

Messmethoden zur Erfassung des Luftwechsels und der Luftdurchlässigkeit von Wohnbauten

AIC 986
1536



A121

H. Mühlebach, EMPA, Abt. Bauphysik,
8600 Dübendorf

Einleitung

Im Zusammenhang mit Untersuchungen von Lüftungswärmeverlusten, minimalen Lüftungsraten und Bauschäden infolge Kondensation innerhalb der Baukonstruktion werden Begriffe wie Luftwechsel und Luftdurchlässigkeit verwendet. Was man darunter versteht und wie diese Eigenschaften gemessen werden, soll nachfolgend erläutert werden.

Luftwechsel und Luftdurchlässigkeit; Definitionen

Luftdurchlässigkeit

Definition:

Die Luftdurchlässigkeit ist die Luftdurchlass-Eigenschaft eines Bauteiles oder der gesamten Gebäudehülle. Sie wird quantifiziert durch den Fugendurchlasskoeffizienten bzw. den Flächendurchlasskoeffizienten oder den sog. n_{L50} -Wert. Im Gegensatz dazu wird in den USA die äquivalente Leckfläche als Beurteilungsgrösse für die Luftdurchlässigkeit von Baukonstruktionen verwendet.

(Begriffsliste Januar 1984 [1])

Erläuterungen:

Der Fugendurchlasskoeffizient

a [$\text{m}^3/\text{h m Pa}^{2/3}$]

wird dort angegeben, wo die Luftdurchlässigkeit grösstenteils durch definierte Fugen bestimmt wird (Fenster, Türen, Rolladenkasten).

Beim Flächendurchlasskoeffizienten

a_A [$\text{m}^3/\text{h m}^2 \text{Pa}^{2/3}$]

wird der Luftleckstrom auf eine Flächeneinheit bezogen, z. B. Luftleckstrom pro m^2 Fassadenfläche.

Der n_{L50} -Wert gibt den Luftwechsel im Gebäude an, welcher sich bei einem (künstlich erzeugten) konstanten Differenzdruck von 50 Pa über der gesamten Gebäudehülle einstellt.

Die äquivalente Leckfläche ist die für einen bestimmten Differenzdruck berechnete konzentrierte Leckfläche, durch welche unter der Annahme einer verlustfreien, turbulenten Strömung der gemessene Luftvolumenstrom hindurchströmen würde.

Luftwechsel

Definition:

Der Luftwechsel ist das Verhältnis zwischen dem, einem Raum stündlich zuströmenden Luftvolumen und dem Raumvolumen. (Begriffsliste Januar 1984 [1])

Erläuterung:

Der Luftwechsel (Gesamtluftwechsel) gibt an, welcher Anteil der Luft eines Raumes stündlich erneuert wird. Dabei kann ein Luftaustausch mit der Aussenluft oder mit der Luft aus Nachbarräumen stattfinden. In einzelnen Räumen kann ohne grossen Aufwand nur dieser Gesamtluftwechsel gemessen werden, während bei Messungen im ganzen Ge-

bäude Gesamtluftwechsel und Aussenluftwechsel identisch sind.

Messmethoden

Messmethoden zur Bestimmung der Luftdurchlässigkeit

Differenzdruck-Methode

(vgl. Schematas in Abb. 1 und 2)

Die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle oder eines einzelnen Bauteiles wird bei künstlich erzeugtem Differenzdruck über der Gebäudehülle gemessen. Dazu wird mittels eines Ventilators der notwendige Differenzdruck erzeugt und der dazugehörige Luftvolumenstrom gemessen. Kenngrösse ist der Flächendurchlasskoeffizient a_A , der den Luftleckstrom

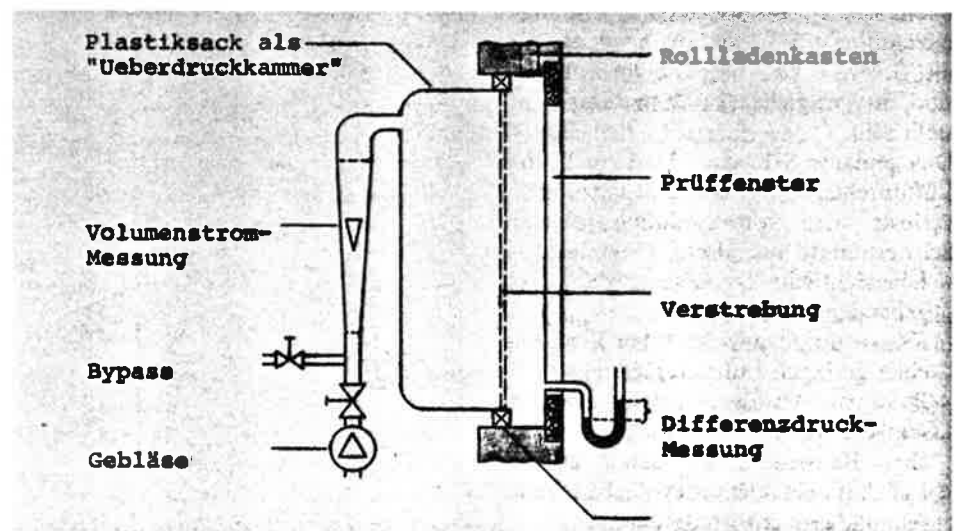


Abb. 1 Messanordnung zur Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Einzelbauteilen

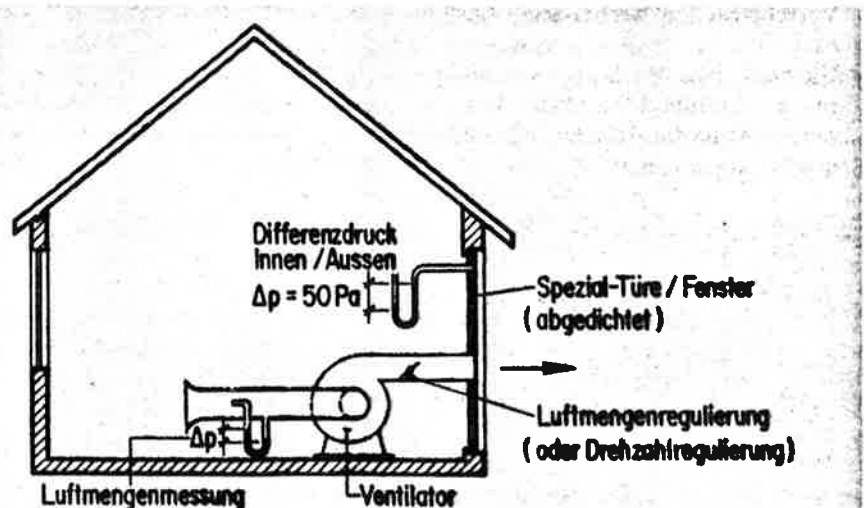


Abb. 2 Messanordnung zur Bestimmung der Luftdurchlässigkeit der gesamten Gebäudehülle

bezogen auf die Gebäudeoberfläche und die Druckdifferenz angibt [$\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ h Pa}^{2/3}$], oder der n_{L50} -Wert, welcher den Luftwechsel im Gebäude bei einer Druckdifferenz von 50 Pa über der gesamten Gebäudehülle bezeichnet.

Infraschallmethode

Die Möglichkeit, die Luftdurchlässigkeit aufgrund der Antwortfunktion des Raums auf eine künstlich erzeugte, periodische Luftdruckschwankung (zwischen 1 und 5 Hz, Infraschall) zu bestimmen, wird zurzeit an der EMPA geprüft. Dabei werden Erfahrungen von anderen Instituten ausgewertet [3]. Die Untersuchungen sollen die Anwendbarkeit dieser Messmethode in verschiedenen Gebäuden unterschiedlicher Grösse und Konstruktion überprüfen.

Qualitative Beurteilungsmethoden (vgl. Abb. 3)

Mit Infrarotaufnahmen der Gebäudehülle bei Unterdruck im Gebäude können Leckstellen sichtbar gemacht und dokumentiert werden. Aufgrund von IR-Aufnahmen allein ist es aber nicht möglich, quantitative Aussagen über den Luftleckstrom zu machen. Die Kombination von Luftdurchlässigkeitsmessung und IR-Aufnahmetechnik ermöglicht es, beide Ziele, Messen und Dokumentieren, zu erreichen.

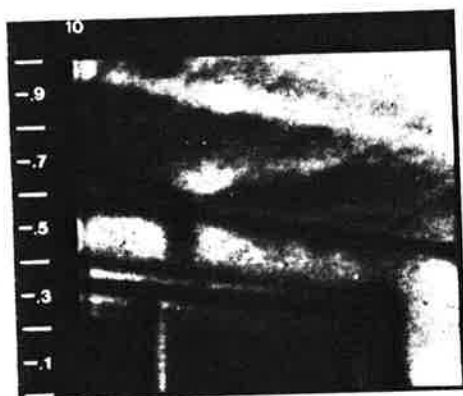


Abb. 3 IR-Aufnahme einer Aussenwand mit Fenster bei einem Unterdruck von 20 Pa

Akustische Messgeräte

Mit Hilfe von akustischen Messgeräten können Leckstellen geortet werden. Quantitative Aussagen über die Luftdurchlässigkeit sind dagegen nur in ganz speziellen Fällen möglich [4].

Messmethoden zur Bestimmung des Luftwechsels

Der Luftwechsel in Gebäuden wird meistens unter Verwendung eines Spurengases bestimmt. Dabei kommen drei Einsatzmethoden zur Anwendung (vgl. Abb. 4-6)

Übersicht über die Anwendungsmöglichkeiten der 3 Luftwechsel-Messmethoden

Beurteilungskriterium	Messmethoden		
	Konzentrations-Abfall-Methode	Konstant-Konzentrations-Methode	Konstant-Emissions-Methode
Anwendungsbereich Gebäude	Einzelräume oder kleine Gebäude mit ähnlichem Luftwechsel in den einzelnen Räumen, Einzelwohnungen	Grössere Gebäude mit Lüftungsanlagen oder Räumen mit unterschiedlichem Luftwechsel	
Messtechnik	Einzelmessungen, kurze Messperioden. Langzeitmessungen möglich (bedingt Datenerfassungsanlage und Auswerteprogramme) Manueller Betrieb möglich	Messserien, Langzeitmessungen, Messungen mit verschiedenen Spurengasen gleichzeitig. Manueller Betrieb nicht möglich (Regelung notwendig)	Evtl. geeignete Methode zur Bestimmung von Langzeitmittelwerten [1] Manueller Betrieb möglich. Bei passiver Messmethode Laboruntersuchungen der Probe notwendig
Anforderungen an Messapparaturen			
absolute Messgenauigkeit	rel. klein	gross	gross
Messgeschwindigkeit	rel. klein	gross	klein
Apparatekosten	Fr. 10 000.- bis 20 000.- (evtl. mehr für grössere Messstellenzahl)	min. Fr. 50 000.-	

Tab. 1 Beurteilung der 3 Messmethoden

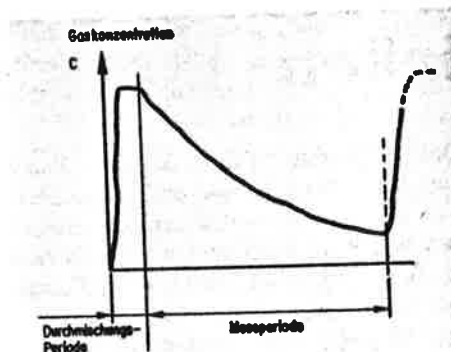


Abb. 4 Testgas-Konzentrationsverlauf bei der Konzentrations-Abfallmethode

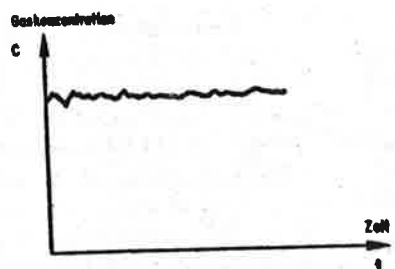


Abb. 5 Testgas-Konzentrationsverlauf bei der Konstant-Konzentrationsmethode

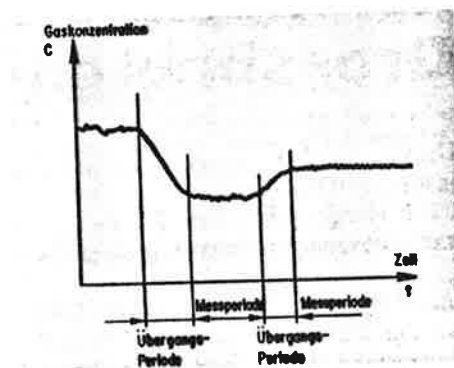


Abb. 6 Testgas-Konzentrationsverlauf bei der Konstant-Emissionsmethode

Konzentrations-Abfallmethode

Bei dieser Messmethode wird am Anfang jedes Messzyklus eine bestimmte Menge des Spurengases eingeblasen und verteilt. An mehreren Stellen wird anschliessend dauernd Luft abgesaugt und die Konzentration des Spurengases in diesen Proben bestimmt. Die Abnahmegeschwindigkeit der Konzentration ist das Mass für die Berechnung des Luftwechsels nach folgender Formel:

$$n_L = \frac{\ln \frac{c_o}{c_i}}{t} \quad [h^{-1}]$$

dabei sind:

n_L = Luftwechsel $[h^{-1}]$

$\ln$ = natürlicher Logarithmus

c_o = Spurengaskonzentration zum Zeitpunkt t_o [ppm]

c_i = Spurengaskonzentration zum Zeitpunkt t [ppm]

t = Zeitspanne ($t-t_o$) [h]

Konstant-Konzentrationsmethode

Bei der Bestimmung des Luftwechsels mit der Konstant-Konzentrationsmethode wird im Messobjekt eine gleichbleibende Spurengaskonzentration aufrecht erhalten. Dies geschieht mittels geregelter Spurengaseinspeisung (Regelung für jeden Raum einzeln). Das Mass zur Bestimmung des Luftwechsels ist das eingeblasene Spurengasvolumen. Der Luftwechsel berechnet sich als:

$$n_L = \frac{1}{c} \cdot \frac{1}{V} \cdot q \quad [h^{-1}]$$

dabei sind:

c = Spurengaskonzentration [ppm]

V = Volumen des Messraumes [m^3]

q = Spurengaseinspeisung [cm^3/h]

Konstant-Emissionsmethode

Bei dieser Messmethode wird dem Mess-

objekt ein konstanter Spurengasvolumenstrom zugeführt. Die sich einstellende Spurengaskonzentration ist die Messgrösse, mit welcher der Luftwechsel bestimmt wird.

$$n_L = \frac{q}{c \cdot V} \quad [h^{-1}]$$

Schlussbemerkungen

Die Messmethoden zur Bestimmung des Luftwechsels und der Luftdurchlässigkeit sind bekannt und erprobt. Messrichtlinien liegen im Ausland und in der Schweiz vor für die Differenzdruck (-Luftdurchlässigkeits)-Messmethode. Für Luftwechsellmessungen mittels Spurengasen liegt ein Richtlinienentwurf der Schweiz vor. In verschiedenen Forschungsprojekten werden im In- und Ausland die Messmethoden verfeinert, und es wird nach einfacheren Messmethoden gesucht. Speziell zu beachten sind aus unserer Sicht dabei die Entwicklungen bei der Bestimmung des Luftwechsel-Langzeigmittelwertes in bewohnten Gebäuden [5].

Literatur

Als Grundlage für die Zusammenstellung der Mess- und Berechnungsmethoden dienten zur Hauptsache die folgenden beiden Berichte:

Jonny Kronvall; Airtightness-Measurements and Measurements Methods; Swedish Council for Build-

ing Research, Stockholm, Sweden; ISBN 91-540-3201-6.

Technical Note AIC 10; Air Infiltration Centre Bracknell GB.

(Ab Dez. 1984 an der EMPA in d, f, und engl. erhältlich.)

Weitere Literaturstellen:

[1] P. Hartmann, U. Steinemann; Begriffe zu Luftaustausch/Luftdurchlässigkeit; Impulsprogramm II. Arbeitsgruppe «Messungen am Bau».

[2] U. Steinemann; Entwurf Richtlinien zur Durchführung von Luftdurchlässigkeitsmessungen am Bau mit der Differenzdruckmethode; Impulsprogramm II, Arbeitsgruppe «Messungen am Bau».

[3] W. H. Card, A. Sallman, R. W. Graham, E. E. Drucker; Infrasonic Measurement of Building Air Leakage: A Progress Report; Building Air Change Rate and Infiltration Measurement, ASTM STP 719.

[4] Esdorn; Entwicklung einer akustischen Messmethode zur Ermittlung der Luftdurchlässigkeit von Bauelementen im eingebauten Zustand; Kurzbericht aus der Bauforschung Nr. 7/78-100.

[5] Miss J. Freeman, Dr. R. Gale, J. P. Lilly; Ventilation Measurements in Large Buildings; Proceedings for 4th AIC Conference; Seiten 5.1 bis 5.14.

EMPA-Berichte zu diesem Thema:

EMPA Nr. 34020; Auszug Bericht I; Luftwechsellmessungen in nicht klimatisierten Räumen unter dem Einfluss von Konstruktions- und Klimaparametern.

EMPA Nr. 36630; Bericht II; Luftwechsellmessungen in nicht klimatisierten Räumen unter dem Einfluss von Konstruktions-, Klima- und Benutzerparametern.

EMPA Nr. 41643/1; Messprojekt Maugwil; Messdaten der Gebäudekonstruktion und des Energiehaushaltes.