



My Energy GIE
Groupement
d'Intérêt Economique

28, rue Michel Rodange
L-2430 Luxembourg

Tél. +352 40 66 58
Fax +352 40 66 58-2

info@myenergy.lu
www.myenergy.lu

myenergy
L u x e m b o u r g

Gestaltung und Planung einer thermischen Solaranlage

Solarthermie ist die Umwandlung von Sonnenlicht in Wärme mithilfe eines Solarkollektors. Anwendung findet Solarthermie überall dort, wo Warmwasser gebraucht wird (Wohnhäuser, Krankenhäuser, Seniorenheime, Sportanlagen, Campingplätze, Hotels, verschiedene Gewerbe, Waschanlagen, ...). Dank der Solarthermie können Heizöl oder Erdgas und Energiekosten eingespart werden.

Eine thermische Solaranlage liefert bei adäquater Auslegung genug Wärme, um 60 bis 70% des jährlichen Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung zu decken. Von Mai bis September kann eine Solaranlage die Warmwasserbereitung oft alleine übernehmen, sodass der Heizkessel während dieser Zeit ausgeschaltet werden kann.

In diesem Merkblatt finden Sie die wichtigsten Informationen zu Gestaltung, Planung und Technik einer solarthermischen Anlage.

Gestaltung einer thermischen Solaranlage

Es gibt verschiedene Montagemöglichkeiten für thermische Solaranlagen:

- **Aufdachmontage:** Die Kollektoren werden oberhalb der Dachhaut mit Halterungen an den Dachsparren befestigt. Dafür muss das Dach die zusätzliche Belastung durch das Gewicht der Kollektoren und des Befestigungssystems (Flachkollektoren: 20-25 kg/m², Vakuumröhrenkollektoren: 15-20 kg/m²) aufnehmen. Die Dachhaut bleibt erhalten und behält seine Funktionen.
- **Indachmontage:** Die Kollektoren werden direkt auf die Dachsparren geschraubt und sind Teil der Dachhaut. Sie können über die Funktion der Wärmeerzeugung hinaus den Wetterschutz übernehmen und somit die Dachhaut ersetzen. Die Abdichtung erfolgt, ähnlich wie bei Dachfenstern, mit einem Eindeckrahmen. Bei der Berechnung der zusätzlichen Dachlast kann das Gewicht der ersetzten Dachhaut abgezogen werden.
- **Flachdachmontage:** Die Kollektoren werden mit Flachdachständern aus Metall schräg auf das Flachdach aufgestellt. Aufgrund der entstehenden Windangriffsflächen muss die Konstruktion verankert werden. Direkt durchströmte Vakuumröhrenkollektoren können auch horizontal montiert werden. Wegen geringerer Windlasten ist eine Verankerung dann nicht erforderlich. Die Tragfähigkeit des Daches muss auf jeden Fall überprüft werden.
- **Fassadenmontage:** Die Kollektoren werden senkrecht oder schräg angestellt vor die Fassade montiert. Dafür muss die Tragfähigkeit der Wand überprüft werden. Senkrecht montierte Kollektoren haben einen geringeren Energieertrag. Als architektonisches Gestaltungselement und Prestigeobjekt finden Solarfassaden zunehmend Anwendung.
- **Freiaufstellung:** Neben der Montage auf Gebäuden können Solarkollektoren mit Trägerkonstruktionen wie sie auf Flachdächern zum Einsatz kommen auf freien Flächen errichtet werden. Man spricht von Freiflächenanlagen.

Planung einer thermischen Solaranlage

Die fachgerechte Planung einer thermischen Solaranlage ist Voraussetzung für einen optimalen Ertrag. In einem ersten Schritt muss eine möglichst gut ausgerichtete und unverschattete Fläche zur Montage der Solaranlage gefunden werden:

- Ohne größere Einbußen des Ertrages kann ein Solarkollektor in einem relativ weiten Bereich zwischen Südost und Südwest ausgerichtet und zwischen 10 und 50° geneigt werden. Ideal ist

Südausrichtung. Für Anlagen zur Brauchwassererwärmung beträgt die optimale Neigung ca 40°.

- Eine Verschattung vermindert den Ertrag einer Solaranlage. Deshalb muss die Verschattung des Solarkollektors so weit wie möglich vermieden werden. Mögliche Schattenverursacher sind Topografie, Vegetation und umliegende Gebäude.

Auslegungsziel einer bedarfs- und kostenoptimierten thermischen Solaranlage zur Brauchwassererwärmung in Wohnhäusern ist ein solarer Jahresdeckungsgrad von 60 bis 70%, d.h., dass 60 bis 70% des jährlichen Energiebedarfs für die Warmwasserbereitung von der Sonne gedeckt werden. Von Mai bis September kann eine Solaranlage die Warmwasserbereitung dann oft alleine übernehmen. Eine Erhöhung des solaren Deckungsgrades (z.B. durch Vergrößerung der Kollektorfläche) hätte nicht nutzbare Überschüsse im Sommer zur Folge, was zu hohen thermischen Belastungen der Kollektoren, einem sinkenden Systemnutzungsgrad und einer geringeren Wirtschaftlichkeit führen würde.

Um den angestrebten Deckungsgrad zu erreichen, können folgende Erfahrungswerte zur Abschätzung der wesentlichen Anlagekomponenten dienen (Voraussetzung: Südost- bis Südwestausrichtung und Neigung bis 50°, unverschattet) (Quelle: DGS, Solarthermische Anlagen):

- Kollektorfläche
 - Flachkollektor: 1,5 m² pro Person,
 - Vakuumröhrenkollektor: 1 m² pro Person,
- Speichervolumen: 80-100 l pro Person bzw. 1,5- bis 2-fache des täglichen Warmwasserbedarfs (2-fach wenn ein solarer Deckungsgrad von 100% von Mai bis September angestrebt wird) (Möglichkeiten, Brauchwasser zu sparen, ausschöpfen: wasser- und energiesparende Armaturen!).

Mitentscheidend für die Höhe des Nachheizbedarfs ist die an der Kesselregelung eingestellte Brauchwassersolltemperatur. Je niedriger diese eingestellt ist (z.B. 45°C), desto höher ist der solare Deckungsgrad. Um im Sommer die Verbrennungsgefahr beim Zapfen von Warmwasser (Speichertemperatur kann 100°C erreichen) zu unterbinden, darf ein Temperaturbegrenzer nicht fehlen, der bei Bedarf das solar erwärmte Wasser mit Kaltwasser mischt.

Um die Auslegung der Anlage zu optimieren, sollte eine Simulation durchgeführt werden. Darin werden verschiedene Parameter berücksichtigt: technische Daten der Anlage, Ausrichtung, Verschattung, verbrauchsspezifische Daten (Profil des Warmwasserbedarfs und gegebenenfalls des Raumwärmebedarfs) und Klimadaten. Zusätzlich zur optimierten Auslegung der Anlage erstellt das Simulationsprogramm eine Ertragsprognose, woraus die Wirtschaftlichkeit der Anlage und die Emissionsreduktion abgeleitet werden kann. Wird die Simulation für verschiedene Anlagenvarianten durchgeführt, kann so die beste Lösung ausgewählt werden. Beispiele von Simulationsprogrammen sind:

- GetSolar,
- T*SOL,
- Polysun.

Bei der Gemeindeverwaltung sollte man sich erkundigen, ob eine Baugenehmigung erforderlich ist, und diese gegebenenfalls beantragen.

Wenn zusätzlich zur solaren Brauchwassererwärmung eine sinnvolle Heizungsunterstützung erreicht werden soll, müssen mehrere Voraussetzungen erfüllt sein:

- möglichst geringer Raumwärmebedarf,

- möglichst niedrige Vor- und Rücklauftemperaturen (Rücklauftemperatur unter 40°C, optimal sind großflächige Heizverteilungssysteme (Fußboden- oder Wandflächenheizungen) (50/30°C)),
- Neigungswinkel von mindestens 45° und möglichst Südausrichtung (niedrigerer Sonnenstand und kürzerer Tag während der Heizperiode).

Unter optimalen Voraussetzungen kann die solare Heizungsunterstützung einen Deckungsgrad von 35% erreichen (Quelle: DGS, Solarthermische Anlagen).

Für eine grobe Dimensionierung (von Anlagen mit geringem solarem Deckungsgrad) können folgende Erfahrungswerte dienen (Quelle: DGS, Solarthermische Anlagen):

- Kollektorfläche
 - Flachkollektor: 0,8-1,1 m² pro 10 m² beheizte Wohnfläche,
 - Vakuumröhrenkollektor: 0,5-0,8 m² pro 10 m² beheizte Wohnfläche,
 - Speichervolumen: mindestens 50 l pro m² Kollektorfläche oder 100-200 l pro kW Heizlast.
- Durch die größere Kollektorfläche kann sich außerhalb der Heizperiode ein Wärmeüberschuss ergeben, der über einen Überhitzungsschutz abgeführt werden muss.

Technik einer thermischen Solaranlage

Kollektoren

Der Solarkollektor einer thermischen Solaranlage besteht üblicherweise aus mehreren Einheiten, den Kollektoren. Diese haben die Aufgabe, die Solarstrahlung möglichst vollständig in Wärme umzuwandeln. In Wohnhäusern kommen hauptsächlich Flach- und Vakuumröhrenkollektoren zur Brauchwassererwärmung mit und ohne Heizungsunterstützung zum Einsatz.

Eigenschaften der 2 wichtigsten Kollektortypen (Quelle: DGS, Solarthermische Anlagen)

	Flachkollektor	Vakuumröhrenkollektor
Durchschnittlicher Ertrag (kWh/m ² a)	350-400	450-500
Optischer Wirkungsgrad ¹ η_0	> 0,8	0,6-0,8
Wärmeverlustfaktor ² a_1 (W/m ² K)	< 3,5	< 1,5
Gewicht mit Befestigungssystem (kg/m ²)	20-25	15-20
Vorteile	billiger	effektivere Heizungsunterstützung, Ausrichtung zur Sonne dank drehbarer Absorberstreifen
Nachteile	größerer Flächenbedarf	größere Bruchgefahr bei Hagelniederschlag, kürzere Lebensdauer (Vakuumverlust)

1: Anteil der auf den Kollektor fallenden Strahlung, die in Wärme umgewandelt wird. Er entspricht dem Kollektorstufenwirkungsgrad, wenn die Temperatur des Absorbers gleich der Temperatur der Umgebung ist und damit keine thermischen Verluste auftreten.

2: Gibt die konstruktiv bedingten thermischen Verluste eines Kollektors an. Er beschreibt u.a. den Dämmzustand des Kollektors. Je kleiner der Wert, desto geringer sind die Wärmeverluste und desto langsamer sinkt der Kollektorstufenwirkungsgrad bei zunehmender Temperaturdifferenz zwischen Absorber und Umgebung.

Flachkollektoren sind am Besten zur Brauchwassererwärmung geeignet, vor allem weil sie zu diesem Zweck ein besseres Preis-Leistungs-Verhältnis als Vakuumröhrenkollektoren aufweisen. Vakuumröhren sind aufgrund höherer Temperaturen, eines besseren Wirkungsgrades während der Heizperiode und eines kleineren Flächenbedarfs besser zur Heizungsunterstützung geeignet.

Bei der Auswahl eines Kollektors sind folgende wichtige Punkte zu beachten:

- Der Kollektorwirkungsgrad wird von 3 Parametern beschrieben, dem optischen Wirkungsgrad η_0 und den beiden Wärmeverlustfaktoren a_1 und a_2 . Hinsichtlich eines hohen Kollektorwirkungsgrades sollte der optische Wirkungsgrad η_0 möglichst hoch und die Wärmeverlustfaktoren a_1 und a_2 möglichst niedrig sein.
- Selektivbeschichtungen, die im Vakuumverfahren aufgebracht oder aufgesputtert werden (z.B. TiNOX), zeichnen sich durch einen niedrigeren Energieverbrauch und eine geringere Umweltbelastung bei der Herstellung sowie einen höheren Energieertrag als Schwarzchrom oder -nickel aus.
- Als Glasabdeckung wird überwiegend eisenarmes 3 bis 4 mm starkes Sicherheitsglas verwendet. Die Lichtdurchlässigkeit beträgt maximal 91%. Um die Lichtdurchlässigkeit zu optimieren, kann die Oberfläche der Glasscheibe speziell behandelt werden (Antireflexglas: Lichtdurchlässigkeit von 96%).
- Qualitätsanforderungen werden in der EU nach dem Qualitätstest EN 12975 geprüft.
- In Luxemburg muss jeder Hersteller für mindestens 2 Jahre das einwandfreie Funktionieren seiner Geräte garantieren. Einige Hersteller bieten eine längere Produktgarantie an.

Wärmespeicher

Da das Energieangebot der Sonne nicht beeinflussbar ist und selten mit den Zeiten des Wärmeverbrauchs übereinstimmt, muss solar erzeugte Wärme gespeichert werden. Diese Aufgabe erfüllt der Wärmespeicher. Bei Bedarf wird die Wärme dem Speicher entzogen. Reicht die Solarwärme nicht aus, wird dem Speicher über eine Nachheizung die nötige Wärmemenge zugeführt.

Es gibt verschiedene Speichertypen und eine Vielzahl technischer Lösungen. Die für den Wohnbereich wichtigsten Speichersysteme sind folgende:

- Soll ausschließlich Brauchwasser erwärmt werden, kann ein Standardsolarspeicher eingesetzt werden. Das ist ein Brauchwasserspeicher mit einem Wärmetauscher zur Einspeisung der Solarwärme (im unteren, kalten Bereich) und einem Wärmetauscher für die Nachheizung durch einen Heizkessel (im oberen, warmen Bereich).
- Soll zusätzlich zur Brauchwassererwärmung die Heizung unterstützt werden, kann ein Kombispeicher eingesetzt werden. Das ist ein mit Heizungswasser gefüllter Speicher mit integriertem Brauchwasserspeicher. Die Solarwärme wird über einen Wärmetauscher im unteren, kalten Bereich eingespeist. Das Brauchwasser wird über die Wand des Brauchwasserspeichers erwärmt. Bei der Kesselpufferung ist der Heizkessel und der Heizkreis mit Vor- und Rücklauf an den Kombispeicher angeschlossen.
- Schichtenspeicher kommen in weiteren Bauformen zur Brauchwassererwärmung mit und ohne Heizungsunterstützung zum Einsatz. Dank einer etwas aufwendigeren Technik können solare Gewinne teilweise besser genutzt werden.
- Eine Sonderbauform ist ein Solarspeicher mit integriertem Gasbrennwertkessel.

Bei der Auswahl eines Wärmespeichers sind folgende wichtige Punkte zu beachten:

- Das Speichervolumen sollte nicht überdimensioniert sein. Größere Speicher können zwar größere Energiemengen aufnehmen, führen aber bei gleich bleibender Kollektorfläche wegen eines zwangsläufig niedrigeren Temperaturniveaus zu größerer Einschalthäufigkeit der Nachheizung.
- Eine gute Temperaturschichtung (heißes, leichteres Wasser oben und kaltes, schwereres Wasser unten) ist Voraussetzung für das Funktionieren einer Solaranlage. Die Temperaturschichtung ist um so ausgeprägter, je schlanker und höher der Speicher ist. Zu empfehlen ist ein Höhen-Durchmesser-Verhältnis von 2,5:1 (freie Höhe am Aufstellort beachten).
- Der Speicher sollte möglichst gut wärmegeklämt sein. Die Wärmeverlustrate kA (Produkt von Wärmeverlustfaktor k des Speichers und SpeicherOberfläche) sollte kleiner 2 W/K sein. Die Wärmedämmung sollte lückenlos schließen (an den Anschlüssen), den Speicherboden mit einbeziehen und überall gut anliegen. Zu empfehlen sind Dämmstoffe aus FCKW- und PVC-freien Materialien.
- Die seitlichen Anschlüsse am Speicher sollten entweder mit einer Konvektionsbremse versehen oder siphonartig ausgeführt sein, um die Wärmeverluste durch Auskühlen im Rohr und Eigenzirkulation zu verringern.
- In Luxemburg muss jeder Hersteller für mindestens 2 Jahre das einwandfreie Funktionieren seiner Geräte garantieren. Einige Hersteller bieten eine längere Produktgarantie an.

Solarkreis

Die im Solarkollektor erzeugte Wärme wird über den Solarkreis in den Wärmespeicher transportiert. Dies sollte auf kürzest möglichem Weg geschehen. Der Solarkreis besteht aus folgenden Elementen:

- gut wärmegeklämte Rohrleitungen, die möglichst wenig im Außenbereich verlegt sind (im Außenbereich mit einem Blechmantel UV- und witterungsbeständig, wasserdicht und vor Tierfraß geschützt ausführen),
- frostsichere Wärmeträgerflüssigkeit (Wasser-Glykol-Gemisch),
- richtig dimensionierte Solarpumpe, welche die Wärmeträgerflüssigkeit im Solarkreis zirkulieren lässt,
- Solarwärmetauscher, welcher die Solarwärme an den Wärmespeicher überträgt (Trennung von Solarkreis und Brauchwasserkreis),
- Armaturen und Ventile zum Befüllen, Entleeren und Entlüften (möglichst lückenlos dämmen),
- Sicherheitseinrichtungen (Ausdehnungsgefäß und Sicherheitsventil schützen die Anlage vor Schäden durch Volumenausdehnung bei Temperaturanstieg der Wärmeträgerflüssigkeit).

Ein Teil dieser Elemente ist in vormontierten, wärmegeklämten Solarstationen integriert:

- kurze Strecke der Vor- und Rücklaufleitungen des Solarkreises,
- Solarpumpe,
- verschiedene Armaturen und Ventile (z.B. Sicherheitsventil),
- Thermometer, Manometer, Durchflussmesser.

Eine Regelung setzt die Solarpumpe in Betrieb, wenn die Temperatur vor dem Kollektorausgang einige Grade über der Temperatur im Speicher auf Höhe des Solarwärmetauschers liegt. Die Regelung kann zwecks Überwachung der Anlage mit zusätzlichen Funktionen ausgestattet sein: Betriebsdatenerfassung (z.B. Solarpumpenlaufzeit, Wärmemenge), -speicherung, -signalisierung (z.B. Display und/oder Datenübertragung und PC-Auswertung) und Fehlerdiagnose.