



Vom Solar-Pufferspeicher
zur solaren Heizzentrale

Solares Heizen

Teil 1

Thomas Krause*

Die solare Heizungsunterstützung ist ein sinnvoller Beitrag zur Energieeinsparung und zur Schadstoffreduzierung dar. Und wenn Investitions- und Installationskosten durch integrative Systeme gesenkt werden können, werden sich diese Anlagen zunehmend auf dem Markt durchsetzen. Im Mittelpunkt des folgenden Beitrags stehen deshalb Konzepte und die Auslegung von Solaranlagen zur Heizungsunterstützung.

Konzepte zur solaren Heizungsunterstützung stellen einen sinnvollen Beitrag zur Einsparung fossiler Energie und damit zur notwendigen Schadstoffreduzierung dar (Bild 1). Besonders wenn die Investitions- und Installationskosten durch integrative Systeme gesenkt werden können, werden sich diese Anlagen auch mehr und mehr auf dem Markt durchsetzen. Be-

reits jetzt können „Kombianlagen mit dem Kosten-Nutzen-Verhältnis der Warmwasseranlage bestens konkurrieren“ (Thomas Pauschinger, TZS und ITW in: Heizen mit der Sonne, SBZ 7/97).

Den Energieverbrauch reduzieren

Wie Bild 2 zeigt, nimmt der Energiebedarf von Wohngebäuden mit zunehmendem besserem Dämmstandard wesentlich ab: Während ein Gebäude im Bestand (Durchschnittswert eines Hauses vor 1980) noch ca. 225 kWh/m² Heizenergie benötigt, hat sich der Bedarf für ein Haus nach der Wärmeschutzverordnung von 1995 schon um den Faktor 2,25 (!) auf 100 kWh/m² reduziert. Der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung wird dabei als konstant ange-

nommen. Somit wächst die Möglichkeit, einen wesentlichen Anteil des Energiebedarfs durch regenerative, solare Energie zu decken und damit auch die Bereitschaft, diese Technik als Möglichkeit der weiteren CO₂-Reduzierung einzusetzen. Bei Passivenergiehäusern ist sogar der Anteil der Heizenergie am Energiebedarf kleiner als der Warmwasseranteil.

Ersatz fossiler Heizenergie

In Bild 3 ist der Deckungsanteil einer 10 m² Solaranlage bei den jeweiligen Haustypen dargestellt. Während bei einem Haus des Typs „Bestand“ nur ca. 12 % des gesamten Energiebedarfs solar gewonnen werden können, sind es bei einem Haus nach der aktuellen Wärmeschutzverordnung schon 23 %. Besonders gilt dabei zu beachten, daß nach der geplanten ESV 99 aktive Solarenergienutzung dem Wärmebedarf eines Hauses gegengerechnet werden darf.

Bessere Geräte-Wirkungsgrade

Eine weitere Möglichkeit der Energieverbrauch-Reduzierung ist die Verbesserung des Wirkungsgrades der Heizungsanlage. Im Rahmen einer Heizungsanlagenrenovierung besteht ein großes Potential: während ein veralteter Kessel

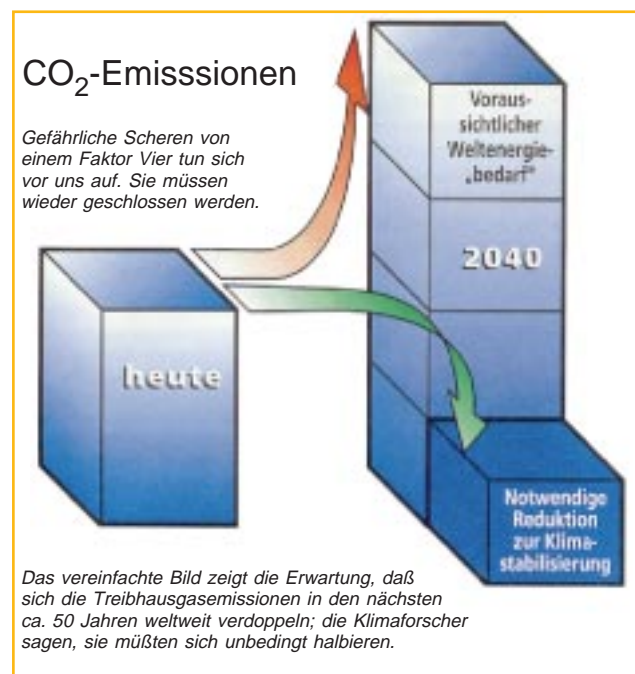


Bild 1 Faktor Vier – die notwendige CO₂-Reduktion

*Dipl.-Ing. Thomas Krause, Solvis Solarsysteme GmbH, 38122 Braunschweig, Fax (05 31) 2 89 04 11

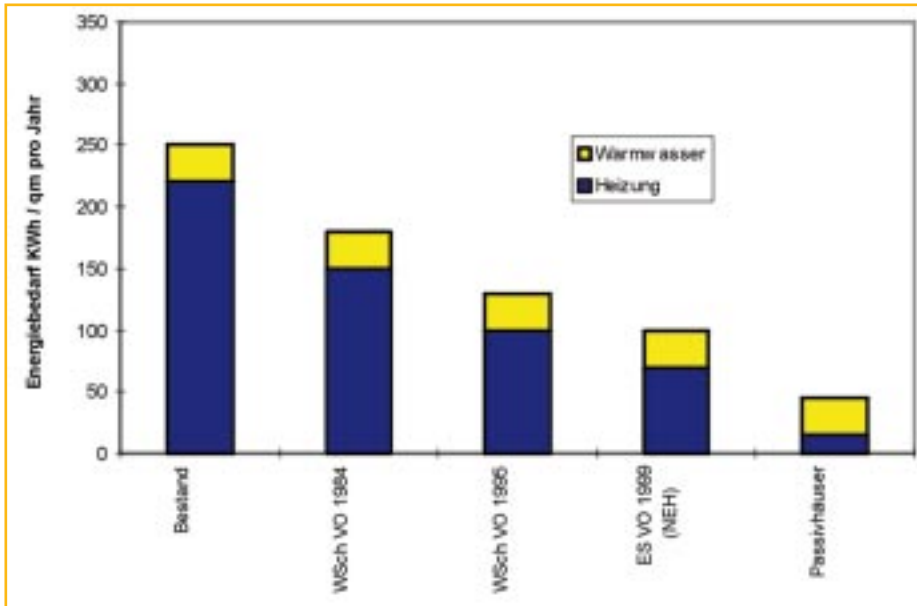


Bild 2 Netto-Energiebedarf von Wohngebäuden pro m2 Wohnfläche (der Warmwasseranteil wurde auf 120 m2 Wohnfläche umgerechnet)

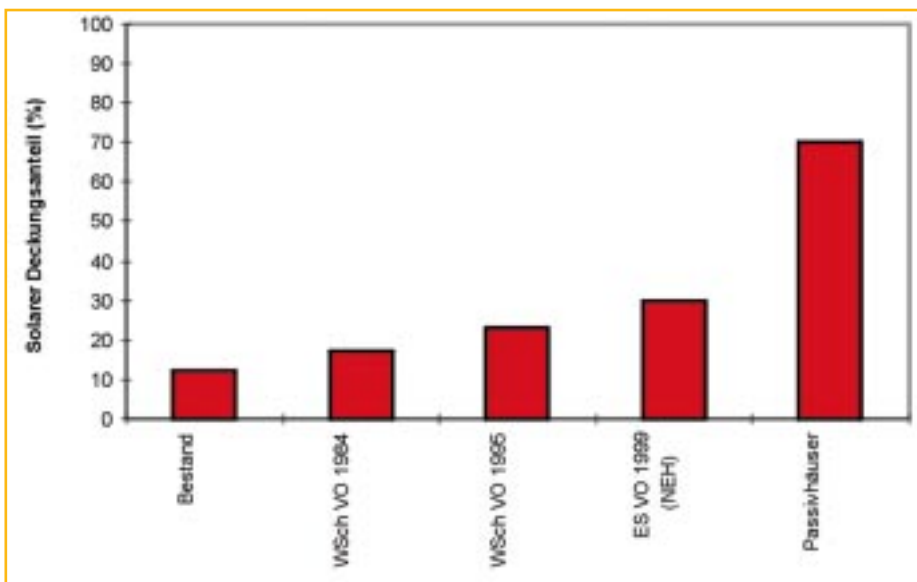


Bild 3 Der Deckungsanteil am Netto-Energiebedarf einer 10-m2-Solaranlage

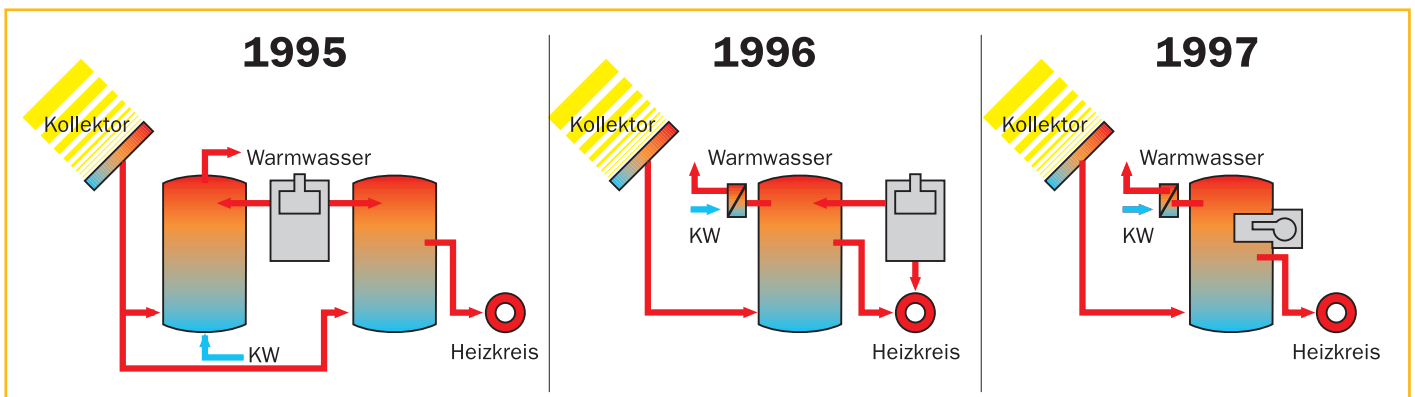


Bild 4 Vollständige Integration der Solaranlage in die Heizungstechnik

noch einen Nutzungsgrad von 65 % hat, kann mit einem Gas-Brennwertgerät ein Jahresnutzungsgrad von bis zu 105 % erreicht werden (bei gleichzeitig wesentlich niedrigeren Emissionen).

Hier sind jetzt die physikalischen Grenzen erreicht. Eine weitere wesentliche Verbesserung des Wirkungsgrades wird nicht mehr erwartet. Lediglich die Schadstoffemissionen könnten durch katalytische Verbrennungsprozesse noch weiter reduziert werden.

Energiesparen

Als letztes sei noch auf das allgemeine „Benutzerverhalten“ hingewiesen. Hier steckt natürlich generell ein bedeutendes Potential zur Energieeinsparung, auf das in diesem Beitrag aber nicht weiter eingegangen werden soll. In den Bild 2 und Bild 3 zugrundeliegenden Berechnungen ist jedoch ein sinnvoller Umgang mit den Ressourcen vorausgesetzt worden (z. B. beim Warmwasserverbrauch).

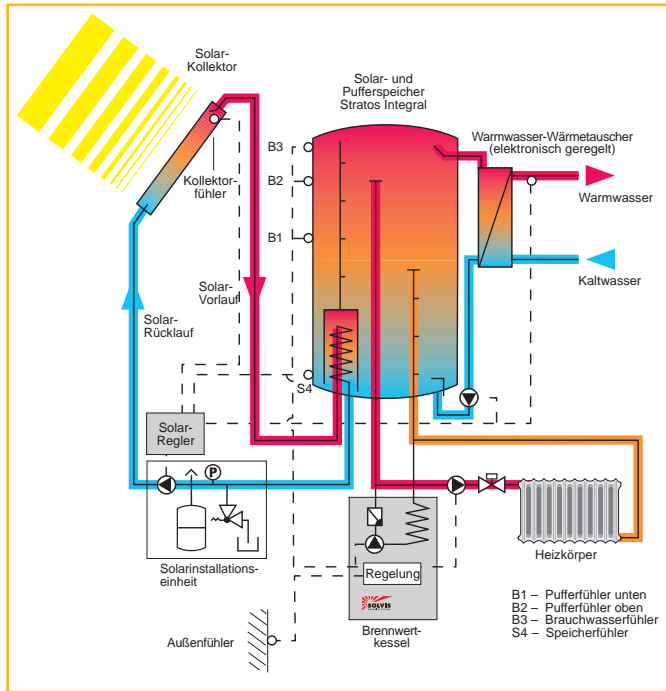
Das Konzept der solaren Heizungsunterstützung

Für die Einbindung der Solarenergie in die Heizungstechnik ist ein Konzept notwendig, das der Solaranlage die Möglichkeit gibt, mit einem guten Wirkungsgrad zu arbeiten: nur niedrige Solarrücklauf-Temperaturen ermöglichen einen guten Kollektorwirkungsgrad und die Möglichkeit, solare Energie effektiv zum Heizen einzusetzen. Gleichzeitig muß das Konzept eine möglichst hohe Integration der Solaranlage in die Haustechnik anstreben, nur so können Kosten gesenkt, Installations-, Abstimmungs- und Bedienfehler vermieden sowie die Regelungstechnik vereinfacht werden.

Kombi-Speicher als Energie-Manager

In einem Kombispeicher werden die Funktionen der Warmwasserbereitung und der Heizwasserspeicherung miteinander verbunden. Zur Integration des Brauchwasser-

Bild 5 Anlagenschema für den „Stratos Integral“



- der Heizungsvorlauf wird oberhalb der Speichermitte abgezogen und je nach Rücklauf­temperatur über den Schichten­lader zurückgegeben. Eine Verwirbelung des Speichers wird somit vermieden.

Wesentliche Merkmale eines Kombi-Speichers

Das Schwedische Solarenergie-Forschungs-Zentrum (SERC) an der Universität Falun/Borlänge hat 10 Kombispeicher in einem 6-Tages-Test verglichen. Das Konzept des „Stratos Integral“ hat mit Abstand am besten abgeschnitten (Bild 6). Daraus lassen sich die wesentlichen Merkmale eines Kombi-Speichers ableiten:

- schnelle Nutzung der Solarwärme durch Einsatz von Low-Flow-System-Technik mit geschichteter Beladung
- Vermeidung von Vermischung im Speicher beim Zapfen des Warmwassers durch Verwendung von externen Plattenwärmetauschern mit geregeltm Volumenstrom
- Reduzierung von Wärmeverlusten durch Verwendung einer geschlossenen Isolierung

speichers in den Heizungspufferspeicher ist die Warmwasserbereitung in den Heizungspufferspeicher zu verlegen, um nur ein Speichermedium bevorraten zu müssen. Eine Möglichkeit ist die Warmwasserbereitung im Direktdurchlauf über einen externen Plattenwärmetauscher. Sie bietet neben der hohen Leistungsfähigkeit die garantiert legionellen-freie Warmwassererwärmung.

Schichtung als Garant für Effektivität

Basis des Konzepts ist der geschichtete Speicher als „Energie-Manager“, in dem jede „Energiequelle“ (Solaranlage, Heizkessel) nur in dem Temperaturbereich einspeichert, der sich auf gleichem Niveau befindet. Denn jede Vermischung führt zu einem Abkühlen einer wärmeren Temperaturschicht und zur Erwärmung einer kälteren Temperaturschicht, der Solarkreis würde unnötig angehoben und unter Umständen würde sogar eine weitere Nachheizung (z. B. des Warmwasserpuffers) ausgelöst werden.

Ebenso wird für jeden „Verbraucher“ die Energie am Punkt mit möglichst entsprechendem Temperaturniveau entnommen und je nach Rücklauf­temperatur wieder zugeführt:

- Pufferwasser zur Warmwasserbereitung wird ganz oben dem Speicher entnommen und (als kältestes Wasser im System) unten wieder zugeführt

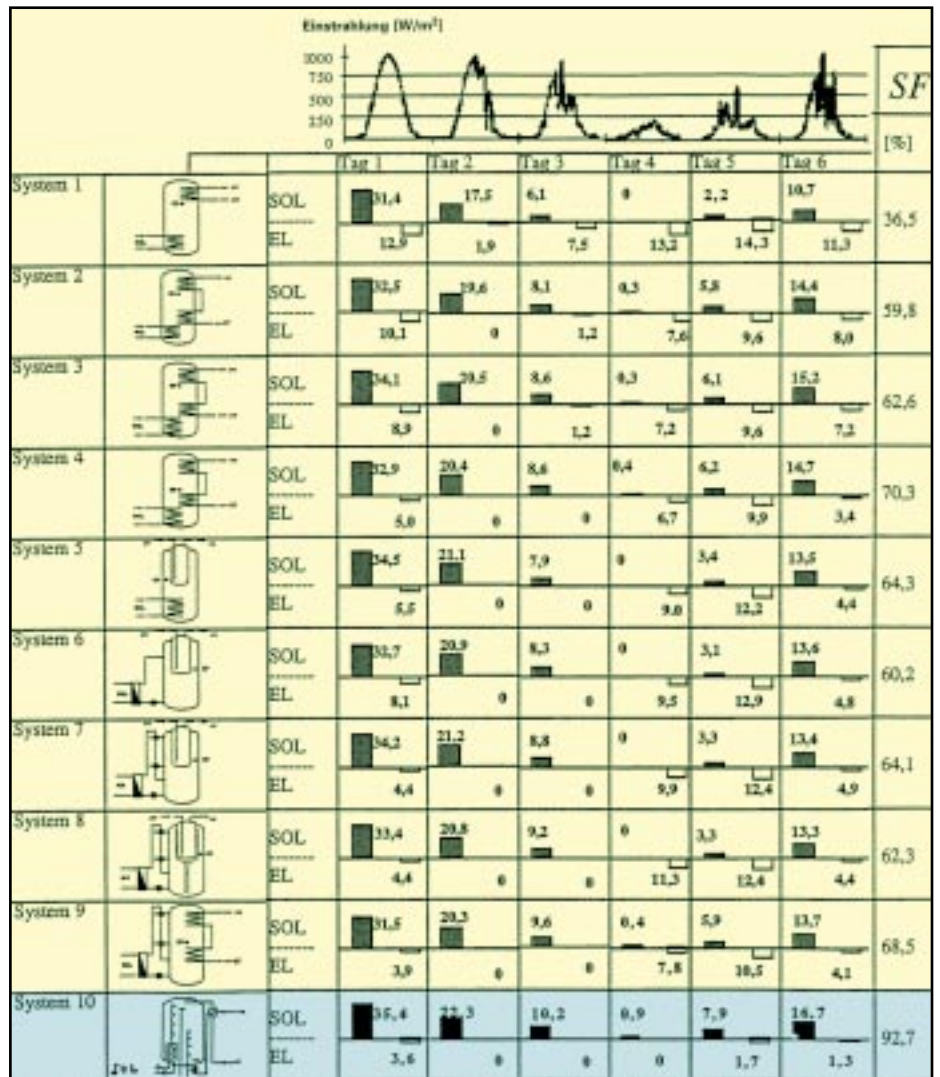


Bild 6 Testergebnisse von 10 Pufferspeichern (Quelle: SERC)

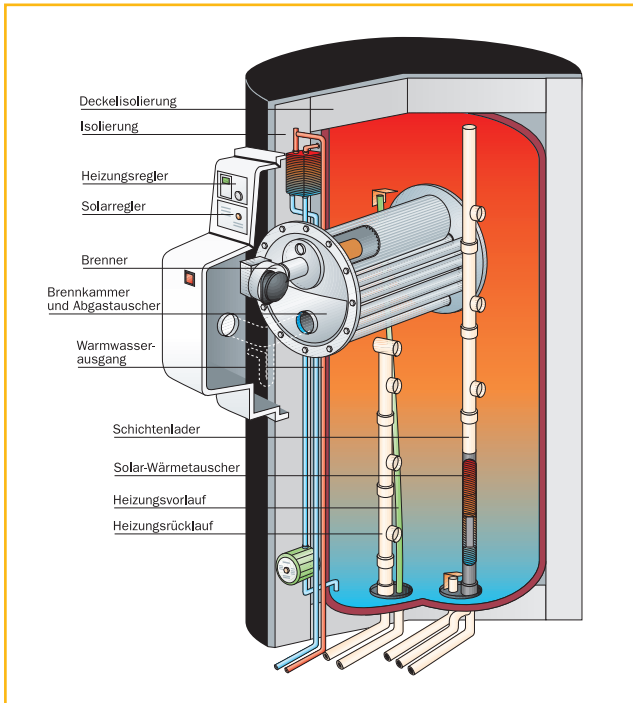


Bild 7 Schnitt durch den „SolarMax“

ung im warmen Speicherbereich und Durchführung der Anschlüsse durch den kalten Bodenbereich

Witterungsgeführte Heizungspuffer-Beladung

Nach der Heizungsanlagenverordnung sind zwei Führungsgrößen für den Heizungsvorlauf vorgeschrieben. Dies sind in der Regel die Außentemperatur und die Uhrzeit (in Verbindung mit zusätzlichen vom Benutzer einstellbaren Faktoren). Somit ergibt sich die Forderung, daß auch der Heizungspuffer nicht auf unnötig hohem Niveau beladen werden sollte, sondern nur auf die witterungsgeführte Vorlauf-Temperatur.

Pufferbeladung über zwei Sensoren

Damit der Heizkessel möglichst lange Laufzeiten erreichen kann und durch häufiges Starten erhöhte Emissionen vermieden werden, erfolgt die Pufferbeladung über zwei Sensoren und nicht über eine Hysterese-funktion. Somit kann definitiv ein be-

stimmtes Volumen beladen werden. In Bild 5 sind diese Sensoren mit „B1“ und „B2“ gekennzeichnet. Der Heizbetrieb erfolgt aus dem Heizungspuffer heraus. Der Kessel wird erst dann angeschaltet, wenn „B2“ unter die witterungsgeführte Vorlauf-Solltemperatur sinkt. Nun bedient der Kessel den Heizkreis und den Heizungspuffer zugleich. Erst wenn „B1“ den Sollwert erreicht hat, schaltet der Kessel wieder ab.

Integration des Brennwertgerätes in den Speicher

Letztendlich bleiben mit diesem Konzept aber immer noch zwei Geräte aufeinander abzustimmen. Besonders müssen folgende regelungstechnische Probleme gelöst werden:

- Unabhängiges Schalten der Kesselpumpe und der Heizkreispumpe
- Umschalten zwischen den beiden Heizungspuffer-Fühlern

Auch das Abstimmen des Speicher-Ladekreises und des Heizungskreises aufeinander (der Volumenstrom des Heizkreises darf am Auslegungspunkt maximal gleich groß wie der Speicher-Ladekreis sein) ist eine für die gute Funktion unabdingliche Notwendigkeit. Somit liegt eigentlich die Entwicklung eines „Kompaktgerätes“ auf der Hand, das die strenge Schichtung, den Wirkungsgrad eines Brennwertgerätes und die Kompaktheit eines einzelnen Kessels mit dem Volumen eines Solarspeichers verbindet.

Bild 7 zeigt den Schnitt durch ein solches Gerät mit optimaler Brennwertnutzung. Wesentliche Konstruktionsmerkmale sind:

- ideale Positionierung der Brennkammer genau auf Höhe Oberkante Heizungspuffer/Unterkante Puffer zur Warmwasserbereitung
 - Abgasführung nach unten durch den kälteren Speicherbereich zur weiteren Steigerung der Kondensation
 - voll vormischender Oberflächenbrenner für minimale Schadstoffemissionen
- Wie aus dem Anlagenschema in Bild 8 hervorgeht, sind die gerade beschriebenen Entwicklungsziele erreicht worden:
- Kompaktheit und einfache Installation
 - einfache Inbetriebnahme (es entfällt z. B. das Abstimmen der Pumpen-Kreise aufeinander)
 - Vollständige Integration des Brennwertkessels in den Solarspeicher

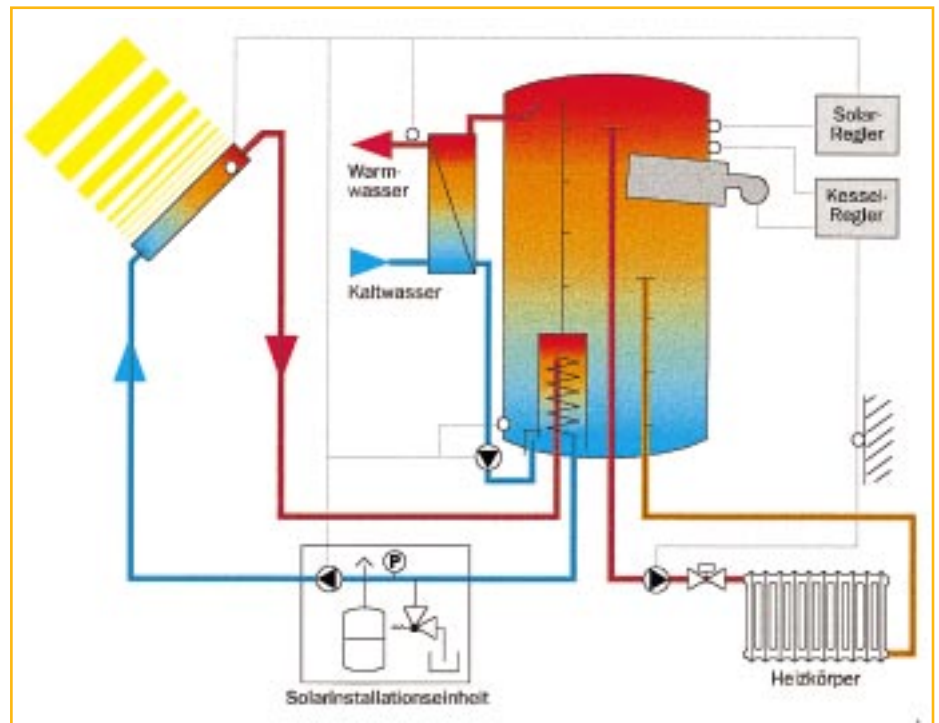


Bild 8 Anlagenschema für die Solare-Brennwert-Zentrale „SolarMax“

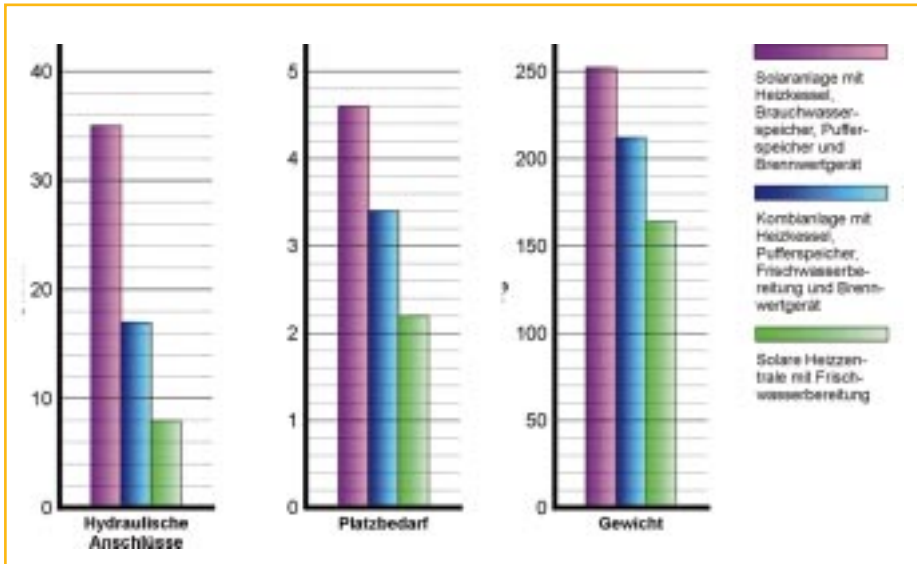


Bild 9 Einsparungen bei hydraulischen Anschlüssen, Platzbedarf und Gewicht durch Geräte-Integration

Vereinfachte Regelungstechnik

Die gesamte Regelungstechnik liegt nun in einer Hand, so daß übersichtliche und kostengünstige Schnittstellen zwischen den Komponenten geschaffen werden konnten. Feuerungsautomat und Heizungsregler sind zu einem „Kesselmodul“ integriert, das die oben beschriebene Heizungspufferbeladung bereits enthält. Der Warmwasser-Vorrangbetrieb wird über eine einfache Schnittstelle zwischen dem „Solarregler“ SI-Control und dem Kesselmodul verarbeitet.

Weniger Platzbedarf

Im Neubau wird 1 m² Fläche mit mindestens 2000 DM angesetzt. Durch den SolarMax wird der Platzbedarf auf den für einen Speicher notwendigen Raum reduziert. In Bild 9 werden die eben beschriebenen Auswirkungen der Integration anhand einiger Kennzahlen verdeutlicht. Die Zahl der hydraulischen Anschlüsse hat sich von 35 auf 8 reduziert, der Platzbedarf hat sich auf ca. 2,2 m² halbiert und das Gewicht um ca. 1/3 abgenommen.

Low-Flow-Solartechnik

„Low-Flow“ steht für Volumenströme, mit denen der Kollektor das Medium in einem Durchlauf auf „Betriebstemperatur“ hebt. Um dies zu erreichen, muß der Volumenstrom von ca. 40 l/(h*m²) in Standardanlagen auf ca. 12 l/(h*m²) bei „Low-Flow-Anlagen“ reduziert werden. Daraus ergeben sich mehrere Vorteile, die im folgenden dargestellt werden. Wichtig ist dabei jedoch, daß „Low-Flow“ eigentlich nur dann „funktioniert“, wenn alle Komponenten zusammenpassen:

- Im wesentlichen bedeutet das für die Wärmetauscher (Solar- und Warmwasser-Wärmetauscher), daß die Volumenströme auf der Primär- und Sekundärseite im Verhältnis von ca. 1:1 eingeregelt sein sollten.
- Ebenso wichtig für ein niedriges Temperaturniveau im Speicher sind geringe logarithmische Temperaturdifferenzen an den Wärmetauschern, daher sollten sie im Gegenstrom betrieben werden (denn es liegen zwei Wärmeübergänge zwischen Solar- und Warmwasserkreis).

Dabei bleibt bei „richtiger“ Abstimmung und Anpassung der Komponenten aufeinander der Kollektorstromwirkungsgrad gleich oder wird sogar durch die optimale Abstimmung besser, denn die mittlere Kollektortemperatur bleibt im Tagesmittel bei einer Low-Flow-Anlage im Vergleich zu einer Standard-Anlage in etwa gleich, wie Vergleichsmessungen des ISFH gezeigt haben. Um die thermodynamischen Ziele (sehr gute Wärmeübergänge mit kleinen log.

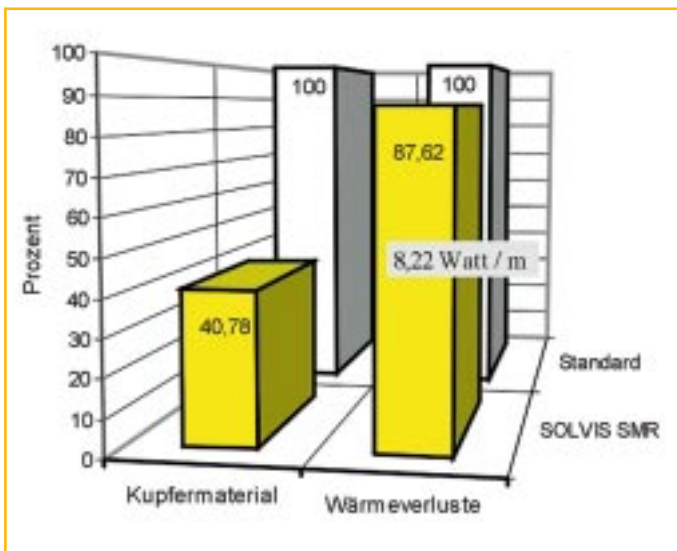


Bild 10 Materialeinsparung und Dämmverbesserung beim Schnellmontagerohr (alle Werte beziehen sich auf 1 m Solarverrohrung, d. h. 1 m Solarvorlauf und 1 m Solarrücklauf)

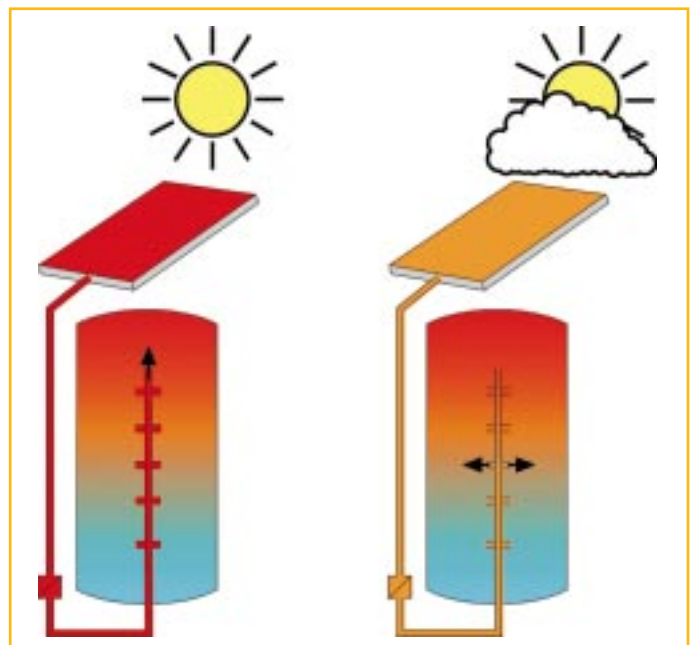


Bild 11 Optimale Einschichtung in verschiedene Speicherhöhen durch den Solvis-Schichtenlader

Temperaturdifferenzen bei für die Heiztechnik minimalen Volumenströmen) in einer Low-Flow-Anlage jedoch erreichen zu können, ist eine Pumpe mit entsprechenden Förderdaten notwendig: große Förderhöhe (für kleine Leitungsquerschnitte) bei kleinem Volumenstrom.

Kostenreduktion

Durch Low-Flow-Technik läßt sich Kostenreduktion auf der Herstellerseite durch geringeren Materialeinsatz erreichen, wie am Beispiel des Schnellmontagerohrs gezeigt wird (Bild 10). Bei der Installation sind weitere Kostenreduktionen aufgrund wesentlich verkürzter Installationszeiten deutlich spürbar:

- Schnellmontagerohr: flexibel von der Rolle, Vor- und Rücklauf fertig isoliert, mit Fühlerkabel, zu verbinden mit Klemmringverschraubungen, ummantelt mit UV-beständigem PE-Band
- solare Umwälzpumpe dient gleichzeitig auch als Befüllpumpe
- kein Entlüfter auf dem Dach notwendig
- Fluid fertig angemischt

Schnellere Bereitschaft

Bild 11 zeigt das Prinzip der geschichteten Beladung – also die effektive Strahlungsausnutzung ohne Vermischung des Speichers. Bei wolkenlosem Himmel und somit voller Einstrahlung können maximale Beladetemperaturen für den Speicher erreicht werden. In diesem Fall erfolgt die Beladung

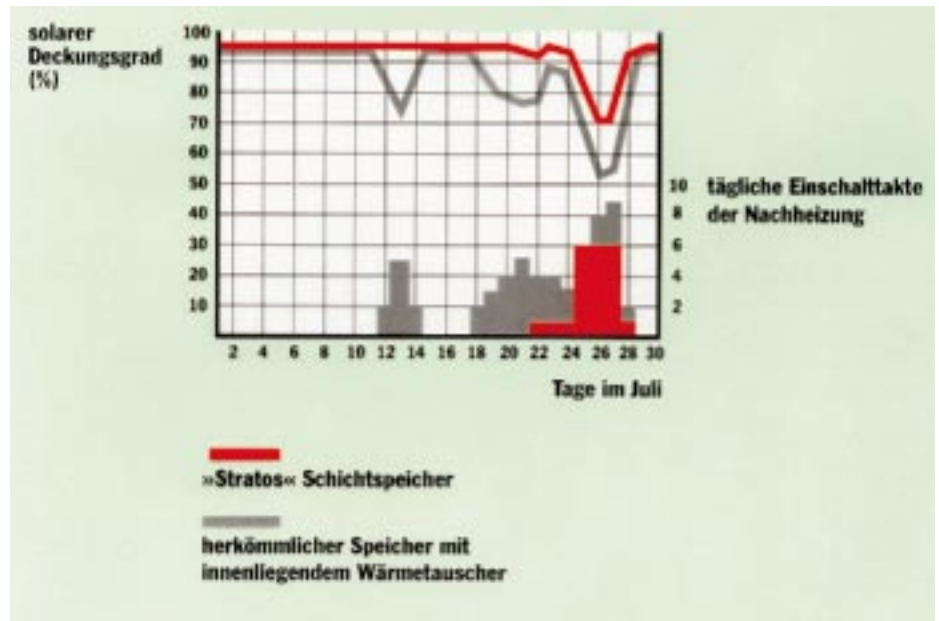


Bild 13 Erhöhung des solaren Deckungsgrades durch verringerte Einschaltakte der Nachheizung in Low-Flow-Systemen

ganz nach oben in die oberste Speicherschicht. Geht hingegen die Einstrahlung zurück, zum Beispiel aufgrund von Wolken, so können nur geringere Temperaturen erreicht werden. Um den Speicher nicht zu vermischen, wird er nun in der Ebene beladen, die gleiche Temperatur wie der Ladestrom aufweist. Dies wird durch den Schichtenlader ohne komplizierte Technik

nur aufgrund der Dichteunterschiede zwischen dem zuströmenden Ladestrom und dem Speicherwasser in den verschiedenen Höhen erreicht.

Eine ideale Beladekurve, bei der zuerst der Bereitschaftsteil des Speichers erwärmt wird, zeigt Bild 12. Im unteren Bildteil sind die Temperaturen am Solarwärmetauscher dargestellt. Es wird deutlich, daß trotz der hohen Solarvorlauftemperaturen, die notwendig sind, um in nur einem Durchlauf die Bereitschaftstemperatur im Speicher herzustellen, der Solarrücklauf fast bis auf die untere Speichertemperatur abgekühlt wird und somit ein hoher Kollektorwirkungsgrad erreicht werden kann. Das Resultat dieser schnellen Bereitschaftsbeladung zeigt die Meßsequenz in Bild 12. Sie stammt aus einer Vergleichsmessung des ISFH zwischen einer „Standard-Solaranlage“ und einer „Low-Flow-Anlage“.

Bild 13 zeigt, daß die energetischen Vorteile einer Low-Flow-Anlage im wesentlichen auf verringerte Laufzeiten der Nachheizung beruhen, da der Speicher – vor allem der Bereitschaftsteil – bei guter Einstrahlung schnell Nutztemperatur erreicht.

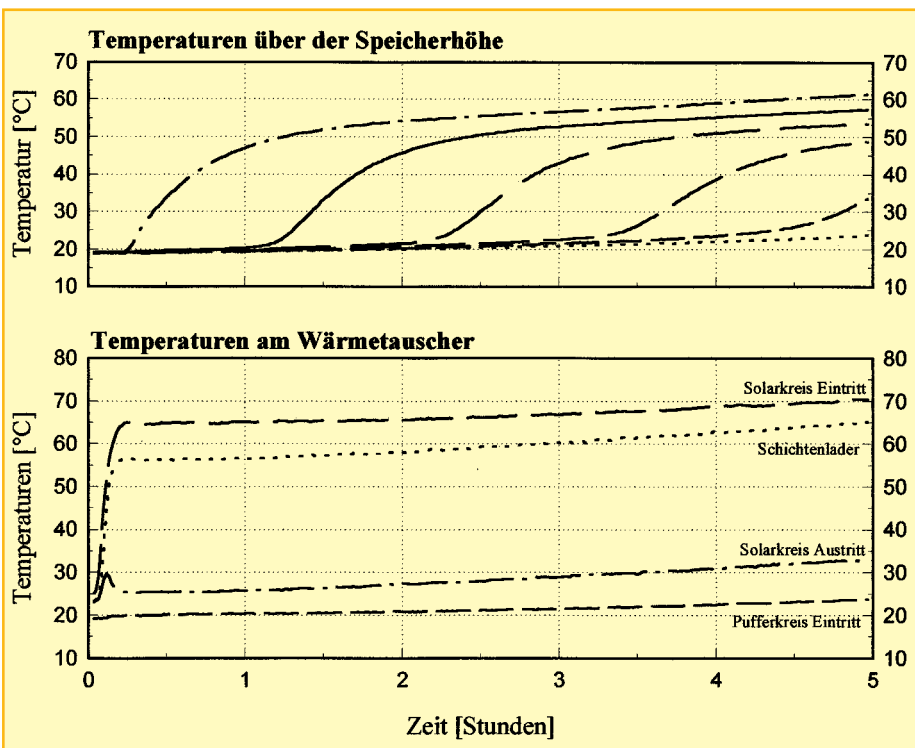


Bild 12 Ideale Schichtbeladung mit internem Solarwärmetauscher