

□ Die Heizkostenanteile auf den verschiedenen Stufen können zwischen den einzelnen Heiz-System erheblich variieren, insbesondere bei den leistungsgebundenen Energieträgern, da dort die Aufteilung zwischen Arbeits-(Energie-) und Grund-Tarif durch das entsprechende Werk festgelegt wird. Der Vergleich verschiedener Systeme kann daher korrekterweise nur mit *Vollkosten*, also auf Stufe «totale Kosten», erfolgen.

□ Die absoluten Unterschiede der Heiz-Kosten der hier untersuchten Systeme erweisen sich als verhältnismäs-

sig klein. Gemessen an einem normalen Jahresbudget eines Haushaltes sind solche Unterschiede eher von untergeordneter Bedeutung und können daher als Entscheidungshilfe bei der Wahl eines Heizsystems nicht allein ausschlaggebend sein. Ebenso fallen andere Beurteilungskriterien ins Gewicht, so etwa persönliche Einstellung und Präferenzen, örtliche Gegebenheiten und Verfügbarkeiten, Versorgungssicherheit, Umweltschutz usw.

□ Für jeden konkreten Einzelfall können die eigenen Gebäudemerkmale (Geschossfläche, Volumen, mittlerer

k-Wert usw.), die örtlichen Klimadaten, die erwarteten Kosten verschiedener Heizanlagen usw. und insbesondere die zutreffenden Energie-Tarife im Kosten-Berechnungsmodell eingesetzt und die entsprechenden Heizkosten mit Leichtigkeit ermittelt werden.

Adressen der Verfasser: H. U. Scherrer, dipl. Ing. ETH/SIA, Beratender Ingenieur, Uerikerhalde 6, 8713 Uerikon, und F. Stohler, Ing. SWKI, Energieberatungsbüro, Im Rebacher 4, 4417 Ziefen.

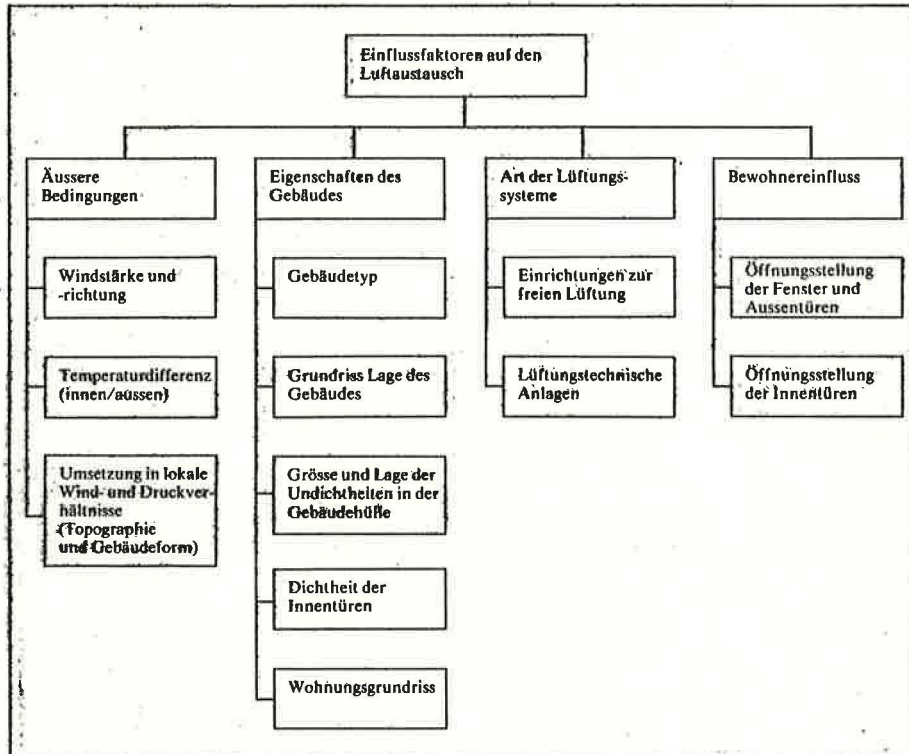


Angepasste Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle bei Wohnbauten

Urs Steinemann, Zürich, und Peter Hartmann, Dübendorf

Aufgrund von Erfahrungen aus einem Projekt des Nationalen Energie-Forschungs-Fonds NEFF und weiteren Untersuchungen wird ein Vorschlag mit Richtwerten zur angepassten Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle bei Wohnbauten, je nach vorhandener Lüftungseinrichtung präsentiert. Zur Charakterisierung der Luftdurchlässigkeit wird der sogenannte $n_{1,50}$ -Wert verwendet, welcher mit der Differenzdruckmessung am Bau ermittelt werden kann.

Bild-1. Einflussfaktoren auf den Luftaustausch in Gebäuden; für Gebäude mit freier Lüftung entfällt die Gruppe bezüglich Lüftungstechnischer Anlagen



Geeigneter Luftaustausch

Der Luftaustausch in einem Gebäude wird bestimmt durch verschiedene Einflussfaktoren gemäss Bild 1. Bei einem zu intensiven Luftaustausch resultiert ein übermässiger Energieverbrauch, und Zugerscheinungen beeinträchtigen den Komfort der Bewohner. Umgekehrt darf der Luftaustausch auch nicht zu gering sein, da sonst die Raumluftqualität problematisch wird (CO₂, Geruch-, Radonprobleme) und bei offenen Feuerstätten gar Lebensgefahr besteht. Auch kann bei zu geringem Luftaustausch an kalten Stellen Kondensatbildung eintreten.

Es gilt also, einen Kompromiss zu finden zwischen minimalem Energieverbrauch auf der einen Seite und Gewährleistung von Ansprüchen bezüglich Komfort, Lufthygiene und Bauschadenfreiheit auf der anderen Seite.

Bezüglich Lüfthygiene werden aus heutiger Sicht etwa folgende optimale Frischluftstraten pro Person empfohlen:

- 12-15 m³/h, Person für Räume ohne Räucher
- 25-30 m³/h, Person für Räume mit Räuchern.

Für Wohnbauten, welche dem heutigen Wärmedämmstandard nach SIA 180/1 «Winterlicher Wärmeschutz im Hochbau» entsprechen, erscheint ein Aussenluftwechsel ohne Benutzereinfluss um 0,3-0,4 h⁻¹ als angepasst.

Mit dem Einfluss der Benutzer über die Fensterlüftung und den Betrieb von allenfalls vorhandenen kleineren Lüftungsanlagen wird die Luftwechselrate auf 0,4-0,6 h⁻¹ erhöht. Bei schlechter

wärmegeprägten Gebäuden, bei Vorhandensein von Kältebrücken, intensiver oder spezieller Nutzung sind höhere Luftwechselraten erforderlich.

Bei Wohnbauten mit über 6 Geschossen sind erfahrungsgemäss Lüftungsanlagen erforderlich, um ganzjährig einen angepassten Luftaustausch ohne Komfortprobleme gewährleisten zu können.

Messung der Luftdurchlässigkeit mittels der Differenzdruckmethode

Der n_{L50} -Wert ist eine Kenngrösse zur Beschreibung der Luftdurchlässigkeit der gesamten Gebäude(Raum-)hülle und stellt den Gesamtluftwechsel bei einem stationären Differenzdruck von 50 Pa über der Gebäudehülle dar. Der n_{L50} -Wert kann messtechnisch mit der Differenzdruckmessung am Bau ermittelt werden, wobei die in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Messungen am Bau des Impulsprogrammes Haustechnik erarbeitete Messrichtlinie zu beachten ist [2].

Das Prinzip der Differenzdruckmessung ist in Bild 2 dargestellt. Mit einem Ventilator wird ein Luftstrom \dot{V} in einen Testraum eingeblasen (erzeugt Überdruck im Testraum) oder aus diesem abgesaugt (Unterdruck). Ein Ab-

resp. Nachströmen der Luft kann nur über die vorhandenen Undichtheiten als Folge der sich einstellenden Druckdifferenz Δp zwischen aussen und innen erfolgen. Ist der Zusammenhang zwischen dem Luftstrom \dot{V} und der Druckdifferenz Δp aus verschiedenen Messpunkten als Kennlinie bekannt, kann daraus der n_{L50} -Wert ermittelt werden. Die Messmethode geht davon aus, dass der äussere Druck überall gleich sei und dass keine internen Verbindungen zwischen der untersuchten Einheit und z. B. den Nachbarwohnungen vorhanden sind resp. diese bei der Messung abgedeckt werden. Aus der Differenzdruckmessung können diverse Kenngrössen abgeleitet werden, zurzeit ist der n_{L50} -Wert sicher der gebräuchlichste Kennwert zur Beschreibung der globalen Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle.

Angepasste Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle

Im Rahmen eines NEFF-Forschungsprojektes konnten von den Verfassern in einer grösseren Anzahl von Wohnungen typischer Mehrfamilienhäuser die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle und die sich einstellenden Luftwechselraten gemessen werden [1].

Als Mass zur Beschreibung der Luftdurchlässigkeit wird der oben beschrie-

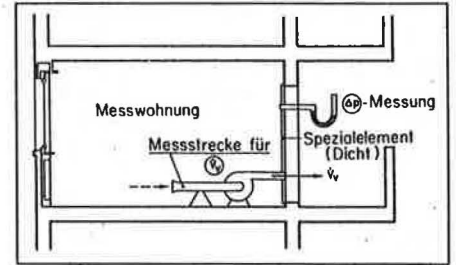


Bild 2. Prinzip der Differenzdruckmessung bei Wohneinheiten und Häusern

Bild 3. Messeinrichtung zur Differenzdruckmessung am Bau

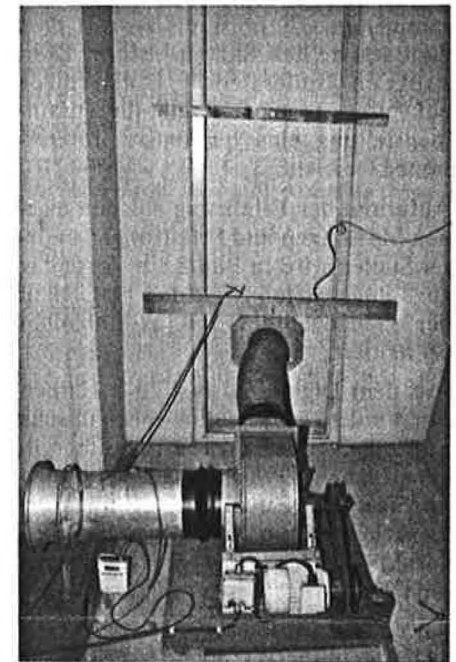


Bild 4. Resultate der schweizerischen Forschungsprojekte im internationalen Vergleich

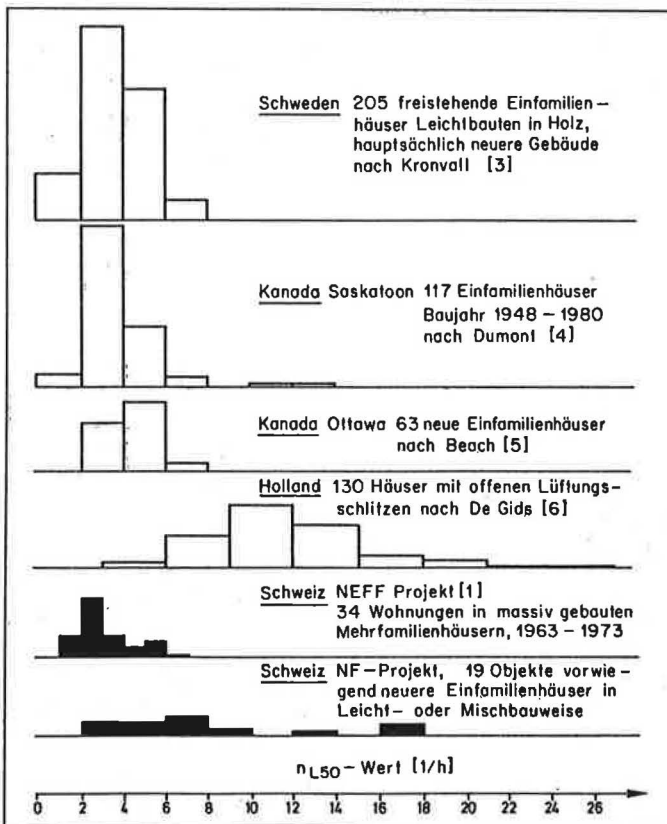
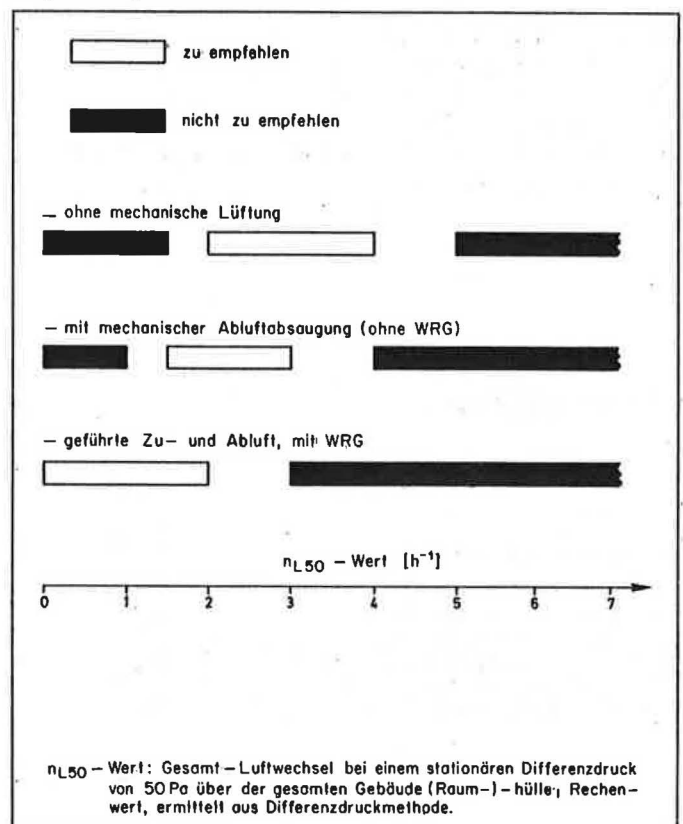


Bild 5. Provisorische Empfehlung für die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle bei gut wärmegeprägten Wohnbauten



bene n_{L50} -Wert verwendet. Der n_{L50} -Wert kann messtechnisch am Bau mit einem Aufwand von 1-2 Manntagen ermittelt werden und eignet sich auch als Garantiewert für die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle. In Bild 4 sind die Resultate des NEFF-Projektes mit Messungen von 34 Wohnungen in Mehrfamilienhäusern, des noch laufenden Nationalfonds-Projektes «Holz» mit Messungen von 19 Häusern, welche ganz oder teilweise in Leichtbauweise erstellt wurden, und die Resultate einiger ausländischer Messkampagnen zusammengestellt. Es ist uns bewusst, dass die dargestellten Bauten in ihrer Konstruktion grundsätzliche Unterschiede aufweisen. Trotzdem ergibt die Zusammenstellung eine qualitative, interessante Übersicht.

Aufgrund der Erfahrung aus den eigenen Messungen und Erfahrungen anderer Stellen wird in Bild 5 ein Vorschlag zur angepassten Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle von Wohnbauten präsentiert.

Aus dem Diagramm in Bild 5 können für die drei Fälle «ohne mechanische Lüftung», «mechanische Abluftabsaugung ohne Wärmerückgewinnung» und «geführte Zu- und Abluft mit Wärmerückgewinnung» empfohlene Luftdurchlässigkeiten (n_{L50} -Werte) abgelesen werden.

Bei Vorhandensein einer Lüftungsanlage mit geführter Zu- und Abluft soll die Gebäudehülle möglichst luftdicht ausgeführt werden, damit der Hauptteil des Luftaustausches über die Lüftungsanlage erfolgt und die Wärmerückgewinnung effizient betrieben werden kann. Mit der heutigen Bauweise ist die Erreichung von n_{L50} -Werten unter 2 h^{-1} möglich, wie Bild 4 zeigt. Werte über 3 h^{-1} müssen für diesen Fall als ungeeignet bezeichnet werden.

Die Lüftungsanlage soll die Einhaltung der minimalen Lufraten gemäss erstem Abschnitt gewährleisten und mit Wärmerückgewinnung ausgerüstet sein.

Immer noch recht häufig sind im Wohnbereich Situationen ohne mechanische Lüftung anzutreffen. Für diese Fälle werden n_{L50} -Werte zwischen 2 und 4 h^{-1} empfohlen. Als sicher zu undicht müssen Wohnbauten mit n_{L50} -Werten über etwa 5^{-1} bezeichnet werden. Umgekehrt ist bei n_{L50} -Werten unter $1,5 \text{ h}^{-1}$ die Luftdurchlässigkeit so gering, dass die Einhaltung der Anforderungen bezüglich Lufthygiene und Bau-schadenfreiheit nicht mehr gewährleistet ist.

Bei den Lösungen mit mechanischer Abluftabsaugung und Nachströmen der Aussenluft über die vorhandenen Leckstellen der Gebäudehülle oder besonders konzipierte Nachströmöffnungen werden n_{L50} -Werte zwischen 1,5 und 3 h^{-1} empfohlen. Diese Werte liegen etwas tiefer als bei Lösungen ohne mechanische Lüftung, da die Abluftabsaugung eine gewisse «Grundversorgung» mit Aussenluft gewährleistet.

Bei der Betrachtung von Bild 5 fällt auf, dass vor allem in den Fällen ohne mechanische Lüftung oder nur mit Abluftabsaugung Bereiche bestehen, welche heute weder empfohlen noch eindeutig verworfen werden können. Es ist zu hoffen, dass diese Unsicherheitsbereiche in Zukunft weiter verkleinert werden können.

Zu beachten ist, dass auch bei Einhaltung einer angepassten globalen Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle örtlich unangenehme Zugserscheinungen auftreten können, wenn einzelne grössere Leckstellen vorhanden sind. Solche Leckstellen gilt es also möglichst zu vermeiden. Eine Detektion von örtli-

chen Schwachstellen ist mit der Differenzdruckmessung, evtl. in Verbindung mit Infrarotaufnahmen, gut möglich.

Diese Aussagen wollen verdeutlichen, dass nicht nur die Einhaltung eines bestimmten k-Wertes oder einer bestimmten Fugendurchlässigkeit von Fenstern und Türen (a-Wert) für Energiehaushalt und Komfort wichtig sind, sondern dass auch der jeweiligen Situation angepasste Werte für die globale Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle (ausgedrückt durch n_{L50} -Werte) einzuhalten sind. Ein Vorschlag dazu wird in Bild 5 präsentiert.

Adressen der Verfasser: Urs Steinemann c/o Schindler Haerter AG, Stockerstrasse 12, 8002 Zürich, und Dr. P. Hartmann, c/o EMPA, Abt. Bauphysik, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf.

Literaturverzeichnis

- [1] NEFF-Projekt Nr. 226. «Experimentelle Untersuchung der Undichtheiten an bestehenden Wohnbauten typischer Bauart»
- [2] Arbeitsgruppe Messungen am Bau des Impulsprogrammes Haustechnik. «Richtlinie zur Durchführung von Luftdurchlässigkeitsmessungen am Bau mittels stationärem Differenzdruck» Januar 1985. Erhältlich bei EMPA, Abt. Bauphysik
- [3] Kronvall J.: Air Tightness - Measurement and Measurement Methods. Swedish Council for Building Research publication D8, Stockholm, 1980
- [4] Dumont R.S., Orr H.W., Figley D.A.: Air Tightness Measurements of Detached Houses in the Saskatoon Area. National Research Council of Canada, Division of Building Research, BR Note No. 178, Ottawa, 1981
- [5] Beach R.K.: Relative Tightness of New Housing in the Ottawa Area. National Research Council of Canada, Division of Building Research, BR Note No. 149, Ottawa, 1979
- [6] De Gids F.W.: Influence of Different Parameters on Infiltration and Infiltration Heat Loss. Proc. 2nd A.I.C. Conference, Building Design for Minimum Air Infiltration. Stockholm, Sweden, 1981.

Neue Bücher

Handbuch 1986 der Schweizer Baumuster-Centrale

Die Ausgabe 1986 des Handbuches erscheint in einem neuen Kleid, im bekannten Format $21 \times 15 \times 2,2 \text{ cm}$ und mit einer Neuerung, die sich Fachleute und Private schon lange wünschten: Im ca. 300 Seiten umfassenden

Sachregister sind nun nicht nur die Namen, sondern auch die Telefonnummern der Produzenten, Lieferanten und Dienstleistungsfirmen aufgeführt!

Im einleitenden Teil erfährt man, dass zusammen mit ca. 300 Ausstellern noch ca. 400 weitere Firmen ihre Prospekte in der Schweizer Baumuster-Centrale aufhängen lassen und dass diese Prospekte auf Bestellung innert Tagesfrist erhältlich sind.

Der Benutzer wird das handliche Format des Buches, die übersichtliche Darstellung der ca. 6000 Sachbegriffe und 3000 Marken so-

wie die ca. 1000 Produktions- und Lieferprogramme gleichermaßen zu schätzen wissen wie die ergänzenden Informationen, die die Schweizer Baumuster-Centrale den Interessenten via Prospektendienst und durch den Betrieb der permanenten Baufachausstellung zu vermitteln in der Lage ist.

Die Dienstleistungen der Schweizer Baumuster-Centrale umfassen die permanente Baufachausstellung (wochentags 8.30 bis 17.30 Uhr, samstags 8.30 bis 12 Uhr) sowie den Prospektendienst und Auskunft: Tel. 01/211 76 88.