

Integration von Solartechnik

Klaus Lambrecht

Der Solarmarkt ist in den 90er Jahren so richtig in Schwung gekommen. Im Bereich der Solarthermie – also solare Warmwassererzeugung und Heizungsunterstützung – lagen die jährlichen Wachstumsraten bei 20 – 30%. Diese Wachstumsraten blieben auch auf diesem konstant hohen Niveau, als die Entwicklung in der Baubranche eher zurückhaltend bis schwierig wurde. Der Solarmarkt ist noch ein kleiner Markt – aber er ist ein Zukunftsmarkt par excellence. In 2003 wurden 750.000 m² Sonnenkollektoren neu installiert, für 2004 wird mit über 1 Million Quadratmetern gerechnet. Bei Ein- und Zweifamilienhäusern haben inzwischen über 5% eine solarthermische Anlage, jährlich werden über 700.000 Tonnen CO₂ eingespart.

Solare Trinkwassererwärmung

Die Trinkwassererwärmung ist die derzeit noch häufigste Anwendung für solarthermische Anlagen. Über das Jahr betrachtet ist der Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung relativ konstant. Demgegenüber unterliegt das Strahlungsangebot der Sonne in unseren Breiten starken jahreszeitlichen Schwankungen. Dennoch kann der Warmwasserbedarf über einen langen Zeitraum im Jahr zum größten Teil gedeckt werden. Meist wird die Kollektorfläche so ausgelegt, dass in den Sommermonaten ein leichter Solarwärmeüberschuss erzeugt wird, um in diesem Zeitraum eine annähernde Volldeckung des Wärmebedarfes zu erreichen. Damit die konventionelle Nachheizung durch einen Heizkessel in dieser Zeit ganz entfallen kann. In den Übergangsjahreszeiten Frühling und Herbst, und besonders in den Wintermonaten wird der Restwärmebedarf durch die Nachheizung gedeckt. Über das Jahr gesehen kann etwa die Hälfte bis zwei Drittel des Warmwasserbedarfes über die Solaranlage gedeckt werden. Eine ganzjährige Volldeckung ist in der Regel nicht zu erreichen, da in diesem Fall die Kollektorfläche und auch das Speichervolumen extrem überdimensioniert werden müssten. Zur Auslegung von Standardanlagen zur Trinkwassererwärmung wird zunächst über den Warmwasserbedarf Speichergröße ermittelt. Um auch einen bewölkten Tag ohne konventionelle Nachheizung zu überdauern, sollte der Solarspeicher die 1,5- bis 2-fache Menge des täglichen Warmwasserbedarfes von durchschnittlich 50 Litern pro Person und Tag bevorraten. Die Kollektorgröße wird mit Hilfe von Auslegungsdiagrammen ermittelt. Bei einer jährlichen Deckungsrate von 65 %

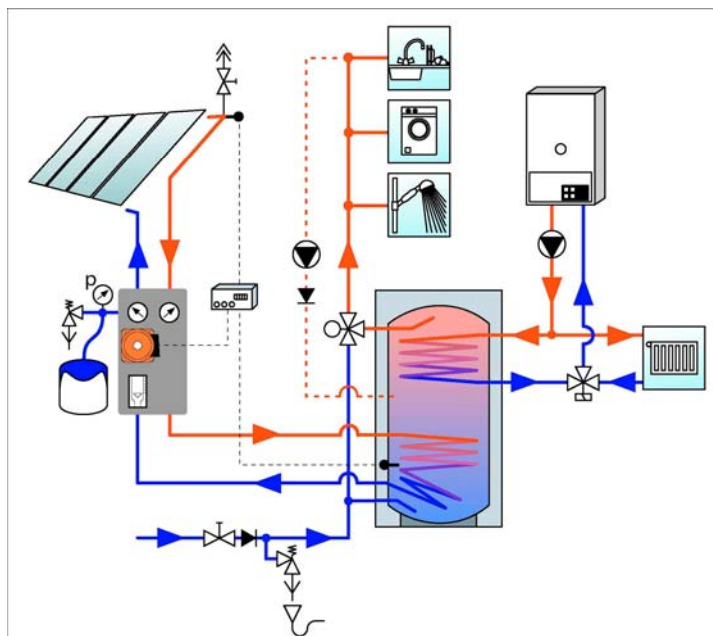


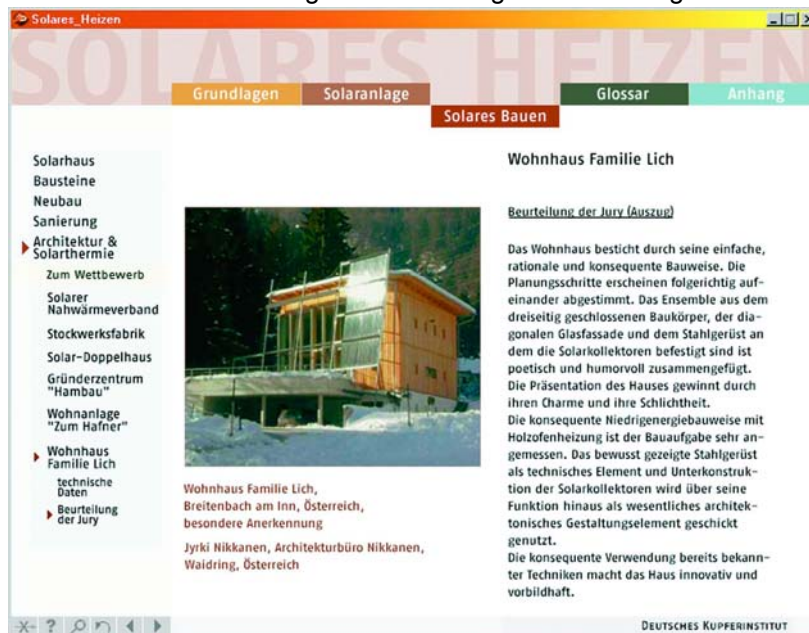
Abbildung 1: Schaltschema solare Trinkwassererwärmung.

benötigt man demnach für einen 4-Personenhaushalt rund 5 m² Kollektorfläche mit Flachkollektoren bzw. 3 bis 4 m² mit Vakuum-Röhren-Kollektoren und einen Speicher mit 300 bis 400 Liter Volumen. Unter besonderen Bedingungen wie nicht optimale Ausrichtung, Verschattung der Kollektoren oder auch individuelles Nutzerverhalten können sich zum Teil erhebliche Abweichungen ergeben. Eine gute Hilfe bei der Planung bieten spezielle Simulationsprogramme, mit deren Hilfe sich genaue Prognosen über die Leistungsfähigkeit einer thermischen Solaranlage errechnen lassen. Bei der Warmwasserverteilung sollte auf eine gute Dämmung der Rohrleitungen geachtet und die Warmwasserzirkulation so gering wie möglich gehalten werden. Über einen Temperaturfühler am Zirkulationsrücklauf kann die Zirkulationspumpe optimal energie- und betriebskostensparend gesteuert werden.

Solares Heizen

Zusätzlich zur solaren Trinkwassererwärmung kann auch ein Teil der Heizenergie durch eine thermische Solaranlage gedeckt werden. Über das Jahr betrachtet sind jedoch der Heizenergiebedarf eines Gebäudes und der Solarertrag einer Solaranlage stark gegenläufig. In der kältesten Jahreszeit ist der Wärmebedarf am höchsten, die Sonneneinstrahlung jedoch am geringsten. Zudem verschlechtert sich bei niedrigen Außentemperaturen der Wirkungsgrad eines Solarkollektors wegen erhöhter Wärmeverluste. Daher lässt sich eine ganzjährige Voldeckung der Heizenergie nur bei sehr gut gedämmten Häusern und mit Hilfe von recht großen Kollektorflächen und Pufferspeichern verwirklichen. Meist begnügt man sich daher mit einer solaren Heizungsunterstützung in der Übergangszeit. Bei der Planung von Solaranlagen mit Heizungsunterstützung müssen die Heizflächen des Gebäudes für eine solare Nutzung geeignet sein. Entscheidend sind möglichst niedrige Vor- und Rücklaufemperaturen. Es empfiehlt sich der Einsatz von Fußboden- oder Wandflächenheizungen. Aber auch großzügig dimensionierte Radiatoren oder Konvektoren mit niedrigen Vorlaufemperaturen unter 45° C sind geeignet. Durch diese technischen Vorgaben ergibt sich, dass nicht jede Heizungsanlage von bestehenden Gebäuden durch eine Solaranlage mit Heizungsunterstützung sinnvoll ergänzt werden kann. Häufig sind die Heizflächen älterer Gebäude auf Vorlaufemperaturen von 75°C oder höher ausgelegt. Werden diese Gebäude gedämmt, reduzieren sich automatisch die Heizkreistemperaturen und die solare Heizungsunterstützung kann effizient arbeiten. Bei Neubauten begünstigt der allgemeine Trend gut gedämmten Hüllen und zu Heizsystemen mit niedrigen Vorlaufemperaturen eine solare Heizungsunterstützung.

Auch bei Dimensionierung von Solaranlagen mit Heizungsunterstützung wird zunächst das



Speichervolumen für den Warmwasserbedarf anhand der Personenzahl ermittelt. Zusätzlich muss dazu aber noch ein Speichervolumen für die Heizungsunterstützung vorgehalten werden. Die Größe der Kollektorfläche ist hier jedoch vom Nutzungszeitraum der Heizungsunterstützung abhängig. So ergibt sich beispielsweise bei einem 4-Personen-Haushalt (120 m² beheizte Fläche, Heizwärmebedarf 60 kWh/m²a) für eine Solaranlage mit Heizungsunterstützung in der Übergangszeit ein Speichervolumen von etwa 800 l und eine Fläche von rund 12 m² Flachkollektor. Für dieses Beispiel könnten bis zu 25% des Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasser solar gedeckt werden.

Abbildung 2: Solares Heizen, Informations-CD für Architekten (www.solaresheizen.de)

Bewertung nach EnEV

Zur Berechnung des Primärenergiebedarfs können solarthermische Anlagen mit einer Erzeugungsaufwandszahl $e_g = 0$ eingesetzt werden. Solare Trinkwassererwärmung reduziert den Primärenergiebedarf eines EFH um rund 10%. Diese Berechnungsmöglichkeit ist in allen EnEV-Programmen integriert (siehe DAB 10/2003 und Datenbank unter www.solaroffice.de > EnEV-Software).

Die Bewertung der solaren Heizungsunterstützung ist mit Hilfe anerkannter Simulationsprogramme möglich; eine EnEV-Schnittstelle hat bislang das Programm GetSolar (www.getsolar.de). Hier sind mit entsprechend großen Solaranlagen Optimierungen des Primärenergiebedarfs um 30% und mehr möglich.

Wer sich einen Marktüberblick verschaffen will, findet auf der homepage der Hochschule Rapperswil (CH) die Testergebnisse nahezu aller Sonnenkollektoren frei zugänglich (www.spf.ch).

Solartechnik und Architektur – am Beispiel des Solaroffice Seebronn

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

*Abbildung 3:
Solaroffice Seebronn.
Rein regenerative
Wärmeversorgung mit
Sonne und Holz.
Solarfassade zur
Wärmegewinnung,
Photovoltaik auf dem
Bürodach.*



Mit einem gemessenen Endenergiebedarf für Warmwasser und Heizung von 14,4 kWh/(m²a) 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 Heizenergiebedarf weit unter dem **Passivhausstandard** liegt. Dies ist unter einem Zehntel des durchschnittlichen Heizenergiebedarfs bestehender Gebäude, und rund ein Sechstel dessen von Niedrigenergiehäusern.

Die Wände bestehen aus vorgefertigten **Holzrahmen** und 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/(m²K) bzw. 0,18 W/(m²K) ermöglicht. Eine sägeraue, hinterlüftete Lärche-Schalung bildet den Wetterschild, allerdings nicht an der Südfassade, denn in diese sind **34 m² Sonnenkollektoren mit selektiv beschichteten Kupferabsorbem** und zahlreiche Fenster integriert. Die Kollektoren decken **über 70% des Wärmebedarfes**, den Rest steuert der Holzvergaser-Kessel bei. Zwischen Wärmeerzeugung und der Wärmeabgabe sorgt ein 2 m³-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 bei 5 kW. Füllvolumen des Kessels und die Speichergöße 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 5 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 – wohlgermerkt bei geringerem Endenergiebedarf wie im Passivhaus – zu Minderkosten von über 20 TEUR geführt.

2. **CO₂-neutrale Beheizung**

Der Wärmebedarf des Gebäudes wird komplett CO₂-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 zukunftssträchtige Anlagentechnik wirksam ist.

4. **Wohnkomfort**

Die Flächenheizungen und die Lüftungsanlage tragen wesentlich zu hohem 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.



Abbildung 4: Solarfassade als gestalterisches Element.

Die Holzheizung musste im Durchschnitt jährlich nur insgesamt 20mal angeheizt werden, der Verbrauch liegt bei knapp 2 Raummeter Holz (was rund 3600 kWh Heizwert entspricht). Für ein Gebäude mit einer Nutzfläche $A_N = 249,6 \text{ m}^2$ einschließlich Trinkwassererwärmung für eine 5köpfige Familie und das Büro mit 4 Arbeitsplätzen ist dies ein hervorragender Wert – sozusagen ein „1-Liter-Haus“, und das auch noch fast CO₂-neutral. Der gemessene Energieverbrauch für die Raumheizung von unter 10 kWh/m²a lag somit deutlich unter den Planwerten. Sicherlich hat auch ein energiebewusstes Nutzerverhalten mit zum geringen Energieverbrauch 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 niedrigeren Vorlauftemperaturen sind die Flächenheizungen wesentlich günstiger als Heizkörper. Die sehr **niedrigen Betriebskosten** unterstreichen deutlich die Zukunftsfähigkeit des solaren Bauens.

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

Steckbrief des Gebäudes

Architekt: Gottfried Haefele,
Oed & Haefele Architekten BDA, Tübingen

Beheiztes Volumen $V_e = 780 \text{ m}^3$
Gebäudenutzfläche $A_N = 249,60 \text{ m}^2$
Statt Unterkellerung wurde ein Gartenkeller
in Gewölbbebauweise erstellt.

Bauteil	Bautiefe der Wärmedämmung	U-Wert
Dach	30 cm	0,18 W/(m ² K)
Außenwände	26 - 37 cm	0,12 - 0,20 W/(m ² K)
Bodenplatte	15 cm	0,28 W/(m ² K)
Radgarage Nord	16 - 22 cm	0,23 - 0,35W/(m ² K)
Verglasung	-	1,4 W/(m ² K), g=0,58

Gebäudetechnik

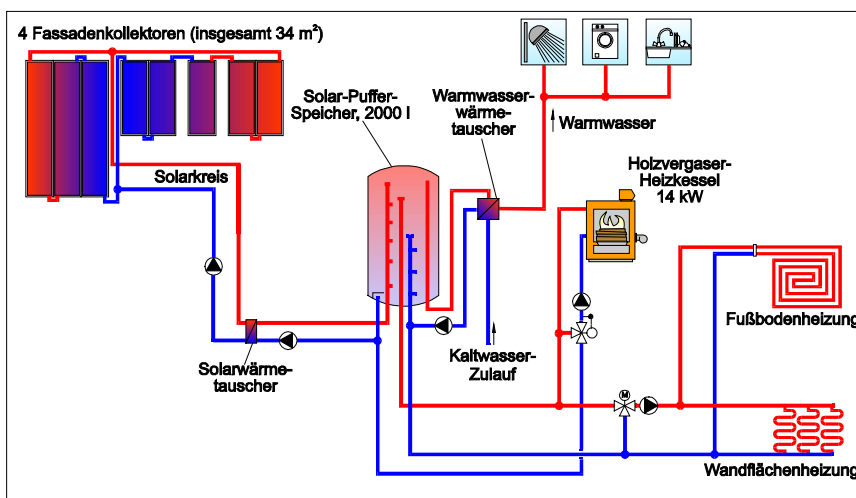


Abbildung 5:
Anlagenschema der Heiz-
und Solartechnik

Kollektoren

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

Solarspeicher

- 2 m³ Stratos-Solarschichtenspeicher mit Anbindung an die Zentralheizung
- Hygienische Warmwasserbereitung im Durchflussverfahren mit externem Plattenwärmetauscher

Stückholzkessel

- Holzvergaserkessel 14 kW

Wärmeverteilung

- Wandheizflächen aus Kupfer (teilweise unter Lehmputz) 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, insgesamt 2,04 kW_p
- Deckung von über 60% des Stromverbrauchs (Ertrag 1.750 – 2.050 kWh/Jahr)

Quellen:

1. Solares Heizen. CD-ROM. Herausgeber: Deutsches Kupfer-institut. Autoren: K. Lambrecht, U. Jungmann, A. Wolf u.a.. www.solaresheizen.de. 2003
2. Architektur & Solarthermie. P. Steiger, K. Lambrecht, A. Häberle u.a.. Verlag Das Beispiel, 2002
3. Solartechnik. In: Rebuild Le Corbousier. K. Lambrecht. Universität Stuttgart, IBBTE, 2003 (download als pdf unter www.solaroffice.de > Publikationen)

Autor:

Klaus Lambrecht

Diplom-Physiker. Inhaber der ECONSULT in D-72108 Rottenburg. Lehrauftrag an der Universität Stuttgart, Fakultät für Architektur. Schwerpunkte: Solares Bauen, dynamische Gebäudesimulation, Energie- und Klimakonzepte sowie Coaching von Architekten.
Kontakt: www.solaroffice.de