Die Energiequellen in unseren Gebäuden - können wir sie nutzen?

Autor(en): **Dubal, Léo**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **99 (1981)**

Heft 3

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74410

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

Die Energiequellen in unseren Gebäuden – können wir sie nutzen?

Von Léo Dubal, Bern

Es soll hier selbstverständlich nicht die Rede davon sein, im Untergrund des schweizerischen Wohngebietes nach Erdöl zu bohren. Es geht ganz einfach darum, die Tonnen Erdöl, die Kubikmeter Erdgas und die Kilowattstunden Elektrizität zu nutzen, die heute verschleudert werden und durch einfache Sparmassnahmen zurückgewonnen werden könnten.

Dickere Aussenisolationen?

Es sei besser, damit anzufangen, die *Fugen des Hauses abzudichten als die Isolationsschicht zu verstärken,* meinen *Ross* und *Williams* von der amerikanischen *Universität Princeton* [1,2]. Schon mit einem Leck von nur einem Zehntel Quadratmeter verdoppeln sich die Wärmeverluste eines mit 10 cm mineralfasernisolierten Hausdaches von 50 m² Fläche (bei einem Temperaturunterschied von 20 °C). Dieses Ergebnis scheint zunächst entmutigend. In Wirklichkeit liefert es aber den Schlüssel zur Lösung: Die *unerwünschten Wärmeverluste entstehen meistens durch verhältnismässig kleine Undichtheiten.* Daraus ergibt sich die Empfehlung, die Fugen und Lecks abzudichten, *bevor* man an eine Verstärkung der Isolation denkt. In den Häusern gibt es oft *Zugluftschlitze,* die vom Keller bis in den Estrich verlaufen.

Walther [3] berichtete kürzlich an einem Symposium über Wärmeschutz im Hochbau: «Den grössten Leckanteil dürften die nicht gedichteten Fugen, der als Halbzeug oder Fertigteile am Bau versetzten Bauelemente wie Blendrahmen von Türen und Fenstern, Dekkentäfer ohne Dichtung, unzweckmässig verlegte Wärmedämmung sowie nicht dicht an den Baukörper angeschlossene Dampfsperren aufweisen. Weitere Undichtheiten sind Dilatationsfugen, Sichtmauerwerke, Knotenpunkte von Stahlkonstruktionsbauweisen, Durchdringungen der Gebäudehülle, schlechte Verglasung, etc.»

Unter diesen Umständen würde eine Verstärkung der Wärmeisolation nur etwa die Hälfte des erwarteten Gewinns erbringen. Deshalb besteht der vom *Bundesamt für Energiewirtschaft* veröffentlichte praktische Ratgeber *«Wärmesparen im Haus»* darauf, dass anlässlich der Anbringung einer Wärmedämmschicht die *sorgfältige Abdichtung aller Fugen* von vorrangiger Bedeutung ist.

Energiediagnose an Ort und Stelle

Vom 10. bis 17. Mai 1980 fand in *Porto* ein internationaler Kongress über den «Energiehaushalt in Gebäuden» statt [4]. Entscheidendes Ergebnis dieser Tagung war die Feststellung, dass die Wirksamkeit der Energiesparkampagnen vom *direkten Ansprechen der Bewohner* abhängig ist: Man muss die *Hauseigentümer* nicht nur über den Zustand ihrer Gebäude unterrichten, sondern ihnen auch die *Möglichkeit von Verbesserungen* und *die Mittel zur Kontrolle ihres Energieaufwandes* aufzeigen. Bei einer diesbezüglichen Konsultation sollte ein «Hausarzt» die Diagnose für das Gebäude stellen, um die Wärmeverluste aufzudecken, eine «Notbehandlung» vorzunehmen und dazu eine optimale Auswahl von Sanierungsmassnahmen, ja sogar einen Finanzierungsplan zu verschreiben.

Ein erstes Experiment in grossem Massstab, das «TVA-Projekt» wurde im Tennessee Valley durchgeführt [5]. Von den 205 347 Häusern, die durch die lokalen öffentlichen Dienstleistungsbetriebe untersucht worden waren, wurden 79 883 Häuser für ein zinsloses Darlehen, den Estrich zu isolieren (Kosten etwa Fr. 550.–), ausgewählt.

Die Verantwortlichen des TVA-Projekts haben geschätzt, dass die auf diese Weise erzielten Energieeinsparungen in der Grössenordnung von 1900 kWh je Haus und Jahr liegen. Die eingesparten kWh sind so bis vier mal billiger als die, welche dem Verbraucher zu verrechnen gewesen wären, wenn er diese Energie hätte kaufen müssen. Für die TVA sind diese *Darlehen für Wärmedämmung vorteilhafter als Investitionen in neue Elektrizitätswerke,* da die Kosten der eingesparten Leistung nur 290.– Fr./kW betragen.

Wärme-Durchlässigkeit

Die Kennzeichnung der wärmetechnischen Qualität eines Gebäudes wird vielleicht bald einmal dessen Geldwert beeinflussen. Dafür wäre noch eine für *jedermann befriedigende Messeinheit* zu bestimmen. Um die Qualität eines Gebäudes so weit wie möglich vom gewählten Raumklima (Bewohnereinfluss) zu trennen, schlagen die Forscher von Princeton die *Analyse der Beziehung zwischen Energieverbrauch und Aussenlufttemperatur* vor. Die Verbrauchsdaten liegen überraschend entlang einer Geraden, der «L-Kennlinie» (Bild 1). Die Streuung der Verbrauchsdaten ist – ausser auf die Ablesefehler und auf die Messungenauigkeit – auf die Verbrauchsverminderung während der Ferienzeit und die starken Schwankungen der Windstärke und Strahlungsgewinne zurückzuführen.
Die Neigung der *L*-Kennlinie liefert ein Mass für die Wärmedurchlässigkeit eines Gebäudes. Dieses Mass – in den USA «signature» genannt – wird hier als *L-Kennzahl* bezeichnet. Der Schnittpunkt der *L*-Kennlinie mit der Abszisse ergibt die Grundtemperatur T_{base}.

Da der Lüftungswärmebedarf einen grossen Anteil in der Energiebilanz der meisten bestehenden Gebäude ausmacht, schlagen wir die *«Luftwechselzahl»* als eine einleuchtende Messeinheit vor. Für die Berechnung der *L*-Kennzahl, werden die Transmissionsverluste in Lüftungsverluste umgerechnet, d. h. die *L*-Kennzahl ist eine Mehrzahl der Luftwechselzahl n_L.

Die *L*-Kennzahl kann wie folgt geschrieben werden:

$$L = -(1/C_{Luft}) \cdot \Delta P/\Delta T_{Aus}$$

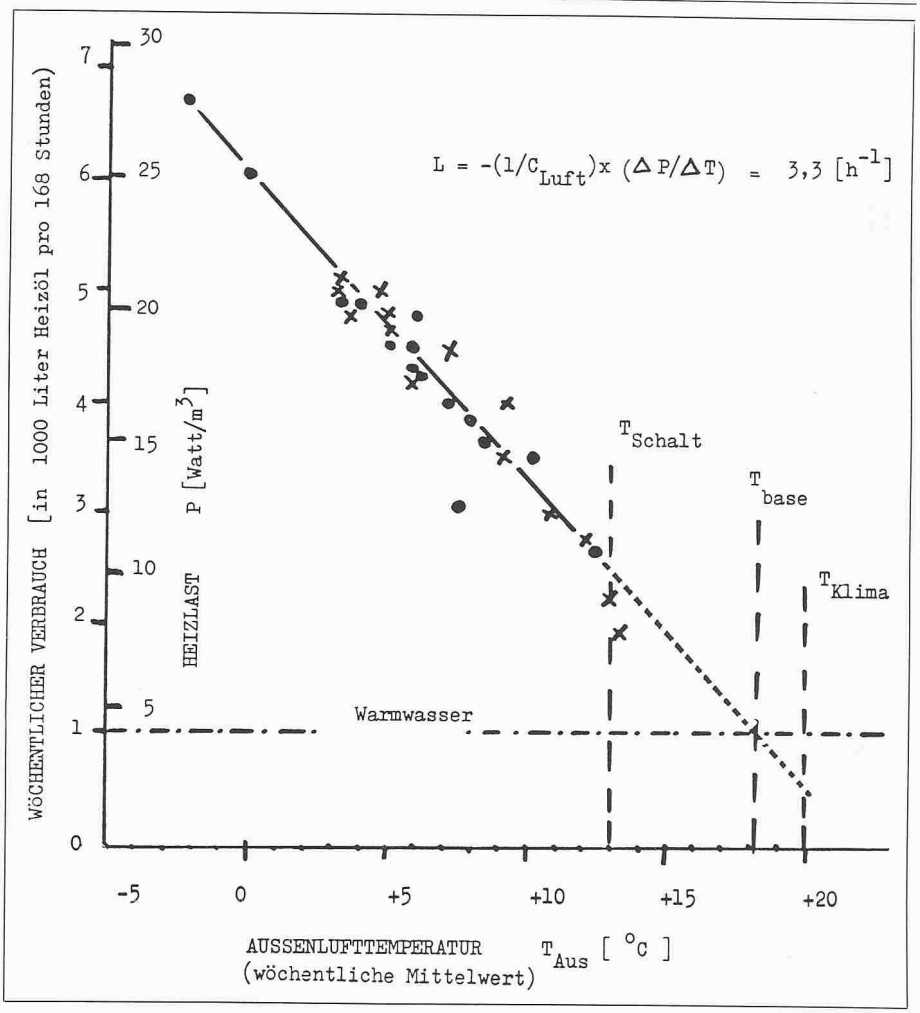
wobei C_{Luft} die spezifische Wärme der Luft (= 0,34 Wh/m³·K) und $\Delta P/\Delta T_{Aus}$ die Verhältnisrate der Heizlast zur Aussenlufttemperatur (in W/m³·K) ist.

Die Grundtemperatur ist die scheinbare Temperatur der Aussenluft, bei der man mit Heizen anfangen muss, um ein gewisses Innenklima zu behalten. T_{base} ist niedriger als die des Thermostaten im Haus. Diese Temperaturdifferenz, die «freien Grade», entstehen aus der abgegebenen Körperwärme der Bewohner, der Wärme der Haushaltgeräte, der Lampen, der durch Fenster einfallenden Sonnenstrahlung, usw.

Als Beispiel nehmen wir den Fall eines Mehrfamilienhauses, dessen Ver-

brauchsdaten durch *G. Krebs* von der Liegenschaftsverwaltung (Sektion Heizung) der *Stadt Genf* freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurden. Das Gebäude wurde im Jahre 1970 gebaut. Das beheizte und vermietete Volumen von 14 300 m³ erreicht einen totalen Heizölverbrauch (Heizung plus Warmwasser) von 137 000 Liter (für die Periode Mai 1979 bis August 1980). Die Schalttemperatur ist auf 13 °C eingestellt, was unter der Grundtemperatur liegt. Eine solche Sparmassnahme wird trotzdem den Effekt der zu hohen Grundtemperatur nur wenig mildern. Dabei besteht die Gefahr, dass Elektroöfeli eingeschaltet werden. Die Wärmedurchlässigkeit beträgt 3,3 Luftwechsel je Stunde, was eigentlich für die Schweiz leider üblich ist.

Der *Heizkessel* mit 70 W/m³ *ist auch hier weit überdimensioniert.* Die maximale Heizlast während der kältesten Woche des Jahres liegt unter 30 W/m³. Eine auch nur teilweise wärmetechnische Sanierung, z. B. durch eine Verminderung der Luftdurchlässigkeit, könnte sich bei einer Energiediagnose als sehr lohnende Investition erweisen.



Die L-Kennlinie eines Mietshauses in Genf. Volumen: 14 300 m³
x: Verbrauchsdaten für die Periode vom 1. Okt. 1979 bis 31. Dez. 1979
●: Periode vom 1. Jan. 1980 bis 20. April 1980

«Hausarztsystem» auf internationaler Ebene

Die *Vereinigten Staaten* haben im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprogramms der *Internationalen Energieagentur* auf dem Gebiet der Energiesparmassnahmen in Gebäuden vorgeschlagen, ein neues Projekt zur Energiediagnose für Gebäude zu schaffen. Zur Abklärung des Interesses an diesem Projekt wird in *Kopenhagen* am 13. April 1981 ein Seminar über dieses Thema durchgeführt. *Dänemark* und *Schweden* haben zuerst gewisse Vorbehalte angemeldet: Ihre Analysen beruhen auf dem Einsatz von «über»qualifiziertem Personal (zwei Ingenieure während eines ganzen Tages). Dies scheint in Ländern unwirtschaftlich, wo die Wärmedämmvorschriften im Bauwesen schon streng und die Stundenlöhne im Vergleich zum Preis der Energie hoch sind. Beide Länder haben sich jedoch bereit erklärt, ihre Auswertungsmethode neu zu überprüfen. Zu bemerken ist, dass die Forscher von *Princeton* davor gewarnt haben, Ingenieure als Baudiagnostiker einzusetzen. Nach ihrer Meinung haben Ingenieure nicht die erforderliche Ausbildung, um die Massnahmen bestimmen zu können, die zur höchstmöglichen Geldersparnis anzuwenden wären. Bei einem vierstündigen, etwa Fr. 200.– kostenden Hausbesuch, sollten die sofort ausgeführten Reparaturen (mit Klebstoff, Isolierband, Plastik und etwas Isoliermaterial) unter amerikanischen Bedingungen bereits Energieeinsparungen von 15 bis 20 Prozent erbringen können.

Die *Baudiagnostiker* zur Behandlung von Fugen und Lecks eines Gebäudes sollten eine Art «Barfussärzte» sein, die für diese Arbeit speziell ausgebildet sind, aber noch wirtschaftlich tragbar sind. Im Fall der USA sind offensichtlich die öffentlichen Dienstleistungsbetriebe (lokale Gas- und Elektrizitätswerke) mit ihrer umfassenden Infrastruktur und ihrer Erfahrung mit Hausbesuchen am ehesten dazu geeignet, ein solches Heer von Diagnostikern anzuwerben, auszubilden und einzusetzen. Abgesehen von den Energieeinsparungen darf erwartet werden, dass die Einführung eines «Hausarztsystems» zur Schaffung zahlreicher neuer Arbeitsplätze führen wird. Es ist also angebracht, mit aller Sorgfalt die Teilnahme der Schweiz an diesem Projekt zu prüfen.

Energiediagnostische Bemühungen in den USA

Im Jahre 1978 wurde in den Vereinigten Staaten das Programm für einen «Dienst für Energiesparen in Wohngebieten» aufgestellt. Das Programm verlangt, dass die wichtigen öffentlichen Betriebe und die Heizöllieferanten bis zum 31. März 1981 ihren Kunden auf deren Wunsch die Energiediagnose ihrer Gebäude erstellen. Den Staaten, die nicht in der Lage sind, ein eigenes Programm zu entwickeln, stellt das Energiedepartement ein *Handbuch* zur Verfügung, mit dessen Hilfe ein Diagnostiker innert zwei Stunden ein Einfamilienhaus überprüfen kann. Die einzigen durchgeführten Messungen beziehen sich auf die Grösse des Gebäudes und die Abschirmung bezüglich Sonnenstrahlung und Wind. Für die motivierteren Staaten hat das Energiedepartement zwei Forscher des *Lawrence Berkeley Laboratory* (LBL), *Sonderegger* und *Grimsud*, beauftragt, eine besser ausgearbeitete Methode für die ein- und zweistöckigen Häuser zu entwickeln [6]. Diese genaue Energiediagnose sollte von zwei Mitarbeitern in 4 Stunden durchgeführt werden können. Sie enthält Messungen der Wärmeverluste bezüglich Luftaustausch, Wirkungsgrad des Heizkessels, Wärmewiderstand der Wände und Geschichte des Energieverbrauchs. Die Energiediagnose schliesst mit einer optimalen Auswahl von Sa-

nierungsmassnahmen ab. Diese Energiediagnose umfasst vier Phasen:

Wärmedurchlässigkeit

Die Feststellung der Wärmedurchlässigkeit des Gebäudes stellt einen wichtigen Anhaltspunkt für die Sanierungsempfehlungen und für die Erfolgskontrolle dar. Nachdem sich der Hauseigentümer an den lokalen öffentlichen Dienstleistungsbetrieb gewandt hat, wird er ersucht, die Rechnungen für seinen Energieverbrauch während der letzten zwei Jahre einzureichen. Sollten diese «medizinischen Akten» des Hauses nicht verfügbar sein, ersucht man um die Erlaubnis des Hauseigentümers, die Belege bei den Lieferanten einzuholen. Die Diagnostiker bestimmen anhand dieser Belege und der örtlichen meteorologischen Daten die Wärmedurchlässigkeit des Hauses und den Wirkungsgrad des Heizsystems.

Untersuchung des Hauses

In der Eingangstüre des Hauses oder in einem Fenster wird ein Ventilator angebracht, der es erlaubt, mit Hilfe eines Differentialdruckmessers die den Fugen der Bauhülle gleichwertige Fläche zu ermitteln. Durch Herstellung eines Unterdruckes wird es damit möglich, das Eindringen von Kaltluft zu lokalisieren und zwar mit Hilfe einer *Infrarot-Kamera* oder mit einer *Rauchpatrone*. Besondere Aufmerksamkeit wird den gewöhnlich nicht beachteten Wegen der Lüftungsverluste gewidmet. Die Mitteilungen der Bewohner über die kalten Zimmer des Hauses sind hierbei ein erster Hinweis von grosser Bedeutung. Verschiedene Temperaturen werden mittels einer Sonde mit Digitalanzeige gemessen, und der Elektrizitätsverbrauch der wichtigeren Haushaltgeräte wird durch ein tragbares Wattstunden-Messgerät festgestellt.

Teilsanierung

Die Diagnostiker verstopfen sofort bestimmte Wärmeverluststellen, wie z. B. Löcher, Spalten, Fugen und Ritzen mittels Pfropfen und Klebeband, wechseln verschmutzte Luftfilter des Oelbrenners aus, ersetzen zerbrochene Fensterscheiben fürs erste mit Plexiglas und verstopfen vorläufig die Cheminées, die keine Abschlussklappen haben. Alle anderen Ritzen werden markiert und in der Kosten/Nutzen-Berechnung der vorzuschlagenden Sanierungsmassnahmen mitberücksichtigt. Die Wärmedämmschicht der Boiler wird verstärkt, der Thermostat auf 50 °C zurückgestellt und die Brause der Dusche durch ein Modell mit einer Durchflussmenge von höchstens 12 Litern je Minute ersetzt. Die Energieeinsparungen dieser miteinander verbundenen Massnahmen werden auf 10–25 Prozent geschätzt. Die Teilsanierung lohnt allein schon die Konsultation, auch wenn ihr keine weiteren Sanierungsmassnahmen folgen.

Empfehlungen

Die letzte Stunde der Konsultation ist der Auswertung der durchgeführten Messungen und der Analyse der Verbrauchsrechnungen mit Hilfe eines tragbaren Kassetten-Mikrocomputers gewidmet. Viele Sanierungsmassnahmen werden aussortiert und die, welche den besten Erfolg versprechen, werden in der Reihenfolge ihrer Rentabilität aufgezeigt. Diese verschiedenen Möglichkeiten werden dann mit einem dynamischen Berechnungsmodell verglichen, welches das Energieverhalten des ganzen Hauses simuliert, worauf dann der Eigentümer seine Wahl treffen kann.

Was ist in der Schweiz zu tun?

Aus verschiedenen Globalstudien geht hervor, dass die Raumheizung während der ganzen Heizperiode durchschnittlich den Wärmeverlust ausgleicht, den eine Rate von 3,5 Luftwechseln je Stunde verursachen würde. Das anzapfbare Potential der Energievorräte im Wohnbereich der Schweiz erscheint demnach riesig. Es scheint durchführbar, für die motivierten Verbraucher, die bereit sind, alle 14 Tage den Stand ihres Heizenergieverbrauchs zu notieren, durch die Heizöl-, Gas- und Elektrizitätslieferanten ein kleines Geschenk in Form einer Wärmedurchlässigkeitsberechnung ihrer Wohnung (vor und nach der Sanierung) überreichen zu lassen.

Im Bereich der Energiebilanz eines Gebäudes existiert nach unserem Wissen bis jetzt nur eine einzige Firma (Romay AG), die ein System, das «Plancal Expert», anbietet, um mit Hilfe eines Mikrocomputers die *Optimierung der Sanierungsmassnahmen* zu berechnen [7]. Dieses System arbeitet nur auf der Basis von Bauplänen, die keineswegs die Werte einer Energiediagnose an Ort und Stelle ersetzen können.

Im Blick auf ein kommendes «Hausarztsystem» ist es wichtig, möglichst rasch ein «Baudiagnostikerköfferchen» vorzubereiten. Dazu müsste insbesondere ein *einfaches Gerät für die Messung der Luftwechselrate* gehören. Ein solches Vorgehen würde es schliesslich ermöglichen, die Wärmeverluste durch die Luftwechsel quantitativ zu erfassen, was für eine optimale Wahl der Sanierungsmassnahmen entscheidend ist. Es geht in erster Dringlichkeit darum, die wirtschaftlichsten Energiesparpotentiale unserer Gebäude auszunützen.

Quellen

[1] *Ross, M. & Williams, R.*: «Drilling for Oil and Gas in Our Buildings». Princeton University 1979, zitiert durch *J. Harding* in «Soft Energy Notes», Dez. 1979

[2] *Harrje, D. T. & Ross, H.*: Center of Environmental Studies, 1979, Princeton University, New Jersey 08644

[3] *Walther, O.*: «Nachweis und Quantifizierung der Lüftungswärmeverluste an der Gebäudehülle beheizter Gebäude». Seminar «Wärmeschutz im Hochbau, 1980» EMPA, Seite 135

[4] *Suter, P.*: Bericht über «International Congress of Building Energy Management». ETHL, 1980

[5] «At $ 170/kW, Its TVA's Cheapest Source of New Power». The Energy Daily, 29 avril 1980

[6] *Sonderegger, R. C.*, et *Grimsud, D. T.*: «Energy Audits of Existing Residential Buildings in Situ with Microprocessor». L. B.L, 1980

[7] Romay AG: «The Plancal Expert»

Adresse des Verfassers: Dr. *L. Dubal*, Physiker, Bundesamt für Energiewirtschaft, 3003 Bern