

# Solare Warmwasseraufbereitung: bessere Wirtschaftlichkeit mit solarem Kleinsystem

Autor(en): **Humm, Othmar**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **112 (1994)**

Heft 41

PDF erstellt am: **07.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78526>

## **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.

## Pilot- und Demonstrationsanlagen des Bundes und der Kantone

# Solare Warmwasseraufbereitung

Bessere Wirtschaftlichkeit mit solarem Kleinsystem

**An der Rapperswiler Solarenergie Prüf- und Forschungsstelle ist mit Unterstützung des Bundesamtes für Energiewirtschaft ein Kleinsystem für solare Warmwasseraufbereitung entwickelt worden. Im Vergleich zu konventionellen Solaranlagen sind die Investitions- und Betriebskosten geringer bei gleichzeitig höherem Ertrag. Die erste Serie von 20 Anlagen ist seit kurzem in Betrieb.**

«Solkit» steht für eine beispielhafte Innovation bei der Nutzung von Sonnenenergie zur Warmwasseraufbereitung

VON OTHMAR HUMM, ZÜRICH

in Wohn- und Gewerbebauten. Ein 5 m<sup>2</sup> grosser thermischer Sonnenkollektor mit dem dazugehörigen, präzise abgestimmten Speicher erbringt 10 bis 20% mehr Nutzenergie als vergleichbare Systeme in traditioneller Bauweise. Worauf sind die guten Ertragswerte zurückzuführen? Am Kollektor kann es nicht liegen: er entspricht im Bruttowärmeertrag den handelsüblichen Sonnenkollektoren. Solkit unterscheidet sich indessen von anderen Solaranlagen durch geringere Systemverluste und ein ausgeklügeltes Speichermanagement, das seltener und wenn, dann während kürzerer Zeit Nachwärmung verlangt.

Solkit ist ein Resultat des heute sehr aktuellen *Lean Engineering*, soviel lässt sich auf den ersten Blick feststellen. Die ganze Solaranlage – Kollektor, Speicher, Verrohrung und Armaturen – ist konsequent auf Materialeinsatz und Energieertrag optimiert. Und das heisst: *kleiner und von allem etwas weniger*. Die Komponenten konventioneller Solaranlagen stammen – mit Ausnahme des Kollektors – aus dem Sanitär- und Heizungsbereich mit der dort leider immer noch üblichen Überdimensionierung.

### Der Speicher macht's möglich

Die eigentliche Innovation liegt in der konzentrischen Anordnung zweier Warmwassergefässe in Kombination mit einer sogenannten Schichtlanze. Das äussere Gefäss mit einem Inhalt von 125 l umhüllt das 300 l fassende Innengefäss, den eigentlichen Warmwasserspeicher.

Der Solarkreislauf, in dem eine Wärmeträgerflüssigkeit aus Wasser und Glykol zirkuliert, wird über die senk-

recht im Aussengefäss montierte Schichtlanze geführt. Dieser äussere Mantel funktioniert also als Wärmetauscher zwischen Solarkreislauf und Warmwasserspeicher. Der Vorlauf tritt von unten in die Lanze, in der – verteilt auf ihre gesamte Länge von rund zwei Dritteln der Speicherhöhe – insgesamt 8 Klappenventile, je zwei auf gleicher Höhe, angebracht sind.

Diese Ventile sind nichts anderes als Austrittsöffnungen, über denen sich superleichte Kunststoffmembranen öffnen und schliessen. Das Ventilspiel wird durch die anliegenden Druckverhältnisse bestimmt, die wiederum eine Folge der Temperatur des eintretenden Mediums sind. Diese einfache Technik erzwingt den Eintritt des Vorlaufes an Stellen gleicher Temperatur der Wärmeträgerflüssigkeit im Aussenmantel: die Temperaturschichtung im Aussenmantel und damit im Warmwasserspeicher ist gewährleistet. (Die Ventile sind also immer dann geschlossen, wenn die Flüssigkeit in der Lanze wärmer ist als auf der gleichen Höhe im Aussenmantel.)

Diese starke Temperaturschichtung des Wassers über die gesamte Speicherhöhe ist ausschlaggebend für die guten energetischen Resultate des Kleinsystems. Im Aussenmantel kann wahlweise ein Wärmetauscher für fossile oder ein Register für elektrische Nachwärmung eingebaut sein. Die Montage der Nachwärmeeinheit ausserhalb des Warmwasserspeichers reduziert die Verkalkung ganz wesentlich. Im übrigen ist der Speicher aus Edelstahl mit nur 50 kg ein Leichtgewicht, die äussere Metallhülle hat eine Materialstärke von 1 mm, die innere von 1,5 mm.

### Auswirkungen auf den Ertrag

Die strikte Temperaturschichtung ermöglicht tiefe Vorlauftemperaturen (in der Nähe der Kaltwassertemperatur)

und das bringt zusätzliche kWh zu Zeiten niedriger Solarstrahlung. Die starke Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf bleibt über längere Betriebszeiten weitgehend erhalten; konventionelle Systeme dagegen weisen höhere Vorlauftemperaturen aufgrund des Temperaturspreizungsausgleiches innerhalb des Speichers auf (nur geringe Temperaturspreizung).

Dieses Phänomen führt zu höheren mittleren Kollektortemperaturen, die den Wirkungsgrad des Kollektors insgesamt – also auch bei intensiver Strahlung – reduzieren. Voraussetzung für diese Betriebsweise ist die erwähnte Eigenschaft des Warmwasserbehälters, «nicht nur Energie, sondern auch Exergie zu speichern», wie das Ulrich Frei formuliert, der Leiter der Solarenergie Prüf- und Forschungsstelle am Interkantonalen Technikum Rapperswil.

### Der Kollektor

Der aktive Teil des Kollektors, der Absorber, misst 4,5 m<sup>2</sup>. Ohne Verglasung wiegt die Aluminiumkonstruktion 48 kg – für zwei Monteure noch tragbar. Am Kollektor ist nur eine gemeinsame Öffnung für Vor- und Rücklauf des Solarkreislaufes eingelassen. Die schlanke Konstruktionweise ist auch am Kupfereinsatz erkennbar: Solkit beinhaltet 2,2 kg Kupfer pro m<sup>2</sup> Absorberfläche; andere Absorber bringen das doppelte oder dreifache auf die Waage. Interessant sind die Kupfergewichte vor allem im Hinblick auf allfällige Ökobilanzen und Nettenergieanalysen von derartigen Energiesystemen.



Bild 1. Der 5 m<sup>2</sup> grosse Kollektor mit der noch etwas unschönen Verbindung zum Regenfallrohr, in dem Vor- und Rücklauf liegen

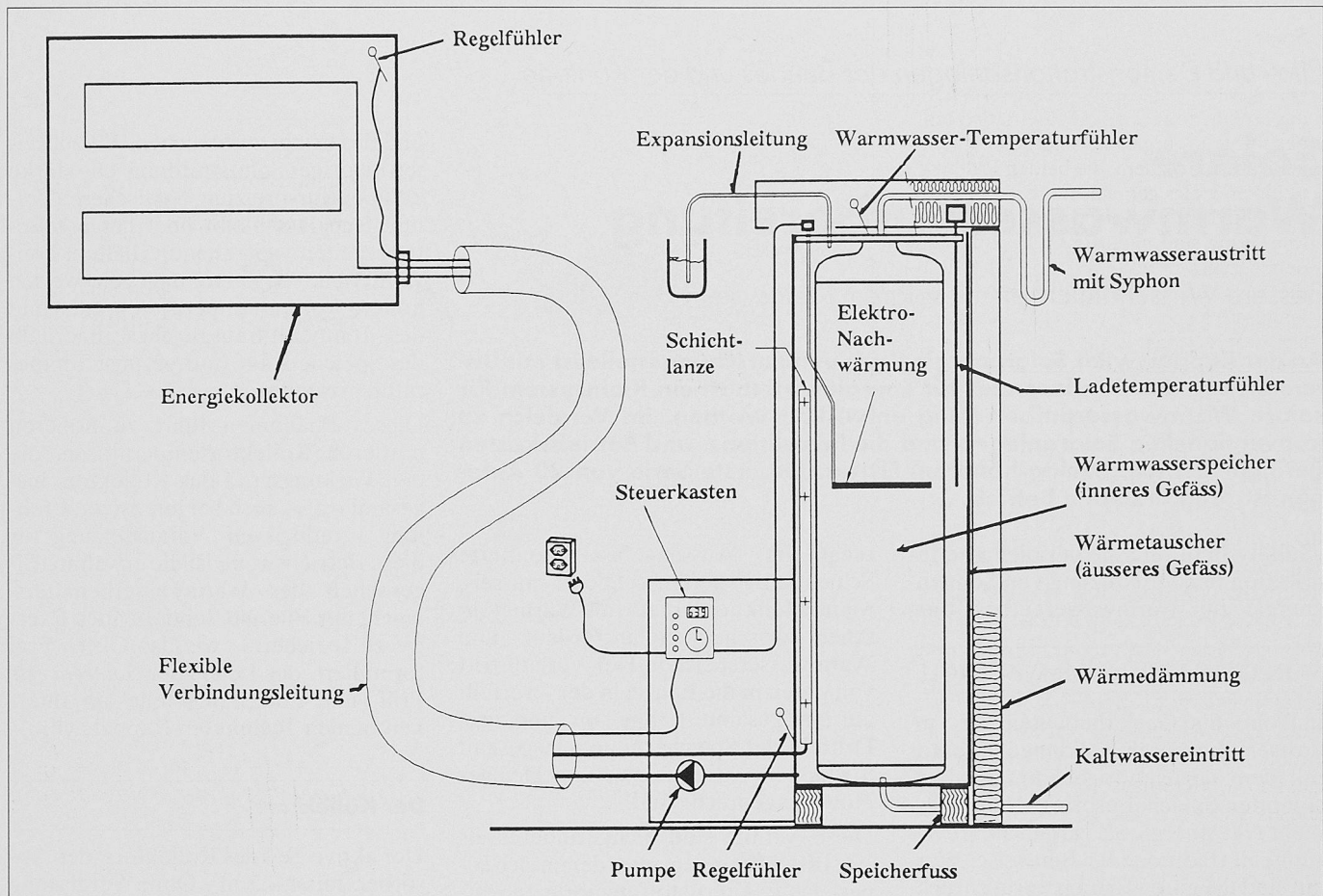


Bild 2. «Starke Schichtung im Warmwasserspeicher verbessert den Ertrag.» Solares Kleinsystem zur Warmwasseraufbereitung Solkit, schematisch

### Die Leitung im Regenfallrohr

Die Wärmeträgerflüssigkeit des Solarreislaufes zirkuliert in flexiblen Kunststoffschläuchen mit einem Innendurchmesser von 5 mm. Der mit 9 mm gedämmte Vorlauf liegt zusammen mit dem (blanken) Rücklauf in einer zweiten 9-mm-Wärmedämmung. Damit ist sichergestellt, dass die erwähnte und erwünschte starke, durch den Wärmetauschereffekt erzielte Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf nicht reduziert wird. Diese Leitungskombination, in der selbstverständlich auch die elektrische Verbindung zum Temperaturfühler im Kollektor eingelegt ist, hat einen Durchmesser von rund 50 mm. Damit passt die Leitung in jedes Regenabfallrohr, was ästhetische, bauliche und finanzielle Vorteile bringt, wie einige ausgeführte Beispiele belegen.

Solkit ist ein sogenanntes offenes System, arbeitet also drucklos und ohne Sicherheitsventil und ohne Expansionsgefäß. Zum Nachrüsten bestehender Boiler eignen sich die einzelnen Teile von Solkit nicht – ohne Zweifel ein Nachteil.

Das System ist mit einer 20-W-Zirkulationspumpe ausgerüstet, die im Jahr –

bei 2000 Betriebsstunden – rund 40 kWh Strom benötigt. Pumpen mit Leistungen von 50 W, wie sie in Anlagen dieser Grösse eingesetzt sind, brauchen rund 100 kWh. Die Entwicklungsingenieure des Solkit erproben eine 7-W-Pumpe; der Einsatz dürfte aber noch auf sich warten lassen. Die kleine Pumpenleistung und die geringen Leitungsquerschnitte des Solkit basieren auf dem Low-flow-Prinzip. Die Durchflussmenge beträgt nur einen Drittel – statt 30 bis 40 sind es 10 bis 15 l pro h und m<sup>2</sup> Kollektorfläche.

### Was bringt Solkit?

Um Erträge von Solaranlagen verlässlich beurteilen zu können, muss die Wärmeabnahme definiert sein. Unser Vergleich setzt eine standardisierte Warmwasserentnahme – für Bad und Küche – von 10 kWh pro Tag voraus, jährlich 3650 kWh. Der Planer wird hinter dieser Zahl die 4-köpfige «Normfamilie» erkennen, die pro Kopf ungefähr 950 kWh in Form von Warmwasser verbraucht (nach SIA). Der Wärmebedarf wird mit dem Ertrag des Kollektors von 2500 kWh und mit 1700 kWh Strom gedeckt. (Die Zahlen beziehen sich auf

den Standort Rapperswil und eine Neigung von 45° bei strikter Südorientierung.) Die Verluste des Systems belaufen sich auf 550 kWh, immer auf's Jahr bezogen. Für eine präzise Rechnung dürfen diese Verluste nicht einseitig dem Solarteil angelastet werden, weil der mitunter elektrisch oder fossil erwärmte Speicher ebenfalls Wärme verliert.

Der «Bruttobedarf» beträgt also 4200 kWh, der solare Deckungsgrad der Warmwasseraufbereitung demnach 60%. Im Vergleich zur Globalstrahlung auf eine 45° geneigte und südorientierte (Dach-) Fläche belüftet sich der Kollektorertrag von 2500 kWh auf ziemlich genau 50%, was als Jahreswirkungsgrad bezeichnet wird. Der Nettoertrag eines «Normalsystems» ist um 450 kWh – also rund 20% – geringer als derjenige des Solkit.

### Steuerung der Nachwärmung

Im erwähnten «Normbetrieb» stammen rund 40% der Wärmeenergie aus dem elektrischen Netz oder aus fossilen Quellen. Die EIN-AUS-Befehle für den Nacherwärmer werden aufgrund des Wärmeenergieinhaltes des Speichers

### Solar Swatch

Der Direktor des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Eduard Kiener, verglich das Solkit-Modul an der Präsentation mit der Swatch. Vergleiche sind bekanntlich gefährlich, trotzdem: die beiden Produkte haben vieles gemeinsam. Die Technik und die Betriebsweise, aber auch das Marketing sind neuartig und vermitteln dem Markt wertvolle Impulse. Ob Solkit die grossen Erwartungen auch im langjährigen Betrieb einlösen kann, wird sich zeigen.

gegeben. Zur Quantifizierung dieses Energieinhaltes wird die Temperatur der unterschiedlich warmen Schichten im oberen Teil des Speichers gemessen. Die Steuerung aufgrund eines einzigen Temperaturwertes, wie dies üblicherweise der Fall ist, zeigt einen mehr oder weniger repräsentativen Temperaturwert statt des relevanten Wärmeinhaltes: Die energetischen Vorteile der starken Schichtung sind dann wenig genutzt. Denn ein Teil des Mehrertrages des solaren Kleinsystems Solkit geht auf dieses Steuerregime zurück.

### 20 Anlagen in Betrieb

Solkit ist im wesentlichen die Schweizer Variante eines ursprünglich kanadischen Systems. Die konstruktive und regeltechnische Anpassung der Kleinanlage wurde durch das Pilot- und Demonstrationsprogramm des Bundesamtes für Energiewirtschaft gefördert. Be-

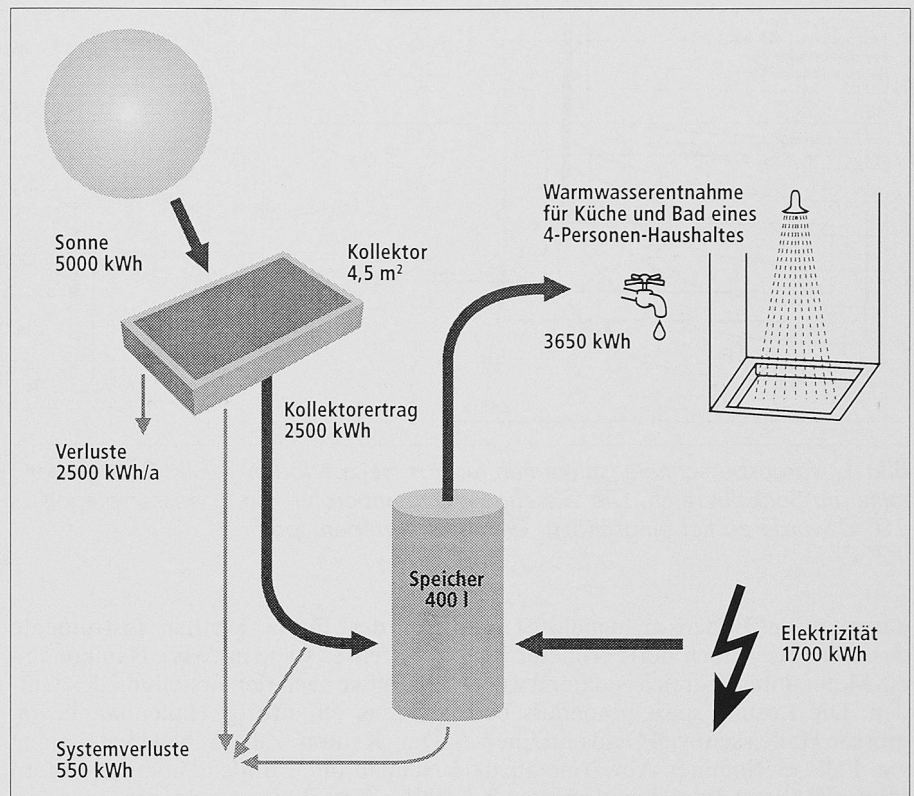


Bild 3. 60% von der Sonne, 40% vom Elektrizitätswerk: Jahresenergiebilanz des Solkit

reits 20 Anlagen sind im Betrieb, allerdings Prototypen. Die Anlagebetreiber werden sich also mit allfälligen Schwachstellen herumschlagen müssen. Solkit soll aber – so die Vorstellung der Rapperswiler Ingenieure – in grossen Serien hergestellt werden. Nur so kann der angepeilte Preis von 8000 bis

10 000 Franken und damit eine grosse Verbreitung des Solkit erreicht werden.

Entwicklung: Solarenergie Prüf- und Forschungsstelle, Ulrich Frei, ITR Rapperswil, 8640 Rapperswil; Adresse des Verfassers: Othmar Humm, Ing. HTL, Fachjournalist Technik+Energie, Gubelstrasse 59, 8050 Zürich.

## Wärmeabfluss ins Erdreich

**Der Wärmeabfluss ins Erdreich aus nicht unterkellerten, beheizten Räumen wurde bisher in verschiedenen europäischen Ländern sehr unterschiedlich berechnet. Rechnerisch ergeben sich zu hohe Verluste insbesondere bei Anwendung der schweizerischen Methode (SIA 380.1), aber auch der im Entwurf vorliegenden neuen CEN-Norm. Diese ergeben sich v.a. aus dem Mangel, das Grundwasser mit seinen spezifischen Merkmalen ungenügend zu berücksichtigen. Ein Messprogramm an einem konkreten Bau bestärkt die nachfolgend dargelegten Erkenntnisse.**

Im Werk Nänikon der Mettler Instrumente AG konnte ein Messprojekt über den Wärmeabfluss ins Erdreich durch

VON BRUNO WICK, WIDEN

geführt werden. Die Resultate dieses Messprojektes erlauben einen kritischen Vergleich mit den Berechnungs-

arten der Normen. Diese haben den Nachteil, dass dem Grundwasser mit seinen unterschiedlichen Eigenschaften wie Wasserstand, Temperatur und Schwankungsbereich sowie Fließgeschwindigkeit viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird. Generell wurde bisher der Wärmeabfluss ins Erdreich erheblich überschätzt. Die

neue CEN-Norm ist zudem viel zu kompliziert und wird nur von Rechnertypen angewendet werden, Ingenieure und Baupraktiker würden sie kaum benutzen.

Auch grosse, beheizte Industriehallen müssen gemäss geltenden Bauvorschriften gegen das Erdreich gedämmt werden. Tatsächlich entsteht unter grossen Hallen ein Wärmepolster, welches praktisch keine Wärme mehr verliert. Die Wärmedämmung einer meterdicken Bodenschicht ist nämlich – sobald sich ein Temperaturgleichgewicht eingestellt hat – so gut wie eine übliche Wärmedämmung.

Mit dem Messprojekt wurde der Wärmeabfluss einer Industriehalle detailliert untersucht. Bereits ab einer Raumtiefe von 4 m lohnt sich eine Wärme-