

Sonnenkollektoren verbessern Wärmepumpenanlagen

Solar-Kombi mit guten Resultaten

Sonnenkollektoren eignen sich besonders gut als Ergänzung von Wärmepumpen – zum Vorteil von Bauherrschaften und Planern. Anmerkungen zur intelligenten Kombination dieser umweltfreundlichen Wärmeerzeuger.



Abb. 1: Einfamilienhaus in Zumikon (Beispiel 1) mit Erdwärmesonden-WP kombiniert mit 17 m² Kollektorfläche für Wassererwärmung, Heizungsunterstützung und Schwimmbadwassererwärmung.

Wärmepumpen sind im Trend. Von hundert durch die Energiefachstelle des Kantons Zürich zufällig ausgewählten neuen Einfamilienhäusern sind 93 mit einer Wärmepumpe (WP) ausgerüstet. Bei Mehrfamilienhäusern liegt der

WP-Anteil etwas niedriger – aber die Wärmepumpe ist die Nummer eins im Neubau. Die Folgen sind abzusehen, nicht zuletzt ein kontinuierlich steigender Stromverbrauch. Das grüne Etikett der Wärmepumpe verblasst, wenn die Kehrseite der Medaille betrachtet wird: Die starke Verbreitung von Wärmepumpen führt in der Konsequenz zu einem gesteigerten Stromverbrauch im Winterhalbjahr, wenn noch wenig nachhaltig produzierter Strom im Netz ist.

Quelle/Infos

Swissolar
www.swissolar.ch

Strom sparen

Die intelligente Kombination von Sonnenkollektoren und Wärmepumpen ermöglicht Planern und Hausbesitzern, die Stromrechnung nachhaltig zu reduzieren. Denn grundsätzlich macht ein Sonnenkollektor aus 1 kWh Strom 10-mal mehr Wärme als eine Wärmepumpe. Beiden Wärmeerzeugern ist gemeinsam, dass die Effizienz mit sinkenden Nutzungstemperaturen steigt. Der Ertrag des Sonnenkollektors ist naturgemäss höher bei tiefen Einspeisetemperaturen. Gleiches gilt für die Wärmepumpe: Mit tiefen Heiztemperaturen, zum Beispiel für eine Bodenheizung mit 35 °C, arbeitet sie effizienter (hohe Jahresarbeitszahlen, JAZ). Für Radiatoren und für die Wassererwärmung sind in der Regel Temperaturen von über 60 °C erforderlich. Hier zeigt der Sonnenkollektor seine Stärke als Ergänzung zur Wärmepumpe, welche bei diesen Temperaturen weniger effizient arbeitet. Für den Sonnenkollektor hingegen sind Temperaturen von 60 °C oder höher kein Problem. Beide Systeme arbeiten dabei in den gleichen Speicher. Wichtig ist eine von Fachleuten objektspezifisch geplante und realisierte technische Integration. Von Solarprofis installierte Solaranlagen sind einfach zu realisieren und garantieren einen sorgenfreien Betrieb.

Die Solaranlage liefert so 70 % des gesamten Warmwassers, was die Wärmepumpe im für sie ineffizienten Hochtemperaturbereich

massiv entlastet. Dies schont die Wärmepumpe und führt zu längeren Nutzungszeiten. Als Mehrkosten für die Solaranlage muss hier nur Kollektor und Kollektorkreislauf gerechnet werden, da alle anderen Komponenten schon für den Betrieb der WP sinnvoll sind. Das führt zu sehr kostengünstiger Solarwärme.

Fachwissen für gute Speicherladung

Arbeiten sowohl Wärmepumpe als auch Sonnenkollektoren auf denselben Wärmespeicher, muss verhindert werden, dass die Wärmepumpe den gesamten Speicherinhalt, oder doch wesentliche Teile davon, auf die Solltemperatur der Wassererwärmung aufheizt, beispielweise auf 55 °C oder gar 60 °C. Das hätte zwei Nachteile: Die gesamte Speichermasse aufzuheizen, wäre ein unnötiger Zusatzaufwand für die WP. Da dadurch der Rücklauf auf die Wärmepumpe mit hohen Temperaturen erzwungen würde, wäre eine gute Effizienz kaum möglich. Wärme auf dem relativ hohen WW-Niveau zu speichern, hat für die Versorgung einer Bodenheizung ein Heruntermischen auf 35 °C zur Folge. Dabei würde Exergie vernichtet – in einem System zur Nutzung erneuerbarer Energien denkbar ungünstig. Auch für den Kollektorkreislauf sind hohe Temperaturen im gesamten Speicher suboptimale Bedingungen, um Solarenergie einzubringen.

Tabelle 1: Kombination Sonnenkollektoren und Wärmepumpe: die besten Systeme

A	Warmwasser und Heizung getrennt	Wärmepumpe arbeitet auf Bodenheizung; die Sonnenkollektoren liefern Wärme in den WW-Behälter, zusätzlich lädt die Wärmepumpe den oberen Bereich des WW-Behälters, sofern nötig.
B	WW-Behälter im Wärmespeicher	Die Sonnenkollektoren arbeiten auf den Wärmespeicher, in dem ein WW-Behälter installiert ist. Die Wärmepumpe liefert Wärme in die Bodenheizung und, wenn nötig, in den oberen Bereich des Wärmespeichers. Der Heizungsbereich in der Mitte des Wärmespeichers wird nur dann von der Wärmepumpe beladen, wenn dies zur Betriebsoptimierung sinnvoll ist, beispielsweise zur Verlängerung der Laufzeiten. Der Wärmespeicher hat für die Wärmepumpen lediglich die Funktion eines Pufferspeichers, also dieselbe wie dies in Anlagen ohne Kollektoren der Fall ist.
C	Frischwassermodul am Wärmespeicher	Das Wasser für Bad und Küche wird über einen externen, vom Wärmespeicher alimentierten Wärmetauscher erwärmt. Die Sonnenkollektoren und die Wärmepumpe arbeiten auf den Wärmespeicher wie bei System B. Die Wärmepumpe liefert Wärme vorzugsweise direkt in die Bodenheizung.

SAUTER EY-modulo 5: bidirektionale Funkkommunikation, sehen was im Raum wirklich vorgeht.



SAUTER ecoUnit1: Raum-bediengeräte mit innovativer EnOcean-Funktechnologie.

- Bidirektionale Funkkommunikation erlaubt die Anzeige aller relevanten Rauminformationen in der Bedieneinheit.
- Wartungsfreier, batterieloser Betrieb mittels Solarzelle.
- Formschönes, neutrales Design, welches sich problemlos in fremde Rahmen einpasst, frei gestaltbare Beschriftung.
- Abgesetztes Funkgateway erlaubt höchste Flexibilität und Freiheit bei der Positionierung von Sender und Empfänger.

www.sauter-building-control.ch

Systems
Components
Services
Facility Management

SAUTER
Für Lebensräume mit Zukunft.

Fazit: Ein Wärmespeicher muss eine Temperaturschichtung aufweisen. Im obersten Teil, im Bereich der WW-Nutzung, ist der Speicherinhalt immer 60 °C warm. Im mittleren Bereich mit Temperaturen von rund 40 °C sind die Stützen für den bedarfsgerechten Wärmeeintrag durch die WP installiert. Unten, auf der Höhe des Wärmetauschers des Solarkreislaufes, liegen die Temperaturen möglichst zwischen 10 °C und 40 °C – ausser die Sonne bringt so viel Wärme, dass der gesamte Speicher durchgeladen wird.



Abb. 2: Einfamilienhaus in Jona-Rapperswil (Beispiel 2) mit Luft-Wasser-WP kombiniert mit 17 m² Kollektorfläche für Wassererwärmung und Heizungsunterstützung.

Tabelle 2: Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpenanlagen, mit und ohne Sonnenkollektoren

	Wärmepumpe ohne Sonnenkollektoren	Wärmepumpe und Sonnenkollektoren
Nur Warmwasser: Jahresarbeitszahl (JAZ)	3,6	9,0
Warmwasser und Heizung: Jahresarbeitszahl (JAZ)	2,9 Luft 3,9 Erdsonden	4,3 Luft

Schichtung optimieren

Um die Temperaturschichtung in einem Wärmespeicher zu erhalten, sind Turbulenzen und starke Strömungen innerhalb des Speichers zu minimieren. Zu beachten ist dabei der Kaltwassereintritt im unteren Teil des Speichers und vor allem die Einbindung des WP-Kreises in den Speicher mit einem hohen Volumen-Durchsatz. Dabei muss der Planer optimieren. Für die Wärmepumpe strebt er eine kleine Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf an, um die Effizienz zu verbessern. Das kleine Delta T führt aber bei definierter Leistung zu

einem hohen Durchfluss im WP-Kreis. Der Wärmespeicher muss für diese grossen Volumenströme ausgelegt sein, sonst ist die Schichtung gefährdet. Mit genügend grossen Anschluss-Querschnitten, Prallblechen zur Beruhigung der Strömung oder Schichtlanzen wendet die Solarbranche zuverlässige Lösungen an, die eine gute Einschichtung auch bei grösseren Volumenströmen ermöglichen.

Drei effiziente Systeme

Drei bewährte Systeme unterscheiden sich vor allem im Grad der Integration von Sonnenkollektor und

Wärmepumpe (Tabelle 1). Allen Systemen ist gemeinsam, dass die Wärmepumpe die Bodenheizung direkt versorgt und – bei den Systemen B und C – in einer Alternativ-Schaltung den Wärmespeicher lädt. Das System A hat nur einen WW-Behälter, beim System B ist der WW-Behälter im Wärmespeicher einliegend, das System C kommt ohne WW-Behälter aus. Die Systeme haben sich über Jahrzehnte bewährt – hinsichtlich Betriebssicherheit und Effizienz. Ziel ist, die Wärmepumpe möglichst wenig arbeiten zu lassen. Simulationen und Messungen belegen, dass als Nebeneffekt die Jahresarbeitszahlen der Wärmepumpe respektive des Gesamtsystems deutlich gesteigert werden können. Das Institut für Solartechnik an der Hochschule für Technik in Rapperswil arbeitet an Projekten, um diese Kombi-Systeme qualitativ zu beschreiben (www.solarenergy.ch).

Kollektor macht WP im Gesamtsystem effizienter

Die Feldtests des Fraunhofer Instituts in Freiburg im Breisgau dokumentieren Daten von insgesamt 110 Wärmepumpen, die über Jahre in Betrieb sind. Die erhobenen Jahresarbeitszahlen, also das Verhältnis von Elektrizitätseinsatz und produzierter Wärme, liegen zwischen 2,6 und 3,9. Im Vergleich dazu weisen Sonnenkollektoren elektrothermische Verhältnisse von rund 50 aus, das heisst, mit der Sonne werden

Tabelle 3: Wassererwärmung und Heizungsunterstützung in EFH (Beispiel 1)

Objekt	Standort	8126 Zumikon
	Gebäudekategorie	Einfamilienhaus
	Massnahmen	Modernisierung
Kollektoranlage	Fläche	17 m ²
	Nutzung	Wassererwärmung, Heizungsunterstützung, Schwimmbaderwärmung
Wärmepumpe	Typ	Hochtemperatur-Wärmepumpe
	Wärmequelle	Erdsonden
	Wärmeleistung	30,1 kW (Bo/W60)



aus 1 Teil Strom 50 Teile Wärme erzeugt. Daher erhöht sich in der Kombination die Jahresarbeitszahl des Gesamtsystems.

Für die Kombination einer Außenluft-Wärmepumpe mit Sonnenkollektoren für Raumheizung und Warmwasser in einem Einfamilienhaus hat das Institut für Solartechnik SPF in einer gebauten Anlage eine System-Jahresarbeitszahl von 4,3 gemessen. Diese Zahl entspricht dem Verhältnis der Nutzwärmeleistung ab Speicher zum Strombedarf der ganzen Anlage mit Ausnahme der Heizkreispumpe. Im Vergleich dazu wurde für eine grössere Anzahl Luftwärmepumpen für Raumheizung und Warmwasser ohne Solaranlage in einem Feldtest in Deutschland ein Durchschnittswert von 2,9 ermittelt, für Erdsonden-Wärmepumpen 3,9 (Miara et al. 2011), allerdings ohne Berücksichtigung der Speicherverluste. Obwohl ein direkter Vergleich aufgrund des grossen Einflusses unterschiedlicher Randbedingungen für Klima und Wärmebedarf streng genommen nicht zulässig ist, zeigen die Messungen des SPF deutlich, dass die Effizienz von Wärmepumpenanlagen durch Solarwärme gesteigert wird, wenn sie fachgerecht umgesetzt wird (**Tabelle 2**).

Weitere Vorteile möglich

Mit Solarkollektoren lässt sich ein Erdsondenfeld im Sommer regenerieren. Das garantiert über eine längere Nutzungsdauer hohe Quelltemperaturen und damit die hohe Effizienz. Weitere Kombinationen werden zurzeit in Grossprojekten erprobt und erforscht, unter anderem am SPF an der Fachhochschule Rapperswil, beispielweise die Nutzung von Solarwärme als Wärmequelle für Wärmepumpen – direkt oder indirekt im tiefen Temperaturbereich des Speichertanks. Die

Tabelle 4: Wassererwärmung und Heizungsunterstützung in EFH (Beispiel 2)

Objekt	Standort	8840 Jona-Rapperswil
	Gebäudekategorie	Einfamilienhaus
	Energiebezugsfläche	260 m ²
	Wärmeabgabe	Fussbodenheizung
	WW-Bedarf	1500 kWh (2 Personen, gemessen)
	Wärmebedarf	23 000 kWh (90 kWh/m ² a)
Kollektoranlage	Fläche	17 m ² (Absorberfläche)
	Speicher	1800 Liter
	Nutzung	Wassererwärmung, Heizungsunterstützung
Wärmepumpe	Typ	Luft-Wasser-WP
	Jahresarbeitszahl	4,7/4,3 (vor/nach Speicher gemessen)

höhere Quelltemperatur ermöglicht eine höhere Effizienz der Wärmepumpen. Eine Option sind PV-Hybrid-Kollektoren, die Solarwärme und Strom auf derselben Fläche generieren: Die Niedertemperaturwärme wird mit der WP auf das Niveau der Nutzenergie erhöht und die gekühlten PV-Zellen produzieren übers Jahr den Strom der WP.

Beispielhafte Anlagen

Die Lösung in einem Zumiker Einfamilienhaus (**Abb. 1**) hat nicht nur gestalterische Qualitäten, die Anlage besticht auch durch ihre technische Raffinesse. 17 m² Sonnenkollektoren liefern, gemeinsam mit einer für sanierte Bauten geeigneten Wärmepumpe, die notwendige Wärme für die Heizung des grosszügigen Hauses, für das Warmwasser und für das Schwimmbad. Das Aggregat stemmt locker eine Vorlauftemperatur von 65 °C. Möglich ist dies durch einen zweistufigen Temperaturhub der Wärmepumpe, die die Radiatoren respektive die Wärmespeicher versorgt. Aus baulichen Gründen musste die Speicherkapazität auf zwei parallel geschaltete Einheiten verteilt werden. Die Wassererwärmung erfolgt über einen separaten WW-Behälter aus der Zeit vor der Sanierung. Die Wärme kommt vom Speicher oder von

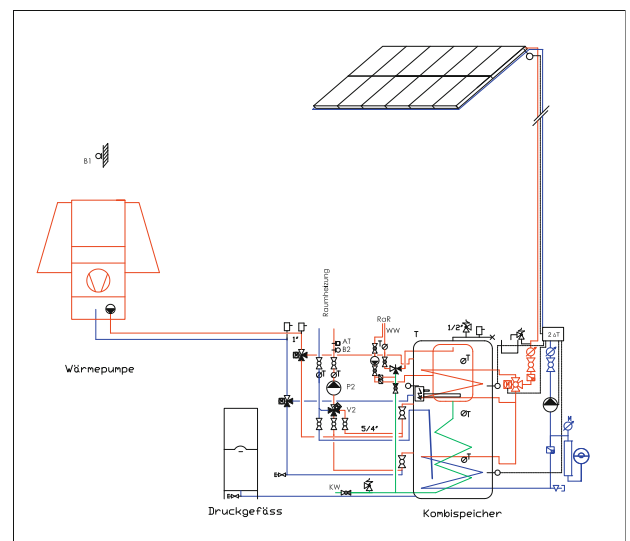


Abb. 3: Beispiel-Schema für Raumheizung und Warmwassererwärmung mit Luft-Wasser-WP und Solaranlage. Mögliche Lösung mit Speicherbewirtschaftung.

(Quelle: Hobi, Wetzikon)

der WP direkt. Die Schaltung gewährleistet, dass die Sonne immer auf einer «grünen Welle» fährt: Falls die Temperatur im Speicher aufgrund des Solareintrags ausreicht, wird diese Wärme an die Radiatoren und den Boiler abgegeben. Erst bei Unterdeckung kommt die WP zum Zug.

Beispiel 2 ist ein Einfamilienhaus in Jona-Rapperswil (**Abb. 2**). Die Objektdaten sind in der **Tabelle 4** aufgeführt. ■

Ich
erzeuge
Energie.



Wo fliesst Ihre Energie? Finden Sie's raus – Infos zum Einstieg bei der BKW-Gruppe gibt es unter:

www.bkw-fmb.ch/karriere

BKW®