

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:

1,5m² Flachkollektor

1,0m² 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,
- Kollektortyp (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 $>60\text{ °C}$ 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 Dauer temperaturbeständigkeit bis etwa 175 °C eingesetzt werden (Herstellerangaben beachten!). Im Innenbereich können bis zu 130 °C vorliegen.

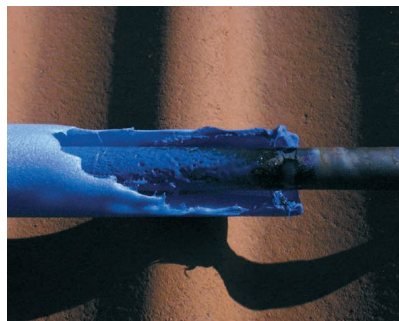


Bild 1: Aus der Heizungstechnik übliche Wärmedämmung ist für Solaranlagen nicht geeignet

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.

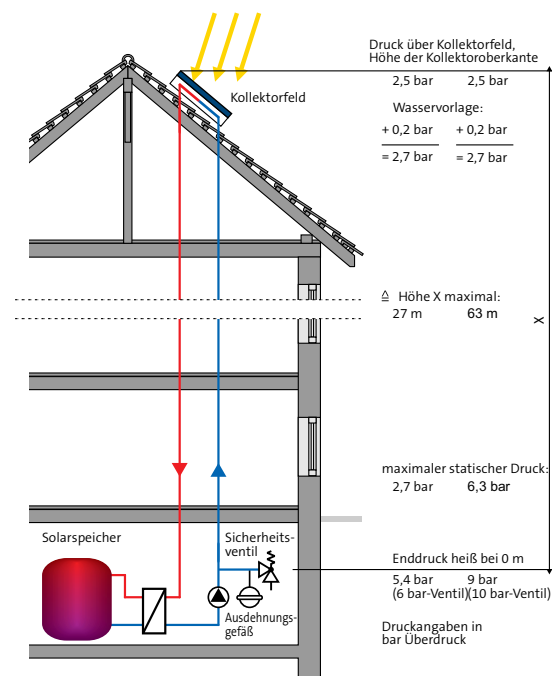


Bild 2: Druckverhältnisse im Kollektorkreis in Abhängigkeit der Gebäudehöhe beim Einsatz von Geräten unterschiedlicher Druckstufen im Keller

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 x 0,08
3. Ermittlung des Dampfvolumens = Inhalt Kollektoren + Inhalt Rohrleitung oberhalb der Kollektorebene
4. Nennvolumen MAG = 2 x (Ausdehnungsvolumen + 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 2–10 W 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 drehzahlregelt 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 Brennwertechnik 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 Brennwertechnik 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 		