Natürlicher Luftaustausch in Gebäuden: wie planen, wie messen?

Autor(en): **Dorer, Viktor**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

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

Heft 50

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-78573

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

Literatur

[1] *A. Moser, V. Dorer:* «Grundlagen der Raumluftströmung», ERL-Publikationsreihe, Band 3, VSHL, 1994.

[2] *A. Schälin, V. Dorer, A. Moser:* «Rechenprogramme zur Bestimmung der Luftströmungen in Gebäuden», ERL-Publikationsreihe, Band 5, VSHL, 1994.

[3] *P.O. Fanger:* «Thermal comfort», Krieger Publication, Florida, 1982.

[4] SIA-Norm 180. Wärmeschutz im Hochbau, Ausgabe 1988.

[5] SIA-Norm 382/2. Technische Anforderungen an lüftungstechnische Anlagen, Ausgabe 1992.

[6] *A. Schälin, Q. Chen, A. Moser, P. Suter:* «Raumströmungsatlas – Ein Katalog von Strömungsberechnungen in Büroräumen», ERL-Publikationsreihe, Band 4, VSHL, 1994.

Büroräume erweitert werden und für weitere Raumkategorien ergänzt werden. Das Echo aus der Praxis von den Ingenieuren, die mit diesem Werk arbeiten, soll jetzt zeigen, inwieweit eine solche Form vorgerechneter Strömungsbilder nützlich sein kann. Für Räume, die weniger häufig oder in grösserer Variation (beispielsweise Atrien, Fabrikhallen, Theater) gebaut werden, ist natürlich die Erstellung eines umfassenden Atlas nicht möglich und auch nicht sinnvoll.

CFD heute – Möglichkeiten für den Ingenieur in der Praxis

Dem Ingenieur bieten sich heute folgende Möglichkeiten für den Einsatz numerischer Strömungsberechnung für seine konkreten Anwendungen:

☐ Die Zuhilfenahme vorberechneter Beispiele, wie sie im ERL-Atlas enthalten sind. Dies ist natürlich nur möglich, solange die eigenen Räume in einer ähnlichen Weise in einem Atlas enthalten sind, und kommt allenfalls für häufige Anwendungen wie Büroräume in Frage.

☐ Externe Auftragsrechnungen. Dies kommt vor allem in Frage, wenn ein Ingenieur selten Berechnungen durchführen muss oder bei Spezialanwendungen, die über die eigenen Erfahrungen hinausgehen.

☐ Die Durchführung eigener Rechnungen bei der Verwendung neuerer Software und Hardware, wie sie im folgenden erläutert wird. Zwei Haupthindernisse, die noch Ende der 80er Jahre einer breiten Anwendung der CFD-Methode in der Ingenieurpraxis im Wege standen, sind heute überwunden:

- schwerverständliche oder kompliziert zu handhabende Programme. Einige der heutigen Programme sind leicht nach kurzer Einführung zu bedienen.
- nicht vorhandene oder viel zu teure Computerressourcen. Diverse Programme laufen befriedigend schnell auf heutigen PC (1994).

Die Erfahrung in der Wahl der Vereinfachungen und der notwendigen Parameter muss hingegen zu einem grossen Teil immer noch selber erarbeitet werden. Der Ingenieur kann sich allerdings mit der Unterstützung der heutigen Programme auf wesentliche Fragen konzentrieren, wie vor allem auf die Vereinfachung der realen Situation und auf die Beurteilung der möglichen Fehlerquellen.

Für eine Anwendung im Ingenieur-Alltag ist die numerische Strömungsberechnung damit in einen realistischen Bereich gerückt. Leistungsfähige und für viele Anwendungsfragen taugliche Rechner sind für unter 10 000 Fr. erhältlich (z.B. Pentium-PCs), und relativ leicht bedienbare Programme kosten ungefähr 20 000 Fr. Der Software-Preis ist in einer Grössenordnung, die zwar für gelegentliche Benützer immer noch zu hoch ist, für häufige Benützer aber doch in Frage kommt. Die Anforderungen an den Anwender sind allerdings nicht zu vernachlässigen, da ein gewisses Mass an Erfahrung zur Beurteilung der Resultate erarbeitet werden muss.

Adresse des Verfassers: Dr. *A. Schälin*, Laboratorium für Energiesysteme, ETH Zürich, 8092 Zürich.

Forschungsprogramm Energierelevante Luftströmungen in Gebäuden

Natürlicher Luftaustausch in Gebäuden: Wie planen, wie messen?

Die Gewährleistungen eines gesunden und behaglichen Innenraumklimas bei gleichzeitig sparsamem Energieeinsatz, diese Forderungen gilt es auch für natürlich belüftete Gebäude zu erfüllen. Der Planer sieht sich mit der schwierigen Aufgabe konfrontiert, die Gebäudedichtigkeit und die Lüftungsöffnungen so auszulegen, dass weder übermässige Lüftungsverluste noch Komfortprobleme auftreten, andererseits aber eine minimale Grundlüftung auch ohne direkten Benutzereinfluss eingehalten werden kann. Dieser Beitrag geht auch darauf ein, wie der Luftaustausch in natürlich oder gemischt natürlich/mechanisch belüfteten Gebäuden bestimmt werden kann und welche Resultate des abgeschlossenen Forschungsprogrammes ERL dazu eingesetzt werden können.

VON VIKTOR DORER, DÜBENDORF

Fragen des Luftaustausches in Gebäuden berühren den Architekten und Planer auf vielfältige Art und Weise:

☐ Bei der Erarbeitung eines Lüftungskonzeptes und somit der Luftführung im Gebäude müssen Risiken bezüglich Luftzug, Geruchsausbreitung und Rückströmungen abgeschätzt werden können. Durchlässe müssen geeignet plaziert und dimensioniert werden, und der Einfluss einer zu dichten oder aber zu durchlässigen Gebäudehülle auf das Verhalten einer mechanischen Anlage muss abgeschätzt werden. Neuere Konzepte für die Belüftung von Wohnhäusern, oder innovative Konzepte wie beispielsweise für natürliche Belüftung von Bürohochhäusern, müssen detailliert studiert und beurteilt werden können.

☐ Fragen der Luftqualität erfordern die Bestimmung von Aussenluftraten, des Feuchtetransportes sowie von Verunreinigungs-Konzentrationen bei verschiedenen Quellbedingungen, eventuell auch die Quantifizierung von vom Benützer inhalierten Dosen.

☐ Lüftungsverluste bilden einen wesentlichen Bestandteil des gesamten Energieheizbedarfes eines Gebäudes. Luftströmungen können jedoch auch wichtig sein für den Energietransport im Gebäude, bei passiver Nachtkühlung

oder für die aktive und passive Solarnutzung.

☐ Sicherheitsfragen betreffen das Eindringen von in der Aussenluft enthaltenen Verunreinigungen oder Giftstoffen (Chemieunfall, Ozon, NO_x) sowie Ausbreitung von Rauch im Brandfall.

Bestimmung des natürlichen Luftaustausches: Wie?

Rechnerische Methoden

Dem Planer stehen verschiedene, mehr oder weniger zulängliche Methoden zur Verfügung. Die Methoden basieren alle auf Annahmen bezüglich der Luftdurchlässigkeit des Gebäudes oder einzelner Komponenten davon (wie beispielsweise Fensterfugen), der Gebäudehöhe und -exposition, dem Aussenklima (Wind, Temperatur) und dem Benutzerverhalten.

☐ Abschätzmethoden geben eine empirische Relation, meist in Form von Nomogrammen oder Tabellen, zwischen den genannten Einflussgrössen und dem gesuchten Luftstrom. Eine solche Methode wird auch in der Empfehlung SIA 380 zur Bestimmung der Lüftungsverluste angewendet.

☐ Rechenmodelle berücksichtigen detailliert die einzelnen Leckagen und Durchlässe eines Gebäudes und die durch Temperaturdifferenzen, Winddruck und mechanische Systeme entstehenden treibenden Kräfte.

Mit einem sogenannten Einzonenmodell kann der globale Luftaustausch im Gebäude bestimmt werden. Ein Mehrzonenmodell, wie es in ERL entwickelt wurde, erlaubt auch die Bestimmungen von Luftströmen zwischen einzelnen Zonen des Gebäudes. Grundlage für das Rechenmodell ist das exakte Beschreiben einzelner Phänomene. Ein Schwerpunkt in ERL war hier die Beschreibung des Durchströmens einer grossen Öffnung und des Auskühlens eines Raumes durch das Öffnen eines Fensters. Diese Algorithmen können auch isoliert bei spezifischen Themen, wie beispielsweise Energieverlust beim Öffnen von Flugzeughangartoren, angewendet werden.

Messmethoden

In einem bestehenden Gebäude kann der Luftaustausch selbstverständlich auch gemessen werden. Dafür werden verschiedene Methoden auf der Basis von Spurengasen angewendet. Detaillierte Messungen erfolgen mit Spurengas-Messgeräten, Mittelwerte über längere Zeitperioden liefern sogenannte passive Methoden. Schwerpunkte in ERL waren die Entwicklung von neuen Spurengasmessgeräten sowie der entsprechenden Messmethoden.

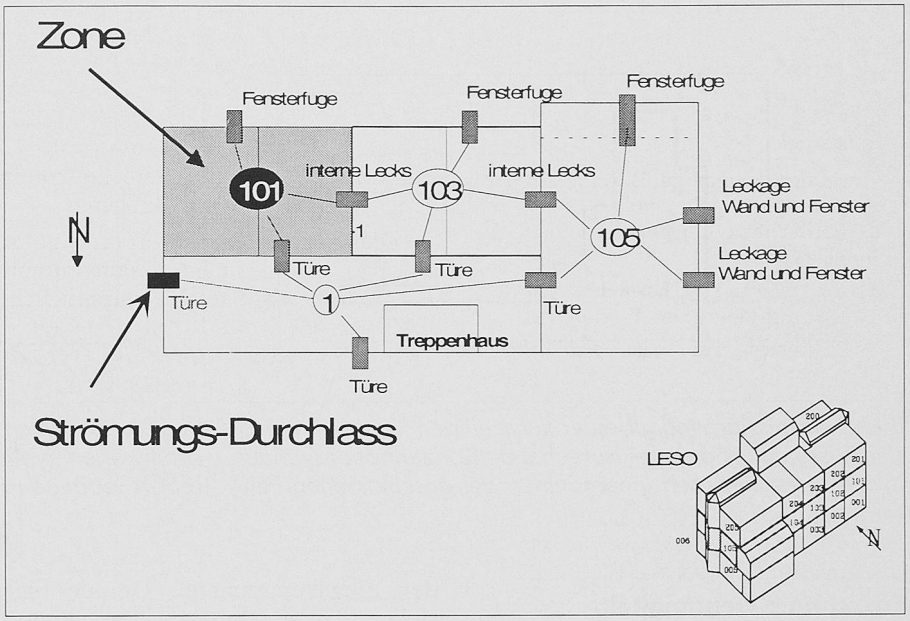


Bild 1. Ausschnitt aus dem Strömungsnetzwerk für das LESO-Gebäude

Das Rechenprogramm COMERL

COMERL ist ein an der EMPA im Rahmen von ERL sowie von weiteren, internationalen Projekten entwickeltes Rechenprogrammpaket zur Berechnung von Luftströmungen und Konzentrationen von Verunreinigungen in einem mehrzonigen Gebäude [1]. Das Gebäude wird idealisiert als ein Netzwerk mit Zonen und den diese Zonen untereinander und mit der Aussenluft verbindenden Strömungsdurchlässen. Die Zone repräsentiert dabei ein Volumen, dem ein Satz von Zustandsgrössen der Luft zugeordnet werden kann. Die Durchlässe stellen Ritzen, Fensterfugen, Schächte aber auch Lüftungssystem-Komponenten wie Ein-/Auslässe, Kanäle und Ventilatoren dar. Bild 1 zeigt einen Ausschnitt eines solchen Strömungsmodells für das LESO-Gebäude der ETH Lausanne.

Als treibende Kräfte werden Druckdifferenzen berücksichtigt, die durch Temperaturdifferenzen (Kamineffekt), durch den Winddruck am Gebäude und durch Ventilatoren aufgebracht werden. Randbedingungen sind die Zustandsgrössen der Luft in der Zone sowie der Aussenluft und die lokalen Winddrücke. Im Modell werden die Einflussparameter für die treibenden Kräfte sowie für die Strömungsdurchlässe in ihrer örtlichen und zeitlichen Verteilung berücksichtigt, dazu sind die entsprechenden Eingabedaten nötig.

Primäre Resultate der Berechnung pro Zeitschritt sind die Zonendrücke und die Luftströme pro Durchlass sowie pro Zone (Aussenluftstrom oder gesamthaft eintretender Luftstrom). Daraus abgeleitet ergeben sich verschiedene Grössen wie beispielsweise volumenbezogene Aussenluftströme oder Lüftungsenergieverluste. Bild 2 zeigt als Resultat einer Simulation für ein typisches Einfamilienhaus die Häufigkeitsverteilung des volumenbezogenen Aussenluftstromes («Luftwechsel») über den Zeitraum einer Heizperiode.

Die Verunreinigungstransportrechnung basiert auf den vorgängig berechneten Luftströmen. Als Resultat wird der zeitabhängige Verlauf der Konzentrationen der definierten Verunreinigungen pro Zone ausgegeben. Bild 3 zeigt den Konzentrationsverlauf einer kurzzeitig in der Aussenluft aufgetretenen und durch Infiltration eingedrungenen Verunreiningung. Die physikalischen Grundlagen und das Rechenprogramm sind in den Bänden 3 und 5 der ERL-Dokumentationsreihe ausführlicher beschrieben.

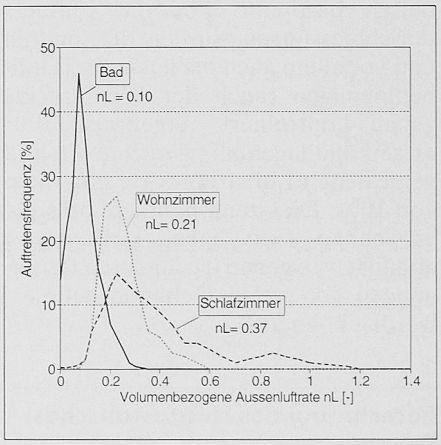


Bild 2. Häufigkeit der in den Räumen eines typischen Einfamilienhauses über eine Heizperiode auftretenden volumenbezogenen Aussenluftraten

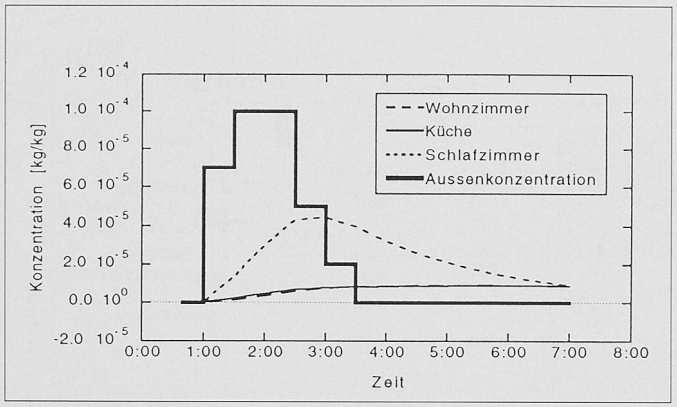


Bild 3. Immissionsverlauf einer kurzzeitigen Verunreinigung der Aussenluft und der entsprechende Konzentrationsverlauf in den verschiedenen Innenräumen bei geschlossenen Fenstern

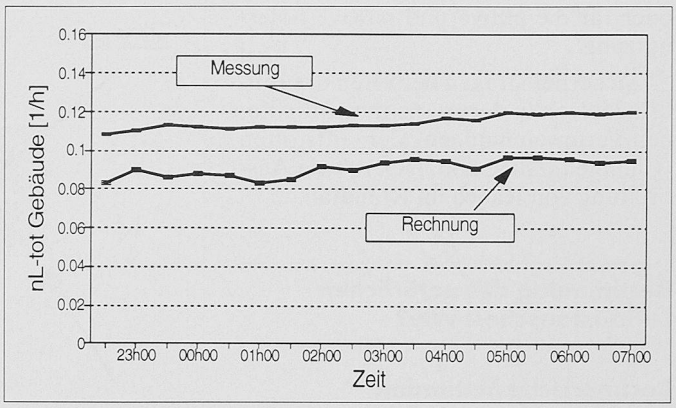


Bild 4. Vergleich von berechneten und gemessenen Luftstromwerten (volumenbezogener Gesamtluftstrom) für das LESO-Gebäude in einer Nacht im Dezember 1988

Erreichbare Genauigkeit, Vergleich mit Messwerten

In einem eigenen ERL-Projekt wurden im LESO-Gebäude der ETH Lausanne mit umfangreichen Messungen die Luftdurchlässigkeiten der Gebäudehülle und der internen Wände ermittelt und dann für ausgewählte Perioden die im Gebäude auftretenden natürlichen Lüftungsraten zusammen mit den klimatischen Randbedingungen bestimmt. Als eine Validierungsarbeit für das Rechenprogramm wurden aufbauend auf diesen Messungen in einem weiteren Projekt die gemessenen Luftströme mit gerechneten Werten verglichen. Bild 4 zeigt einen solchen Vergleich für eine Periode im Dezember 1988. Die aufgetretenen Luftraten sind klein und für die Resultate von Rechnung und Messung sind die relativen Ungenauigkeiten daher eher gross. Trotzdem dürfte der erreichte Übereinstimmungsgrad typisch sein für solche Luftaustauschberechnungen an einem realen Gebäude.

Am INSA in Lyon wurden in einem im Labor aufgestellten Haus ebenfalls die Durchlässigkeiten und der Luftaustausch bestimmt. Für die Luftaustauschmessungen wurden die inneren und vor allem auch die äusseren Randbedingungen (auch der Winddruck!) genau kontrolliert aufgebracht. Für diese Fälle lagen alle gerechneten und gemessenen Luftstromwerte innerhalb von 10%. Dies zeigt deutlich, dass die erreichbare Genauigkeit stark davon abhängt, wie genau die äusseren Bedingungen am realen Gebäude definiert werden können.

Berechnung des Luftaustausches: Praxis

Die Genauigkeit und die Aussagekraft der Resultate einer Simulation sind hauptsächlich bestimmt durch die Wahl der Eingabeparameter. Gerade hier stellen sich jedoch bei der Berechnung von Luftströmungen verschiedenste Probleme:

☐ Die Bestimmung von Leckagen und unbeabsichtigten Durchlässen eines Gebäudes ist insbesondere in der Planungsphase schwierig. Erfahrungswerte für die verschiedenen Bauweisen und Übergänge sind jedoch vorhanden.

☐ Kritisch für jede Berechnung des natürlichen Luftaustausches ist auch die Bestimmung des Winddruckes am Gebäude. Einerseits muss die Winddruckverteilung am Gebäude unter Berücksichtigung der Bebauung und andererseits der Wind am Gebäudestandort festgelegt werden. Eine Extrapolation der Winddaten einer nahegelegenen Meteostation ist in der schweizerischen Topographie problematisch. ERL-Projekte befassten sich mit der Druckverteilung am Gebäude in bebauter Lage wie auch mit Methoden zur Bestimmung des Windes an einem beliebigen Standort, ausgehend von Daten der ANETZ-Stationen der SMA. Für die meisten Wohngebäude mit Standorten im schweizerischen Mittelland ist der Einfluss des Windes auf die Lüftungsverluste in der Heizperiode allerdings gering im Vergleich zum Einfluss des durch die Temperaturdifferenz innen – aussen getriebenen Austausches.

Windkanalmessungen am LASEN der ETH Lausanne zeigten, dass für eine typische Gebäudefläche der mittlere Winddruck für ein Gebäude in bebauter Umgebung gegenüber dem freistehenden bis 100mal kleiner sein kann, der turbulente Anteil des Winddruckes aber in der gleichen Grössenordnung bleibt und somit wesentlich zum Luftaustausch (insbesondere bei Fensterlüftung) beitragen kann.

☐ Die Auswirkungen des Benutzerverhaltens, etwa durch das Fensteröffnen, sind bestimmbar, das Verhalten der Benützer selber wird jedoch immer nur beschränkt beschreibbar bleiben. Immerhin erlauben in ERL entwickelte stochastische Modelle die Generierung eines charakteristischen Verhaltens mit wenig Eingabedaten. Für vergleichende Untersuchungen genügt zudem meist das Einsetzen von standardisierten Benutzeraktionen.

☐ Für die Modellierung des Verunreinigungstransportes müssen Angaben über Quellen- und Senkenstärken für die interessierenden Verunreinigungen zur Verfügung stehen. Emissionsdaten über Baumaterialien werden nun ermittelt, wenig bekannt und in COMERL auch nur rudimentär modelliert sind die vielfältigen Adsorptions- und Reaktionsmechanismen.

Nebst den Eingabedaten hat aber die Modellierung des Gebäudes selbst, also die gewählte Einteilung in Zonen und die Positionierung der Durchlässe, ebenfalls einen grossen Einfluss auf die Resultate.

Ein weiteres wichtiges Element ist die Berücksichtigung des thermischen Verhaltens des Gebäudes. Im Luftaustauschprogramm sind die Raumlufttemperaturen fest oder mittels sogenannten «Schedules» vorzugeben. In den meisten Gebäudesimulationsprogrammen andererseits können nur fixe oder vorausbestimmte Werte für den natürlichen Luftaustausch eingegeben werden. Für viele Anwendungen des kombinierten Wärme- und Lufttransportes ist jedoch eine Kopplung der beiden Berechnungen nötig. An der EMPA wurde das in COMERL enthaltene Luftaustauschprogramm COMVEN angepasst, um im vielseitig einsetzbaren Gebäude- und Systemsimulationsprogramm TRNSYS eingesetzt werden zu können, insbesondere in Kombination mit dem TRNSYS-Type «Mehrzonengebäude» [2]. Bild 5 zeigt als Anwendungsbeispiel den Verlauf der Aussen- beziehungsweise Raum-

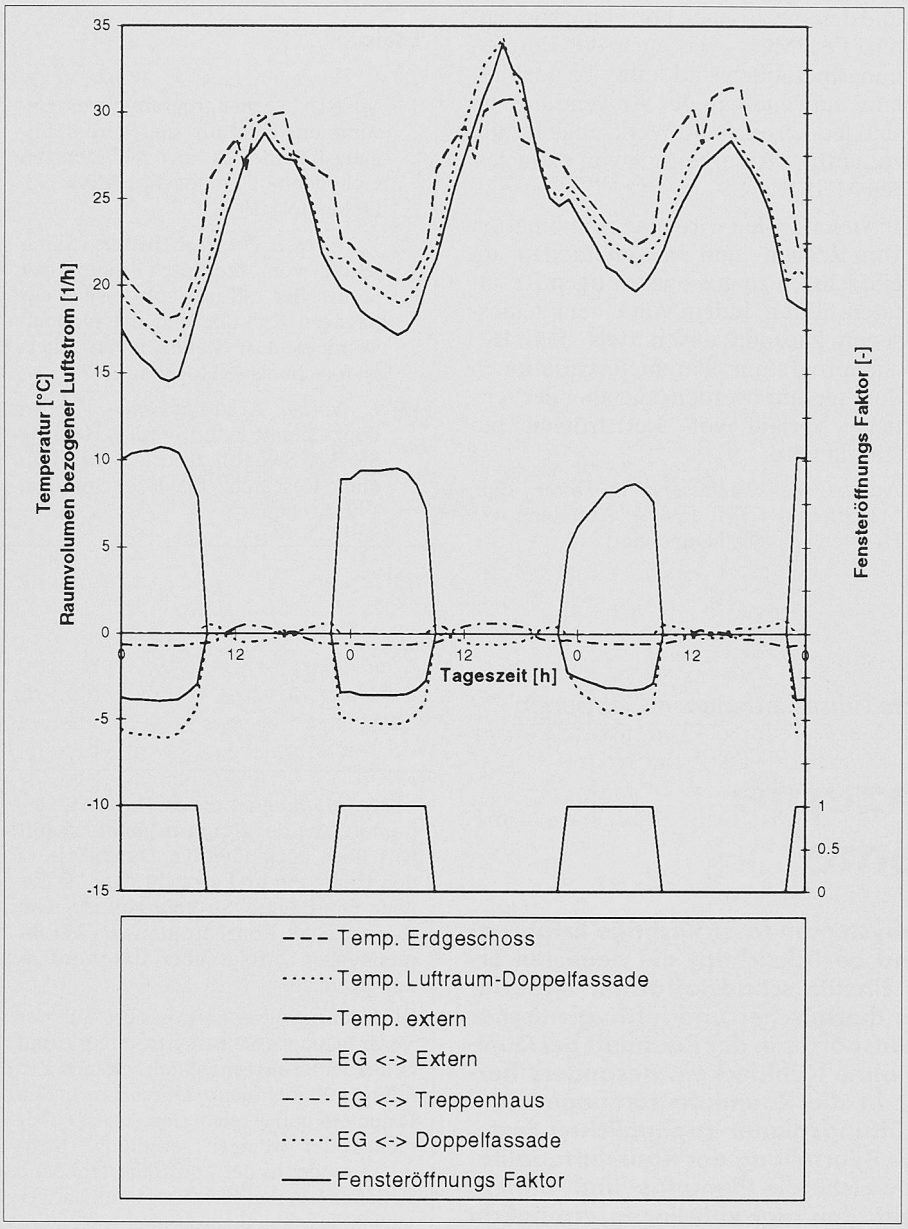


Bild 5. Verlauf von Lufttemperaturen und Luftströmen in einem südorientierten Raum des Gebäudes für eine heisse Sommerperiode (rechts)

lufttemperatur und der Luftströme in einem typischen Raum eines natürlich belüfteten Gebäudes mit verglaster Doppelfassade und Bild 6 dazu eine typische Lüftungssituation.

Messmethoden

Messungen in Gebäuden werden zum weitaus grössten Teil im Rahmen von Abnahmen oder beim Auftreten von Problemen bezüglich Energieverbrauch, thermischem Komfort, Luftqualität oder Kondensationsproblemen durchgeführt. Wichtig ist in jedem Falle, dass klar definiert wird, was für Fragestellungen mit den Messungen beantwortet werden sollen. Je nach Fragestellung stehen andere Messmethoden im Vordergrund. Jede Messung soll durch eine adäquate experimentelle Planung definiert und durch begleitende Fehlerrechnungen für die Resultate abgeschlossen werden. Die Methoden dazu wurden zum Teil ebenfalls in ERL-Projekten entwickelt und dokumentiert.

In ERL wurden verfeinerte Luftdurchlässigkeitsmessungen mit der «Guarded zone»- Technik angewendet und dafür ein automatisiertes Messgerät entwickelt. Mit diesem Verfahren, bei dem zwei Ventilatoren eingesetzt werden, kann beispielsweise die Luftdurchlässigkeit einer einzelnen Wand eines Raumes bestimmt werden. Für die «aktive» Luftstrommessung mittels Spurengas-Messgeräten können verschiedene Methoden angewendet werden. Sie unterscheiden sich in der Art der Einbringung des Spurengases und der Messgrösse:

- Abkling-Methode (Konzentrationsabfall ~ Luftstrom),
- Konstante Emission (Konzentration ~ Luftstrom),

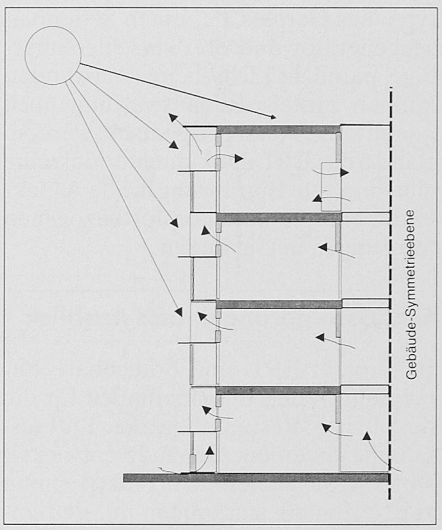


Bild 6. Typische Strömungssituation in einem Gebäudeschnitt

- Konstante Konzentration (Emission ~ Luftstrom).

Mit diesen Methoden können bestimmt werden:

- Aussenluftraten,
- das Alter der Luft,
- Lüftungswirksamkeiten,
- Luftstrommengen in Lüftungssystemen, z.B. Umluftanteil, oder Leckluftstrom eines Wärmetauschers.

Für die Messung der interzonalen Luftströme in einem Gebäude sind Mehrfach- Tracergas-Analysatoren nötig, ein solches Gerät wurde ebenfalls an der ETH Lausanne entwickelt.

«Passive» Methoden werden mittels kleinen Spurengas-Emitter und -Adsorber Röhrchen durchgeführt. Diese Methoden, die aufgrund des verwendeten Gases meist PFT-Methoden genannt werden, erlauben Luftstrommessungen mit praktisch vernachlässigbarem Installationsaufwand im Gebäude selber, bedingen andererseits aber eine relativ aufwendigen Ausrüstung für die Auswertung. Solche Messungen erlauben die Bestimmung des Mittelwertes des Luftaustausches über eine längere Periode. Diese Methode wurde beispielsweise auch in der schwedischen ELIB-Studie [3] angewendet. In diesem Projekt wurden über 1200 Ein- und Mehrfamilienhäusern bezüglich Luftaustausch untersucht. Als Resultat kann eine gesicherte Aussage über die effektiv auftretenden mittleren Aussenluftraten im schwedischen Wohngebäudebestand gemacht werden, und die Resultate können auch mit den Werten in den gültigen Normen verglichen werden.

Zur qualitativen Beurteilung der Luftströmung in einem Raum eignen sich auch sehr gut Visualisierungsmethoden. Mit einem in ERL entwickelten Proto-

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: