UMWELT
ENERGIE
BILDUNG
ECONSULT
ENVIRONMENT
ENERGY
EDUCATION

Solaroffice Seebronn

Wohnen und Arbeiten im Solarhaus

Klaus Lambrecht
ECONSULT Umwelt Energie Bildung GbR
Buchenweg 12, D-72108 Rottenburg
Tel. 07457-91933, Fax 07457-91935
http://www.solaroffice.de

Architekt: Dipl.-Ing. Gottfried Haefele
Oed & Haefele Architekten BDA
Kelternstr. 9, D-72070 Tübingen
Tel. 07071-23656, Fax 07071-21008, eMail: oed+haefele@cityinfonetz.de
http://www.oedhaefele.de

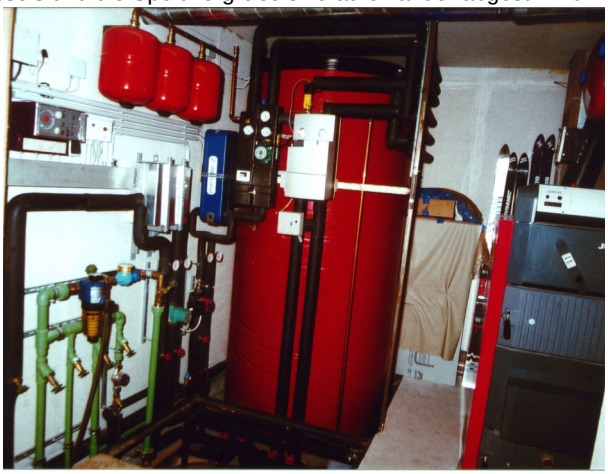
Beim Neubau des Solaroffice Seebronn standen hohe Anforderungen in Bezug auf Ökologie und solares Bauen im Vordergrund. Schließlich lag es nahe, die hohe

Kompetenz der ECONSULT in Sachen Solarenergie und Gebäudeoptimierung am eigenen Büro zu demonstrieren. Die **Beheizung** des Hauses erfolgt **rein regenerativ mit Solaranlage und Holzzentralheizung**. Mit der Integration der Solaranlage in die **Fassade** soll das positive Zusammenspiel von Solarnutzung und hoher Gestaltungsfähigkeit demonstriert werden. Bei der Planung und Realisierung dieses Gebäudes ging es um eine ganzheitlich konzipierte **Qualität von Architektur**, die ästhetisch erfahrbar und dabei zugleich als ökologisch zukunftsträchtige Anlagentechnik wirksam ist.

Mit einem gemessenen Endenergiebedarf für Warmwasser und Heizung von 14,4 kWh/(m^2a) wurden die Planwerte deutlich unterschritten. Im Solaroffice Seebronn werden über 70% des Wärmebedarfs von der Solaranlage gedeckt. Gebäudehülle und Anlagentechnik wurden mittels dynamischer Gebäudesimulation unter Berücksichtigung des Nutzerverhaltens optimiert. Dadurch wurde erreicht, dass das Gebäude mit unter 10 kWh/m²a Heizwärmebedarf weit unter dem **Passivhausstandard** liegt. Dies ist unter einem Zehntel des durchschnittlichen Heizwärmebedarfs bestehender Gebäude, und rund ein Sechstel dessen von Niedrigenergiehäusern.

Die vorgefertigten **Holzrahmen** sind für das Haus ebenso typisch wie deren Füllung mit Zellulose-Dämmstoff. Die Dämmstärke beträgt in den Außenwandteilen 26 bis 37 cm, im Dach 30 cm, was U-Werte unter 0,2 W/(m^2K) bzw. 0,18 W/(m^2K) ermöglicht. Eine sägeraue, hinterlüftete Lärche-Schalung bildet den Wetterschild, allerdings nicht an der Südfassade, denn in diese sind **34 m^2 Sonnenkollektoren mit selektiv beschichteten (TiNOX) Kupferabsorbern** und zahlreiche Fenster integriert. Die Kollektoren decken **über 50% des Wärmebedarfes**, den Rest steuert der Holzvergaser-Kessel bei. Zwischen Wärmeerzeugung und der Wärmeabgabe sorgt ein 2 m^3-Wasserspeicher mit

Schichtenlader für den energetischen Ausgleich. Der ist durchaus nötig, denn der holzbeschickte Kessel leistet 14 kW – kleinere Stückholzkessel sind auf dem Markt nicht erhältlich – und der Wärmeleistungsbedarf des Hauses liegt zwischen 4 und 5 kW. Füllvolumen des Kessels und die Speichergröße sind aufeinander abgestimmt: Mit einer Brennraumfüllung lässt sich der Speicher vollständig laden, was einer Temperaturerhöhung des Wassers von 20 auf 85°C entspricht. Die Wärmeabgabe erfolgt großflächig über **Wand- und Fußbodenheizung**, um mit sehr niederen Vorlauftemperaturen fahren zu können.



Die **Betriebserfahrungen** von 3 Jahren belegen die Richtigkeit der Entscheidung für das Energiekonzept einschließlich Erdregister. Die Luftaustrittstemperaturen in den Räumen lagen im Sommer bis zu 12 K unter der Außentemperatur. Der nötige Luftwechsel konnte somit ohne Erwärmung der Räume durch die heiße Sommerluft geschehen. Dies trägt neben dem Filtern der Luft (Stichwort Heuschnupfen) wesentlich zum Wohlbefinden im Gebäude bei.

In den Wintermonaten trugen die Wand- und Fußbodenheizungen aus Kupfer durch den hohen Anteil von Strahlungswärme wesentlich zu **Behaglichkeit** bei. Auch macht die Nutzung von Solarenergie zu Heizzwecken nur Sinn, wenn die Wärmeabgabe auf einem niederen Temperaturniveau geschehen kann. Für den Architekten eröffnen sich durch den Einsatz von Flächenheizungen neue Dimensionen der Gestaltung von Innenräumen.

Für die Ausführung des Solarhauses mit Solarfassade, Flächenheizungen und Lüftungssystem mit Erdwärmetauscher anstatt der „klassischen“ Passivhausausführung haben primär 4 Gründe gesprochen:

1. **Verbesserte Wirtschaftlichkeit**

   Zur Halbierung des Wärmebedarfs auf unter 15 kWh/m²a wären folgende Maßnahmen nötig geworden: 3-fach-Verglasung, durchschnittlich 15 cm mehr Wärmedämmung und eine WRG in der Lüftungsanlage. Die Mehrkosten dafür beliefen sich auf 42 TEUR. Hingegen hat die Solarfassade mit Speicher 19 TEUR gekostet, hierin sind sogar die Kosten der solaren Trinkwassererwärmung enthalten. Bei diesem Gebäude hat die Entscheidung für eine solare Raumheizung – wohlgemerkt bei geringerem Endenergiebedarf wie im Passivhaus – zu Minderkosten von über 20 TEUR geführt.

2. **CO_2-neutrale Beheizung**

   Der Wärmebedarf des Gebäudes wird komplett CO_2-neutral mit Sonne und Holz gedeckt.

3. **Gestaltung und Ästhetik**

   Mit der Integration der Solaranlage in die Fassade wird das positive Zusammenspiel von Solarnutzung und hoher Gestaltungsfähigkeit demonstriert. Bei der Planung und Realisierung dieses Gebäudes ging es um eine ganzheitlich konzipierte **Qualität von Architektur**, die ästhetisch erfahrbar und dabei zugleich als ökologisch zukunftsträchtige Anlagentechnik wirksam ist.

4. **Wohnkomfort**

   Die Flächenheizungen und die Lüftungsanlage tragen wesentlich zu hohen Wohnkomfort bei. Der Erdwärmetauscher der Lüftungsanlage bewirkt nicht nur eine Lufterwärmung im Winter, sondern trägt durch die Luftkühlung in den heißen Sommermonaten zu behaglichen Innenraumtemperaturen bei. Durch die Flächenheizungen lassen sich die Räume individuell temperieren, nahezu ausschließlich über Strahlungswärme. Im Passivhaus mit einer Beheizung durch die Lüftungsanlage über ein zentrales Heizregister werden zwangsläufig auch Schlafräume (sofern dort die Lüftungsanlage für den Luftwechsel sorgt) auf dem gleichen Temperaturniveau wie die Wohnräume gehalten.

Die Holzheizung musste im gesamten Jahr nur insgesamt 20mal angeheizt werden. Im zweiten Winter (1999/2000) wurden knapp 2 Raummeter Holz benötigt (was rund 3600 kWh Heizwert entspricht), im dritten rund 1 ½ Raummeter (2700 kWh). Für ein Gebäude mit einer Nutzfläche A_N = 249,6 m² einschließlich Trinkwassererwärmung für eine 5köpfige Familie und das Büro mit 3 Arbeitsplätzen ist dies ein hervorragender Wert – sozusagen ein „1-Liter-Haus“, und das auch noch fast CO_2-neutral. Der gemessene Wärmebedarf für die Raumheizung von unter 10 kWh/m²a lag somit deutlich unter den Planwerten. Sicherlich hat auch ein energiebewusstes Nutzerverhalten wesentlich zum geringen Energiebedarf beigetragen.

Es ist gelungen, anspruchsvolles solares Bauen im oberen Komfortbereich mit **Baukosten** von 330 EUR/m³ zu realisieren. Darin ist die solarthermische Anlage bereits enthalten. Bei den notwendig niederen Vorlauftemperaturen sind die Flächenheizungen wesentlich günstiger als Heizkörper. Die sehr **niedrigen Betriebskosten** unterstreichen deutlich zu Zukunftsfähigkeit des solaren Bauens.

Fünf weitere Punkte verdienen besondere Beachtung:

Planungs- und Baurecht

Vom gültigen Bebauungsplan (32° Dachneigung, max. 3,50 m Traufhöhe) konnte eine Befreiung erreicht werden. Die Argumente der Bauherrschaft und des Architekten bezüglich optimaler Neigung und Orientierung der Kollektorfassade sowie der Neigung der begrünten Dachfläche waren für die Behörden stichhaltig.

Energiemanagement und Elektrogeräte

Das Energiemanagement erfolgt mit dem Standard-EIB (Europäischer Installationsbus) von Jung. Büro und Haushalt sind mit modernen stromsparenden Geräten ausgestattet. So hat die Waschmaschine eine speziellen Anschluss für Warmwasser (Miele Allwater); der Strombedarf für eine 60°-Wäscheladung beträgt nur 0,48 kWh (Messwert!) bei einem Wasserbedarf von lediglich 39 Litern.

Solaranlage

34 m² fassadenintegrierte vollflächige *Kollektoren* (Solar-Roof von Wagner & Co/Cölbe) mit selektiv beschichteten Kupferabsorbern auf der um 15° geneigten Südwand dienen gleichzeitig als zusätzliche Wärmedämmung (keine Hinterlüftung). Die erstmals durchgeführte Fassadenintegration der Solar-Roof-Module wurde durch die versierten Spezialisten der SolarCelsius OHG/Bingen gemeistert.

Die Wärme wird im 2 m³ großen Pufferspeicher mit Schichtenlader, dem Solvis Stratos, zwischengespeichert. Der Speicher speist auch die elektronisch geregelte Frischwassererwärmung.
Eine *Photovoltaikanlage* mit 15 m² und 2,04 kW_p (Kilowatt Spitzenleistung), die mit einem gemessenen jährlichen Ertrag von 1750 kWh/a über die Hälfte des gesamten Strombedarfs des Gebäudes erzeugt, ist auf dem Bürovordach installiert.

Lüftungsanlage

Die Zuluft wird über ein Erdregister (42 m Rohre mit Nennweite DN100) mit vorgeschaltenem Filter dem Gebäude zugeführt. Dafür sorgt ein Konstantvolumenstrom-Gebläse von Fresh mit sehr sparsamem Gleichstrommotor. Sind Zuluftklappen in den Räumen teilweise geschlossen, baut der Lüfter einen höheren Druck auf und hält damit den Volumenstrom ins Gebäude konstant. Das

Erdregister erfüllt gleichzeitig die Funktion der Verteilung, indem die Rohre unter der Bodenplatte mit 4 Abgängen ins Gebäude gehen.
Die Abluft wird in den Bädern, Toiletten sowie Küche und Hauswirtschaftsraum abgesaugt.

Die Luftdichtheit

wurde mit dem Blower-Door-Verfahren überprüft. Der n_{L50}-Wert beträgt 0,8/h. Die akribisch genaue Ausführung auch der luft- und winddichten Schichten durch die Zimmerleute der haben somit zum gewünschten Erfolg geführt.

Ökologische Materialwahl

Konsequent wurden umweltverträgliche und langlebige Produkte eingesetzt:

- Parkettböden aus Eiche geölt und gewachst, auf Kreuzlattung genagelt, Bodendämmung mit Zellulose
- naturbelassenes sichtbares Deckengebälk
- Wände mit Gipsfaserbeplankung bzw. gebürsteter Lehmputz
- Naturharzdispersionsanstriche
- Innenausbau der Wohnräume und des Büros im Erdgeschoss in Lehm-Massivbauweise mit Lehmputz
- Wand- und Fußbodenheizung in Kupfer
- Baumwolldämmung als Schallschutz in den Zwischenwänden im Obergeschoss
- Außendämmung aus Zellulose, Holzfaser und Baumwolle
- Außenbekleidung aus Holz-Dreischicht-Platten und sägerauher, naturbelassener Lärchestülpschalung
- Fenster mit Vollholzrahmen mit Dickschichtlassur und Aluleiste als Wetterschutz am unteren Rahmenschenkel
- Solarkollektoren mit TiNOX-Beschichtung auf Kupferabsorber
- begrünte Dachflächen
- Terrassen aus naturbelassener Lärche

Westansicht; Fassade mit Lärcheschalung; begrüntes Flach- und Pultdach

Das Gebäude wurde mit dem Preis „Beispielhaftes Solarprojekt 1999“ der Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. ausgezeichnet. Weitere Infos zum Thema „Solares Bauen“ von den Autoren oder im Internet unter www.solaroffice.de.

Technische Daten des Gebäudes

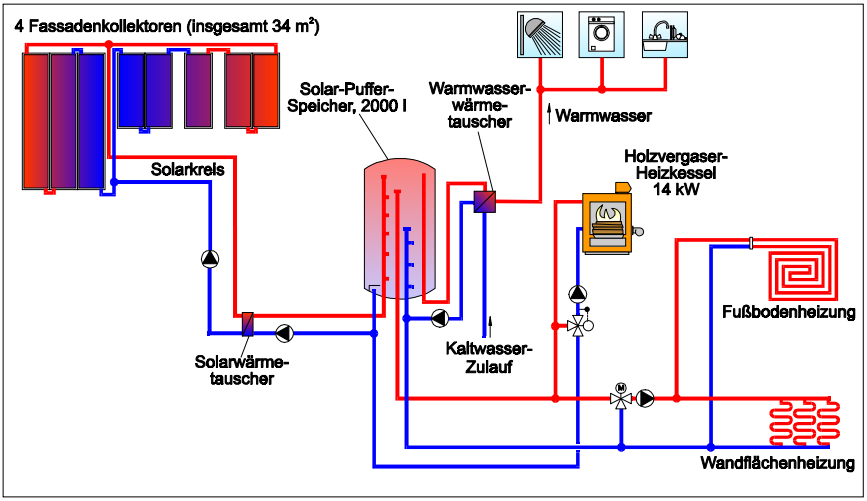
Bauteil	Bautiefe der Wärmedämmung	U-Wert
Dach	30 cm	0,18 W/(m² K)
Außenwände	26 - 37 cm	0,12 - 0,20 W/(m² K)
Bodenplatte	15 cm	0,28 W/(m² K)
Radgarage Nord	16 - 22 cm	0,23 - 0,35W/(m² K)
Verglasung	-	1,4 W/(m² K), g=0,58

Beheiztes Volumen V_e = 780 m³

Gebäudenutzfläche A_N = 249,60 m²

Statt Unterkellerung wurde ein Gartenkeller in Gewölbebauweise erstellt.

Gebäudetechnik



Anlagenschema der Heiz- und Solartechnik

Kollektoren

- 34 m² fassadenintegrierte Kollektoren (Fabrikat: Wagner, Typ: Solar-Roof) mit selektiv beschichteten (TiNOX) Kupferabsorbern auf der um 15° geneigten Südwand dienen gleichzeitig als zusätzliche Wärmedämmung

Solarspeicher

- 2 m³ Solarschichtenspeicher (Fabrikat: SOLVIS, Typ: Stratos) mit Anbindung an die Zentralheizung
- Hygienische Warmwasserbereitung im Durchflussverfahren mit externem Plattenwärmetauscher

Stückholzkessel

- Holzvergaserkessel (Fabrikat: Justus, Typ: Ligotherm 14 kW)

Wärmeverteilung

- Wandheizflächen aus Kupfer kombiniert mit Fußbodenheizung

Be- und Entlüftung

- Mechanische Entlüftung der Sanitärräume und der Küche
- Mechanische Zuluftführung über ein Erdregister (42m lang, DN100) in die Wohn-, Schlaf- und Büroräume
- dadurch Vorwärmung der Zuluft im Winter und Kühlung im Sommer
- außerdem Filterung der Zuluft (Stichwort Heuschnupfen)

Netzgekoppelte Photovoltaikanlage

- 24 PV-Module, Fabrikat: BP-Solar, Typ: BP585F,
- insgesamt 2,04 kW_p, zur Wartung aufstellbar
- Solarwechselrichter, Fabrikat: SMA, Typ: Sunnyboy SWR 2400 GCI
- Deckung von über 60% des Strombedarfes (Ertrag ca. 1.750 kWh/Jahr)

Kurzvita des Autors

Klaus Lambrecht

Diplom-Physiker. Inhaber der ECONSULT Umwelt Energie Bildung GbR - Training und Unternehmensberatung. Studium der Physik und Volkswirtschaftslehre in Freiburg, Edinburgh und München. Diplomarbeit am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. Seit 1989 in der Solarforschung (Kollektor- und Speicherentwicklung). 1995 Gründung von ECONSULT mit den Schwerpunkten Gebäudeenergiekonzepte für Neubau und Sanierung, Fachseminare und Workshops sowie Lern- und Informationssoftware.

Zahlreiche Fachseminare für Architekten, Ingenieure und Handwerker. Leiter von zwei EU-Projekten zur Markteinführung von Solartechnik. Mitglied mehrerer Fachgremien zu EnEV, Solartechnik und Fortbildung bei der Bundesarchitektenkammer und Fachverbänden.

Lehrauftrag an der Fakultät für Architektur der Universität Stuttgart. Dozent mehrerer Architekten- und Ingenieurkammern zu den Themen Energiekonzepte, Anlagen-technik, Solartechnik, Gebäudesimulation und Energieeinsparverordnung EnEV.

Projektförderungen durch Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Europäische Kommission und Landesgewerbeamt Baden-Württemberg.

Ausführliche Informationen und Referenzen unter http://www.solaroffice.de

Kontakt:
ECONSULT Umwelt Energie Bildung GbR
Dipl.-Phys. Klaus Lambrecht
Buchenweg 12
D-72108 Rottenburg
☏ +49 (0)7457 / 91933
🖷 +49 (0)7457 / 91935
✉ info@solaroffice.de
🌍 www.solaroffice.de