

## KONTAKT

www.solpool.info  
solpool-deutschland@dgs.de

### Autoren:

Dipl.-Met Bernhard Weyres-Borchert,  
Dipl.-Ing. (FH) Markus Metz

### SOLPOOL Informationszentren

- München:  
Lotte Glashauser  
E-Mail info@dgs.de  
Fon 089-524071
- Berlin:  
Markus Metz  
E-Mail mm@dgs-berlin.de  
Fon 030-29381260
- Karlsruhe:  
Dr. Jan Kai Dobelmann  
E-Mail dobelmann@dgs.de  
Fon 0178-7740000
- Weimar:  
Antje Klauss-Vorreiter  
E-Mail vorreiter@dgs.de  
Fon 03643-256985
- Hamburg:  
Bernhard Weyres-Borchert  
E-Mail dgs-hh-sh@t-online.de  
Fon 040-35905823

### Layout/Satz

- Hamburg:  
Dagmar Melzer, Mediengestalterin  
E-Mail dagmar.melzer@gmx.net  
Fon 0179-4813723

### Sponsoren

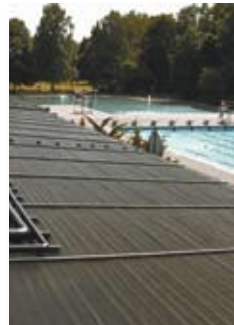
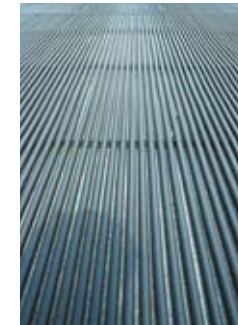
- Solkav – Alternative Energie Systeme  
Eilensteg 90  
29227 Celle  
www.solkav.de



- Solar-Anlagen Lange GmbH  
Sonnenenergie für Schwimmbäder  
Am Jägerhaus 6  
48291 Telgte  
www.solar-lange.de



# SOLPOOL Solare Freibadbeheizung



Handbuch  
für Betreiber, Planer  
und Installateure

Intelligent Energy  Europe



## INHALT

### 1. EINLEITUNG

- 1.1 Warum Sonnenenergie nutzen?
- 1.2 Warum Solarenergienutzung in Freibädern?

### 2. DAS SOLPOOL PROJEKT

- 2.1 Ziel und Zielgruppe
- 2.2 Die Projektpartner
- 2.3 Geplante Aktivitäten

### 3. SOLARTHERMISCHE SYSTEME FÜR FREIBÄDER

- 3.1 Komponenten
  - 3.1.1 Absorber
  - 3.1.2 Pumpen
  - 3.1.3 Wärmeübertrager
  - 3.1.4 Sonstige Armaturen

### 4. SYSTEME

- 4.1 Systeme ohne Nachheizung
- 4.2 Einbindung einer Nachheizung

### 5. PLANUNG AND DIMENSIONIERUNG

Der Impact Advisor

### 6. MONTAGE

- 6.1 Absorbermontage
  - 6.1.1 Mechanische Befestigung der Absorber
  - 6.1.2 Verkleben der Absorber
  - 6.1.3 Weitere Aspekte der Absorbermontage
- 6.2 Montage der Rohrleitung
  - 6.2.1 Sammel- und Verteilerrohre
  - 6.2.2 Absorberkreis
- 6.3 Betrieb und Wartung

### 7. KOSTEN UND ERTRÄGE

### 8. BEISPIEL

Solare Erwärmung eines kommunalen Freibades

SOLPOOL

## EINLEITUNG

### 1.1 Warum Sonnenenergie nutzen?

Der Mensch nutzt die Sonnenenergie seit Urzeiten, ohne Sonnenenergie ist kein Leben auf der Erde möglich. Direkt oder indirekt, sämtliche Energie, die wir nutzen, stammt von der Sonne – sie strahlt 15.000 mal mehr Energie zur Erde als wir derzeit verbrauchen. Pflanzen wachsen durch Sonnenlicht und bilden so die Nahrung für Tiere und Menschen. Die Dekompostierung von Pflanzen und Tieren vor Millionen von Jahren unter Sauerstoffausschluss führte zur Bildung von Erdöl, Gas und Kohle. Mit anderen Worten – fossile Energie, die wir heute nutzen, ist vor langer Zeit gespeicherte Sonnenenergie. Sogar Atomenergie stammt von der Sonne – Uran ist das Produkt einer lange zurückliegenden Sternenexplosion (Nova).

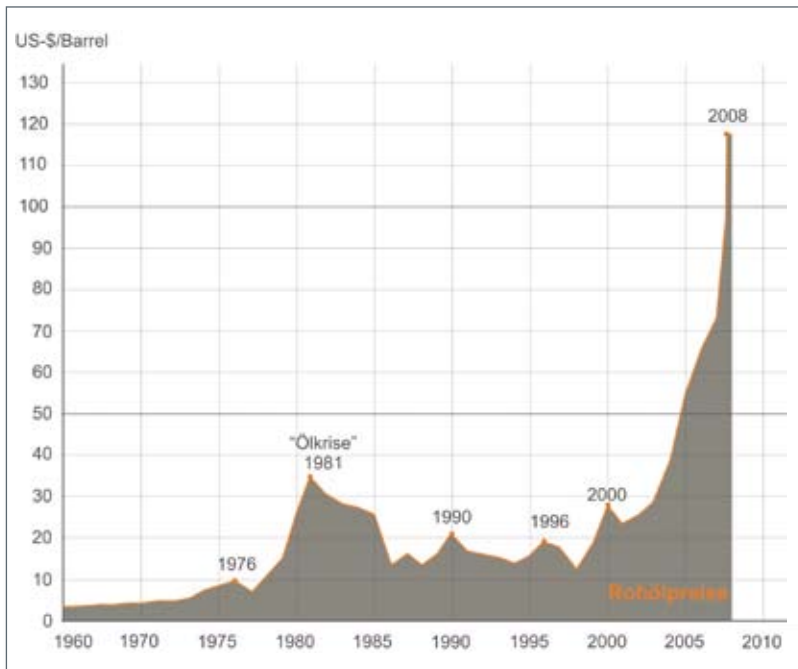


Abb.1 Entwicklung der Roölpreise von 1960 bis 2008 (www.tecson.de)

Die Sonne schenkt uns Energie in zwei Formen: **Licht** und **Wärme**. Menschen nutzten die Sonnenenergie für Jahrhunderte, um ihre Häuser heller und wärmer zu machen. Heutzutage erfolgt dieser Vorgang durch die hochentwickelte Technik viel effizienter. Indem wir Sonnenenergie und deren Vorteile nutzen, können wir unser Leben angenehmer gestalten: geringere Abhängigkeit von fossilen Energien, verbesserte Luftqualität, geringere Emission von Treibhausgasen, ebenso wie die Schaffung neuer, zukunftsfähiger Arbeitsplätze und Gründung von Unternehmen. Und wenn das System erst einmal installiert ist, schickt uns die Sonne keine Rechnung, Sonnenenergie ist kostenlos. Auf der anderen Seite werden die Kosten für fossile Energien unweigerlich steigen, da die Ressourcen begrenzt sind und der Energiebedarf weltweit steigen wird.

### 1.2 Warum Solarenergienutzung in Freibädern?

Die solare Freibadbeheizung hat gegenüber anderen Arten der thermischen Nutzung von Solarenergie drei entscheidende Vorteile:

- **Niedriges Temperaturniveau**  
Das benötigte Temperaturniveau liegt mit 18 °C bis 25 °C vergleichsweise niedrig. Dies ermöglicht den Einsatz von kostengünstigen Kunststoffabsorbieren.
- **Gleichzeitigkeit von solarem Angebots- und Nutzungszeitraum**  
Der Zeitraum des größten solaren Angebotes stimmt gut mit dem Nutzungszeitraum überein. In Mitteleuropa werden Freibäder zwischen Anfang/Mitte Mai und Mitte September betrieben. In diesen Zeitraum fallen ca. 65 bis 75 % der jährlichen solaren Einstrahlung.
- **Einfacher Systemaufbau**  
Das Beckenwasser fließt direkt durch die Absorber. Die bei thermischen Solaranlagen sonst üblichen Speicher entfallen, da das Becken diese Funktion übernimmt.

In Deutschland ist die solare Freibadbeheizung seit mehreren Jahrzehnten eine eingeführte und erprobte Technik. Im Jahr 2007 wurden laut der Statistik des ZfS Rationelle Energietechnik GmbH 785 öffentliche Bäder in Deutschland mit Absorber und 14 mit Kollektoranlagen beheizt. Trotzdem ist diese Anwendung der thermischen Solarenergie noch nicht an der Grenze ihrer Ausbaufähigkeit angelangt.

## 2. DAS SOLPOOL PROJEKT

### 2.1 Ziel und Zielgruppe

Ziel der Kampagne ist es, Besitzer und Betreiber von Freibädern und Installateuren die Potentiale der Solarenergienutzung zur Beheizung von Schwimmbädern näher zu bringen. Hierdurch soll der Einsatz solarthermischer Anlagen für die Beheizung von Schwimmbecken in den Partnerländern deutlich gesteigert werden.

### 2.2 Die Projektpartner

Neben der DGS (Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e. V.) als Projektkoordinator und dem ttz Bremerhaven auf deutscher Seite arbeiten 6 weitere europäische Länder an dem von der EU, im Rahmen des Programms Intelligente Energie Europa, geförderten Projekt. Namentlich sind dies: ALE (Frankreich), ApE (Slovenien), CZREA (Tschechien), Lecce (Italien), SAVE-REMA (Ungarn) und CRES (Griechenland).

### 2.3 Geplante Aktivitäten

Die Durchführung des SOLPOOL-Projekts erfolgt in allen Partnerregionen nach einem gleichen Muster. Für den Erfahrungs- und Informationsaustausch unterhalb der Projektpartner wird eine gemeinsame Webseite inkl. Newsletter eingerichtet.

Folgende Aktivitäten sind geplant:

- Bestandsaufnahme (Liste der Freibäder, Installateure, Hersteller, Solarfachbetriebe, Förderprogramme etc.)
- Durchführung von Informationskampagnen für Besitzer und Betreiber sowie für Installateure
- Einrichtung regionaler Informationszentren
- Entwicklung des „Impact Advisor“ als Auslegungshilfe
- Workshops für Besitzer, Betreiber und Installateure
- Informationstafel für Gäste im Eingangsbereich des Freibads

Die Aktivitäten werden auf der Projekt-Webseite veröffentlicht ([www.solpool.info](http://www.solpool.info)) bzw. auf den nationalen SOLPOOL-Webseiten, die über die zentrale Seite aufrufbar sind.

## 3. SOLARTHERMISCHE SYSTEME FÜR FREIBÄDER

### 3.1 Komponenten

#### 3.1.1 Absorber

Im Bereich der solaren Freibadbeheizung werden sogenannte Absorber verwendet. Diese Bauform der Kollektoren zeichnet sich durch den Verzicht auf die transparente Abdeckung, das Gehäuse sowie die Wärmedämmung aus. Dieser einfache Aufbau ist möglich, da die Anlagen mit geringen Temperaturdifferenzen zwischen Absorber und Umgebung (0 bis 20 K) und relativ gleichbleibenden Rücklauftemperaturen (10 °C bis 24 °C) arbeiten. Der Schwimmbadabsorber wird ausschließlich aus Kunststoff hergestellt.

Thermische Kollektoren mit Kupferabsorbern können aufgrund von Korrosionsgefahr nur dann bei solarer Freibadbeheizung eingesetzt werden, wenn ein separater Absorberkreis installiert und die solare Wärme über einen Wärmeübertrager an das Beckenwasser abgegeben wird.

Schwimmbadabsorber lassen sich bis auf wenige Sonderbauformen in zwei Gruppen einteilen:

- Rohrabsorber (Röhrchenabsorber)
- Flächenabsorber (Platten-, Kissenabsorber)

Der Rohrabsorber ist die einfachste Bauweise. Eine Vielzahl von glatten oder gerippten Rohren werden parallel angeordnet und je nach Bauart mit Zwischenstegen verbunden oder in bestimmten Abständen durch Halterungen fixiert. Es können Absorberbahnen bis zu 100 m Länge realisiert und Hindernisse wie Schornsteine oder Dachfenster leicht umgangen werden. Bei Flächenabsorbern ergeben sich meist durch Stege zwischen zwei Platten eine Vielzahl von Kanälen. Aufgrund ihrer glatten Oberfläche haben die Flächenabsorber gegenüber Rohrabsorbern den Vorteil, dass es keine Rillen gibt, in denen sich Schmutz oder Laub festsetzen kann. Auch der Selbstreinigungseffekt durch Regen ist größer.

Alle Absorber sind einfach zu handhaben. Das geringe spezifische Gewicht (ca. 2 kg/m<sup>2</sup>) und die Flexibilität des Materials erlauben z. B. Ein-Mann-Installationen. Die Absorber sind unempfindlich gegenüber mechanischer Belastung und i. d. R. begehbar.

Die folgende Abbildung zeigt eine Übersicht der am Markt erhältlichen Absorber (Abb. 3) sowie die unterschiedlichen Arten der Anbindung vom Absorber zum Sammel-Verteilerrohr (Abb. 4).

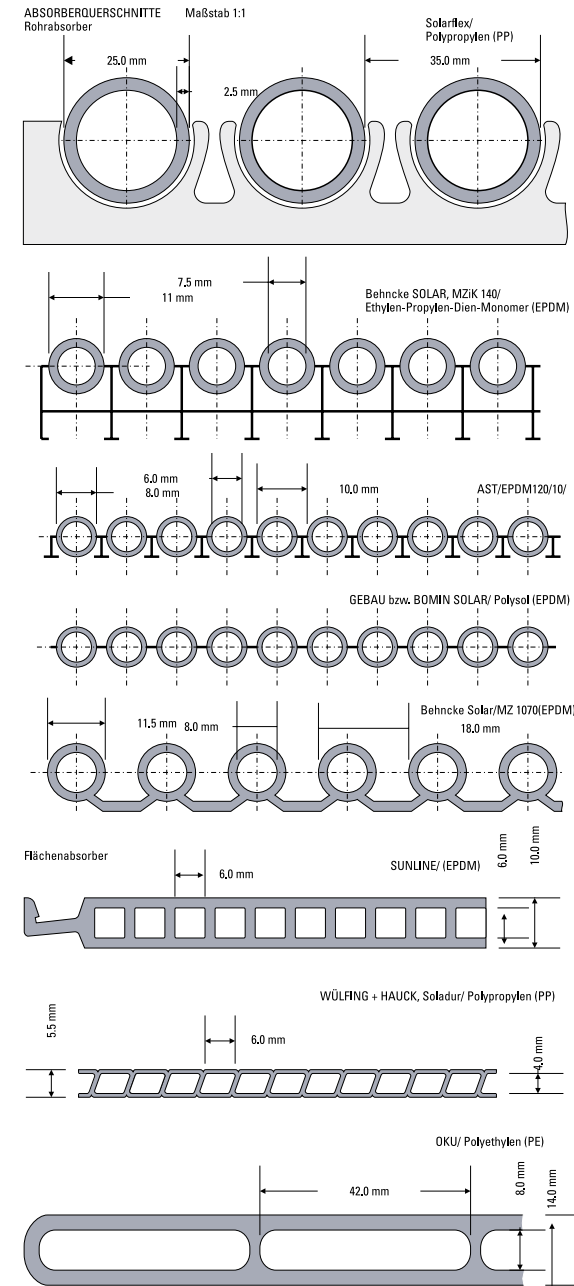


Abb. 3 Verschiedene Bauformen von Absorbern im Querschnitt

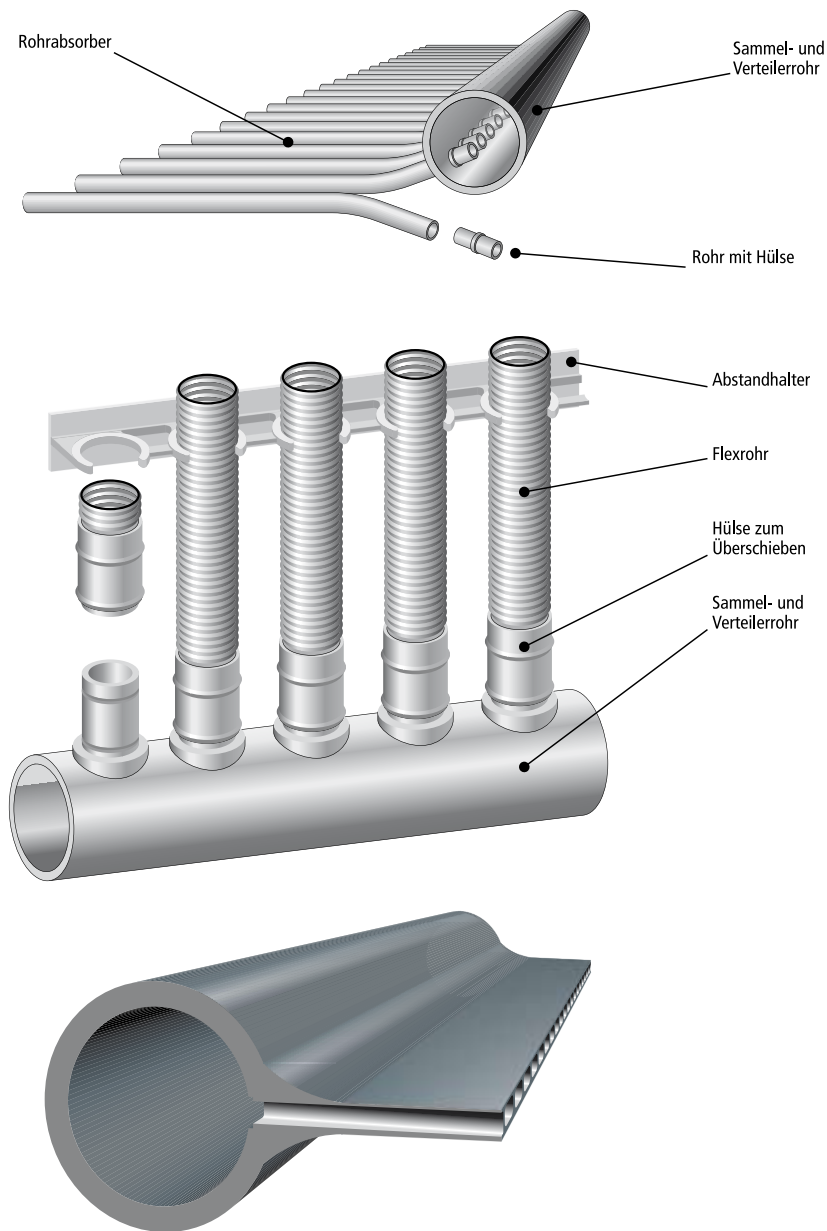


Abb. 4 Verschiede Arten der Anbindung vom Absorber zum Sammel-Verteilerrohr

### 3.1.2 Pumpen

Auch bei den Pumpen werden aus Gründen des Korrosionsschutzes entsprechende Anforderungen bezüglich der Materialeigenschaften gestellt. Da meist nicht auf Metalle verzichtet werden kann, werden möglichst korrosionsträge Materialien eingesetzt. Das Schaufel- bzw. Laufrad wird zum Beispiel häufig aus Gussbronze gefertigt, die Welle aus Chromnickelstahl (V4A bzw. St 1.45 71). Das Gehäuse besteht meist aus Grauguss, zunehmend werden auch Kunststoffe verwendet. Einige Hersteller bieten Schwimmbadpumpen auch komplett aus Kunststoff wie z. B. glasfaserverstärktem PP oder POM (Polyoxymethylen) an. Auch Pumpen, in denen die Pumpenwelle konstruktiv bedingt gar nicht mit dem Schwimmbadwasser in Berührung kommt, sind am Markt erhältlich.

Durch die im Vergleich zu Solaranlagen zur Warmwasserbereitung sehr großen Volumenströme (80 bis 110 l/m<sup>2</sup>h) sind die Pumpen dementsprechend dimensioniert und können Leistungsaufnahmen im einstelligen kW-Bereich erreichen, bei sehr großen Anlagen auch mehr.



Abb. 5 Normal ansaugende Blockpumpe sowie selbstansaugende Pumpen in Kunststoff und aus Bronze (Herborner Pumpen (links), Bünger & Freese)

### 3.1.3 Wärmeübertrager

Standardsolaranlagen zur Freibadbeheizung zeichnen sich durch ihren einfachen Systemaufbau aus, bei dem kein Wärmeübertrager notwendig ist. Wird jedoch eine andere Energiequelle zur Beheizung gewünscht, sind Wärmeübertrager erforderlich. Der Wärmeübertrager muss selbstverständlich auf der Schwimmbadwasserseite die entsprechenden Materialanforderungen einhalten. Um Korrosionsschäden im Edelstahlgefüge durch eine zu hohe Chlorid-Ionen-Konzentration zu vermeiden, sollten für die Erwärmung von chloriertem Schwimmbadwasser Edelstahl-Plattenwärmetauscher nur bedingt zum Einsatz kommen. In jedem Falle sind auch hier die Herstellerangaben zu beachten. Üblich sind herstellerseitige Einschränkungen auf eine maximale Chlorid-Ionen-Konzentration von 300 mg/l. Im Falle sogenannter Stoßchlorierungen können in der Praxis diese Werte jedoch überschritten werden. Eine Alternative bilden hier spezielle Schwimmbad-Rohrbündelwärmetauscher aus einer Kupfer-Nickel-Legierung (CuNi10), mit denen seit vielen Jahren im praktischen Einsatz gute Erfahrungen gemacht wurden. Es kann jegliche Wärmequelle, ob Wärmepumpe oder Gas-Brennwertkessel angeschlossen werden und ein Temperaturfühler zu Regelzwecken positioniert werden. In Schwimmbädern werden i. d. R. Rohrbündelwärmeübertrager eingesetzt.

### 3.1.4 Sonstige Armaturen

Je nach dem wie die Verschaltung des Systems vorgenommen wird, sind neben Pumpen motorgesteuerte Ventile für den Betrieb der Anlage notwendig. Wie bei den Rohrleitungen werden auch hier Kunststoffe (PVC, PE u. ä.) für die Ventile verwendet. Weiterhin sind Rückschlagklappen, Absperrhähne oder -schieber und Be- und Entlüfter in geeigneten Materialausführungen erforderlich.



Abb. 6 Wärmetauscher zur Schwimmbadbeheizung aus Edelstahl (liegend und stehend) bzw. Titan (Bünger & Freese, Achim)



Abb. 7 handbetriebenes Dreiwegeventil aus PVC (Akatherm, Mannheim)

## 4. SYSTEME

### 4.1 Systeme ohne Nachheizung

Die Solaranlage in öffentlichen Freibädern wird in der Regel mit einer separaten Absorberkreispumpe betrieben. Der hydraulische Aufbau ist aufgrund der hygienischen Anforderungen deutlich umfangreicher als bei privaten Swimmingpoolanlagen. Ein System in einem großen Freibad funktioniert nach folgendem Prinzip:

Das abgebadete Wasser (Rohwasser) wird aus den Becken abgeführt und in einen zentralen Wasserspeicher (Schwallwasser) geleitet. Dieser Speicher fungiert als „Wasserstandsanzeiger“ für das gesamte Schwimmbadwasser im Kreislauf. Verdunstetes Wasser wird hier durch Frischwasserzufuhr ersetzt. Vom Wasserspeicher wird das Wasser mittels einer oder, je nach Aufbau der Filteranlage mehrerer parallel geschalteter Pumpen durch die Filter gepumpt. Danach gelangt das Reinwasser über die Wasseraufbereitungsanlage zurück in das Becken.

Vor der Wasseraufbereitung (Chlorzusatz, pH-Regulierung) wird das Absorberfeld im Bypass an den Kreislauf angeschlossen. Die Absorberkreispumpe zweigt einen Teilvolumenstrom ab und pumpt ihn durch das Absorberfeld. Die Größe des Teilvolumenstromes richtet sich nach der Größe des Absorberfeldes. Das solar erwärmte Wasser wird direkt nach dem Abzweig wieder dem Hauptvolumenstrom zugeführt und gelangt dann letztlich in das Becken.

Im Vorlauf des Absorberkreises sollte ein Motorventil und hinter der Solarpumpe eine Rückschlagklappe installiert sein. Diese beiden Armaturen verhindern ein Leerlaufen des Absorberfeldes, wenn die Anlage nicht in Betrieb ist.

Bevor das Wasser in das Becken gelangt, werden die Hygieneparameter eingestellt. Es werden Chlor und ggf. pH-Wert-regulierende Chemikalien zugeführt. Die Chlorimpfstelle sollte in

jedem Fall hinter dem Abzweig des Absorberfeldes integriert werden, da die Chlorkonzentration innerhalb des Absorberkreises einen Wert von 0,6 mg/l nicht überschreiten sollte. Bei einer Stoßchlorung (u. U. bis zu 10 mg/l) kann eine Schädigung des Absorbers eintreten.

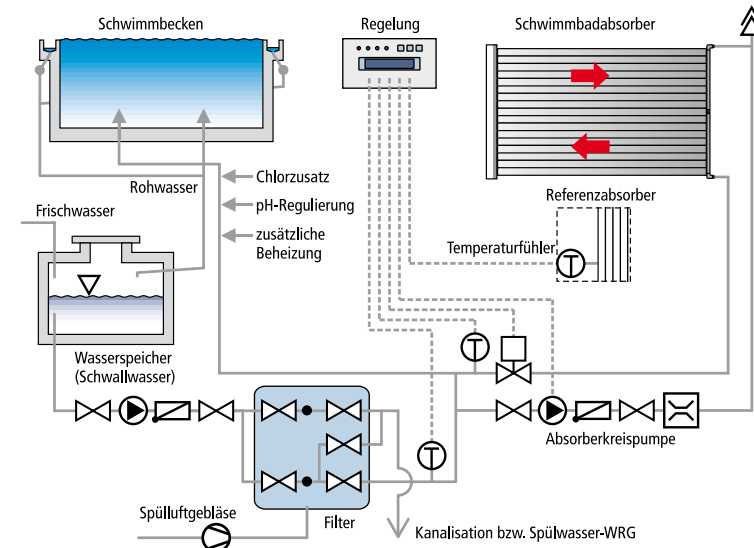


Abb. 8 Schaltschema einer Absorberanlage mit zusätzlicher Solarpumpe

### 4.2 Einbindung einer Nachheizung

Eine konventionell betriebene Nachheizung ist notwendig, wenn das Beckenwasser auf einer konstanten Temperatur gehalten werden soll. Einige Freibäder wollen ihren Besuchern unabhängig vom Sonnenschein wohltemperiertes Schwimmbadwasser bieten, was bei länger anhaltender geringer solarer Strahlung eine Nachheizung erfordert. Die Nachheizung wird über ein konventionelles System (vorzugsweise Gas- Brennwerttechnik) und einen zusätzlichen Wärmeübertrager gewährleistet. In einem bivalent beheizten System sollte die Nachheizung in jedem Fall nach der solaren Erwärmung erfolgen. Wenn das Wasser nach der Rück-

führung in den Filterkreis nicht die gewünschte Solltemperatur aufweist, deckt die Nachheizung den restlichen Wärmebedarf ab. Hinweise zur Berechnung der Heizlast gibt das DVGW (Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.)-Arbeitsblatt G 677. Der Einsatz von Wärmepumpen zur Nachheizung in Kombination mit solarer Schwimmbadwassererwärmung bietet die Möglichkeit, deutlich verbesserte Jahresarbeitszahlen für die Wärmepumpe zu erzielen, da das gewünschte Temperaturniveau relativ gering ist und das Absorberfeld relativ hohe Eingangstemperaturen zur Verfügung stellt.

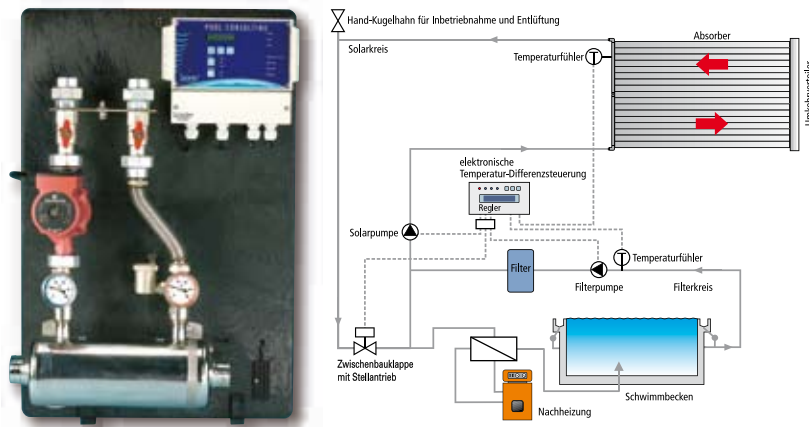


Abb. 9 Einbindung einer Nachheizung

## 5. PLANUNG AND DIMENSIONIERUNG

Wie bei solarthermischen Anlagen zur Warmwasserbereitung sind bei der Planung solarer Freibadbeheizung die Rahmenbedingungen Einstrahlung und Wärmebedarf von entscheidender Bedeutung. Der Wärmebedarf eines Schwimmbades hängt von folgenden Größen ab:

- Größe der Beckenoberfläche
- Wassertiefe

- Farbtonung des Beckens
- gewünschte Wassertemperatur
- Vorhandensein einer Abdeckung
- meteorologische Umgebungsbedingungen (Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit)

In Freibädern kann bei entsprechender Anlagendimensionierung das Beckenwasser zu 100% durch die Solaranlage erwärmt werden. Da die Strahlungsverhältnisse auch zwischen Mai und September schwanken, resultieren daraus niedrigere Beckenwassertemperaturen zu Beginn und Ende einer Saison und auch bei länger anhaltenden Schlechtwetterperioden. Die Temperaturschwankungen im Beckenwasser beeinträchtigen das Besucherverhalten in aller Regel jedoch nicht, da bei sonnigem Wetter mehr Besucher kommen als in Schlechtwetterperioden. Bei solch einer monovalenten solaren Beheizung des Beckenwassers dient das große Wasservolumen als Speicher, welcher die Temperaturschwankungen abmildert. Bei länger andauernden Schlechtwetterperioden müssen die wenigen Stammgäste jedoch mit einer geringeren Beckenwassertemperatur, d. h. mit einer Komforteinbuße gegenüber einem konventionell beheizten Becken rechnen.

## Der Impact Advisor

Der Impact Advisor ist eine Entscheidungshilfe für die Anwendung der solaren Schwimmbadwassererwärmung. Er liefert dem Betreiber/ Besitzer wie auch dem Installateur die wesentlichen Informationen, wenn es darum geht, für ein Freibad die Schwimmbadwassererwärmung mit Hilfe einer solarthermischen Anlage zu realisieren.

Eingangsgrößen sind:

- Standort
- Verbrauchte Energie pro Saison
- Energiekosten pro Saison
- Gewünschte mittlere Schwimmbadwassertemperatur

Ausgegeben werden folgende Größen:

- erforderliche Absorber-/Flachkollektorfläche
- voraussichtliche Investitionskosten
- zu erwartende Energieeinsparung
- Amortisationszeit

Diesem auf Excel basierenden Tool liegen Simulationsrechnungen mit T\*SOL expert 4.2 zu Grunde, die auf folgenden Annahmen beruhen:

- Saisonbeginn und -ende bzw. Besucheranzahl werden in erster Linie durch die Lufttemperatur bestimmt. Erfahrungsgemäß liegt der Schwellenwert bei 20°C. Der Simulationszeitraum umfasst die Monate, in denen dieser Wert überwiegend erreicht wird.
- Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen dem Verhältnis Absorber- zu Beckenoberfläche und der mittleren Schwimmbadwassertemperatur.
- Das Schwimmbad wird monovalent betrieben, das heißt es wird nicht fossil nachgeheizt.

Nachfolgend sind die Berechnungsergebnisse des Impact Advisors für ein beispielhaftes Freibad ohne Abdeckung, Größe 100m², mittlere Beckentiefe 2m, Anzahl der Badegäste durchschnittlich 50 Personen/Tag, Frischwasserzufuhr 1.400 Liter/Tag dargestellt.

## SOLPOOL – IMPACT ADVISOR

Eigentümer	
Name	Walter
Vorname	Fritz
Straße	Betzenberg
PLZ, Stadt	67655 Kaiserslautern
Eckdaten	
Energieträger	Elektrische Energie
Energieverbrauch	200.000,00 kWh/a
Energiekosten	20.000,00 EUR/a
Energiepreis	0,10 EUR/kWh
Globalstrahlung Referenzort	D-Hamburg – 950 kWh/m²a
Länge Pool	50,00 m
Breite Pool	20,00 m
Pool-Fläche	1.000,00 m²
Zieltemperatur	22,00 °C
Ergebnisse	
Kollektorart	Absorber
Faktor Absorberfläche zu Poolfläche	1,21
Absorberfläche	1.205,88 m²
spez. Ertrag	300,00 kWh/m²a
Energieeinsparung	361.764,71 kWh/a
Kosteneinsparung	36.176,47 EUR/a
spez. Systemkosten	100,00 EUR/m²
Investitionskosten	120.588,24 EUR
Ammortisation	3,33 a
Emmisionswert	647,00 g/kWh
CO <sub>2</sub> -Einsparung	234.061,76 kg/a

Abb. 10 Oberfläche Impact Advisor

## 6. MONTAGE

### 6.1 Absorbermontage

Absorber können auf geneigten und flachen Dächern unterschiedlichster Ausführung installiert werden. Auch eine ebenerdige Verlegung ist möglich. Aufgrund der primären Nutzungszeit in den Sommermonaten mit Sonnenstandswinkeln größer  $50^\circ$  ist eine Aufständering zur Optimierung der Erträge nicht erforderlich. Wenn eine geneigte Fläche genutzt werden soll, ist eine Ausrichtung nach Süden im Bereich von  $-45^\circ$  Südost bis  $45^\circ$  Südwest vorteilhaft.

Die Montage des Absorbers ist stark von der Bauart (Rohr- oder Flächenabsorber) und von der Beschaffenheit des Untegrundes abhängig. Die statische Belastbarkeit des Daches spielt eine untergeordnete Rolle. Der Absorber selbst hat im befüllten Zustand eine geringe Flächenlast, je nach Bauart zwischen 8 und  $12 \text{ kg/m}^2$ . Bei der Sicherung des Absorberfeldes gegen Wind werden auf waagerechten Flächen oftmals Betonplatten eingesetzt. In diesem Bereich kann die Flächenlast erheblich höher sein als im Absorberfeld. Hier muss die statische Tragfähigkeit des Daches überprüft werden.

Bei sämtlichen Dachdurchführungen muss die Dachhaut anschließend wieder wetterfest verschlossen werden. Bevorzugt sollten Befestigungen gewählt werden, welche die Dachhaut nicht durchdringen (z. B. Betonplatten bei waagerechten Flächen). Einen großen Vorteil bieten Rippenrohrabsorber, die keinerlei Befestigung gegen den Windsog benötigen.

#### 6.1.1 Mechanische Befestigung der Absorber

In vielen Anwendungsfällen werden die Absorber auf einem Flachdach oder gering geneigtem Dach installiert. Hier bieten sich mechanische Befestigungen der Absorberfläche in Form von Gurtbändern oder Stahlschienen an. Kernpunkt der Befestigung ist der Schutz des Absorberfeldes gegen Windangriff. Bei öffentlichen Freibädern hat sich die Montage auf Flachdächern und eine Windsicherung mit Betonplatten als einfache

und kostengünstige Montageart durchgesetzt. Die Betonplatten sollten mit einer Bautenschutzmatte unterlegt werden, um die Dachhaut zu schützen. Wie in Abbildung 11 dargestellt, kann an den Betonplatten das Montagesystem befestigt werden. Die Absorber werden zwischen zwei Betonplatten mit Hilfe von Aluschienen oder Gurtbändern fixiert. Gurtbänder haben sich hierbei als günstiger und flexibler bewährt. Die Absorber werden senkrecht zur Laufrichtung der Absorberrohre mit einem Ober- und einem Untergurt verspannt. Der Abstand von einem zum nächsten Gurtband sollte nicht größer als 1,5 m sein. In regelmäßigen Abständen (ebenfalls ca. 1,5 m) werden Ober- und Untergurt mit einem UV-beständigen Kabelbinder fixiert.

Die Montage von Absorbern mit Gurtbändern eignet sich auch für die Schrägdachmontage. Hier muss jedoch eine andere Art von Fixpunkt gewählt werden, die je nach Art des Daches unterschiedlich ist. Dies gilt auch für den Einsatz von Stahlschienen, die bei der Schrägdachmontage häufiger eingesetzt werden. Bei Ziegeldächern kann dieser Fixpunkt z. B. mit Dachhaken realisiert werden, wie man sie aus der Kollektoraufdachmontage kennt.

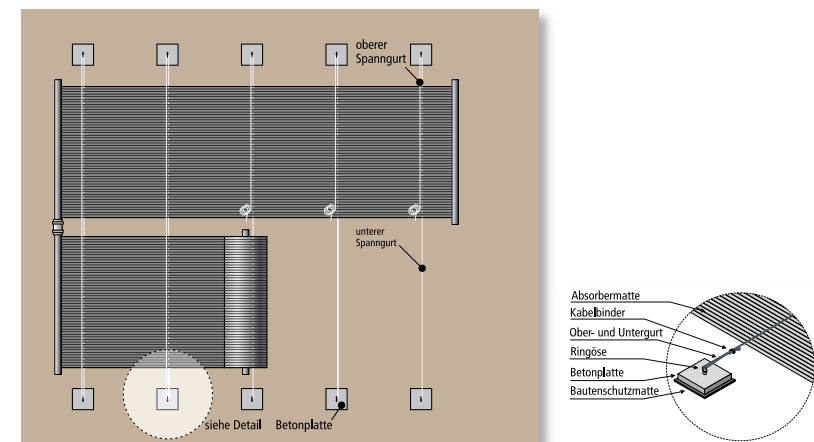


Abb. 11 Befestigung der Absorber mit Spanngurten und Betonplatten auf ebener Fläche

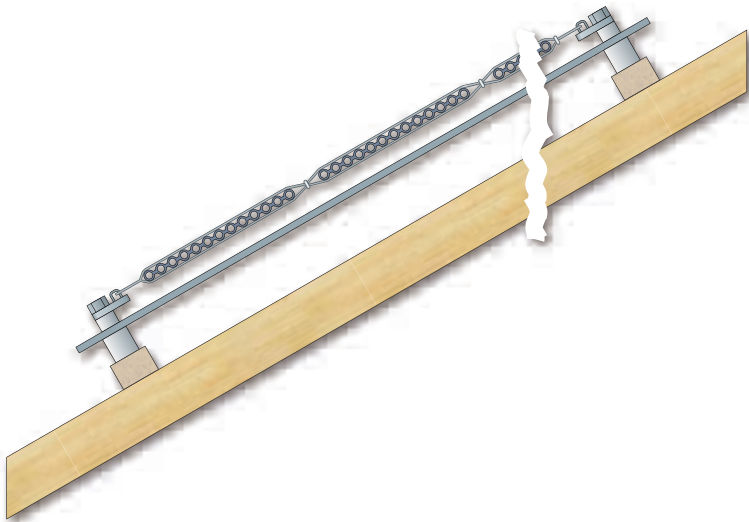


Abb. 12 Verspannen von Absorbern mit Gurtbändern auf einer geneigten Fläche

### 6.1.2 Verkleben der Absorber

Die Oberfläche der gängigsten Dacheindeckungen (Ziegel, Blech, Bitumen, Welleternit usw.) ist glatt genug, um den Absorber mit einer speziellen, meist vom Hersteller angebotenen Klebmasse auf dem Untergrund festzukleben. Je nach System des Herstellers und nach Dachneigung ist die Klebeschicht in Abständen zwischen 30 und 100 cm aufzutragen. Einige Absorbertypen haben an der Rückseite Stege, die nicht nur ein isolierendes Luftpolster ergeben, sondern auch zusätzliche Auflagefläche zum Verkleben bieten (z. B.: AST, Behncke). Bei Neigungen größer als 30° muss darauf geachtet werden, dass die Absorber nicht nachrutschen, solange die Klebmasse noch nicht ausgehärtet ist. Dafür kann z. B. neben der Spur der Klebmasse ein doppelseitig klebendes Absorbermontage-Klebeband verlegt werden. Bei einer Verklebung der Absorber sollte der Untergrund immer trocken, fettfrei und unverschmutzt sein um die Dachhaut zu schützen.

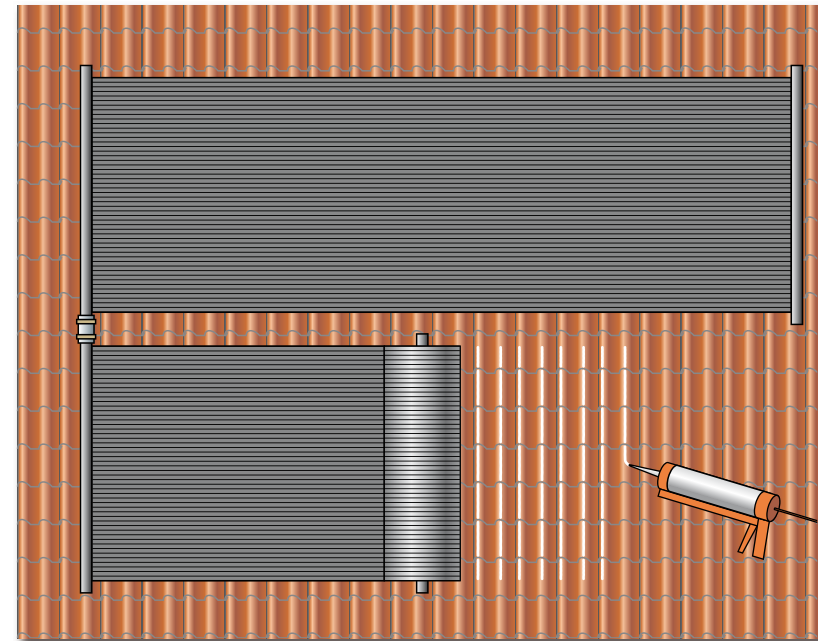


Abb. 13 Verkleben von Absorberbahnen auf einem geneigten Ziegeldach

### 6.1.3 Weitere Aspekte der Absorbermontage

Ebenerdige Montage wie schon im Planungsabschnitt des Kapitels erwähnt, kann es gerade bei öffentlichen Schwimmbädern mit Absorberfeldern von mehreren 100 m<sup>2</sup> vorkommen, dass nicht genügend Dachfläche zur Verfügung steht. Hier kommt unter Umständen eine ebenerdige Montage in Frage. Die Sicherung gegen Windkräfte kann hier auf die gleiche Weise vorgenommen werden wie bei der Flachdachmontage. Allerdings muss das Absorberfeld unbedingt gegen den Durchwuchs von Pflanzen gesichert werden. Hierbei sollte eine möglichst ebenerdige Fläche geschaffen werden, die Regenwasser gut versickern lässt und das Durchwachsen von Pflanzen langfristig verhindert. Wichtig ist der runde Kies für die oberste Schicht, damit der Absorber beim Begehen nicht durch scharfkantige Steine beschädigt wird.

Um einen zusätzlichen Schutz zu erzielen, kann die Absorberfläche eingezäunt werden. Eine niedrige Bepflanzung in geeignetem Abstand schützt das Absorberfeld gegen Wind und vermindert somit Wärmeverluste durch Konvektion. Die Firma SOLKAV hat einen begehbaren und beispielbaren Absorber entwickelt, der neben der Funktion der Schwimmbadwassererwärmung gleichzeitig als Schwimmbeckenumrandung eingesetzt werden kann (SportSolar). Dies ist überall dort eine Möglichkeit, wo nicht genügend Dachfläche zur Verfügung steht oder bisher die Errichtung einer Solaranlage aus optischen oder technischen Gründen unmöglich war.



Abb. 14 Sport Solarabsorber, links Verlegung, rechts fertiger Bodenbelag mit eingebetteten Absorbern (Foto: SOLKAV)

## 6.2 Montage der Rohrleitung

Bei der Montage der Rohrleitungen sind die einschlägigen Regeln der Technik wie z. B. DIN 19630 bzw. EN 805 einzuhalten. Weiterhin sollte für den Rohrweg immer der kürzeste Weg zwischen Absorberfeld und Schwimmbecken gewählt werden. Aufgrund der niedrigen Betriebstemperaturen wird auf eine Wärmedämmung der Rohre zumeist verzichtet. Besonderes Augenmerk gilt der Längenausdehnung der Kunststoffrohre aufgrund unterschiedlicher Betriebstemperaturen.

### 6.2.1 Sammel- und Verteilerrohre

Generell hängt die Art der Befestigung stark vom verwendeten Absorbersystem und der Art der Dachhaut ab. Die Sammel-

und Verteilerrohre werden entweder mit Schraubsschellen auf dem Dach befestigt oder mit Sparrenankern, ähnlich wie bei der Aufdachmontage von Flachkollektoren, montiert. Da die Sammel- und Verteilerrohre der Absorber meist aus PE-HD oder PVC bestehen, muss hier bei der Montage auf die temperaturbedingte Ausdehnung geachtet werden. Einzelne Rohre können z. B. mittels Gummimuffen verbunden werden. Wenn die zu verbindenden Rohre genügend Abstand voneinander haben, kann die temperaturbedingte Ausdehnung durch die Gummimuffe kompensiert werden

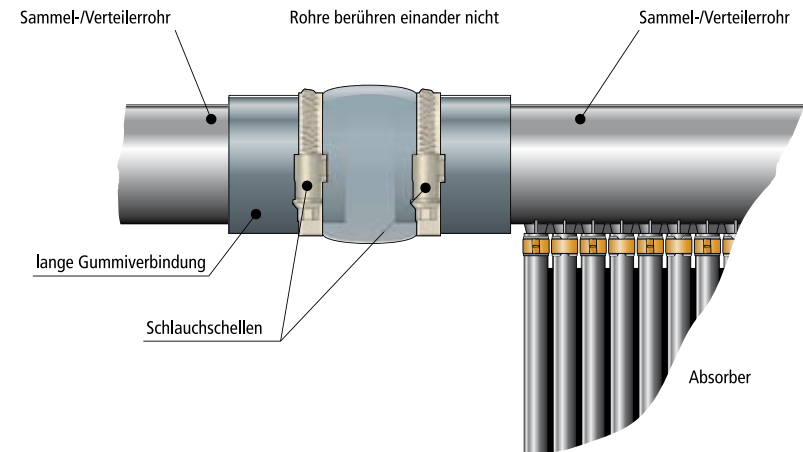


Abb. 15 Gummihülsenverbindung der Sammelrohre zum Ausgleich von temperaturbedingten Ausdehnungen

### 6.2.2 Absorberkreis

Die Verrohrung des Absorberkreises wird mit Kunststoffrohren ausgeführt. Zum Einsatz kommen oft PVC-Rohre, wenn möglich sollten jedoch aus Umweltaspekten PE- oder PP-Rohre verwendet werden. Am Gebäude werden die Rohre mit Schraubsschellen befestigt, vom Gebäude zum Schwimmbecken werden die Rohre wenn möglich unterirdisch verlegt. Die Verbindungen von PVC-Rohren werden mit dafür geeignetem Kleber herge-

stellt. Die handelsüblichen grauen PVC-Rohre sollten nicht der UV-Strahlung ausgesetzt, sondern unter dem Dach bzw. unterirdisch verlegt oder mit einem Schutzanstrich versehen werden. Schwarze PVC-Rohre und die entsprechenden Fittings sind jedoch dauerhaft UV-beständig.

PE- und PP-Rohre können durch sogenanntes Heizelementstumpfschweißen (früher Spiegelschweißen genannt) miteinander verbunden werden. Die Anschaffung des Schweißgeräts sowie der Erwerb des Know-hows für dessen Umgang macht sich vor allem bei großen Anlagen bezahlt. Es erlaubt eine schnellere und präzisere Verbindung der Rohre als das Verkleben von PVC-Rohren. Die Rohrenden müssen dabei eine glatte und rechtwinklig zur Rohrachse verlaufende Schnittfläche aufweisen, damit eine dauerhafte und dichte Verbindung erreicht wird. Das Heizelement, in Form einer dünnen Scheibe, wird zwischen die zu verbindenden Rohre geführt und erhitzt die Rohrenden. Die Rohre befinden sich in einer Halterung, damit die Rohrachsen übereinstimmen. Das Heizelement wird entnommen und die Rohrenden unter Druck zusammengefügt.



Abb. 16 Beispiel gleitender Verlegung der Rohre mit Schellenanker (Foto: DGS)

Der Temperaturbereich, in dem die Rohrleitungen arbeiten, reicht von  $-20\text{ °C}$  im Winter bis zu  $70\text{ °C}$ , wenn die Absorberpumpe zur Temperaturbegrenzung des Beckenwassers abgeschaltet wird (Stillstand). Bei einem Wärmeausdehnungskoeffizienten von  $\alpha = 0,2\text{ mm}/(\text{m K})$ , zum Vergleich: Kupfer  $0,016\text{ mm}/(\text{m K})$ , und einer 30 m langen Rohrleitung bedeutet dies eine Längenänderung von 54 mm). Die Montage der Rohrleitung sollte mit frei verschiebbaren Loslagern erfolgen, das heißt Fixierung in seitlicher Richtung und Gleiten der Befestigung im Loslager in oder gegen die Fließrichtung der Rohrleitung. Weiterhin sind in regelmäßigen Abständen von den Fixpunkten (10 bis 15 m) Biegeschenkel und Dehnungsbögen vorzusehen.

### 6.3 Betrieb und Wartung

Solaranlagen in Freibädern arbeiten in der Regel vollautomatisch. Die Regelung übernimmt den Betrieb, schaltet die Absorberpumpe ein und aus. Lediglich beim Einregeln der Anlage nach der Installation bzw. einer Reparatur können Eingriffe in die Regelstrategie notwendig sein, die jedoch nur ein Fachmann vornehmen sollte.

Zu Beginn einer Saison sollte die Absorberfläche auf Verschmutzung hin untersucht werden und ggf. abgefegt oder abgespritzt werden. Der Einsatz von Hochdruckreinigern empfiehlt sich wegen einer möglichen Beschädigung des Absorbers nicht. Ebenfalls beim Saisonstart muss die Anlage sorgfältig entlüftet werden, was bei großen Anlagen mit mehreren Absorberfeldern einen gewissen Aufwand darstellt.

Vorteilhaft ist es vor allem bei öffentlichen Schwimmbädern, dem Personal gewisse Grundkenntnisse der Funktion der Solaranlage zu vermitteln. So kann es in regelmäßigen Abständen Betriebsparameter überprüfen und eine Fehlfunktion erkennen. Eine Regelung, welche die Erträge erfasst, erleichtert diese Arbeit. Außerdem können die Erträge an geeigneter Stelle den Bade Gästen „vor Augen“ geführt werden.

Einzelne Schäden an Absorbern können sehr einfach behoben werden. Ein beschädigtes (Rippen)-Rohr kann entweder im Ganzen zwischen Sammler und Verteiler oder nur partiell ausgetauscht werden. Das beschädigte Stück wird herausgeschnitten und mit einem neuen Absorberrohr, Hülsen und ggf. Klemmschellen repariert.

Am Ende der Saison sollte das Absorberfeld entleert werden. Auch wenn EPDM-Absorber Frost schadlos überstehen, können sich in dem über längere Zeit stehenden Wasser Keime bilden. PP-Absorber müssen hingegen entleert werden, da sie nicht frostbeständig sind. Ein möglichst vollständiges Entleeren des Absorberfeldes erreicht man mit Pressluft. Die Entleerung der Sammel- und Verteilerrohre und des Absorberkreises erfolgt über die Entleerungshähne. Im Bereich der solaren Schwimmbadwassererwärmung spielt die Gefahr durch eine gesundheitsgefährdende Konzentration von Legionellen-Bakterien keine Bedeutung, da in den Absorbern bzw. im Schwimmbadwasser eine ausreichend desinfizierende Chlor-Konzentration vorhanden ist.

## 7. KOSTEN UND ERTRÄGE

Der durchschnittliche Energieertrag einer monovalent betriebenen Anlage liegt pro Badesaison (Mitte Mai bis Mitte September) bei ca. 250 bis 350 kWh/m<sup>2</sup>, bei sehr kleinem Flächenverhältnis Absorber- zu Beckenfläche auch darüber. Das heißt, die Anlagen arbeiten bei einer Einstrahlung von ca. 650 bis 700 kWh/m<sup>2</sup> und Saison mit einem mittleren Systemnutzungsgrad von etwa 40 bis 50%.

Für die Wirtschaftlichkeit ergeben sich dadurch recht günstige Verhältnisse. Bei einer monovalenten Beheizung stellt sich ein betriebswirtschaftlicher Vorteil der solaren Freibadbeheizung im Vergleich zu einer konventionellen ein. In der folgenden Tabelle sind diese zwei Beheizungsarten miteinander verglichen. Als Randbedingungen wurden 1.620 m<sup>2</sup> Beckenoberfläche, 900 m<sup>2</sup> Absorberfläche, Betrachtungszeitraum 15 Jahre, Zinssatz 6% p. a. und Standardannahmen für Wartungs- und Betriebskosten angenommen.

Der Vergleich mit konventionellen Energiekosten zeigt, dass die solare Freibadbeheizung auch ohne Förderung preiswerter als eine konventionelle Beheizung sein kann.

Bei einer bivalenten Beheizung kann die Solaranlage ebenfalls Kostenvorteile erzielen. Der wirtschaftliche Betrieb ist jedoch nur in einem engen Bereich von einigen Parametern möglich, wie die konventionellen Brennstoffkosten und die Solltemperatur des Beckenwassers. Die Erfahrungen aus den letzten Jahren haben gezeigt, dass bivalent betriebene Anlagen deutlich geringere spezifische solare Erträge liefern, die optimale Regelstrategie deutlich schwieriger zu erreichen ist und die eingesparten Kosten des konventionellen Brennstoffs in der Regel nicht für einen wirtschaftlichen Betrieb ausreichen. Contracting-Modelle können für Kommunen oder Städte aufgrund fehlender Finanzkraft wirtschaftlich interessant sein. Hier verkauft ein Investor und Betreiber der Solaranlage die Leistung „warmes Schwimmbadwasser“ an die Kommune. Diese finanziell attraktive Alternative entbindet die Kommunen vom Betrieb der Anlage und überträgt dem Contractor gleichzeitig das technische Risiko.

Vergleich der Jahresgesamtkosten (brutto) für die monovalenten Systeme Solar- und Gasbeheizung

	Konventionelle Beheizung (Gas)	Solar beheizt
Investition	36.000 EUR	81.800 EUR
Kapitalkosten	3.708 EUR/a	8.425 EUR/a
Nutzenergie	325.000 kWh/a	276.000 kWh/a
Hilfsenergie	1.625 kWh/a	3.100 kWh/a
Brennstoffbedarf	342.000 kWh/a	–
Gas- und Stromkosten	14.196 EUR/a	465 EUR/a
Wartung	715 EUR/a	818 EUR/a
Jahresgesamtkosten	18.619 EUR/a	9.708 EUR/a
Wärmepreis	0,054 EUR/kWh	0,035 EUR/kWh

## 8. BEISPIEL

### Solare Erwärmung eines kommunalen Freibades

Das Sommerbad Pankow ist eines von ca. 13 Freibädern der insgesamt 62 Bäder der Berliner Bäderbetriebe. Das Bad ist Ende der 90er Jahre umfassend saniert worden. Dabei wurde im Jahr 2000 zunächst auf dem Filtergebäude eine Absorberanlage mit 520 m<sup>2</sup> Fläche installiert. Mit dieser Größe ist die übliche Dimensionierung jedoch weit unterschritten, da das Bad insgesamt über eine Beckenoberfläche von ca. 1.500 m<sup>2</sup> verfügt. Die Erweiterung der Anlage konnte dann im Jahr 2001 erfolgen, nachdem auch das Umkleidegebäude, welches sich unmittelbar neben dem Filtergebäude befindet, saniert war. Hier sind weitere 630 m<sup>2</sup> Absorberfläche verlegt worden, so dass das Bad insgesamt über eine Gesamtfläche von 1.150 m<sup>2</sup> verfügt. Die Pumpen wurden von vornherein auf die Erweiterung hin ausgelegt. Die Absorberkreispumpe der Firma Herborner fördert nun insgesamt 115 m<sup>3</sup>/h bzw. 100 l/m<sup>2</sup>h. Der hydraulischen Verschaltung der Anlage kommt hier zugute, dass der Solarflex-Rippenabsorber aus PP der Firma Solaranlagen Lange GmbH (Telgte) auch bei sehr langen Bahnlängen einen relativ geringen Druckverlust aufweist.



Abb. 17 Solaranlage zur Freibadbeheizung im Sommerbad Pankow, Berlin  
(Foto: DGS)

Einige Anlagendaten:

Absorberfläche	1.150 m <sup>2</sup>
Beckenfläche	1.500 m <sup>2</sup>
Inbetriebnahme	2000/2001
Betreiber	Berliner Bäderbetriebe Kontaktperson Hr. Thoma
Installation	Solaranlagen Lange GmbH, Telgte
Planung	Solaranlagen Lange GmbH, Telgte
Ertrag	ca. 350 MWh/a bzw. 285 kWh/m <sup>2</sup> a
Systemnutzungsgrad	ca. 45%

### Nachhaltige Energie für Europa



Das SOLPOOL Projekt ist offizieller Partner der Kampagne Nachhaltige Energie für Europa der Europäischen Kommission.

### Intelligente Energie Europa

**Intelligent Energy**  Europe

Das SOLPOOL Projekt wird im Rahmen des Intelligente Energie Europa ALTENER Programms der Europäischen Kommission gefördert. Für die Inhalte des vorliegenden Dokuments sind alleine die Autoren verantwortlich, diese Inhalte geben nicht die Position der Europäischen Union wieder. Die Europäische Kommission ist in keinem Fall verantwortlich für eine eventuelle Verwendung der hier dargestellten Informationen.