



Solaranlagen sind in der Lage, das Badwasser von privaten wie öffentlichen Hallenbädern wirtschaftlich aufzuwärmen.

# Rundum angenehm warm in Schwimmbad und Pool

## Solaranlagen erwärmen wirtschaftlich das Schwimmbadwasser

Die Solartechnik zur Erzeugung von Wärme hat in letzter Zeit viele Fortschritte erzielt. So ist es heute mit CPC-Vakuümrohrenkollektoren (CPC-VRK) ganzjährig und sogar unter nicht optimalen Wetterbedingungen möglich, genügend hohe Solltemperaturen zu erzielen, um nahezu jedes Wärmenetz direkt unterstützen zu können. Mit „Concentrating Parabolic Compound“ (CPC) wird eine spezielle Form von Spiegeln bezeichnet, mit deren Hilfe sehr viel Wärmeverluste gespart und auch alles diffuse Licht ausgenutzt wird. Schwimmbäder benötigen nur selten einen zusätzlichen Wärmespeicher. Wenn die Solarwärme trotzdem einmal nicht abgenommen wird, schalten moderne Solaranlagen einfach ab und können jederzeit auch wieder zuschalten. Heizungsanlagen mit angeschlossenen Schwimmbädern und den damit verbundenen Dusch- und Wellness-Einrichtungen sind geeignet, höchstmögliche Rentabilitäten von Hochleistungskollektoranlagen zu gewährleisten, weil sie ganzjährig täglich Wärme benötigen und mit wenig technischem Aufwand realisierbar sind.

### Technik

Gegen Ende der 90er-Jahre kam die konventionelle thermische Solartechnik in eine Sackgasse. Einerseits konnte man sich nicht damit abfinden, dass Flachkollektoren nur unter idealen Bedingungen akzeptable Temperaturen erzielen. Andererseits zeigte sich, dass Kollektoren mit höheren Betriebstemperaturen die konventionellen Frostschutzmittel zerstören und dabei selbst Schaden nehmen, wenn sie ihre Wärme nicht abgeben können. Mit der CPC-Dewar-Vakuümrohrentechnik (Vollglas-Doppelwand- oder „Sydney“-Röhren + CPC-Spiegel) kamen Ende der Neunziger

die bis heute leistungsstärksten (nichtkonzentrierenden) thermischen Standard-Kollektoren auf den Markt. Sie erreichen Stillstandtemperaturen von etwa 300 °C. Mit diesem Vakuümrohrensystem wurde ein Minimum an Wärmeverlusten ermöglicht, aber auch ein Höchstmaß an komfortablem Umgang mit der Technik auf der Baustelle.

Erst die extrem niedrigen Wärmeverluste gestatten es, dass als Wärmeträger auch Wasser eingesetzt werden kann. Vor Frost werden diese Anlagen mit Niedertemperaturwärme aus der Anlage geschützt. Aufgrund der geringen Wärmeverluste der Kollektoren ist hierfür in Deutschland nur

ein kleiner Energiebetrag von 2 bis 4 % des solaren Jahresenergieertrages notwendig, der durch die Vorteile des Wassers und permanent hohe Arbeitstemperaturen leicht kompensiert wird.

Konventionelle Solaranlagen haben den Nachteil, dass keiner merkt, wenn sie schlecht oder gar nicht arbeiten und erst recht nicht, wenn sich eine Störung für die nahe Zukunft ankündigt. Es wird vermutet, dass in Deutschland ein erheblicher Anteil aller Solaranlagen praktisch außer Betrieb oder wirkungslos ist.

Solaranlagen ohne Frostschutzmittel müssen jedoch nahezu fehlerfrei arbeiten.



Im Kurstift Bad Brückenau übernehmen CPC-Vakuüm-Röhrenkollektoren die Schwimmbadwassererwärmung.



Das Hallenbad in Meppen mit 39 m<sup>2</sup> CPV-VRK.

Andernfalls frieren sie im Winter ein. Deshalb verfügen Solaranlagen, die mit Wasser arbeiten, immer über eine umfassende und zuverlässige Funktionskontrolle. Seit 2004 wurden bisher weit über 40 000 CPC-VRK-Anlagen mit Wasser als Wärmeträger gebaut.

Der Betrieb von CPC-VRK-Anlagen mit Wasser

- ermöglicht die einfache, direkte Anbindung an Wärmenetze,
- spart Aggregate wie Wärmetauscher, Entlüfter, Ventile, Pumpen sowie Misch- und Regeltechnik und erlaubt um etwa eine Dimension kleinere Rohrquerschnitte,
- beseitigt alle mit Glykol und thermischer Stagnation verbundenen Risiken,
- ermöglicht den Einsatz eines ertragsoptimierten und dadurch kleinen Speichers,
- erspart die Kosten für die Erstbefüllung und den regelmäßig notwendigen Austausch von Frostschutzmittel,
- senkt Kosten und Dauer von Inbetriebnahme und Reparaturarbeiten,
- sichert eine lange Lebensdauer bei nahezu gleichbleibender Leistung und
- minimiert die laufenden Wartungs- und Verbrauchskosten.

### Wärmeerträge

CPC-VRK-Technik mit Wasser als Wärmeträger garantiert heute das Ertragsmaximum an gewinnbarer Solarenergie, hat die längste Betriebszeiterwartung und arbeitet so gut wie wartungsfrei. Beim durchschnittlichen Jahresmittel der Sonneneinstrahlung von ca. 400 W/m<sup>2</sup> liefern Flachkollektoren bei Prozesstemperaturen zwischen 35 und 50 °C als Ertrag weniger als 150 W/m<sup>2</sup>, während dies für Röhrenkollektoren erst bei Temperaturen über 90 °C zutrifft. Erträge von mehr als 600 W/m<sup>2</sup> sind bei keinem System kaum jemals möglich.

Die optimale Ausrichtung eines Kollektors kann man sich oft nicht aussuchen. Um den lokalen Verhältnissen (Dachneigung, Dachausrichtung, Grundstücksorientierung) Rechnung zu tragen, müssen oft Kompromisse eingegangen werden. Bei

einer Orientierung nach Osten muss beim Flachkollektor 90 % mehr Fläche aufgewendet werden als bei Südausrichtung. Bei CPC-VRK sind in diesem Fall nur knapp 40 % mehr Fläche erforderlich. Bei einer Systemrücklauftemperatur von 60 °C liefern CPC-VRK übers Jahr mindestens 2/3 mehr an Energie als Flachkollektoren (Tabelle 1).

### Solaranlagen mit CPC-VRK Solarwärme lässt sich auf höherem Temperaturniveau generell besser nutzen

Denn selbst wenn die Solarwärme ausnahmsweise bereits bei niedrigen Temperaturen genutzt werden kann, z. B. zur Schwimmbaderwärmung, kann auch dies mit höheren Kollektortemperaturen viel ökonomischer stattfinden, z. B. über dasselbe Hausnetz, das auch vom Kessel beheizt wird, und mit kleineren Wärmetauschern.

### Hohe Solartemperaturen steigern den Anlagenwirkungsgrad

Nur wenn die Solarvorlauftemperatur permanent wesentlich höher ist als die jeweilige Solltemperatur, kann die konventionelle Nachheizung ausgeschaltet werden. Da besonders außerhalb der Heizperiode

die Kessel- und Anlagenwirkungsgrade schlecht sind, wird bei jedem durch Solarwärme vermiedenen Einschalten des Kessels viel mehr Energie eingespart als die Solaranlage tatsächlich erbringt. Permanent hohe Kollektortemperaturen sind mit hohen Temperaturspreizungen und damit einer erhöhten spezifischen Wärmeleistung verbunden, was den Volumenstrombedarf senkt. Dadurch werden auch elektrische Pumpenarbeit und Pumpenlaufzeit gespart.

### Hohe Solartemperaturen erhöhen die Speicherkapazität.

Erst wenn die Kollektortemperaturen über den Verbrauchs-Solltemperaturen liegen, beginnen Solarspeicher ihre Speicherkapazität zu entfalten. Je höher die Speicher-Übertemperatur ist, umso größer ist die Speicherkapazität. In Kombination mit Hochtemperaturkollektoren können Speicher kleiner ausgelegt werden, was Platz und Investitionskosten spart.

### Hohe Solartemperaturen erlauben eine ganzjährige Planungssicherheit und Nutzung

Es muss im Interesse eines jeden Planers und Nutzers liegen, dass Solaran-

Tabelle 1: Jahres-Simulationen für Energiegewinne verschiedener Kollektoren bei einer Systemrücklauftemperatur von 60 °C am Standort Würzburg. Alle Werte wurden mit dem Simulationsprogramm T-SOL, Version 4.5 gerechnet. Beim CPC-VRK mit Wasser entfallen vor allem die mit einem Wärmetauscher verbundenen Verluste, die bei Flachkollektor-Glykol-Systemen unvermeidbar sind.

	AUSRICHTUNG (ALLE MIT 30° NEIGUNG)	KOLLEKTOR- GEWINN	SYSTEMGEWINN (PROZESSWÄRME)
		IN kWh/(m <sup>2</sup> · a)	IN kWh/(m <sup>2</sup> · a)
CPC- Vakuumröhrenkollektor	Süd	575	550
CPC- Vakuumröhrenkollektor	45° Ost	531	509
Flachkollektor- Maximum	Süd	369	323
Flachkollektor- Maximum	45° Ost	334	292
Durchschnitts- Flachkollektor	Süd	343	297
Durchschnitts- Flachkollektor	45° Ost	309	270

lagen ganzjährig effektiv genutzt werden. Die Leistung von Flachkollektoren fällt mit sinkender Außentemperatur jedoch so stark ab, dass sie im Winter oder bei nicht optimalem Wetter höchstens noch eine Vorwärmung leisten können. Wenn Wärme gleichzeitig auf unterschiedlichen Temperaturniveaus benötigt wird, z. B. zur Heizung und zur Trinkwassererwärmung, ist es am einfachsten, sie von vornherein auf dem höchsten Niveau zur Verfügung zu stellen bzw. zu speichern. Wenn das nicht möglich ist, wächst der Planungsauf-

wand enorm und die Systeme werden abschreckend komplex.

### Vorwärmaltungen verringern den Systemwirkungsgrad

Jede Art der Vorwärmung wirkt sich negativ auf den Kessel- bzw. den Kraftwerkswirkungsgrad aus. Sehr deutlich wird das bei der Brennwerttechnik, weil „solar angehobene“ Rücklauftemperaturen die Brennwertnutzung mindern oder gar verhindern. Aber auch bei jeder anderen Nachheizung wird durch Vorwärmprozesse der Gesamtwirkungsgrad gesenkt. Verantwortlich dafür sind z. B. höhere Stand- und Betriebsverluste sowie ein größerer Pumpenenergie- und Speicherbedarf.

### Beispiel Panoramasauna

Die Panoramasauna in Grafschaft Holzweiler erfreut sich dank ihrer Größe und idyllischen Lage im ländlichen Holzweiler mitten im Grünen seit etwa 30 Jahren eines sehr großen Anhängerkreises aus dem Großraum zwischen Köln und Koblenz. Sie hat seit Anfang 2008 eine der modernsten Solaranlagen. Der Charme dieses wegweisenden Solarprojektes besteht in dessen Minimalismus und darin, dass es sich von Anfang an bewährt hat.

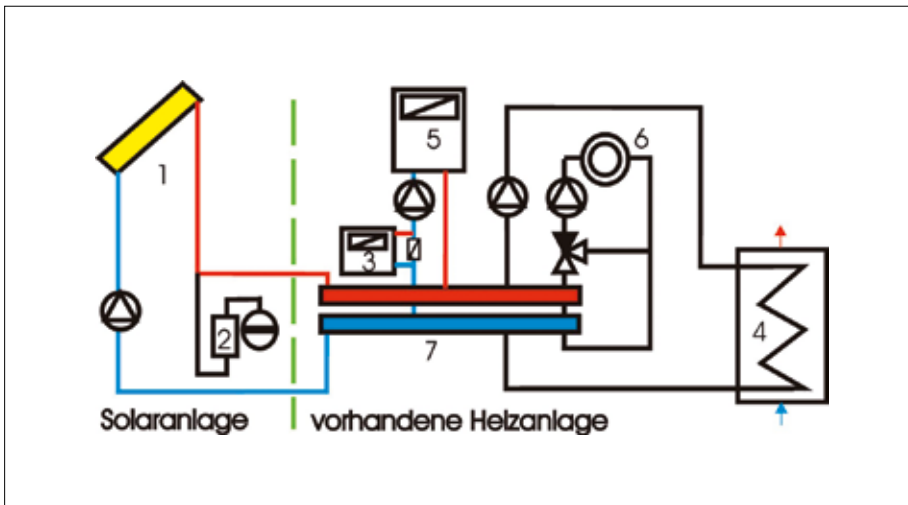
Konventionelle solarthermische Anlagen stehen manchmal im Ruf, kompliziert und störanfällig zu sein. Bei der Panoramasauna wurde erstmals konsequent ein System angewandt, das auf so ziemlich alles verzichtet, was bisher in einer Solaranlage als unverzichtbar galt und überhaupt Kosten oder Probleme bereiten könnte: Frostschutzmittel, Befüllstation, Solarstation, Wärmetauscher, Entlüfter, Drosselventile, Sekundärpumpe, Solarspeicher, Umlenkventile sowie Dämmstoffmatten und Kupfer in den Kollektoren. Sie brachte als erste Anlage den Beweis der nahezu universellen Anwendbarkeit dieses Konzeptes auf bereits existierende oder neu zu errichtende Wärmenetze.

Ursprünglich wurde die Anlage nur von zwei Gasbrennwertkesseln mit je 460 kW beheizt. Aus einer früheren Modernisierung besitzt die Anlage ein Mini-BHKW mit rund 40 kW (thermisch). Dieses BHKW stünde mit einer konventionellen Flachkollektoranlage in unversöhnlicher Konkurrenz, weil diese auch nur in den Kesselrücklauf zur Vorwärmung eingebunden werden könnte. Weil das BHKW jedoch ständig Strom erzeugen soll (ca. 138 MWh pro Jahr), bekommt es vom Betreiber den Vorrang eingeräumt, was den Flachkollektorwirkungsgrad dramatisch verschlechtern würde. Die CPC-Vakuümrohrenkollektoranlage braucht sich dagegen aufgrund ihres hohen, wenig temperaturabhängigen Wirkungsgrades um die Rücklauftemperaturen nicht zu kümmern. Die Einbindung parallel zu den Kesseln kommt auch dem Wirkungsgrad der Gaskessel zugute.

Die Solaranlage (1) wird wie ein gewöhnlicher Heizkessel direkt an den Wärmeverteiler (7) angeschlossen wie auch die konventionelle Trinkwassererwärmungsanlage (4), die Heizkreise (6) und die Kessel (5). Das ist ohne zusätzlichen Solarspeicher möglich, wenn der Solarwärmeanteil relativ klein ist, z. B. bis 20%, und wenn die meiste Wärme während der Sonnenscheinstunden und täglich benötigt wird. Das BHKW (3) wärmt den Kesselrücklauf



In der „Panorama Sauna“ in Grafschaft Holzweiler sind 98 m<sup>2</sup> CPC-Vakuümrohrenkollektoren installiert.



Prinzipische Skizze zum hydraulischen Aufbau einer Heizungsanlage mit Solaranlage zur Schwimmbadwassererwärmung.

vor. Die Ausdehnung des Wassers im Solarkreis erfolgt in ein separates Ausdehnungsgefäß. Wenn die Solaranlage einmal siedet, findet die Dampfkondensation in einem Vorgefäß (2) statt. Dieser Anlagentyp ist energetisch hocheffizient, fast universell einsetzbar und hat die denkbar kürzeste Amortisationszeit. Es wird bereits viel konventionelle Energie gespart, wenn die Solaranlage zum Ersatz der Bereitschaftsverluste der Heizungsanlage beiträgt bzw. möglichst viele Kesselstarts im Stand-by-Betrieb verhindert. Diese Synergie kann den Solarertrag nochmals aufwerten – ein Vorteil, den Vorwärm-Solaranlagen nicht bieten. Seit der Inbetriebnahme der Panoramasauna wurden 16 weitere Schwimmbäder mit dieser Solartechnik ausgestattet, darunter Frei- und Hallenbäder, Kureinrichtungen und private Swimmingpools.

### Rentabilitätsbetrachtung

Die Amortisationszeit für solare Großanlagen hängt von vielen Parametern ab. Das soll am Beispiel der Panoramasauna erläutert werden (Tabellen 2 und 3).

Die Solaranlage mit 98 m<sup>2</sup> Bruttofläche speist ganzjährig mit Temperaturen von mindestens 65 °C in das Wärmenetz des Schwimmbads ein. Gemäß einer T-SOL-

Simulation gewinnt die Solaranlage etwa 600 kWh pro m<sup>2</sup> Bruttokollektorfläche und Jahr, also insgesamt knapp 60 MWh. Davon werden nach Abzug aller Verluste mindestens 55 MWh pro Jahr, also ca. 550 kWh/m<sup>2</sup> dem System zugute kommen. Die Kosten der Solaranlage betragen ca. 560 Euro/m<sup>2</sup>. Bei einem Energiepreis von 6 Cent/kWh am Anfang und einer Energiepreissteigerung von 12 % jährlich hat sich die Investition voraussichtlich nach 7 Jahren amortisiert. Über eine Betriebszeit von 20 Jahren wird sie ca. 1,2 GWh an Gas sparen und die Bildung von 373 t CO<sub>2</sub> vermeiden. Die Anlage wird in 20 Jahren die Investitionskosten ca. 8-mal einbringen, was einer Effektivverzinsung der Investition von ca. 11,7 % entspricht. Hierbei wurden u. a. ein jährlicher Kapitalzins von 4 %, eine jährliche Inflation von 3 %, eine Förderung von 24 % und eine steuerliche Abschreibung der Investition von 30 %, verteilt über die ersten 10 Jahre, angenommen.

Der solare Energiepreis beträgt nur 2,3 Cent/kWh. Die Förderung im KfW-Programm (Kreditanstalt für Wiederaufbau) „Erneuerbare Energien“ besteht aus zinsgünstigen langfristigen Darlehen (bis zu 20 Jahre) mit festem Zinssatz (über 10 Jahre) für bis zu 100 % der förderfähigen Investitionskosten und einem Tilgungszuschuss aus Bundesmitteln von 30 %. Die

KfW behandelt Bäder zu 80 % wie Prozesswärmeanlagen. Damit können mindestens 24 % der Investitionskosten in Form von Tilgungserlass zurückerstattet werden. Da bei dem hier geschilderten Solaranlagentyp die Solarwärme universell genutzt wird, also z. B. auch ganzjährig für die Heizung und Klimatisierung, ist über den Abschlag von 20 % gegenüber anderen Prozesswärmeanwendungen vielleicht auch noch nicht das letzte Wort gesprochen.

Bei so vielen Annahmen darf man jedoch das Ergebnis in Zweifel ziehen. Hinter der Energiepreissteigerung von 12 % steht das größte Fragezeichen. Immerhin ist der Rohölpreis von 1998 bis 2008 jährlich im Schnitt um 22 % gestiegen und „krisenbereinigt“ von 1998 bis 2009 noch um 15,5 %. Auch eine mittlere Inflation von 3 % über 20 Jahre erscheint vielleicht eher sehr optimistisch.

### Fazit

Solaranlagen haben eine relativ lange Amortisationszeit. Danach jedoch erzeugen sie nahezu Reingewinn, wenn sie keine Betriebsmittel und Wartung benötigen. CPC-Vakuumpumpenanlagen mit Wasser als Betriebsmittel sind nahezu wartungsfrei. Sie benötigen mit max. 1,5 % vom Wärmegehalt auch etwa nur die Hälfte an Elektroenergie für die Solarpumpe wie konventionelle Solaranlagen. Wenn die Solarerträge dagegen klein sind und die Anlagen auch noch viel kürzer halten als hier angenommen, dann können Solaranlagen nie rentabel sein – ein klarer Grund, sich nur für hochwertige, langlebige Technik mit maximalen Solarerträgen zu entscheiden.

Autor: Dr. Rolf Meißner, Produktmanager und Entwickler von Solarsystemen bei Ritter Energie- und Umwelttechnik (Paradigma) und Geschäftsführer der Ritter XL Solar GmbH, Karlsbad

Bilder: Ritter

[www.ritter-xl-solar.de](http://www.ritter-xl-solar.de)

Ritter auf der ISH: Halle 8.0/Stand E94