Zeitgemässe Konzepte für Lüftungssysteme

Autor(en): **Filleux, Charles**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **112 (1994)**

Heft 50

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-78574

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

typ eines Gerätes, der einen Seifenblasengenerator und drei verschiedenfarbige, parallele Lichtebenen verwendet, können mittels Bildauswertung auch quantitative Aussagen gemacht werden. Band 6 der ERL-Dokumentationsreihe gibt eine gute Einführung in alle Aspekte der energie- und komfortbezogenen Messungen in Gebäuden.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Im Projekt ERL sind brauchbare Berechnungs- und Messmethoden für die detaillierte Bestimmung des Luftaustausches in einem Gebäude entwickelt worden. Sie stehen dem Praktiker nun zur Verfügung, zusammen mit der einführenden ERL-Dokumentationsreihe und den spezifischen Forschungsberichten. Die Mess- wie auch die Berechnungsmethoden sind teilweise noch relativ aufwendig in der Anwendung, sie sind jedoch auch die Werkzeuge für die zukünftige Ausarbeitung von einfacheren Methoden.

In vielen Fällen wird eine Kombination von Rechen- und Messmethoden am einfachsten zu aussagekräftigen Resultaten führen, indem von einem gemessenen Zustand aus mittels dem Rechenprogramm Parametervariationen durchgeführt werden oder aber der zeitliche Verlauf von Luftströmen bestimmt wird.

Adresse des Verfassers: *V. Dorer*, dipl. Masch. Ing. ETH, EMPA Abteilung 175 Haustechnik, 8600 Dübendorf.

Literatur

[1] *V. Dorer, F. Huck, A. Weber*: «COMERL, Rechenprogramm zur Bestimmung des Luft- und Verunreinigungstransportes in mehrzonigen Gebäuden», Handbuch, EMPA 175, Dübendorf, 1994.

[2] *V. Dorer, F. Huck, A. Weber*: «Simulation von thermisch induzierter natürlicher Lüftung am Beispiel der passiven Kühlung und der Doppelwandfassade», Statusseminar Energieforschung im Hochbau, 1994.

[3] *U. Norlén, K. Andersson*:» The Indoor Climate in the Swedish Housing Stock», Swedish Institute for Building Research, Gävle, Schweden, 1993.

Forschungsprogramm Energierelevante Luftströmungen in Gebäuden

Zeitgemässe Konzepte für Lüftungssysteme

Der Leitfaden «Zeitgemässe Lüftungssysteme» fasst wichtige Erfahrungen der letzten Jahre zusammen und berücksichtigt die neuesten Erkenntnisse der Forschung über den Einsatz schadstoffarmer Materialien, den Komfortanforderungen aus thermischer und lufthygienischer Sicht sowie des Luft- und Schadstofftransportes in der Raumluft bei Quelluft- und Mischluftsystemen mit und ohne Kühldecken. Besonders hervorzuheben sind die tiefere Einsicht in die Raumluftströmungen und deren Darstellung in einer für den Lüftungsplaner zugänglichen Form, die Entwicklung einer Messtechnik zur Beurteilung der Raumluftqualität sowie die Untersuchungen im Labor, welche die Planungs- und Dimensionierungsgrundsätze, die diesem Leitfaden zugrunde liegen, ermöglicht haben.

Bessere Luftqualität und höherer Komfort mit weniger Energieeinsatz

Die Bestrebungen, den Energiebedarf für den Betrieb von lüftungstechnischen Anlagen zu senken, finden nicht

VON CHARLES FILLEUX, ZÜRICH

nur in Forschung und behördlichen Auflagen ihren Niederschlag, sondern haben auch bereits zu neueren Entwicklungen geführt. Konzeptionell interessante Lösungen sind insbesondere solche mit niedrigem Zuluftvolumenstrom und einer guten Ausnutzung der freien Kühlung.

Im Rahmen des Forschungsprojekts «Energierelevante Luftströmungen in Gebäuden» ist der Leitfaden «Zeitgemässe Lüftungssysteme» erstellt worden [1]. Er berücksichtigt die neuesten Erkenntnisse über den Einsatz schadstoffarmer Materialien, den Komfortanforderungen aus thermischer und lufthygienischer Sicht sowie des Luft- und Schadstofftransportes in der Raumluft bei Quelluft- und Mischluftsystemen mit und ohne Kühldecken. Einer gesamtheitlichen Betrachtungsweise wird im Leitfaden grosse Bedeutung beigemessen. Er stützt sich im weiteren auf vielfältige Laborversuche und aufwendige Berechnungen. Detaillierte Forschungsberichte geben dem interessierten Leser Einblick in Vorgehen und Methodik, beschreiben die Ergebnisse der Laborversuche und Simulationen und erläutern das ERL-Nomogramm, ein Werkzeug für die Auslegung von Quellüftungen. Eine gute Übersicht über die Ergebnisse des gesamten ERL-Projekts vermittelt die siebenteilige ERL-Dokumentationsreihe für die Praxis [2].

☐ *Mischlüftung* ist die am meisten verbreitete Art der Raumströmung. Zuluft tritt über hochinduktive Durchlässe in den Raum ein und erreicht den Auslass über gekrümmte Strömungspfade. Die Kontrolle der Konzentration von Verunreinigungen erfolgt über das Verdünnungsprinzip.

☐ *Verdrängungslüftung* basiert auf der Verdrängungs-(Kolben-)strömung und ist aus der Reinraumtechnik bekannt. Zuluft tritt über laminare Durchlässe in den Raum ein und erreicht den Auslass über mehr oder weniger geradlinige Strömungspfade. In der kontrollierten Zone stellen sich verhältnismässig hohe Luftgeschwindigkeiten ein, was aber wegen der kleinen Turbulenzgrade nicht kritisch ist. Die Verunreinigungen im Raum werden von der Strömung mitgerissen und weggeführt.

☐ *Quellüftung* entsteht, wenn Personen oder andere Wärmequellen die Verdrängungsströmung antreiben. Die Quellüftung ist im Gegensatz zur Verdrängungslüftung eine Komfortlüftung mit niedrigen Luftgeschwindigkeiten. Wenn der induzierte Luftvolumenstrom gross ist im Vergleich zum Zuluftvolumenstrom, entsteht infolge Rückströmung eine der Mischlüftung ähnliche Strömung.

Systemwahl bei der Lüftung von Büroräumen

Die Frage, welches System am geeignetsten ist, lässt sich nicht so einfach beantworten. Es gibt kein «bestes» System. Bevor ein Lüftungssystem gewählt wird, sind vom Planer folgende Fragen zu beantworten:

- Besteht ein hoher Kühlleistungsbedarf?
- Werden erhöhte Anforderungen an die Raumluftqualität gestellt?

In vielen Fällen wird die Antwort nicht eindeutig ausfallen, da sowohl gute Luftqualität garantiert, als auch ein Mindestmass an internen Lasten abgeführt werden muss. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, bei der Auslegung sowohl die thermischen wie auch die Luftqualitätskriterien zu prüfen und nach dem massgebenden Kriterium zu dimensionieren.

Verallgemeinernd kann gesagt werden, dass die Quellüftung vor allem dann geeignet ist, wenn eine hohe Raumluftqualität gefordert ist. Bei erhöhtem Kühlleistungsbedarf ist der thermische Komfort nicht mehr gegeben, da die Luftmengen zu gross gewählt werden müssten. Die Kombination mit einer Deckenkühlung ist für solche Fälle eine gangbare Lösung. Bei der Mischlüftung liegt die Einsatzgrenze für Kühlung um einiges höher. Die Mischlüftung lässt sich ebenfalls mit einer Kühldecke kombinieren. In Tabelle 1 sind die systemtechnischen Vor- und Nachteile von Quell- und Mischluftsystemen dargestellt. Sie sind als Kriterien bei den Überlegungen zur Wahl eines Lüftungssystems unbedingt zu berücksichtigen.

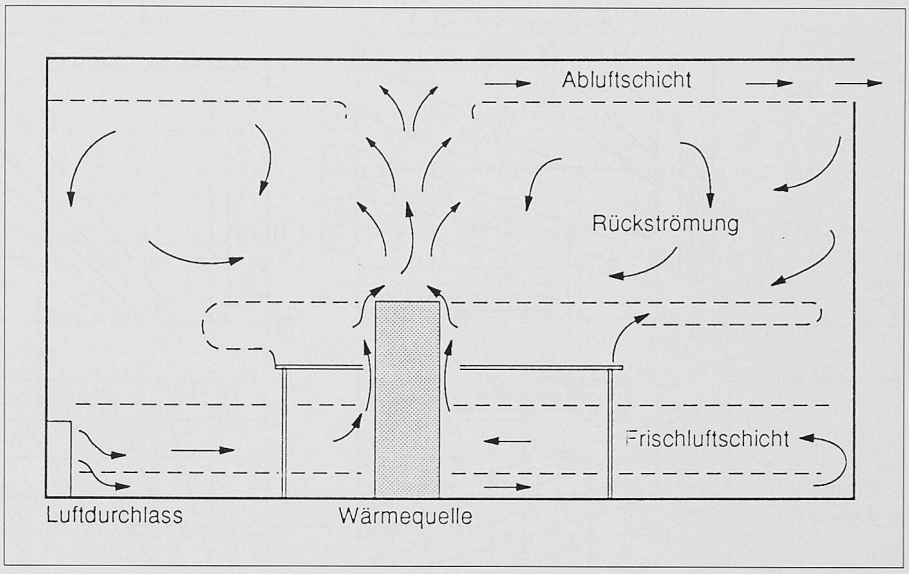

Bild 1. Raumströmung beim Quelluftprinzip

Strömungsbild bei Quellüftung

Gemäss Bild 1 unterscheidet man für die Strömungsverhältnisse bei der Quellüftung folgende Bereiche:

Quellüftung

Vorteile:
- Hohe thermische Behaglichkeit (insbesondere niedrige Luftgeschwindigkeiten und Turbulenzgrade im Aufenthaltsbereich)
- Wirksame Schadstoffentfernung (Verunreinigungsabtransportwirksamkeit $\varepsilon_v > 1$)
- Gute Ausnutzung der Freien Kühlung
- Problemloser Betrieb mit variablem Zuluftvolumenstrom
- Verringerter Energiebedarf da nur Kühlung des Aufenthaltsbereichs
- Problemlos mit einem Kühldeckensystem kombinierbar (Erhöhung der Behaglichkeit dank Strahlungskühlung)

Nachteile:
- Beschränkte Kühlleistung für Räume mit hohen thermischen Lasten (Grenze liegt bei 25 W/m² Kühlleistungsbedarf, ansonsten wird der Temperaturgradient im Aufenthaltsbereich zu gross)
- Nur für Kühlung und nicht für Heizung geeignet
- Bei Kombination mit Kühldecke schlechte Ausnützung der kühlen Aussenluft
- Kühldeckenbetrieb zerstört das charakteristische Temperaturprofil und reduziert daher die Vorteile der Quellüftung bezüglich Raumluftqualität.
- Grosse Zuluftdurchlässe
- Genutzte Räume nicht frei möblierbar

Mischlüftung

Vorteile:
- Gute Regulierbarkeit
- Kühlleistung bis 60 W/m² möglich
- Grosse Auswahl von Zuluftdurchlässen (je nach Anwendung und Wünschen des Planungsteams)
- Problemlos mit einem Kühldeckensystem kombinierbar
- Sehr gute Ausnutzung der freien Kühlung

Nachteile:
- Tiefere Einblastemperaturen im Vergleich zur Quellüftung
- Leicht höherer Energiebedarf im Kühlfall als Quellüftung
- Gleichmässige Konzentration der Schadstoffe im gesamten Raum ($\varepsilon_v < 1$)

Tabelle 1. Systemtechnische Vor- und Nachteile von Quell- und Mischlüftung

Annahmen:

Büro	Fläche	25	m²
	Raumhöhe	2,8	m
Interne Lasten	2 Personen	240	W
	2 PC	200	W
	1 Laserdrucker	100	W
	Beleuchtung	250	W
Externe Lasten		0	W
	Total	790	W

Bestimmung des spezifischen Zuluftvolumenstromes:

Kühlleistungsbedarf	q_{tot}	=	16 W/m²
Konvektiver Anteil der Wärmequellen	q_{konv} [%]	=	57 %
Spez. Zuluftvolumenstrom	V	=	12 m³/m² h
Temperaturgradient	$\Delta T_{1.1}$	=	1,3 K/m
Bodenlufterwärmung	$\Delta T_{0.1}$	=	1,8 K

Kühlleistungsbedarf:

Unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit interner Lasten sowie des Einflusses der Gebäudemasse ergibt sich als Annahme für dieses Beispiel ein effektiver Kühlleistungsbedarf von:

$Q_{tot} = 400$ W → $q_{tot} = 16$ W/m²

Tabelle 2. Anwendungsbeispiel für ERL-Nomogramm

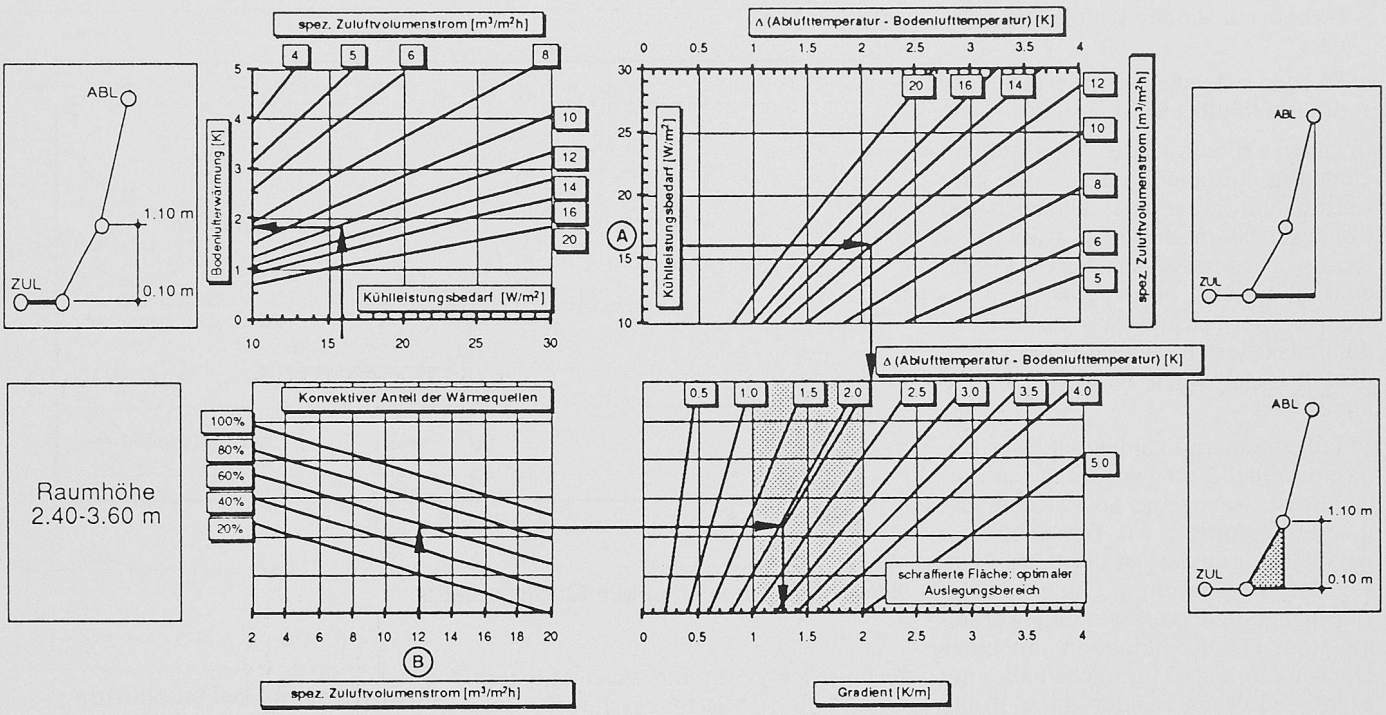

Bild 2. ERL-Dimensionierungsnomogramm für die Auslegung von Quellüftungen. Schraffierter Bereich = optimaler Auslegungsbereich unter Einhaltung des thermischen Komforts

☐ *Frischluftschicht:* Diese ist charakterisiert durch eine geschichtete Strömung. Mit der Einführung der Zuluft in Bodennähe stellen sich in dieser Zone relativ kleine Luftgeschwindigkeiten ein. Dies hängt mit der speziellen semilaminaren Konstruktion der Durchlässe zusammen. An den Wänden werden die Luftschichten umgelenkt und strömen in gegenläufiger Richtung zurück. Die Reichweite der horizontalen Schichtströmung kann bis zu 10 m betragen. In vertikaler Richtung dominiert die thermisch induzierte Aufwärtsströmung.

☐ *Mischungszone:* In einer gewissen Höhe über Boden ist infolge der Auftriebsströmung an den Wärmequellen alle Frischluft aufgebraucht. Dies führt dazu, dass ein Anteil der Luft, welche durch die Wärmequelle weiter nach oben befördert wird, durch Rückströmung nachgeliefert werden muss. Dadurch entsteht eine Vermischung der Luft. Die Höhe der Frischluftschicht hängt deshalb stark von den Wärmequellen ab.

☐ *Abluftschicht:* Im Deckenraum wird die Auftriebsströmung abgebremst. Diese Zone ist für die Dimensionierung und Beurteilung von Quellüftungen von geringer Bedeutung.

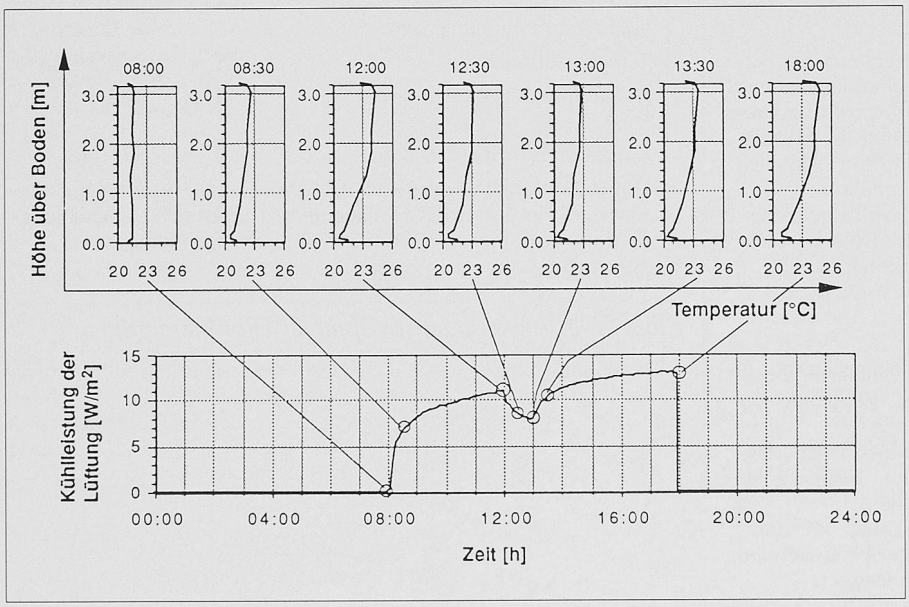

Bild 3. Entwicklung des Temperaturprofils im Verlauf des Tages bei konstanten internen Lasten und einer einstündigen Mittagspause ohne interne Lasten, aber mit eingeschalteter Lüftung (Messung SCS)

Die Auslegung einer Quellüftung

Der Kühlleistungsbedarf ist immer kleiner als die Gesamtheit aller im Raum wirksamen thermischen Lasten, da im dynamischen Betrieb ein Teil der Wärme gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt wieder abgegeben wird. Die ERL-Untersuchungen zum dynamischen Betrieb haben ergeben, dass nur etwa 50 bis 60% der thermischen Lasten in der Raumluft wirksam sind.

Bei der Auslegung nach thermischen Kriterien bestimmt man den erforderlichen Zuluftvolumenstrom aus dem Kühlleistungsbedarf und der Temperaturdifferenz zwischen Zu- und Raumluft. Für ein Quellüftungssystem liegt diese idealerweise im Bereich von 6 bis 8 K, jedoch nicht über 8 K. Die Zulufttemperatur sollte bei einem Quellüftungssystem im Winter nicht unter 18 °C gewählt werden.

Im Zentrum der Auslegung steht die Bestimmung des Temperaturgradienten [K/m] im Aufenthaltsbereich, welcher für die thermische Behaglichkeit bei der Quellüftung von entscheidender Bedeutung ist. Es ist zu überprüfen, ob

der Temperaturgradient im Bereich 1 bis 2 K/m bleibt. Bei Volumenströmen über 15 $m^3/m^2 \cdot h$ ist diese Forderung in den wenigsten Fällen erfüllbar. Deshalb muss auf eine Quellüftung verzichtet werden. Zur Bestimmung des Temperaturgradienten sowie der Bodenluftterwärmung benutzt man das ERL-Nomogramm (Bild 2) und optimiert unter Einhaltung der Komfortanforderungen den Zuluftvolumenstrom. Tabelle 2 führt ein Anwendungsbeispiel des ERL-Nomogrammes auf.

Das ERL-Dimensionierungsnomogramm basiert auf der Auswertung von über 60 Versuchen mit Quellüftung, teilweise kombiniert mit Kühldecke. Gegenüber bisherigen Dimensionierungsunterlagen wird bei diesem erstmals auch die Art der abzuführenden Wärme, als den konvektiven Anteil der Wärmequellen: qkonv[%], in die Berechnung miteinbezogen.

Bei der Kombination von Quellüftungen und Kühldecken ist bei der Dimensionierung mit Hilfe des ERL-Nomogramms nur jener Teil der Kühlleistung in Rechnung zu setzen, welcher effektiv mit der Luft abgeführt wird. Dieses Vorgehen ist deshalb zulässig, weil aufgrund der hohen Leistungsdichte der Kühldecke nur der kleinere Teil der Wärme mit der Luft abgeführt und sich somit nur eine geringe Lufterwärmung einstellen wird.

Dynamik der Quellüftung

Bild 3 zeigt die Entwicklung des Temperaturprofils im Verlaufe des Tages. Die Veränderung des Temperaturgradienten mit wachsendem Kühlleistungsbedarf ist ebenso deutlich zu erkennen wie die Zunahme der Temperaturdifferenz zwischen Zuluft und Abluft. Bei den in Dienstleistungsgebäuden üblichen Raumhöhen von 2,40 bis 3,60 m hat die Raumhöhe auf den Temperaturgradienten der Quelluftsysteme nur geringen Einfluss, da bei hohen Räumen der Energieaustausch in Form von Strahlung von der Decke zum Boden abnimmt.

Literatur

[1] *Ch. Filleux, St. Krummenacher, D. Aiulfi und P. Chuard,* «Zeitgemässe Lüftungssysteme – Aktuelles Wissen und Leitfaden für die Projektierung» Verband Schweizerischer Heizungs- und Lüftungsfirmen, 1994.

[2] *U. Steinemann, F. Widder,* «Forschungsprogramm ERL – Dokumentationsreihe für die Praxis», Verband Schweizerischer Heizungs- und Lüftungsfirmen, 1994.

Adresse des Verfassers: Dr. *Ch. Filleux,* Leiter Energie- und Haustechnik, Basler & Hofman, Ingenieure und Planer AG, Mitglied ASIC, 8029 Zürich.

Bücher

Dreieck, Quadrat und Kreis

Bauhaus und Design-Theorie heute. Von *Ellen Lupton* und *J. Abbott Miller.* 64 Seiten, 86 Schwarzweiss-Abbildungen, durchgehend dreifarbig illustriert. Preis: 35 Fr. Birkhäuser Verlag AG, Basel 1994. ISBN 3-7643-2984-X.

1923 behauptete Kandinsky einen universalen Zusammenhang zwischen den drei Elementarfiguren und den drei Primärfarben. Seitdem gelten das dynamische Dreieck in Gelb, das statische Quadrat in Rot und der ruhige Kreis in Blau als Grundelemente einer «Sprache des Sehens». Nachhaltig haben sie die gesamte visuelle Kultur des 20. Jahrhunderts geprägt – auch und gerade dadurch, dass sie als Gestaltungsprinzipien heftig umstritten waren.

Dieses Buch nimmt die Auseinandersetzung mit dem Bauhaus auf eine doppelte Art und Weise wieder auf: Es stellt in Essays diese klassische Designkonzeption der Moderne in verschiedene Kontexte: der Pädagogik, der Zeitgeschichte und der Psychoanalyse, und zeigt ihre ungebrochene Bedeutung an aktuellen Fragestellungen der Wahrnehmungspsychologie, des Computer-Designs und der fraktalen Geometrie. Geradezu bestechend aber wirkt dieses durchgehend dreifarbige (einschliesslich der Fadenheftung!) Buch aufgrund seines kongenialen Layouts: So macht es auch als typographisch gestaltetes Produkt anschaulich, dass die Faszination, die vom Bauhaus-Design noch immer ausgeht, nicht mit Imitation verwechselt werden darf, sondern dass sie nach wie vor eine Herausforderung darstellt.

Construction métallique

Traité de Génie Civil de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Vol. 10. Par *Manfred A. Hirt* et *Rolf Bez.* 550 pages, 292 fig., 57 tab., relié, 20x24 cm, prix: Fr. 108.–. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne 1994. ISBN 2-88074-249-8.

Volume 10 du Traité de Génie Civil de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, «Construction métallique» introduit la série consacrée au domaine de la construction métallique. Il traite de la conception et du dimensionnement des éléments principaux, des assemblages des structures porteuses en acier et il contient les notions de base utilisées dans les volumes 11 et 12.

La matière est présentée sous forme de chapitres modulaires, de manière aussi générale que possible. Le dimensionnement est basé sur les principes modernes de sécurité structurale et d'aptitude au service considérés dans les nouvelles normes suisses et européennes.

Le calcul de la résistance en section et celui des barres fléchies ou comprimées sont à la base de tout dimensionnement. Les assemblages en tant qu'éléments de liaison indispensables sont traités en détail. Les phénomènes d'instabilité sont également abordés, surtout dans l'optique de la conception des structures métalliques. Un chapitre donne finalement des informations nécessaires et utiles concernant le phénomène de la fatigue.

Cet ouvrage est assorti de 56 exemples numériques basés sur les normes SIA. Il s'adresse aux étudiants des 1er et 2e cycles universitaires ainsi qu'aux ingénieurs de la pratique.

Bemessungstafeln für elastisch auf Dämmstoffen gebettete Nutzbeläge und Fahrbahnplatten unter Lasten

Von *Heinz Bangerter.* 260 S., davon 80 Bemessungstafeln, Diskette, A4. Preis: Fr. 143.–. Verlag Weder & Bangerter AG, Kloten 1994. ISBN 3-9520291-0-6.

Die hier veröffentlichten Bemessungstafeln sind auf Bestimmungen im SIA-Normenwerk, so u.a. in Norm SIA 251 «schwimmende Unterlagsböden/Estriche», zurückzuführen, wonach schwerbelastete Bodenbeläge und Fahrbahnplatten «ingenieurmässig» zu planen sind. Mit den Bemessungstafeln verfügt der Planer über eine Auswahl gängiger Systemlösungen, innerhalb welcher er durch eigene Festlegung der massgebenden Bemessungskriterien den individuellen Gegebenheiten mit ausreichendem Interpretationsspielraum Rechnung tragen kann.

Den insgesamt 78 Tabellen sind die theoretischen Grundlagen zur elastischen Bettung von «schwimmenden Platten» über Erdreich/Halbraum sowie über starrer Unterkonstruktion mit ein- oder mehrlagiger, dazwischenliegender Bettungsschicht vorangestellt. Ebenso werden einführend die generellen Planungsgrundsätze, die massgebenden Kriterien bei der Produktwahl sowie deren Abhängigkeiten und Zusammenwirken im mehrschichtigen Plattensystem erörtert.

Im Hinblick auf die zunehmende Verbreitung der elektronischen Datenverarbeitung ist dem vorliegenden Tabellenwerk eine Diskette beigefügt. Diese enthält ein einfaches Programm zur Berechnung beliebiger Bodenaufbauten auf den Grundlagen der Buchpublikation.