

ENERGIESCHUB FÜR WÄRMEPUMPEN

Innovatives PVT-Energieversorgungssystem für Heizungstechnik in Verbindung mit Sole-Wasser-Wärmepumpen



Bild 1: 80 m² SOLINK-Anlage in Lüttich

Der Erfolg der Energiewende hängt in großem Maße von der Wärmewende ab. Während im Neubau der Wärmebedarf bereits drastisch gesenkt ist, gibt es im Altbau einen Sanierungsstau. Ein Grund dafür ist, dass vor allem für den Altbau eine zukunftsweisende Heiztechnik fehlt. Die Entwicklung eines wärmpumpenoptimierten PVT-Kollektors bietet im Vergleich zu herkömmlichen Heizsystemen für die Sanierung in Bestandsbauten einige Vorteile auf.

Mehrheitlich werden heute Gas-Brennwertkessel für Heizungssanierungen eingesetzt. Damit kann zwar eine Effizienzverbesserung erreicht werden, aber die nötige drastische Reduzierung des CO₂-Ausstoßes wird so für die nächsten 15 bis 20 Jahre verpasst, auch wenn diese Sanierung in Kombination mit Solarwärme erfolgt. Elektrisch angetriebene Kompressionswärmepumpen, insbesondere Luftwärmepumpen, sind im Gebäudebestand nur sehr eingeschränkt einsetzbar, da meist kein Niedertemperatur-Heizsystem vorhanden ist, weshalb sie viel Primärenergie benötigen und hohe Stromkosten verursachen. Effizientere Erdreich-Wärmepumpen können wegen der Erdsonden vor allem im städtischen Umfeld im Gebäudebestand nur begrenzt eingesetzt werden; im Vergleich zu konkurrierenden Systemen sind sie auch oft wirtschaftlich nicht konkurrenzfähig.

Als Voraussetzung, dass Wärmepumpen tatsächlich zu einer Klimaentlastung

führen, sollten folgende Punkte erfüllt werden:

- Einsatz hocheffizienter Wärmepumpentechnologie (Systemjahresarbeitszahl $\geq 4,3$)
- Qualitätssicherung, durch die der effiziente reale Betrieb gewährleistet wird
- Sicherstellen, dass die von dem System verbrauchte elektrische Energie in der gleichen Menge aus erneuerbaren Energien bereit gestellt wird
- Nutzen des Heizsystems für das Stromnetz-Lastmanagement – als aktivierbarer oder für eine gewisse Zeit deaktivierter Verbraucher

SOLINK-PVT-System: Photovoltaik-Modul kombiniert mit Solarthermie

Das entwickelte Photovoltaik-Thermie-Modul SOLINK zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung weist einen hohen Wärmeübergangskoeffizienten von der Umgebungsluft zum Wärmeträgermedium auf und ist kostengünstig in Herstellung und Montage sowie sicher und langlebig im Betrieb. Die Entwickler hatten dabei folgende Optimierungsziele im Vergleich zu herkömmlichen PVT-Modulen im Fokus: die Vereisung bei kühlen Temperaturen um die 0°C zu minimieren, das PV-Modul auch ohne Wärmeträgerfluid mit der Umgebungsluft zu kühlen und so den PV-Stromertrag zu erhöhen und thermische Spannungen zu minimieren. Ziel war es außerdem, die Kostendegressionen zu nutzen, indem Standard-PV-Module sowie verbreitete industrielle Fertigungsverfahren für Wärmeübertrager verwendet werden sollten.

Im Wesentlichen besteht das Konzept des so entstandenen PVT-Moduls darin, dass der Wärmeübertrager auf der Rückseite des PV-Moduls nicht nur die nicht in Strom umgewandelte Solarenergie nutzt, sondern für die Wärmeaufnahme von der Umgebungsluft optimiert ist. Die Kollektorverrohrung ist so gestaltet, dass eine einfache hydraulische Verschaltung und Kollektorfeld-Planung möglich ist. Dies ist bei in den Modulen integrierten Sammlerohren und Parallelverschaltung gegeben. Notwendig für eine gleichmäßige Felddurchströmung ist, dass der

Parameter	Einfamilienhaus	Mehrfamilienhaus
Heizenergiebedarf [kWh/a]	7.500	133.980
Energiebedarf Warmwasserbereitung [kWh/a]	2.360	35.400
Elektrischer Energiebedarf Haushalt [kWh/a]	3.000	45.000
Vor-/Rücklauftemperatur Heizung [°C]	35/27	60/50
Volumen Pufferspeicher [l]	1.000	2.000
Volumen Eisspeicher [l]	0	0
Leistung Wärmepumpe [kW]	8	34
Leistung Elektroheizung / Gaskessel [kW]	7,5	50
Standort (Meteonorm-Wetterdaten)	Würzburg	Würzburg
Orientierung / Neigung PVT-Kollektor	Süd / 40°	Süd / 40°
Fläche PVT-Kollektor [m ²]	28	130

Simulationsparameter des Modells für die Gebäude

Strömungswiderstand durch ein Modul wesentlich größer ist, als der Widerstand in den Sammlerrohren. Es wurde daher eine Mäanderverrohrung zwischen zwei Sammlerrohren gewählt.

Der Kollektoraufbau ohne Kollektorrahmen ermöglicht dabei, dass Luft weitgehend ungehindert den rückseitigen Wärmetauscher umströmen kann. Als Ausgangsmodul wird ein rahmenloses PV-Laminat verwendet.

Aus mehreren Gründen wurde als Standardbauform außerdem die Queranordnung gewählt:

- besser geeignet für auf Schrägdächern aufgeständerte Felder
- kürzerer Durchströmungsweg für Luft bei Paralleldachmontage
- kostengünstigerer Wärmetauscher, weil weniger Rohrbiegungen und Lötstellen

Ebenfalls aus Kostengründen – sowohl hinsichtlich Produktion als auch Montage – entschieden sich die Entwickler als Standardformat für die XL-Größe von PV-Modulen, d. h., 2 x 1 m. Der gesamte Kollektor inkl. PV-Modul wiegt so 32 kg, was noch gut zu montieren ist.

Getestet und optimiert

Seit Januar 2017 befinden sich die Module in jeweils einer Testanlage in Lörrach und Amsterdam. Ziel der Tests ist eine qualitative Überprüfung der Funktion und Robustheit der Module während der Wintermonate sowie der Wärmeübertragung von Luft. Um verschärfte Testbedingungen zu realisieren, wurde die Kollektorfläche kleiner dimensioniert, als eine übliche Auslegung ergeben hätte: 8 Kollektoren (16 m²) statt 24 – 28 m² für eine Wärmepumpe mit 7 kW Heizleistung. Auf diese Weise stellt sich bei reiner Wärmeübertragung von der Luft ein 1,5 bis 1,75-facher Temperaturunterschied zur Umgebungsluft ein.

Auf der Grundlage der Tests erfolgte die Modellierung und Implementierung des Gesamtsystems. Die Tabelle enthält die Gebäudeparameter für die Simulati-



Bild 3: Das bewährte Hydraulik-Stecksystem ermöglicht eine einfache und rasche Montage ohne Werkzeug

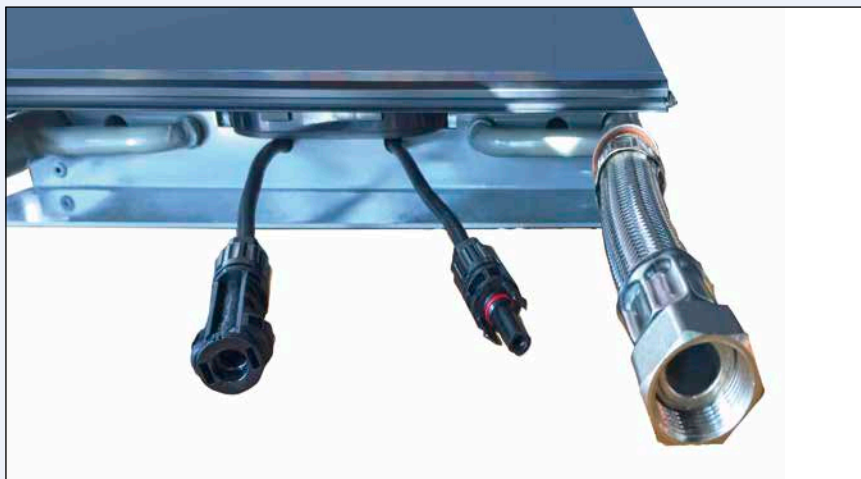


Bild 2: SOLINK – Strom und Wärme aus einem Kollektor/Modul

onen. Es wurden Simulationen zum Einfluss der Fläche der PVT-Kollektoren, der Lastverschiebung, des Luft-Sole-Wärmeübergangs-Koeffizienten, des optischen Wirkungsgrads, der Abschalttemperatur der Wärmepumpe, des Standortes, des Pufferspeichervolumens sowie der Orientierung und Neigung der Kollektoren durchgeführt.

Zur Vorbereitung der Simulationen wurden zunächst Referenzfälle und daraus resultierende Systemvarianten mit den notwendigen Basis-Komponenten untersucht. Für diese wurden die Hydraulik und die Regellogik ausgearbeitet. Dabei wurden Regelungsstrategien üblicher Wärmepumpen und Kessel sowie eines Energiemanagers zur Anpassung der Betriebsstunden der Wärmepumpe an die PV-Stromproduktion berücksichtigt. Die Logik für den Energiemanager wurde basierend auf den Ergebnissen eines Vorläufer-Projektes ausgearbeitet.

Auf dieser Grundlage erfolgte dann die Modellierung und Implementierung des Gesamtsystems und seiner Varianten. Die in der Studie betrachteten Wärmepumpen (Luft-Wasser- und Sole-Wärmepumpe) wurden über ein Kennlinienmodell abgebildet, das die Heizleistung als Funktion der Wärmequellentemperatur (mit dem Scharparameter Vorlauftemperatur) wiedergibt. Im Fall der Erdreich-Wärmepumpe nahmen die Partner zwei Sonden à 100 m Tiefe an. Im Folgenden werden Vergleiche von Performance-Indikatoren und Gesamtkosten für verschiedene Gesamtsystemkonfigurationen vorgestellt.

Die höchste Jahresarbeitszahl für das Gesamtsystem weist die Erdreich-Wärmepumpe mit PV-Modulen auf, da die Wärmepumpe aufgrund der gleichmäßig hohen Temperatur der Wärmequelle Erdreich schon selbst die höchste Jahresarbeitszahl erreicht. Die PV-Module decken weiterhin einen Teil des elektrischen Energiebedarfs zum Heizen ab. Direkt danach

folgt die Sole-Wasser-Wärmepumpe mit PVT-Kollektoren, die ebenfalls von einer höheren Wärmequellentemperatur im Vergleich zur Luft-Wasser-Wärmepumpe profitiert.

Um die CO₂-Emissionen zu vergleichen, wurden drei Systemvarianten für ein Einfamilienhaus miteinander verglichen, die eine gleiche Jahresarbeitszahl aufweisen. Damit sollte untersucht werden, ob das neue System sich aus ökonomischer Sicht gegenüber konkurrierenden Wärmepumpensystemen mit zusätzlichem PV-Generator behaupten kann.

Betrachtet wurden die folgenden Varianten: Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Elektro-Direktheizung und 6,8 kW_p PV-Generator, Erdreich-Wärmepumpe mit Elektro-Direktheizung und 3,06 kW_p PV-Generator sowie Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Elektro-Direktheizung und 4,76 kW_p PVT-Kollektoren. Untersucht haben die Partner auch den Eigenstromverbrauch der verschiedenen Varianten. Anschließend ermittelten sie die CO₂-Emissionen und konnten zeigen, dass diese für die drei System-Varianten eng beieinander liegen.

ZU DEN AUTOREN:

▶ Dr. Ing. Ulrich Leibfried und Andreas Siegemund

Consolar Solare Energiesysteme GmbH
www.consolar.de

Produkte | Innovationen

In dieser Rubrik stellen wir Ihnen aktuelle Entwicklungen aus Wirtschaft und Forschung vor: Neue Produkte und Ideen aus dem Bereich Erneuerbare Energien und Energieeffizienz.

Anregungen und Themenvorschläge nimmt die Redaktion gerne entgegen:

✉ redaktion@sonnenenergie.de