

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 108 (1990)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Energiesparhäuser Wald ZH: ausgezeichnet mit dem SIA-Energiepreis 1988  
**Autor:** Gütermann, Andreas / Kunz, Markus / Weber, Peter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-77375>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 08.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

samhaft die gestellten Anforderungen. Im ersten Winter 1985/86 wurde das Heizungssystem von Hand gesteuert, was wertvolle Informationen für die Entwicklung der Automatik geliefert hat. Das System ist so träge, dass es auf Fehlmanipulationen der Heizungssteuerung relativ tolerant ist: beispielsweise sinkt bei Ausfall der Heizung innerhalb von 24 Stunden die Innentemperatur um nur knapp 1°C. Da überall auf kleine Temperaturgradienten geachtet wurde, sind die Temperaturen im Gebäude sehr ausgeglichen, was als angenehm empfunden wird. Das gewählte System verlangt aber von den Bewohnern, dass sie sich mit entsprechender Kleidung der Gebäudespeichertemperatur in gewissen Grenzen anpassen.

### Grundsätzliche Gedanken

Mit dem Fabrikerweiterungsbau konnte gezeigt werden, dass eine integrierte Lösung für ein Gebäude mit sehr guten thermischen Eigenschaften realisierbar ist. Eine gute Planung und die Zusam-

### K-Werte (W/m<sup>2</sup> K)

Schrägdach	Holzbinder, Bohlen, 15 cm Wärmeisolierung	0,21
Flachdach	Betondecke 20 cm, 12 cm Wärmedämmung	0,24
Fassaden	Schwerbackstein 25 cm, 12 cm Wärmedämmung	0,28
Kastenfenster	Holz, 2×IV, Luftraum 20 cm, 1×EV	1,91
	mit Rollos geschlossen	1,45
Werkhallentor	Stahlblechsandwich 15 cm isoliert	0,31
Energiebezugsfläche		420 m <sup>2</sup>
Energiekennzahl Heizung		ca. 100 MJ/m <sup>2</sup> a
Energiekennzahl berechnet		ca. 300 MJ/m <sup>2</sup> a
Energiegewinn aus Sonnenheizung		ca. 200 MJ/m <sup>2</sup> a

menarbeit von Fachleuten der verschiedenen angewendeten Techniken ist dabei wichtig. Die Verwendung von Luft als Wärmeträger hat viele Vorteile, verlangt aber sorgfältige Optimierungsarbeiten, damit ein ausgewogenes und betriebssicheres System entsteht. Vom rein wirtschaftlichen Standpunkt aus ist eine Sonnenenergieanlage heute noch ein «Luxus», da sich die Kosten bei den tiefen Energiepreisen weder richtig verzinsen noch amortisieren lassen. Anderseits leisten sich die meisten Bauherren an ihrem Bau irgendwo etwas nicht unbedingt Notwendiges, ohne nach der Wirtschaftlichkeit zu

fragen. Im Fall Meteolabor wäre dies die Sonnenenergieanlage. Unser heutiges Wissen über die globalen Energieprobleme und die antropogene Beeinflussung der Natur verlangt den Einsatz von Mitteln, die eine Verbesserung dieser Situation bewirken. So gesehen ist es deshalb fraglich, ob eine Sonnenenergieanlage ein «Luxus» ist.

Adressen der Verfasser: P. Ruppert, El.-Ing., Direktor der Meteolabor AG, Hofstrasse 92, 8620 Wetikon, und P. Guttersohn, Arch. SIA FSAI, dipl. Ing. ETH, Rosenbergstrasse 26, 8630 Rüti.

## Energiesparhäuser Wald ZH

Ausgezeichnet mit dem SIA-Energiepreis 1988

### Das Objekt

Das Gebäude (Baujahr 1985/86) liegt an einem steilen, nach Süd-Westen ausgerichteten Abhang (vgl. Bild 1). Die Nordmauern (Beton) liegen ganz im Erdreich, der nördliche Teil des Daches ist mit Erde bedeckt. Das Haus ist in typischer Feststoffspeicher-Konstruktion gebaut und überdurchschnittlich wärmegedämmt. Die Südfassade weist gros-

se verglaste Flächen auf, die durch einen ausgedehnten zweistöckigen Wintergarten fast vollständig geschützt

VON ANDREAS GÜTERMANN,  
MARKUS KUNZ, ZÜRICH  
UND PETER WEBER, WALD

sind (vgl. Bild 6). Dieser bildet eine Pufferzone, was den Wärmeverlust aus dem verglasten Südteil verhindert,

einen zusätzlichen ungeheizten Wohnraum schafft und Tageslicht sowie erwärmte Luft in die dahinterliegende Wohnzone bringt. Die erwärmte Luft kann auch mittels Ventilatoren in die gemäss Konzept unbeheizten Nordräume des Gebäudes gebracht werden.

### Umfeld

Das Projekt will die Möglichkeit aufzeigen, ein für eine Überbauung nicht sehr attraktives Grundstück für ein energiesparendes, erdgeschütztes Gebäude zu nutzen (vgl. Bild 3). Die Über-

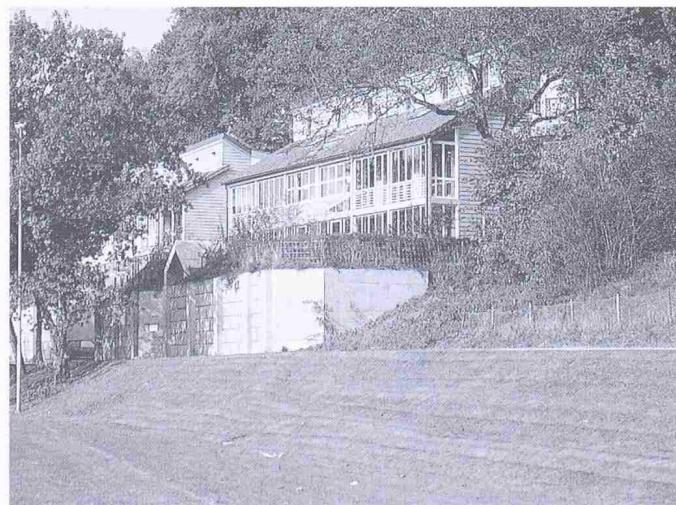


Bild 1. Ansicht

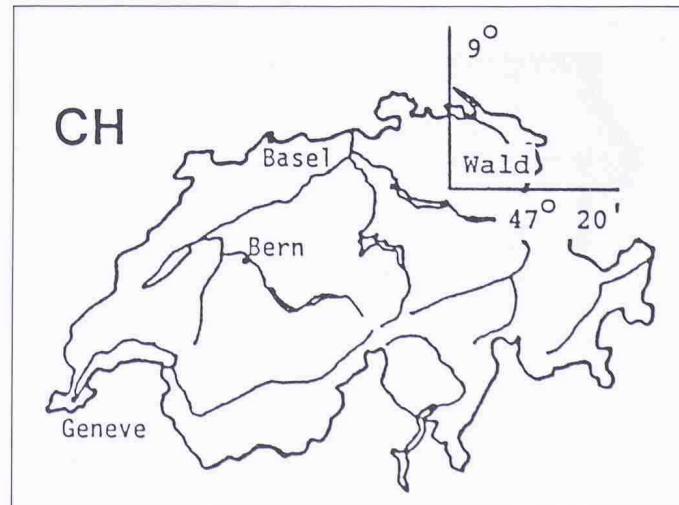


Bild 2. Lokalität

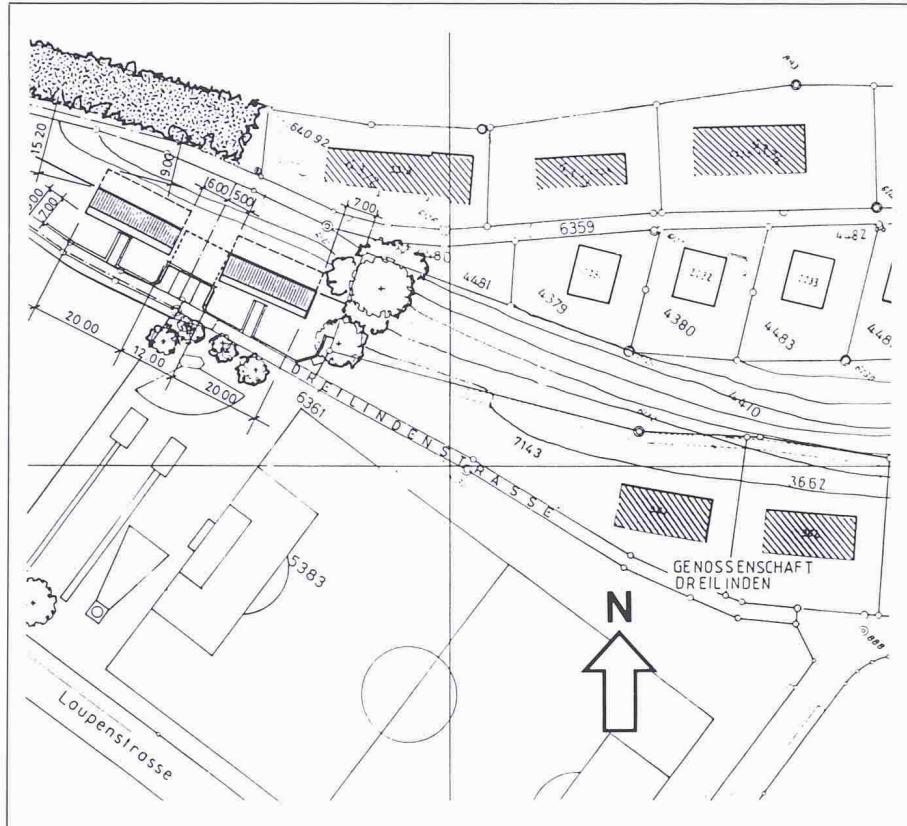


Bild 3. Situation

bauung besteht aus zwei gleichen Doppel einfamilienhäusern mit 2½ Stockwerken und einem Kellergeschoss.

#### Zielsetzungen

Der Wärmeverlust wird reduziert durch das Eingraben der Nordseite des Gebäudes in den Hang und vor allem durch die südseitige verglaste Veranda. An Tagen mit intensiver Sonneneinstrahlung soll die Veranda sogar Wärme in die unbeheizten Nordräume (Wärmezonierung) liefern (vgl. Bild 5). Jede Wohneinheit umfasst einen Wohn/Essraum, Küche, drei Schlafzimmer, Badezimmer, separate Toiletten, Wirtschaftsraum, ein Dachgeschoss mit Studio als Einlegerwohnung und einen Keller (vgl. Bild 4).

Das Ziel war, Wohnhäuser zu einem vernünftigen Preis zu bauen mit einem gewissen Anteil an individueller Gestaltungsmöglichkeit, in denen vorwiegend erneuerbare Energien zum Einsatz gelangen.

#### Lage (vgl. Bild 2)

CH-8636 Wald, 620 m ü.M.

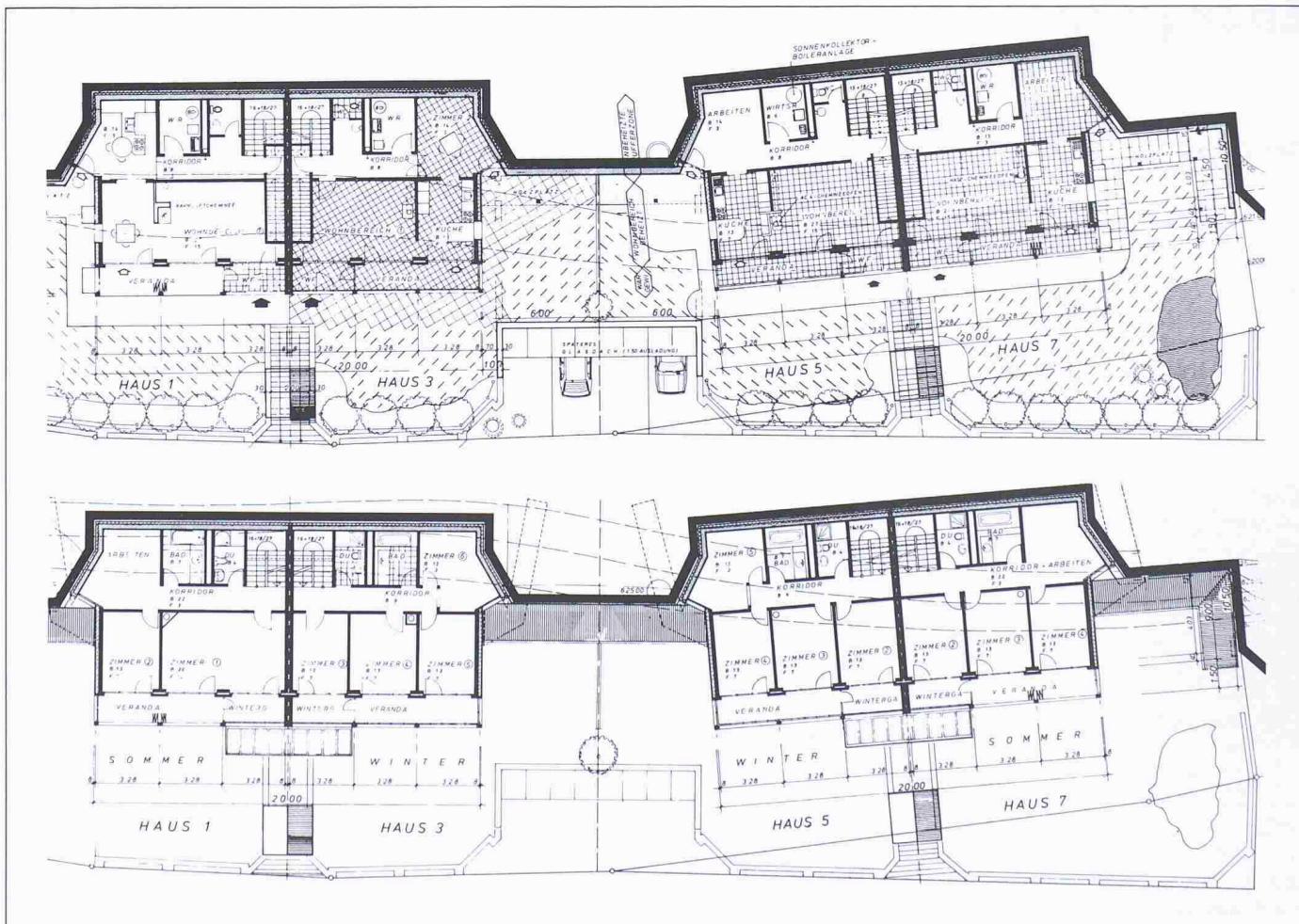


Bild 4. Grundrisse EG+OG

### Klima

Das Klima ist gekennzeichnet durch eine lange Heizsaison mit vielen bedeckten und zum Teil nebligen Tagen. Die Nebelgrenze befindet sich allerdings öfters gerade unterhalb des Gebäudestandortes, so dass eine höhere Sonneneinstrahlung ausgenutzt werden kann. Die Sommersaison ist kurz, mild und trocken. Langzeit-Klimadaten für die Region sind wie folgt:

- durchschnittliche Jahrestemperatur	6,6 °C
- durchschnittliche Wintertemperatur	0,5 °C
- durchschnittliche Sommertemperatur	12,5 °C
- Heizgradtage (20/12 °C, Messperiode)	4046
- Globalstrahlung (vertikal, Richtung SSW, Messperiode)	896 kWh/m <sup>2</sup>

### Das Gebäude

Da die Gebäude halbseitig in einen steilen, leicht bewaldeten Südabhang eingegraben sind, sind sie optimal vor dem kalten Winterwind geschützt. Die Zügänge erfolgen alle von Süden über eine steile Treppe oder durch die Garage und den Keller im Untergeschoss. Die einzelnen «Reihenhäuser» sind innenarchitektonisch individuell gestaltet.

### Innenausbau

Beim untersuchten Reihenhaus liegen das Wohnzimmer und die Küche auf der Südseite des Erdgeschosses. Auf der Nordseite befinden sich ein Abstellraum (flexibel nutzbar), ein Putzraum und eine Toilette. Im ersten Stock sind zwei Schlafzimmer und ein Arbeitszimmer auf der Südseite, ein Badezimmer und ein frei nutzbarer Raum auf der Nordseite. Das Dachgeschoss kann als zusätzliches Schlaf- oder Gästezimmer genutzt werden und hat ein eigenes Bad; es wird als separates Studio (mit einem eigenen Zugang von Westen her) vermietet.

### Energiekonzept

**Wärmedämmung der Gebäudehülle und Speichermasse:** Der k-Wert der Bauhülle beträgt 0,2–0,35 W/m<sup>2</sup>K. Die Nordwand und der nördliche Teil des Daches sind in verstärktem Beton ausgeführt, damit sie das Gewicht des Erdreiches aushalten. Mit Hilfe einer üblichen Flachdachkonstruktion (z.B. Kupferanschlüsse, verschweisste Dichtungsbahnen) wird Wasserdichtheit erreicht. Die Dach-Wärmedämmung besteht aus 12 cm Polystyrol. Um genügend Masse zu erhalten, sind die Innen- und Außenwände aus Kalksandsteinen

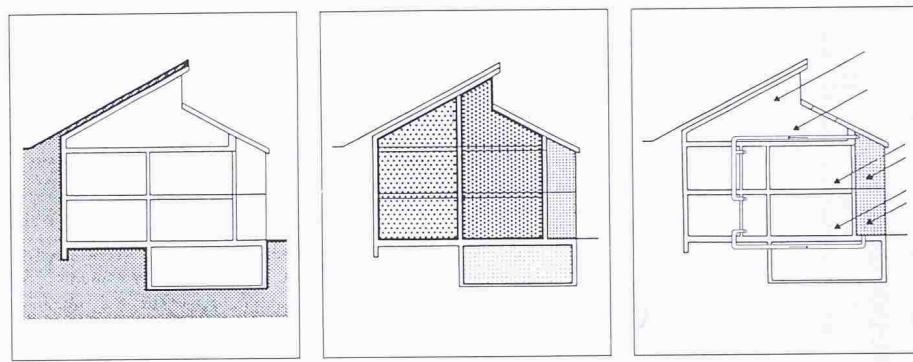


Bild 5. Gebäude-Zonen und Sonnenenergiegewinnung

gebaut, die aus der Region stammen (geringe Umweltbelastung). Die Außenwände sind mit 20 cm Glaswolle wärmegedämmt. Als Wetterschutz dient eine hinterlüftete Holzbretterverkleidung. Die Kellerdecke und die Tragkonstruktion auf der Südseite weisen eine 10 cm-Wärmedämmung auf. Der mittlere Gebäude-k-Wert beträgt 0,22 W/m<sup>2</sup>K, inklusive Veranda und Erdbedeckung.

**Gebäudegestaltung:** Die Gebäudegestaltung wurde durch folgende Punkte bestimmt:

- Erdbedeckung im Norden
- Wärmezonomierung
- alle Fenster nach Süden ausgerichtet mit vorgelagertem Wintergarten

**Zonen mit Direktgewinn:** Die Zonierung teilt das Gebäude ein in eine voll beheizte Kernzone, die von allen Seiten von Pufferzonen mit unterschiedlichen Temperaturniveaus umgeben ist: der ungeheizte Keller; teilweise bzw. zeitweise beheizte Räume auf der Nordseite (Treppenhaus, Abstellräume, Toilette und Bad); die zweistöckige verglaste Veranda. Diese ermöglicht eine Erweiterung des Wohnraumes an sonnigen Wintertagen, und wegen des höheren Temperaturniveaus im Wintergarten wird der Wärmeverlust durch die großen Fensterflächen der Südräume reduziert. Überschüssige Wärme der Veranda kann mittels Ventilator über Kanäle in die Nordräume abgeführt werden.

**Verglasung:** Die Nordseite weist keine Fenster auf, die West- und Ostseite haben einen minimalen Fensteranteil (Dreifachverglasung) vor allem zur Lüftung. 90% der Fensterfläche ist im Süden. Die Fenster im Dachgeschoss sind dreifachverglast. Die Fenster zur Veranda hin sind doppelverglast mit Holzrahmen. Ebenfalls doppelverglast ist die Veranda. Für die Wintergartenkonstruktion wurde eine Alternative zu ungedämmten Metallrahmen gesucht,

schliesslich aber aus architektonischen und praktischen Gründen nicht verwirklicht. Die Wintergartenverglasung kann im Sommer ganz geöffnet werden. Weder eine thermisch getrennte Metallkonstruktion noch eine Holzkonstruktion erwiesen sich als erschwinglich.

**Zusätzliche Heizung:** Zur Deckung des restlichen Raumwärmeverbrauchs wurde ein Umluft-Cheminée im Wohnraum installiert. Dessen Wärme wird allerdings nicht mittels separater Kanalführung im Haus verteilt und beheizt daher nur den Wohnraum.

### Vorgängige Berechnungen 1984/85

Die Computersimulationen wurden durch A. Gütermann (EMPA-KWH) durchgeführt, der dazu das Programm DEROB benutzte. Verschiedene Parameter-Studien führten zu Verbesserungen beim Energiekonzept, vor allem bei der Veranda.

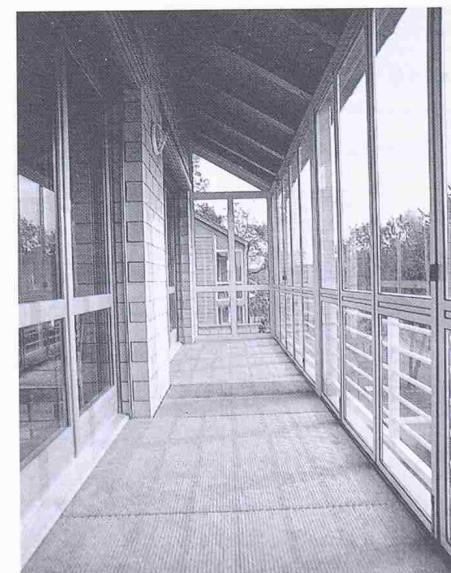


Bild 6. Veranda im Obergeschoss

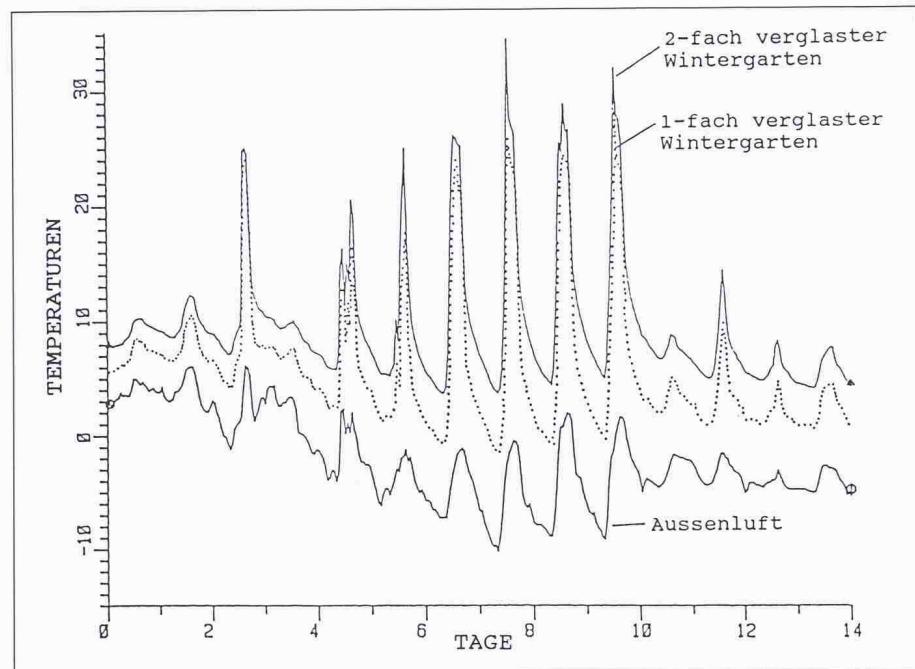


Bild 7. Simulierte Lufttemperaturen zweier unterschiedlich verglaster Wintergärten

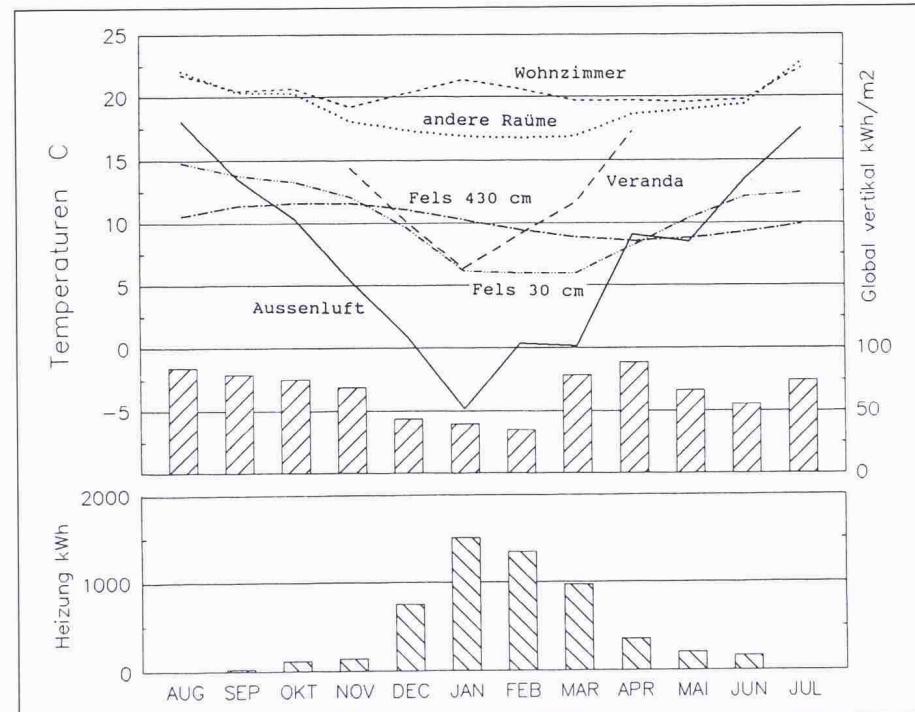


Bild 8. Monatsmitteltemperaturen, Sonneneinstrahlung und Holzofen

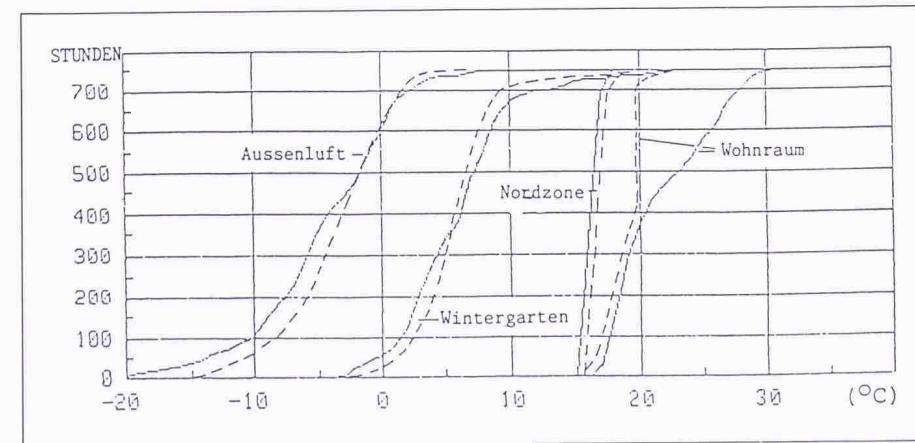


Bild 9. Summenhäufigkeiten der gemessenen und simulierten (---) Temperaturwerte im Monat Januar

## Verglasung und Rahmen des Wintergartens

Das Basismodell bestand aus doppelverglasten Südfenstern für das Haus und Einfachverglasung mit nicht-wärmedämmten Aluminiumrahmen für die Veranda (vgl. Bild 7). Von allen Variationen erwies sich die relativ luftdichte, doppelverglaste Veranda mit wärmedämmtem Rahmen als am meisten energiesparend (-25% der Heizlast), und die Durchschnittstemperatur in der Veranda war 3,5 °C höher als in der Basisausführung.

**Nachtwärmemedämmung:** Ein interessantes Resultat der Simulationen war, dass sowohl eine luftdichte 2 cm-Nacht-Wärmedämmung wie auch eine zusätzliche Glasscheibe ähnliche Heizenergieeinsparungen bringen. Bedenkt man, dass die Nachtwärmemedämmung niemals so konsequent gehandhabt wird, wie in der Simulation angenommen, so ist eine zusätzliche Glasscheibe vorzuziehen.

**Schrägverglasung:** Das doppelverglaste Veranda-Schrägdach mit guter Rahmenqualität wurde durch ein normales opakes wärmedämmtes Dach ersetzt; dies erhöhte zwar den Wärmebedarf leicht (Schattenwurf), erhöhte aber auch das Temperaturniveau in der Veranda, so dass keine Stunden unter dem Gefrierpunkt mehr zu verzeichnen waren. Auch trat weniger Überhitzung im Frühling auf.

**Ventilation:** Die mechanische Ventilation warmer Veranda-Luft in die Nordzone des Gebäudes reduziert den Wärmebedarf (in diesem Fall rund 3%), aber es ist dazu eine Ventilatorenstärke nötig, die einen 10-fachen Luftwechsel pro Stunde erbringt. Ein zusätzlicher Vorteil besteht darin, dass sich der Wintergarten weniger überhitzt.

## Vergleich mit Direktgewinn

Ein Gebäude ohne Veranda, aber mit dreifachverglasten Südfenstern wurde ebenfalls simuliert. Diese Variante mit Nacht-Wärmedämmung war vergleichbar mit einer Veranda-Variante (Doppelverglasung, Gebäudefenster doppelverglast).

## Messungen 1986/87

### Messprojektziele

- Was sind die Konsequenzen des Energie- und Heizkonzeptes hinsichtlich des Energieverbrauchs und der damit erzielten Behaglichkeit?
- Welchen Beitrag dazu liefert die verglaste Veranda, welche die Zonie-

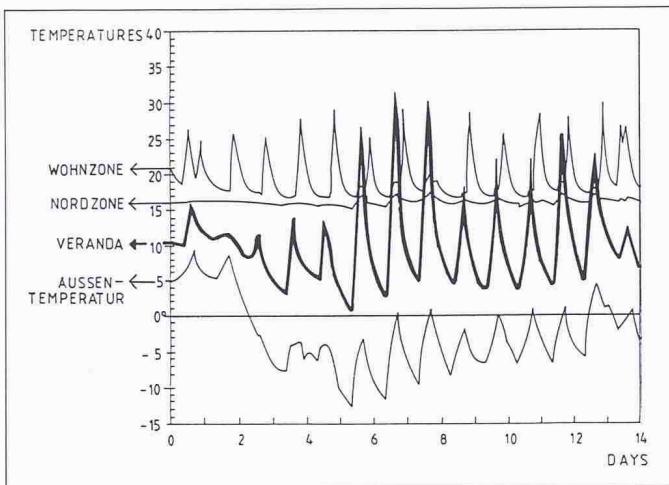


Bild 10. Messprotokoll 1.-14. März 1987

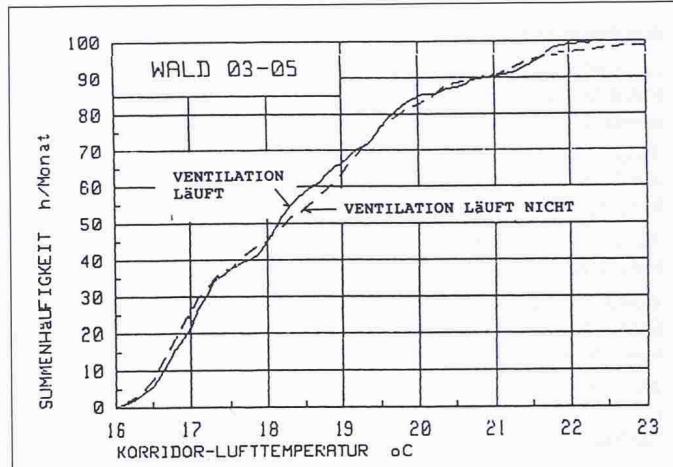


Bild 11. Summenhäufigkeit der Temperaturen im OG der Nordzone mit Ventilation und ohne Ventilation (Warmluft ab Veranda, Zeit vom Februar bis Mai 1987)

rung und welchen die Erdbedeckung?

- Wie gut wurden die Planungsziele erreicht?

### Messsystem

Die Ausrüstung zur Datenerhebung bestand aus einem programmierbaren Datenlogger HP 3497A mit 60 analogen und 16 Zählimpuls-Kanälen sowie aus einem kleinen HP 85 Tischrechner. Zur Temperaturmessung wurden Thermoelemente benutzt. Die Kanäle wurden jede Minute registriert, wo erforderlich wurden Mittelwerte gebildet und alle Daten auf einer Bandkassette gespeichert, die alle zwei bis drei Wochen vor Ort gewechselt wurde. Die Daten wurden mittels eines HP 310 gesichtet und analysiert. Die Messungen umfassten:

#### Klimadaten:

Globalstrahlung horizontal und globale Veranda-Oberflächen-Einstrahlung (vertikal, aus Richtung SSW), Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit und -richtung

#### Innentemperaturdaten:

Lufttemperaturen in 16 Räumen, Fenster- und Rolladenzustände im Wohnraum und im 1. Stock (auf/zu), Behaglichkeit im Wohnraum

#### Wintergarten:

Lufttemperatur im Erdgeschoss und 1. Stock, Bodentemperatur und relative Luftfeuchtigkeit im 2. Stock, Behaglichkeit

#### Warmluftzirkulation:

Temperatur Zuluft/Abluft, Luftleistung

#### Erdbedeckung:

Nordwand- und Felstemperatur hinter

dem 1. und 2. Stock bis in 5 m Tiefe (6 Stufen)

#### Zusätzliche Heizung:

Oberflächentemperatur des Holzofens

#### Verbrauch:

Handablesung des Elektrozählers und jährlicher Holzverbrauch

### Resultate

Der Totalenergieverbrauch des Gebäudes während der Messperiode war:

- Holz:  $3 \text{ m}^3 = 5550 \text{ kWh}$
- Elektrizität:  $6882 \text{ kWh}$   
(ca. 20% Warmwasser, 20% Heizung (Elektroöfeli), 60% Allgemein)

#### Energieverbräuche:

Der Gesamt-Elektrizitätsverbrauch wurde monatlich abgelesen. Im Winter war er durchschnittlich 20% höher (Heizung) als im Sommer. Der Holzverbrauch konnte nur als Gesamtjahresverbrauch erfasst werden. Um eine ungefähre monatliche Angabe über den Gebrauch des Holzofens zu erhalten, wurde die Differenz zwischen dessen Oberflächen-Temperatur und der Raumtemperatur während der Periode, in der eine solche Differenz existierte, aufsummiert. Das Resultat war ein Zahlenwert, ähnlich den bekannten Heizgradtagen. Unter Einbezug des Gesamt-Holzverbrauchs konnte so ein monatlicher Holzverbrauch in kWh ermittelt werden (siehe Bild 8).

#### Temperaturverhältnisse:

Bild 8 zeigt die monatliche Durchschnitts-Raumtemperatur für den geheizten Wohnraum sowie einen Durchschnittswert für die anderen (ungeheizten) Räume, die alle recht ähnliche Temperaturen aufweisen. Dazu werden die Umgebungstemperatur und die Temperaturverhältnisse in der Veranda

für die Monate, in denen sie voll verglast war) gezeigt. Darunter sind die Sonneneinstrahlung (global-vertikal) und der Holzverbrauch in kWh für die entsprechenden Monate dargestellt. Die Temperaturkurven zeigen, dass das Gebäude (mit Ausnahme des Wohnraumes) während der Heizperiode nicht ganz den üblichen thermischen Komfortstandard erreicht. Zumindest von Dezember bis März war es zu kalt. Weitere Abklärungen zu diesem Problem ergaben, dass dies hauptsächlich mit der Art der Beheizung zusammenhängt. Ein einfacher Holzofen im Wohnraum ohne Warmluftventilation in andere Räume des Gebäudes ist nicht ausreichend, um die Kernzone zu beheizen. Dies wird auch in einem sehr sorgfältig geplanten und optimierten Passiv-Solarhaus in kalten und sonnenarmen Wintern der Fall sein. Das Resultat: Überbeheizung des Wohnraumes (vgl. Bild 10) und Unterbeheizung der anderen Räume. Detaillierte Studien ergaben, dass es möglich wäre, mit demselben Energieverbrauch beinahe alle Räume zufriedenstellend zu beheizen, wenn ein angepasstes Heizungssystem verwendet würde.

#### Veranda/Wintergarten:

Der Effekt der verglasten Veranda war etwa so, wie durch die Simulationen vorausgesagt. Bild 9 zeigt einen Vergleich. Das überschreiten der  $20^\circ\text{C}$ -Marke der gemessenen Wohnraumtemperatur ist Folge des nicht optimalen Gebrauchs des Holzofens (siehe oben). Die verglaste Veranda reduziert die Temperaturdifferenz, die sonst an dieser Fassade entstehen würde, ungefähr auf die Hälfte, so dass die Verandatemperatur durchschnittlich  $10^\circ\text{C}$  höher ist als die Außentemperatur. Eine Analyse des Raumkomforts zeigt ferner, dass auch bei einer Solareinstrahlung von

### Am Projekt beteiligte Fachleute:

**Architekten:**  
P.&B. Weber, Arch. SIA, Stigweidstrasse 21, 8636 Wald

**Projektleiter:** (IEA VIII/D)  
ARENA, A. Binz, Dreikönigstrasse 49, 8002 Zürich

**Projektleiter (TASK VIII)**  
EMPA-KWH, S.R. Hastings

**Computersimulation:**  
EMPA-KWH, A. Gütermann, 8600 Dübendorf

**Messungen:**  
Eggenberger Bauphysik, A. Eggenberger, 3400 Burgdorf sowie weitere beratende Fachingenieure

nur 200 W/m<sup>2</sup> tagsüber die Komfortansprüche erfüllt werden können, wenn die Außentemperatur über 0 °C liegt. Die Analyse der Messdaten bestätigt die Simulationsresultate, wonach die Energieeinsparung durch die verglaste Veranda über 30% beträgt! Trotzdem ist die Verglasung der Veranda noch nicht optimal. Der Zwischenraum zwischen den Gläsern der Doppelverglasung (6 mm) sollte erhöht, die Beschattung durch die Rahmen sowie deren Wärmeverluste reduziert werden. Überhitzung tritt kaum auf, da keine Schrägverglasung eingesetzt wird und die gesamte Süd-Verglasung im Sommer zusammengefaltet und weggeschoben werden kann. Da die installierte Ventilatorleistung zu tief angesetzt war (nur 1/5 des durch die Simulationen ermittelten Wertes), reichte sie nicht für einen nennenswerten Wärmetransfer in die Nordzonen des Gebäudes aus.

#### Erdbedeckung:

Eine Zielsetzung dieses Projektes war es, etwas über die Temperaturverhältnisse im Felsgestein auf der Nordseite

### Literatur

[1] A. Binz und A. Gütermann: «Die Optimierung der passiven und hybriden Sonnenenergienutzung an drei Projekten» (Februar 1986). Erhältlich bei: INFOSOLAR, Postfach, CH-5200 Brugg, Fr. 18.-

[2] A. Eggenberger: «Thermische Messungen am erdgeschützten Wohnhaus in Wald mit verglaster Veranda». (April 1989)

Erhältlich bei: INFOSOLAR, Postfach, CH-5200 Brugg, Fr. 18.-, Telefon 056/41 60 80

und dessen Einfluss auf das energetische Verhalten des Gebäudes herauszufinden. Bild 8 zeigt die Temperaturwerte des Gesteins in 5 m Tiefe für unterschiedliche Abstände von der Nordmauer. Man würde erwarten, dass die Temperaturen zur Nordmauer hin zunehmen, aber das Gegenteil ist der Fall! Da Regen- und Schmelzwasser, welche die Nordmauer zur Drainageröhre am Fuss der Mauer hinablaufen, sowohl die Mauer als auch das Gestein abkühlen, liegt die Gesteinstemperatur näher bei der Außen- als bei der Raumtemperatur. Der gleiche Effekt auf den Energieverbrauch wie eine Erdbedeckung hätte hier durch die Erhöhung der Wand-Wärmedämmung um nur 1 cm erreicht werden können. Bedeutet dies, dass die Erdbedeckung nicht funktioniert? – In diesem Fall ja; die Erdhinterfüllung würde aber sehr viel besser funktionieren, wenn man das Sickerwasser am oberen Ende der Nordmauer sammeln und ableiten würde (beim westlichen Doppelwohnhaus realisiert).

### Bewertung durch die Benutzer

Die Hausbewohner sind im allgemeinen zufrieden mit dem Gebäude wie mit der thermischen Behaglichkeit (sie haben sich daran gewöhnt). Gemäss ihrer Aussage mussten sie im ersten Jahr (Messperiode) mehr Holz verbrennen als in den drei folgenden Jahren, da das Gebäude erst austrocknen musste. Wenn sie das Haus neu bauen könnten, würden sie die Veranda tiefer konstruieren (2 m statt 1,5 m) und sehr wahrscheinlich den Hauptwohnraum im ersten Stock einrichten, aufgrund der natürlichen Temperaturschichtungsvorgänge.

### Kosten und Einsparungen

Der Verkaufspreis einer Wohneinheit war Fr. 650 000.-, ein Durchschnittspreis für diese Bauweise. Die höheren Kosten für Aushub, verstärkte Beton-Aussenkonstruktion und Erdbedeckung wurden durch die sehr tiefen Bodenpreise – das Land gilt als schwer bebaubar – gerade kompensiert.

### Zusätzliche Kosten

Diese beinhalten die Kosten für die unüblich starke Wärmedämmung (ca. Fr. 10 000.-) und die Veranda-Verglasung (ca. Fr. 50 000.-). Andererseits sind Einsparungen von rund Fr. 10 000.- zu

verzeichnen, weil nur ein Holzofen installiert wurde anstelle eines üblichen Zentralheizungssystems.

### Wirtschaftlichkeit

Mit den verbleibenden Zusatzkosten ist es unmöglich, über eine allfällige Wirtschaftlichkeit zu sprechen, vor allem, solange die Heizölpreise so tief sind. Generell muss aber gesagt werden, dass Wintergärten nicht nur zum Energiesparen gebaut werden. Sie bilden einen zusätzlichen Wohnraum und erhöhen den Wohnkomfort, Aspekte, die nur schwer monetarisiert werden können. Die Beheizung der ganzen Wohneinheit mit nur einem Holzofen im Wohnzimmer erwies sich allerdings als nicht erfolgreich. Auch die Wärmeverteilung muss verbessert werden.

### Schlussfolgerungen

Das Projekt zeigt, dass es möglich ist, eine schwierige Topographie als Grundstück zum Bau eines energetisch vordbildlichen Hauses zu nutzen. Drei Verbesserungen sollten unbedingt ausgeführt werden:

- Die vorhandene mechanische Ventilation der Luft vom Wintergarten in die Nordzonen ist ungenügend (Bild 11). Voraussichtlich wäre es vorteilhafter, die natürliche Konvektion auszunutzen, indem man für die Fenster zwischen Veranda und Wohnzimmer automatische Fensteröffner einsetzt, falls niemand zu Hause ist.
- Ein Heizsystem, das die Wärme gleichmässiger und effizienter verteilt, muss einbezogen sein.
- Die Erdbedeckung muss trocken gehalten werden!

Im weiteren konnte gezeigt werden, dass die Computersimulation imstande ist, das thermische Verhalten einer auf die Sonne ausgerichteten Gebäudekonstruktion ausreichend genau vorauszusagen.

Adressen der Verfasser: A. Gütermann, dipl. Ing. ETH, Amena, 8952 Schlieren, und M. Kunz, lic. phil. I, INTEP, 8034 Zürich, und Peter Weber, Architekt SIA/HTL, 8636 Wald.