

# Heizen mit Luftkollektor



## Einfamilienhaus in Trun

### Besondere Merkmale

---

- Sonne und Holz decken gesamten Heizenergiebedarf
- Keine Mehrkosten gegenüber Ölheizung
- Solarer Anteil an der Raumheizung 50 %
- Hoher Komfort dank Strahlungswärme
- Diskrete Integration in die Architektur
- In allen Klimaregionen der Schweiz anwendbar

### Objektdaten

---

- Standort: Einfamilienhaus in Trun/GR
- Baujahr: 1995
- Baukosten (BKP2): 580 Fr./m<sup>3</sup>
- Investitionskosten Luftkollektoranlage: 20 000 Fr.
- Investitionskosten Holzheizung: 30 000 Fr.
- Nutzwärmekosten: 20 Rp./kWh

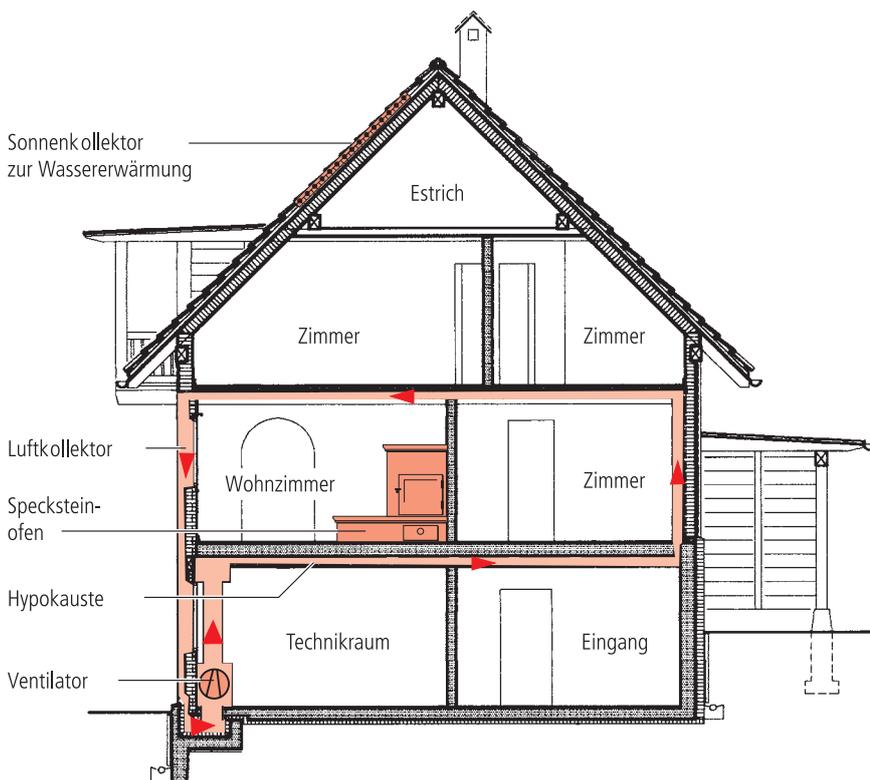


## Ausgangslage

Bauherrschaft und Architekt wollten das neue Wohnhaus ausschliesslich mit erneuerbaren Energien beheizen, ohne dass dabei Mehrkosten entstehen. Die Lösung sollte einfach sein, sich integral in ein reproduzierbares Gebäudekonzept einfügen und eine der Region angepasste Bauweise ermöglichen. Obwohl die Bauherrschaft Wald besitzt, kam eine Stückholz-Zentralheizung wegen des Arbeitsaufwands nicht in Frage. Das Heizen mit Holz musste sich auf einen traditionellen Specksteinofen beschränken. Eine Kombination mit Sonnenkollektoren auf dem Dach scheiterte aus zwei Gründen: Die Architektur sollte sich ins Ortsbild einfügen und einem breiten Geschmack genügen. Kollektoren durften deshalb nur einen kleinen Teil der Dachfläche einnehmen. Das genügte für die Wassererwärmung, nicht aber für eine Raumheizung. Ausserdem hätte eine Kollektoranlage auf dem Dach mit hohem solarem Deckungsgrad auch zu hohe Mehrkosten verursacht. Die getroffene Lösung mit einem in die Südfassade integrierten Luftkollektor erfüllt alle gestellten Kriterien: Die Architektur des Hauses wird kaum beeinträchtigt; die Integration in einen strengen Gebäuderaster, wie ihn reproduzierbare Bauten erfordern, ist einfach, und die Kosten für das Heizsystem bewegen sich in den vorgegebenen Grenzen.

## Konzept

**Gebäude:** Konstruiert wurde das Gebäude als Holzständerbau mit einheitlichem Rasterabstand von 105 cm. Dies erlaubte eine äusserst flexible Raumaufteilung. Die Fenster sind mehrheitlich gegen Süden ausgerichtet. An der Südfassade belegen sie 35 % der Fläche. Die Wärmedämmung erfolgte mit 18 cm bis 20 cm Zelluloseflocken zwischen Pfosten und Sparren. Während Aussenwände und Dach leicht gebaut sind, wurden Innenwände und Geschossdecken massiv ausgeführt, um Speichermasse für die Luftkollektorheizung und für solare Direktgewinne zur Verfügung zu haben. Eine 20 cm dicke, nur minimal armierte Betonplatte, die auf einer Ton-Hurdis-Decke aufliegt, bildet den Boden des Wohngeschosses. Die Innenwände sind als verputztes



2



Der Ventilator braucht 200 kWh Strom pro Jahr (Bild vor dem Einbau).



Die Holzfassade bleibt hinter der Verglasung sichtbar.



Vom Wohnraum aus sieht man die Luftkollektoren vor den Fenstern nicht.

Schnitt durch das Gebäude:  
Das Luftkollektorsystem bildet einen geschlossenen Kreislauf.



Kalksandstein-Mauerwerk ausgeführt. Baumaterialien und Farben wurden weitmöglichst nach bauökologischen Kriterien ausgewählt.

**Solarheizung:** Bei der Solarheizung in Trun handelt es sich um einen geschlossenen Luftkreislauf: Die Südfassade ist verglast und bildet so den Kollektor, der die Luft erwärmt. Über einen Sammelkanal am Fusse der Fassade saugt ein Ventilator warme Luft ab und führt sie dem Gebäude zu. Verteilt auf mehrere Kanäle durchströmt die Luft dann nach dem Prinzip der römischen Hypokaustenheizung den Boden des Wohngeschosses und diverse Innenwände. Diese wirken gleichzeitig als Wärmespeicher und als Wärmeabgabeflächen. Über den Boden des Obergeschosses, eine Holzdecke, wird die Luft wieder zum Kollektor zurückgeführt.

**Luftkollektor:** Im Abstand von 10 cm wird der Südfassade eine Verglasung mit hoher Lichtdurchlässigkeit vorgehängt. Diese deckt nicht nur die opaken Teile der Aussenwand ab – eine konventionelle Lamellenschalung aus Lärchenholz –, sondern auch einen grossen Teil der Fenster. Einzig zwei der insgesamt elf Fassadenabschnitte sind unverglast, damit der Zugang ins Freie und das Lüften über die Fenster gewährleistet bleibt. Als Absorber dient die Lärchenschalung. Weil dunkle Farbe die Sonnenstrahlung besser absorbiert und in Wärme umwandelt, wurde sie durch Abflammen abgedunkelt.

**Wärmespeicherung, Wärmeabgabe:** Der grösste Teil der Sonnenwärme wird im Betonboden des Wohngeschosses gespeichert. Dazu wird die Luft durch den Hohlraum der Ton-Hurdis-Decke geleitet, die den Boden trägt. Bedingt durch die Bauhöhe der Betonplatte von 20 cm erfolgt die Wärmeabgabe an den Wohnraum um rund 12 Stunden verzögert. Als sekundäre Speicher und Heizflächen fungieren die nordseitigen Innenwände der Wohnräume. Die Luft zirkuliert hier durch Ton-Hohlsteine, wie sie für klassische Hypokaustensysteme eingesetzt werden. Zusammen mit dem Betonboden beträgt die Speichermasse 0,75 m<sup>3</sup> pro m<sup>2</sup> Absorberfläche. Die Wärmeabgabetemperatur liegt zwischen 20 °C und 25 °C. Sie kann raumweise in einem gewissen Masse eingestellt werden durch einen festen hydraulischen Abgleich der Luftmengen mittels Schiebern im Verteilkanal.

**Steuerung:** Der Betrieb der Solarheizung erfolgt automatisch. Ein Temperaturdifferenzregler schaltet den Ventilator ein, sobald die Temperatur in der Mitte des Luftkollektors rund 10 K über der Temperatur im Betonboden liegt. Dies ist während rund 1150 Stunden im Jahr der Fall. Die Luftmenge ist konstant auf 1560 m<sup>3</sup>/h eingestellt, was einer spezifischen Luftmenge von 60 m<sup>3</sup>/h pro m<sup>2</sup> Absorberfläche entspricht. Dies ergibt eine durchschnittliche Temperaturspreizung zwischen Kollektoreintritt und -austritt von 10 K. Zwei Massnahmen verhindern eine Nachtauskühlung des Systems durch Schwerkraftzirkulation: eine motorische Klappe, die den Luftkanal ausserhalb der

Betriebszeit schliesst, und eine siphonartige Luftführung im 3. Bereich des Untergeschosses.

**Sonnenschutz:** Als Sonnenschutz für die südexponierten Räume dienen ein grosser Dachvorsprung und eine Rafflamellenstore, die im Zwischenraum des Luftkollektors eingebaut ist.

### Messresultate

Während der Heizperiode 1996/97 betrug der Ertrag des Kollektors 6200 kWh, was einem solaren Anteil an der benötigten Heizenergie von 50 % gleichkommt. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass Trun im Winter während 7 Wochen meistens im Schatten von Bergen liegt. In dieser Periode muss mehrheitlich mit Holz geheizt werden. 85 % des Ertrags resultierten als konvektiver Gewinn; rund 15 % betrug der indirekte Nutzen des Kollektors durch die Verbesserung der Wärmedämmung. Weil der Luftkollektor eine thermische Pufferzone bildet, deren Temperatur im Durchschnitt rund 8 K über der Aussentemperatur liegt, verringert sich der Wärmeverlust an der Südfassade auf ungefähr die Hälfte. Vergleicht man den Wärmegewinn mit den 200 kWh Strom für den Antrieb des Ventilators, ergibt sich ein Elektro-Thermischer-Verstärkungsfaktor (ETV) von 24. Im Wohnzimmer betrug die mittlere Lufttemperatur 22 °C; die maximale Speichertemperatur gemessen im Betonboden lag bei 26 °C. Bei fehlender Sonneneinstrahlung, das heisst Unterbruch der Luftzirkulation, kühlte der Betonspeicher pro Tag um lediglich 1 K aus. Schlechtwetterphasen von 2 bis 5 Tagen konnten überbrückt werden, ohne die Holzheizung in Betrieb zu nehmen.

### Technische Daten

#### Gebäude

Energiebezugsfläche	207 m <sup>2</sup>
U-Wert Dach und Wände	0,23 bis 0,25 W/m <sup>2</sup> K
U-Wert Boden gegen Erdreich	0,44 W/m <sup>2</sup> K
U-Wert Fenster (inklusive Rahmen)	1,40 W/m <sup>2</sup> K

#### Energie

Energiekennzahl Heizung	70 MJ/m <sup>2</sup> a
Energiekennzahl Warmwasser	38 MJ/m <sup>2</sup> a
Energiekennzahl Elektrizität	66 MJ/m <sup>2</sup> a
Jahresverbrauch Brennholz (inklusive Wassererwärmung)	5 Ster

#### Luftkollektorsystem

Kollektorfläche	36 m <sup>2</sup>
davon	
• opake Fassade	23 m <sup>2</sup>
• Fenster inklusive Rahmen	13 m <sup>2</sup>
Luftmenge pro m <sup>2</sup> Absorberfläche	60 m <sup>3</sup> /h
Betriebszeit pro Jahr	1150 h

## Wirtschaftlichkeit

Die Investition für das Heizsystem setzte sich zusammen aus 20 000 Fr. für die Luftkollektoranlage und 30 000 Fr. für die beiden Holzöfen und den Kamin. Dabei gilt es den Pilotcharakter zu berücksichtigen. Einsparmöglichkeiten ergeben sich insbesondere bei der Wärmeverteilung, indem die Luft in der Geschossdecke statt durch Ton-Hurdis-Elemente durch Luftkanäle geführt wird, die im Betonboden direkt ausgespart werden. Kaum noch senken lassen sich hingegen die Kosten von 250 Fr./m<sup>2</sup> für den fertig montierten Kollektor an der Fassade. Ein Wirtschaftlichkeitsvergleich mit einer konventionellen Ölheizung zeigte, dass die Kombination von Solar- und Holzheizung konkurrenzfähig ist. Für beide Varianten ergaben sich Nutzwärmekosten von rund 20 Rp./kWh.

Einfamilienhäuser ausschliesslich mit erneuerbaren Energien zu beheizen, bedeutet in der Regel Mehrkosten. Das Solarhaus in Trun zeigt, dass es anders geht. Und zwar ohne aussergewöhnliche Wärmedämmung und ohne speziell günstige klimatische Rahmenbedingungen. Dass das Heizen mit Sonnenenergie und Holz gegenüber einer Ölheizung nicht teurer kommt, liegt hauptsächlich an der Nutzung von Synergien: Die Installation des Wärmeverteilsystems – einer Hypokaustenheizung – wird weitgehend in den Rohbau integriert, und der Luftkollektor übernimmt gleichzeitig die Funktion der Aussenhaut. Die Investition für die gesamte Solarheizung, Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung zusammen, beläuft sich dadurch auf lediglich 20 000 Fr. Das Ergebnis ist nicht nur wirtschaftlich in-

teressant, es bietet auch hohen Komfort in Form von gesunder 4 Strahlungswärme. Für die attraktive Lösung erhielt das Solarhaus in Trun den Schweizer Solarpreis 1997.

## Pilot- und Demonstrationsanlagen

Unter der Bezeichnung Pilot- und Demonstrationsprojekte zahlen Bund und einige Kantone Beiträge an Lösungen, die Energien besonders rationell verwenden, erneuerbare Energien nutzen oder die Luftqualität verbessern. Die förderungswürdigen Vorhaben müssen Erfolg versprechend und neu sein sowie relevante Resultate erwarten lassen. Typische Projekte sind:

- Innovative Gebäudewärmedämmung und Wärmerückgewinnung
- Nutzung erneuerbarer Energiequellen (Biomasse, Sonnenwärme, Fotovoltaik, Geothermie)
- Systeme zur rationellen Energienutzung (Wärmepumpen, Wärmekraftkopplung)
- Schadstoffarme Wärmeerzeugung (aus Altholz, Biogas, Kehricht)
- Emissionsarme Individualverkehrsmittel
- Ausbildung, Aufklärung und Informationsverbesserung

Gesuche sind an die Energiefachstelle des Standortkantons (oder an das Bundesamt für Energie BFE) zu richten.

## Adressen

### Architektur

Tarcisi-Maissen S.A., Biro d'architettura, 7166 Trun  
Tel. 081 920 23 20

### Bauherrschaft

Gabriela und Alois Tambornino, Sum il vitg, 7166 Trun  
Tel. 081 943 25 82

### Mess- und Forschungsprojekt

Amena AG, Tösstalstrasse 12, 8400 Winterthur

### Haustechnik

Remo Collenberg, Felsenaustrasse 25,  
7000 Chur

### Glasfassade

Glas AG, Industriestrasse 1, 7000 Chur  
Tel. 081 284 21 21

## Literatur

Gütermann, Andreas: «Solarhaus Tambornino, Trun – Wirtschaftliche und gesamtökologische Optimierung eines konvektiven Luftsystems».

Bezug: Zentrum für Energie und Nachhaltigkeit im Bauwesen, c/o EMPA, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf,  
Tel. 01 823 55 11, Fax 01 823 40 09

«Luft als Wärmeträger – Luftkollektor beim Einfamilienhaus Oettli, Beringen», Faltblatt der Reihe EnergiInnovation.  
Bestellnummer: M40d.

Bezug: Infoenergie, c/o Nova Energie, Schachenallee 29,  
5000 Aarau, Tel. 062 834 03 03,  
Fax 062 834 03 23

## EnergieSchweiz

Bundesamt für Energie BFE, Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern  
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.energie-schweiz.ch