

Große Solaranlagen

Tipps für die fachgerechte Planung

Die Sonne liefert ihre Energie kostenlos und praktisch unbegrenzt; Energie, die zunehmend auch mit solarthermischen Großanlagen genutzt wird. Denn sie helfen, z. B. im Geschosswohnungsbau, in Hotels und Krankenhäusern, die CO₂-Emissionen zu reduzieren, die Betriebskosten der konventionellen Wärmeerzeuger zu senken und den Wert und die Attraktivität einer Immobilie zu steigern. Der Beitrag gibt die bei zahlreichen betreuten Projekten gesammelten Erfahrungen wieder und er gibt Tipps für die Planung.



Solarthermische Großanlagen sind in der EN 12977 definiert als „kundenspezifisch gefertigte Anlagen“ mit mehr als 30 m² Kollektorfläche und einem Speichervolumen über 3 m³. Ihr mit Abstand häufigstes Anwendungsgebiet in Mitteleuropa ist die Trinkwassererwärmung, gefolgt von der Heizungsunterstützung und zunehmend auch der solaren Gebäudekühlung. Eine relativ neue und daher noch vergleichsweise seltene Anwendung ist die Bereitstellung von Prozesswärme.

Wie bei den kleineren Solaranlagen für Ein- und Zweifamilienhäuser, so sind mittlerweile auch für Großanlagen standardisierte Paketlösungen verfügbar. Sie können allerdings eine fachgerechte Planung dieser Anlagen nicht ersetzen. Anders als im Einfamilienhaus sind Fragen zur Dimensionierung hier kritischer zu betrachten.

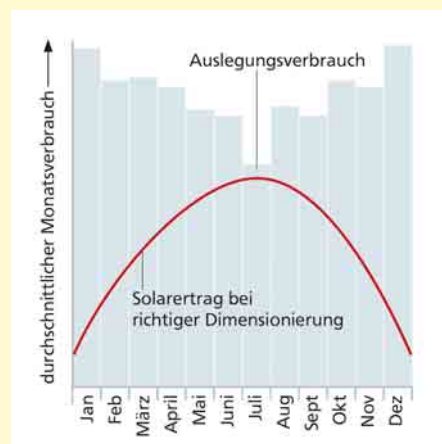
Auslegung von großen Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung

Ein sehr häufig gemachter Fehler, der zu falscher Dimensionierung von Anlagen führt, lässt sich leider immer noch auf ein falsches Grundverständnis von thermischen Solaranlagen zurückführen: die Orientierung an der Leistung des Kollektorfelds. Kollektoranlagen haben zwar eine berechenbare Maximalleistung, die vom optischen Wirkungsgrad und dem Maximum der Globalstrahlung (etwa 1.000 W/m²) abhängt, und eine so genannte Auslegungsleistung (sie beträgt etwa 600 W/m²), die zur Berechnung der Wärmetauscher herangezogen

wird – für die Anlagendimensionierung sind dies jedoch irrelevante Werte, da es hierbei ausschließlich um spezifische Erträge geht. Aus wirtschaftlichen Gründen werden insbesondere im Geschosswohnungsbau die Anlagen in der Regel auf den Ertrag hin optimiert, d. h. pro m² Kollektorfläche soll möglichst viel Solarwärme gewonnen werden. Das ist im Kern auch die Auslegungsbasis der VDI-Richtlinie 6002 Blatt 1 „Solare Trinkwassererwärmung – Allgemeine Grundlagen, Systemtechnik und Anwendung im Wohnungsbau“.

Dafür muss die Kollektoranlage so ausgelegt werden, dass sie nicht stagniert, sie also keine nicht nutzbaren Überschüsse produziert.

Die Anlage wird überschussfrei für den Auslegungsverbrauch in der sommerlichen Schwachlastphase (Zeit mit dem niedrigsten zu erwartenden Bedarf bei maximaler Sonneneinstrahlung) geplant und damit so dimensioniert, dass die solar erzeugte Energiemenge jederzeit vom Warmwassersystem aufgenommen werden kann (Bild ①).



① Beispiel für den Warmwasserverbrauch im Mehrfamilienhaus und Jahreszeit bedingter Solarertrag

Der so ermittelte Wert wird als Auslastung (Tagesverbrauch bei 60 °C in l/m² Kollektorfläche) bezeichnet.

Für eine Anlage mit hohen spezifischen Erträgen zeigt die Erfahrung, dass ein Wert von 60 l Warmwasserverbrauch pro m² Kollektorfläche nicht unterschritten werden sollte. Auf dieser Grundlage wird die Kollektorfläche ermittelt. Wird die Anlage auf Auslastung optimiert, ist die zu erzielende Deckung zwangsläufig begrenzt – sie liegt bei etwa 35 %. Eine Erhöhung der solaren Deckung würde zu Überschüssen führen und den spezifischen Ertrag reduzieren. Insbesondere bei diesen Anlagengrößen sollte der Verbrauch gemessen werden. Ist das nicht möglich, können die Verbrauchswerte nach VDI 6002 Teil 1 mit 22 l pro Person und Tag bei 60 °C angenommen werden. Für den ermittelten Auslegungsbedarf wird die notwendige Energiemenge zur Erwärmung dieser Wassermenge von 10 auf 60 °C berechnet sowie die erforderliche Kollektorfläche zur Erzeugung dieser Energiemenge (Bild ②).

Beispiel:

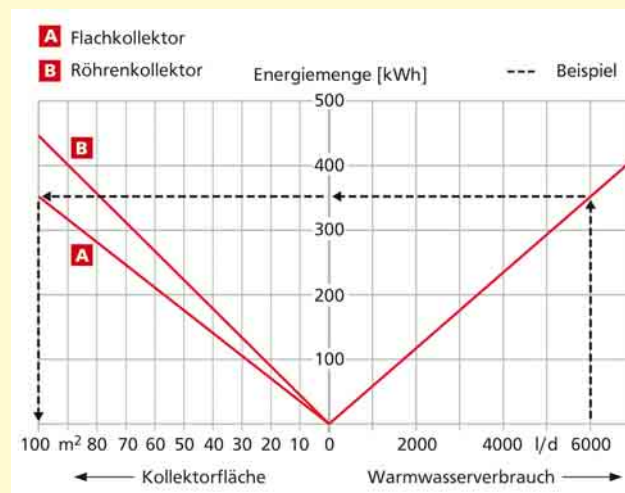
Anlage mit Flachkollektoren, 240 Personen, gemessener Verbrauch 25 l pro Person bei 60 °C, d. h. 6.000 l pro Tag.

Für einen durchschnittlichen, nicht bewölkten Sommertag kann auf Grundlage des Kollektorstandsgrades die maximale solare Nutzenergie pro m² Kollektorfläche ermittelt werden. Das sind bei

- Flachkollektoren ca. 3,4 kWh/(m² · d)
- Vakuum-Röhrenkollektoren ca. 4,3 kWh/(m² · d)

Mit dieser Energie können mit 1 m² Flachkollektor bei einem Neigungswinkel von 45° und Südausrichtung ca. 60 bis 70 l Wasser auf 60 °C erwärmt werden (bei Vakuum-Röhrenkollektor ca. 25 % mehr). Daraus ergeben sich 100 m² Kollektorfläche für die Erwärmung von 6.000 l Wasser.

Die rechnerisch optimale Kollektorfläche



② Für eine erste Abschätzung der notwendigen Kollektorfläche kann ein Auslegungs-Schaubild genutzt werden.

muss nun den gegebenen Platzverhältnissen angepasst werden. Nach Möglichkeit sollten immer gleich große Kollektorgruppen geplant werden.

Um die rechnerisch optimale Kollektorfläche von 100 m² des Beispiels zu realisieren, müssten theoretisch 42,9 Flachkollektoren Vitosol 200-F (Aperturfläche 2,33 m²) eingesetzt werden. Daher wird die Kollektorfläche sinnvoll angepasst. Erst die angepasste Kollektorfläche geht dann in die Auslegung der weiteren Komponenten.

Konzeption der Speicherung

Je niedriger die solare Deckungsrate, desto kürzer verweilt die gewonnene Solarenergie in der Speicheranlage und desto geringer sind die thermischen Verluste. Ein typisches Verbrauchsprofil im Geschosswohnungsbau weist je eine Spitze morgens und abends auf (Bild 3). Bei geringer Deckung müssen die Solarwärmeerträge der Mittagszeit (Erzeugungsmaximum) dann lediglich für einige Stunden gespeichert werden, da sie abends (spätestens am nächsten Morgen) bereits verbraucht werden. Diese kurze Speicherzeit erhöht zusätzlich zur guten Auslastung der Kollektoren die nutzbaren solaren Erträge.



Große Solaranlagen erfordern eine kompetente Planung, um ihren sicheren und wirtschaftlichen Betrieb zu gewährleisten.

Anlagen mit Trinkwarmwasser-Speicher

Bivalente Speicher in der hier geforderten Größenordnung sind nicht verfügbar und auch nicht sinnvoll. In der Regel befindet sich ein nachgeheizter Speicher-Wassererwärmer im System. Diesem wird ein solar beheizter Trinkwarmwasser-Speicher (TWW-Speicher) vorgeschaltet – vom Aufbau her vergleichbar mit dem System bei Kleinanlagen (Bild 4).

Alternativ kann bei größeren Anlagen dieser Vorspeicher über einen externen Wärmetauscher beladen werden. Pro m² Absorberfläche sind bei Flachkollektoren 50 l

Vorspeicher-Volumen, bei Vakuum-Röhrenkollektoren 70 l einzuplanen.

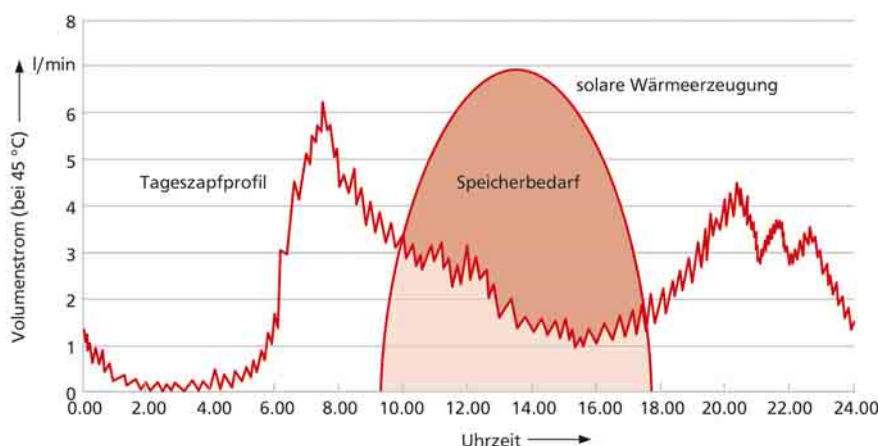
Die Speicherung von Solarwärme in Trinkwasser ermöglicht auch bei größeren Anlagen ein einfaches Anlagenkonzept. Da der Inhalt des Vorspeichers einmal täglich auf 60 °C aufgeheizt werden muss, darf sich in diesem nicht mehr Trinkwasser befinden als während der abendlichen und morgendlichen Zapfung verbraucht wird. Er muss morgens wieder vollständig abgekühlt sein, also für die Aufnahme von Solarwärme bereitstehen. Ein geeigneter Zeitraum für die thermische Desinfektion ist der späte Nachmittag. Moderne Regelungen prüfen vor der Aufheizung, ob der Vorspeicher im Laufe des Tages die erforderlichen 60 °C bereits durch die Solaranlage erreicht hat. In diesem Fall unterbindet der Regler die Aufheizung durch den Kessel. In der Praxis bieten TWW-Speicher als Vorspeicher bis ca. 30 m² Kollektorfläche leichte Preisvorteile im Vergleich zu dem nachfolgend vorgestellten System mit Pufferspeicher.

Anlagen mit Pufferspeicher

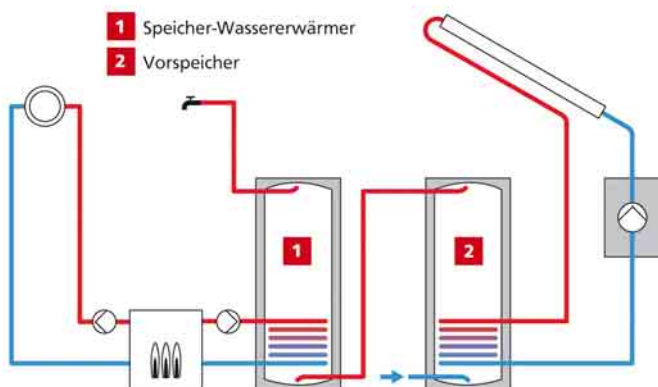
Ab etwa 30 m² Kollektorfläche werden Heizwasser-Pufferspeicher zur Speicherung der Solarwärme verwendet. In dieser Größenordnung haben Anlagen mit Heizwasser-Pufferspeichern im Vergleich zu Anlagen mit Speicher-Wassererwärmern einen Preisvorteil. Zwar werden etwas aufwändigere Systemkomponenten verwendet (externe Wärmetauscher, zwei zusätzliche Pumpen), Heizwasser-Pufferspeicher sind jedoch wegen ihrer geringeren Druckstufe und des nicht notwendigen Korrosionsschutzes deutlich preiswerter (Bild 5).

Um die Verluste möglichst gering zu halten, sollte die Pufferspeicheranlage möglichst aus einem einzigen Speicher bestehen. Ist das nicht möglich, werden mehrere Heizwasser-Pufferspeicher seriell verschaltet, um eine sichere Be- und Entladung zu gewährleisten.

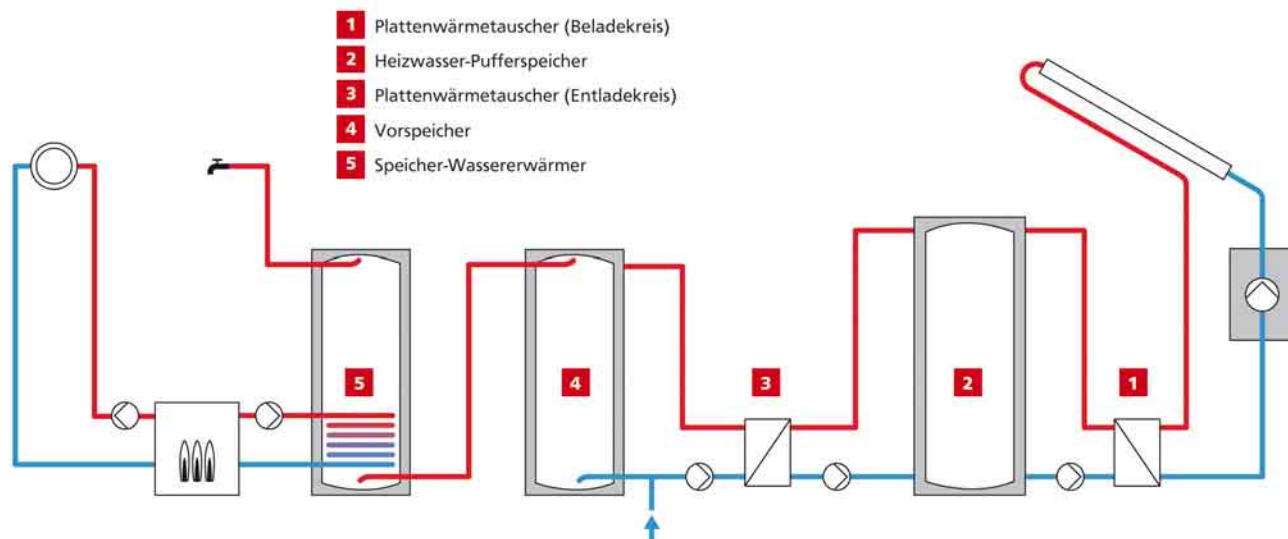
Bei Großanlagen ist zu berücksichtigen: Sind die Rohrleitungen des Primärkreises auf dem Dach länger als diejenigen im Gebäude, ist der Einsatz einer Frostschutzvorrichtung für den externen Wärmetauscher sinnvoll. Selbst bei extrem niedrigen Außentemperaturen kommt es vor, dass der



3 Der Tagesverlauf des Zapfprofils eines Mehrfamilienhauses zeigt den Nutzwärmebedarf. Die solare Wärmeerzeugung folgt jedoch nicht diesem Bedarf, sondern dem Strahlungsangebot.



4 Anlage mit Vorspeicher (vereinfachte Darstellung)



5 Anlage mit Heizwasser-Pufferspeicher: Die Wärme aus den Kollektoren wird über den Plattenwärmetauscher (1) an den Heizwasser-Pufferspeicher (2) abgegeben. Über einen zweiten Plattenwärmetauscher (3) wird das Trinkwasser im Vorspeicher (4) solar erwärmt und im Speicher-Wassererwärmer (5) vom Heizkessel auf Zieltemperatur gebracht.

Kollektor aufgrund von Einstrahlung bereits wärmer als der Speicher ist, sich aber noch sehr kalter Wärmeträger in den Rohrleitungen befindet. Läuft die Anlage in diesem Zustand an, kann es zu Frostschäden am Wärmetauscher kommen. Um diese zu vermeiden, werden ein Motorventil und ein Thermostat in den Primärkreis eingebaut und der Weg zum Wärmetauscher erst bei einer Temperatur $> 5^\circ\text{C}$ freigegeben.

Der Vorspeicher in Kombination mit dem Plattenwärmetauscher im Entladekreis überträgt die im Heizwasser-Pufferspeicher gewonnene Solarwärme auf das Trinkwasser. Da der Vorspeicher in die tägliche thermische Desinfektion einbezogen werden muss, sollte er nicht zu groß gewählt werden. Als Praxiswert hat sich ein Wert zwischen 10 und 20 % des Auslegungsverbrauchs bewährt.

Der Plattenwärmetauscher zur Entladung des Heizwasser-Pufferspeichers auf den Vorspeicher wird so ausgelegt, dass der Rücklauf möglichst tief heruntergekühltes Wasser zum Heizwasser-Pufferspeicher transportiert – die Temperatur soll 5 K über der Temperatur des zulaufenden kalten Wassers des Vorspeichers liegen. Es werden mehrere Vergleichsrechnungen mit unterschiedlichen Werten für die Volumenströme durchgeführt, wobei die stündliche Menge (Stundenspitze) 25 % des Tagesverbrauchs nicht unterschreiten soll. Zur Plausibilitätskontrolle: Die errechnete Leistung liegt etwa 50 % über der des Wärmetauschers im Beladekreis, sofern die Kollektorfläche den oben beschriebenen Regeln entsprechend (Auslastung 60 l/m^2 Absorberfläche) berechnet wurde. Die ermittelten Volumenströme werden in die

Auslegung der Pumpen im Entladekreis übernommen.

Für Anlagen bis zu 50 m^2 Kollektorfläche bieten Hersteller wie Viessmann komplett konfektionierte Pakete für Großanlagen an. Für noch größere Anlagen sind Be- und Entladegruppen erhältlich. Diese können dann aus einer Tabelle ausgewählt werden.

Thermische Desinfektion

Bei den zuvor aufgeführten Systemen mit Speicher-Wassererwärmern finden sich jeweils Hinweise zum Schutz vor Verkeimung des Trinkwassers. Das einschlägige Regelwerk dafür ist das DVGW-Arbeitsblatt W 551. **Im Solarbereich sind besonders die Hinweise zu den Vorwärmstufen in Großanlagen von Bedeutung.**

Großanlagen sind nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 551 definiert als Anlagen, die nicht im Ein-/Zweifamilienhaus installiert sind, ein Rohrleitungsvolumen (ohne Zirkulationsrücklauf) $> 3\text{ l}$ und ein Speichervolumen $> 400\text{ l}$ haben. Gemeint ist hier nicht das Volumen der Vorwärmstufe, sondern der Inhalt der gesamten Speicher-Wassererwärmer! Bei diesen Anlagen ist eine durchgehende Austrittstemperatur am nachgeheizten Speicher von 60°C erforderlich. Die Vorwärmstufe muss einmal täglich auf diese Temperatur gebracht werden, die thermische Desinfektion muss alle in das System eingebundenen Speicher vollständig erreichen.

Alle weiteren Vorschriften gelten unverändert auch für Solaranlagen – zum Beispiel die Regelungen zur Zirkulation oder abweichende Regelungen in hygienisch sensiblen Bereichen (Krankenhäuser). Der Errichter der Anlage hat dem Betreiber

gegenüber eine Informationspflicht zum richtigen Umgang mit der thermischen Desinfektion. Diese Mitteilung an den Betreiber sollte schriftlich dokumentiert werden und Bestandteil der Abnahmedokumente sein.

Fazit

Große Solaranlagen liefern hohe spezifische Kollektor-Erträge. Sie sind deshalb für Wohnungsbaugesellschaften, die Betreiber von Hotels und Kliniken interessant, denn mit ihrer Hilfe wird der Verbrauch von Heizöl und Erdgas deutlich reduziert.

Die Planung solcher Anlagen kann nicht mit der von kleinen Solaranlagen in Ein- und Zweifamilienhäusern verglichen werden. Die speziellen Randbedingungen großer Solaranlagen stellen entsprechend andere Anforderungen an den Planer. Werden die in diesem Beitrag genannten Planungshinweise berücksichtigt, kann ein großer Teil der häufigsten konzeptionellen Fehler vermieden werden; dies natürlich unter der Voraussetzung, dass die hier nicht weiter ausgeführten Themen wie Ausführung der Hydraulik sowie der Mess- und Regeltechnik ebenfalls fachgerecht umgesetzt werden.

**MODERNE
GEBÄUDE
TECHNIK**



Der Autor

Carsten Kuhlmann,
Viessmann Werke
GmbH, Allendorf