

Zwei Wege zu solarem Warmwasser

Ein Eigenheimbesitzer will sein Brauchwasser solar erwärmen – beispielsweise, um seinen Elektroboiler zu ersetzen, oder als Ergänzung einer Holzheizung. Er hat die Wahl zwischen Sonnenkollektoren oder einer Kombination aus netzgekoppelter Photovoltaik und Wärmepumpe. Welches System ist vorteilhafter? Ein Technologievergleich, den das Ökozentrum in Langenbruck mit drei Partnerinstitutionen erstellt hat, liefert die Antwort: Das Wärmepumpen-System ist den Sonnenkollektoren energetisch wie ökonomisch ebenbürtig, unter Berücksichtigung der aktuellen Förderungen sogar vorteilhaft. In jedem konkreten Anwendungsfall müssen Vor- und Nachteile abgewogen werden.



Michael Sattler (hier bei der Kontrolle der Generatorkennlinien einer Photovoltaik-Anlage) ist Autor der Studie zur solaren Brauchwarmwassererwärmung. Foto: Ökozentrum Langenbruck

Dr. Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)

Wer heute als Hauseigentümer erneuerbare Energien nutzen will, setzt in aller Regel auf die Sonne. Die Nutzung von Solarenergie für die Bereitstellung von Brauchwarmwasser ist ein praktikabler und relativ kostengünstiger Weg, um einen Teil der Energieversorgung auf erneuerbare Quellen umzustellen. Das gilt für Neubauten ebenso wie für Sanierungen. Wer sein Warmwasser mit der Sonne erwärmen will, installiert meist Sonnenkollek-

toren auf seinem Dach. Doch heute lässt sich mit Photovoltaikanlagen (PV) relativ günstig Solarstrom produzieren. Dieser kann in einer Wärmepumpe zur Erwärmung von Brauchwarmwasser genutzt werden. Auf dem Markt wird eine umfangreiche Palette von Wärmepumpen-Boilern (zur Erzeugung von Brauchwarmwasser) und Wärmepumpen-Kompaktgeräten (zur Erzeugung von Brauchwarmwasser und Heizwärme) angeboten. Eine PV-Anlage wird bei diesen Geräten nicht direkt, sondern über das Stromnetz ins System eingebunden.

2 Zwei Wege zu solarem Warmwasser

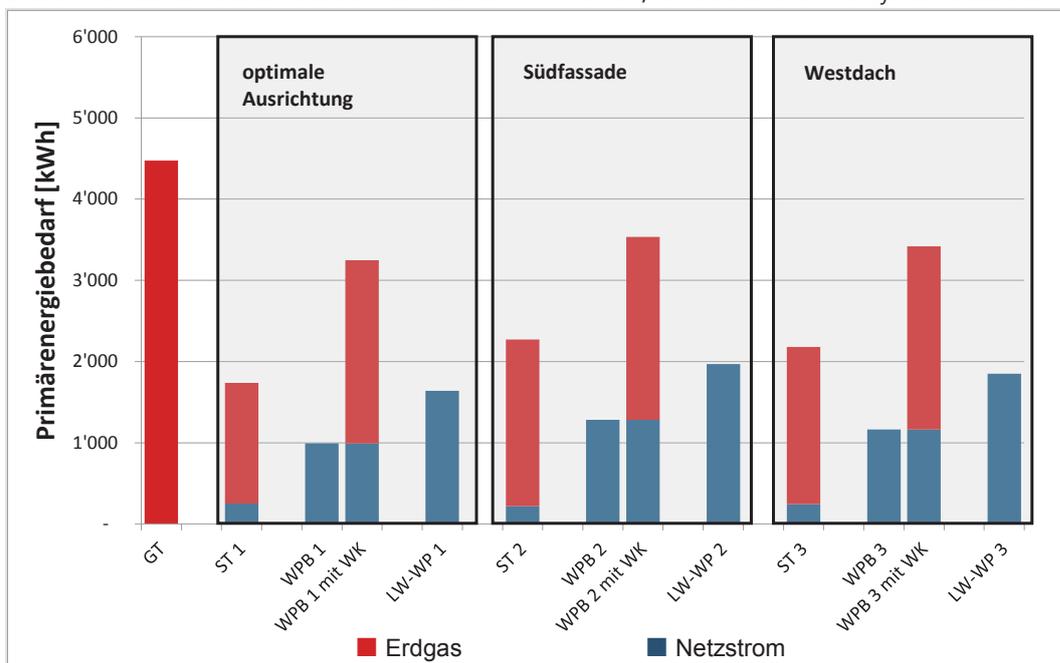
Welche der beiden Technologien kommt beim Einsatz in Einfamilienhäusern mit einem geringeren Einsatz von (nicht erneuerbaren) Primärenergien aus und ist in diesem Sinn energetisch sinnvoller? Und: Welche Technologie hat bei den Kosten die Nase vorn? Um diese Fragen zu klären hat das Bundesamt für Energie das Ökozentrum in Langenbruck mit der Erarbeitung einer Studie beauftragt. Michael Sattler vom Ökozentrum bringt das Hauptergebnis der Studie mit folgenden Worten auf den Punkt: „Energetisch und wirtschaftlich spielt es mit einer volkswirtschaftlichen Perspektive keine Rolle, ob das Warmwasser mit einer Kombination aus netzgekoppelter Photovoltaik und Wärmepumpe oder mit Solarthermie erwärmt wird.“



Regelmässig werden Gebäude mit bestehender Solarthermie-Anlage zusätzlich mit Photovoltaik ausgerüstet. Foto: Ökozentrum

Diese Aussage des Diplom-Biologen und Diplom-Umweltingenieurs klingt salomonisch. Trotzdem ist sie von erheblicher Bedeutung. Denn bisher gilt die über Jahrzehnte aufgebaute Solarthermie bei vielen Anhängern der Sonnenenergie als energetisch klar im Vorteil. Diesen Vorteil konnte die Studie nicht bestäti-

gen. Ihre Hauptaussage lautet vielmehr: Wärmepumpen, welche sich PV-Strom anrechnen können, und Solarthermie-Systeme sind sich



Die Grafik zeigt für drei Kollektorausrichtungen den Primärenergiebedarf der drei verglichenen Anlagentypen: Solarthermie-Anlage (ST), Wärmepumpen-Boiler (WPB) und Wärmepumpen-Kompaktgerät (LW-WP). Beim Wärmepumpenboiler zeigt die linke Säule jeweils den Primärenergieverbrauch unter der Annahme eines gänzlich fehlenden Wärmeklaus, die rechte Säule den Primärenergieverbrauch bei maximalem Wärmeklaus. Zum Vergleich die Säule ganz links: Primärenergieverbrauch einer Gasheizung. Grafik: Studie SolVar-BWW

heute grundsätzlich praktisch ebenbürtig. Ebenbürtig – das heisst auch, dass die massiven Vorteile, von denen Promotoren der Wärmepumpen-Systeme gelegentlich reden, von der Studie nicht bestätigt werden. Ökonomisch gesehen ergibt sich für die Wärmepumpen-Systeme allerdings ein „klarer Vorteil“, wie Michael Sattler ausführt. Grund ist, dass die Photovoltaik heute stärker gefördert wird als die Solarwärme. Mit diesem Ergebnis sind auch die drei wissenschaftlichen Projektpartner einverstanden, die eine breite Expertise aus beiden Technologien repräsentieren: das Institut für Energiesysteme der NTB (Interstaatliche Hochschule für Technik) in Buchs/SG, das SPF Institut für Solartechnik an der Hochschule für Technik Rapperswil und das Beratungsunternehmen INFRAS (Zürich).

Realitätsnahe Annahmen

Nun sind die in der Praxis eingesetzten solaren Warmwassersysteme sehr vielfältig. Entsprechend anspruchsvoll war es für die Verantwortlichen des Projekts SolVar-BWW, einen fairen Vergleich der beiden Technologien zu erstellen. Die Projektpartner haben zunächst die energetischen und ökonomischen Randbedingungen definiert und die beiden Systeme dann mit umfangreichen Simulationsrechnungen verglichen. „Der Technologievergleich in diesem Projekt basiert auf Systemen für die solare Brauchwarmwassererwärmung, wie sie heute in der Schweiz in Einfamilienhäusern zum Einsatz kommen“, beschreibt die Studie den methodischen Ansatz, „bei der Definition der zu vergleichenden Systeme wurden die technischen Parameter so gewählt, dass sie den am häufigsten installierten Systemen möglichst entsprechen.“

Die Studie fokussiert dabei auf das Brauchwarmwasser. Dort wo Brauchwarmwasser und Warmwasser für die Heizung mit einer einzigen Anlage erwärmt werden, wie in Neubauten heute üblich, wird das Heizwasser herausgerechnet. Das Studiendesign vergleicht im Kern drei Anlagen zur Brauchwarmwassererwärmung in marktüblichen

Grössenordnungen (vgl. Textbox). Nach den Vorgaben der Studie darf für den Betrieb der Wärmepumpe während eines bestimmten Tages nur immer so viel PV-Strom angerechnet werden, wie in denselben 24 Stunden tatsächlich erzeugt wurden (Bilanzierungszeitraum = 24 Stunden). Das ist nötig, weil ein Bilanzierungszeitraum von z.B. einem Jahr die PV-Wärmepumpen-Systeme ungerechtfertigt bevorteilen würde, da das Stromnetz dann als unentgeltlicher Speicher betrachtet wird (was es ja in Wirklichkeit nicht ist). Auch in der vorliegenden Simulation verwendet das PV-Wärmepumpen-System das Stromnetz innerhalb des Bilanzierungszeitraums als Speicher, was bei der Solarthermie nicht der Fall ist. „Unsere Annahme eines Bilanzierungszeitraums von 24 Stunden ist dennoch sehr realitätsnah, denn in der Realität kann man die Betriebszeiten so steuern, dass die PV-Tagesproduktion zu einem grossen Teil genutzt werden kann“, sagt Sattler.

Wärmeklau und andere Stolpersteine

Die Studie ist interessant in ihrer Gesamtaussage, und sie wartet mit interessanten Detailerkennnissen zum Verhältnis der verschiedenen Warmwassersysteme auf. Eine davon betrifft die erwünschte Zieltemperatur: „Wenn im Speicher hohe Temperaturen gefordert sind ($>60^{\circ}\text{C}$), liegt der Primärenergiebedarf der Systeme mit Photovoltaik und Wärmepumpe höher als beim System mit Solarthermie“, hält die Untersuchung fest.

Eine erhebliche Bedeutung im Technologievergleich bekommt der sogenannte Wärmeklau: Wärmepumpen-Boiler verwerten die Wärme aus der Raumluft des Aufstellungsraums. Für ihre energetische Effizienz ist es bedeutsam, woher diese Wärme ursprünglich stammt. Ist der Wärmeklau (z.B. bei einer benachbarten Ölheizung) sehr gross, kann dies den energetischen Vorteil gegenüber einer Situation ganz ohne Wärmeklau ins Gegenteil verkehren, wie die Untersuchung feststellt: „Der Wärmepumpenboiler benötigt ohne Wärmeklau deutlich weniger und mit maximalem Wärmeklau deutlich mehr Pri-

märenergie als die Systeme mit Solarthermie/ Erdgas oder PV/Luft-Wasser-Wärmepumpe.“ Wichtig ist daher, dass der Aufstellungsraum der Wärmepumpe gut gegen geheizte Räume, jedoch nicht oder kaum gegen Erdreich oder Aussenluft isoliert ist. Damit wird sichergestellt, dass die Wärme von ausserhalb der beheizten Gebäudehülle nachfliesst und nicht von den Verlusten der Gebäudeheizung oder von einem beheizten Raum gespiesen wird. „Dem Aufstellungsort muss viel Beachtung geschenkt werden“, betont Michael Sattler.

Energetisch sehr ungünstige Auswirkungen hat auch der Einsatz eines Elektro-Heizstabs, der bisweilen verwendet wird, um ein Solarthermie-System im Winter nachzuheizen, der aber auch in Wärmepumpen-Systemen manchmal anzutreffen ist. „Wird im System mit Solarthermie der Speicher in den Wintermonaten mit einem Elektro-Heizstab nachgeheizt, erhöht sich der Primärenergiebedarf auf Werte, die über allen PV-Wärmepumpen-Systemen liegen“, so die Untersuchung unter der Federführung des Ökozentrums Langenbruck.

PV-Systeme im Kostenvorteil

Um die Kosten der verschiedenen Technologie-Systeme vergleichen zu können, wurde den Berechnungen jeweils ein realitätsnaher Standardwert der einschlägigen Kostenparameter zugrunde gelegt, und dann auch untersucht, wie sich die Kosten verändern, wenn die Parameter alternativ mit einem Tiefst- oder einem Höchstwert angesetzt werden. „Die ökonomischen Betrachtungen erfolgten mit einer volkswirtschaftlichen Perspektive und somit ohne Einbezug von Förderungen“, hält die Studie fest. „Es konnte gezeigt werden, dass die Variante Photovoltaik mit Wärmepumpe gegenüber der Variante mit Solarthermie leichte Kostenvorteile aufweist. Beim System mit Wärmepumpenboiler wird die Kostenbilanz stark durch den Anteil Wärmeklau ab Heizsystem bestimmt.“ Bezieht man die aktuelle Förderung mit ein, dann entsteht für die Kombination aus netzgekoppelter Photovoltaik und Wärmepum-

pe ein deutlicher Kostenvorteil, wie Michael Sattler festhält.

Wenn die Studie Warmwassersysteme auf Basis von PV-Stromproduktion und Wärmepumpe sowohl in der Energiebilanz als auch bei den Kosten als ebenbürtig mit der Solarthermie bezeichnet, entspricht das einem Paradigmenwechsel. „Die Photovoltaik verdrängt die Solarthermie-Systeme zunehmend“, sagt Michael Sattler, „das ist bitter für die Pioniere der Solarthermie, die der Nutzung der Sonnenenergie überhaupt erst zum Durchbruch verholfen haben.“ Zugleich gibt dieser Trend auch Anstoss zu der Fortentwicklung der Solartechnologien, darunter die Entwicklung von solaren Warmwassersystemen, in welchen der PV-Strom nicht wie in der vorliegenden Studie ins Netz eingespiesen und über eine Tagesbilanz der Wärmepumpe wieder gut geschrieben wird, sondern direkt in einer modulierenden, lastmanagement-tauglichen Brauchwarmwasser-Wärmepumpe vor Ort verwendet wird. Solche Systeme sind vor allem aus ökonomischer Sicht für einen Besitzer eines Einfamilienhauses interessant, auch wenn sie wie in der Studie erwähnt aus volkswirtschaftlicher Perspektive kaum Vorteile haben.

- » Der Schlussbericht zum Projekt unter: <http://www.bfe.admin.ch/forschung/Sol-Var-BWW>
- » Weitere Auskünfte zum Projekt erteilt Rolf Moser, Leiter des BFE-Forschungsprogramms 'Energie in Gebäuden': [moser\[at\]enerconom.ch](mailto:moser[at]enerconom.ch)
- » Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Gebäude-Bereich unter: www.bfe.admin.ch/CT/Gebaeude

Drei Basissysteme, 13 Varianten

Die Untersuchung des Ökozentrums Langenbruck legt dem Vergleich von Solarthermie-System und PV-gespeister Wärmepumpe drei Basissysteme zugrunde:

Solarthermie-System: Das Brauchwarmwasser wird über einen Flachkollektor mit 5 m² Fläche erhitzt. Bei unzureichender Sonneneinstrahlung kann eine Gasheizung zugeschaltet werden. Der Warmwasserspeicher hat ein Volumen von 450 l.

Wärmepumpen-System 1: Wärmepumpenboiler, der über eine PV-Modulfläche von 5 m² (0.75 kWp) mit Solarstrom versorgt wird. Bei unzureichender Sonneneinstrahlung wird der Wärmepumpenboiler mit Strom aus dem Netz betrieben. Der Warmwasserspeicher fasst 300 l. Die Wärmepumpe steht in einem Innenraum und nutzt als Wärmequelle die Luft des Aufstellungsraums (Luft-Wasser-Wärmepumpe).

Wärmepumpen-System 2: Wärmepumpen-Kontaktgerät, das über eine PV-Modulfläche von 5 m² (0.75 kWp) mit Solarstrom versorgt wird. Bei unzureichender Sonneneinstrahlung wird das Kompaktgerät mit Strom aus dem Netz betrieben. Der Warmwasserspeicher fasst 300 l. Die Wärmepumpe steht in einem Innenraum und nutzt als Wärmequelle die Luft des Aufstellungsraums (Luft-Wasser-Wärmepumpe). Da das Kompaktgerät auf zwei Temperaturniveaus arbeitet und damit sowohl Brauchwarmwasser, als auch Warmwasser für die Heizung liefert, wird im oben genannten Technologievergleich zur Brauchwarmwassererwärmung die Heizwärme-Komponente herausgerechnet.

Gasheizung: Um die drei Systeme der solaren Brauchwarmwassererwärmung mit einer fossilen Brauchwarmwassererwärmung vergleichen zu können, wurde eine Gasheizung herangezogen.

Für den Technologievergleich wurden Varianten mit unterschiedlicher Ausrichtung der Kollektoren bzw. PV-Module untersucht. Bei den beiden Wärmepumpen-Systemen wurden zudem Varianten mit maximalem bzw. ohne Wärmeklau untersucht. So flossen in den Vergleich insgesamt 13 Varianten ein.

Aus praktischer Sicht ist zu bemerken, dass die PV-Modulfläche von 5 m² realitätsfern (nämlich zu klein) ist; in der Praxis kommen – oft auf Grund der aktuellen Fördersituation – Flächen von 20 m² und mehr zum Einsatz. Die Modulflächen wurden in der Studie so klein angenommen, um die Vergleichbarkeit der Systeme zu gewährleisten. Als Folge dieser Annahmen rechnet die Studie mit einem relativ hohen Preis pro kW/p (6000 Fr.), während grössere Anlagen auf Einfamilienhäusern heute zur Hälfte des Preises (3000 Fr.) zu bekommen sind. Dieser ökonomische Vorteil grösserer Anlagen dank sinkender Grenzkosten wird in der Studie nicht abgebildet. BV