

Unter Berücksichtigung
baurechtlicher Anforderungen

Leseprobe:

- Vorwort
- Inhaltsverzeichnis
- Auszug aus Kapitel 5

Buchformat: 17 x 24 cm

Umfang: ca. 250 Seiten

Ausführung: gebunden, mit zahlreichen Abbildungen und Tabellen

Ladenpreis: 57,- € (zzgl. Versandkosten)

Erscheinungstermin: Juni 2023

Georg Tale

Lüftung von Groß- und Gewerbeküchen

Grundlagen, Berechnungen, Planung,
Ausführung

Vollständig überarbeitete
und erweiterte Auflage



Abb. © GIF ActiveVent GmbH

BERATEN + PLANEN

Vorwort zur zweiten Auflage

Mit der zweiten Auflage werden die beiden ersten Bücher zur Lüftungstechnik von Gewerbeküchen zu einem Buch zusammengeführt und ergänzt. Die nun vorliegende zweite Auflage umfasst jetzt in einem Buch die beiden vorangegangenen Bücher „Lüftung von Gewerbeküchen: Grundlagen, Berechnungen“ und „Lüftung von Gewerbeküchen: Komponenten, Anlagen“, sowie zahlreiche Ergänzungen.

Die Zusammenfassung der beiden vorangegangenen Bücher zu einem einzigen Buch erfordert eine Neustrukturierung. Das vorliegende Buch gliedert sich nun in drei Teile, von dem Teil I im Wesentlichen die Inhalte des ersten Buches und Teil II im Wesentlichen die Inhalte des zweiten Buches wiedergibt. An einigen Stellen wurden die Inhalte zum besseren Verständnis überarbeitet und ergänzt. Hierbei wurde besonders Kapitel I-9 „Angaben für die Berechnung der Luftvolumenströme“ um zusätzliche Abbildungen ergänzt und der Rechenweg wird ausführlicher beschrieben.

Die Beispiele zur Luftvolumenstromberechnungen in Produktionsküchen werden in einem neuen Kapitel I-10 zusammengefasst. Ebenfalls neu ist das Kapitel II-4, in dem ich Ergebnisse meiner Begutachtungen von Induktionshauben und -decken aus den vergangenen Jahre schildere.

Im Teil III werden spezielle Aspekte der Planung und Montage, sowie des Bauordnungsrechts und des Brandschutzes beschrieben, sofern diese im speziellen RLT-Anlagen für Großküchen betreffen, es werden aber auch allgemeinere Themen der Lüftungstechnik behandelt.

Für besonders wichtig halte ich das neue Kapitel III-1.11 „Küchenräume ausreichend groß planen“, da Räume für Produktionsküchen nicht immer ausreichend groß geplant werden und die für die Lüftung benötigten Deckenflächen dann nicht vorhanden sind. Folgen können Zugerscheinungen sein, oder aber die Küche kann nur mit reduzierten Luftvolumenströmen betrieben werden, die vorgesehene Nutzung ist dann nicht mehr möglich.

An verschiedenen Stellen werden Erfahrungen aus meiner täglichen Arbeit beschrieben. Hauptsächlich handelt es sich um Fehler und Mängel denen ich bei verschiedenen Projekten begegnet bin, manchmal aber auch um solche, die ich früher aufgrund fehlender Erfahrung selber gemacht hatte. Ich hoffe, dass diese Schilderungen für die Leser hilfreich sind und in der Zukunft Fehler vermeiden helfen.

Ich danke dem cci Buch Verlag für seine Unterstützung. Hier möchte ich ganz besonders Frau Dipl.-Ing. (FH) Brigitte Boettger und den Verlagsinhaber Herrn Florian Fischer erwähnen. Mein ganz besonderer Dank gilt meiner guten Freundin Frau Dipl.-Ing. (FH) Claudia Simmoteit, die mit viel Leidenschaft und Geduld das Lektorat übernommen hat.

Georg Tale
E-Mail: gt@ib-tale.de

Schöneck, im Januar 2023

Inhaltsverzeichnis

Vorworte	V
Vorwort zur zweiten Auflage	V
Vorwort zu Band 1, erste Auflage	VI
Vorwort zu Band 2, erste Auflage	VII
Grußwort zur ersten Auflage	VIII
Begriffe	XIX
Abkürzungen und Indizes	XXI
Formelzeichen	XXII

I Grundlagen und Berechnungen 1

I-1 Einführung, Geltungsbereich und Schutzziele von Lüftungsanlagen für gewerbliche Küchen	1
I-1.1 Was sind gewerbliche Küchen?	1
I-1.2 Ab welcher Küchengröße sind maschinelle Lüftungsanlagen vorzusehen?	1
I-1.3 Warum werden in gewerblichen Küchen Lüftungsanlagen benötigt?	2
I-2 Normen und Vorschriften	3
I-2.1 Arbeitsschutz	3
I-2.2 Nach welchen technischen Regeln richtig planen?	4
I-2.3 Weitere Regeln: Berufsgenossenschaft und Arbeitsstättenrichtlinien	6
I-2.4 Allgemein anerkannte Regeln der Technik	7

I-3	Grundlagen für die Planung	8
I-3.1	Grundlegende Anforderungen	8
I-3.2	Thermische Behaglichkeit, Lufttemperaturen	9
I-3.2.1	Strahlungswärme	11
I-3.2.2	Messung der Raumtemperatur	12
I-3.3	Lärmschutz	12
I-3.4	Anforderungen an die Hygiene	13
I-3.5	Weitere Hinweise	15
I-4	Luftströmungen in der Küche	16
I-4.1	Mischströmung	16
I-4.1.1	Horizontalauslässe	17
I-4.1.2	Deckendurchlässe	18
I-4.2	Schichtströmung	19
I-4.2.1	Luftdurchlässe an der Decke	20
I-4.2.2	Luftdurchlässe im Aufenthaltsbereich	21
I-5	Ermittlung der Luftvolumenströme für warme Küchen und vergleichbare Bereiche	23
I-5.1	Herleitung der Gleichungen zur Ermittlung der Thermikluftströme	23
I-5.1.1	Thermikluftstrom über einer punktförmigen Wärmequelle	24
I-5.1.2	Thermikluftströme über horizontalen Flächen	26
I-5.2	Thermikluftströme in Küchen	28
I-5.3	Gleichzeitigkeitsfaktor	32
I-5.4	Kontrollrechnung zum Schutz vor Kondensation	34
I-5.5	Berechnung der Abluftvolumenströme	36
I-5.5.1	Abluftvolumenströme bei der Verwendung von Küchenlüftungsdecken	36
I-5.5.2	Abluftvolumenströme bei der Verwendung von Küchenlüftungshauben	38
I-5.5.3	Abluftvolumenströme von nicht erfassten Geräten	40
I-5.5.4	Küchenlüftungshaube und -decken mit integrierter Luftzuführung	41
I-5.6	Anmerkung zur Luftvolumenstromberechnung	43

I-5.7	Unterschiede bei den Berechnungen nach VDI 2052 Blatt 1 und DIN EN 16282-1	44
I-5.7.1	Vergleich der Berechnungsmethoden für die Thermikluftströme	44
I-5.7.2	Vergleich der Berechnung der Luftvolumenströme	46
I-5.8	Küchengeräte mit integrierter Wrasenerfassungseinrichtung	48
I-5.9	Umluft in Küchen	50
I-6	Speiseausgaben- und Frontcooking-Bereiche	51
I-6.1	Überdruckanlagen	52
I-6.2	Luftschleieranlagen	54
I-7	Spülküchen und Spülmaschinen	57
I-7.1	Erforderliche Absaugflächen	57
I-7.2	Wärme- und Feuchtelasten	59
I-7.3	Be- und Entlüftung	60
I-7.3.1	Auslegung der Luftvolumenströme	61
I-7.3.2	Vorplanung	62
I-7.3.3	Konkretisierungsplanung	62
I-7.3.4	Feinplanung	64
I-8	Berechnung der Luftvolumenströme für Produktionsküchen	67
I-8.1	Anhaltswerte für die Vorplanung	68
I-8.2	Werte aus der Praxis	69
I-8.3	Anhaltswerte für Nebenräume	72
I-9	Angaben für die Berechnung der Luftvolumenströme	73
I-9.1	Tabellen und Erläuterungen	74
I-9.1.1	Geräte zum Garen, Kochen und Dämpfen	75
I-9.1.2	Geräte zum Grillen, Braten und Backen	77

I-9.1.3	Herde und Geräte zum Auftauen, Garen, Warmhalten, Kühlen und Verteilen	80
I-9.1.4	Geräte in der Speiseausgabe	81
I-9.1.5	Anmerkungen zu multifunktionalen Geräten	82
I-9.2	Anmerkungen zur Berechnung der Luftvolumenströme	85
I-9.3	Luftvolumenströme für Fritteusen	86
I-9.3.1	Berechnung des Abluftvolumenstroms nach Gleichung (I-5-13) zum Schutz vor Kondensation	87
I-9.3.2	Alternative Berechnung	87
I-9.3.3	Fazit	88
I-10	Rechenbeispiel 1: Volumenstromberechnungen für eine Küchenlüftungsdecke und für eine Küchenlüftungshaube	89
I-10.1	Berechnung des Abluftvolumenstroms für eine Küchenlüftungsdecke	89
I-10.1.1	Berechnung des Thermikluftstroms des Mittelkochblocks	90
I-10.1.2	Berechnung des Thermikluftstroms der beiden Heißluftdämpfer	92
I-10.1.3	Berechnung des Thermikluftstroms der beiden Kühlschränke	93
I-10.1.4	Berechnung des Gesamtabluftvolumenstroms der Küchenlüftungsdecke	94
I-10.2	Berechnung des Abluftvolumenstroms mit Küchenlüftungshauben....	94
I-10.2.1	Berechnung des Erfassungsluftstroms des Mittelkochblocks	94
I-10.2.2	Berechnung des Erfassungsluftstroms der beiden Heißluftdämpfer	95
I-10.2.3	Berechnung des Thermikluftstroms der beiden Kühlschränke	95
I-10.2.4	Berechnung des Ausgleichsvolumenstroms	96
I-10.2.5	Berechnung des Gesamtabluftvolumenstroms der Küche	96
I-10.3	Vergleich mit der Küchenlüftungsdecke	97
I-11	Rechenbeispiel 2: Sanierung einer Küche	97
I-11.1	Berechnung nach VDI-Richtlinie 2052 Blatt 1 und Euronorm DIN EN 16282-1	99
I-11.1.1	Berechnung nach VDI-Richtlinie 2052 Blatt 1, $\varphi = 0,7$	99
I-11.1.2	Berechnung nach Euronorm DIN EN 16282-1, $\varphi = 0,7$	100

I-11.1.3	Berechnung nach VDI-Richtlinie 2052 Blatt 1, $\varphi = 0,85$	100
I-11.1.4	Berechnung nach Euronorm DIN EN 16282-1, $\varphi = 0,85$	101
I-11.2	Berechnung auf Basis des tatsächlichen Kochbetriebs	102
I-11.3	Vergleich der Ergebnisse	104
I-11.4	Auslegung der Lüftungsanlage für Küche und Spülküche	105

II

Komponenten und Anlagen

II-1	Küchenlüftungshauben und Küchenlüftungsdecken	107
II-1.1	Anzuwendende Normen und Richtlinien	107
II-1.2	Ermittlung der Luftvolumenströme	107
II-1.3	Aerosolabscheider, Anordnung und Anzahl	108
II-1.4	Materialien	110
II-1.5	Ausführung des Korpus	110
II-1.6	Beleuchtungseinrichtungen	111
II-1.7	Reinigung	111
II-1.8	Anleitungen und Dokumentationen	112
II-2	Küchenlüftungshauben	113
II-2.1	Bauarten und Bauformen	113
II-2.2	Anforderungen	115
II-2.3	Hinweise für die Auslegung	119
II-2.4	Küchenlüftungshaube mit Zuluftbauteilen	119
II-2.5	Küchenlüftungsdecken, besondere Bauformen	120
II-2.5.1	Theken- oder Tresenhauben	120
II-2.5.2	Kondensationshauben	121
II-2.5.3	Düsenplattenabsaug	122
II-2.5.4	Randabsaughauben	123

II-2.6	Umlufthauben	123
II-3	Küchenlüftungsdecken	126
II-3.1	Bauarten und Bauformen	127
II-3.2	Anforderungen	130
II-3.3	Brandschutz und Hygiene bei offenen Bauarten	133
II-3.4	Reinigung und Inspektion bei offenen Bauformen	134
II-3.5	Besondere Bauformen	134
II-3.5.1	Küchenlüftungsdecken als Kondensationsdecken	134
II-4	Küchenlüftungshauben und -decken mit integrierter Zuluft-einbringung und Induktionshauben	135
II-4.1	Küchenlüftungshauben und -decken mit integrierter Zuluft-einbringung	135
II-4.2	Induktionshaube in der Praxis, Erfahrungen des Autors	135
II-4.3	Fazit Induktionshauben und -decken	141
II-5	Aerosolabscheider	142
II-5.1	Allgemeine Anforderungen und Flammdurchschlagsicherheit	142
II-5.2	Effizienz der Abscheidung	144
II-5.3	Geräuschimmissionen durch Aerosolabscheider	146
II-5.4	Aerosolabscheider in Sonderbauformen	147
II-6	Anforderungen an Luftleitungen und Komponenten	148
II-6.1	Luftleitungen, Luftverteilung und Brandschutz	148
II-6.1.1	Anforderungen an die Planung	148
II-6.1.2	Materialauswahl	150
II-6.1.3	Verwendung schwer entflammbarer Baustoffe	150

II-6.2	Luftdurchlässe für Zu- und Abluft	151
II-6.3	Reinigung von Küchenabluftanlagen	152
II-6.3.1	Reinigungsöffnungen	153
II-6.3.2	Reinigungskonzept.....	153
II-6.4	Feuerwiderstandsfähige Bekleidungen von Luftleitungen.....	154
II-6.4.1	Bekleidungen mit Kalziumsilikatplatten und Verwendbarkeitsnachweis.....	154
II-6.4.2	Bekleidungen aus Mineralwolle mit allgemeinem bauaufsichtlichen Prüfzeugnis ..	156
II-6.4.3	Bekleidungen nach DIN 4102-4	157
II-6.5	Brandschutzklappen	157
II-6.5.1	Brandschutzklappen für fetthaltige Küchenabluft.....	158
II-6.5.2	Brandschutzklappen für Spülküchen.....	161
II-6.6	Volumenstromregler.....	163
II-7	Messung von Luftvolumenströmen.....	166
II-7.1	Messung der Luftvolumenströme am RLT-Gerät.....	166
II-7.2	Messgeräte zur Volumenstrommessung	169
II-7.2.1	Flügelrad-Anemometer	169
II-7.2.2	Thermoanemometer.....	169
II-7.2.3	Staurohre.....	170
II-7.3	Messung in Luftleitungen.....	170
II-7.3.1	Leitungen mit rechteckigem Querschnitt.....	173
II-7.3.2	Leitungen mit kreisförmigem Querschnitt.....	176
II-7.4	Messungen an Luftdurchlässen	179
II-7.5	Messeinrichtungen in Küchenlüftungshauben und -decken	180
II-7.6	Messungen an Aerosolabscheidern	181
II-8	Inspektion und Reinigung	183
II-8.1	Inspektionsintervalle	183
II-8.2	Reinigungsplan und Reinigung.....	184

II-9 Anlagen und Einrichtungen zur Abluftnachbehandlung 185

II-9.1	Hinweise zu Ozon	187
II-9.1.1	Einheiten	187
II-9.1.2	Entstehung/Erzeugung	187
II-9.1.3	Konzentrationen in der Luft	187
II-9.1.4	Hinweise zum Arbeitsschutz	188
II-9.1.5	Ozon in Lüftungsanlagen	188
II-9.2	Ozongeneratoren	189
II-9.3	UV-C-Anlagen	190
II-9.4	Foto-Oxidationsanlagen.....	193
II-9.5	Plasmaanlagen	196
II-9.6	Mikrobiologische Aerosolnachbehandlung.....	199
II-9.7	Wassersprüheinrichtungen	200
II-9.8	Sicherheitstechnische Anforderungen	200

II-10 Stationäre Feuerlöschanlagen für Küchen 203

II-10.1	Wann müssen Feuerlöschanlagen eingebaut werden?	204
II-10.2	Anforderungen an Feuerlöschanlagen	204

III Planung, Montage, Bauordnungsrecht und Brandschutz 207**III-1 Anforderungen an die Planung und Montage..... 207**

III-1.1	Wer darf eigentlich RLT-Anlagen montieren?.....	208
III-1.2	Anforderungen an die Planung von RLT-Anlagen.....	209
III-1.3	Grundzüge einer wirtschaftlichen Planung.....	210
III-1.4	Außenluftansaugung und Außenluftleitung	210
III-1.5	Außenluftfilter	212

III-1.6	Abluftfilter	215
III-1.7	Ventilatoren	215
III-1.8	Wärmerückgewinnung	218
III-1.9	Zuluftteinbringung	220
III-1.10	Fortluftausblasung	220
III-1.11	Küchenräume ausreichend groß planen	222
III-1.11.1	Zugfreie Einbringung der Zuluft muss möglich sein	222
III-1.11.2	Sehr hohe Gerätedichte auf kleinster Fläche	222
III-1.11.3	Anforderungen an die Lüftungstechnik	223
III-1.11.4	Planung von Produktionsküchen unter Berücksichtigung der Lüftungstechnik	224
III-1.12	Bauordnungsrecht und Brandschutzkonzept	227
III-2	Anforderungen nach der Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie	229
III-2.1	Abluftleitungen von gewerblichen Küchen	230
III-2.2	Küchenabluftreinigungsanlagen mit brennbaren Baustoffen	231
III-2.3	Lüftungszentralen	232
III-2.4	Aufstellung von Küchenabluftgeräten	233
III-2.5	Ab- und Fortluftleitungen	234
III-2.5.1	Brandschutz	234
III-2.5.2	Leitungsführung im Freien	235
III-2.5.3	Mündungen von Lüftungsleitungen	236
III-2.6	Gasbetriebene Kochgeräte	236
III-2.7	Holzkohlegrills	237
Literatur		241
Stichwortverzeichnis		244

I-5 Ermittlung der Luftvolumenströme für warme Küchen und vergleichbare Bereiche

Für die verschiedenen Küchenbereiche gibt es unterschiedliche Methoden zur Berechnung der erforderlichen Luftvolumenströme. Relativ einfach ist dies bei Küchennebenräumen und Küchenbereichen mit geringen thermischen, Stoff- oder Feuchtelasten. Hierzu sind in den Regelwerken bereits flächenbezogene Luftvolumenströme angegeben. Komplizierter werden die Berechnungen in der warmen Küche, der Speiseausgabe und in der Spülküche. Für die Berechnung dieser Räume werden genaue Angaben zu den Koch- und Küchengeräten, deren Nutzungsdauer, Abmessungen, Anordnung und auch eine ausreichende Kenntnis über die Nutzungsart dieser Geräte, der Kochprozesse und Abläufe in der Küche benötigt. Dann ist auch noch eine Abstimmung darüber vorzunehmen, ob die Luftvolumenstromberechnungen von den Küchenplanern, in deren Lieferumfang sich in vielen Fällen die Küchenlüftungshauben und -decken befinden oder durch die Planer der RLT-Anlagen erfolgen soll.

Die hier vorgestellten Berechnungsmethoden können für alle wärme- und/oder feuchteabgebende Geräte angewendet werden – unabhängig von ihrem Aufstellungsort. Typische Anwendungsbereiche sind warme Küchen, Warmhaltebereiche, Ausgabe- oder Frontcooking-Bereiche. Spülküchen werden im Kapitel I-7 behandelt.

Zur Berechnung des Abluftvolumenstroms muss zuerst der Thermikluftstrom ermittelt werden. Auf Grundlage des Thermikluftstroms können dann die erforderlichen Abluftvolumenströme berechnet werden. Die Berechnungswege für Küchenlüftungshaube, Küchenlüftungsdecke und solcher Geräte, die nicht unter Lüftungsdecken oder -hauben aufgestellt werden, unterscheiden sich leicht voneinander.

I-5.1 Herleitung der Gleichungen zur Ermittlung der Thermikluftströme

Wie bereits beschrieben, sind die über den warmen Küchengeräten auftretenden Thermikluftströme durch geeignete Vorrichtungen zu erfassen und aus der Küche abzuführen. Untersuchungen über Thermikluftströme wurden für unterschiedliche technische Anwendungen durchgeführt, bei denen mehr oder weniger große Wärmelasten abzuführen waren. Hierbei handelte es sich um industrielle Anwendungen, wie z. B. Maschinenhallen, Stahlwerke, Glaswerke u. a. m. Aber auch bei Untersuchungen von Bränden und Brandverläufen wurden und werden immer noch die dabei auftretenden Thermikluftströme erforscht, da diese für die Dimensionierung von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen und für die Wärmebelastung der Gebäudehülle maßgebend sind. Die für die Berechnung der Luftvolumenströme erforderlichen Formeln haben für all diese Anwendungen einen ähnlichen Aufbau. Diese, für das weitere Verständnis elementaren Gleichungen, sollen nun näher betrachtet werden.

I-5.1.1 Thermikluftstrom über einer punktförmigen Wärmequelle

In der nachstehenden Abbildung soll qualitativ eine Zunahme des aufsteigenden Thermikluftstroms dargestellt werden. Ursache für diese Zunahme ist die gegenüber der Raumlufte beschleunigte Strömung im Thermikluftstrom, die gegenüber der Raumlufte eine höhere Temperatur und damit einen geringeren Druck aufweist. Die Geschwindigkeit im Thermikluftstrom baut sich durch Reibung mit der stehenden Raumlufte mit steigender Lauflänge immer weiter ab, wobei der Thermikluftstrom im Volumen zunimmt.

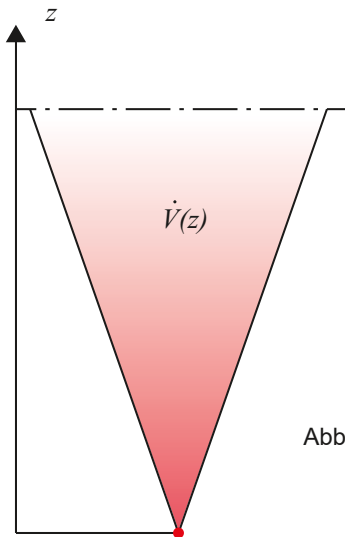


Abbildung I-5-1: Qualitative Darstellung eines Thermikluftstroms über einer punktförmigen Wärmequelle, (Quelle J. Dorenburg [17])

Hierbei gilt der Impulserhaltungssatz, sodass mit absinkender Geschwindigkeit der Massenstrom und damit auch der Volumenstrom zunehmen müssen.

$$I = \dot{m} \cdot v = \dot{V} / \rho \cdot v = \text{konst.} \quad (\text{I-5-1})$$

Dabei sind

- I : Impuls in $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$
- $\dot{m}$: Massenstrom in kg/s
- v : Geschwindigkeit in m/s
- $\dot{V}$: Volumenstrom in m^3/s
- ρ : Dichte in kg/m^3

Als eine der ersten Arbeiten zur Berechnung von Wärmeströmen über punktförmigen Wärmequellen wird laut J. Dorenburg [17] die Dissertation von W. Schmidt [16] angesehen. Er konnte folgenden Zusammenhang zur Bestimmung des Thermikvolumenstroms ermitteln:

$$\dot{V}_{\text{th}} = k_v \cdot \dot{Q}^{1/3} \cdot z^{5/3} \quad (\text{I-5-2})$$

Dabei sind

- $\dot{V}_{\text{th}}$: Thermikluftstrom in m^3/s
- k_v : konstanter Koeffizient in $\text{m}^{4/3} \text{W}^{-1/3} \text{s}^{-1}$
- $\dot{Q}$: abgegebene Wärme in kW
- z : Aufstiegshöhe in m

Später durchgeführte Untersuchungen bestätigten die exponentielle Abhängigkeit der abgegebenen Wärme $\dot{Q}$ und der Aufstiegshöhe z mit den in der Gleichung angegebenen Exponenten $1/3$ und $5/3$.

Der konstante Koeffizient k_v wurde von Schmidt experimentell ermittelt. Er nimmt Werte von $0,004$ bis $0,006 \text{ m}^{4/3} \text{W}^{-1/3} \text{s}^{-1}$ an, die mehrheitlich um den Wert $0,005 \text{ m}^{4/3} \text{W}^{-1/3} \text{s}^{-1}$ schwanken. Die Abweichungen sind u. a. mit der Form, der Temperaturverteilung und der räumlichen Anordnung der Wärmequelle zu erklären. In der VDI-Richtlinie 3802 Blatt 1 [18] zur Luftbeschaffenheit an Arbeitsplätzen und in Fabrikationshallen wird der Koeffizient k_v mit Werten von $0,005$ bis $0,006 \text{ m}^{4/3} \text{W}^{-1/3} \text{s}^{-1}$ angegeben.

Da das Verständnis dieser Gleichung auch grundlegend für das von Thermikluftströmen in Küchen oberhalb warmer Kochgeräte ist, sollen die auftretenden Proportionalitäten noch etwas näher betrachtet werden.

Aus der Gleichung (I-5-2) folgt die Proportionalität

$$\dot{V}_{(z)} \propto \dot{Q}^{1/3} \cdot z^{5/3} \quad (\text{I-5-3})$$

Dabei sind

- $\dot{V}_{(z)}$: Thermikluftvolumenstrom in m^3/s der Aufstiegshöhe z in m
- $\dot{Q}$: Wärmestrom in kW
- z : Aufstiegshöhe in m

Hieraus folgt:

der Thermikluftstrom nimmt mit der dritten Wurzel der abgegebenen Wärme zu. Eine Verdoppelung der abgegebenen Wärme vergrößert den Thermikluftstrom um den Faktor $\sqrt[3]{2} \approx 1,26$, also nur um ca. 26 %.

In Küchen entspricht die Aufstiegshöhe z der Unterkante der Erfassungsstelle, also der Unterkante der Küchenlüftungsdecke oder der Küchenlüftungshaube. Der Thermikluftstrom ist also proportional zu der 1,66. Potenz der Aufstiegshöhe.

I-5.1.2 Thermikluftströme über horizontalen Flächen

Gedanklich lassen sich viele punktförmige Wärmequellen zu einer flächenförmigen Wärmequelle zusammenfassen. Während bei einer punktförmigen Wärmequelle der Ursprung immer in der Wärmequelle selbst liegt, muss bei flächenförmigen Wärmequellen ein sogenannter „virtueller Ursprung“ eingeführt werden. Das ist ein unterhalb der Fläche liegender Punkt, dessen Wärmeabgabe vom Betrag her der Wärmeabgabe der Fläche entspricht.

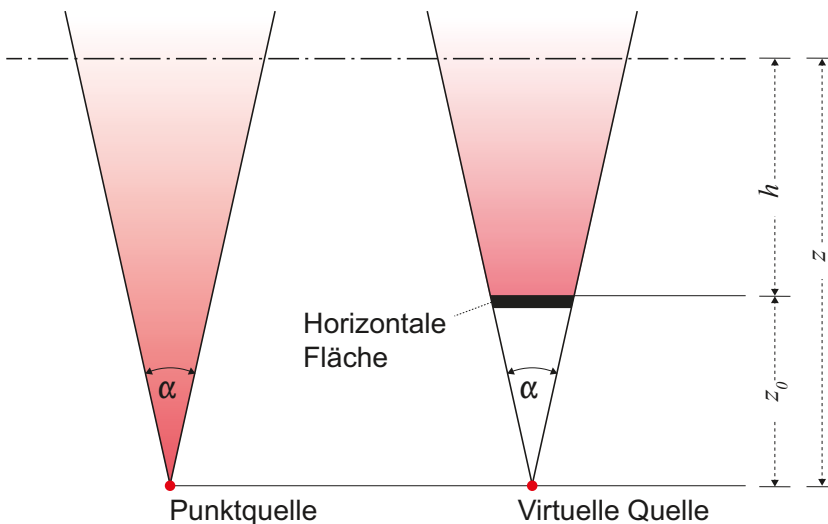


Abbildung I-5-2: Lage des Ursprungs einer virtuellen, punktförmigen Wärmequelle einer flächenförmigen Wärmequelle (rechts) im Vergleich zur punktförmigen Wärmequelle (links) (Quelle J, Dorenburg [17])

Der Abstand vom virtuellen Ursprung bis zur horizontalen Wärmequelle beträgt z_0 .

Die Lauflänge wird mit der Koordinate z angegeben. Es gilt der Zusammenhang entsprechend der Abbildung I-5-2:

$$z = h + z_0$$

(I-5-4)

Dabei sind:

h : Lauflänge oberhalb der Wärmequelle in m

z_0 : Lage des virtuellen Ursprungs in m

Durch Einsetzen von z in (I-5-2) erhält man die Gleichung (I-5-5) zur Berechnung des Thermikluftstroms oberhalb einer horizontalen Fläche

$$\dot{V}_{th} = k_v \cdot \dot{Q}^{1/3} \cdot (h + z_0)^{5/3} \quad (I-5-5)$$

Wie in Abbildung I-5-2 zu erkennen ist, hängt der virtuelle Abstand z_0 von den Abmessungen der Wärmequelle und vom Öffnungswinkel α ab. Es besteht der physikalische Zusammenhang, dass der Öffnungswinkel α mit steigenden Oberflächentemperaturen zunimmt [17], wobei z_0 abnimmt. Die Oberfläche der Wärmequelle wird durch deren hydraulischen Durchmesser berücksichtigt, der wie folgt definiert ist:

$$d_{hydr} = 2 \cdot \frac{L \cdot B}{L + B} \quad (I-5-6)$$

Dabei sind:

L : Länge der Wärmequelle in m

B : Breite der Wärmequelle in m

Für die Auslegung von RLT-Anlagen in Fertigungsstätten [18] wird eine Berechnungsmethode verwendet, die den virtuellen Ursprung z_0 in Abhängigkeit des hydraulischen Durchmessers wie folgt festlegt [17]:

$$z_0 = 1,7 \cdot d_{hydr} \quad (I-5-7)$$

In dieser Festlegung wird der in den Öffnungswinkel α einfließende Temperatureinfluss nicht mehr berücksichtigt. Dies ist bei Produktionsmaschinen aus dem Grund unproblematisch, da nach den Unfallverhütungsvorschriften die Oberflächentemperaturen von Fertigungsmaschinen auf 40 °C begrenzt sind. Bei höheren Oberflächentemperaturen als 40 °C und größeren Abmessungen der Wärmequellen kommt es zu Strahleinschnürungen im Strahlformierungsbereich. Für diese Fälle nimmt der Faktor z_0 kleinere Werte als der nach Gleichung (I-5-7) an, d. h. der virtuelle Ursprung wird näher an der Wärmequelle liegen.

$$z_{01} = 1,47 \cdot d_{hydr} \quad (I-5-8)$$

Dabei ist

z_{01} : virtueller Ursprung bei Oberflächentemperaturen oberhalb 40 °C mit Strahleinschnürung im Strahlformierungsbereich

I-5.2 Thermikluftströme in Küchen

Ein Hinweis vorweg

In Küchen treten an verschiedenen Stellen deutlich höhere Temperaturen auf als die für den industriellen Bereich genannten 40 °C. Die Temperaturen bei Kochprozessen betragen etwa:

- Kochen/Dünsten 100 °C
- Frittieren bis 180 °C
- Braten/Grillen > 220 °C

Ein Kochblock besteht oftmals aus mehreren Kochgeräten mit wärmedämmten Gerätegehäusen, Umrandungsflächen oder Ablageflächen. Zu einem Kochblock können auch komplett geschlossene Geräte, wie z. B. Heißluftdämpfer gehören. Über die gesamte Fläche eines Kochblockes könnten sich also im Mittel durchaus Temperaturen um die 40 °C einstellen. Dies gilt natürlich nicht, wenn nur einzelne Geräte mit hohen Oberflächentemperaturen betrachtet werden. Für solche Anwendungsfälle können die nachstehend genannten Berechnungsformeln für den Thermikluftstrom gegebenenfalls angepasst werden.

Es soll zuerst auf Berechnungsformeln nach der VDI-Richtlinie 2052 Blatt 1 [2] eingegangen werden. Die Unterschiede zur Berechnung nach der Euronorm DIN EN 16282 Teil 1 [3] werden in Kapitel I-5.7 behandelt.

Die Berechnung des oberhalb von warmen Kochgeräten aufsteigenden Thermikluftstroms erfolgt in der VDI-Richtlinie 2052 Blatt 1 auf Grundlage der Gleichung (I-5-5).

Wie bereits in Kapitel I-3.2.1 dargelegt, wird von warmen Oberflächen Energie, sensible Wärme, in Form von Konvektion und Strahlung abgegeben. In die Berechnung des Thermikluftstroms geht lediglich der konvektive Anteil ein, da Strahlung keine Temperaturerhöhung an der Oberfläche der Kochgeräte erzeugt und damit auch nicht zum thermischen Auftrieb beiträgt. Der konvektiv wirksame Anteil der sensiblen Wärme wird pauschal für alle Kochgeräte mit 50 % der sensiblen Wärme angenommen:

$$\dot{Q}_{s,k} = 0,5 \cdot P \cdot \dot{Q}_s \quad (\text{I-5-9})$$

Dabei sind:

$\dot{Q}_{s,k}$: konvektiv wirksamer Anteil der sensiblen Wärmeabgabe in W

P : Anschlussleistung in kW

$\dot{Q}_s$: spezifische sensible Wärmeabgabe in W/kW

Strahlungsanteil

Die Regelwerke versuchen allgemein gültige Rechenmethoden vorzustellen, mit denen sich die Luftvolumenströme für warme Küchen relativ einfach berechnen lassen. Selbstverständlich gibt es immer wieder Spezialfälle, bei denen andere, oder geänderte Rechenverfahren verwendet werden müssen.

Der pauschale Ansatz, dass der konvektive Anteil 50 % der sensiblen Wärmeabgabe beträgt, wird dann zu richtigen Ergebnissen führen, wenn sich in der Küche

- entweder nur Geräte befinden, bei denen der konvektive Anteil in etwa 50 % beträgt, oder
- viele verschiedene Geräte befinden und eine Mittelwertbildung über alle Geräte zu einem 50-prozentigen Anteil führt.

Hohe Anteile an Strahlung haben alle offenen Grillflächen, wie Spießgrills, Salamander oder Hähnchengrills. Niedrige Strahlungsanteile haben alle doppelwandigen, thermisch isolierten Kochgeräte, wie z. B. Druckkochkessel, in deren Gehäusen Wärmedämmmatten eingebaut sind.

Bei Koch- und Garprozessen kommt es neben der sensiblen Wärmeabgabe zusätzlich auch noch zur Abgabe von latenter Wärme in Form von Wasserdampf.

Die VDI-Richtlinie 2052 Blatt 1 gibt in der Tabelle A1 für die meisten in Küchen verwendeten Geräte die sensible und latente Wärmeabgabe als Faktor von der Geräteanschlussleistung an. Die zur Berechnung des Thermikluftstroms erforderlichen sensiblen und latenten Wärmeabgaben werden in den Tabellen I-9-1 bis I-9-4 wiedergegeben.

Zur einfachen Handhabbarkeit wird in der Berechnungsformel für den Thermikluftstrom (I-5-11), im Gegensatz zu den Gleichungen aus Kapitel I-5.1, dieser mit der physikalischen Einheit m^3/h angegeben. Dies wird durch Multiplikation der Konstanten k_v mit 3.600 s/h zu einer neuen Konstanten k erreicht:

$$k = k_v \cdot 3600 \text{ s/h} = 18 \text{ m}^{4/3} \cdot \text{W}^{1/3} \cdot \text{h}^{-1} \quad (\text{I-5-10})$$

Der Thermikluftstrom errechnet sich dann zu:

$$\dot{V}_{\text{th}} = k \cdot \dot{Q}_{\text{s,k}}^{1/3} \cdot (z + 1,7 \cdot d_{\text{hydr}})^{5/3} \cdot r \cdot \varphi \quad (\text{I-5-11})$$

Dabei sind:

$\dot{V}_{\text{th}}$: Thermikluftstrom in m^3/h

k : Konstante $18 \text{ m}^{4/3} \cdot \text{W}^{-1/3} \cdot \text{h}^{-1}$

$\dot{Q}_{\text{s,k}}$: konvektiv wirksamer Anteil der sensiblen Wärmeabgabe in kW

- z : Höhe über der Wärmequelle/Kochblock, Aufstiegshöhe in m
 d_{hydr} : hydraulischer Durchmesser in m nach (5-6)
 r : Minderungsfaktor für die Aufstellung der Geräte nach Tabelle I-5.1
 φ : Gleichzeitigkeitsfaktor nach Tabelle I-5.2

In der Gleichung (I-5-11) wurden zwei Faktoren neu aufgenommen. Der Faktor r berücksichtigt die Aufstellungssituation der Wärmequelle und der Faktor φ die gleichzeitige Nutzung der Kochgeräte. Auf den letzteren wird noch ausführlich in Kapitel I-5.3 eingegangen.

Abbildung I-5-3 zeigt eine qualitative Darstellung des Thermikluftstroms. Es wird die Aufstiegshöhe „ z “ beginnend von der Oberkante des Kochgerätes bis zur Unterkante der Erfassungseinrichtung dargestellt.

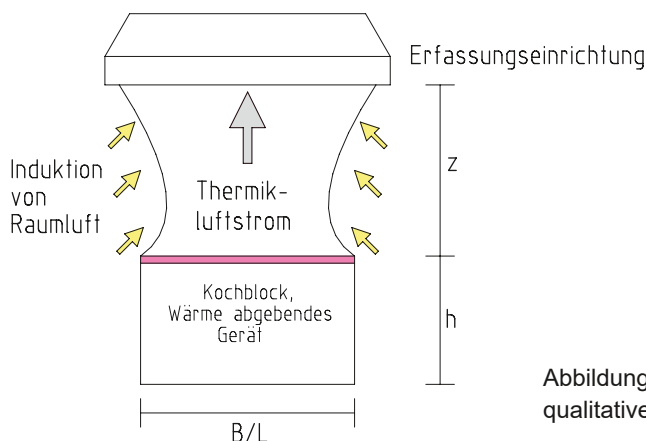


Abbildung I-5-3:
qualitative Darstellung des Thermikluftstroms

Berechnung der Aufstiegshöhe

Dunstabzugshauben werden üblicherweise in einer Höhe von 2,10 m über dem Fußboden montiert, damit ergeben sich Werte für die Höhe z über der Wärmequelle von 1,20 m bis 1,25 m, bei einer Höhe des Kochblockes von 0,85 m bis 0,90 m.

Küchenlüftungsdecken werden üblicherweise in größeren Höhen als Dunstabzugshauben montiert. Die Montagehöhe ist abhängig von der Raumhöhe, der Raumgröße und den behördlichen Auflagen (siehe hierzu auch Tabelle I-2-1). Da der Thermikluftstrom mit steigender Höhe seinen Auftrieb verliert und es daher zu keiner Volumenzunahme mehr kommt, wird für die Berechnung von z von einer maximalen Installationshöhe der Erfassungseinrichtung von 2,50 m ausgegangen. Dieser Wert wird immer dann zur Berechnung eingesetzt, wenn die tatsächliche Montagehöhe der Küchenlüftungsdecke > 2,50 m ist.

Bezüglich der Aufstellung werden zwischen der freien Aufstellung im Raum und der Aufstellung an einer Wand unterschieden (Tabelle I-5-1). Physikalisch lässt sich die Reduzierung des Thermikluftstroms bei einer Geräteaufstellung an einer Wand dadurch erklären, dass Raumluft nicht mehr von allen vier Seiten, sondern nur noch von drei Seiten in den Thermikluftstrom induziert werden kann.

Achtung: Die Berechnung mit dem reduzierten Wert ist nur dann zulässig, wenn das Gerät oder Kochblock mit der längeren Seite an der Wand aufgestellt wird.

Tabelle I-5-1: Minderungsfaktoren r des Thermikluftstroms

Minderungsfaktor r	Aufstellung
1,00	frei im Raum
0,63	an einer Wand

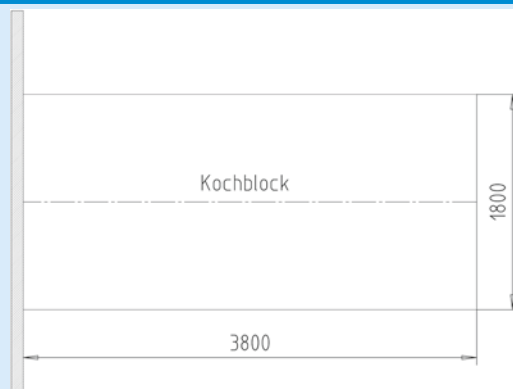
Anmerkung Minderungsfaktor

In älteren Ausgaben der VDI 2052 gab es auch noch einen dritten Minderungsfaktor für eine Eckaufstellung. Dieser ist seit der Ausgabe April 2006 entfallen, da er sich in der Praxis nicht bewährt hatte.

Anmerkung Aufstellung entlang einer Wand

Der reduzierte Minderungsfaktor von 0,63 darf nur dann verwendet werden, wenn der Kochblock oder das Kochgerät mit der längsten Seite entlang der Wand aufgestellt wird.

Aus der Praxis



Der in der Draufsicht dargestellte Mittelkochblock wurde mit der schmalen Seite an einer Wand aufgestellt. Die Berechnung des Thermikluftstroms erfolgte mit dem Minderungsfaktor $r = 0,63$. Beim Betrieb der Küche kam es zu Problemen wegen nicht abgesaugter Wrasen und zu hoher Temperaturen. Was war passiert?

Die Berechnung des Thermikluftstroms mit 0,63 war für diese Aufstellung falsch, da wegen der Aufstellung des Kochblocks an der schmalen Geräteseite die Induktion von Raumluft in den Thermikluftstrom nicht wesentlich reduziert war.

Die Lüftungsanlage war durch die unzulässige Verwendung des Minderungsfaktors r zu klein ausgelegt und damit für die vorgesehene Verwendung nicht geeignet.

Fazit: Der Minderungsfaktor 0,63 darf nur dann verwendet werden, wenn der Kochblock mit der langen Seite an einer Wand aufgestellt wird.

Berechnung der Höhe z bis zur Absaugvorrichtung

Bei hochstehenden Geräten, wie dies bei Heißluftdämpfern häufig der Fall ist, ist für die Ermittlung der Aufstiegshöhe z nach Gleichung I-5-10 bis zur Küchenlüftungsdecke oder Küchenlüftungshaube die mittlere Gerätehöhe zu verwenden.

Abbildung I-5-4: Aufstiegshöhe z bei einem Heißluftdämpfer



I-5.3 Gleichzeitigkeitsfaktor

Der Gleichzeitigkeitsfaktor (GLZ) φ ist für die Auslegung der RLT-Anlage von elementarer Bedeutung, da dieser die Intensität der Nutzung der Küche beschreiben soll. Die Aussage von φ ist folgende:

$\varphi = 0,0$: keine Nutzung von wärme- und feuchteabgebenden Kochgeräten, kein Kochbetrieb

$\varphi = 1,0$: alle im zu betrachtenden Bereich vorhandenen Kochgeräte befinden sich mit maximalen Emissionen in Betrieb; in der Regel entspricht dies dem Fortkochbetrieb

Leider enthalten weder die VDI-Richtlinie [2], noch die Euronorm [3] praxistaugliche Definitionen für φ . Nachdem in den vergangenen Versionen der VDI 2052 aus den Jahren 1999 und 2006 φ mehr oder weniger unglücklich definiert wurde, definiert die aktuelle Ausgabe der VDI 2052 Blatt 1 (2017) φ gar nicht mehr. Die Euronorm definiert φ wie folgt:

$$\varphi = \frac{\text{aufgenommene elektr. Leistung der Küchengeräte}}{\text{gesamt Anschlussleistung}} \quad (\text{I-5-12})$$

φ : Gleichzeitigkeitsfaktor der Nutzung der Küchengeräte

Bei der Definition nach (I-5-12) wird der Umstand nicht berücksichtigt, dass die Leistungsaufnahme eines Küchengeräts in der Regel nicht mit den Emissionen des Gerätes korreliert ist. Ein einfaches Beispiel hierfür ist das Kochen von Nudeln in einem Topf auf einem Elektroherd. Wenn der Topf mit kaltem Wasser aufgesetzt wird, wird man für die schnelle Erwärmung des Wassers den Herd auf die

höchste Leistungsstufe stellen (Ankochen). Die Emissionen des Kochvorgangs sind in diesem Fall fast Null, da der Topf die Wärme aufnimmt und noch kein Wasserdampf entsteht. Nachdem das Wasser gekocht hat und man die Nudeln hineingegeben hat, wird man die Leistung des Herds herunterschalten, damit die Nudeln nicht überkochen. Dieser Zustand entspricht dann dem normalen Kochbetrieb (Fortkochen), mit maximaler Wärme- und Wasserdampfabgabe bei reduzierter elektrischer Leistung. In der Regel beträgt die Leistungsaufnahme beim Fortkochen 40 % bis 70 % der Maximalleistung.

Beide Regelwerke bieten für φ übereinstimmende Anhaltswerte, die in Tabelle I-5-2 wiedergegeben sind.

Die Werte haben sich über die Jahre allerdings nicht verändert und wurden den geänderten Gegebenheiten in der Küche bezgl. der Gerätenutzung, der Geräteanzahl und der Küchengrößen nicht angepasst.

Tabelle I-5-2: empfohlene Gleichzeitigkeitsfaktoren nach DIN EN 16282-1 und VDI 2052 Blatt 1

Küchenart		Klein-Küche		Mittel-Küche		Groß-Küche	
		Portionen pro Tag oder pro Mahlzeit	Gleichzeitigkeitsfaktor φ	Portionen pro Tag oder pro Mahlzeit	Gleichzeitigkeitsfaktor φ	Portionen pro Tag oder pro Mahlzeit	Gleichzeitigkeitsfaktor φ
Gastronomie (Imbiss, Restaurant, Hotel)		< 100	1,0	< 250	0,7	> 250	0,7
Kantinen, Kasinos, Mensen		150	0,8	< 500	0,6	> 500	0,8*
Krankenhäuser	Hauptküchen	250	0,8	< 650	0,6	> 650	0,6
	Verteilküchen	40	1,0	-	-	-	-
Heimküchen		100	0,9	< 250	0,6	> 250	0,6
Aufbereitungsküchen, Mischküchen		50	0,9	< 400	0,6	> 400	0,6
Industrielle Speisenzubereitung		-	-	< 3.000	0,7	> 3.000	0,7

*0,8 nach VDI 2052-1; 0,6 nach DIN EN 16282-1

Gleichzeitigkeitsfaktor - Ermittlung

In der Praxis wird φ in einer Küche über den Tagesverlauf unterschiedliche Werte annehmen, mal wird viel gekocht, mal weniger. Für die Dimensionierung der RLT-Anlage ist die maximale Nutzung ausschlaggebend. Zur Festlegung des korrekten φ sind also alle Küchengeräte zu betrachten, welche zu Zeiten maximaler Belastung in Betrieb sind. Der Autor würde dann für diese Geräte $\varphi = 1,0$ wählen und auch nur für diese Geräten den oder die Thermikluftströme berechnen bzw. die Kontrollrechnung zum Schutz vor Kondensation nach Kapitel I-5.4 durchführen. Die übrigen sich nicht in Betrieb befindenden Geräte brauchen nicht berücksichtigt werden.

Mit dieser Methode lassen sich RLT-Anlagen auf die maximal zu erwartenden Emissionen auslegen. Für die Auslegung der Gesamtanlage sollte zur Sicherheit trotzdem noch eine Reserve eingeplant werden. Ein Rechenbeispiel hierfür enthält Kapitel I-11.5.

Lüftung von Groß- und Gewerbeküchen

Das Buch

Dieses Fachbuch erläutert detailliert die für die Planung von Lüftungsanlagen für Großküchen benötigten Berechnungen und erklärt die physikalischen und raumluftechnischen Zusammenhänge. Die Berechnungen der Luftvolumenströme werden sowohl theoretisch hergeleitet als auch durch Berechnungsbeispiele und Abbildungen wichtiger Kochgeräte verständlich erklärt. Weiterhin gibt dieses Buch Hinweise für die Planung, die Montage, aber auch für den Betrieb von Küchenlüftungsanlagen; beginnend in der Küche mit den Lüftungshauben bzw. Lüftungsdecken. Es beschreibt Anforderungen an RLT-Geräte und wichtige Anlagenkomponenten, inklusive Brandschutzklappen und Anlagen zur Abluftreinigung. Ein eigener Teil ist den baurechtlichen Anforderungen und dem Brandschutz von Küchenlüftungsanlagen gewidmet.

Zielgruppe

Einsteiger, Auffrischer und Profis der Klima und Lüftungsbranche und Quereinsteiger aus verwandten Gewerken, insbesondere Planer, ausführende Unternehmen, Sachverständige, Behörden, Schornsteinfegermeister, Betreiber und Planer von Großküchen

Der Autor



Georg Tale

Dipl.-Ing. Georg Tale ist öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Lüftungs- und Klimatechnik sowie die Überprüfung von Verdunstungskühlanlagen und Nassabscheidern. Er ist bauaufsichtlich anerkannter Prüfsachverständiger für Lüftungsanlagen, RWA- und CO-Warnanlagen. Er ist Autor weiterer Bücher, diverser Fachbeiträge, hält Schulungen, ist in verschiedenen Verbänden aktiv und Mitglied in nationalen und internationalen Normungs- und Richtlinienausschüssen, auch im Bereich der Küchenlüftungstechnik.

• L Ü F T U N G • K L I M A • K Ä L T E

Vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage 2023

cci-dialog.de

cci Buch ist eine Marke der cci Dialog GmbH

ISBN 978-3-922420-72-9



9 783922 420729

€ 57,00 (D)