

Praktische Luftwechsellermittlung

Automatisierte Meßwerterfassung des Raumlftwechsels unter verschiedenen Strömungsbedingungen im Raum – 2. Teil

Der 1. Teil dieses Beitrags in HLH 11/90 gab eine Beschreibung der Tracer-Meßmethode zur Ermittlung des Luftwechsels in Räumen. Im 2. Teil wird im folgenden die automatisierte Erfassung des Raumlftwechsels unter verschiedenen Strömungsbedingungen im Raum beschrieben. Es werden bei unterschiedlichen Strömungsverhältnissen vergleichende Betrachtungen zwischen Ergebnissen nach der Konzentrationsabfallmethode („tracer decay method“) und einem ventilatorinduzierten Luftwechsel durchgeführt und ebenfalls Aussagen zur Anzahl der notwendigen Entnahmepunkte getroffen. Die geeignetste Versuchsvariante wird ermittelt und deren Vorteile beschrieben.

Die Konzentrationsmeßwerte (CO_2 -Tracer) werden mit einem Infrarot-Gasanalysator bestimmt, welcher mit einem Kleincomputer gekoppelt ist. Die erstellte Software ermöglicht die Steuerung des Meßablaufs, die Datenerfassung, deren Sicherung und Auswertung.

Dr.-Ing. W. Lobeck und Dipl.-Ing. F. Masuhr, Bauakademie der DDR, Institut für Heizung, Lüftung und Grundfragen der Bautechnik, Berlin

In den vergangenen Jahren waren zwei gegenläufige Tendenzen bei der Belastung von Räumen zu beobachten. Einerseits führten energieökonomische und schallschutztechnische Forderungen zu einer immer dichteren Gebäudehülle (die Fugendurchlässigkeit sank). Andererseits nahm die Beaufschlagung der Raumluft mit Feuchte, Haushalts-Chemikalien, Formaldehyd usw. zu.

Die Einhaltung von hygienischen und bauphysikalischen Forderungen sowie die Realisierung von Vorgaben der TGL 34700 (Lüftung in Wohngebäuden) [3] und die Bereitstellung des Verbrennungsluftbedarfs (für offen- und gasbeheizte Wohnungen) wurden schwierig. Der Nachweis der Einhaltung des geforderten Außenluftstromes bzw. der auf den Rauminhalt bezogenen Außenluftströmung – dem Luftwechsel – ist unzureichend gesichert.

Die experimentelle Ermittlung der Größe Luftwechsel wurde in der Vergangenheit zum größten Teil auf der Basis zweier grundlegender Verfahren durchgeführt: mittels kalorischer Bilanzsysteme (Wärme/Feuchtebilanz [4]) und mit der Tracergasmeßmethodik [5].

Die Tracer-(Spurengas-)Meßmethodik wurde bereits 1858 von Max von Pettenkofer benutzt, um Rückschlüsse auf den Luftaustausch in Räumen ziehen zu können [6]. Heute werden drei verschiedene Vorgehensweisen unterschieden [7]:

1. Konzentrationsabfallmethode;
2. Methode des konstanten Tracereintrags;
3. Methode der konstanten Tracergaskonzentration.

Aus versuchstechnischen Gründen wurde mit der Konzentrationsabfallmethode und einem CO_2 -Tracer gearbeitet. Die bisher

üblichen Vorgehensweisen bei der Bestimmung des Luftwechsels nach der Tracergasmeßmethodik beinhalten eine Reihe von Unzulänglichkeiten. Neben dem willkürlich festgelegten Entnahmepunkt der Gasprobe gab es das Problem, daß eine eindeutige Bewertung des daraus gewonnenen Ergebnisses nur bei definierten Verhältnissen im Raum möglich ist.

Bei genau zwei Öffnungen im Raum (z.B. Tür und Fenster) ist der ermittelte Luftwechsel entweder der Außenluftwechsel oder Luftaustausch mit Nachbarräumen (die Möglichkeit einer Kurzschlußströmung am Fenster wird überprüft). Kommt eine zusätzliche Öffnung hinzu, ist die Bewertung des Ergebnisses schon problematisch, denn der jetzt ermittelte Gesamtlftwechsel setzt sich aus dem Außenluftwechsel und dem internen Luftaustausch in der Wohnung zusammen. Dieser Gesamtlftwechsel ist jedoch nicht

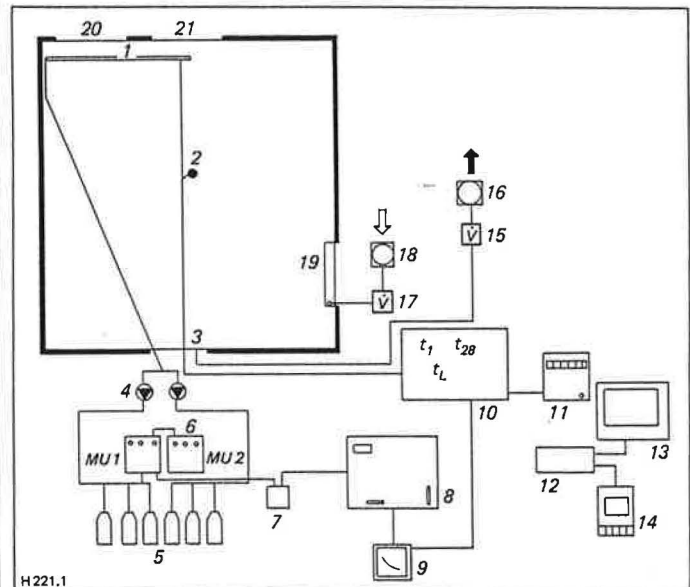


Bild 1: Meßraum mit Meßtechnik

1 Meßgitter, 2 Tracereintrags-Ventilations- und Lufttemperaturmeßpunkt; 3 Luftabsaugöffnung; 4 Taumelscheibenpumpe; 5 Differenzdruckperlgeläß; 6 Dreifachgasschalter; 7 Feuchteabscheider; 8 Infralyt Typ 1206; 9 Betriebsmotorkompensator Typ BMK 101; 10 Meßstellenumschalter; 11 Digitalvoltmeter Typ V 544; 12 Computer ZX-Spectrum mit Erweiterung; 13 Bildschirm; 14 Kassettengerät; 15 Volumenstromermittlung mittels Blende und Schrägrohrmanometer; 16 Abluftventilator; 17 Volumenstromermittlung mittels Blende und Schrägrohrmanometer; 18 Zuluftventilator; 19 Holzverbundfenster mit Differenzdruckmessung Fenster-Innenraum; 20/21 Holzverbundfenster

vordergründig interessant. In den einschlägigen Vorschriften werden Außenluftströme bzw. -volumenströme gefordert.

Es ergibt sich somit die Notwendigkeit einer klaren Trennung von Außen- und Gesamtlftwechsel und dessen gesonderter Nachweis. Ein grundlegendes Problem ist die Entnahme der zu untersuchenden Luft, d.h. der Entnahmeort, die Anzahl der Entnahmestellen und die dabei zulässigen Randbedingungen im Raum.

In einem Laborraum des Instituts für Heizung, Lüftung und Grundlagen der Bautechnik (IHLGB) wurde zu dieser Problematik ein umfangreiches Versuchsprogramm durchgeführt. Dabei wurden vier verschiedene Versuchsvarianten getestet und auf ihre Genauigkeit untersucht sowie eine automatische Meßwerterfassungs- und Auswerteinrichtung entwickelt.

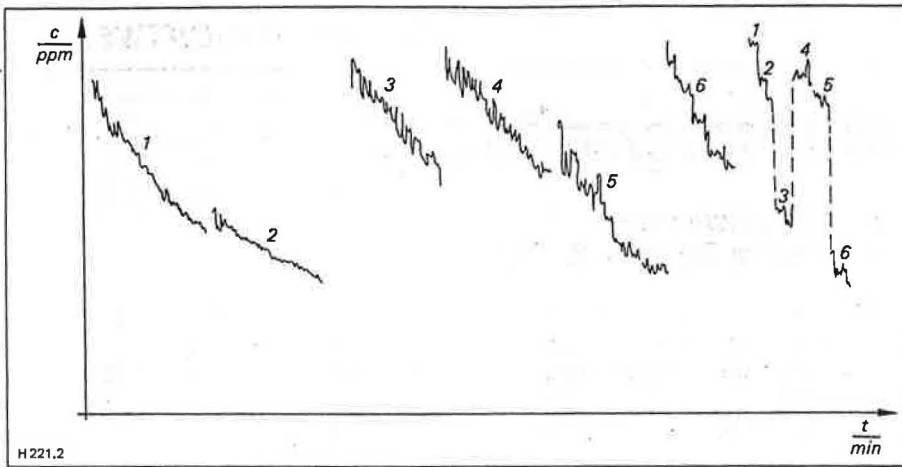


Bild 2: Messung vom 26. 6. 89. Meßvariante I. Aufzeichnung durch den BMK 101

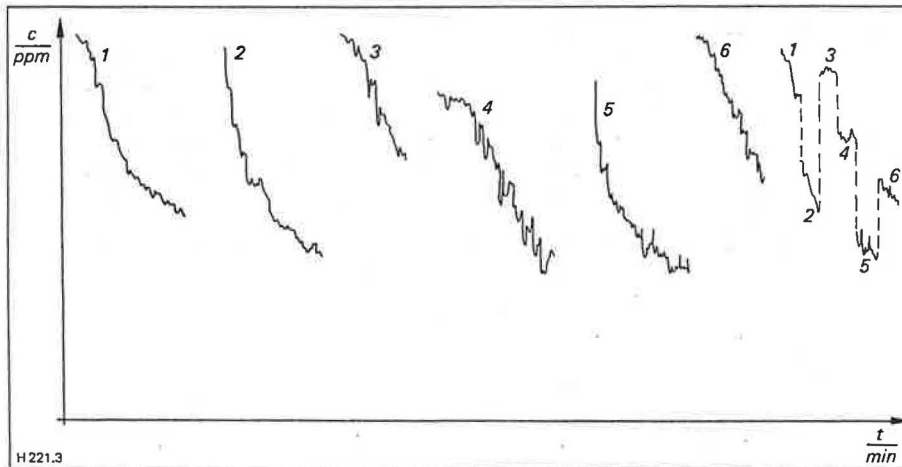


Bild 3: Messung vom 11. 7. 89. Meßvariante II. Aufzeichnung durch den BMK 101

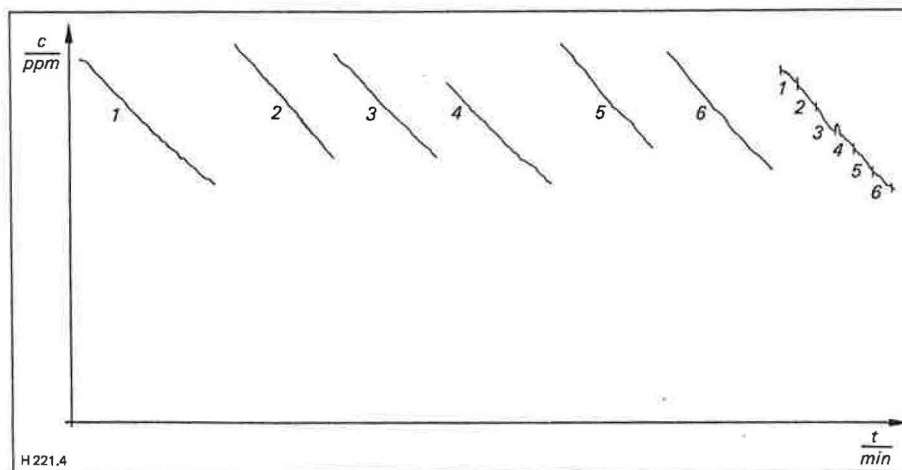


Bild 4: Messung vom 10. 7. 89. Meßvariante III. Aufzeichnung durch den BMK 101

Meßobjekt

Alle Untersuchungen wurden im Heizflächenprüfstand des Instituts für Heizung, Lüftung und Grundlagen der Bautechnik durchgeführt (s. Bild 1).

Dieser Raum hat ein Volumen von ca. 46 m³. Fußboden, Decke sowie die Fensterseite des Raumes bestehen aus Betonfertigteilen. Die anderen Umschließungsflächen werden durch Plattenheizkörper gebildet. In Raummitte wurde ein Deckenventilator installiert, der aus einem Vorraum betrieben werden kann. Ein zusätzliches Fenster wurde an einer der beiden Seitenwände simuliert. Die Türöffnung wurde mit einer speziell angefertigten Platte dicht verschlossen. Über der Tür befindet sich ein Luftauslaß, über den ein definierter Volumenstrom abgesaugt wurde.

Konzentrationsmessung

Die Messung der Konzentrationen im Raum wurde in drei Raumebenen durchgeführt. Das Meßgitter wurde in jeder Ebene auf vier verschiedene Positionen eingestellt.

Als Meßgas wurde bei allen Versuchen CO₂ eingesetzt. Zur Kohlendioxidkonzentrationsmessung wurde ein Infracal 1206 eingesetzt. Dieses Gerät arbeitet nach dem Prinzip der Infrarotabsorption. Über sechs ebenfalls am Meßgitter befestigte Entnahmeschläuche war das wahlweise Absaugen von Raumluft möglich (s. Bild 1). Damit ergaben sich für jede Ebene 24 und für den Raum 72 unterschiedliche Konzentrationsmeßpunkte.

Alle am Meßgerät angezeigten Meßwerte wurden parallel am einen Betriebsmotorkompensator BMK 101 übertragen und somit graphisch aufgezeichnet; gleichzeitig dazu wurde das Ausgangssignal des BMK 101 an das System ESDM 3.1 weitergeleitet. Damit wurden alle Konzentrationsmeßwerte auch automatisch erfasst und standen zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung.

Meßwerterfassung und -verarbeitung

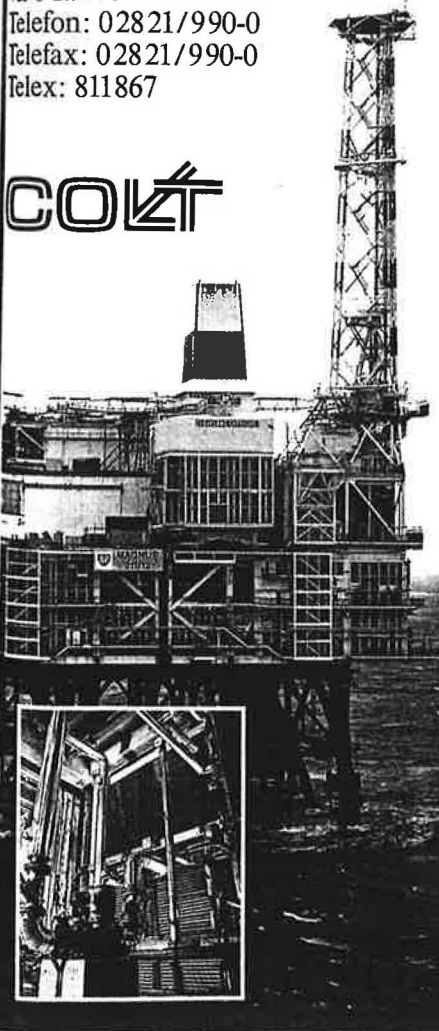
Die Aufgabenstellung forderte die Untersuchung einer relativ großen Anzahl von Meßstellen. Für die Bearbeitung umfangreicher

Colt weiß, woher der Wind weht...

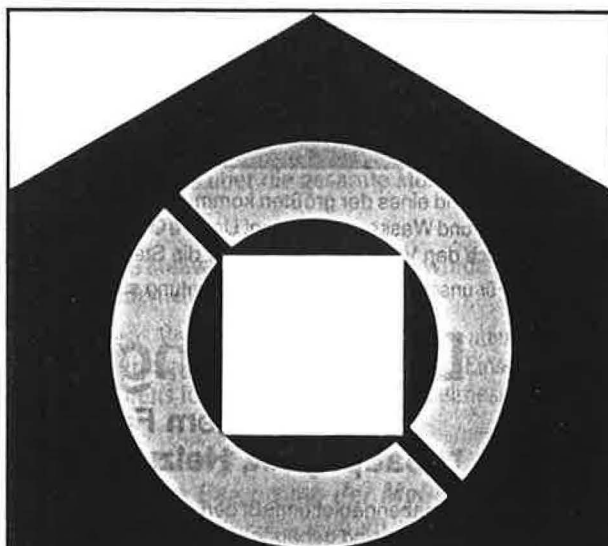
...und wie man Fassadenverkleidungen baut, die als natürliche Lüftungswand selbst bei 160 km Sturmböen Wetterschutz bieten. Was nicht heißt, daß unsere Lamellenwand vom Typ Mistral nur bei solchen spektakulären Objekten zum Einsatz kommt. Mistral können Sie als Fassaden-, Lüftungs- oder Sonnenschutzsystem in Gebäuden aller Art einsetzen. Und natürlich in sämtlichen RAL-Farben zur harmonischen Anpassung an das architektonische Umfeld. Wir schicken Ihnen gerne Gratis-Prospektmaterial.

COLT International GmbH
Briener Straße 186
4190 Kleve
Telefon: 02821/990-0
Telefax: 02821/990-0
Telex: 811867

COLT



19.-22. Februar 1991



DOMOTECHNICA KÖLN

Internationale Messe für energiebetriebene Haushaltgroß- und -kleingeräte, Haustechnik, Küchengeräte und Küchen

Rund 1.200 Aussteller aus 40 Ländern präsentieren ihre aktuellen Produkte und Programme.

Die DOMOTECHNICA Köln ist Jahr für Jahr das weltweit wichtigste Ereignis Ihrer Branche und bildet die Grundlage für fundierte Orderentscheidungen und neue geschäftliche Erfolge.

Im Sanitär-, Heizungs- und Klimabereich sind zielgruppenspezifische Konzepte und Geräte für Singles, Klein- und Großfamilien, Energieeinsparung und Umweltschutz, Bedienungskomfort und zeitgemäßes Design die zentralen Themen für Ihr Sortiment; Marktüberblick, Neuentwicklungen und modernste Technik die Stichworte für Ihren Messebesuch.

Köln erwartet Sie mit dem kompletten Angebot des Weltmarktes zu vier Tagen lohnender Aktivitäten und weltweiter Herstellerkontakte.

Zur Vorbereitung Ihres Messebesuches halten wir ausführliches Informationsmaterial für Sie bereit, das wir Ihnen gern auf Anforderung zusenden.

Messe- und Ausstellungs Ges.m.b.H. Köln, Messeplatz 1,
Postfach 2107 60, D-5000 Köln 21, Telefon (0221) 821-0,
Telex 8873 426 mua d, Telefax (0221) 821-25 74,
Telegramm Adresse: Intermess Köln

 **Köln Messe**



Wir sind eines der größten kommunalen Dienstleistungsunternehmen im Bereich der Energie- und Wasserversorgung. Unsere Geschäftstätigkeit umfaßt sowohl den Erzeugungsbereich als auch den Verteilungsbereich für die Stadt Hannover und Teile des Umlandes.

Für unsere Abteilung Kundenberatung suchen wir eine(n)

Diplom-Ingenieur(in)/FH mit speziellem Fachwissen der Gebiete **Bauphysik, Heizungs- und Sanitärtechnik.**

Das Aufgabengebiet umfaßt den gesamten Bereich der Energie- und Wasserwirtschaft. Im wesentlichen sind gebäude-/anlagenspezifische Kenngrößen zur Erarbeitung von individuellen Problemlösungen zu beurteilen, mit dem Ziel der Verringerung von Umweltbelastungen durch die Reduzierung des Energie- und Wassereinsatzes. Ferner sind entsprechende technische Anlagen zu planen und zu projektieren, Wirtschaftlichkeitsvergleiche zu erstellen und bestehende Heizungs- und Klimaanlageanlagen zu analysieren. Darüber hinaus sind Informations- und Vortragsveranstaltungen durchzuführen.

Von dem/der Bewerber(in) erwarten wir neben dem abgeschlossenen Fachhochschulstudium DV-Kenntnisse und -Fertigkeiten sowie Kontaktfreudigkeit, Redegewandtheit und Erfahrungen im Umgang mit Kunden.

Wir bieten einen sicheren und modernen Arbeitsplatz, gute Sozialleistungen und eine dem Aufgabengebiet entsprechende Vergütung.

Wenn Sie sich angesprochen fühlen und eine Aufgabe suchen, die Sie wirklich fordert, senden Sie bitte Ihre aussagefähigen Bewerbungsunterlagen (tabellarischer Lebenslauf, Zeugniskopien, Lichtbild) mit der Angabe des Gehaltswunsches und des frühesten Eintrittstermins an die

Stadtwerke Hannover AG

Postfach 57 47 · 3000 Hannover 1 · Telefon (05 11) 4 30-21 51

BAUFA

Formschöne exklusive Heizkörper

BAUFA-WERKE RICHARD RINKER GMBH · 5750 MENDEN 1 · PF 140 · TEL. (0 23 73) 6 83-0 · TELEX 8 202 856 · FAX (0 23 73) 68 32 96

Meßprogramme wurde am IHLGB ein Meßwerterfassungssystem ESDM 3.1 entwickelt. Dieses besteht aus folgenden Geräteeinheiten:

- DC Digitalvoltmeter (DMV) Typ V544,
- Meßstellenumschalter (MUX),
- Streifendrucker (SD).

Charakteristisch für dieses System ist, daß die zu messenden physikalischen Größen (Temperatur, Konzentration) nur als elektrische Spannungswerte (mV) erfaßt werden. Bewertung und Bearbeitung einer Meßreihe sind erst nach Umrechnung aller Meßwerte in die geforderten Größen möglich. Daher ist es notwendig, diesen zeitaufwendigen und fehlerbehafteten Vorgang auf einen Rechner zu verlegen.

Da oft eine graphische Auswertung von Interesse ist, ergab sich die Notwendigkeit, das ESDM-System mit einem grafikfähigen Rechner zu koppeln. Das Interface wurde bei Untersuchungen im Heizflächenprüfstand des IHLGB getestet.

Das zur Konzentrationsmessung benutzte Infracyt-Gerät 1206 wurde in das System ESDM 3.1 integriert. Damit wurde es möglich, je Meßzyklus maximal 60 Konzentrationsmeßwerte zu erfassen und zu verarbeiten. Die Bedienung des Systems ESDM 3.1 wird in [1] ausführlich erläutert.

Versuchsdurchführung

Wie schon beschrieben, wurden alle Luftwechsellmessungen nach der Konzentrationsabfallmethode vorgenommen. Über eine Blendenmeßstrecke (Bild 1) wurde aus dem Versuchsraum ein definierter Luftvolumenstrom abgesaugt. Da die interessierenden Ergebnisse nicht von praktisch auftretenden Luftwechselzahlen abhängen, konnten die Untersuchungen auf einen relativ schmalen Bereich beschränkt werden.

Es existieren zwei voneinander unabhängige Einflüsse auf die Genauigkeit der Luftwechsellmessungen:

1. Unterschied der bei definierten Raumströmungen an unterschiedlichen Raumpunkten gemessenen zeitlichen Konzentrationsänderungen und
2. Unterschied der mit unterschiedlichen Auswerteverfahren berechneten Luftwechselzahlen.

Die Auswertung bzw. Bewertung einer Vielzahl von Meßwerten ist in erster Linie ein mathematisches Problem, das um so besser zu lösen ist, je genauer das mathematisch-physikalische Modell die physikalischen Verhältnisse beschreibt.

Für die praktischen Untersuchungen von größerer Bedeutung ist die Frage, ob bei der natürlich vorhandenen Raumströmung ein beliebiger Meßpunkt zur Bestimmung der integralen Größe Luftwechsel ausreicht, oder welchen Einfluß eine Störung der vorhandenen Raumströmung (Vermischung von Raumluft und Tracergas mittels Ventilator) auf die Luftwechselzahl hat.

Gemessen wurde in drei Ebenen in insgesamt 72 Meßpunkten. An jedem Meßpunkt wurden 60 Konzentrationswerte im 30 s-Abstand registriert. Das transportable und in der Höhe verstellbare Meßgitter vereint sechs Meßstellen.

Neben den Konzentrationsverläufen für jeden Meßpunkt wurde bei einmaligem Tracereintrag ein Konzentrationsverlauf registriert, der durch Umschalten nach jeweils zehn Minuten auf den nächsten Meßpunkt entstand. Speziell dieser Kurvenverlauf ermöglicht die qualitative Einschätzung der Vermischung von Tracergas und Raumluft.

Es wurde im Rahmen der Möglichkeiten versucht, für alle Einzelmessungen einen konstanten Luftvolumenstrom einzustellen, um die Messungen bei verschiedenen Gitterstellungen vergleichen zu können. Neben den unterschiedlichen Gitterstellungen wurden vier verschiedene Meßvarianten realisiert:

Meßvariante I:

- Tracereintrag bis zu einer Anfangskonzentration C_0 . Vermischung von Tracergas und Raumluft durch die natürliche Raumströmung.

Meßvariante II

- Tracereintrag bis zu einer Anfangskonzentration C_0 . Vermischung von Tracergas und Raumluft durch einmaliges Betreiben (ungefähr fünf Minuten) des Deckenlüfters (s. Bild 1).

Meßvariante III

- Tracereintrag bis zu einer Anfangskonzentration C_0 . Vermischung von Tracergas und Raumluft durch Betreiben des Deckenlüfters über die gesamte Meßdauer.

Meßvariante IV

- Wie Meßvariante III. Zusätzlich wurde ein Fenster an einer der Seitenwände simuliert.

Diese Versuchsabwandlungen sind ausreichend, um verallgemeinerungsfähige Aussagen über die Einsetzbarkeit dieses Meßverfahrens für praktische Luftwechsellmessungen zu erhalten.

Auswertung der Messungen

Qualitative Bewertung der Meßergebnisse

Wie schon erwähnt, wurden von der Meßwerterfassungsanlage pro Raummeßpunkt 60 Meßwerte registriert und an den angeschlossenen Rechner weitergegeben. Daneben wurden mit dem Betriebsmotorkompensator kontinuierliche Kurvenverläufe aufgezeichnet.

Bild 2 bis 4 zeigt den qualitativen Verlauf der CO_2 -Konzentration an verschiedenen Raummeßpunkten für die Meßvarianten I, II und III.

Die Anfangskonzentration C_0 fällt für jeden Meßvorgang unterschiedlich aus. Die Lage der Kurven bezüglich der Ordinate ist für die Bewertung ohne Bedeutung.

Ein ähnlicher Kurvenverlauf über den Meßzeitraum ist ein Indiz für eine ähnliche Luftwechselzahl n , da der über die Blendenmeßstrecke abgesaugte Luftvolumenstrom konstant gehalten wurde.

Die starken Schwankungen im Konzentrationsverlauf für die Meßvarianten I und II sind auf die schlechte Durchmischung von Tracergas und Raumluft zurückzuführen. Die schlechte Übereinstimmung der Kurvenverläufe 1 bis 6 untereinander und der Verlauf der jeweils letzten Kurve im Diagramm, die durch Umschalten der Meßpunkte bei einem Meßvorgang aufgenommen wurde, hat die gleichen Ursachen (Bild 2 und 3).

Bei ständiger Ventilation (Meßvariante III) wurden Kurvenverläufe aufgezeichnet, die kaum Schwankungen aufweisen, für die unterschiedlichen Raummeßpunkte sehr ähnlich sind und auch bei Umschalten der Raummeßpunkte während eines Meßvorganges einen kontinuierlichen Verlauf zeigen (Bild 4).

Damit ist schon qualitativ gezeigt, daß eine Luftwechsellmessung mit Tracergasen, die eine ähnliche Dichte wie CO_2 haben, nur bei ständiger Ventilation sinnvoll ist. Ist die Durchmischung von Tracergas und Raumluft ungenügend, so hat die Auswahl eines günstigen Raummeßpunktes Zufallscharakter.

Es zeigt sich eindeutig, daß bei schlechter Durchmischung in den oberen Raummeßpunkten wesentlich höhere Luftwechselzahlen berechnet werden, als in den Raummeßpunkten in Bodennähe. Eingeblassen wurde das CO_2 ungefähr in Raummitte (Bild 1).

Diese Ergebnisse belegen, daß während des gesamten Meßvorganges das relativ schwere CO_2 nach unten fällt (unabhängig von der natürlichen Raumströmung) und so den gemessenen Effekt erzeugt.

Bei guter Durchmischung von Tracergas und Raumluft ergeben sich auch bei extremen Gitterstellungen, bei denen Meßpunkte in den Raumecken liegen, keine gravierenden Unterschiede in den Luftwechselzahlen n für die einzelnen Raummeßpunkte. Bei der

durch den Deckenventilator induzierten Durchmischung der Raumluft wirkt sich diese ebenso in den Raumecken aus.

Quantitative Auswertung der Meßwervergebnisse

Über eine Blendenmeßstrecke wurde ein Luftvolumenstrom eingestellt, der einem Luftwechsel von ungefähr $n = 1,2 \text{ h}^{-1}$ entspricht.

Ein Bewertungskriterium war der Vergleich der für die verschiedenen Raummeßpunkte berechneten Luftwechselzahlen n . Die Luftwechselzahl n_1 ergibt sich aus dem über die Blendenmeßstrecke ermittelten Luftvolumenstrom \dot{V} und dient als Vergleichswert für die Tracergasmethode.

Die Luftwechselzahl n_2 wird nach den drei schon genannten Auswerteverfahren berechnet. Die Auswertesoftware gestattet die Bearbeitung aller Meßwerte eines abgespeicherten Datenfiles bzw. die Auswahl einer bestimmten Untermenge von Daten aus dem File. Dies ist insofern sinnvoll, als damit offensichtlich verfälschende Meßwerte (z.B. während des Einschwingvorgangs) ausgeblendet werden können. Die Mittelwertbildung ist für eine automatisierte Meßwerverfassung und Luftwechselberechnung ungeeignet, da hierbei, auch bei guter Verteilung des Tracergases im Raum, Meßwertabweichungen gerade für kleine Zeitdifferenzen Δt das Endergebnis stark beeinflussen.

Die anderen beiden Auswerteverfahren berechnen die Luftwechselzahl aus einer Ausgleichskurve, die nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate die Meßwerte approximiert.

Bei der linearen Regression werden der Anfangswert C_0 und der CO_2 -Gehalt der Außenluft als Randbedingungen berücksichtigt.

Für die iterative exponentielle Regression wird eine dritte freie Konstante iterativ über einen Abgleich der Ableitungen zum Zeitpunkt $t = 0$ ermittelt [2].

Damit ergab sich ein weiteres Bewertungskriterium, da aus der ermittelten Ausgleichskurve die Luftwechselzahl n_2 berechnet wird, die ja den Raumluftwechsel bei praktischen Messungen repräsentiert. Es ist günstig, beide Auswerteverfahren auch weiterhin parallel zu verwenden. Ändert sich während des gesamten Meßzeitraumes der Außenluftwechsel nur gering oder gar nicht, so stimmen die aus den beiden Verfahren berechneten Luftwechselzahlen gut überein. Auch Absorptionseinflüsse lassen sich auf diese Weise erkennen. Bei allen Messungen mit in Bodennähe installiertem Meßgitter für die Meßvarianten I und II ergab sich bei konstantem Volumenstrom \dot{V} eine wesentlich kleinere Luftwechselzahl n_2 .

Die Auswertung der im oberen Raumbereich gemessenen Konzentrationsverläufe lieferte für die Meßvarianten I und II in der Mehrzahl höhere Luftwechselzahlen n_2 .

Die Ergebnisse für die Meßvarianten I und II bestätigen den Schluß, daß sich nach Einbringen des Tracergases, während des gesamten Meßzeitraumes, das CO_2 am Boden absetzt.

Die Größe der Abweichungen in den Raummeßpunkten untereinander und vom Luftvolumenstrom \dot{V} beweist, daß die Berechnung genauer Luftwechselzahlen n_2 für die Meßvarianten I und II rein zufällig wäre.

Die Meßvarianten III und IV unterscheiden sich nur durch die zusätzliche Einordnung eines Fensters bei Meßvariante IV. Bei beiden Meßvarianten wird während des gesamten Meßzeitraumes das Tracergas durch Ventilation mit der Raumluft vermischt.

Für alle Meßgitterstellungen stimmen die Luftwechselzahlen n_2 gut überein. Beide Auswerteverfahren berechnen übereinstimmende Werte.

Damit ist gezeigt, daß bei ständiger Ventilation eine sehr gute Durchmischung von Raumluft und Tracergas erreicht wird, die die Verwendung des in [2] vorgestellten mathematisch-physikalischen Modells rechtfertigt.

Ergebnisse und Schlußfolgerungen

- Werden Luftwechselmessungen mit Tracergasen vorgenommen, deren Dichte mit der von CO_2 vergleichbar ist, so muß während der gesamten Meßdauer die Durchmischung von Tracergas und Raumluft garantiert werden.
- Da der Widerstand der Fensterfugen oder anderer Lufteinlässe wesentlich größer ist, als die durch die unterschiedlichsten Raumströmungen induzierten Druckdifferenzen, tritt durch eine Ventilation im Raum keine Verfälschung des Außenluftwechsels ein. Aus dem gleichen Grund können Verhältnisse geschaffen werden, die bei praktischen Messungen eine eindeutige Bestimmung des Außenluftwechsels gestatten.
- Die erstellte Software ermöglicht die unkomplizierte Durchführung von Langzeitmessungen. Die Auswerteverfahren (siehe [2]) sind unabhängig von der Art des verwendeten Tracergases und erlauben auch andere Arten des Tracergaseintrages.
- Eine Messung ist nur sinnvoll, wenn die Strömungsverhältnisse im Raum qualitativ bekannt sind.
- Im Zusammenhang mit Außenbedingungen lassen die lokalen Messungen Verallgemeinerungen auf das Gesamtgebäude und damit die Vergleichbarkeit mit TGL-Forderungen zu. Erste Luftwechselmessungen im Wohnungsbau unter den beschriebenen Bedingungen bestätigten die dargestellten Erkenntnisse [8]. Die Einbindung in vorhandene Rechenprogramme zur Berechnung der Durchströmung von Gebäuden ist problemlos möglich.

Literaturangaben

[1] Lobeck, W., Masuhr, F., R. Klaus: Raumluftqualität – Luftwechselmessungen in Räumen. Unveröffentlichter Forschungsbericht. Bauakademie der DDR, Institut für Heizung, Lüftung und Grundlagen der Bautechnik – Oktober 1989.

[2] Lobeck, W.: Softwareentwicklung zu Luftwechselmessungen. Unveröffentlichter Forschungsbericht. Bauakademie der DDR, Institut für Heizung, Lüftung und Grundlagen der Bautechnik – Februar 1989.

[3] TGL 34700 – Lüftung in Wohngebäuden.

[4] Stanzel, W., Novy M., J. Spitzer: Bestimmung des Luftaustauschs in bewohnten Gebäuden über eine Feuchte-Wärme-Bilanz. Klima, Kälte, Heizung 15 (1987) H. 7–8.

[5] Masuhr, F.: Literaturstudie zum Luftwechsel in Wohngebäuden. Unveröffentlichter Bericht. Bauakademie der DDR, Institut für Heizung, Lüftung und Grundlagen der Bautechnik – Januar 1990.

[6] v. Pettenkofer, M.: Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. München, Cotta 1858.

[7] Ertl, H.; Fail, A., E. Panzhauser: Natürliche Schachtlüftungsanlagen, Messung – Beurteilung – Planung. Archivum Oecologiae hominis. Wien 1967.

[8] Lobeck, W., F. Masuhr: Vergleichende Luftwechseluntersuchungen im zwangsgelüfteten Wohnungsbau. Unveröffentlichter Forschungsbericht – Bauakademie der DDR, Institut für Heizung, Lüftung und Grundlagen der Bautechnik – Januar 1990.