

# Biologisch-solares Bauen, erläutert an vier Reihenhäusern in Bubikon-Wolfhausen

Autor(en): **Bolliger, Hansruedi**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **100 (1982)**

Heft 42

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74885>

## **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.

# Biologisch-solares Bauen, erläutert an vier Reihenhäusern in Bubikon-Wolfhausen

Von Hansruedi Bolliger, Meilen

Die entwerfenden Architekten von heute können sich nicht mehr allein an den klaren, epochemachenden Grundsätzen der Gründerjahre orientieren, wie das noch bis vor wenigen Jahren der Fall war. Heute sind entscheidende Erkenntnisse dazugekommen, die es mitzuberücksichtigen gilt, wie etwa die Kritik der Baubiologen an der modernen Architektur und die Einsicht, dass wir mit den vorhandenen Energierohstoffen äusserst sparsam umzugehen haben. Diese neuen Forderungen müssten die zeitgenössische Architektur tiefgreifend verändern. Es genügt nicht, auf alte Bauformen zurückzugreifen und daran etwas Solnentchnik zu adaptieren, es müssen Architekturformen gefunden werden, die als Ganzes den heutigen Bedingungen entsprechen.

## Passive Sonnenenergienutzung

Sollen möglichst energiesparende Gebäude erstellt werden, sind folgende Faktoren von Bedeutung:

- Standort
- Gebäudeform
- Wärme durch Einstrahlung
- Speicherung
- Schutz vor Wärmeverlusten
- Sommerlicher Wärmeschutz

Nur die Integration *aller* denkbaren Sparmöglichkeiten in einem Gebäude kann zum gewünschten Erfolg führen.

### Standort

Wegen der hohen spezifischen Einstrahlungsdichte wäre ein steiler Südhang optimal. Im vorliegenden Falle stand nur ein *leicht nach Süden fallendes Grundstück* zur Verfügung. Die Situation wurde verbessert durch *Aufschütten eines Hügels auf der Nord-, Ost- und Westseite*. Dieser Schutzhügel strahlt einen Teil der einfallenden Sonnenenergie zum Haus zurück, schützt vor den rauen Nordwinden und dient als Erdspeicher für die Sonnenheizung.

### Gebäudeform

Betrachtet man allein den Wärmeverlust, müsste eine der *Kugel* angenäherte Form angestrebt werden. Berücksichtigt man auch die Wärmeeinstrahlung, bringt ein *Quader*, dessen Längsseite nach Süden orientiert ist, mehr. Wird der winterlichen Sonneneinstrahlung noch grösserer Wert beigemessen, kommt man, vor allem im Schnitt, auf differenziertere Gebäudeformen.

### Wärme durch Einstrahlung

Einfache, durch jedermann nachvollziehbare *Temperaturmessungen* an Südfenstern mit Vorfenstern haben folgende Resultate gebracht: Februar 1980: bei  $-4^{\circ}\text{C}$  Aussentemperatur, sonnigem Wetter und abgestellter Raumheizung wurde hinter einer Scheibe  $+27^{\circ}\text{C}$  gemessen, wobei das hellgraue Thermometer von der Sonne bestrahlt war. (Es gibt zwar heute viel genauere Messmethoden für den Wärmegewinn durch Südfenster, diese vereinfachte Messung kann aber der Veranschaulichung des Phänomens dienen.) Hinter zwei Scheiben ist die Temperatur im Durchschnitt  $3^{\circ}\text{C}$  geringer, der Temperaturanstieg also 10 Prozent kleiner.

*Beispiel:* Der Wärmegewinn durch drei einfache verglaste Südfenster von der Grösse  $80/130\text{ cm}$  genügt, um ein Büro von  $80\text{ m}^2$  Grundfläche im Dachstock bei  $-4^{\circ}\text{C}$  Aussentemperatur auf  $+17^{\circ}\text{C}$  zu erwärmen, gemessen im Schatten an der Bürorückwand.

*Folgerung:* Gelingt es, im Hause direkt besonnte Aufenthaltsorte zu schaffen, genügt die winterliche Sonneneinstrahlung meist allein zur Erreichung eines behaglichen Raumklimas.

Auf dieser Erkenntnis beruht das Konzept der hier beschriebenen Sonnenenergiehäuser.

Man muss zwischen Morgen-, Mittag- und Abendsonne unterscheiden. Die tief einstrahlende Morgen- und Abendsonne schafft zwar eine freundliche Atmosphäre, vermag aber im Winter einen Raum nicht genügend zu erwärmen. Die Wärmebilanz von Ost- und Westfenstern ist negativ. Es geht darum, das Haus der mittäglichen Sonneneinstrahlung, etwa zwischen 9.00 Uhr und 15.00 Uhr, zu öffnen.

Folgende *bauliche Massnahmen* wurden getroffen, um obiger Forderung gerecht zu werden:

- Weitgehende Verglasung der Südfassade.
- Nordzimmer und innenliegende Badezimmer werden besonnt durch ein hochliegendes, nach Süden gerichtetes Fensterband.
- Nach Süden ansteigende Pultdächer von  $12-24^{\circ}$  entsprechen etwa der mittleren Neigung der Wintersonnenstrahlen und lassen diese ungehindert einfallen.
- Hochliegende Fensterflächen erhellen die Räume wesentlich stärker als tiefliegende und leiten darum auch die diffuse Wärmestrahlung bei bedecktem Himmel besser ins Haus.
- Durch stufenförmige, dem Einstrahlungswinkel folgende Ausbildung der Wohnzimmerdecke resp. des Kinderzimmerbodens werden sowohl die unteren als auch die oberen Räume tiefer besonnt (siehe Schnitt).
- Fächerförmige Öffnung der Grundrisse bringt den hinteren Eckräumen zusätzliches Südlicht (siehe Grundrisse).
- Auch Detailkonstruktionen helfen mit: die Balkonbrüstung wurde so ausgebildet, dass das Sonnenlicht durchscheint und über den Lärchenboden zum Fenster reflektiert wird.

## Speicherung

Da das Verhältnis von effektiver Sonneneindauer zu möglicher Sonneneindauer (von Sonnenaufgang bis -untergang) bei uns in den Monaten Oktober bis März nur etwa 27 Prozent beträgt (Angabe aus «Der Sternenhimmel» von Robert A. Naef), muss die gewonnene Wärme gespeichert werden, um die Wirkzeit der Sonneneinstrahlung zu verlängern. Dies geschieht in unserem Falle durch  $30\text{ cm}$  starke Brandmauern aus gelben Sichtbacksteinen und durch einen Boden aus roten Tonplatten auf  $25\text{ cm}$  starken Siporexplatten. Die warmen Farbtöne der Speicherelemente absorbieren nicht nur besser, sie geben zusammen mit dem vielen Holz auch einen warmen Gesamteindruck und mildern die starke Lichtfülle.

## Schutz vor Wärmeverlusten

Man kann zwischen statischer und dynamischer Isolation unterscheiden. Die *statische* Isolation betrifft *Aussenwände, Decken und Böden*. Aussenwände und Decken wurden mit 2lagiger,  $18-20\text{ cm}$  starker Steinwolle isoliert. Beidseits sind Sisalpapiere als Windschutz angebracht. Sowohl Wand- wie Dachkonstruktionen wurden mit schmalen, tiefen Profilen ausgeführt, was die starken Isolationen ohne Aufdoppelung ermöglichte und dank geringer Holzdimension kleine Flächenverluste ergab.

Die *k-Werte* für die Decken betragen  $0,17$ , für die Aussenwand  $0,21$ .

Die Keller wurden kalt gelassen, um das beheizte Volumen möglichst klein zu halten. Die Decken bestehen aus  $25\text{ cm}$  Siporex bzw.  $17,5\text{ cm}$  Siporex und  $2\text{ cm}$  Kork unter der Bodenheizung.

Auch Zwischenwände und -decken sind wärmedämmend, damit evtl. einzelne unbeheizte Räume den andern nicht zu viel Wärme entziehen.

Die Fensterflächen nach Norden, Westen und Osten wurden minimal gehalten und dreifach verglast.

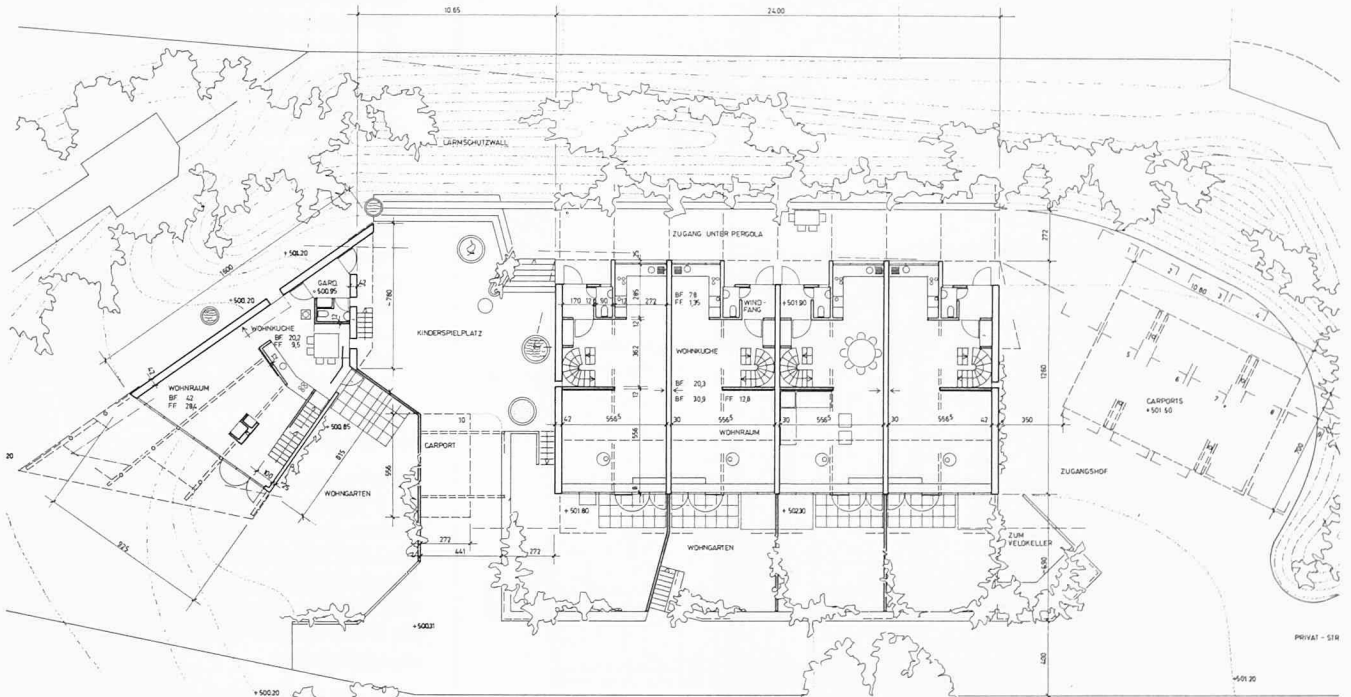
Die *dynamische* Isolation betrifft die *Fensterflächen*. Während bei einem durchschnittlichen Einfamilienhaus etwa ein Viertel der Energie durch die Fenster entweicht, haben wir in unserem Falle, wegen der grossen Glasfronten und der überdurchschnittlichen statischen Isolation, einen Anteil von 49 Prozent für das Mittelhaus und einen solchen von 42 Prozent für das Eckhaus errechnet.

Die relativ hohen Verluste durch die Fensterflächen rechtfertigten die Entwicklung von hochwertigen *Isolierläden*. Folgende *Kriterien* mussten dabei beachtet werden:

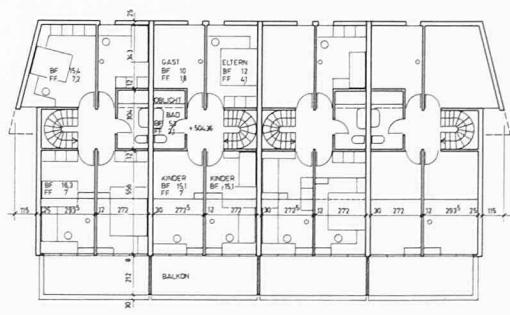
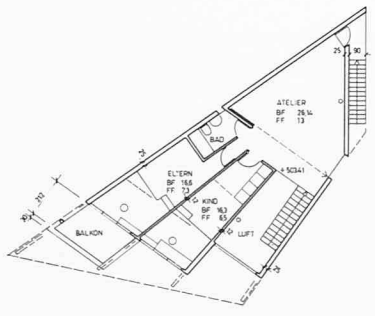
- Der offene Laden soll eine gute Besonnung der Südfassade im Winter gewährleisten.
- Der geschlossene Laden soll gut isolieren (*k-Wert*  $0,4$ , zusammen mit dem Isolierglasfenster).
- Der Laden sollte möglichst leicht zu bedienen und wenig reparaturanfällig sein.
- Er soll von innen geschlossen werden können, ohne dass das Fenster geöffnet werden muss.
- Er soll zu einem integrierten Bestandteil der Solararchitektur werden.



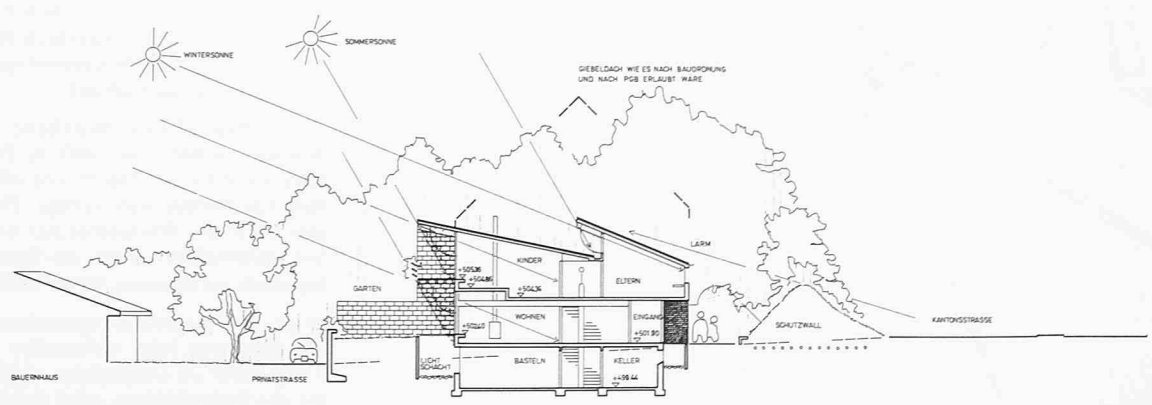
Fassade



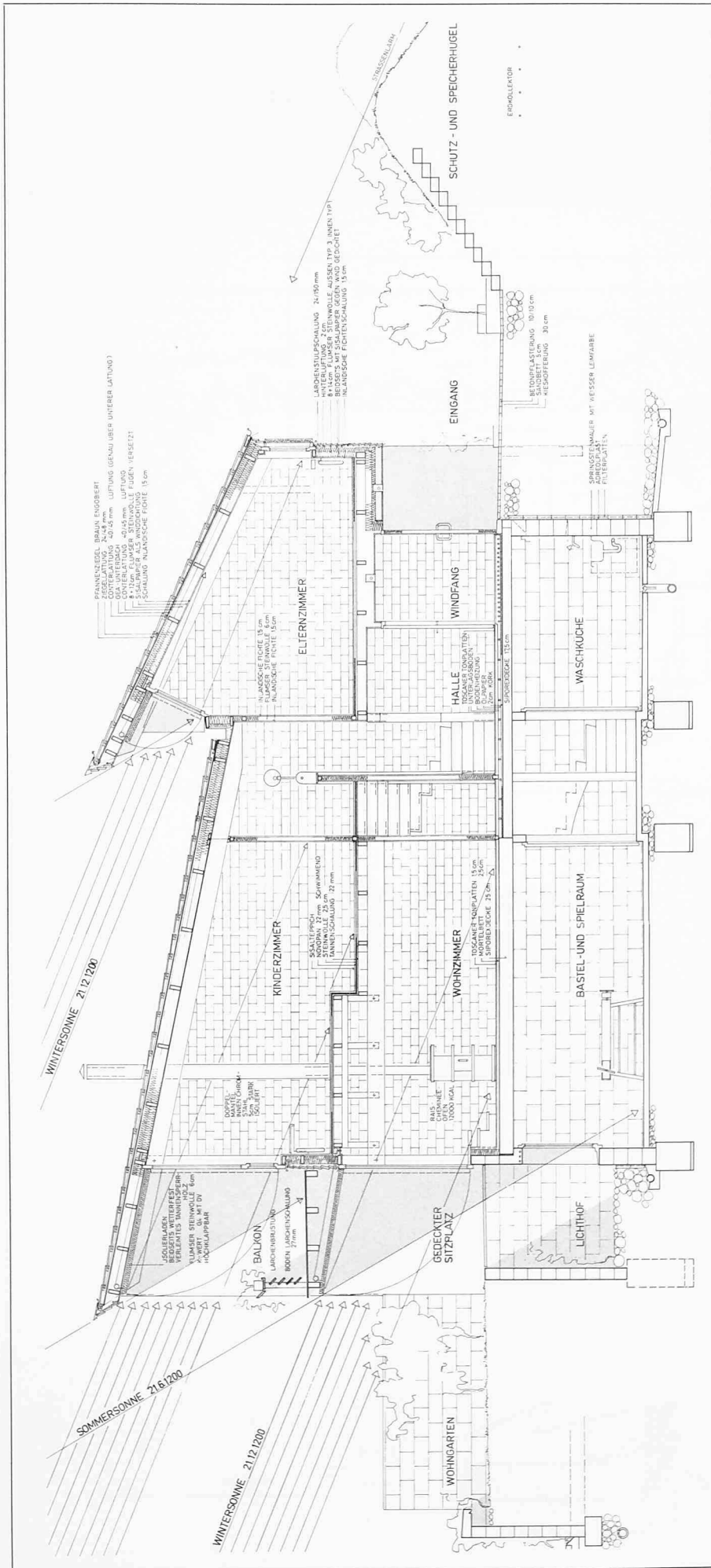
Grundriss, Erdgeschoss



Grundriss, Obergeschoss. Kompakte Form mit grosser Südfassade, nördliche Eckzimmer durch Auskragungen von Süden belichtet



Schnitt



Die Lösung sieht wie folgt aus:

- Die erste Forderung wurde erfüllt, indem der Laden hochgezogen und in eine Schrägstellung gebracht wird, bei der die Wintersonne fast keinen Schatten auf die Fassade wirft.
- Die Isolation besteht aus 6 cm Steinwolle, beidseits geschützt durch 4 mm wetterfest verleimtes Sperrholz. Der leicht durchhängende und dadurch vorgespannte Laden wird durch eine untere Verriegelung auf den wetterschenkelfreien, planen Fensterrahmen gepresst, wobei die umlaufende Gummilippendichtung die Fugen schliesst. (Dieser Verschluss wird voraussichtlich nur bei starken, langanhaltenden Kälteperioden bedient.)
- Der Laden wird mit einer beweglichen Kurbelstange über eine im Dach versteckte Winde an einem Chromstahlkabel heruntergelassen. Bei einem 25 cm langen Hebelarm der Kurbelstange beträgt die grösste erforderliche Drehkraft 3 kg.
- Der Laden entspricht in Grösse, Material und Form dem weitausladenden Dache und wird dadurch zum selbstverständlichen Teil des Gebäudes.

**Sommerlicher Wärmeschutz**

Solarbauten mit ungeschützten Glasfronten nach Süden oder mit grossen Wintergärten können im Sommer unerträglich warm werden. Die verglasten Südfronten unseres Beispiels sind durch *grosse Vordächer, Balkone* und *seitliche Flügelmauern* von Anfang Mai bis Ende August vor jeder direkten Besonnung geschützt.

Dadurch und dank den überdurchschnittlichen Isolationen ist es in den Häusern auch bei grosser Sommerhitze angenehm kühl.

**Aktive Sonnenenergienutzung**

**Berechnungsgrundlagen**

Wärmeleistungsbedarf	24,7 kW
Qh SIA 380 für vier Häuser	-11 °C
Min. Aussentemperatur	3900
Heizgradtage	18-20 °C
Mittlere Raumtemperatur	

**Anlagekonzept**

*Wärmegewinnung*

Die Wärmegewinnung erfolgt aus dem Luft- und Erdregister.

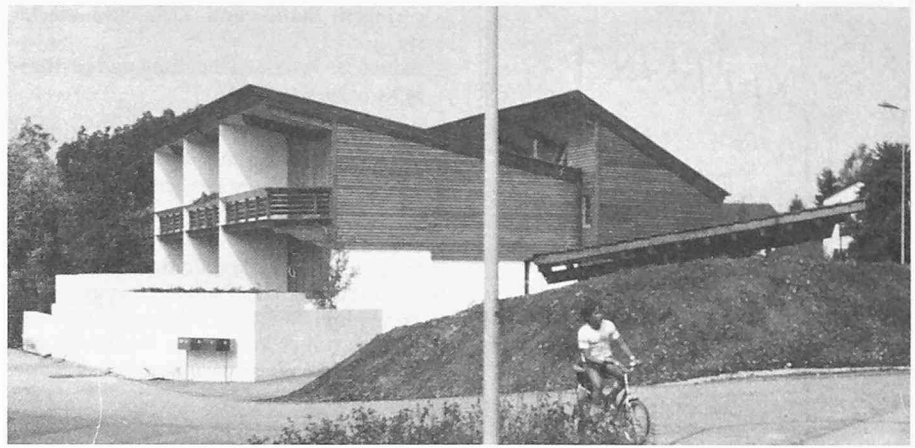
- Das *Luftregister*, bestehend aus einem Wärmeaustauscher von 1200 m Polyäthylenrohr, ist unter dem Ziegeldach des Carports verlegt. Es nimmt Wärmeenergie aus Sonnenstrahlung und Luft auf.

- Der *Erdkollector*, bestehend aus einem Wärmetauscher von 1800 m Polyäthylenrohr, ist auf einer Fläche von 400 m<sup>2</sup> unter dem Lärmschutzwall verlegt. Der «Erdhügel» dient als Wärmespeicher wie auch als Sonnenkollector. Seine jährliche Speicherkapazität beträgt etwa 30 000 kWh.

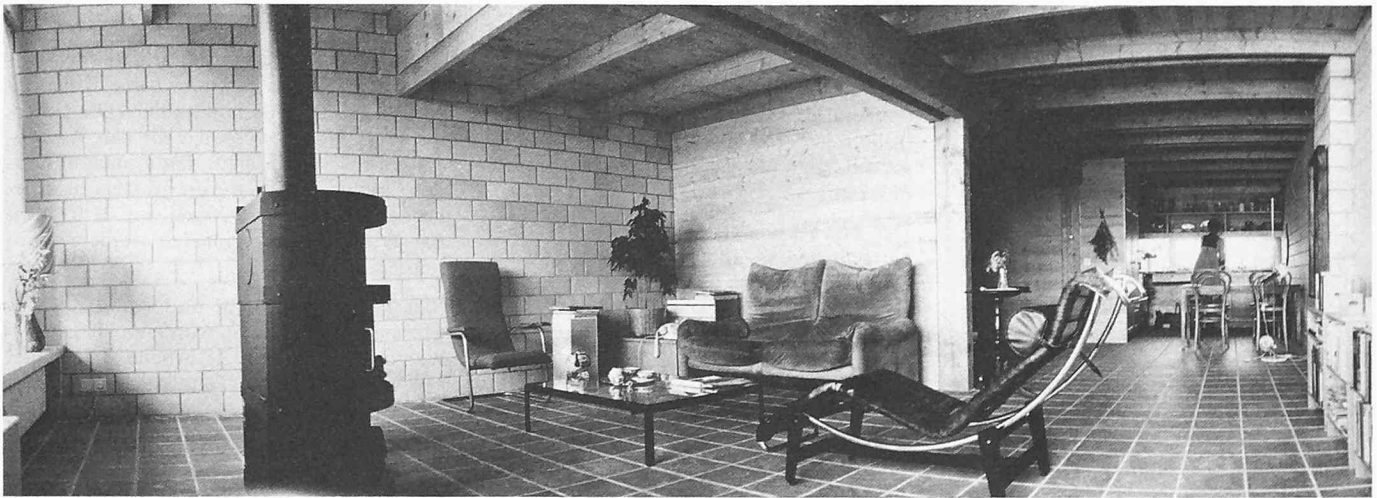
Beide Wärmegewinnungssysteme sind hydraulisch wie folgt verbunden: Sobald die Temperatur im Luftregister niedriger ist als die des Erdkollectors, wird das Luftregister über die Kurzschlussstrecke stillgelegt.



Balkonbrüstung. Das Sonnenlicht scheint durch und wird auf dem Lärchenboden zum Fenster reflektiert



Ein aufgeschütteter Hügel dient als Windschutz und Wärmespeicher



Wohnraum und Küche

Der *Verbundbetrieb* von Luftregister und Erdkolektor bringt folgende Vorteile:

- etwa 30 Prozent der nötigen Heizenergie liefert das Luftregister.
- Das Erdreich wird geschont; es kann im Frühjahr rasch auf Normaltemperatur gebracht werden.
- Wird in Zeiten direkter und diffuser Sonnenstrahlung und grossem Luftwärmeanteil vom Verdampfer keine Wärme entzogen, verlagert sich die aufgenommene

Wärme ins Erdreich. Das Erdreich dient als Speicher.

- Da die mittlere Wärmequellentemperatur erhöht wird, entstehen höhere Verdampfungstemperaturen und damit bessere Leistungsziffern.

Der in den Wärmeaustauschrohren zirkulierende ungiftige Wärmeträger Monopropylen-Glykol transportiert die Wärmeenergie in einem Temperaturbereich von  $-2^{\circ}\text{C}$  bis  $+18^{\circ}\text{C}$  zur Wärmepumpe.

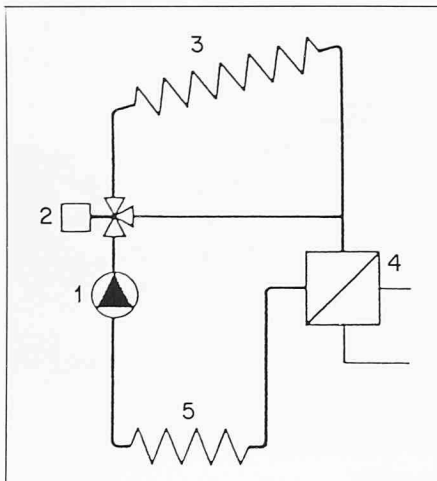
*Heizzentrale*

Den Transport der gewonnenen Umgebungswärme von niedriger auf höhere Temperatur (max.  $55^{\circ}\text{C}$ ) übernehmen zwei parallel arbeitende NC-Wärmepumpen. Sie sind vollhermetisch aufgebaut, und ihre Kompressoren haben eine elektrische Leistungsaufnahme von je 3-5 kW (abhängig vom Betriebszustand). Die abgegebene Heizleistung kann zwischen 13 und 40 kW variiert werden.

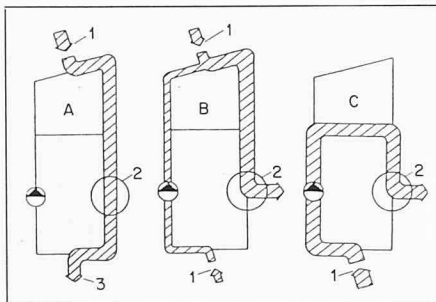
Das nach Süden aufsteigende Doppelpultdach und die gestuften Böden ermöglichen im Winter eine tiefe Durchsonnung des ganzen Gebäudes

Der hochklappbare Laden bildet einen integrierenden Bestandteil der Solararchitektur





Kombination Luftregister/Erdkollektor  
1 Umwälzpumpe 2 Verteilventil 3 Luftregister Carport 4 Verdampfer, Wärmepumpe 5 Erdkollektor



Temperaturabhängige, automatische Regelung folgender Betriebszustände:

- A Verlagern und speichern der Sonnenwärme im Erdreich  
B Wärmeaufnahme im Luftregister und Erdkollektor und Übertragung auf Verdampfer  
C Wärmeaufnahme im Erdkollektor und Übertragung auf Verdampfer  
1 Wärmeaufnahme 2 Verdampfer 3 Wärmespeicherung im Erdreich

Die Heizwärme wird ohne Zwischenspeicherung direkt in die Fussbodenheizung und in die Radiatoren eingespiesen. Dieser direkte Weg vermeidet Temperaturverluste und erlaubt, die Wärmepumpen nur immer mit der momentan nach Aussentemperatur benötigten Vorlauftemperatur arbeiten zu lassen. Damit erreichen diese immer die bestmögliche Leistungsziffer.

#### Raumheizung

Die Raumheizung wurde konsequent als Niedertemperaturheizung ausgelegt, um beste Wirtschaftlichkeit zu erhalten. Die Kombination von Fussbodenheizung in Kupferrohren mit Radiatoren ergibt nicht nur eine günstige Regelcharakteristik, sondern erlaubt in der gewählten Anordnung auch, in der Übergangszeit die nordseitigen Räume separat zu temperieren.

#### Warmwasserbereitung

Das Brauchwarmwasser wird mit billigem Nachtstrom mittels der Wärmepumpe in zwei Boilern von je 700 l zentral aufgeheizt.

Die maximale Wassertemperatur beträgt 52°C. Wenn auch die niedrige Temperatur eine Gewöhnungszeit verlangt, so liegen die Vorteile klar auf der Hand:

- in Verbindung mit der Wärmepumpe im Niedertarif enorm niedrige Warmwasserproduktionskosten,

- geringere Stand- und Zirkulationsverluste,
- reduzierte Kalkausscheidung und geringere Korrosionsgefahr.

Sollte der Boilerinhalt von 1400 l einmal nicht genügen, so kann jederzeit eine Tagesnachladung vorgenommen werden.

#### Steuerung

Jede Heizanlage verlangt eine exakt auf die Bedürfnisse und Gegebenheiten abgestimmte Steuerung. Mit dem NC-Multicontroller steht eine vollelektronische Steuerung zur Verfügung, die einen wirtschaftlichen Kompromiss ermöglicht.

Durch Parallelverschiebung der Heizkurve, deren Sollwert jedoch witterungs- und lastabhängig automatisch verschoben wird, kann die Gesamtheizung wärmer oder kälter gestellt werden. Die Systemfunktionen werden durch die digitale Anzeige der Aussen-, Heizungssollwert-, Heizungswert-, Erdreich-, Luftregister- und Warmwassertemperaturen, ferner die Betriebsdruckkontrolle durch Manometer und die Kompressorlaufzeiten durch Betriebsstundenzähler überprüft.

Der NC-Multicontroller ermöglicht dieses einfache Bedien- und Kontrollsystem, womit der Besitzer nicht durch komplizierte Programmiervorgänge überfordert wird. Die vollelektronische Bauweise erlaubt, alle automatisierbaren Funktionen den Anlagebedingungen logisch anzupassen:

- Last- und witterungsabhängige Wahl der Leistungsstufen;
- Genaues Einhalten der Sollwert-Heiztemperatur;
- Vor- und Nachlauf der Wärmegewinnungs- und Heizpumpen;
- Differenzregelung der Wärmegewinnungskreise Erde/Luft;
- Erfassen von Einzeltemperaturen mit individueller Hysteresebestimmung (Schaltdifferenz zwischen Einschalt- und Ausschaltzeitpunkt) und Verarbeiten innerhalb des Logikschemas (Pflichtenheft für die Steuerfunktionen);
- Verarbeiten der vom Elektrizitätswerk zur Verfügung gestellten Netzkommandos (Niedertarif, Sperrzeit Mittag, Boilerladung 2. Nachthälfte).

Ein steckbarer Prüfprint zeigt sämtliche Betriebszustände optisch an und erleichtert damit die Service- und Kontrollaufgaben.

#### Betriebskosten und Wartung

Obwohl die Anlage ihre Leistungsfähigkeit noch nicht bewiesen hat, kann aufgrund ähnlicher NC-Heizsysteme erwartet werden, dass dank der optimalen Energieverbrauchsplanung in Zusammenarbeit mit dem Architekten die Energiekosten für Heizung inkl. Warmwasser pro Haus im Rahmen von Fr. 300.- bis Fr. 400.- liegen werden. Diese erstaunlich niedrigen Kosten rechtfertigen die intensive Denkarbeit bei der Planung. Ein wesentlicher Anreiz zum Energiesparen bei den einzelnen Hausbesitzern entsteht durch die individuelle Erfassung von Heiz- und Warmwasserverbrauch trotz zentralisierter Wärmeerzeugung.

Dank kompaktem und durchdachtem Aufbau der Wärmepumpenanlage beschränkt

sich die Wartung auf reine Kontrollarbeiten. Lediglich der Boiler muss regelmässig auf Kalkansatz und Ersatz der Schutzanode überprüft werden. Diese Arbeiten übersteigen jedoch den Betrag von Fr. 350.- jährlich kaum.

#### Biologisches Bauen

Über biologisches Bauen ist in den letzten Jahren viel geschrieben, gesprochen und gestritten worden. Wir verstehen darunter vor allem ein natürliches, einfaches Bauen mit klaren Formen und Proportionen und mit gesunden, atmungsfähigen und giftfreien Materialien, welche die Bewohner angenehm umgeben. Gerade bei der Solararchitektur besteht die Gefahr, dass das Haus zur Wärmemaschine wird, belastet mit technischen Installationen, Kollektoren, Röhren, Wintergärten mit Stahlprofilen usw.

Um auch Teilwirkungen von *Faraday-Käfigen* zu vermeiden, wurden keine Kollektoren am Wohngebäude installiert. Die Unterdachkollektoren wurden über den Autoabstellplätzen angebracht, damit auch allfällige störende Einflüsse von grossen zirkulierenden Flüssigkeitsmengen auf dem Dach der Wohnhäuser vermieden werden konnten.

Auf Eisenbeton, Stahl und Kunststoffe in Farben und Verputzen wurde möglichst verzichtet und dafür viel natürliche Materialien wie Holz, Backstein, Tonplatten, Sisalteppiche, Kalkmörtel und Leimfarben verwendet.

Die elektrischen Leitungen wurden möglichst sternförmig und nicht ringförmig verlegt und so isoliert, dass später ein Netzfreeschaltgerät eingebaut werden kann. Auf diese Weise wurde versucht, den wichtigsten Forderungen der Baubiologen gerecht zu werden und eine gesunde Wohnsituation zu schaffen.

#### Zusammenfassung

Es ging nicht allein darum, durch passive und aktive Sonnenenergienutzung möglichst tiefe Heizkosten zu erzielen, sondern Häuser zu bauen, in denen es sich das ganze Jahr hindurch behaglich und gesund wohnen lässt. Die Besonnung der Innenräume nimmt mit abnehmender Aussentemperatur zu und ist im grössten Teil des Hauses direkt erfahr- und spürbar. Die äussere Erscheinung der Gebäude entspricht ihrer inneren Absicht: Sie strecken sich nach der wärmenden Wintersonne aus und lassen deren Strahlen tief in sich eindringen: «Form follows function». Dieser prägende Grundsatz des modernen Bauens soll auch in der neu entstehenden Sonnenarchitektur seine Gültigkeit behalten und durch die Bauten unserer Zeit zum Ausdruck kommen.

An dieser Stelle möchte ich all jenen danken, die durch wohlwollendes Verständnis, fachmännische Beratung oder tatkräftige Mitarbeit diese Bauten ermöglicht haben, namentlich den Herren Dr. Hr. Zulliger, Physiker, Grimm und Kunckler, von dem auch das Kapitel «Aktive Sonnenenergienutzung» über die alternative Heizanlage System Grimm stammt, von der Firma Neucalora und Aemisegger, Heizungsingenieur.

Adresse des Verfassers: H. Bolliger, dipl. Arch. ETH/SIA, Bahnhofstr. 28, 8706 Meilen.