

# Nochmals: "Wieviel Energie braucht ein Haus?"

Autor(en): **Haller, Paul / Füeg, Franz / Haller, Fritz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **95 (1977)**

Heft 3

PDF erstellt am: **24.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-73322>

## **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.

Kontrollperiode und eine Aufstellung allfällig notwendiger Ergänzungsmassnahmen aufgeführt sein. Bei Bedarf kann der Experte weitere Spezialisten zuziehen, wie z.B. Geologen, Boden- und Felsmechaniker, Glaziologen, Lawinenfachleute usw.

Es ist auch ein *Seismographennetz* in den Alpen vorgesehen. Mit diesem Netz sollen diejenigen seismischen Erscheinungen erfasst werden, die grossen Erdbeben vorangehen können. Es gilt hier somit, die nötigen Unterlagen bereitzustellen, die eine systematische Erforschung der Möglichkeiten einer Erdbebenvorhersage erlauben. Mit der Verwirklichung des Seismographennetzes wurde bereits begonnen.

Nicht unerwähnt darf unser *Wasseralarm-System* bleiben, das den Talsperrenbesitzern sehr hohe Kosten bereitet. Dieses wurde in erster Linie für Kriegszeiten eingerichtet. Es kann aber, sollte eine Gefahr irgendwelcher Art drohen, auch in Friedenszeiten benutzt werden.

An der Messe wurde gezeigt, dass es heute möglich ist, die Staumauer oder die Triebwasserfassungen unter der Wasseroberfläche mit einer ferngesteuerten und fernüberwachten

Unterwasserkamera zu kontrollieren. Dadurch muss für diese Arbeiten der See nicht mehr entleert oder ein Taucher eingesetzt werden.

Die geringen Verformungen einer Staumauer unter der Wasserlast und infolge der saisonalen Temperaturschwankungen werden mit entsprechenden Instrumenten sorgfältig kontrolliert und registriert. Die Verformungen geben Auskunft über den Zustand des Bauwerkes und dessen Untergrund.

Für die Messungen werden Pendel, Klinometer, Theodolite und neuestens Mekometer (elektronisches Gerät für die Längenmessung) eingesetzt. Dieses Instrumentarium wird laufend verbessert, wobei Fernübertragung, Fernsteuerung und automatische Registrierung immer mehr zur Anwendung gelangen.

Verschiedene der gezeigten Geräte wurden auf Anregung der schweizerischen Projektierungsingenieure für unsere Talsperren entwickelt. Diese Geräte werden heute – oft auf Empfehlung unserer Talsperrenbauer – auch im Ausland mit Erfolg eingesetzt.

Alfred Ziegler, Altendorf

## Nochmals: «Wieviel Energie braucht ein Haus?»

Die Professoren Franz Füeg und Fritz Haller haben in der «Schweizerischen Bauzeitung» (Heft 34, S. 497–501, 1976) und in «Bauen + Wohnen» (Heft 6, S. 231–234, 1976) einen Artikel mit dem Titel «Wieviel Energie braucht ein Haus? Widersprüche zwischen Theorie und Praxis» veröffentlicht. Aus den zahlreichen uns zugegangenen Zuschriften zu diesem Aufsatz haben wir zwei in Heft 42 (1976) publiziert. Inzwischen hat auch Paul Haller Stellung genommen, dessen Veröffentlichung «Bautechnische Fragen zur Energieersparnis» («Schweizerische Bauzeitung», Heft 44, S. 702–705, 1975) den beiden genannten Autoren zum Ausgangspunkt ihrer Kritik diente. Wir veröffentlichen zuerst P. Hallers Entgegnung, darauf die Replik von F. Füeg und F. Haller, denen der Wortlaut von P. Hallers Antwort bekannt war. Damit schliessen wir vorerst die Diskussion um dieses noch widersprüchliche aber höchst aktuelle Thema ab. –yer.

### Stellungnahme von Paul Haller

«Denn eben wo Begriffe fehlen,  
da stellt ein Wort zur rechten Zeit sich ein.  
Mit Worten lässt sich trefflich streiten,  
mit Worten ein System bereiten,  
an Worte lässt sich trefflich glauben,  
von einem Wort lässt sich kein Jota rauben.»

Mephistopheles in Faust I

Dass mit den beiden Sätzen «Wenn heute wegen den eingangs genannten Erfordernissen Energie gespart werden soll, so verlieren die Glaspaläste ihre Daseinsberechtigung. Sie müssen entweder nachträglich zusätzlich isoliert oder aber unter Denkmalschutz gestellt werden, als Zeugen vergangener, von Energieproblemen noch unbeschwerter Zeiten» die Glasarchitekten aus dem Busch geklopft würden, war zu erwarten. Dass sie sich aber mit einem unsachlichen Machwerk in Fachkreisen zu rechtfertigen versuchen, kann nur bedauert werden.

Zunächst einige *wärmetechnische Grundwahrheiten*, die jedem in der Bau- oder Heizungsbranche Tätigen geläufig sein müssen. Die Wärmequellen eines Gebäudes haben die Aufgabe, bei kühler und kalter Witterung den Wärmeverlust durch die Aussenflächen in die Aussenluft zu ersetzen, so dass der Mensch sich wohl fühlt und gesund bleibt. Der *Wärmeverlust* ist also in erster Linie von der *Grösse der Oberflächen*, dann aber auch vom *Aufbau der Oberflächenschichten* abhängig.

1. Die beiden Autoren Franz Füeg und Fritz Haller berechnen und vergleichen jedoch den Heizölverbrauch für freistehende ein- und zweigeschossige Bauten pro m<sup>3</sup> heizbares

Luftvolumen. Bekanntlich ist die Oberfläche eines Körpers nicht durch das Volumen ersetzbar. Oberfläche = 2 Volumen (1/a+1/b+1/c), wenn a, b und c die Abmessungen des Quaders bezeichnen.

Nach Bild 1 wäre der Heizölbedarf H in Liter einfach das 10,5fache Luftvolumen. Eine Differenzierung nach den in der nachstehenden Tabelle aufgezählten, den Heizbedarf beeinflussenden Zuständen ist offenbar nach Ansicht der Autoren nicht notwendig. Die Formel kann lediglich für *sehr grobe Überschlagsrechnungen* Verwendung finden. Der Versuch mit dieser Formel den Beweis für den geringen Einfluss grosser Fenster auf den Wärmeverlust zu erbringen, ist ein Griff nach den Sternen.

2. Die Glashäuser 4.1 bis 4.5 haben, wie unter der Tabelle 1 in Kleindruck ausgeführt, die undurchsichtigen Fassadenteile und Dächer eine Wärmedurchgangszahl von 0,4 bis 0,6 kcal/m<sup>2</sup>h°C. Da die Angaben für die übrigen Häuser fehlen, muss angenommen werden, dass ihre Dachkonstruktion die übliche Wärmeisolierung um k = 1,0 kcal/m<sup>2</sup>h°C aufweist. Bei den Glashäusern hat man also den höheren Wärmeverlust der grösseren Glasflächen mit einem grösseren Wärmewiderstand der Dachfläche paralysiert. Es steht dem Glashauserkonstrukteur frei, den grösseren Wärmeverlust eines Bauteiles mit einem besser isolierten anderen Bauteil auszugleichen. Wenn aber Glashäuser mit einer wesentlich höheren Dachisolation Häusern mit kleinerer Fensterfläche und wesentlich geringerer Dachisolation gegenübergestellt werden, so ist dieser Vergleich unkorrekt, besonders deshalb, weil bei den ein- und zweigeschossigen Bauten die Dachfläche einen hohen Prozentsatz an der Gesamtoberfläche ausmacht. In Bild 2 ist nicht auf die höhere Wärmeisolierung der Dächer hingewiesen worden, weshalb sein Inhalt als irreführend bezeichnet werden muss. In Artikeln, die Anspruch auf wissenschaftliche Bewertung erheben, sind solche Manipulationen nicht tragbar.

Die Autoren vertreten jedoch die Auffassung: «Der sicherste Weg und auf die Dauer weitaus billigste Weg um zu schlüssigen Resultaten zu kommen, sind gebaute und genutzte Häuser.» Mit dieser Ansicht dürften die beiden Autoren allein bleiben. Jedenfalls lassen sich durch solche Vergleiche keine «bauphysikalische, physiologische, psychische und ökonomische Gesichtspunkte» berücksichtigen, noch werden «Aspekte der Baukonzeption» mit dieser Berechnungsweise gewürdigt.

#### A. Klimatische Bedingungen

Von der Meereshöhe abhängig, ständig wechselnde Temperatur und Feuchtigkeit der Aussenluft, Windanfall (Richtung und Stärke), Intensität und Einwirkungsdauer der Einstrahlung der Sonnenwärme

#### B. Art und Orientierung der Gebäude

##### Zweckbestimmung

Ein- oder Mehrfamilienhaus, Hochhaus, Schulhaus usw. (Anteil der Dachfläche an der gesamten wärmeauslassenden Oberfläche)

##### Standort

alleinstehend (in allen Winden), in der Nachbarschaft von Gebäuden oder Bäumen (Wind- oder Sonnenschatten), in Reihen, Terrassenhäuser

##### Orientierung der Fassaden zur Sonne

Dauer der Besonnung während des Tages- und Jahresablaufes

##### Aufbau der Bauteile an der Gebäudeoberfläche und ihre wärmeisulatorischen Eigenschaften einschliesslich der Dampfdurchlässigkeit

Art und Dicke der Wandschichten, Konstruktion des Daches und evtl. der untersten gestelzten Decke, wärmeentziehende Balkonplatten, Fenster und Aussentüren, Anteil der Fenster- und Türfläche, Grösse, Material und Konstruktion, Verglasung, Sorgfalt bei der Ausführung (Luftdurchlässigkeit), Alterungsfähigkeit, Unterhalt der Gebäudeteile

#### C. Nutzungsart und Nutzungsweise

Raumtemperatur (je nach Zweck der Räume, Alter und Gesundheitszustand der Bewohner), Luftfeuchtigkeit (Küche, Badezimmer, Schwimmbad, Sauna, gewerbliche Räume), Lüftungsrhythmus (Anzahl der Aufenthalter, Art und Dauer der Belegung durch Erwachsene, Kinder, Kleinkinder), Frischluftbedarf, Anzahl der Heiztage

#### D. Art, Ausbau, Betrieb und Unterhalt der Heizanlage

Ofenheizung, Warmwasser- oder Luftheizung, Etagen- oder Zentralheizung, Abführen der Sonnenwärme durch Nachtlüftung oder Klimaanlage

3. «Der physiologisch schlechte Effekt der niedrigen Oberflächentemperatur der Gläser wird ausgeglichen, indem die ganzen Flächen mit Warmluft bestrichen werden (Warmluftvorhang). Die Effekte der geringen Amplitudendämpfung und der kürzeren Phasenverschiebung werden durch das Luftheizsystem ausgeglichen» (Text unter der Tabelle 1, S. 498).

Tatsächlich empfindet der Mensch im Strahlungsaustausch mit kalten Oberflächen einen Wärmeeinbruch, weshalb das Vorbeiführen warmer Luft zum Anheben der Oberflächentemperatur ein Gebot zur Gesundheit des Menschen ist. Dies bedingt aber einen zusätzlichen, erheblich grösseren Aufwand an Heizenergie, aus dem einfachen Grund, weil bei dem nun gesteigerten Temperaturgefälle mehr Wärme durch die Glasfläche abfliesst. Ausser dem unangenehm empfundenen Effekt des Strahlungsaustausches erzeugt die an kalter Oberfläche sich abkühlende und zu Boden fallende Luft einen «Kaltsee». Beide Wirkungen können Erkältungskrankheiten auslösen. Auch bei kleineren Fenstern muss die an Heizkörpern erwärmte Luft die kalte Fallluft verwirbeln. Bei grösseren Fenstern ist die «Kaltsee»-Bildung entsprechend verstärkt.

«Die Effekte der geringen Amplitudendämpfung und der kürzeren Phasenverschiebung werden durch das Luftheizsystem ausgeglichen». Diese Effekte werden nicht durch das «Luftheizsystem ausgeglichen», sondern nur, wenn die Oberflächentemperatur ständig, bei Tag und bei Nacht, auf der ganzen Fläche mittels ausreichend warmer Luft genügend hoch gehalten wird, gemildert bis aufgehoben.

Eine kleine wahre Geschichte mag die physiologische und psychische Wirkung einer fehlenden Erwärmung der Glasoberfläche beleuchten: Der Hinweis auf den nun mehr Platz bietenden Arbeitsraum im neubezogenen, grossfenstrigen ETH-Gebäude quittierte der Professor mit folgender, in gehobener Lautstärke vorgetragener Antwort: Geräumig und hell, ja, aber ich sitze an der Rückwand, zuhinterst im Raum, da ich am Fenster nicht arbeiten kann. Warum? Weil es dort im Sommer zu heiss und im Winter zu kalt ist.

4. In der «Tabelle der den Wärmeverlust eines Gebäudes beeinflussenden Faktoren» sind die wichtigsten den Wärmeverlust bestimmenden Fakten zusammengestellt. Bei Vergleichsuntersuchungen zur zahlenmässigen Erfassung des Einflusses einer bestimmten Einflussgrösse, z.B. der Grösse und Art der Fenster, müssen alle Wirkungen den gleichen Bedingungen ausgesetzt sein, einen gleichartigen und gleichzeitigen Verlauf nehmen, mit Ausnahme derjenigen Grösse, deren Einfluss erfasst werden soll. Diese Forderung wurde bei den in den Jahren 1954 bis 1957 durchgeführten Versuchen mit Versuchshäuschen erfüllt; auch wurde das Versuchsziel erreicht. Diese «laborähnlichen» Versuche haben zu schlüssigen Resultaten geführt, was man vom «sichersten und billigsten Weg» der Autoren nicht sagen kann.

5. Die Checkliste in der Tabelle 2 des Artikels der beiden Autoren ist ja ganz schön. Den Beweis für einen wesentlichen Einfluss des einmaligen Energiebedarfes beim Herstellen der Baustoffe im Vergleich mit den Kosten für den jährlich wiederkehrenden Heizmittelverbrauch bleiben die Autoren schuldig. Eine Überprüfung von etwa 50 Häusern mit verschiedenen Baustoffen erstellt, könnte Licht in diese Angelegenheit bringen. Von gravierender Bedeutung wird die Festlegung der Lebensdauer der Bauten sein. Als Glashäuser schlage ich das *Technikum Windisch* und die beiden Schulhäuser *Weststadt* und *Fegetz* in *Solothurn* vor. Eine gleichzeitige Befragung der Behörden, der Lehrer und der Eltern könnte ausserdem über die Zweckmässigkeit der Glasbauten, ihre ökonomischen, physiologischen und psychischen Aspekte wertvolle Auskunft geben.

Möglicherweise ist der einmalige Teilbetrag für die Herstellung der Baustoffe in den Fassaden, Dächern usw. und der Energieaufwand beim Abbruch gegenüber den jährlichen Energieaufwendungen vernachlässigbar klein.

6. Das Zitieren von wissenschaftlichen Arbeiten über den Energieverbrauch beim Erstellen von Holzbauten ist abwegig, da ja Glasbauten in Diskussion stehen.

7. Wenn man bei der Energiebedarfsrechnung den Energiegewinn beim Verbrennen alter Fensterrahmen in Rechnung setzen will, so sollten doch die nicht geringen Kosten für den Energieaufwand zum Abführen der eingestrahnten Sonnenwärme durch Nachtkühlung oder Klimaanlage korrekterweise nicht ausser acht gelassen werden.

Prof. Paul Haller, Regensbergstrasse 54, 8050 Zürich

#### Antwort von Franz Füeg und Fritz Haller

##### Missverständnisse

Der Energieaufwand wurde von uns nicht «berechnet», sondern aufgrund der Rechnungen der Bewohner erhoben und mit einer Theorie verglichen.

Das heizbare Luftvolumen wird von uns nicht als einziger Indikator angenommen; an zwei Stellen wird vom Einfluss der *Umschliessungsflächen* gesprochen. Den Kubikmeter heizbaren Luftvolumens verwenden wir zum Feststellen von Tendenzen, also ähnlich wie er in der Heizungs- und Lüftungstechnik zum Schätzen des Energieaufwandes und der Anlagekosten verwendet wird.

Unter der Tabelle 1 (S. 498) wird auf die Wärmedämmung der Häuser 4.1 bis 4.5 hingewiesen. In den Bildern 1 und 2 (S. 499) sind die gleichen Häuser wie in der Tabelle 1 aufgeführt. Warum der Hinweis gerade im Bild 2 wiederholt werden soll, bleibt rätselhaft.

Selbst ein Bauzeichnerlehrling versteht, dass Häuser mit viel Glas auch Holzbauten sein können.

Der Energieverbrauch ist ein Jahresverbrauch; darum ist der «Energieaufwand zum Abführen der eingestrahnten Sonnenwärme durch Nachtkühlung oder Klimaanlage», soweit die Rechnungen vorhanden sind (Häuser 4.3 und 4.5), in Tabelle 1 enthalten.

### Worum es uns geht

In unserer Veröffentlichung geht es nicht darum, Glashäuser zu propagieren oder gar zu rechtfertigen. Offenbar bereitet es Paul Haller und anderen Mühe zu verstehen, dass Erfahrungen der Praxis ohne Propagandaabsicht für eine bestimmte Bauweise mitgeteilt und mit Theorien verglichen werden. Durch eine besondere Konstellation, die sich anderswo in der gleichen Klimazone kaum finden lässt, bestand hier die Möglichkeit, Häuser mit einem sehr grossen Glasanteil mit anderen Häusern gleicher Nutzung zu vergleichen.

Nach unseren Beobachtungen stimmt die Behauptung «Häuser mit grossen Fenstern brauchen mehr Energie» zumindest nicht allgemein. Der Energieverbrauch der Häuser lässt sich nicht so einfach ermitteln, wie das in der Regel versucht wird. Eine einseitige Optik kann zu absurden gesetzlichen Vorschriften führen, die eine vernünftige Entwicklung in der Architektur blockieren. Darum geht es uns!

In der neueren Literatur über Einzeluntersuchungen der Bauphysik finden sich Erkenntnisse, die Schlüsse, wie sie Paul Haller zieht, in einem Licht erscheinen lassen, die gerade einen Bauphysiker zu grösserer Vorsicht verhalten müssten. Wir nennen ein Beispiel: *W. Frank, D. Holz und C. Snatzke* ziehen nach einem Freilandversuch im bayrischen *Holzkirchen* unter anderem die folgende Schlussfolgerung: «Der Wärmeverlust durch eine Doppelscheibe wird bei einer Aussenlufttemperatur von 0 °C (durchschnittliche Wintertemperatur) durch den Wärmegewinn kompensiert, der infolge Sonneneinstrahlung durch die Scheibe bereits bei einer Strahlungsintensität von rund 100 kcal/m<sup>2</sup>h auftritt. Bei einer Aussenlufttemperatur von -20 °C ist zur Kompensation des Wärmeverlustes eine Strahlungsintensität von 160 kcal/m<sup>2</sup>h erforderlich. [...] Eine Sonneneinstrahlung von mindestens 100 kcal/m<sup>2</sup>h tritt nach den ermittelten Häufigkeitsverteilungen bei Südfenstern im Winter während der Hälfte der Tageszeit auf, bei Ost- und Westfenstern während 25 % der Zeit. Für die Übergangszeit betragen diese Werte 60 % bzw. 50 % [...]. Bei höheren Strahlungswerten als 100 kcal/m<sup>2</sup>h sind zunehmende Wärmegegewinne zu verzeichnen, vorausgesetzt, dass die Raumheizung in dem Masse gedrosselt werden kann, in dem die Einstrahlung zunimmt. Hierzu ist eine «elastische», rasch und thermostatisch regulierbare Heizanlage erforderlich. Diese für winterliche Bedingungen geltende Betrachtung zeigt, dass das Fenster unter praktischen Bedingungen wärmeschutztechnisch nicht so «schlecht» ist, wie es allein auf Grund der Wärmedurchgangszahl (k-Wert) den Anschein hat.» («Untersuchungen über die atmosphärische Strahlung». Gesundheitsingenieur 97 [1976] H. 9, S. 199.)

Mit diesen Erkenntnissen dürfte man der Wirklichkeit näher kommen als mit den Daten von Paul Haller, deren *Wirklichkeitsferne* schon ein grober rechnerischer Vergleich illustriert (vgl. Tabellen auf dieser Seite).

Das Haus 2.6 wurde gewählt, weil seine Konstruktionspläne zur Verfügung stehen; es hat einen relativ niedrigen Heizölverbrauch von 8,7 l/m<sup>3</sup>. Werden bei den Häusern 4.3 und

Heizöl-«Einsparung» bei den Häusern 4.3 und 4.4, wenn deren mittlerer k-Wert jenem von Haus 2.6 entspricht, berechnet nach den Daten von P. Haller

|                       |                   | Haus 2.6<br>R.M.<br>Kyburg | Haus 4.3<br>T.F.<br>Mörigen | Haus 4.4<br>P.S.<br>Münsingen |
|-----------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Berechnungsgrundlagen |                   |                            |                             |                               |
| Aussenwand            | k <sub>AW</sub>   | 0,7                        | 0,7                         | 0,7                           |
|                       | k <sub>F</sub>    | 2,5                        | 2,8 <sup>(1)</sup>          | 2,8 <sup>(1)</sup>            |
|                       | F-Anteil          | 19%                        | 90%                         | 90%                           |
|                       | k <sub>t</sub>    | 1,04                       | 2,5                         | 2,5                           |
|                       | Öl/m <sup>2</sup> | 9,1 kg<br>(77500 kcal)     | 18,7 kg<br>(160000 kcal)    | 18,7 kg                       |
| Dach                  | k <sub>D</sub>    | 0,7                        | 0,6                         | 0,6                           |
|                       | Öl/m <sup>2</sup> | 6,9 kg                     | 5,9 kg                      | 5,9 kg                        |

«Einsparung», wenn die Gebäudeumschliessung gleich ausgeführt ist wie bei Haus 2.6

|                    |                                            |     |         |                    |
|--------------------|--------------------------------------------|-----|---------|--------------------|
| Aussenwand         | m <sup>2</sup>                             | 173 | 232     | 252 <sup>(2)</sup> |
|                    | Öl (9,6 kg/m <sup>2</sup> ) <sup>(3)</sup> |     | -2500 l | -2720 l            |
| Dach               | m <sup>2</sup>                             | 152 | 143     | 390 <sup>(2)</sup> |
|                    | Öl (1,0 kg/m <sup>2</sup> ) <sup>(3)</sup> |     | + 160 l | + 440 l            |
| Total «Einsparung» |                                            |     | 2340 l  | 2280 l             |

<sup>(1)</sup> Stahlrahmen. <sup>(2)</sup> Dach, Terrasse und auskragende Bodenplatte.

<sup>(3)</sup> Spez. Gew. 0,89

### Vergleichstabelle

|                                                                                                             | Haus 2.6<br>R.M.<br>Kyburg | Haus 4.3<br>T.F.<br>Mörigen   | Haus 4.4<br>P.S.<br>Münsingen |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Fensteranteil Aussenwand                                                                                    | 19%                        | 90%                           | 90%                           |
| Heizbares Luftvolumen                                                                                       | 520 m <sup>3</sup>         | 650 m <sup>3</sup>            | 680 m <sup>3</sup>            |
| Gebäudeumschliessungsfläche über Erdreich                                                                   | 325 m <sup>2</sup>         | 375 m <sup>2</sup>            | 642 m <sup>2</sup>            |
| Umschliessungsfläche je m <sup>3</sup> heizbaren Luftvolumens                                               | 0,62 m <sup>2</sup>        | 0,58 m <sup>2</sup>           | 0,94 m <sup>2</sup>           |
| Heizölverbrauch Betriebsjahr 1973/74                                                                        | 4500 l                     | 6000 l                        | 7500 l                        |
| Je m <sup>3</sup> heizbaren Luftvolumens (Gesamtjahresenergieverbrauch)                                     | 8,7 l (9,5 l)              | 9,2 l (10,7 l) <sup>(1)</sup> | 11 l (—) <sup>(2)</sup>       |
| Abweichung vom Mittel der jeweiligen Gebäudegruppe (s. «Schweiz. Bauzeitung», Heft 34/1976, S. 499, Bild 2) | -13%                       | -3%                           | +16%                          |
| Windexponiert                                                                                               | normal                     | stark                         | stark                         |
| Raumtemperatur                                                                                              | 20 °C <sup>(3)</sup>       | 22 °C <sup>(4)</sup>          | 22 °C <sup>(4)</sup>          |
| Warmwasserverbrauch für Luftbefeuchtung (40-50%)                                                            | 2 Pers.                    | 2 Pers.                       | 3 Pers.                       |
| Heizölverbrauch, wenn Umschliessungsfläche isoliert wie Haus 2.6 nach Daten P. Hallers                      | 4500 l                     | 3660 l                        | 5220 l                        |
| Je m <sup>3</sup> heizbaren Luftvolumens                                                                    | 8,7 l (100%)               | 5,6 l (64%)                   | 7,6 l (87%)                   |

<sup>(1)</sup> Die Kühlung im Sommer, die im Gesamtenergieverbrauch enthalten ist, verändert das Verhältnis zum Haus 2.6 nicht wesentlich (siehe «Schweiz. Bauzeitung», Heft 34/1976, Seite 499, Bild 2). <sup>(2)</sup> Stromrechnungen konnten nicht beschafft werden. <sup>(3)</sup> Garage 15 °C. <sup>(4)</sup> Garage unbeheizt und im Volumen nicht enthalten

4.4 die gleichen k-Werte und der gleiche Glasanteil (19%) angenommen, dann müsste sich, nach den Daten von P. Haller, der Ölverbrauch für diese beiden Häuser gegenüber dem wirklichen Verbrauch um 2340 l bzw. 2280 l vermindern. Für das Haus 4.3 ergäbe das einen Ölverbrauch von 5,6 l/m<sup>3</sup> heizbaren Luftvolumens und für das Haus 4.4 von 7,6 l/m<sup>3</sup>. Bei der «Einsparungs»-Berechnung nicht berücksichtigt sind, dass die Häuser 4.3 und 4.4 windexponierter stehen als das Haus 2.6, Luftbefeuchtungsanlagen besitzen und mit rund 2 °C höherer Raumtemperatur beheizt werden; das Haus 4.4 hat eine sehr grosse Umschliessungsfläche (0,94 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> gegenüber 0,62 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> beim Haus 2.6), was einen Mehrverbrauch von rund 2 l Öl/m<sup>3</sup> erfordert. Die mittlere Jahrestemperatur 1973/74 ist rund 2 °C höher als das Mittel von 1931–60, was bei der Berechnung ebenfalls nicht berücksichtigt ist.

Jedenfalls sind die beiden Glashäuser nicht energiefreisend, wie es Paul Haller darstellt, oder dann wären alle massiv gebauten Häuser der Gruppe 1 und 2 äusserst unwirtschaftlich und die der Gruppe 3 und 4 äusserst wirtschaftlich beheizt und belüftet. Was stimmt? Statt weiterhin Pro und Kontra zu schreiben, sollten die Häuser genauer untersucht und miteinander verglichen werden; sie stehen zur Verfügung!

Aber Paul Haller hat gegen den Vergleich von Bauten als Ganzes Bedenken, weil er mit Recht davon ausgeht, dass nie alle Einflussgrössen, mit Ausnahme der gerade untersuchten, gleich sind. Ohne solche Vergleiche ist es aber unmöglich, Einzelerkenntnisse naturwissenschaftlicher Forschung in Gesamtzusammenhängen der Wirklichkeit zu überprüfen. Das trifft das forschungsmethodische Anliegen unserer Veröffentlichung.

Nach den Regeln naturwissenschaftlicher Forschung wird

die Natur auf die Kausalität physikalischer und chemischer Prozesse reduziert; bewiesen kann nur werden, was im Experiment systematisch und wiederholbar hervorgebracht wird. Manche Einwände von Paul Haller dürften auf diesen Regeln gründen. Ihnen wird zuwidergehandelt, wenn aus Einzelerkenntnissen Schlüsse auf Zusammenhänge übertragen werden, die im Experiment aus methodischen Gründen ausgeklammert werden müssen. Gerade das tut Paul Haller, wenn er Häuser mit einem grossen Glasanteil aus Energiegründen apodiktisch verurteilt.

Eine Einzelerkenntnis hat in einem Gesamtzusammenhang meist ein relatives und mehrdeutiges, selten ein absolutes und eindeutiges Gewicht. Ohne den Vergleich von bewohnten Häusern wird es nicht gelingen, genaueres über die Bedeutung von Einzelerkenntnissen im Gesamtzusammenhang bewohnter Häuser zu erfahren.

Traditionelle Methoden der bauphysikalischen Forschung reichen dazu nicht aus; andere müssen sie ergänzen, beispielsweise die *Forschungsstatistik*, die mit der Hilfe von Wahrscheinlichkeitsmodellen Schlussfolgerungen im Sinne der unvollständigen Induktion erlaubt.

Unsere Veröffentlichung erhebt nicht den Anspruch, Antworten auf viele offene Fragen zu geben. Vielmehr erwarten wir, dass sie zu Fragestellungen anregt, die der Einheit «Gebäude – technische Einrichtungen – Benützer» gerechter wird. Die Frage der optimal isolierten Häuser ist nicht nur eine bauphysikalische, sondern zumindest auch eine physiologische und psychologische. Weil sie nach unserer Auffassung auch von Gebäudekonzepten beeinflusst wird, müssten Architekten in der Lage sein, ebenfalls ihre Beiträge zu leisten.

Franz Füeg und Fritz Haller

## Ein Forschungsinstitut für Erdbebenbauwesen an der Stanford-Universität

Von Lukas H. E. Gruner, Stanford

An der Abteilung für Bauingenieurwesen der Ingenieurschule der *Stanford-Universität* in Kalifornien ist am 17. September 1976 offiziell ein Forschungsinstitut für Erdbebenbauwesen eröffnet worden. Mit den damit verbundenen Feierlichkeiten verknüpft war ein Symposium, an dem namhafte Persönlichkeiten aus dem einschlägigen Fachgebiet teilnahmen.

Der Bau des Instituts kam im wesentlichen zustande dank einer grosszügigen Stiftung von *John A. Blume*, Präsident der URS, John A. Blume & Assoc., San Francisco, einer bekannten Firma auf dem Gebiet der Ingenieurwissenschaften. Die Stiftung ist der Ausdruck einer engen und fruchtbaren Zusammenarbeit von John Blume mit der Stanford-Universität.

Blume, seit seiner Jugend mit den oft tragischen Folgen von Erdbeben vertraut, will seine Erfahrungen zur Erforschung dieses herausfordernden Phänomens für alle nutzbar machen.

Seine einführenden Worte galten der Entwicklung des Erdbebenbauwesens, das nach dem Erdbeben von San Francisco im Jahre 1906 begann. Er gab den Teilnehmern einige Eindrücke, wie die Forschung auf diesem Gebiet aussah zu einer Zeit, da es noch keine hochentwickelten Rechenanlagen gab und wo wirtschaftlich denkende Verwalter den Wert solcher Forschung unterschätzten, was er mit folgendem Zitat belegte: «Because after one earthquake has been recorded, why bother to record more!» In diesem Zusammenhang widmete er einige



Hauptbibliothek der Stanford Universität nach dem Erdbeben von San Francisco im Jahre 1906