



ENERGIE TIROL

BAUEN UND SANIEREN    DETAILINFO

# SOLAR- THERMIE



ENERGIE TIROL – DIE UNABHÄNGIGE ENERGIEBERATUNG.  
AUS ÜBERZEUGUNG FÜR SIE DA.

## INHALTSVERZEICHNIS

3	WELCHE HEIZUNG PASST ZU MEINEM GEBÄUDE?
5	THERMISCHE SOLARANLAGEN ALLGEMEIN
6	GRUNDBAUSTEINE EINER SOLARANLAGE
14	SYSTEMANFORDERUNGEN
19	LITERATUR UND QUELLEN / FÖRDERINFO
20	CHECKLISTE SOLARANLAGE

### Impressum

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber: Energie Tirol, Südtiroler Platz 4, 6020 Innsbruck

Für den Inhalt verantwortlich: DI Bruno Oberhuber, Energie Tirol

Konzept und Redaktion: Energie Tirol; DI Andreas Riedmann

Zeichnungen, Planskizzen: wenn nicht anders angegeben, Energie Tirol

Stand: November 2017

## VORBEMERKUNGEN

- 1) Gemäß Tiroler Bauordnung sind größere Renovierungen (mehr als 25 % der Gebäudehülle werden renoviert) zumindest anzeigepflichtig und ein Energieausweis ist zu erstellen. Dabei ist immer zu beachten, dass die Art und Effizienz des Heizsystems sowie der Wärmeabgabefläche und Leitungsdämmung Auswirkungen auf die Erreichung von vorgeschriebenen Grenzwerten haben.
- 2) Energie Tirol gibt Empfehlungen zu Planung und Ausführung energieeffizienter Bau- und Sanierungsmaßnahmen. Eine Gewähr für die Ordnungsmäßigkeit und das Funktionieren der betreffenden Maßnahmen wird von Energie Tirol nicht übernommen. Die Planung und Umsetzung der Maßnahmen hat durch dazu befugte Professionisten zu erfolgen.
- 3) Alle angeführten Zeichnungen sind als Prinzipskizzen und nicht als Planungsdetails zu verstehen! Die Skizzen ersetzen keinen statischen, bauphysikalischen oder brandschutztechnischen Nachweis. Die angeführten Zeichnungen sind nicht einheitlich im Maßstab!

## WELCHE HEIZUNG PASST ZU MEINEM GEBÄUDE?

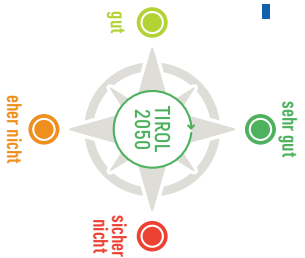
Welche Heizung passt zu meinem Haus? Egal, ob in der Sanierung oder im Neubau - diese Frage ist für jeden Bauherrn von Interesse und stellt ihn gleichzeitig vor große Herausforderungen. Energie Tirol will hier Hilfe leisten und unterstützt Häuslbauer und Sanierer bei der Wahl des richtigen Heizsystems. Jedes Heizsystem hat Stärken und Schwächen und arbeitet nur innerhalb gewisser Rahmenbedingungen so, wie es erwartet wird. Leider passiert es viel zu häufig, dass Heizungsanlagen installiert werden, für die es weit bessere Alternativen gegeben hätte. So ist der Hackschnitzelkessel im gut gedämmten Einfamilienhaus ökologisch zwar ein Musterschüler, sein großes Leistungspotenzial passt aber besser zu Gebäuden, die mehr Heizenergie benötigen. Ebenfalls wenig glücklich werden Besitzer einer Wärmepumpe, wenn die Vorlauftemperatur ihres Heizsystems während der gesamten Heizperiode über 50°C liegt. Nicht nur, dass das Gerät stets volle Leistung bringen muss, auch die zu erwartenden Energiekosten werden deutlich höher ausfallen als anfangs angenommen.

## WAS IST DER HWB<sub>SK</sub>?

Der HWB<sub>SK</sub> ist der rechnerische Energiebedarf pro m<sup>2</sup> beheizter Fläche und Jahr, bezogen auf die Bruttogeschossfläche, also die Außenkontur des Gebäudes. „SK“ bedeutet Standortklima. In der Berechnung werden also die klimatischen Bedingungen des jeweiligen Gebäudestandortes berücksichtigt. Zu finden ist der HWB<sub>SK</sub> auf der zweiten Seite des Energieausweises. Berücksichtigt sind neben Verlusten durch Wände, Decken und Fenster auch die Bilanzgewinne durch Sonneneinstrahlung, Nutzungsabwärme und wenn vorhanden, die rückgewonnene Wärme einer Komfortlüftungsanlage. Somit gibt der HWB<sub>SK</sub> einen guten Näherungswert über den Energieverbrauch eines Gebäudes, auch wenn der tatsächliche Verbrauch u.a. vom Verhalten des Nutzers abhängig ist. Eine erste Orientierungshilfe bietet der Heizungskompass von Energie Tirol (**Abb.1**).

# HEIZUNGS-KOMPASS

Auswahlhilfe für Heizungsanlagen im Einfamilienhaus auf Basis des Heizwärmebedarfs am Standort inklusive möglicher Wärmerückgewinnung (Energieausweis Seite 2, HWB<sub>Std</sub>)



Die Größe der Punkte zeigt an, wie gut sich ein Heizsystem für die jeweilige Gebäudekategorie eignet.

## STROMBASIERTE HEIZUNGSSYSTEME

- WP-Kompaktgeräte mit Luftheizung
- Elektrische Widerstandsheizung baurechtliche Vorgaben beachten
- Außenluft-Wärmepumpe
- Erdwärme-Wärmepumpe
- Grundwasser-Wärmepumpe

## LEITUNGSGEBUNDENE HEIZUNGSSYSTEME

- Fernwärme (erneuerbare Energieträger)
- Fernwärme (fossiler Energieträger)
- Gas – Brennkessel

## HEIZUNGSSYSTEME MIT LAGER

- Öl – Brennkessel
- Pelletskessel – Zentralheizung
- Stückholzkessel
- Hackschnitzel – Zentralheizung

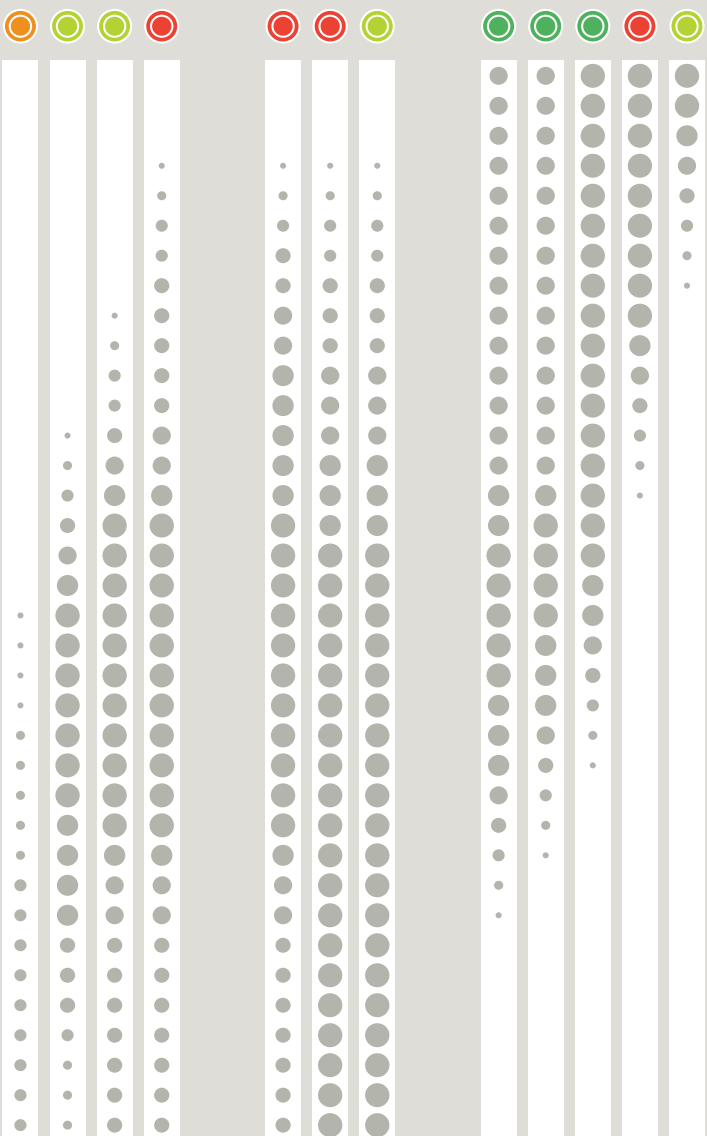


Abb.1: Heizungskompass: mehr Infos unter [www.energie-tirol.at/heizungskompass/](http://www.energie-tirol.at/heizungskompass/)

## THERMISCHE SOLARANLAGEN ALLGEMEIN

Die Solarenergie gilt als die umweltfreundlichste Energieform und ist praktisch unbegrenzt vorhanden. Im Unterschied zu Photovoltaik-Systemen, die elektrischen Strom erzeugen, nutzen thermische Solaranlagen die Sonnenenergie zur Bereitstellung von Warmwasser und/oder Heizungswärme.

Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung sind längst Stand der Technik und liefern krisensicher, klimafreundlich und zuverlässig Energie!



Abb. 2: Symbolfoto einer Photovoltaikanlage (Energieinstitut Vorarlberg)

### Sonnenenergie

Im Kern der Sonne wird durch Kernfusion eine Unmenge an Energie frei. Ein Teil dieser Energie trifft auf die Erdhülle. Durch die Luft, die Wolken und die Verschmutzung der Atmosphäre gelangt wiederum nur ein Teil dieser Energie bis auf die Erdoberfläche. (Abb.3)

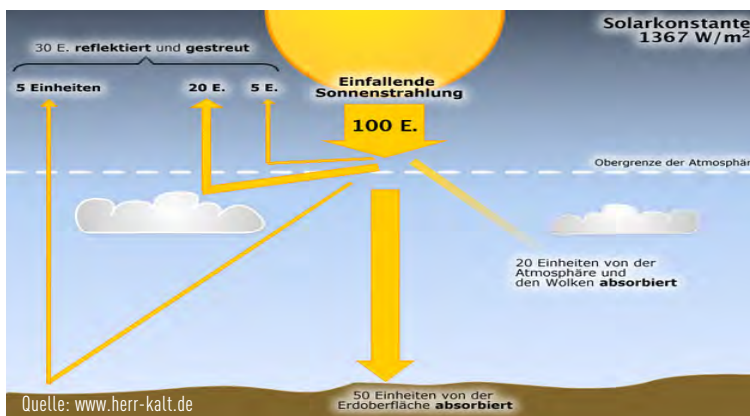


Abb. 3: Solare Strahlung

Die Energiemenge, die im Laufe eines Jahres auf eine horizontale Fläche strahlt (Globalstrahlung), beträgt in Tirol etwa 1.000 bis 1.400 kWh/m<sup>2</sup>, das entspricht 100 bis 140 Liter Heizöl pro m<sup>2</sup>.

Diese Energiemenge ändert sich im Laufe des Jahres in Abhängigkeit der Sonnenscheindauer und des Sonnenstandes. Im Sommer erreicht aufgrund der langen Tage und des hohen Sonnenstandes etwa 5 bis 6 Mal mehr Energie die Erdoberfläche als im Winter.

#### HINWEIS:

Die Sonne strahlt an einem schönen Sommertag mehr als die doppelte Menge Energie auf Tirol, als pro Jahr in ganz Tirol verbraucht wird!

#### TIPP:

85 % der Sonneneinstrahlung erreichen uns in Mitteleuropa zwischen März und Oktober. Wird diese Strahlung eingefangen, kann sie für mindestens 8 Monate im Jahr das Brauchwasser auf 60 °C erwärmen, womit bis zu 70 % des jährlichen Warmwasserbedarfs abgedeckt werden können. Die erforderliche Restwärme im Winter und in der Übergangszeit wird über das Heizsystem abgedeckt.

## GRUNDBAUSTEINE EINER SOLARANLAGE

### FUNKTIONSWEISE DER SOLARANLAGE

Die über Sonnenkollektoren gewonnene Wärme wird mittels Wärmeträgermedium (Wasser-Frostschutzgemisch) durch gedämmte Rohrleitungen in einen Wasserspeicher mit Solaranschluss eingebracht. Das Wärmeträgermedium wird mit Hilfe einer Pumpe umgewälzt. Eine elektronische Steuerung sorgt dafür, dass die Umwälzung nur stattfindet, wenn die Kollektortemperatur höher ist als die des Wassers im Speicher. (Abb.4)

Wird bei Schlechtwetter die erforderliche Temperatur im Speicher nicht erreicht, kann über die bestehende Heizung auf die gewünschte Temperatur „nachgeheizt“ werden. Damit steht unabhängig vom Wetter immer ausreichend Warmwasser zur Verfügung.

Im Winter kann eine Solaranlage das Hauptheizsystem bei der Bereitstellung der Energie für Raumwärme und Trinkwasser unterstützen.

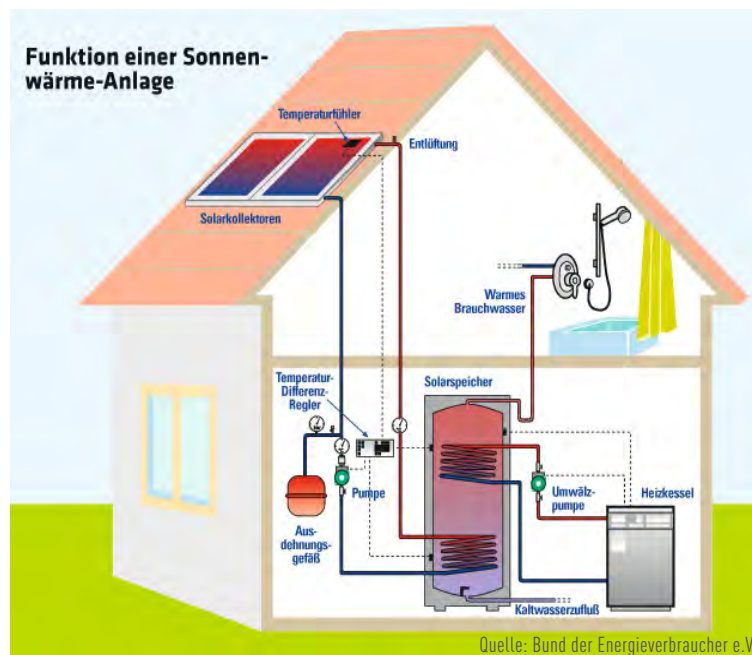


Abb. 4: Funktionsweise einer Solaranlage

Zur weiteren Grundausstattung einer Solaranlage gehört je eine Temperaturanzeige in der Vor- und Rücklaufleitung, eine Schwerkraftbremse zur Verhinderung von Wärmeverlusten nach oben zum Kollektor sowie Sicherheitseinrichtungen, wie ein Überdruckventil und das Ausdehnungsgefäß. Ein spezielles Entlüftungsventil wird an der höchsten Stelle montiert, um ein Entweichen der in den Leitungen befindlichen Luft zu garantieren.

#### HINWEIS:

Die grundlegende Funktionsweise einer Solaranlage ist dieselbe, egal ob diese ausschließlich zur Warmwasserbereitung oder in sehr gut gedämmten Niedrigenergiehäusern zur Raumheizung eingesetzt wird.

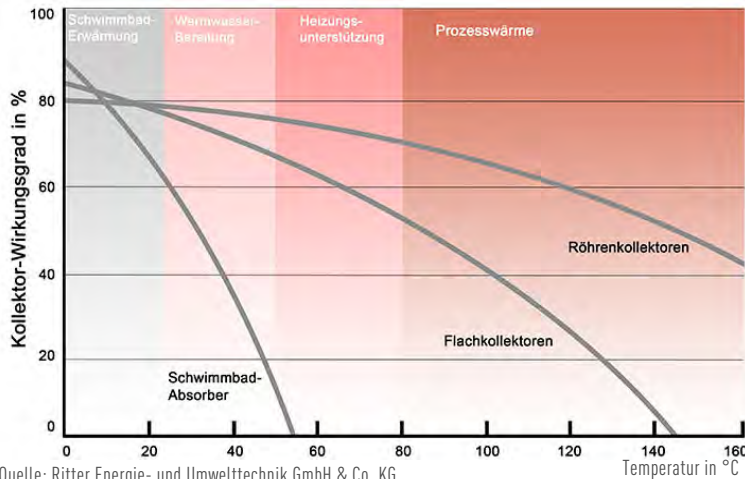
#### TIPP:

Auf die temperaturbeständige Dämmung der Rohrleitungen, die den Kollektor mit dem Speicher verbinden, sowie auf die ausreichende Dämmung des Speichers ist zu achten. Verwenden Sie für die Dämmung der Rohrleitungen spezielle temperaturbeständige Dämmstoffe, wie z.B. Mineralwolle oder spezielle Kautschukmaterialien. Die Dämmstoffstärke soll in etwa dem Rohrdurchmesser entsprechen.

## KOLLEKTORARTEN

### Kollektor und dessen Funktion

Solarkollektoren werden in vielen verschiedenen Ausführungen angeboten. Die bekanntesten Bauarten sind **Absorbermatten** zur Schwimmbaderwärmung, **Flachkollektoren** sowie **Vakuump-Röhrenkollektoren**.



Quelle: Ritter Energie- und Umwelttechnik GmbH & Co. KG  
Abb. 5: Vergleich Wirkungsgrad und Einsatzgebiet der Kollektoren

Allen Solarkollektoren gemein ist das Funktionsprinzip: Die Sonnenstrahlung trifft auf eine dunkle, meist schwarze oder dunkelblaue Oberfläche (Beschichtung) auf und wird in Wärme umgewandelt. Die Beschichtung des Absorbers ist so beschaffen, dass die auftreffenden Sonnenstrahlen möglichst vollständig aufgenommen werden (Absorption) und der heiße Absorber dann möglichst wenig Wärme wieder abstrahlt. Heute werden meist Kupferabsorber mit hoch selektiven Beschichtungen eingesetzt. (Abb.6)

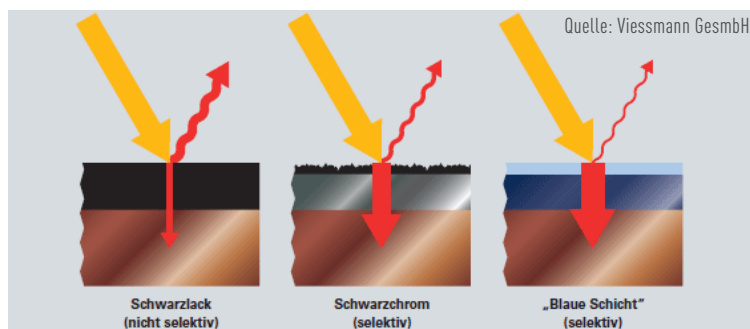


Abb. 6: Arten der Beschichtung eines Solarkollektors

### Absorbermatten bzw. Schwimmbadkollektor

Der Schwimmbadkollektor besteht aus aneinander gereihten Kunststoffrohren, die zu Matten geformt sind. Die Wirkungsweise der Schwimmbadkollektoren ähnelt der von Flachkollektoren, wobei die Absorber zur Schwimmbadbeheizung keine transparente Abdeckung und kein Gehäuse haben. Diese Schwimmbadkollektoren werden meist direkt vom Schwimmbadwasser durchflossen und müssen daher beständig gegen das Beckenwasser – das meist Chemikalien zur Desinfektion enthält – sein. Sie sind kostengünstig und einfach zu installieren.

### TIPP:

Achten Sie darauf, dass der Kollektor über ein anerkanntes Prüfzeugnis nach EN 12975 verfügt. Ob Ihr Kollektor geprüft ist, erkennen Sie an den folgenden Symbolen.



### HINWEIS:

Sie können sich auch im Internet unter [www.spf.ch](http://www.spf.ch), [www.itw.uni-stuttgart.de](http://www.itw.uni-stuttgart.de), [www.arsenal.ac.at](http://www.arsenal.ac.at), und [www.dincertco.de](http://www.dincertco.de) informieren. Kollektoren mit dem Austria-Solar-Gütesiegel sind nach EN 12975 geprüft und haben zudem eine Herstellergarantie von 10 Jahren.



## Flachkollektor

Flachkollektoren sind die am weitesten verbreitete Bauweise für die Warmwasserbereitung und die Raumheizung. Bei diesem Kollektortyp ist der Absorber in einem flachen, wärmegeprägten Gehäuse untergebracht, das mit einer speziellen Glasplatte verschlossen ist. Dieses Solarglas ist ein hagelfestes Glas, das wenig Eisen enthält und dadurch mehr Sonnenstrahlung durchlässt. (Abb.7)

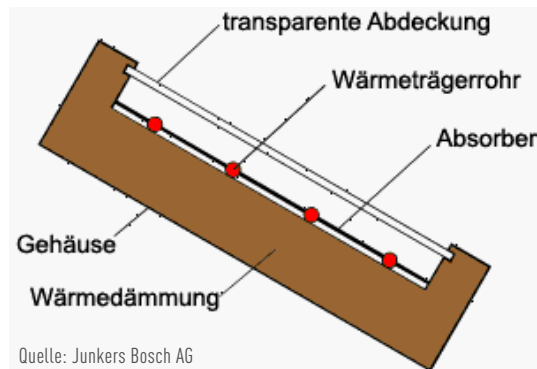


Abb. 7: Aufbau Flachkollektor (Junkers Bosch AG)

An der Unterseite der Absorber sind Rohre angelötet, die die Wärme der Absorberplatte an das Wärmeträgermedium abgeben. Da sich im Inneren des Kollektors Luft befindet und diese Luft auch Wärme weiterleitet, steigen die Verluste dieses Kollektors bei hohen Temperaturen an. Daher eignet sich dieser Kollektoren sehr gut für Warmwasserbereitung und Heizung, jedoch nicht für Prozessenergie in der Industrie.

Eine spezielle Bauform des Flachkollektors sind so genannte CPC-Kollektoren (Compound Parabolic Concentrator). Diese CPC-Kollektoren besitzen gebogen Spiegel, so dass die Sonnenstrahlung von allen Seiten auf den Absorber fällt. Dadurch lassen sich bei ungünstigen Einstrahlungswinkeln immer noch gute Werte erzielen, was auf einen besseren Wirkungsgrad zurzuführen ist.

## Vakuum-Röhrenkollektor

Vakuum-Röhrenkollektoren sind die Hochleistungs-Bauform eines Sonnenkollektors (Abb.8). Der Absorber befindet sich in einem Vakuum und wird von einer Glasröhre dicht verschlossen umhüllt. Das Vakuum verhindert, dass Sonnenwärme wieder nach außen dringen kann. Dadurch können Temperaturen bis 150 Grad Celsius erreicht werden. Diese Bauform ist aufgrund des Vakuums empfindlicher. Vor allem große Schneelasten und Eisbildung zwischen den Kollektoren können zum Verlust des Vakuums führen. Bestimmte Bauarten benötigen eine Neigung von mind. 30° und können daher nicht beliebig montiert werden.

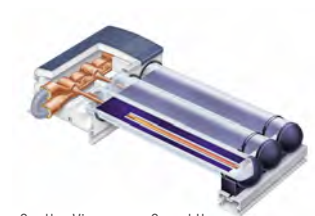


Abb. 8: Vakuum-Röhrenkollektor

## ROHRLEITUNGEN DES KOLLEKTORKREISES

### Rohrleitungen

Die Verrohrung (Vorlauf, Rücklauf) besteht meist aus Kupfer oder Edelstahl. Kunststoffrohre sind wegen ihrer mangelnden Temperaturbeständigkeit nicht geeignet. Weiters sollten keine verzinkten Stahlrohre im Solarkreis verwendet werden, da sie nicht glykolbeständig (Frostschutzmittel im Wärmeträgermedium) sind. Die Leitungen sollen so kurz wie möglich gehalten und gedämmt werden. Die Verrohrung, die Rohrverbindungen (Löt und Pressstellen) und das Dämmmaterial müssen temperaturbeständig zwischen  $-20\text{ °C}$  (bzw. tiefste Außentemperatur im Winter) und mindestens  $+200\text{ °C}$  (bzw. höchste Stillstandtemperatur im Sommer) sowie druckbeständig bis 6 bar sein.

### Dämmung

Die Armaturen und die Verrohrungen sollen durchgehend gedämmt sein. Als Material muss im Solarkreis eine temperaturbeständige Dämmung eingesetzt werden. Diesen Anforderungen entsprechen entweder Mineralwollämmstoffe oder spezielle Kunststoffe (Elastomerschäume). Normale Kunststoffdämmschalen, wie sie im Heizungsanlagenbau verwendet werden, sind nicht geeignet!

Bei Rohrleitungen im Freien muss die Dämmung außerdem UV- und witterungsbeständig sowie wasserdicht bzw. geschlossenzellig und trocknungsfähig sein. Zudem muss sie z.B. durch Verlegung in einem Blechmantel oder einem flexiblen Aluminiumschlauch Schutz gegen Vogelfraß bieten.

### Wärmeträgermedium

Als Wärmeträger wird eine Mischung aus Wasser und Frostschutz verwendet. Das Frostschutzmittel muss ungiftig, lebensmittelecht, biologisch abbaubar und unbrennbar sein. Das Mischungsverhältnis sollte genau eingehalten werden, da bei zu niedrigen Konzentrationen der Frostschutz nicht gewährleistet ist bzw. bei zu hohen Konzentrationen die Effizienz der Anlage verringert wird. In Tallagen reicht ein Frostschutz bis max  $-20\text{ °C}$ . Je weiter man in alpine Lagen vordringt, desto mehr Frostschutz muss zugegeben werden.

### Solarstation: Pumpe, Regelung und Co.

Die gedämmte Solarstation mit Pumpe, Regelung, Schwerkraftbremse, Sicherheitseinrichtungen, Temperatur und Druckanzeigen sowie das Ausdehnungsgefäß sind das „Herz“ der Solaranlage (**Abb.10**). Die Komponenten sind auf den Leistungsbedarf der Kollektoren und die Art des Wärmespeichers abzustimmen. Die Leistungsfähigkeit der Pumpe ist auf die Größe und Verschaltung der Kollektorenfläche und die Länge der Zuleitung auszuliegen.

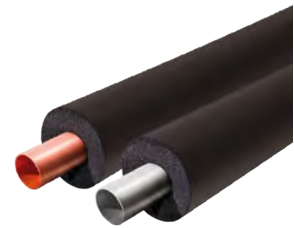


Foto: Kaimann GmbH

Abb. 9: Rohrdämmung

#### TIPP:

Achten Sie auf eine ausreichende Dämmstoffstärke! Der beste Kollektor nützt Ihnen nichts, wenn die Wärme auf dem Weg zum Speicher verloren geht!

#### TIPP:

Ähnlich wie beim Auto muss auch bei der Solaranlage alle 3 Jahre der Frostschutzgehalt des Wärmeträgermediums überprüft werden, um ein Einfrieren und damit die Beschädigung der Anlage auszuschließen.

#### TIPP:

Achten Sie darauf, dass die Solarstation Schwerkraftbremsen eingebaut hat. Nur so bleibt die Wärme im Speicher!

Achten Sie bei der Montage des Ausdehnungsgefäßes darauf, dass es „hängend“ montiert wird. Nur so kann eine dauerhafte Funktion im Solarkreis gewährleistet werden.

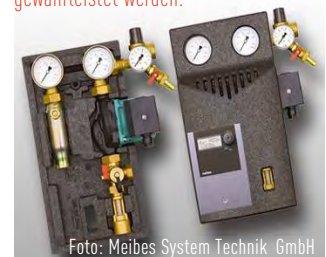


Foto: Meibes System Technik GmbH

Abb. 10: Solarstation

## SPEICHER

Neben dem Kollektor ist der Speicher ein wesentlicher Bestandteil einer Solaranlage. Prinzipiell gibt es 2 unterschiedliche Gruppen von Speichern:

- > Reine Trinkwasserspeicher (Boiler) - mit Trinkwasser befüllt
- > Puffer- bzw. Kombispeicher - mit Heizungswasser befüllt

### Reiner Trinkwasserspeicher (Boiler) - nur im Ein- und Zweifamilienhaus

Für Solaranlagen, die ausschließlich Warmwasser erzeugen, werden spezielle Trinkwasserspeicher (Boiler) eingesetzt, die einen Anschluss der Solaranlage zulassen (**Abb.11**). Trinkwasserspeicher müssen vor Korrosion (Durchrostung) geschützt sein. Aus diesem Grund werden Edelstahlspeicher oder Stahlspeicher mit Innenbeschichtungen aus Email bzw. Kunststoff eingesetzt. Edelstahlspeicher sind zwar leichter und korrosionsbeständig, dafür merklich teurer. Emaillierte Speicher müssen aus Korrosionsschutzgründen (zum Beispiel Lochfraß) entweder mit einer Magnesium- oder einer Fremdstromanode ausgerüstet werden. Auch wenn im Einfamilienhaus aufgrund der kleinen Speichergrößen und des ständigen Warmwasserverbrauchs die Legionellenthematik untergeordnet ist, sollte der Speicher trotzdem zyklisch auf rd. 60 °C aufgeheizt werden (Legionellenschaltung). Im mehrgeschossigen Wohnbau gilt die ÖNorm B5019.

### Pufferspeicher

Der Einsatzbereich von Pufferspeichern beginnt ab einer Solaranlagenfläche von rd. 10 m<sup>2</sup>. Pufferspeicher sind mit Heizungswasser gefüllt. Die in ihnen bevorratete Wärme kann wahlweise direkt ins Heizungssystem eingespeist (Heizungsunterstützung) oder über einen Wärmetauscher ans Trinkwasser übertragen werden. Sie sind billiger als Trinkwasserspeichern, da sie keinen Korrosionsschutz benötigen.

Außerdem kann das bevorratete Heizungswasser auf bis zu 90 °C erwärmt werden (keine Verkalkung, keine Korrosion), wodurch im Vergleich zum Trinkwasserspeicher bei gleichem Volumen über 50 % mehr nutzbare Energie untergebracht werden kann.

Größere Pufferspeicher (ab 1.500 Liter) sollten die Möglichkeit haben die Wärme der Solaranlage zu „schichten“. D.h., wenn die Solaranlage hohe Temperaturen liefert, z.B. mittags an einem schönen Tag, dann sollte die Energie oben im Speicher eingebracht werden.

Wenn die Solaranlage geringere Temperaturen bringt, z.B. beim Aufzug von Wolken am Nachmittag, dann sollte diese Energie im unteren Teil des Speichers eingelagert werden können. Andernfalls kommt es zur Durchmischung des Speicherinhaltes und das Warmwasser steht dann nicht mehr mit 60 °C zur Verfügung.

### Die Warmwasserbereitung bei Pufferspeichern kann auf 3 Arten erfolgen:

- > Puffer mit zusätzlichem Trinkwasserspeicher
- > Puffer mit eingebautem Frischwasserbereiter
- > Externes Frischwassermodul

### TIPP:

Warmwasser-Solaranlagen mit Trinkwasserspeicher sind im Einfamilienhaus nur bis zu einer Größe von rd. 10 m<sup>2</sup> Kollektorfläche d.h. rd. 500-700 Liter Speicher sinnvoll. Eine Anlage dieser Größe könnte rd. 70 % des Warmwasserbedarfs von mind. 5 Personen bereiten. Bei größeren Solaranlagen bzw. bei mehr Personen sollte auf ein System mit Pufferspeicher zurückgegriffen werden.



Quelle: TiSUN GmbH

Abb. 11: Trinkwasserspeicher

### HINWEIS:

Legionellen können sich unabhängig von der Wärmebereitstellung in Speicherung und Leitungen vermehren. Kranke oder gebrechliche Personen reagieren besonders sensibel auf die Krankheitserreger.

## Puffer-Boiler-Lösung

Diese Systeme werden verwendet, wenn ein bestehender Trinkwasserspeicher (Boiler) in das Solarsystem integriert werden soll, oder große Mengen Warmwasser kurzfristig verfügbar sein müssen. Der Trinkwasserboiler wird über den Puffer mit Solarenergie versorgt. Aufgrund der größeren Speicheroberfläche haben diese Systeme höhere Verluste (2 Speicher = doppelte Oberfläche = doppelter Verlust). Pro Jahr kann bei einem durchschnittlich gedämmten 500 Liter Warmwasserspeicher eine Energiemenge von ungerechnet rd. 100 Litern Heizöl verloren gehen!

## Puffer mit eingebautem Frischwasserbereiter

Diese Systeme werden bevorzugt bei kleinen Kombianlagen bis 20 m<sup>2</sup> für Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung eingesetzt. Es ist eine platzsparende und verlustarme Variante von Speichern. Kombispeicher sind einfach zu installieren, allerdings teurer in der Anschaffung.

Die Erwärmung des Trinkwassers erfolgt entweder durch eine im Puffer eingebaute Warmwasserblase (Tank-in-Tank-System) (**Abb.12**) oder mittels eines eingebauten Edelstahl-Wellrohres (**Abb.13**). Die Warmwasserbereitung braucht vor allem beim Tank-in-Tank System relativ viel Zeit (Schüttleistung beachten). Der integrierte Tank hat meist ein Volumen von 150 - 250 Liter.

Wenn öfter am Tag große Warmwassermengen, die über das Fassungsvermögen des innen liegenden Speichers hinausgehen, benötigt werden, muss auf einen Puffer-Boiler oder ein Frischwassermodul zurück gegriffen werden. Diese Systeme können größere Zapfmengen eine unerwünschte Durchmischung des Speichers ergeben.

## Externes Frischwassermodul - empfohlenes System

Ein externes Frischwassermodul bereitet das Warmwasser hygienisch und bestmöglich im Durchlaufprinzip auf. (**Abb.14**) Die Vorteile dieses Systems liegen auf der Hand:

- > geringer Platzbedarf
- > steckerfertige, wärmeisolierte Ausführung
- > hygienisches Brauchwasser
- > Edelstahlplattenwärmetauscher
- > große Warmwassermengen möglich

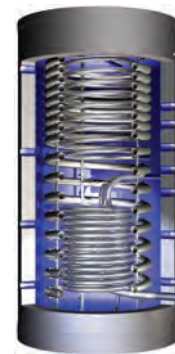
Nachteil dieses Systems ist, dass zu jeder Warmwasserzapfung kurz eine Pumpe anlaufen muss. Der Stromverbrauch ist zwar gering, im Falle eines Stromausfalles steht jedoch kein Warmwasser zur Verfügung.

Grundsätzlich ist die Wasserqualität (Kalk, korrosive Stoffe) beim Einsatz eines Frischwassermoduls vorab zu prüfen.



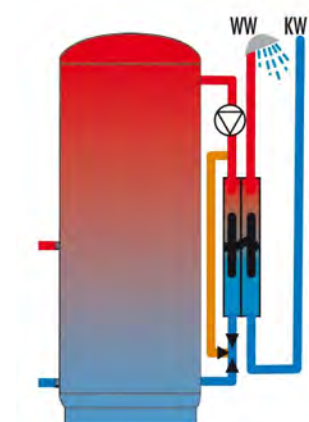
Foto: Paradigma Österreich GmbH & Co. KG

Abb. 12: Tank in Tank



Quelle: TiSUN GmbH

Abb. 13: Puffer mit eingebautem Wellrohr



Quelle: Guntamatic Heiztechnik GmbH

Abb. 14: Systemspeicher mit Frischwassermodul

## SPEICHERDÄMMUNG

Eine geeignete Wärmedämmung sorgt dafür, dass die gespeicherte Energie lange verfügbar bleibt. Die Dämmung des Speichers ist ein wichtiger Punkt. Die Dämmstärke sollte mindestens 10 cm (PU-Dämmung mit  $\lambda = 0,035 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) betragen. Vor allem große Pufferspeicher weisen oft werkseitig zu geringe Wärmedämmungen auf. Orientieren Sie sich am Energylabel für Speicher.

Klasse C spiegelt die durchschnittliche Anforderung wieder. Bei Klasse B kann man von einer guten Dämmung ausgehen.

Pro Jahr kann bei einem schlecht gedämmten 1.000 Liter Pufferspeicher die Energiemenge von 170 Litern Heizöl verloren gehen!

Die Dämmung sollte alle Rohranschlüsse mit einschließen und möglichst fugenfrei angebracht werden. Die Verluste durch solche Anschlussstellen dürfen keinesfalls unterschätzt werden, da sie im schlimmsten Fall ein Vielfaches der Verluste über die restliche Oberfläche ausmachen können.

Beispiel: Ein ungedämmter Anschluss eines Speichers bewirkt pro Jahr durchschnittlich einen Energieverlust, der rd. 50 Litern Heizöl entspricht!

### TIPP:

Jeder Speicher produziert Verluste, daher soll die Anzahl der Speicher klein gehalten werden. Die Dämmstärke sollte zumindest 100 mm betragen, vollständig und ohne Luftspalte sein. Achten Sie auch auf die Dämmung des Speicherbodens!

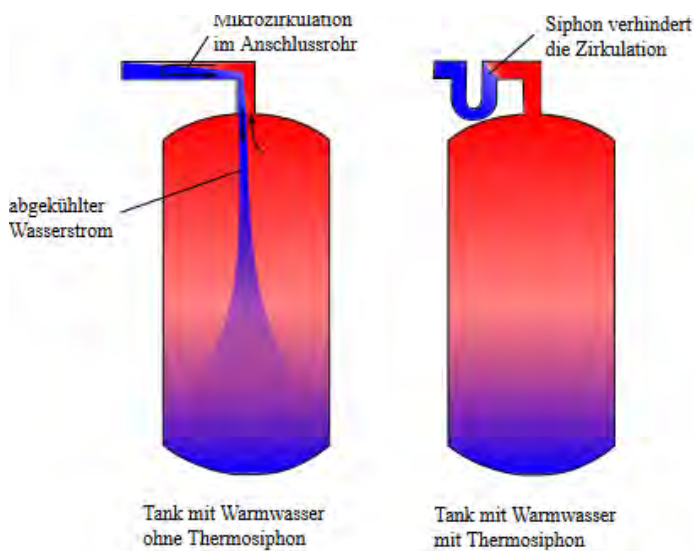


Abb 15.: Thermosiphon

Quelle: Wikipedia

### HINWEIS:

Anschlüsse an den Speicher sollten in der oberen Hälfte als Thermosiphon (Abb. 15) ausgeführt werden, um Speicherverluste zu vermeiden! Alternativ können Konvektionsbremsen (Abb. 16) eingesetzt werden.

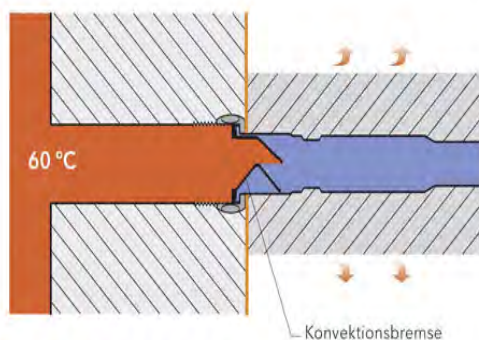


Abb 16.: Konvektionsbremse

Quelle: Wagner Solar GmbH

## NACHHEIZUNG, KOMBINATION MIT DEM HEIZSYSTEM

Da die Solaranlage bei geringer Sonneneinstrahlung, z.B. im Winter oder in Schlechtwetterperioden, den Warmwasserbedarf nicht zur Gänze decken kann, ist eine geeignete Nachheizmöglichkeit vorzusehen. Prinzipiell kommen dafür der bestehende Zentralheizungskessel oder ein Elektroheizstab in Frage.

Die Nachheizung mit dem Heizkessel oder der Wärmepumpe ist die gängigste Variante. Wichtig ist, dass nicht das gesamte Volumen, sondern nur der Tagesbedarf erwärmt wird.

Eine elektrische Nachheizung, ebenfalls im oberen Drittel, sollte aus ökologischen und ökonomischen Gründen nur in den wenigen Fällen außerhalb der Heizsaison zur Anwendung kommen, bzw. dann, wenn für den Winterbetrieb kein Heizkessel vorhanden ist.

## PLATZBEDARF

Eine Solaranlage für ein Einfamilienhaus benötigt neben einer geeigneten Stelle für die Anbringung der Sonnenkollektoren nur einen geringen Platz im Heizraum. Ein 500 Liter Warmwasserspeicher hat etwa einen Platzbedarf von Ø 70 cm x 200 cm. Ein Pufferspeicher zur Heizungsunterstützung mit 1.500 Liter benötigt eine Stellfläche von Ø 120 cm bei einer Höhe von 220 cm. Die Solarpumpe mit der Regelung kann entweder platz sparend an der Heizraumwand oder oft sogar am Speicher direkt montiert werden.

### TIPP:

Nachheizmöglichkeiten über die Heizung oder über eine Elektro-Heizpatrone sollten sich im oberen Drittel befinden, um der Solaranlage nicht die Möglichkeit zu nehmen den Speicher aufzuheizen.

Achten Sie auf die Regelungseinstellung der Nachheizung! Sie sollte KEINESFALLS dauernd das obere Drittel nachheizen. Stellen Sie die Zeit so ein, dass eine Nachheizung außerhalb der Heizperiode nur händisch aktiviert werden kann. In der Heizperiode geben Sie die Nachheizung z.B. nur von 17:00 bis 21:00 Uhr frei. So ist garantiert, dass die Solaranlage optimal arbeiten kann und nicht aufgrund der Nachheizung mittels Öl, Gas oder Strom arbeitslos wird!

### TIPP:

Achten Sie bei der Bestellung der Solarspeicher auf die Durchgangsbreiten und -höhen der Türen vom Freien bis zum Heizraum, denn der Solarspeicher sollte natürlich in den Heizraum gebracht und gegebenenfalls auch ersetzt werden können ohne Türen verbreitern zu müssen!

Bei vielen Speichern lässt sich die Dämmung für den Transport abnehmen um an Breite einzusparen.

## SYSTEMANFORDERUNGEN

Bevor man sich mit der Dimension und den Kosten einer Solaranlage beschäftigt, muss grundsätzlich entschieden werden, ob die Solaranlage als reine Warmwasseranlage konzipiert wird oder zusätzlich auch eine Heizungsunterstützungsfunktion übernehmen soll.

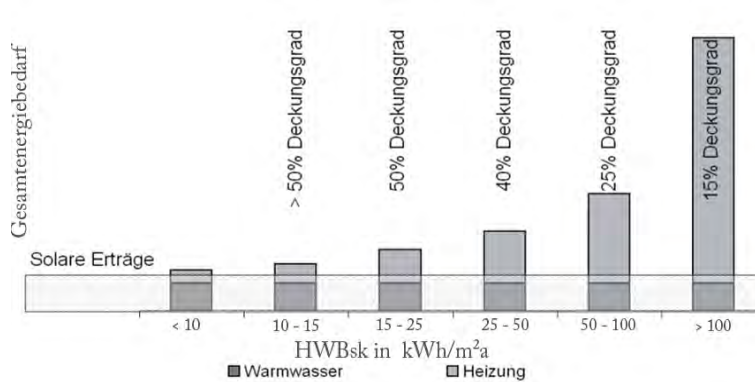


Abb. 17: Deckungsgrad in Abhängigkeit vom HWB<sub>sk</sub>

Die Grafik (Abb. 17) zeigt deutlich, dass der Warmwasserbedarf (unterer Balken) im Neubau oder sanierten Altbau mit HWB<sub>SK</sub> < 50 kWh/(m<sup>2</sup>a) einen hohen Anteil am Gesamtverbrauch hat. Ab einem HWB<sub>SK</sub> von weniger als 25 kWh/(m<sup>2</sup>a) ist der Warmwasserbedarf gleich bzw. größer als der Heizwärmebedarf. In energieoptimierten Gebäuden kann daher eine teilsolare Raumheizung einen wesentlichen Beitrag zur Abdeckung des Gesamtenergiebedarfes erbringen. Bei schlechten Energieeffizienzklassen ( $\geq 100$  kWh/m<sup>2</sup>a) sind meist andere Energiesparmaßnahmen, wie z.B. Dämmung der obersten Geschoßdecke, kostengünstiger als die zusätzliche Wärmegewinnung durch eine teilsolare Raumheizung. Eine reine Warmwasseranlage macht aber auch hier Sinn!

## SOLARANLAGEN ZUR WARMWASSERBEREITUNG

Die optimale Auslegung von Warmwasser-Solaranlagen ermöglichen es rd. 70 % (in Einzelfällen auch mehr) des benötigten Warmwassers über die Solaranlage zu bereiten. Dies nennt man den solaren Deckungsgrad. In den Sommermonaten kann das Warmwasser meist vollständig von der Solaranlage bereitete werden, womit der unwirtschaftliche Teillastbetrieb des Heizkessels in dieser Zeit vermieden werden kann.

PERSONEN IM HAUSHALT	BEDARF (LITER/TAG MIT 50°C)	VOLUMEN DES SPEICHERS (LITER)	BRUTTOKOLLEKTORFLÄCHE (FLÄCHENKOLLEKTOR) (M <sup>2</sup> )	HEIZÖLEINSPARUNG (LITER/JAHR)
1 - 2	bis 100	250	4	bis zu 190
2 - 4	bis 200	400	4 - 8	bis zu 365
4 - 6	bis 300	600	8 - 12	bis zu 540
6 - 12	bis 400	800	12 - 16	bis zu 680

### FAUSTFORMEL:

Pro Person rechnet man mit etwa 1,5 bis 2 m<sup>2</sup> Flachkollektor- bzw. 1 bis 1,2 m<sup>2</sup> Vakuumröhrenkollektorfläche. Das Speichervolumen sollte 50 bis 75 Liter je m<sup>2</sup> Kollektorfläche betragen, was dem 1,5 bis 2-fachen Tagesbedarf an Warmwasser entspricht.

## Ausrichtung und Neigung

Solaranlagen zur Warmwasserbereitung sind bezüglich der Ausrichtung und Neigung relativ unkritisch (Abb.18). Da der Grossteil der Energieeinsparung im Sommer erbracht wird, ist eine Aufständering und eine genaue Südausrichtung nicht erforderlich.

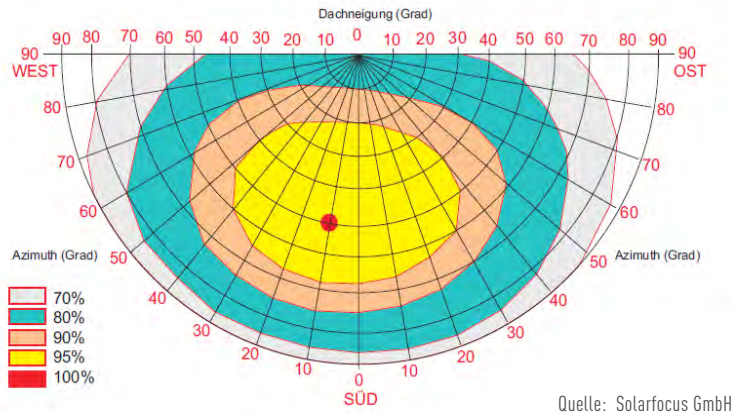


Abb.18: Ertrag nach Ausrichtung und Neigung

### TIPP:

Aufwändige Aufständeringen der Kollektoren bringen bei Anlagen zur Warmwasserbereitung meist nur geringfügig höhere Solargewinne. Die zusätzlichen Kosten für diese Aufständeringe stehen oft in keinem Verhältnis zum erbrachten Gewinn. Aus ästhetischen Gründen sollte darauf geachtet werden, die Anlage bestmöglich an die Dachneigung anzupassen.

## SOLARANLAGEN ZUR WARMWASSERBEREITUNG UND RAUMHEIZUNG

Das grundlegende Problem der solaren Raumheizung ist, dass gerade, wenn der Heizenergiebedarf am größten ist (Dezember bis Februar), die solare Einstrahlung und damit der erzielbare Solarbeitrag zur Beheizung am geringsten ist. Zudem sind zu dieser Zeit auch die höchsten Heizkreistemperaturen notwendig und die geringsten Kollektortemperaturen möglich.

Je nach Größe der Solaranlage und Energieeffizienzklasse des Gebäudes sind solare Deckungsgrade von 15 % (unsanierte Altbauten) bis über 50 % (Niedrigstenergiehaus) des Gesamtenergiebedarfs möglich. Der Rest der benötigten Wärme wird mittels Heizkessel oder Wärmepumpe abgedeckt. Technisch machbar, jedoch meist wirtschaftlich nicht sinnvoll, sind auch Systeme, welche das Gebäude zu 100 % durch Sonnenenergie beheizen.

### Faustformel:

Als erste Richtschnur für die Größe der Kollektorfläche kann folgende Faustformel herangezogen werden:

- > 15 % solarer Deckungsgrad.....1 m<sup>2</sup>/kW Heizleistung
- > 20 – 25 % solarer Deckungsgrad..... 2 m<sup>2</sup>/kW Heizleistung
- > 30 % solarer Deckungsgrad.....3 m<sup>2</sup>/kW Heizleistung

**Beispiel:** Niedrigenergiehaus – mit 7 kW Heizleistung

20 – 25 % solarer Deckungsgrad gewünscht

- > 2 m<sup>2</sup>/kW x 7 kW = 14 m<sup>2</sup> Kollektorfläche
- > Anlage sinnvoll!

### TIPP:

Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Raumheizung gehören grundsätzlich genau berechnet. Dazu dienen Simulationsprogramme, die Hersteller oder Installateure bedienen können. Verlangen Sie diese Berechnungen, denn nur so wissen Sie, ob ihre Anlage den gewünschten Einspareffekt erzielt oder nicht!



**Beispiel:** Unsanierter Altbau – mit 20 kW Heizleistung

**20 – 25 % solarer Deckungsgrad gewünscht**

- >  $2 \text{ m}^2/\text{kW} \times 20 \text{ kW} = 40 \text{ m}^2$  Kollektorfläche
- > Anlage nicht sinnvoll!  
Besser das Gebäude vorher sanieren und eventuell danach eine kleine Solaranlage installieren!

### Ausrichtung und Neigung

Solaranlagen die zusätzlich zur Warmwasserbereitung auch einen Beitrag zur Gebäudebeheizung liefern sollen, müssen sorgfältiger ausgerichtet werden. Optimal wäre eine Ausrichtung nach Süden mit einem Winkel zwischen  $45^\circ$  und  $60^\circ$ . Eine Abweichung von der optimalen Ausrichtung nach Südwest bzw. Südosten bringt eine Minderung des Deckungsgrades um rd. 10 %. Bei genauer Südausrichtung kann die Neigung zwischen  $30^\circ$  und  $75^\circ$  schwanken, ohne dass der Deckungsgrad um mehr als 10 % sinkt. Es ist daher durchaus möglich von der optimalen Dachausrichtung und Neigung in gewissen Grenzen abzuweichen, ohne größere Einbußen am Solarertrag zu erhalten.

Allerdings muss bedacht werden, dass Dampfphasen (Anlagenstillstand im Sommer) in Anlagen zur Heizungsunterstützung, die eine Neigung von weniger als  $45^\circ$  aufweisen deutlich öfter auftreten, als bei Anlagen mit entsprechender Neigung. Dies bedeutet eine hohe Belastung für das Frostschutzgemisch und das Expansionsgefäß. Darüber hinaus ist mit Einbußen bis zu 10 % ist zu rechnen, da im Winter die Sonne flach steht und die Strahlungsenergie von einem flachen Absorber schlechter aufgenommen werden kann.

Bei der Wahl der richtigen Ausrichtung sind oft lokale Gegebenheiten von großer Bedeutung. Wie aus Abbildung 19 ersichtlich ist, eignen sich Dachflächen unterschiedlich gut für eine Solarnutzung. Grund hierfür sind nicht nur die Ausrichtung und Neigung, sondern auch Verschattung durch Berge, Bäume und Gebäudeteile.



Abb.19: Solarportal des Landes Tirols

### TIPP:

Diese und weitere Sonnenstandsdiagramme finden Sie kostenlos im Internet unter [www.tirol.gv.at/tiris](http://www.tirol.gv.at/tiris) unter dem Menüpunkt Solarpotential.

## MONTAGEMÖGLICHKEITEN

Kollektoren können an vielen Stellen aufgestellt werden. Sie müssen dabei fixiert werden, um Lasten auf das Gestell oder den Unterbau abtragen zu können. Das Gewicht des Kollektors, Windkräfte und Schneelasten müssen bei der Befestigung mit berücksichtigt werden.

### Indachmontage

Anstatt der Dacheindeckung wird der Kollektor auf die Dachlattung montiert und anschließend mit Blech eindeckt. Die Verrohrung führt unterhalb der Dachziegel ins Gebäude. Die Montage ist einfach, die passenden Eindeckrahmen können bei den meisten Herstellern mitbestellt werden. Für diese Fläche können die Dachziegel eingespart werden. Oftmals ist die Indachmontage architektonisch ansprechender als andere Varianten. Dafür ist man an die Dachausrichtung und Neigung gebunden.



Abb.20: Indachmontage

### Aufdachmontage

Spezielle Befestigungen erlauben es den Kollektor am Dach auf der Dachabdeckung anzubringen. So kann ein Kollektor ebenfalls parallel zur Dachoberfläche montiert sein, ohne dass das Dach unterbrochen wird. Die Verrohrung verläuft auf dem Dach und wird an passender Stelle in das Gebäude geführt. Bei sehr ungünstigen Ausrichtungen kann über eine Aufständering nachgedacht werden.



Abb.21: Aufdachmontage

### Fassadenmontage

Eine architektonisch anspruchsvolle Alternative zur Dachintegration ist die Fassadenmontage. Die Kollektorfläche kann mit beinahe jedem Sondermaß einfach in die Fassade integriert werden und stellt damit eine optische und architektonische Aufwertung des Gebäudes dar.



Abb.22: Fassadenmontage

## LEGIONELLEN

Legionellen sind Bakterien, die in jedem Trinkwasser vorkommen. Das Einatmen von legionellenbelasteten Aerosolen (feinsten Wassertröpfchen, z.B. unter der Dusche) kann bei Personen mit geschwächtem Immunsystem zu schweren Lungenentzündungen und im Extremfall zum Tod führen. Legionellen vermehren sich bei Wassertemperaturen zwischen 25 °C und 50 °C, während sie erst bei Temperaturen über 60 °C rasch absterben. Die Warmwassertemperatur sollte aber auch nicht wesentlich über 60 °C liegen, da ansonsten vermehrt Kalk ausfällt und die Energieverluste größer werden. Das Kaltwasser soll eine Temperatur von 20 °C nicht überschreiten.

Mit Ausnahme von Ein- und Zweifamilienhäusern gilt bezüglich Legionellen die strenge ÖNORM B5019, in der festgelegt wird, dass Warmwasser in Boilern immer durchgehend mindestens 60 °C und das Wasser in Zirkulationsleitungen mindestens 55 °C haben muss. Außerdem ist das Ausschalten der Zirkulationspumpe nicht zulässig.

Die sicherste und hygienisch beste Variante der Warmwasserbereitung ist das System Pufferspeicher mit Frischwassermodul. Dabei wird das Warmwasser nur bei Bedarf im Durchlaufprinzip erwärmt. Im Ein- und Zweifamilienhaus können auch andere Speichersysteme eingebaut werden, jedoch wird die Verwendung von Frischwassermodulen empfohlen. In allen anderen Objekten muss auf die Einhaltung der ÖNORM B5019 geachtet werden!

## INSTALLATION, INBETRIEBNAHME UND WARTUNG

Lassen Sie Ihre Solaranlage von einem konzessionierten Installateur einbauen. Betriebe, die sich zusätzlich weitergebildet haben und den Kurs „Zertifizierter Solarwärmeinstallateur“ absolviert haben, finden Sie unter [www.solarwaerme.at](http://www.solarwaerme.at). Ihr Installateur sollte Ihnen mit der Inbetriebnahme der Anlage die Anleitungen für die In- und Außerbetriebnahme, für die Regelung und für die Behebung einfacher Betriebsfehler beilegen, sowie ein Abnahmeprotokoll ausfüllen und übergeben.

### Tiroler Bauordnung

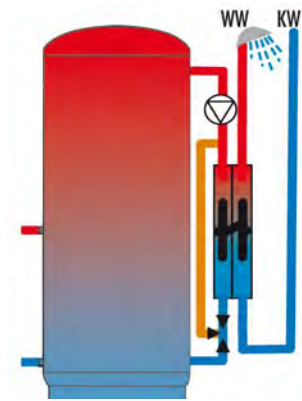
In der Tiroler Bauordnung ist deswegen für jene Anlagen eine Bauanzeige bei der Gemeinde vorgesehen, die nicht in das Dach oder in die Fassade integriert sind bzw. einen Parallelabstand von mehr als 30 cm zu Dach oder Wand aufweisen.

Laut Tiroler Bauordnung §21:

„Weder einer Baubewilligung noch einer Bauanzeige bedürfen die Anbringung von Sonnenkollektoren und Photovoltaikanlagen bis zu einer Fläche von 20 m<sup>2</sup> an baulichen Anlagen, sofern sie in die Dachfläche oder Wandfläche integriert sind oder der Parallelabstand des Sonnenkollektors bzw. der Photovoltaikanlage zur Dach- bzw. Wandhaut an keinem Punkt der Außenfläche der Anlage 30 cm übersteigt“

### Auf entsprechenden Einbau achten

Im Sonnenland Tirol bietet neue Solaranlagentechnik eine ertragreiche Nutzung von Sonnenwärme für Warmwasser und Heizung. Bei der Planung sollte allerdings nicht ausschließlich auf den Ertrag, sondern auf einen ansprechenden Einbau geachtet werden.



Quelle: Guntamatic Heiztechnik GmbH

Abb.23: Systemspeicher mit Frischwassermodul

### TIPP:

Informieren Sie sich bei Ihrer Gemeinde, ob Aufständungen erlaubt sind. Wenn Ihr Gebäude Ortsbild-, Ensemble- oder Denkmal-geschützt ist, nehmen Sie Kontakt mit der zuständigen Behörde auf.

## LITERATUR UND QUELLEN

Heizungs- und Gebäudetechnik, Schlagnitweit und Wagner

Norm ÖNORM EN 12975: Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile - Kollektoren

Norm ÖNORM EN 12831 „Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast“ 2014

Norm ÖNORM H 7500 Teil 1“ Heizungssysteme in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast für Gebäude mit einem mittleren U-Wert  $\geq 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ “ 2015

[www.energie-tirol.at](http://www.energie-tirol.at)

[www.solarwaerme.at](http://www.solarwaerme.at)

[www.valentin.de](http://www.valentin.de)

[www.tirol.gv.at/wohnbauforderung](http://www.tirol.gv.at/wohnbauforderung)

[www.kommunalkredit.at](http://www.kommunalkredit.at)

## FÖRDERINFO

Erneuerbare, alternative Heizsysteme werden von unterschiedlichen Stellen gefördert. Informieren sie sich beim Bauamt ihrer Wohngemeinde, bei Ihrem Energieversorger und auf folgenden Informationsplattformen:

> <https://www.tirol.gv.at/bauen-wohnen/wohnbauforderung/>

> <https://www.umweltfoerderung.at/privatpersonen.html>

> <https://www.klimafonds.gv.at/foerderungen/aktuelle-foerderungen/fuer-private/>

# CHECKLISTE SOLARANLAGE

## 1. SOLARANLAGE - SOLARKREIS

- > Kollektor mit anerkanntem Prüfzeugnis nach ÖNORM EN 12975
- > Solaranlage muss stillstandsicher ausgeführt sein, d.h. entsprechende Kollektorverschaltung und passendes Ausdehnungsgefäß
- > Leitungen und Armaturen mit temperaturbeständiger Wärmedämmung dämmen und zusätzlich im Außenbereich mit entsprechendem Feuchte-, bzw. Vogelschutz versehen
- > Wärmemengenzähler oder Wärmemengenerfassung muss eingebaut sein – Förderungsvoraussetzung!
- > Dimensionierung der Solaranlage mittels Berechnungsprogramm (TSol, Polysun) und Berechnung des Solarertrages für Vergleich mit der Wärmemengenerfassung

## 2. SPEICHERBELADUNG

- > Anlagen über 20 m<sup>2</sup> Kollektorfläche benötigen ein separates Schichtlademodul

## 3. WÄRMESPEICHER

- > zumindest 50 Liter Speichervolumen pro m<sup>2</sup> Flachkollektor - Förderungsvoraussetzung!
- > zumindest 75 Liter Speichervolumen pro m<sup>2</sup> Vakuumkollektor
- > geringe Speicherverluste durch ausreichende Wärmedämmung (mind. 10 cm mit PU-Dämmung) und gedämmte Anschlüsse.

## 4. NACHHEIZUNG

- > Nachheizung auf max. 60 °C
- > nur im oberen Drittel des Speichers
- > zeitlich begrenzt (z.B. 17:00 – 21:00 Uhr)

## 5. STROMEFFIZIENZ

- > alle elektrischen Ventile im „Normalzustand“ bzw. im überwiegenden Zeitraum stromlos
- > Waschmaschine und Geschirrspüler sollen mit Kalt- und Warmwasser versorgt werden können (Leitungsvolumen beachten) Zusätzlich wird die höchste Energieeffizienzklasse für das Gerät empfohlen.

## 6. EINWEISUNG NUTZER

- > Erklärung der Anlagentechnik und wichtiger Bedienungshinweise inkl. Hydraulikschema
- > Anleitung zur Behebung einfacher Störungen

# DETAILINFOS VON ENERGIE TIROL

## Die richtige Planung für mein Haus



Dezember 2015



Oktober 2017

## Die richtige Hülle für mein Haus



Februar 2017



Februar 2017



Dezember 2015



Mai 2009

## Die richtige Heizung für mein Haus



April 2017



Oktober 2017



Oktober 2017



Oktober 2017



Oktober 2017

## Impressum

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber: Energie Tirol, Südtiroler Platz 4, 6020 Innsbruck

Für den Inhalt verantwortlich: DI Bruno Oberhuber, Energie Tirol

Konzept und Redaktion: Energie Tirol; DI Andreas Riedmann

Zeichnungen, Planskizzen: wenn nicht anders angegeben, Energie Tirol

Stand: Oktober 2017

