

Weshalb Wärmepumpe und Photovoltaik thermische Sonnenkollektoren verdrängen

Optimale Lösung mit Wärmepumpe und Photovoltaik



Die erfreulichen Entwicklungen im Bereich der Photovoltaik bezüglich Technik und Kosten führten dazu, dass Lösungen mit PV-Anlage und Wärmepumpe immer häufiger einer Solarthermie-Lösung mit direkter Nutzung der Wärme vorgezogen werden. Dies zeigt beispielhaft die Analyse eines Umbaus in der 1990 erstellten Null-Heizenergie-Siedlung Boller in Wädenswil.*

Text Ruedi Kriesi*
Bilder Getty Images, Ruedi Kriesi,
Béatrice Devènes

1. Vorwort

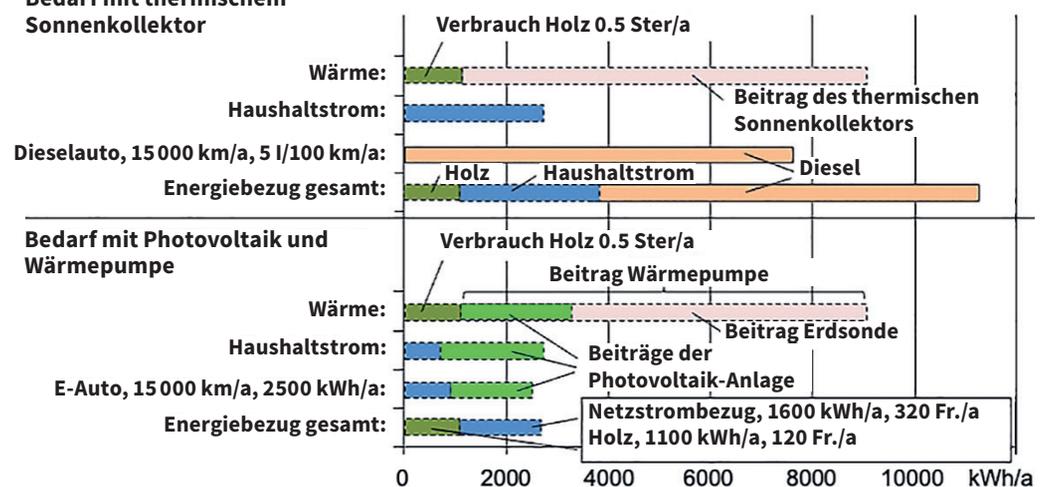
Die Wädenswiler Null-Heizenergie-Siedlung war als Basis von Minergie ein Meilenstein in der Entwicklung energieeffizienter Häuser. 2021 wurden nach 30 Betriebsjahren zwei Doppelhäuser umgebaut. Deren fassadenintegrierte thermische Sonnenkollektoren (4 × 33 m²) waren defekt. Gegen einen Ersatz sprach die unsichere weitere Lebenserwartung der grossen Heisswasserspeicher als

Folge möglicher Korrosionsschäden. Deshalb wurden die Kollektoren für alle vier Wohnungen je durch eine Wärmepumpe mit 4 kW Heizleistung, 100-m-Erdsonde und 33 m² Photovoltaik-Module (PV) in der Fassade mit 7.6 kWp ersetzt und die Speicher bis auf einen stillgelegt. Mit diesem Schritt wurde der schon vorher minimale Energiebezug des Haushalts nochmals deutlich reduziert. Die gewonnenen Erfahrungen wurden zum Auslöser

Flächen auf Dächern und an Fassaden werden zunehmend mit PV-Anlagen ausgerüstet für die Solarstrom-Gewinnung. Solarthermie-Anlagen, welche die Wärme direkt nutzen für Warmwasser oder Raumheizung, werden immer seltener installiert.



Bedarf mit thermischem Sonnenkollektor



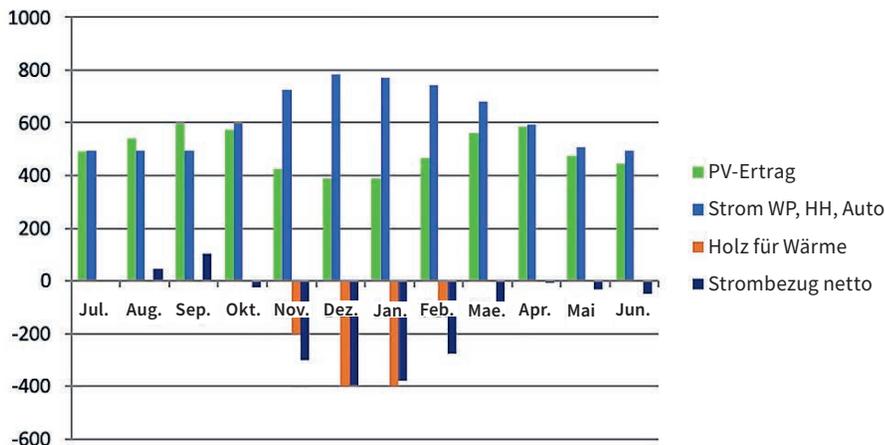
1

Oben Vergleich des Verbrauchs des Hauses früher mit thermischen Sonnenkollektoren und Holzheizung. Unten mit PV, Wärmepumpe und Holzheizung. Bei gleicher eingesetzter Holzmenge deckt die neue, gleich grosse PV-Anlage mit der Wärmepumpe nicht nur wieder ganzjährig den Bedarf der Heizung und des Warmwassers, sie reduziert auch den jährlichen Elektrizitätsbezug für den Haushalt (2700 kWh/a) und das Elektroauto (15 000 km/a, 17 kWh/100 km, 2500 kWh/a) von 5200 auf noch 1600 kWh. Es verbleibt also ein deutlich kleinerer Restverbrauch.

für generell anwendbare Überlegungen zum Vergleich der beiden Techniken unten in den Kapiteln 3 und 4, als Basis für weitere Diskussionen.

In dieser Siedlung wurden 1990 erstmals die neusten Massnahmen zur Reduktion des Wärmebedarfs mit Solarenergie verbunden. Walter Schiesser, damals Energieredaktor der NZZ, umschrieb das Konzept mit «Häuser solartauglich machen»! Als Resultat wurde nicht nur der

erwartete sehr tiefe Energiebedarf, sondern auch ein hoher Wohnkomfort erreicht. Das Konzept wurde zur Basis zur Entwicklung der erfolgreichen Marke Minergie durch den Autor zusammen dem Ökonomen Heinz Uebersax. Dank Minergie sind Komfort und tiefer Energieverbrauch zu einer selbstverständlichen Kombination geworden und der Energieverbrauch der Neubauten in der Schweiz wurde in der Folge halbiert.)



2 Von April bis Oktober deckt die PV-Anlage in der Fassade etwa den gesamten Bedarf. Von November bis Februar wird Strom vom Netz bezogen.

2. Energiebezug nach Umbau des Energiesystems

Verbesserte Jahresenergiebilanzen

In der Haushälfte des Autors werden die Energieflüsse gemessen. Die Resultate sind für das erste Betriebsjahr in Bild 1 dargestellt.

Das Haus benötigt dank Minergie-Bauethoden auch nach 30 Jahren unverändert sehr wenig Energie für die Raumheizung, d. h. dank kompakter Bauform, gut gedämmter, dichter Hülle und Lüftung mit Wärmerückgewinnung. Deshalb genügt die kleine Wärmepumpe mit nur 100 m langer Erdsonde und sehr tiefem Stromverbrauch für Heizung und Warmwasser, und deshalb verbleibt ein grosser Anteil der Stromproduktion der Fassade zur Speisung von Haushalt und Elektroauto. Dank Haushalt-Bestgeräten und effizientem Elektroauto muss vom Netz der EKZ nur etwa die Hälfte des Schweizer Durchschnitts allein für den Haushalt bezogen werden. Dies genügt hier aber auch für Heizung und Auto!

3 Ein Doppelhaus vor 2021 mit thermischen Sonnenkollektoren in der Fassade. Einzige Zusatzheizung für Raumwärme und Warmwasser war ein Holzofen mit einem Heizwassereinsatz, der den zentralen Speicher erwärmt. Jährlich wurde dazu dank konsequenter Minergie-Bauweise nur etwa ½ Ster Hartholz eingesetzt.

4 Das gleiche Haus seit 2021 mit 7,6 kW PV-Modulen pro Haushälfte. Die in die Fassade eingepasste Anlage wurde durch Alex Gemperle AG, Hünenberg, auf die Unterkonstruktion des früheren Kollektors montiert. Der Wechselrichter mit Batterie von Elektron AG, Au, liefert Notstrom bei Netzausfall. Die modulierende Wärmepumpe von Stiebel Eltron mit Erdsonde konnte auf den kleinen Leistungsbedarf von 4 kW begrenzt werden und sie erlaubt die Kommunikation mit dem Wechselrichter zum bevorzugten Betrieb bei Sonnenschein. Im Holzofen im Haus des Autors wird weiterhin etwa ½ Ster verbrannt.



In den Bildern 1 und 2 werden die berechneten Werte dargestellt. Der im ersten Betriebsjahr von Juli 2021 bis Juni 2022 gemessene Bezug vom Stromnetz lag mit netto 1200 kWh/a gegenüber den Rechenwerten sogar noch 400 kWh tiefer. Das Jahr war zwar sonnenärmer, der Winter aber auch wärmer als das der Rechnung zugrunde liegende Referenzjahr.

Netto-Netzbezug nur in Wintermonaten

Wie früher wird der Holzofen im Winter zur Unterstützung der Wärmepumpe für die Raumheizung und Warmwasserbereitung eingesetzt und dafür wieder etwa ½ Ster Hartholz, entsprechend 1100 kWh, verbrannt. Trotzdem konzentriert sich der Netzbezug auf die Wintermonate.

Der nur geringe Abfall des PV-Ertrags im Winter folgt aus der Position der Module in der Südfassade (siehe Bilder 3 und 4). Damit gewinnen sie im Sommer zwar weniger, im Winter gegenüber optimaler Ausrichtung (Süden, 45° geneigt) aber nur 11% weniger und gegenüber schwach gegen Ost oder West geneigten Flächen sogar 43% mehr.

Die Schweiz hat bereits heute zu wenig Elektrizität im Winter und genug im Sommer. Mit zunehmender PV-Fläche wird der Wert von Strom im Winter steigen und im Sommer sinken. Ein hoher Winterertrag wird die Wirtschaftlichkeit der Anlage deshalb stark beeinflussen. Südfassaden und insbesondere steile Süddächer sind für PV-Anlagen also günstig.

3. Bessere Nutzung verfügbarer Flächen mit PV

Ein wichtiger Faktor des Erfolgs von PV gegenüber thermischen Solaranlagen ist die Einfachheit der Einbindung ins Haus-system mit einem elektrischen Stecker statt mit technisch anspruchsvollen, teuren Wasserkreisen. Zudem kann Stromüberschuss im Sommer, wenn sich der Wärmebedarf auf das Warmwasser reduziert, für den Haushalt und das Elektroauto genutzt oder an das Elektroverteilnetz geliefert werden, während Wärmeüberschuss des Kollektors vernichtet werden muss.

Schon ab etwa drei Geschossen ist die Sammelfläche auf Dach und Fassade eines

Mehrfamilienhauses mit Wärmepumpe und E-Autos auch im gut gedämmten Minergie-Haus knapp. Soll also ein möglichst hoher Anteil des eigenen Verbrauchs gedeckt werden, ist beim Mehrfamilienhaus ein möglichst hoher Flächenertrag von Interesse.

PV in Kombination mit einer Wärmepumpe kann mit einer gegebenen Sammelfläche zumindest gleich viel Wärme bereitstellen wie ein Sonnenkollektor. Ein Sonnenkollektor wandelt die verfügbare Sonnenstrahlung mit einem Wirkungsgrad von etwa 60% in nutzbare Wärme um. PV schafft nur gut 20%. Wird die erzeugte Elektrizität aber mit einer Wärmepumpe in Warmwasser verwandelt, so werden etwa ⅔ der Wärme der Umgebung entzogen, es werden also auch etwa 60% der Solarstrahlung in Nutzwärme verwandelt. Für Wärme niedriger Temperatur für die Raumheizung wird der thermische Kollektor sogar übertroffen.

Muss zudem ein Teil der Wärme des Sonnenkollektors im Sommer vernichtet werden, so deckt die gleich grosse PV-Fläche einen grösseren Anteil des Verbrauchs.)



Zur maximalen Selbstversorgung muss der Kollektor also auf den Bedarf an Warmwasser beschränkt und die übrige Fläche mit PV belegt werden.

Fazit

Im Mehrfamilienhaus (ab 2 bis 3 Geschossen) mit Wärmepumpe und E-Autos erhöht jede Vergrößerung des thermischen Kollektors über den Warmwasserbedarf hinaus anstelle von PV-Fläche den Netzbezug für Haushalt, Raumheizung und Elektroauto.

Interessant bleibt Solarthermie in Kombination mit Holzheizungen. Ihr 3-mal besserer Wirkungsgrad rechtfertigt hier auch eine gewisse Heizungsunterstützung. Zudem reduziert sie auch die Laufzeit der Feuerungen im Sommer. Unverglaste thermische Kunststoff- und Asphaltkollektoren dürften künftig auch vermehrt zur Regeneration von Erdsonden eingesetzt werden.

4. Vergleich Speicherkosten thermisch und elektrisch

Speicherbedarf

Bisher übergeben die meisten PV-Anlagen das Speicherproblem dem Netz, womit es für den Anlagenbetreiber gelöst ist. Aus Sicht des Energieversorgers ist die Verwendung des Netzes zum Lastausgleich noch so lange problemlos, als die gesamte Rücklieferleistung während der Sonnenstunden am wolkenlosen Tag den Bezug des Lokalnetzes nicht überschreitet. Sonst muss er die Überschussleistung an das übergeordnete Netz zurückliefern, in dem der Bedarf bei solchen Bedingungen klein sein wird.

Durch Speicherung des Überschusses tags für die Nacht und bis zum nächsten Tag kann der Anlagenbetreiber einen höheren Anteil der Produktion selbst verwenden und der Netzbetreiber kann Rücklieferungen an das übergeordnete Netz bis zu weit höherer PV-Leistung in seinem Netz vermeiden.

Gratis verfügbare thermische Speichermasse

Ein Teil des Überschusses während der Sonnenstunden kann mit Wärmepumpen wie mit thermischen Solaranlagen in der Gebäudemasse und dem Warmwasserbehälter gespeichert werden. Dazu werden bei Energieüberschuss die Solltemperaturen erhöht.

Zur Nutzung der Gebäudemasse als kostenlosen Kurzzeitspeicher mit PV-Anlagen kommunizieren viele Wärmepumpensteuerungen mit dem Wechselrichter über den Standard «SG-ready». Damit wird die Wärmepumpe bei Sonnenschein bevorzugt in Betrieb gesetzt.

Im Einfamilienhaus mit 200m² Wohnfläche und typischer 7-kWp-PV-Anlage lassen sich im Warmwasserbehälter aber nur etwa 10% der Tagesleistung speichern und weitere etwa 30% in der Gebäudemasse.

Heizungs- und WW-Speicher für einen oder mehrere Tage

Soll die Speicherkapazität für WW oder Raumheizung erhöht werden, so ist dies für beide Arten der Solaranlagen mit einem Heisswasserbehälter, für PV aber auch mit einer Batterie möglich. Ein Kostenvergleich ist nicht einfach, weil der Wasserbehälter nur für die Speicherung von Heizungs-wärme im Winter nutzbar ist, während die Batterie zusätzlich im Sommer den Eigen-nutzungsanteil an Haushaltsstrom erhöht. Eine Solarbatterie mit der Kapazität eines Tagesbedarfs speichert Strom bei heutigen Preisen zu etwa 15 Rp. pro kWh oder etwa 4 Rp. pro kWh Wärme aus der Wärmepumpe. Kleine Warmwasserspeicher kosten pro kWh ähnlich viel, eine Behältervergrößerung von z. B. 2000 auf 4000 Liter für ein Mehrfamilienhaus ist jedoch 3- bis 4-mal günstiger.

Einen Mehrtageesspeicher für eine Wärmepumpenraumheizung wird man also auch dann noch mit einem Warmwasserbehälter statt mit einer Batterie lösen,

wenn dieser im Interesse einer guten Leistungsziffer nur mit einer Temperaturdifferenz von 25 statt wie für thermische Solaranlagen mit 50 °C genutzt wird. Nur deutlich günstigere Solarbatterien könnten dies wieder ändern. ■

Autor

* Ruedi Kriesi, Dr. sc. tech.,
Kriesi Energie GmbH, Wädenswil.



Dieser Artikel basiert auf einer vom AWEL, Baudirektion des Kantons Zürich, finanzierten, im Sommer 2022 durchgeführten Untersuchung. Der zugehörige Gesamtbericht ist via Online-Artikel zugänglich als PDF: gebuedetechnik.ch > Suche: SiedlungBoller