1.2.1	Wärmerückgewinnung.....	74
D1.2.2	Wärme- und Stoffrückgewinnung .....	76
D1.2.3	Fremdwärmenutzung.....	78
D1.2.4	Förderenergie.....	78
D1.3	Stoffeinsatz .....	79
D1.3.1	Luft.....	79
D1.3.2	Wasser.....	80
D1.3.2.1	Befeuchtung.....	80
D1.3.2.2	Entfeuchtung.....	81
D1.4	Betriebszeiten.....	81
D1.5	Regelung und Steuerung .....	81
D1.5.1	Sollwerte und Istwerte.....	81
D1.5.2	Regelung oder Steuerung .....	82
D1.5.3	Regelstrategie .....	83
D1.6	Anlagenbetrieb.....	86
<b>D2</b>	<b>Energie- und Stoffbedarf Raumluftechnischer Anlagen .....</b>	<b>87</b>
D2.1	Allgemein.....	87
D2.2	Referenzbedarf.....	92
D2.3	Subsystem Nutzenübergabe.....	94
D2.4	Subsystem Verteilung .....	97
D2.5	Subsystem Erzeugung .....	98
D2.6	Berechnung des Energie- und Stoffbedarfs.....	99
D2.6.1	Allgemein.....	99
D2.6.2	Numerische Simulationsverfahren .....	101
D2.6.3	Näherungsverfahren.....	103
<b>Literatur</b>	.....	105

<b>E</b>	<b>Klassifikation von Raumlufttechnischen Anlagen</b> .....	107
	MICHAEL SCHMIDT	
<b>E1</b>	<b>Kurzbezeichnung nach Luftbehandlungsfunktionen und Luftarten</b> .....	107
E1.1	Luftarten .....	107
E1.2	Kurzbezeichnungen .....	109
<b>E2</b>	<b>Systembezeichnungen nach verfahrenstechnischen Merkmalen</b> .....	110
E2.1	Allgemein .....	110
E2.2	Luftversorgung .....	111
E2.3	Luftart.....	111
E2.4	Umluftbehandlung.....	112
E2.5	Luftgeschwindigkeit in den Kanälen.....	112
E2.6	Druckdifferenz an den Durchlässen.....	113
E2.7	Luftvolumenstrom an den Durchlässen .....	113
E2.8	Transport thermischer Energie .....	113
E2.9	Zusammenfassung .....	114
	<b>Literatur</b> .....	115
<b>F</b>	<b>Luftströmung in belüfteten Räumen</b> .....	117
	KLAUS FITZNER	
<b>F1</b>	<b>Übersicht</b> .....	117
F1.1	Einleitung.....	117
F1.2	Mischströmung .....	118
F1.3	Verdrängungsströmung .....	118
F1.4	Quellluftströmung.....	119
F1.5	Sonderfälle .....	120
F1.6	Lokale Senken und Quellen.....	121
<b>F2</b>	<b>Erzwungene Raumströmung</b> .....	122
F2.1	Mischströmung .....	122
F2.1.1	Allgemeines .....	122
F2.1.2	Isotherme Luftstrahlen .....	125
F2.1.2.1	Isothermer Freistrah.....	125
F2.1.2.2	Mehrfachstrahlen .....	131
F2.1.2.3	Linearer Decken- oder Wandstrahl.....	135
F2.1.2.4	Radialer Freistrah.....	136
F2.1.2.5	Radialer Decken- oder Wandstrahl.....	138
F2.1.3	Anisotherme Strahlen.....	140
F2.1.3.1	Anisotherme Freistrahlen .....	140
F2.1.3.2	Anisotherme Decken- und Wandstrahlen.....	144
F2.2	Verdrängungsströmung .....	151
F2.2.1	Vertikale Verdrängungsströmung .....	151