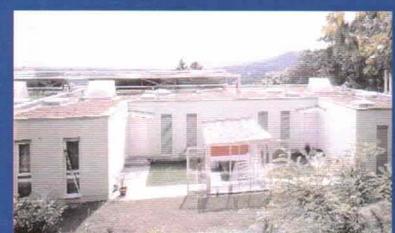
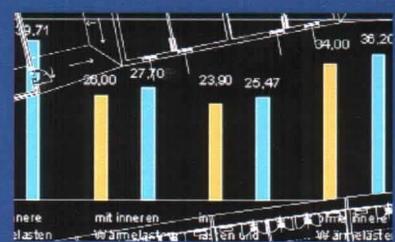


# EINFLUSS DES BENUTZERVERHALTENS AUF DEN ENERGIEVERBRAUCH

Sicherung der Energie-Optimierung Solarsiedlung Plabutsch



ADIL LARI

## Kurzfassung

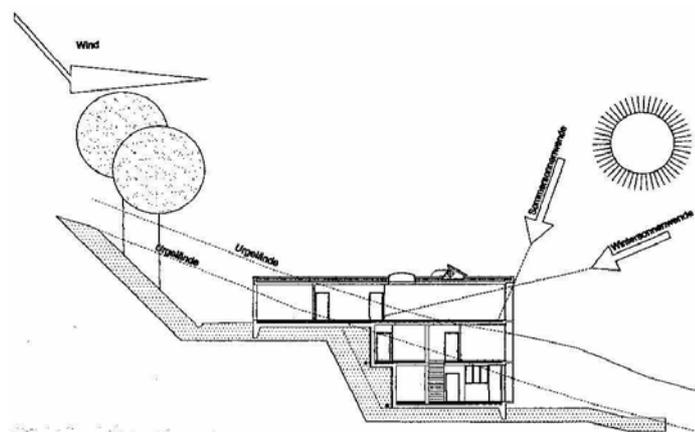


Das Verhalten des Wohnungsbenutzers stellt insbesondere bei Gebäuden mit einem hohen Potential an passiver Sonnenenergienutzung einen wichtigen Faktor für den tatsächlichen Energiebedarf dar. Dieser Faktor wird jedoch bei Planung und Bau meist nur als Schätzwert in Betracht gezogen. Das Ziel des Projekts bestand daher darin, den „menschlichen Faktor“ im gesamten Energiesparpotential näher zu erfassen, und eine Grundlage für Strategien zur Ausschöpfung dieses Potentials zu schaffen.

Die Wohnanlage „Solarsiedlung am Plabutsch“ in Graz wurde von der gemeinnützigen Wohnungs- und Siedlungsgesellschaft Neue Heimat errichtet; ihre Planung durch Architekt DI Dr. techn. Adil Lari wurde mit dem „Großen Österreichischen Wohnbaupreis“ ausgezeichnet und unterliegt den Kriterien der Wohnbauförderung. Um den Einfluss des Nutzerverhaltens auf den Energiebedarf zu untersuchen, wurde die Wohnanlage zweieinhalb Jahre lang messtechnisch erfasst und ausgewertet.

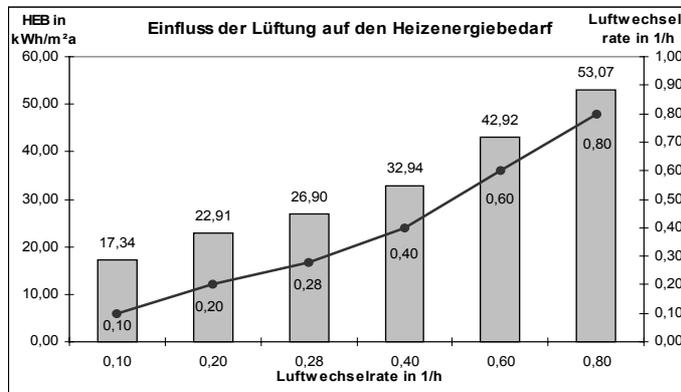
Neben der Erfassung des Wärmeverbrauchs durch elektronische Heizkostenverteiler, sowie der Außenbedingungen für alle Wohnungen, wurden sechs Wohnungen zusätzlich mit Wärmemengenzählern ausgestattet. Drei davon erhielten Fensterkontakte und Potentiometer zur Erfassung der Jalousienstellung. Ergänzend dazu wurde eine Befragung der Bewohner durchgeführt, um deren Einstellung zur Ökologie und zum Gebäude, sowie ihre Bereitschaft und Strategien zur Energieeinsparung zu erfassen.

Laut energetischer Gebäudesimulation wurde in der Wohnanlage „Solarsiedlung am Plabutsch“ durch planerische und konstruktive Maßnahmen ein rechnerischer Heizenergiebedarf von  $32 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  erzielt. Dieser Wert, der den Anforderungen an Niedrig-Energie-Häuser entspricht, bezieht sich auf das Gebäude ohne Einrechnung der Bewohner. Je nach Nutzung und Benutzerverhalten kann er sich auf bis zu  $11,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ , also auf das Niveau eines passiven Solarhauses reduzieren.



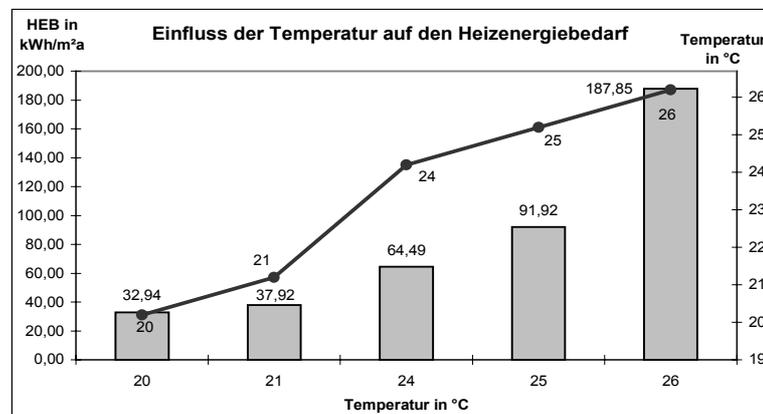
Durch Messungen wurde für den Zeitraum 01.01.2000 bis 31.12.2000 ein durchschnittlicher Heizenergiebedarf von  $56,24 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  festgestellt, also eine 76%ige Abweichung vom theoretischen Wert. Im Zeitraum vom 20.07.2000 bis 22.06.2001 wurde ein HEB von  $40,97 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  gemessen, d.h. nur noch 28% Abweichung, eventuell aus der ausgeheizten

Baufeuchte und einem Lernprozess der Benutzer heraus zu erklären. Umfassende Messungen in einzelnen Wohnungen ergaben Abweichungen im Rahmen von 50% - 211% vom theoretischen Wert. Die Möglichkeiten, die das Gebäude zur Senkung des Heizenergiebedarfs bietet, wurden von den Bewohnern also nicht vollständig ausgeschöpft.



Die Bewohner wurden durch eine Informationsveranstaltung und eine dabei verteilte Benutzerbroschüre über Ansätze zur Nutzung der Einsparungsmöglichkeiten des Gebäudes informiert. Es wird u.a. eine regelmäßige Stoßlüftung empfohlen, d.h. alle zwei Stunden die Fenster fünf Minuten lang weit öffnen, und dabei auch die Verbindungstüren öffnen, um einen

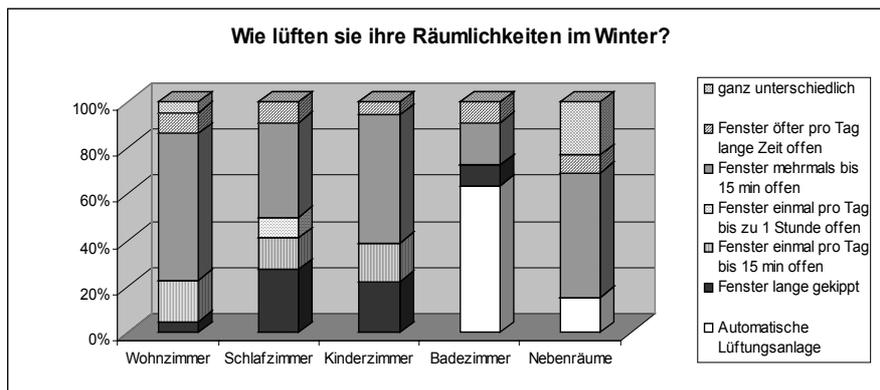
gründlichen Luftumsatz durch die ganze Wohnung zu erreichen. Die Jalousien sollten nicht nur als Sonnenschutz eingesetzt werden, sondern auch nachts geschlossen werden, um einen Wärmeverlust nach außen zu vermeiden. Die Temperatur in den Wohnräumen sollte untertags konstant auf 20-21°C gehalten werden; bei höheren Temperaturen steigt der Heizenergiebedarf sprunghaft an.



Aus der Umfrage unter den Bewohnern der Anlage (verwertbarer Rücklauf: 52%) geht klar hervor, dass sowohl der Wille zum Energiesparen als auch ein großes Interesse an Ökologie bestehen. Der Wunsch, „den Energieverbrauch zu reduzieren“ und „in einem umweltfreundlichen Gebäude [zu] wohnen“, wurde von 50% der Bewohner als „sehr wichtiger“ Beweggrund für den Bezug ihrer Wohnung angegeben. „Eher wichtig“ waren diese Faktoren für 25% der Bewohner.

Sämtliche Befragungsteilnehmer stimmen zu, dass man sich als Bewohner/in auch energiesparend verhalten muss, um in Energiesparhäusern tatsächlich Energie zu sparen. 85% sind „sehr“ oder „eher“ überzeugt, dass es bequem ist, sich um einen niedrigen Energieverbrauch nicht kümmern zu müssen, weil „die Haustechnik es einem abnimmt“. 94% sind „sehr“ oder „eher“ der Meinung, dass es das ökologische Konzept des Gebäudes leicht mache, ökologisch zu leben. Nur 39% achten verstärkt darauf, Energie zu sparen. Die Ergebnisse lassen den Schluß auf einen gewissen Rebound-Effekt zu.

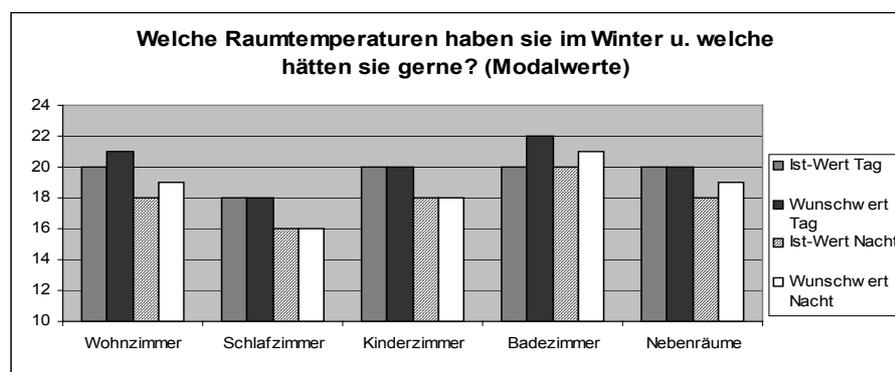
Der Vergleich der Angaben bei der Befragung mit den tatsächlichen Verhaltensweisen (in Zeiträumen der Winter- und Übergangsperiode) in drei messtechnisch erfassten Wohnungen ergibt mehrere Diskrepanzen. Während z. B. die Befragten mehrheitlich angaben, zur Lüftung im Winter die Fenster mehrmals bis 15 Minuten zu öffnen, blieben in den erfassten Wohnungen die Fenster in dieser Zeit vor allem über längere Zeiträume gekippt bzw. geöffnet.



Auf die Frage nach der gewünschten Raumtemperatur im Winter geben die Bewohner, je nach Raum, Werte von 18-22°C untertags und 16-21°C nachts an. Ihre Ist-Werte schätzen sie mit 18-20°C am Tag und 16-20°C in der Nacht ein. Tatsächlich

wurden in den erfassten Wohnungen durchschnittliche Raumtemperaturen zwischen 21°C und 26°C gemessen.

Bei gleichbleibenden Rahmenbedingungen wurden für die erfassten Wohnungen Simulationen unter der Voraussetzung von optimiertem Verhaltensweisen durchgeführt, um deren Effekt zu untersuchen. Bei Temperaturver-



halten nach Norm (und entsprechend der in der Befragung geäußerten Wünsche), also einer Tagesraumtemperatur von 20°C und einer Nachtabsenkung auf 17°C (nächtliche Raumtemperatur ca. 19°C aufgrund der Speichermassen), reduziert sich der Heizenergiebedarf um durchschnittlich 60%. Bei Lüftungsverhalten nach Norm ergibt sich eine Einsparung von durchschnittlich 48%.

Bei optimiertem Nutzerverhalten lässt sich also der Heizenergiebedarf, und damit die Betriebskosten, erheblich senken. Wenn alle Bewohner des Gebäudes den in der Simulation mit Normnutzerverhalten ermittelten Wert erreichen, reduzieren sich die Gesamtkosten um 30%. Durch den wohnflächenabhängigen Grundkostenanteil von 35% vermindert sich das Kostensenkungspotential, wenn nur einzelne Bewohner Energie sparen: eine Reduktion des Energieverbrauchs um 30% resultiert dann in einer Kostensenkung von 24%.

Da der Wille zum Energiesparen besteht, ist die Information der Bewohner über die optimale Nutzung des Gebäudes, die hier durch eine Informationsveranstaltung und Broschüren erfolgte, offensichtlich noch auszubauen. Bei optimiertem Nutzerverhalten sind die Heizkosten des Gebäudes um rund ein Drittel geringer als jene vergleichbarer Objekte. Bei gleichbleibenden Rahmenbedingungen ist eine Niedrig-Energie-Wohnanlage also nicht nur möglich, sondern auch wirtschaftlich sinnvoll, für den Bauherrn ebenso wie für die Bewohner. Auf energiepolitischer Ebene bedeutet dies, dass sich bei gleichbleibenden Rahmenbedingungen alleine durch Beeinflussung des Nutzerverhaltens ein beträchtliches Einsparungspotential erschließen lässt.

## Abstract

Residential energy behaviour plays a particularly important role in determining real energy consumption for buildings with a high potential of passive solar energy utilisation. However, this factor is usually taken into account only as a vague estimate in planning and construction. The aim of the project was therefore to determine the “human factor” in energy-saving potential more closely, and to create the basis for strategies to make better use of this potential.

The low-energy housing development “Solarsiedlung am Plabutsch” in Graz, Styria, was built by the housing co-operative Neue Heimat; its design by Architect Adil Lari was awarded the Prize of the State of Austria for Housing Construction, and is subject to the criteria of subsidised housing. To investigate the impact of residential energy use on actual energy needs, the building was assessed by means of empirical measurements over a period of two and a half years.

Besides recording the surrounding temperature and wind speed, heat consumption was measured by electronic heat costs distributors for all apartments. In addition, heat meters were installed in six apartments; three of these apartments were equipped with window contacts, as well as potentiometers to record the position of the blinds. Furthermore, a survey was carried out among the residents to assess their attitude towards ecology and the building itself, as well as their willingness and their strategies to save energy.

Due to measures taken in planning and construction, the building’s heating energy needs are calculated at 32 kWh/m<sup>2</sup>a according to simulations. This value, which corresponds to the standard for low-energy buildings, refers to the building alone, without taking into account the residents. Depending on building utilisation and in-home energy use, heating energy needs can be reduced to as little as 11.5 kWh/m<sup>2</sup>a, meeting standards for passive solar housing.

Average heating energy consumption was measured at 56.24 kWh/m<sup>2</sup>a for the year 2000, i.e. 76% higher than the calculated value. In the period from 20 July 2000 to 22 June 2001, average heating energy consumption dropped to 40.97 kWh/m<sup>2</sup>a (28% above the calculated value), possibly due to the fact that trapped humidity had diminished due to heating, or that the residents had learned to make better use of the building’s inherent energy-saving potential. Exact measurements in individual apartments pointed to a deviation of 50%–211% from the calculated value, indicating that the energy-saving potential of the building was not fully utilised by the residents.

The residents were informed about strategies to utilise the building’s energy-saving potential by means of a user manual distributed during an information event. Among the recommended strategies was shock airing, i.e. fully opening all windows and connecting doors for five minutes every two hours, so as to achieve a thorough circulation of fresh air. The blinds should not only be used to shade against sunlight, but also closed at night so as to prevent heat losses to the outside environment. Indoor temperature should be kept constant at 20–21°C during the day, as heating energy needs rise disproportionately with higher temperatures.

The survey among the building’s residents (52% of questionnaires returned) clearly showed that the residents were prepared to save energy and greatly interested in ecology. 50% named the wish to reduce energy consumption and live in an environment-friendly building as a “very important” motive for moving into the building. 25% considered these factors “rather important”.

All those interviewed agreed that in order to actually save energy in low-energy buildings, residents have to act in an energy-conserving manner. 85% were “very” or “rather” convinced that it is comfortable not to have to worry about wasting energy because “the electro-mechanical facilities take care of saving energy”. 94% were “very” or “rather” convinced that the ecological design of the building makes it easy to live in an ecological way. Only 39% said that they paid increased attention to saving energy. The results indicate a certain rebound effect.

A comparison of the answers to the survey and actual resident habits (in periods from December to April) in three empirically measured apartments points to numerous discrepancies. For instance, while most of those surveyed said that they assured fresh air supply in winter by opening their windows several times a day for up to 15 minutes, windows remained open or half-open mainly over longer periods of time in the measured apartments. Asked for the desired room temperature in winter, the residents stated 18-22°C during the day and 16-21°C at night, depending on room type. They estimated their actual room temperatures at 18-20°C for daytime and at 16-20°C during the night. In fact, average room temperatures between 21°C and 26°C were recorded in the measured apartments.

Keeping all other factors constant, simulations were carried out for the empirically measured apartments based on the assumption of optimised resident habits so as to investigate their effect. If room temperatures were maintained according to standard (and to the desired levels stated in the survey), i.e. 20°C during the day and a reduction to 17°C at night (meaning an actual room temperature of 19°C due to stored heat), heating energy needs would decrease by an average 60%. Standardised airing habits would result in an average 48% decrease in heating energy needs.

Optimised resident habits can therefore lead to a considerable decrease in heating energy needs, and consequently a decrease in operating costs. If all residents of the building lowered their energy needs to the level calculated in the simulation based on standardised in-home energy use, total costs would be reduced by 30%. Due to the 35% basic cost component which depends on apartment size, cost reduction potential is lower if only individual residents save energy: in this case, a 30% reduction in energy needs results in a 24% cost reduction.

Since the residents’ will to save energy is documented, information about optimum utilisation of the building, which was provided in this case by means of an information event and user manuals, apparently has yet to be intensified. Given optimum utilisation, the building has heating costs around one third lower than those of comparable buildings. With framework conditions unchanged, low-energy residential buildings are therefore not only feasible, but also make economic sense, both for the building owner and the residents. Extrapolated to energy policy in general, this means that with all other factors kept constant, a considerable energy-saving potential can be accessed merely by influencing residential energy use.





