

BRÖTJE-Fachinformation

(Januar 2004)

Thermische Solaranlagen

Teil 1: Anlagenkonfiguration und Informationen zur Kundenberatung

Teil 2: Praxistipps zur Dimensionierung und Installation

**Teil 3:
Fehlersuche**

THERMISCHE SOLARANLAGEN

Teil 1: Anlagenkonfigurationen und Informationen zur Kundenberatung

1 Einleitung

Solarthermische Anlagen werden zur Trinkwassererwärmung, zur Heizungsunterstützung oder zur Schwimmbaderwärmung eingesetzt. In Deutschland können bei typischer Anlagendimensionierung ca. 60 % des jährlichen Trinkwarmwasserbedarfs eines Einfamilienhauses durch solarthermische Anlagen erwärmt werden. Heizungsunterstützende Solaranlagen decken bei üblicher Dimensionierung je nach Dämmstandard des Gebäudes 10–30 %, bei Niedrigenergiehäusern sogar ca. 50 % des Gesamtwärmebedarfs. Den Stand moderner Heizungstechnik bildet eine Kombination aus einer modernen Niedertemperatur- bzw. Brennwertheizung mit einer solarthermischen Anlage.

Die günstigen Umwelteigenschaften und Brennstoffeinsparungen zählen als Argument für die Investition in eine solarthermische Anlage. Durch das zunehmende Umweltbewusstsein der Bevölkerung, deutliche Energiepreissteigerungen und flankierende öffentliche Fördermaßnahmen entwickelte sich seit den 90er-Jahren ein Solarthermieboom. Für das Heizungshandwerk bietet die Solarthermie ein attraktives zusätzliches Geschäftsfeld, wobei ein hohes Maß an kompetenter Kundenansprache und Kundenberatung erforderlich ist.

Im Gegensatz zu Investitionen in eine Heizungsanlage, bei der oftmals rein wirtschaftliche Argumente im Vordergrund stehen, bewegen den potenziellen Kunden zusätzlich ökologische Motive, Spaß an moderner Technik und nicht zuletzt die Möglichkeit, Umweltverantwortung gegenüber sich selbst und anderen zu demonstrieren.

Solarenergie liegt im Trend. Dies zeigen auch eine Vielzahl von Förderinstrumenten und -programmen. Die Förderung lässt die Investitionskosten spürbar sinken, oftmals kann sie mit Investitionen in erhöhten Wärmeschutz oder Heizungsmodernisierung gekoppelt werden. Die Solaranlage schützt mit einer einmaligen Investition auch in Zukunft vor steigenden Energiepreisen. Es gilt im Kundengespräch, kurz und präzise Fördermodalitäten und Fördervolumen für die speziellen Investitionsvorhaben darzulegen.

Das Kompensationsprinzip der Energieeinsparverordnung (EnEV) zwischen Bauphysik und Anlagentechnik ermöglicht darüber hinaus bei Einsatz solarthermischer Anlagen größere architektonische Freiheiten bzw. Nachlässe beim baulichen Wärmeschutz.

Ein wichtiges Argument für den Kunden ist die Zuverlässigkeit der Technik. Solarthermische Anlagen sind seit Jahrzehnten erprobt und in vielfältigen Formen auf dem Markt vertreten. Die Hersteller moderner Heizungstechnik bieten technisch ausgereifte Paketlösungen an, deren Komponenten zum einen optimal aufeinander abgestimmt und zum andern kompatibel mit der bestehenden oder neu zu errichtenden Heizungsanlage sind.

2 Komponenten einer thermischen Solaranlage

2.1 Der Kollektor

In Deutschland haben sich Flachkollektoren und Vakuum-Röhrenkollektoren etabliert. Das Kernstück jedes Kollektors ist der Absorber. Hier wird die einfallende Sonnenstrahlung in Wärme gewandelt. Der Absorber besteht aus Kupfer- bzw. Aluminiumblech oder beschichtetem Glas. Die aufgebraute hochselektive Beschichtung sorgt dafür, dass die eintreffende Strahlung so vollständig wie möglich in Wärme gewandelt wird und nur sehr wenig Wärme durch Abstrahlung des heißen Absorbers wieder verloren geht. Über angelötete, gepresste oder geschweißte Rohrleitungen wird die Wärme an den durchströmenden Wärmeträger abgegeben.

2.1.1 Flachkollektoren

Bei Flachkollektoren wird der Absorber mit einem Rahmen aus Aluminium, Edelstahl oder Holz (ausreichend bei reinen Indachkollektoren) dauerhaft vor Witterungseinflüssen geschützt. Gehäuse und Wärmedämmung reduzieren die Wärmeverluste und leisten damit einen wesentlichen Beitrag zu hohen Wirkungsgraden. Die Frontabdeckung besteht aus eisenarmem Solarsicherheitsglas.

Flachkollektoren lassen sich einfach und sicher auf Hausdächern als Indach- oder Aufdachlösung über der Dachebene installieren. Zunehmend werden Kollektoren auch an der Fassade oder freiaufgestellt montiert. Sie sind deutlich preiswerter als Röhrenkollektoren und werden für Trinkwassererwärmungsanlagen, Schwimmbaderwärmung und zur Unterstützung der Raumheizung eingesetzt.

Der Markt bietet für jedes Dach den passenden Kollektor. Egal ob kleinformatiger „Dachfensterkollektor“ oder „solar roof“, bei dem der gesamte Dachstuhl inklusive Sparren und Wärmedämmung vom Solarhersteller geliefert wird, jeder Kundenwunsch lässt sich erfüllen. Vermehrt werden auch Kollektoren in unterschiedlichen Farben produziert, um mit der Solaranlage auch optisch Akzente auf dem Dach zu setzen.

Standard-Flachkollektoren haben meist eine Bruttofläche (Außenmaße) von ca. 2–2,5 m². Die Hersteller bieten passende Montagesets und in der Regel auch vorkonfektionierte Solarpakete, die die Kalkulation und die Projektabwicklung vereinfachen.

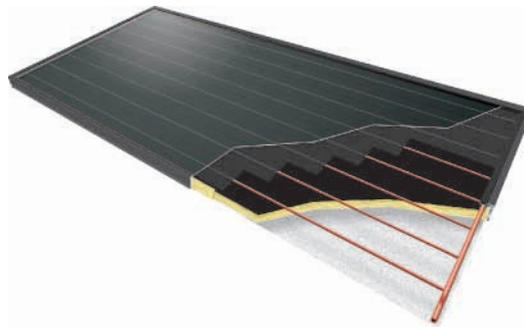


Bild 1: Aufbau eines typischen Flachkollektors mit Harfenabsorbern aus Absorberfinnen

2.1.2 Vakuum-Röhrenkollektoren

Der Absorptionseffekt im Flachkollektor und im Röhrenkollektor ist grundsätzlich identisch. Deutliche Unterschiede bestehen bei der Wärmedämmung. Beim Röhrenkollektor ist der Absorber ähnlich wie bei einer Thermoskanne in eine evakuierte Glasröhre eingebaut. Das Vakuum besitzt gute Wärmedämmeigenschaften, die Wärmeverluste sind daher vor allem in den Temperaturbereichen, die zur Gebäudeerwärmung oder Klimatisierung benötigt werden, geringer als bei Flachkollektoren. Bei Vakuum-Röhrenkollektoren unterscheidet man zwischen den Bauformen mit direkter Durchströmung und der Heat-Pipe-Technik. Beide Varianten können mit innen oder außen liegenden Reflektorflächen zur Erhöhung der Energieausbeute ausgestattet sein (GPC-Kollektoren).

Zu beachten sind die unterschiedlichen Flächenbezeichnungen, wie sie in technischen Datenblättern angegeben werden. Für den Solarertrag sind Absorber- und Aperturfläche entscheidend, während die Bruttofläche die Außenmaße der Kollektoren beschreibt.

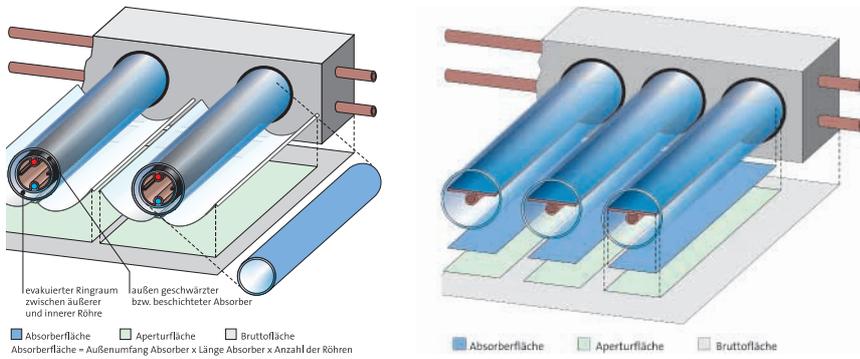


Bild 2: CPC-Röhrenkollektor mit außen liegendem Reflektor (links) direkt durchströmter Röhre (rechts)

Direkt durchströmte Vakuumröhre

Der Wärmeträger fließt direkt im Rohrregister unterhalb des Absorbers. Der direkte Wärmeübergang ermöglicht eine hohe Leistungsfähigkeit. Die Röhre kann auch flach auf dem Dach aufliegend installiert werden.

Vakuumröhre nach dem Heat-Pipe-Prinzip

Bei Sonneneinstrahlung auf den Absorber wird eine sehr geringe Wassermenge bei Unterdruck verdampft. Sie steigt in einem Absorberkanal nach oben, kondensiert im Sammler und strömt in flüssiger Form wieder in den Absorber zurück. Der Sammler gibt die Wärme an den Wärmeträger im Solarkreis ab. Für den Prozess ist eine Mindestneigung des Absorberrohres von 20–30° erforderlich (Herstellerangaben beachten).

CPC-Vakuumröhre

Zwischen zwei ineinander liegenden Glasröhren ist ein Vakuum aufgebracht, wobei der Absorber auf die innere Glasröhre aufgedampft ist. Über Wärmeleitbleche im Kollektorgehäuse wird die Solarwärme an den Wärmeträger abgegeben. Durch den runden Absorber wird zur Nutzung der von der Sonne abgewandten Absorberfläche ein Reflektor notwendig. Liegt dieser CPC-Reflektor außerhalb der Glasflächen, so kann zwar auch Strahlung genutzt werden, die zwischen einzelnen Röhren einfällt, jedoch ist der Reflektor Witterungseinflüssen unterworfen und muss ggf. bei Wartungsarbeiten gereinigt werden.

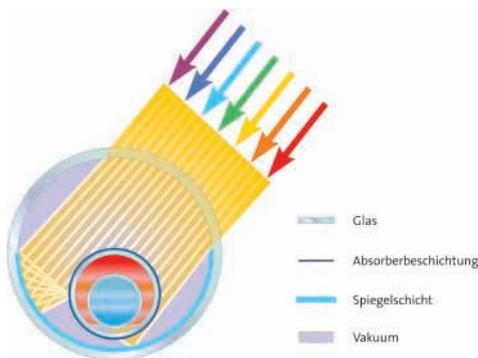


Bild 3: CPC-Röhrenkollektor mit innen liegendem Reflektor

Vorteile Röhrenkollektoren gegenüber Flachkollektoren:

- Höhere erreichbare Betriebstemperaturen,
- bei höheren Temperaturen geringere Verluste als Flachkollektoren,
- bei gleicher effektiver Absorberfläche höherer Energieertrag.

2.2 Solarspeicher

Solarspeicher müssen so konstruiert und dimensioniert sein, dass die Solarwärme über mehrere Tage gespeichert und ein möglichst hoher Anteil der Solarwärme genutzt werden kann. Daraus ergeben sich Anforderungen an die Speicher:

- Geringe Wärmeverluste,
- guter Aufbau der Temperaturschichtung,

- gute Be- und Entlademöglichkeiten mit ausreichend Anschlussmöglichkeiten,
- ausreichend große Wärmetauscherflächen für den Solarkreis.

Es lohnt sich durchaus, Herstellerangaben zu vergleichen und mehr Geld in den Speicher zu investieren. Gut isolierte Speicher ermöglichen wesentlich bessere Nutzungsgrade der Solaranlage. Schließlich spielt bei der Gesamteffizienz der Solaranlage der Speicher neben dem Kollektor eine entscheidende Rolle. Ein gut isolierter Speicher kommt darüber hinaus auch einem geringeren Energieverbrauch des konventionellen Wärmeerzeugers zugute.

2.2.1 Speicher zur Trinkwassererwärmung

Im Ein- und Zweifamilienhaus sind bivalente Speicher mit zwei Wärmetauschern üblich: Ein unterer für den Anschluss an den Kollektorkreis zur solaren Erwärmung des Trinkwassers und ein oberer für den Anschluss an die Nacherwärmung durch den Heizkessel. Aufgrund der unterschiedlichen Dichte von warmem und kaltem Wasser sowie der Be- und Entladevorgänge im Speicher stellt sich eine Temperaturschichtung ein.

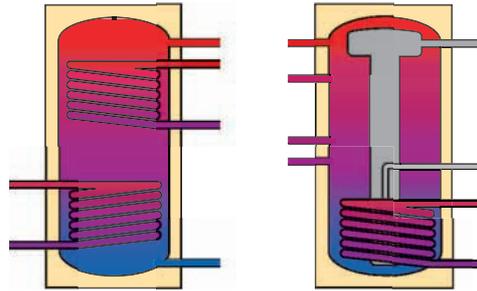


Bild 4: Standard-Solarspeicher, Kombispeicher (Tank-in-Tank-System) und Speicher mit Ladelanzen

Eine besondere Form der Wärmespeicherung findet in so genannten Schichtenspeichern statt. Durch konstruktive Speichergestaltung und/oder Einbauten wird das solar erwärmte Trinkwasser in die Ebene gleicher Temperatur eingeschichtet. Auf diese Weise steht die Solarwärme schneller auf dem Niveau der Nutztemperatur zur Verfügung, ohne dass erst der ganze Speicher erwärmt werden muss. Auch ein kurzfristig geringeres Strahlungsangebot kann effektiv genutzt werden.

2.2.2 Speicher zur kombinierten Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung

Im Ein- und Zweifamilienhaus erfreuen sich Kombispeicher zur kombinierten Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung wachsender Beliebtheit. Die Speicher sind platz sparend und hydraulisch einfach in das Heizsystem und die Trinkwassererwärmung einzubinden. Im Kombispeicher befindet sich Heizungswasser. Während die Solaranlage über einen Wärmetauscher den gesamten Speicherinhalt erwärmt, heizt der Heizkessel nur den oberen Teil (Bereitschaftsteil).

Die Trinkwassererwärmung wird über unterschiedliche Konzepte realisiert:

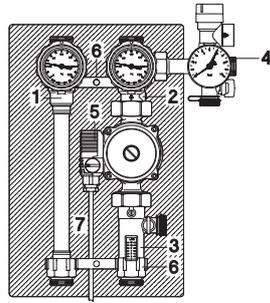
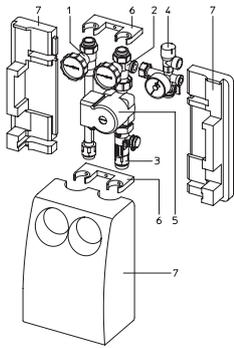
- **Durchflusssystem:** Das Trinkwasser wird über einen, den gesamten Speicher durchziehenden internen Wärmetauscher nach dem Durchflussprinzip erwärmt.
- **Tank-in-Tank-System:** Innerhalb des Pufferspeichers befindet sich ein weiterer kleinerer Speicher, der Trinkwasserspeicher. Der Wärmeeintrag erfolgt durch das ihn umgebende Heizungswasser.

Beide Speichertypen sind für die im Einfamilienhaus benötigten Leistungszahlen in der Regel ausreichend und gewährleisten aufgrund der geringen bevorrateten Trinkwassermengen eine hygienische und sichere Trinkwassererwärmung.

Bei größerem Trinkwarmwasserbedarf oder wenn z. B. für eine Holzheizung größere Pufferspeichervolumen benötigt werden, kommen Zwei-Speicher-Solaranlagen zum Einsatz. Hier werden bivalenter Solarspeicher und Heizungs-Pufferspeicher räumlich getrennt installiert.

2.3 Solarstation

In der Solarstation sind alle Komponenten zum Transport des Wärmeträgermediums sowie Absperr- und Sicherheitsorgane (Pumpe, Sicherheitsventil, Schwerkraftbremsen, KFE-Hähne etc.) zusammengefasst. Durch die Integration der Komponenten in einer vorinstallierten und wärmeisolierten Einheit wird der Montageaufwand deutlich verringert. Das Ausdehnungsgefäß wird mit einer flexiblen Leitung an die Solarstation angeschlossen.



- Komponenten der Solararmaturengruppe
- 1 Absperrarmatur mit Längenausgleichsrohr und Thermometer (Vorlauf)
 - 2 Absperrarmatur mit Sperrventil und Thermometer (Rücklauf)
 - 3 Durchflussmesser mit Absperrung und Füll- und Entleerhahn
 - 4 Sicherheitsgruppe bestehend aus Solar-Sicherheitsventil, Manometer, Füll- und Entleerungshahn und Anschluss für Ausdehnungsgefäß
 - 5 Solarpumpe
 - 6 Wandhalterung
 - 7 Isolierung

Bild 5: Vorkonfektionierte Solarstationen vereinfachen die Montage

2.4 Membran-Druckausdehnungsgefäß

Das Membran-Druckausdehnungsgefäß (MAG) hat die Aufgabe, Volumenänderungen im Solarkreis aufzunehmen, sodass es im System nicht zu einem Ansprechen des Sicherheitsventils kommt. Im Unterschied zu MAGs für Heizungsanlagen müssen sie neben dem Ausdehnungsvolumen des Wärmeträgers im Stillstand auch das komplette Innenvolumen des Kollektors aufnehmen und sind entsprechend größer zu dimensionieren.

2.5 Rohrleitung und Wärmedämmung

Als Material für die Rohrleitung hat sich Kupfer weitestgehend etabliert. Außerdem können Stahlrohre, Edelstahlrohre sowie flexible Edelstahlwellrohre verwendet werden. Bei der Verlegung sind Materialdehnungen der Leitungen zu berücksichtigen. Verzinkte Leitungen dürfen nicht verwendet werden, da sich das Zink ablösen kann.

Im gesamten Solarkreis können Temperaturen bis 130 °C auftreten, kurzzeitig ist auch mit höheren Temperaturen zu rechnen. Die Wärmedämmung muss daher hoch temperaturbeständig sein und die Rohrleitung 100 % gemäß Wärmeschutzverordnung gedämmt werden. Im Außenbereich muss die Wärmedämmung UV-beständig, wetterfest und resistent gegen Vogel- oder Mäusefraß sein.

Eine Erleichterung für die Installation stellen so genannte Doppelrohrsystemleitungen (Edelstahlwellschläuche bzw. Kupferleitungen) dar. Die Doppelrohrsysteme werden von der Rolle angeboten und sind z. B. besonders geeignet für die Verlegung in Schächten. Sie sind vollständig isoliert und haben bereits eine Fühlerleitung für den Kollektorfühler integriert.

2.6 Regelung

Die Regelung einer solarthermischen Anlage steuert die Umwälzpumpe so an, dass eine optimale energetische Ausnutzung der Sonnenenergie erreicht wird. Zum Einsatz kommen Differenztemperaturregler.

Der Markt bietet ein umfangreiches Angebot an Reglern mit weitgehenden Sonderfunktionen. So sind beispielsweise Schnittstellen zur Datenübertragung auf den PC ebenso gebräuchlich wie integrierte Wärmemengenzähler. Die Solarpumpe kann von vielen Solarreglern impulsartig, abhängig von der momentanen Einstrahlung, angesteuert werden. Hierdurch wird das Regelverhalten optimiert und elektrische Primärenergie eingespart. Größere Solarregler regeln nicht nur die Kollektorkreispumpe, sondern auch weitere Pumpen oder Ventile wie z. B. für die Rücklaufanhebung des Heizkreises benötigt. Moderne Systemregler können zentral Solaranlage, Heizkessel und Wärmeverteilung erfassen und deren Zusammenspiel optimal koordinieren.

2.7 Anlagenkonzepte

In Abhängigkeit der Anlagengröße und der Nutzung der Solaranlage existieren vielfältige Lösungsvorschläge, für die die Hersteller meist vorkonfektionierte und abgestimmte Solarpakete bereithalten. Nachfolgend werden zwei verbreitete Anlagenkonzepte für Ein- und Zweifamilienhäuser dargestellt.

2.7.1 Standard-Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

Der vom Kollektor erwärmte Wärmeträger wird durch eine Umwälzpumpe zum Solarspeicher gefördert, wo die Wärme über einen Wärmetauscher an das Trinkwasser abgegeben wird. Kollektorkreis, Trinkwasser und Nachheizung sind hydraulisch vollständig getrennt.

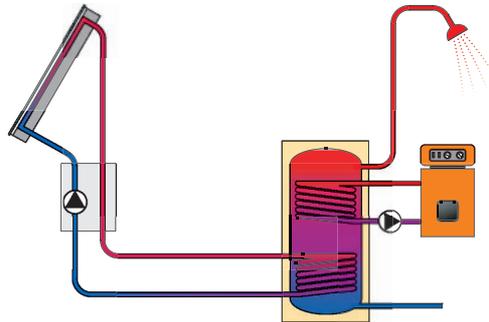


Bild 6: Der Aufbau einer Standard-Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

Damit zu jedem Zeitpunkt warmes Wasser zur Verfügung steht, erwärmt der Heizkessel bei nicht ausreichenden Temperaturen den Bereitschaftsteil des Trinkwasserspeichers über den oberen Wärmetauscher. In allen Betriebszuständen arbeitet die Solaranlage eigenständig und voll automatisch. Sie lässt sich in jedes konventionelle Heizungssystem integrieren. Ggf. bereits vorhandene Speicher können in das System integriert werden.

2.7.2 Solaranlage zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung

Bei Kombi-Solaranlagen werden die Kollektorfläche und das Speichervolumen erhöht, da zusätzlich zur Trinkwassererwärmung ein Teil der Gebäudewärmeverluste solar gedeckt werden sollen. Die Dimensionierung der Solaranlage muss sehr sorgfältig vorgenommen werden, da hohe, nicht nutzbare Wärmeüberschüsse in den Sommermonaten dem Wunsch nach einer möglichst großen Solaranlage mit hohen erreichbaren Deckungsgraden gegenüberstehen. Der Anteil der Heizleistung, der über die Solaranlage abgedeckt werden kann, steigt bei höherem Dämmstandard des Gebäudes.



Bild 7: Solaranlage zur Heizungsunterstützung und Trinkwassererwärmung mit Kombispeicher und Rücklaufanhebung des Heizkreises

Das Heizsystem sollte mit möglichst geringen Vorlauftemperaturen bei großer Temperaturspreizung betrieben werden können und gut eingeregelt sein. Hohe Heizkreistemperaturen sind durch die Anlagenbewertung nach EnEV und unter Komfortaspekten (VDI 6030) ohnehin nicht empfehlenswert. Als Speicher werden Zweispeichersysteme oder Kombispeicher eingesetzt, die z. T. über Schichtladeeinrichtungen verfügen.

Die Anbindung der Heizkreise erfolgt z. B. über eine Temperaturanhebung des Heizungsrücklaufs. Immer dann, wenn im Speicher höhere Temperaturen als im Heizungsrücklauf zur Verfügung stehen, wird ein Ventil im Heizkreisrücklauf geschaltet und dieser durch den Speicher geführt.

3 Senkung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen

Mit solarthermischen Anlagen können die laufenden Energiekosten deutlich gesenkt werden. Die Höhe der eingesparten Öl- und Gasmenge hängt stark von dem Anlagenkonzept, den Benutzergewohnheiten und den Verbrauchsdaten ab. Zwei Beispiele sollen die erzielbaren Senkungen der Energieverbräuche und der CO₂-Emissionen verdeutlichen.

3.1 Neuinstallation einer Solaranlage zur Trinkwassererwärmung

Ausgehend von einer richtigen Dimensionierung der Anlage sowie einer süd-westlichen bis südöstlichen Dachausrichtung und einer üblichen Dachneigung zwischen 30–60° ergeben sich folgende Einsparungen:

Bei der Berechnung wurde nach gebräuchlichem Muster pauschal mit einem Anlagenwirkungsgrad für die Trinkwassererwärmung (Kessel + Speicher) von 70 % gerechnet. Dieser Wirkungsgrad ist für viele Fälle, vor allem bei älteren Wärmeerzeugern, viel zu hoch angesetzt. Heizkessel arbeiten für die Trinkwassererwärmung im Sommerbetrieb weniger effektiv, da hier die Betriebspausen, in denen der Wärmeerzeuger wieder auf Raumtemperatur auskühlt, im Verhältnis zur Bren-

mittlerer Warmwasserbedarf:	40 Liter pro Person und Tag bei 45 °C
4-Personen-Haushalt:	160 Liter pro Tag
Bruttokollektorfläche:	5 m ² (bzw. 3,5 m ² Röhre)
Endenergieeinsparung:	2381 kWh pro Jahr
entsprechend:	256 Liter Heizöl EL bzw. 229 m ³ Erdgas H
CO ₂ -Reduktion:	520 kg pro Jahr (nach GEMIS)

nerlaufzeit lang sind. Selbst bei modernen Wärmeerzeugern sinkt der Wirkungsgrad im Sommerbetrieb (nur Trinkwassererwärmung) ab. Hingegen sind die Wirkungsgrade moderner Heizsysteme im Winterbetrieb sehr gut. Eine thermische Solaranlage stellt also eine optimale Ergänzung der Heizungsanlage dar, da die Trinkwassererwärmung im Sommerbetrieb über den Heizkessel nur noch selten benötigt wird.

3.2 Austausch eines Standardkessels gegen einen Brennwertkessel und Installation einer Solaranlage zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung

Annahmen zum Istzustand:

- Zweifamilienhaus, 300 m² Wohnfläche,
- spezifischer Wärmebedarf 150 kWh/m²a,
- 250 l/d Trinkwarmwasser 45 °C
- Gas-Standardkessel 25 kW, Nutzungsgrad 65 %

Der alte, vor Juni 1982 installierte Standardkessel wird durch einen modernen Brennwertkessel ersetzt. Allein aufgrund der höheren Nutzungsgrade (65 %–>95 %) ergibt sich eine Brennstoffeinsparung von 30 %. Zusätzlich wird eine Solaranlage zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung mit 24 m² Flachkollektorfläche installiert. Bei einer spezifischen Einsparung von 310 kWh je Quadratmeter Kollektorfläche und Jahr werden rund 7500 kWh/a durch die Solaranlage eingespart. In 20 Jahren lassen sich rechnerisch rund 226 Tonnen CO₂ einsparen.

Bedarf alter Kessel:	69231 kWh/a	CO ₂ -Emissionen	20700 kg
Bedarf neuer Kessel:	47368 kWh/a	CO ₂ -Emissionen	11250 kg
Einsparung Kesseltausch:	21862 kWh/a	CO ₂ -Einsparung Kessel	9450 kg
Einsparung Solaranlage:	7440 kWh/a	CO ₂ -Einsparung Solar	1860 kg

Durch den Austausch der alten Heizungsanlage wird nicht nur Energie, sondern auch bares Geld gespart. Die Anlage kann über das Kreditprogramm der Kreditanstalt für Wiederaufbau finanziert werden, gleichzeitig werden Zuschüsse aus dem Marktanreizprogramm in Anspruch genommen. Die Kredite lassen sich bei günstigen Bedingungen allein durch die Brennstoffeinsparung finanzieren.

4 Förderung von thermischen Solaranlagen

Zusätzlich zum technischen und wirtschaftlichen Nutzen einer thermischen Solaranlage erhält der Endverbraucher einen Anreiz durch Förderprogramme des Bundes, der einzelnen Bundesländer sowie teilweise der Gemeinden und Kommunen. Beispielsweise gewährt das Bundesamt für Ausfuhr und Wirtschaftskontrolle (BAFA) im Rahmen des Marktanreizprogramms zur Förderung von erneuerbaren Energien einen Zuschuss, die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) vergibt zinsgünstige Darlehen. Über die interaktive Förderberatung www.solarfoerderung.de können aktuelle Förderprogramme anlagenspezifisch abgefragt werden. Eine Zusammenstellung der Bundesförderprogramme befindet sich auch unter www.bdh-heizungsindustrie.de. Erkundigen Sie sich zusätzlich bei örtlichen Energiedienstleistern oder Gemeinden nach regionalen Fördermöglichkeiten.

5 Fazit

Solaranlagen lassen sich auf nahezu jedem Gebäude installieren und sollten daher beim Neubau fester Bestandteil der Haustechnik sein. Informieren und beraten Sie Ihre Kunden entsprechend. Selbst wenn z. B. beim Neubau die Investition in eine Solaranlage verschoben wird, so sollten die Steigleitung inkl. Fühlerkabel und ein bivalenter Speicher bereits eingebaut werden, um den nachträglichen Einbau der Solaranlage zu begünstigen.

Auch bei Modernisierungsmaßnahmen im Gebäudebestand lässt sich die Solaranlage problemlos integrieren. Für die Anbindung der Nachheizung oder bestehender Trinkwasserspeicher stehen ebenso wie für die Installation der Solarkreisverrohrung, beispielsweise in stillgelegten Schornsteinzügen, erprobte Systemlösungen bereit.

Die Nutzung der Solarenergie wird im Hinblick auf die Endlichkeit fossiler Brennstoffe in Zukunft immer wichtiger. Für den Betreiber einer Solaranlage stehen folgende Gründe auf der Habenseite:

- Reduzierung der Energiekosten und der Abhängigkeit von Preissteigerungen konventioneller Energieträger,
- Steigerung des Immobilienwertes,
- Vorreiterposition für die Nutzung regenerativer Energien,
- Steigerung des sozialen Ansehens,
- Steigerung der Lebensqualität.

Unter volkswirtschaftlichen und Umweltschutzaspekten ist die Nutzung solarer Energie zu forcieren und zu optimieren. Die positiven Argumente sind klar erkennbar:

- Einsparung fossiler Brennstoffe,
- Schadstoffreduzierung, insbesondere
- CO₂-Verringerung

Neue gesetzliche Randbedingungen honorieren den Einsatz von solarthermischen Anlagen durch Erweiterung der architektonischen Gestaltungsmöglichkeiten und durch Kompensation beim baulichen Wärmeschutz. Bei zu erwartenden Verschärfungen des Anforderungsniveaus der EnEV werden sich solarthermische Anlagen immer mehr zum Standard entwickeln.

Am Markt wird eine Vielzahl ausgereifter Produkte angeboten. Systemanbieter sorgen für eine problemlose Anbindung der Solaranlage an das Heizungssystem und für ein optimales Zusammenspiel der Regelungssysteme.

Für weitere Fragen stehen Ihnen die Mitgliedsunternehmen des BDH gerne zur Verfügung. Beachten Sie auch die BDH-Informationsblätter Nr. 17 „Thermische Solaranlagen Teil 2: Praxistipps zur Dimensionierung und Installation“ sowie Teil 3: „Fehlersuche“.

THERMISCHE SOLARANLAGEN

Teil 2: Praxistipps zur Dimensionierung und Installation

1 Einleitung

Solarthermische Anlagen dienen der Warmwasserbereitung und ggf. zusätzlich der Heizungsunterstützung. Den Stand heutiger Heizungstechnik bildet eine Kombination aus einer modernen Niedertemperatur- bzw. Brennwertheizung mit einer solarthermischen Anlage. Für das Heizungshandwerk bietet die Solarthermie ein attraktives Geschäftsfeld, das allerdings ein hohes Maß an kompetenter Kundenansprache und Kundenberatung erfordert. Als Hilfsmittel für die Initialberatung wurde das BDH-Informationsblatt Nr. 17 „Thermische Solaranlagen Teil 1: Anlagenkonfigurationen und Informationen zur Kundenberatung“ erstellt.

Solaranlagen stellen eine etablierte, ausgereifte und zuverlässige Technik dar. Systemanbieter garantieren eine problemlose Anbindung der Solaranlage an die Heizungsanlage und ein optimales Zusammenspiel der Gesamtanlage. Als Hilfsmittel zur Auslegung von Solaranlagen und zur Vermeidung von Fehlern bei Planung und Installation wurde der vorliegende Teil 2 des BDH-Informationsblattes 17 erstellt. Eine Beachtung der genannten Hinweise gewährleistet einen zuverlässigen Betrieb der Anlage und damit eine hohe Kundenzufriedenheit.

2 Dimensionierung

Die Dimensionierung einer Solaranlage richtet sich primär nach dem Energiebedarf für die Trinkwassererwärmung und ggf. der Raumheizung des zu versorgenden Haushaltes. Als Auslegungsziel für die Trinkwassererwärmung im Ein- und Zweifamilienhaus werden üblicherweise rund 60 % solare Deckung angestrebt. Im Sommer wird dann rechnerisch eine Volldeckung erreicht. Nicht nutzbare Wärmeüberschüsse halten sich in vertretbaren Grenzen und der Kunde ist zufrieden, weil er die Solarwärme deutlich spürt und über längere Strecken ohne konventionelle Nachheizung auskommt. Eine deutlich höhere Deckung ist aus anlagentechnischen und wirtschaftlichen Gründen im Einfamilienhaus nicht sinnvoll.

Der solare Deckungsgrad und der Systemnutzungsgrad, also das Verhältnis aus eingestrahelter Energie auf die Kollektorfläche und der vom System nutzbaren Energie, verhalten sich gegenläufig. Das heißt, ein hoher solarer Deckungsgrad bedingt immer einen niedrigeren Systemnutzungsgrad und umgekehrt: Bei Solaranlagen, die auf niedrige Deckungsgrade ausgelegt sind, lassen sich hohe Systemnutzungsgrade erzielen.

In Deutschland wird im Mittel eine jährliche Sonneneinstrahlung von rund 1000 kWh gemessen. Eine Solaranlage mit 60 % Deckung liefert je Quadratmeter Kollektorfläche und Jahr eine nutzbare Wärme von ca. 300–350 kWh. Eine auf rund 25 % Deckung ausgelegte Anlage dagegen über 500 kWh/m²a.

Das Auslegungsziel für größere Solaranlagen in Mehrfamilienhäusern o.Ä. ist ein möglichst hoher Systemnutzungsgrad mit resultierenden geringen Wärmepreisen je kWh Nutzwärme. Daher werden diese Anlagen anders als bei Kleinanlagen auf Deckungsgrade zwischen 20 und 40 % ausgelegt. Diese Anlagen dienen in erster Linie der Vorwärmung des Trinkwassers, die konventionelle Heizungsanlage erwärmt das Trinkwasser auf Solltemperatur (hier meist 60 °C).

2.1 Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung für Ein- und Zweifamilienhäuser

Grundlage jeder Dimensionierung einer Solaranlage ist der Energiebedarf. Die Solaranlage kann nicht einfach abgeschaltet werden, daher ist eine Überdimensionierung der Kollektorfläche zu vermeiden. Abhängig vom Komfortanspruch existieren folgende Richtwerte für den täglichen Warmwasserbedarf bei 45 °C pro Person:

niedriger Bedarf:	20–30 Liter pro Tag bei 45 °C
typischer Bedarf:	30–50 Liter pro Tag bei 45 °C
hoher Bedarf:	50–70 Liter pro Tag bei 45 °C

Achtung: Eine Erhöhung der Solltemperatur führt zu Ertragseinbußen für die Solaranlage. Für die typischen Verbräuche im Einfamilienhaus ist ein Temperaturniveau von 45 °C ausreichend.

Dimensionierung des Speichervolumens

Zur Ermittlung des Speichervolumens wird im ersten Schritt der Tagesbedarf aller im Haus lebenden Personen addiert. Ist zusätzlich eine Spülmaschine und/oder Waschmaschine an die Warmwasserversorgung angeschlossen, so sind ca. 30–50 Liter pro Tag hinzuzurechnen. Als Daumenregel für das benötigte Speichervolumen wird der 1,5- bis 2fache Tagesbedarf angesetzt. Mindestens sind 50 Liter Trinkwasserspeicher je m² Kollektorfläche vorzuhalten.

Dimensionierung der Kollektorfläche

Ebenfalls mit einer Daumenregel kann man aus dem Speichervolumen die Kollektorfläche ermitteln. So benötigt man pro 100l Speichervolumen:

1,5 m² Flachkollektor

1,0 m² Röhrenkollektor

Basis für die Daumenregel ist, dass die zur Montage vorgesehene Dachfläche max. eine Abweichung von 10° aus der Südrichtung aufweist und der Neigungswinkel im Bereich von 40°–45° liegt. Allerdings kann auf nahezu jede zur Verfügung stehende Fläche eine Solaranlage installiert werden. Die Mindererträge (meist nicht mehr als 15 %) werden durch eine etwas vergrößerte Kollektorfläche kompensiert. Dazu sind Korrekturwerte entsprechend den Herstellerunterlagen zu verwenden.

Am Beispiel eines 4-Personen-Haushaltes ergibt sich bei mittlerem Komfortanspruch

ein Trinkwasserbedarf von:	4 x 50 = 200 Liter pro Tag
ein Speichervolumen von:	2 x 200 = 400 Litern
eine Flachkollektorfläche von:	(400/100 x 1,5) = 6 m ²

Zur genauen Planung bieten die Hersteller Diagramme oder Planungssoftware an. Hier lassen sich insbesondere die Leistungsmerkmale der einzelnen Komponenten und die tatsächliche Ausrichtung des Kollektors detailliert berücksichtigen.

2.2 Kombinierte Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung

Einem möglichst hohen Deckungsanteil des Heizwärmebedarfs steht gegenüber, dass die Kollektorfläche nicht zu groß werden sollte, um sommerliche Überschüsse in einem vertretbaren Rahmen zu halten. Je niedriger die Heizkreistemperaturen und der Gebäudewärmebedarf sind, desto besser gelingt diese Gratwanderung.

Einflussfaktoren für die Auslegung:

- Trinkwarmwasserbedarf,
- gewünschte solare Deckung für Trinkwarmwasser und Heizung,
- Kolleortyp (Flachkollektor oder Röhrenkollektor),
- Standort und Wetterbedingungen,
- Ausrichtung und Neigung der Kollektorfläche,
- Heizwärmebedarf des Gebäudes,
- Auslegungstemperaturen der Heizkreise.

Die Auslegung kombinierter Systeme ist aufgrund der vielen Einflussfaktoren aufwändiger als die reiner Trinkwassersysteme und mit einfachen Faustformeln nicht mehr abbildbar. Zur Dimensionierung ist der Einsatz von Software empfehlenswert.

2.3 Dimensionierungs- und Planungsunterlagen

Die BDH-Mitgliedsunternehmen bieten Planungshilfsmittel und PC-Programme zur Auslegung und Detailoptimierung von Solaranlagen an. Hierin sind jeweils auch die aktuellen Normenentwürfe berücksichtigt.

3 Installationsformen einer thermischen Solaranlage

Solarkollektoren werden aufgrund ihrer vielfältigen Konstruktionsformen in nahezu allen Gebäudekonzeptionen sowohl im Neubau als auch bei der Modernisierung am Gebäude oder in dessen Nähe installiert. Durch die in den letzten Jahren ständig verbesserten und erweiterten Befestigungskonstruktionen können Solarkollektoren auf Schrägdächern, Flachdächern (wie z. B. Garagendach), frei aufgestellt oder an Fassaden angebracht werden.

Der häufigste Montageort für die Solarkollektoren ist nach wie vor das Schrägdach-Aufdachsystem. Dabei werden die Kollektoren mit Schienen und Sparrenankern bzw. Dachhaken über der Dachkonstruktion montiert. Die Aufdachmontage bietet sich bei bereits gedeckten Dächern an, die Montage ist schnell, einfach und preisgünstig. Die Rohrdurchführung durch die Eindeckung erfolgt mit Lüfterziegeln. **(Achtung:** Diese sind bei Planung und Angebotserstellung zu berücksichtigen, da sie nie Bestandteil der Solarpakete sein können.)

Solarkollektoren können auch in das Dach integriert werden. Dann sind die Kollektoren direkt auf die Dachlattung bzw. -schalung montiert. Eine architektonisch anspruchsvolle Lösung, welche bei Neubau oder Dachsanierung zusätzlich Dachmaterial (Pfannen) einspart. Insbesondere bei Arbeiten auf dem Dach ist auf die Einhaltung der Arbeitsschutzvorschriften zu achten.

Um den Transport und die Einbringung von Solarspeichern zu erleichtern, werden größere Solarspeicher in der Regel mit abnehmbarer Isolierung und Verkleidung ausgeliefert. Für die leichte Verrohrung von Solarspeichern mit dem Solarkreis und der konventionellen Heizungsanlage werden von Systemanbietern vorgefertigte Anschlussrohre angeboten.

Bereits vorhandene monovalente Trinkwasserspeicher können in das Solarsystem integriert werden. Meist ist der für den Solarkreis benötigte Wärmetauscher nicht in den Speicher zu integrieren, sodass dem bestehenden Trinkwasserspeicher trinkwasserseitig ein Solarspeicher in Reihe vorgeschaltet wird.

In Solarspeichern können Betriebstemperaturen $>60^{\circ}\text{C}$ auftreten. Um Verbrühungen beim Warmwasserzapfen zu vermeiden, ist ein thermostatisches Mischventil am Warmwasserabgang oder an den Zapfstellen vorzusehen. Alternativ kann die Speichertemperatur auf 60°C begrenzt werden.

4 Komponenten

Teil 1 des BDH-Informationsblattes 17 enthält bereits eine umfangreiche Beschreibung der wesentlichen Komponenten einer Solaranlage. Um Dopplungen zu vermeiden sind hier nur zusätzliche Informationen zu den einzelnen Komponenten aufgeführt. Ein ergänzendes Lesen des Kapitels 2 in Teil 1 wird dringend empfohlen.

4.1 Wärmeträgermedium

Um Frostschäden in Kollektoren und Rohrleitung zu vermeiden, ist für den Wärmeträger ein ausreichender Frostschutz je nach Region bis unter -20 °C zu gewährleisten. Das entspricht meist einem Gemisch von 40–45 % Glykol mit 55–60 % Wasser.

Die Hersteller von Solaranlagen bieten ungiftige und ökologisch verträgliche Wärmeträgermedien als Konzentrat oder Fertigmischung mit Wasser an. Für Röhrenkollektoren werden Fertigmischungen mit erhöhter Temperaturbeständigkeit eingesetzt. Eine periodische Überprüfung (alle 1–2 Jahre) des Wärmeträgers ist zu empfehlen.

Zu beachten:

- Wärmeträger verschiedener Hersteller sollten niemals gemischt werden. Handelsübliche Frostschutzmittel für Autos sind für Solaranlagen nicht geeignet.
- Der ausreichende Frostschutz ist mit einem für das Medium geeichten Frostschutzprüfer zu überprüfen.
- Die Solaranlage ist vor allem bei Frostgefahr immer mit einem Glykol-Wasser-Gemisch zu befüllen, da die Kollektoren meist nicht vollständig entleert werden können.
- Solarkreisleitungen müssen vor Inbetriebnahme der Anlage gründlich gespült werden. Dies sollte vor dem Anschließen des Kollektors geschehen, um das Einspülen von Verschmutzungen zu vermeiden.
- Ist der Kollektor unbefüllt längere Zeit hoher Einstrahlung ausgesetzt, empfiehlt sich eine zweite Spülung, damit entstandener Zunder vor der Glykolbefüllung aus dem Kollektor gewaschen werden kann.

4.2 Rohrleitung und Wärmedämmung

In der Regel werden Kupferleitungen im Solarkreis hartgelötet. Die Rohrleitungen sind mit Dämmstärke 100 % zu isolieren. In der Heizungstechnik übliche Schaumwerkstoffe treffen in der Solartechnik an ihre Grenzen und zersetzen sich hier nach kurzer Betriebszeit. Nahe am Kollektor müssen Materialien mit einer Dauertemperaturbeständigkeit bis etwa 175 °C eingesetzt werden (Herstellerangaben beachten!). Im Innenbereich können bis zu 130 °C vorliegen.



Bild 1: Aus der Heizungstechnik übliche Wärmedämmung ist für Solaranlagen nicht geeignet

Bei der Rohrführung ist darauf zu achten, dass nach Möglichkeit keine Flüssigkeits-säcke entstehen. Vor allem im Bereich des Kollektors können hier im Stagnationsfall Dampfkreisläufe entstehen (Verdampfen/Kondensieren), die den Wärmeträger übermäßig beanspruchen und Betriebsprobleme der gesamten Anlage verursachen. Auf eine fallende Leitungsführung ist zu achten.

4.3 Entlüfter

Entlüfter im Kollektorkreis müssen bis 130 °C temperaturbeständig sein, mit der Verträglichkeit gegen kurzzeitig auftretende höhere Temperaturen. Genau wie bei der Befüllung von Heizungsanlagen befindet sich auch im Kollektorkreis zunächst Luft. Diese wird bei der Befüllung vom Wärmeträger größtenteils verdrängt. Ein Teil der Luft wird jedoch in Form von kleinen Bläschen im Flüssigkeitsstrom verwirbelt

und erst später allmählich wieder ausgeschieden. Ein weiterer Teil ist im Wärmeträgermedium gelöst und wird erst bei höheren Temperaturen wieder freigegeben. Diese Luft sammelt sich im Kollektorkreis an der höchsten Stelle oder in Luftsäcken.

Bei größeren Luftmengen im Kollektorkreis kann der Transport des Wärmeträgermediums zum Stillstand kommen. Sammelt sich die Luft in der Pumpe, so können hier Schäden durch das Heißlaufen der Lager entstehen. Für die Befüllung des Systems können an der höchsten Stelle des Kollektorkreises und an den Stellen, wo sich ein Luftsack bilden kann, Entlüfter montiert werden. Beim Befüllungsvorgang müssen diese Entlüfter geöffnet werden, damit die Luft entweichen kann. Da das Wärmeträgermedium im Stagnationsfall jedoch im Kollektor und einem Teil der Rohrleitung verdampft, müssen auch automatische Entlüfter nach dem Befüllungsvorgang mit einem Absperrhahn geschlossen werden. In größeren zeitlichen Abständen sollte die Luft abgelassen werden.

Alternativ erfüllen Handentlüfter in Ganzmetallausführung in Verbindung mit Lufttöpfen die gleiche Funktion wie Automatikentlüfter.

Einige Hersteller bieten auch eine so genannte Druckbefüllung an. Dabei wird auf den Entlüfter im Dachbereich verzichtet. In der Vorlaufleitung im Keller wird ein zentraler Entlüfter empfohlen. Die Befüllung des Kollektorkreises erfolgt mit einer so genannten Solar- und Spülstation und einer sehr leistungsstarken Pumpe. Die Anlage wird befüllt und gleichzeitig entlüftet.

4.4 Membran-Druckausdehnungsgefäß

Das Membran-Druckausdehnungsgefäß (MAG) hat die Aufgabe, Volumenänderungen im Solarkreis aufzunehmen, ohne dass es im System zu einem Ansprechen des Sicherheitsventils kommt. Vielfach bieten die Hersteller von Solaranlagen entsprechend abgestimmte MAG mit an. Das Ausdehnungsgefäß ist mit dem Anschluss nach oben zu installieren.

Es gelten folgende überschlägige Auslegungsregeln:

- Vordruck (bar) > (Abstand des höchsten Punktes der Anlage zum Ausdehnungsgefäß/10 m) + 1,0

Beispiel:

Höhe (m)	10	15	20	25
Vordruck (bar)	2,0	2,5	3,0	3,5

- Anlagendruck (bar) = Vordruck + 0,3 bar

Der Vordruck des Ausdehnungsgefäßes ist den örtlichen Gegebenheiten unbedingt anzupassen.

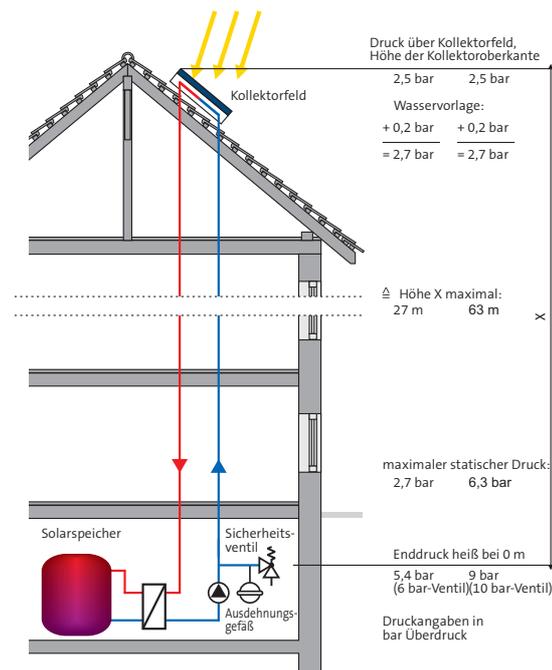


Bild 2: Druckverhältnisse im Kollektorkreis in Abhängigkeit der Gebäudehöhe beim Einsatz von Geräten unterschiedlicher Druckstufen im Keller

Für im Einfamilienhaus übliche Betriebsbedingungen (1,0 bar statischem Druck, 2,5 bar Fülldruck und 6 bar Sicherheitsventil) kann das erforderliche Nennvolumen des MAG als Daumenregel wie folgt berechnet werden:

1. Ermittlung des Gesamtinhaltes der Anlage (Inhalte von Kollektoren, Rohrleitungen, Wärmetauschern, Vorlage MAG)
2. Ermittlung des Ausdehnungsvolumens des Wärmeträgers = Gesamtinhalt des Kollektorkreises $\times 0,08$
3. Ermittlung des Dampfvolumens = Inhalt Kollektoren + Inhalt Rohrleitung oberhalb der Kollektorebene
4. Nennvolumen MAG = $2 \times (\text{Ausdehnungsvolumen} + \text{Dampfvolumen})$

4.5 Solarstation

Im Folgenden wird näher auf Einzelheiten der Solarstation eingegangen.

4.5.1 Pumpe

Der Volumenstrom in Solaranlagen wird meist mit 30–40 l/m²h Kollektorfläche angesetzt (so genannter High-flow-Betrieb). Viele Solarregler ermöglichen die Drehzahlregelung der Kollektorkreispumpe und sorgen damit für eine optimierte Leistungsanpassung an die aktuelle Sonneneinstrahlung. In näherer Zukunft werden speziell für Solaranlagen entwickelte Pumpen mit modulierend 2–10W Leistungsaufnahme auf den Markt kommen, die die Primärenergiebilanz der Solaranlage deutlich verbessern werden.

4.5.2 Durchflussmengenanzeiger

Dieses oft auch als Flowmeter bezeichnete Bauteil dient der Anzeige des Volumenstromes und damit der Funktionskontrolle in Kombination mit zwei ebenfalls in die Solarstation integrierten Thermometern. Die Begrenzung des Durchflusses sollte vorrangig über die Drehzahlstufe bzw. die Drehzahlregelung der Pumpe stattfinden!

4.5.3 Rückschlagventil

Im Rücklauf des Solarkreises ist ein Rückschlagventil (Schwerkraftbremse) vorzusehen. Der Auftrieb hat alleine nicht genug Kraft, das Ventil zu öffnen. Es wird verhindert, dass bei ausgeschalteter Pumpe (z. B. nachts) eine Abkühlung des Speichers über den Kollektor stattfindet. Das Rückschlagventil ist in der Regel bereits in die Solarstation integriert. Weitere durch Einrohrzirkulation im Vorlauf verursachte Wärmeverluste lassen sich durch Wärmeschleifen in der Rohrleitung nahe dem Speicheranschluss oder zusätzliche Rückschlagklappen vermeiden.

4.6 Temperaturfühler

An den Kollektorfühler werden besondere Anforderungen gestellt, können doch wesentlich höhere Temperaturen auftreten als bei einer konventionellen Heizung. Der Kollektorfühler muss neben einer hohen Temperaturbeständigkeit des Fühlerelementes mit einem hochtemperatur- und witterungsbeständigen Kabel ausgerüstet sein. Zum Schutz der Regelung sollte ein Überspannungsschutz zwischen Fühler und Regelung vorgesehen werden. Die bei einem Gewitter auftretenden Gefahren durch Überspannungen lassen sich so minimieren.

4.7 Einregulierung des Solarkreises

Die Regelung einer solarthermischen Anlage hat grundsätzlich die Aufgabe, die Umwälzpumpe so zu regeln, dass eine optimale energetische Ausnutzung der Sonnenenergie erreicht wird. Man unterscheidet zwischen verschiedenen Pumpenbetriebsarten:

Das Verhältnis des Volumenstroms zur Gesamtkollektorfläche wird als spezifischer Volumenstrom bezeichnet (Einheit: (l/h)/m²). Der Bereich von ca. 15–20 (l/h)/m² wird als **Low flow**, der Bereich von ca. 30–40 (l/h)/m² als **High flow** bezeichnet. Dementsprechend wird auch von Low-flow- bzw. High-flow-Betrieb gesprochen. Bei diesen Betriebsarten wird die Pumpe lediglich **An** und **Aus** geschaltet.

Der Begriff **Matched flow** bezeichnet die Betriebsart mit variablem Volumenstrom im Kollektorkreis. In Abhängigkeit der momentanen Einstrahlung wird die Pumpe drehzahl geregelt und dadurch die Stromaufnahme entsprechend reduziert.

Zur Einregulierung des Volumenstroms wird die Solarpumpe im Handbetrieb bei größter Drehzahlstufe betrieben, bis sich ein konstanter Volumenstrom einstellt. Am Flowmeter wird der Volumenstrom abgelesen und die Pumpenstufe so weit zurückgestellt, bis sich der gewünschte Volumenstrom einstellt.

4.8 Zirkulationsleitungen

Wie bei allen Warmwassersystemen sollte der Aufwand für Zirkulation möglichst gering sein. In Einzelfällen kann der Energieaufwand einer Zirkulation genauso hoch sein wie der Energieaufwand für die Trinkwassererwärmung selbst.

Neben den Rohrleitungsverlusten kann die Temperaturschichtung in Solarspeichern durch zu große Volumenströme oder falsche Einbindung der Zirkulationsleitung gestört werden. Der Zirkulationsaufwand muss konventionell und solar gedeckt werden und ist daher bei der Auslegung der Solaranlage zu berücksichtigen.

Kann aufgrund langer Leitungswege oder erhöhter Komfortansprüche nicht auf eine Zirkulationsleitung verzichtet werden, so ist diese nicht nur zeitlich, sondern auch thermostatisch zu regeln. Sind mehrere Trinkwasserspeicher vorhanden, sollte die Zirkulationsleitung wenn möglich an den konventionell beheizten Speicher angeschlossen werden.

4.9 Einregulieren von Heizkreisen

Die Effizienz der Solaranlage steigt ebenso wie bei der Nutzung von Brenntechnik mit möglichst niedrigen Rücklauftemperaturen der Heizkreise. Um dies zu erreichen, sollten

- bei der Planung der Heizungsanlage durch großzügige Auslegung der Heizflächen niedrige Auslegungstemperaturen realisiert werden,
- die Heizkreise sorgfältig abgeglichen und eingeregelt werden,
- Heizkreise immer mit einem Drei-Wege-Mischer vor Übertemperaturen geschützt werden.

Beispiel:

Eine Heizungsanlage mit einer Temperaturspreizung von 50 °C/40 °C wird beim Volumenstrom 100 % betrieben. Wird der Volumenstrom auf 50 % reduziert und gleichzeitig die Vorlauftemperatur auf z. B. 55 °C angehoben, so stellt sich am Heizkörper eine Spreizung von 20 K (55 °C/35 °C) ein. Beide Heizungen arbeiten mit einer mittleren Temperatur von 45 °C und übertragen die gleiche Heizleistung, die Anlage mit reduziertem Volumenstrom erhöht aber den Nutzen der Brenntechnik bzw. der Solaranlage.

5 Checkliste für die Installation

Um die ordnungsgemäße Installation, Inbetriebnahme und dauerhafte Funktionssicherheit einer Solaranlage zu gewährleisten, ist der Einsatz der folgenden Checkliste zu empfehlen.

1. Montage	O.K.	Bemerkungen
Kollektoren sturmsicher installiert		
Solarleitung an Potenzialausgleich angeschlossen		
Ausblaseleitung fest am Sicherheitsventil des Solarkreises installiert		
Auffanggefäß unter Ausblaseleitung (Solarkreis) aufgestellt		
Ausblaseleitung am trinkwasserseitigen Sicherheitsventil installiert und am Abwasser angeschlossen		
Thermostatisches Mischventil am Warmwasserabgang installiert		
2. Inbetriebnahme		
Solarkreis gespült		
Solarkreis abgedrückt inkl. Leckkontrolle von Verschraubungen und Löt-/Pressverbindungen		
Dichtigkeit von allen Verbindungsstellen (Stopfbuchsen an Absperrventil und KFE-Hähne) geprüft		
Anlage mit Solarflüssigkeit gefüllt		
Mischungsverhältnis geprüft		
Frostsicherheit: _____ °C		
Vordruck im Ausdehnungsgefäß (vor Befüllen prüfen) _____ bar		
Anlagendruck (kalt) _____ bar		
Pumpe, Speicherwärmetauscher und Kollektor entlüftet (Schwerkraftbremse zum Entlüften blockieren)		
Automatische Entlüfter am Kollektor durch Kugelhahn abgesperrt		
Schwerkraftbremse in Funktion		
Warmwasserspeicher trinkwasserseitig entlüftet		
3. Regelsysteme		
Temperaturfühler zeigen realistische Werte an		
Solarpumpe läuft und wälzt um (Volumenstrommesser: _____ l/min)		
Solarkreis und Speicher werden warm		
Kesselnachheizung startet bei: _____ °C		
Optional: Zirkulationspumpenlaufzeit von _____ Uhr bis _____ Uhr, thermostatisch geregelt: ja/nein		
4. Einweisung		
Der Anlagenbetreiber wurde wie folgt eingewiesen:		
<ul style="list-style-type: none"> • Grundfunktionen und Bedienung des Solarreglers inkl. Zirkulationspumpe 		
<ul style="list-style-type: none"> • Einweisung in Kontrollmöglichkeit der Speicher-Schutzanode 		
<ul style="list-style-type: none"> • Wartungsintervalle 		
<ul style="list-style-type: none"> • Aushändigung der Unterlagen evtl. Sonderschaltschema 		
<ul style="list-style-type: none"> • Ausfüllen der Betriebsanweisung 		

THERMISCHE SOLARANLAGEN

Teil 3: Fehlersuche

1 Einleitung

Solaranlagen stellen eine etablierte, ausgereifte und zuverlässige Technik dar. Systemanbieter garantieren eine problemlose Anbindung der Solaranlage an die Heizungsanlage und ein optimales Zusammenspiel der Gesamtanlage. Als Hilfsmittel zur Auslegung von Solaranlagen und zur Vermeidung von Fehlern bei Planung und Installation wurden Teil 1 und 2 des BDH-Informationsblattes Nr.17 erstellt. Die Beachtung der genannten Hinweise bildet die Grundlage für einen zuverlässigen Betrieb der Anlage und damit eine hohe Kundenzufriedenheit.

In der Praxis können trotz des hohen Entwicklungsstandes von Solaranlagen unvorhergesehene Störungen auftreten. Der vorliegende Teil 3 des BDH-Informationsblattes Solar soll bei der Fehlersuche und deren Beseitigung helfen.

2 Fehlereingrenzung

Für die Beurteilung von Anlagenfehlern und die Eingrenzung der Fehlersuche ist wichtig, die Parameter einer gut arbeitenden Solaranlage zu kennen. Die Fehlersuche kann oftmals schon im Telefongespräch mit dem Kunden eingegrenzt werden, wenn nachfolgende Punkte überprüft werden:

Solaranlage allgemein:

Was wird bemängelt?

Gibt es Unzufriedenheiten und Besonderheiten, die der Kunde beobachtet hat?

Solarregler:

Wird eine Fehlermeldung/Störung am Regler angezeigt? Wenn ja, welche?

Hinweis: Produktunterlagen beachten und diese bei einem eventuell erforderlichen Vor-Ort-Termin mitnehmen.

Anlagendruck:

Welcher Druck wird am Manometer angezeigt? Ist der Fülldruck deutlich abgesunken?

Hinweis: Sinnvoller Fülldruck: statische Höhe + 0,5–1bar.

Temperaturwerte:

Welche aktuellen Temperaturwerte können am Regler und an der Solarstation abgelesen werden? Sind diese unter Beachtung der Wetterbedingungen realistisch?

Wie groß ist die Temperaturdifferenz zwischen Kollektorfühler und Speicherfühler?

Hinweis: Bei einer High-flow-Anlage sollte bei guter Einstrahlung die Temperaturdifferenz zwischen 8–15K, bei Low-flow-Anlagen bis zu 40K betragen.

Volumenstrom:

Volumenstrom am Durchflussmesser mit Abgleichventil bei 100% Pumpenleistung ablesen und falls erforderlich z. B. durch Vermindern der Pumpenstufe korrigieren. Hinweis: High-flow ca. 20–40l/m²h entsprechend ca. 0,3–0,7l/min je m² Flachkollektor, Low-flow ca. 15–30l/m²h entsprechend ca. 0,25–0,5l/min je m² Flachkollektor

Geprüft werden sollte, ob tatsächlich Anlagenfehler oder Störungen vorliegen. Nicht jeder vom Kunden bemängelnde „Fehler“ stellt ein Fehlverhalten der Anlage dar, wie nachfolgende Beispiele verdeutlichen:

- Direkt nach Inbetriebnahme werden häufig Druckschwankungen in der Anlage bemängelt, die jedoch mit verbliebener Luft im Solarkreis zusammenhängen. Nach weiterem Entlüften stellen sich i. d. R. stabile Druckverhältnisse ein.
- Beschlagene Flachkollektoren sind meist auf eindringende Nässe bei Lagerung und Transport zurückzuführen. Der Beschlag verschwindet i. d. R. nach wenigen Wochen Betrieb wieder, indem die Feuchtigkeit durch die eingebauten Entlüftungsschlitze nach und nach entweicht.

Die nachfolgende Tabelle soll bei der Ermittlung von Fehlern und deren Behebung helfen.

Ursache:	Behebung:
Störung: Pumpe läuft nicht, obwohl Kollektor wärmer als Speicher ist (weder Motorgeräusch zu hören noch Vibration zu fühlen).	
1. Speicher- oder Kollektormaximaltemperatur überschritten. Kontrollleuchte oder Anzeige am Regler aktiviert.	Regler hat ordnungsgemäß abgeschaltet und geht nach Unterschreitung der eingestellten Maximaltemperaturen selbstständig wieder in Betrieb.
2. Kein Strom vorhanden.	Leitungen und Sicherungen kontrollieren.
3. Temperaturdifferenz zu groß (>15 °C) eingestellt oder Regler schaltet nicht.	<ul style="list-style-type: none"> • Regler prüfen. • Temperaturfühler überprüfen. • Temperaturdifferenz verringern.
4. Pumpenwelle blockiert.	Kurzfristig auf max. Drehzahl umschalten oder Schraubenzieher in Kerbe einführen und von Hand andrehen.
5. Pumpe verschmutzt.	Pumpe demontieren und reinigen. Durchflussmengenbegrenzer und Pumpenkugelhahn schließen.
6. Fühler nicht i. O. oder falsch installiert; Regler auf falschen Fühlertypen eingestellt.	Fühlerposition, -montage und -kennlinien prüfen; Kollektorfühler muss vollständig in der Fühlertauchhülse fest sitzen; Fühlereinstellung am Regler (FKY, NTC) korrigieren.

Ursache:	Behebung:
Störung: Pumpe läuft, aber am Durchflussmesser mit Abgleichventil kein Volumenstrom ablesbar. Vor- und Rücklauf-temperatur sind gleich oder die Speichertemperatur steigt gar nicht oder nur langsam an.	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Im Leitungssystem befindet sich Luft. 2. Anlagendruck zu niedrig. 3. Anlage verschmutzt. 	<p>Anlagendruck kontrollieren. Pumpe mit maximaler Leistung stoßweise betreiben. Entlüfter an Kollektor, Pumpe und Solarspeicher öffnen und entlüften.</p> <p>Falls keine Besserung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anlage vorwärts und rückwärts spülen, Einbauten wie Durchflussmesser mit Abgleichventil und Schmutzfänger reinigen. • Leitungsführung prüfen, bei „Berg- und Talbahn“ z. B. an Balkenvorsprüngen oder der Umgehung von Wasserleitungen ggf. Leitungsführung ändern oder zusätzlichen Entlüfter setzen. • Automatik-Entlüfter auf Funktion prüfen. Dazu Schutzkappe abschrauben und Schwimmer mit stumpfer Nadel auf Gängigkeit prüfen. Ggf. Entlüfter austauschen.
Störung: Pumpe läuft, aber am Durchflussmesser mit Abgleichventil kein Volumenstrom ablesbar.	
1. Durchflussmesser mit Abgleichventil verklemmt oder defekt.	Funktion des Durchflussmessers mit Abgleichventil prüfen. Auch bei korrekt verklemmt oder defektem Durchfluss kann z. B. durch festsitzenden Ring die Anzeige im Schauglas blockiert sein. Pumpe im Handbetrieb einschalten, hier muss Bewegung des Stempels feststellbar sein. Stempel durch leichtes Schlagen lösen, notfalls Durchflussmesser mit Abgleichventil tauschen.
2. Absperrvorrichtung geschlossen.	Absperrvorrichtung öffnen.
Störung: Pumpe springt später an und hört früh auf zu laufen.	
Temperaturdifferenz zwischen Kollektor und Speicher ist zu groß eingestellt.	Temperaturdifferenz verkleinern.
Störung: Pumpe läuft an und schaltet sich kurz danach wieder aus. Dies wiederholt sich einige Male, bis die Anlage durchläuft. Abends ist das Gleiche zu beobachten.	
1. Die Sonnenstrahlung reicht noch nicht aus, um das gesamte Rohrnetz zu erwärmen.	Möglicher Fehler nochmals bei stärkerer Sonneneinstrahlung prüfen.
2. Ein zu hoher Volumenstrom (Pumpe zu hoch eingestellt).	Leistungsstufe der Pumpe verringern.
3. Die Schalttemperaturdifferenz des Reglers ist zu klein eingestellt.	Schalttemperaturdifferenz am Regler erhöhen.
4. Rohrnetz nicht vollständig isoliert.	Rohrleitungen isolieren.
Störung: Manometer zeigt Druckabfall.	
Kurze Zeit nach dem Befüllen der Anlage ist Druckverlust normal, da noch Luft aus der Anlage entweicht. Tritt später nochmals Druckabfall auf, kann dies durch eine Luftblase verursacht sein, die sich später gelöst hat. Außerdem schwankt der Druck im Normalbetrieb je nach Anlagentemperatur um 0,2–0,3 bar. Geht der Druck kontinuierlich zurück, ist eine Stelle im Solarkreis undicht.	<ul style="list-style-type: none"> • Automatikentlüfter abgesperrt? • Verschraubungen, Stopfbuchsen an Absperrschiebern und Gewindeanschlüsse kontrollieren, danach die Lötstellen. • Vordruck ADG und Dichtigkeit der Membran prüfen.
Fluidverlust durch Öffnen des Sicherheitsventils, da Ausdehnungsgefäß zu gering dimensioniert bzw. drucklos oder defekt ist. Kollektorschäden (undicht) und Frostschäden durch zu geringen Frostschutzgehalt.	Überprüfung der Gefäßgröße; Überprüfung des Frostschutzgehalts und des pH-Wertes.
Störung: Pumpe verursacht Geräusche.	
1. Luft in der Pumpe	Pumpe entlüften.
2. Unzureichender Anlagendruck	Anlagendruck erhöhen.

Ursache:	Behebung:
Störung: Anlage macht Geräusche. In den ersten Tagen nach der Befüllung der Anlage normal. Bei späterem Auftreten zwei mögliche Ursachen:	
1. Anlagendruck zu gering. Pumpe zieht Luft über den Entlüfter an.	Anlagendruck erhöhen.
2. Pumpenleistung zu hoch eingestellt.	Auf eine niedrigere Drehzahl schalten und Volumenstrom am Durchflussmesser mit Abgleichventil kontrollieren.
Störung: Pumpe springt später an und hört früh auf zu laufen. Störung: Temperaturanzeige am Regler zeigt keine Temperatur oder Werte außerhalb der normalen Betriebstemperatur.	
Bei Kurzschluss oder bei Unterbrechung	<ul style="list-style-type: none"> • Reglerbeschreibung beachten. • Kabelanschluss prüfen. • Widerstandswerte des abgeklemmten Fühlers bei bekannten Temperaturen messen und mit Herstellerangaben vergleichen. • Kontrolle der Leitungsführung auf Beschädigungen.
Störung: Nachts kühlt der Speicher aus. Nach Abschalten der Pumpe in Vor- und Rücklauf unterschiedliche Temperaturen, Kollektortemperatur ist nachts höher als die Außentemperatur.	
1. Schwerkraftbremse schließt nicht.	<ul style="list-style-type: none"> • Stellung des Einstellgriffes kontrollieren und Schwerkraftbremse auf Dichtigkeit prüfen (verklemmter Span, Schmutzpartikel in der Dichtfläche). • Leitungsführung ändern. Den Solarwärmetauscher nicht direkt anschließen, sondern die Zuleitungen erst u-förmig nach unten ziehen (Syphon unterstützt die Schwerkraftbremse). Notfalls Zwei-Wege-Ventil montieren, das gleichzeitig mit der Pumpe geschaltet wird.
2. Einrohrzirkulation bei kurzen Rohrnetzen mit geringem Druckverlust.	Einbau einer Schwerkraftbremse im Vorlauf oder einer Wärmedämmschleife.
Störung: Nachheizung funktioniert nicht. Der Kessel läuft kurze Zeit, geht aus und springt wieder an. Dies wiederholt sich so oft, bis der Speicher seine Solltemperatur erreicht hat.	
1. Luft im Nachheizwärmetauscher.	Nachheizwärmetauscher entlüften.
2. Wärmetauscherfläche zu klein.	Angaben des Kesselherstellers und des Speicherherstellers vergleichen. Eventuell lässt sich das Problem durch höhere Einstellung der Vorlaufumtemperatur am Kessel lösen.
Störung: Bei Einstrahlung Beschlag über längeren Zeitraum innen an der Scheibe.	
Belüftung des Kollektors (bei belüfteten Kollektoren) unzureichend.	Belüftungsöffnungen reinigen.
Störung: Speicher kühlt zu stark ab.	
1. Dämmung defekt oder unsachgemäß montiert.	Dämmung prüfen, Speicheranschlüsse dämmen.
2. Reglereinstellung Nachheizung	Kesselreglereinstellungen prüfen.
3. Warmwasser-Zirkulation läuft zu häufig und/oder nachts.	Schaltzeiten und Intervallbetrieb prüfen.
Störung: Pumpe schaltet nicht ab.	
1. Fühler oder Fühlerposition nicht i. O.	Fühlerposition, -montage und -kennlinien prüfen.
2. Regelung nicht i.O.	Hinweis: Drehzahlregelte Pumpen schalten nicht sofort ab, sondern erst nach Erreichen der kleinsten Drehzahl.

Für weitere Fragen stehen Ihnen die Mitgliedsunternehmen des BDH gerne zur Verfügung. Beachten Sie auch die BDH-Informationsblätter Nr. 17 „Thermische Solaranlagen Teil 1: Anlagenkonfigurationen und Informationen zur Kundenberatung“ sowie Teil 2: „Praxistipps zur Dimensionierung und Installation“.