

# Eine vorteilhafte Kombination

## Photovoltaik und Wärmepumpen: Reduktion der Abhängigkeit von Öl- und Gasimporten

Strom aus Photovoltaikanlagen ist mittlerweile so günstig, dass er zunehmend auch für die Heizungsunterstützung attraktiv wird. Als passende Technik bieten sich effiziente Wärmepumpensysteme an. Damit ließe sich auch die Abhängigkeit von immer unsichereren Gas- und Ölimporten reduzieren. Berechnungen der Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin zeigen, dass die Kombination technisch, ökonomisch und energiepolitisch sinnvoll ist.

Im Jahr 2012 wurde in Deutschland die Netzparität erreicht. Seitdem ist Solarstrom deutlich günstiger als übliche Haushaltsstromtarife. Der Eigenverbrauch bietet nun die Möglichkeit, den erzeugten Strom zeitgleich direkt vor Ort zu verbrauchen und damit den Bezug von Netzstrom zu verringern. Das erhöht die Wirtschaftlichkeit der PV-Systeme. Mit Stromgestehungskosten je nach Systempreis, Renditeerwartung und Anlagenperformance zwischen 10 und 18 Cent/kWh [1] ist der Solarstrom damit sogar billiger als die meisten Regionaltarife für Wärmepumpen. Somit erhöht auch jede über eine Wärmepumpe genutzte solare Kilowattstunde die Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpe als auch des PV-Systems.

Um grundsätzlich Solarstrom nicht nur im Haushalt sondern auch über die Wärmepumpe nutzen zu können, muss diese mit am Haushaltsstromkreis angeschlossen sein. Hierdurch lässt sich die Grund-

gebühr für einen speziellen Wärmepumpenstromzähler von etwa 100 Euro jährlich einsparen. Wer einen günstigeren Wärmepumpentarif nutzen möchte, kann diesen dann allerdings nicht in Anspruch nehmen. Es ist jedoch zu erwarten, dass spätestens mit der Einführung von intelligenten Zählern und zeitvariablen Tarifen starre, gerätespezifische Sondertarife der Vergangenheit angehören.

Bild 1 zeigt, dass zu einem PV-Wärmepumpensystem ein Systemregler gehört, der durch Messung der PV-Erzeugung und der zeitgleich im Haushalt auftretenden elektrischen Last die zur Verfügung stehenden Überschüsse berechnet. Damit kann der Regler die Wärmepumpe optimal ansteuern. Aufseiten der Wärmepumpe sind dabei verschiedene Hydrauliken denkbar. Trinkwarmwasser- oder Pufferspeicher sind allgemein vorteilhaft, da sie die zeitliche Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch ermöglichen.

### Moderne Inverter-Wärmepumpen vorteilhaft

Um fluktuierende Überschüsse des Solarstroms möglichst effektiv über eine Wärmepumpe zu nutzen, sollte diese in ihrer elektrischen Aufnahmeleistung stufenlos regelbar sein. Während viele ältere Modelle nur An/Aus-Zustände oder wenige Leistungsstufen abbilden können, lassen sich moderne Inverter-Wärmepumpen über Frequenzumrichter in einem Modulationsbereich zwischen 20 und 100% der Nennleistung variieren. Bild 2 stellt schematisch die Vor- und Nachteile der jeweiligen Betriebseigenschaften beider Wärmepumpentechnologien vor. Hauptziel ist dabei, möglichst viel des erzeugten Solarstroms zeitgleich oder durch Erhöhung der Speichertemperatur zu nutzen. Bereits der natürliche Eigenverbrauch von Inverter-Wärmepumpen ist aufgrund ihres gleichmäßigeren Betriebs meist höher. Durch die variable Anpassung der elektrischen Aufnahmeleistung arbeiten sie gegenüber einstufigen Systemen auch weniger netzbelastend. Die maximale elektrische Speicherleistung eines PV-Wärmepumpensystems ist durch die Anschlussleistung der Wärmepumpe und die thermische Speicherkapazität durch das Pufferspeichervolumen und das erzielbare Temperaturniveau begrenzt.

Mit der für einen Speicherbetrieb vorteilhaften Invertertechnik arbeiten vor allem Luft/Wasser-Wärmepumpen, die weiterhin unter den neuinstallierten Wärmepumpen eine dominierende Rolle einnehmen werden [2]. Wie ein langjähriges Monitoring des Fraunhofer ISE zeigt, sind mit aktuellen Modellen Jahresarbeitszahlen von deutlich größer drei in der Praxis erzielbar. Damit haben diese Wärmepumpen bereits ohne die Kombination mit PV-Systemen neben ökonomischen Gesichtspunkten auch ökologisch einen Mehrwert gegenüber fossilen Heizungssystemen wie Gas- und Ölkeseln [3].

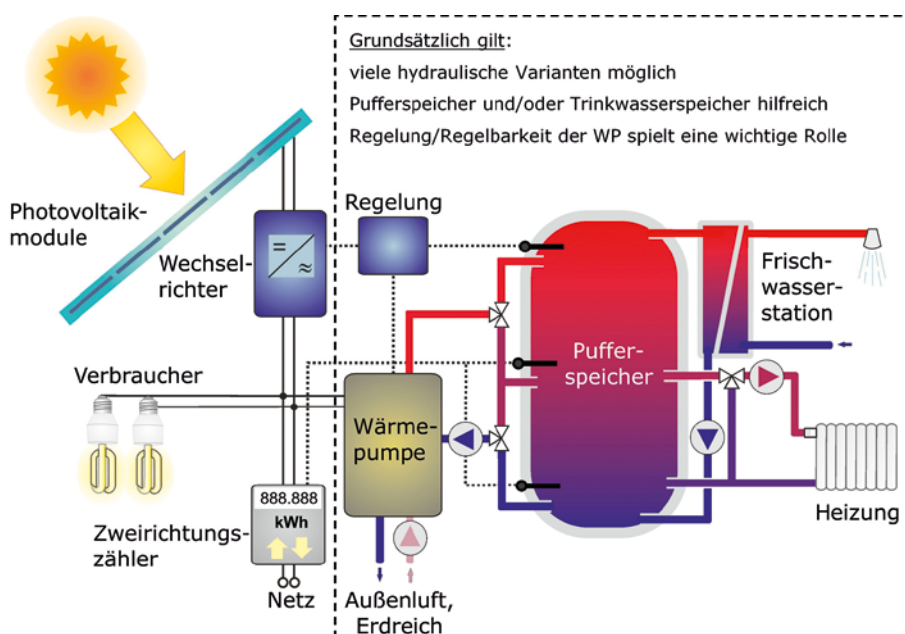


Bild 1: Aufbau eines PV-Wärmepumpensystems durch Anschluss der Wärmepumpe an den Haushaltsstromkreis und kommunikative Kopplung über eine zentrale Regelung.

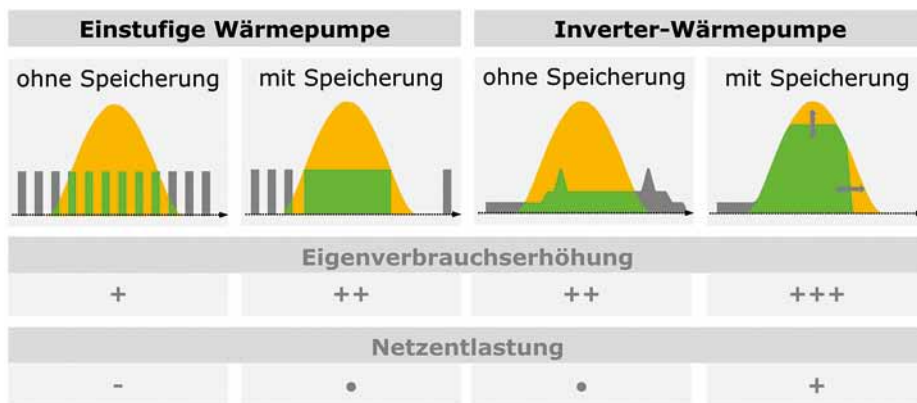


Bild 2: Schematische Darstellung der Betriebsweise von konventionellen einstufigen Wärmepumpen (l.) und regelbaren Inverter-Wärmepumpen (r.) sowie qualitativer Einfluss auf die Eigenverbrauchserhöhung und Netzentlastung.

In umfassenden Jahressimulationen auf minutlicher Datenbasis wurden an der Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin zahlreiche PV-Systeme zusammen mit Luft/Wasser-Wärmepumpen untersucht. Dabei wurde detailliert der Einfluss des Wärmepumpenbetriebs auf die Erhöhung des Eigenverbrauchs und die Einsparung von Netzstrom für den Haushalt und die Wärmepumpe analysiert [4]. Für differenzierte Aussagen wurde auch der Gebäudestandard vom unsanierten Altbau bis hin zum Passivhaus in Betracht gezogen. Wenn nicht anders erwähnt, gelten alle nachfolgenden Ergebnisse für ein typisches Einfamilienhaus als Referenzgebäude mit 127 m<sup>2</sup> Wohnfläche, Luft/Wasser-Wärmepumpe mit 500-l-Pufferspeicher und Frischwasserstation, 95 kWh/(m<sup>2</sup> a) Heizwärmebedarf („teilsaniert“), 16 kWh/(m<sup>2</sup> a) Trinkwarmwasserbedarf sowie 3940 kWh Haushaltsstrombedarf.

### Eigenverbrauchsanteil kann zwischen 20 und 70% variieren

Eine Vergrößerung des PV-Systems führt bei allen Systemen zu einer Verringerung des Eigenverbrauchsanteils. Eine Installation eines 7-kW-PV-Systems würde im Mittel für das Referenzgebäude ohne Wärmepumpe einen Eigenverbrauchsanteil von nur knapp 20% bedeuten (Bild 3, links). Wird für die Wärmeerzeugung eine konventionelle Wärmepumpe eingesetzt, die keine Möglichkeit zur Ansteuerung besitzt, erhöht sich der natürliche Eigenverbrauchsanteil lediglich auf rund 30%. Der Großteil des Solarstroms würde also nach wie vor ins Stromnetz zu niedrigen Vergütungssätzen eingespeist. Mit Verbesserung des Gebäudestandards fällt die Erhöhung des Eigenverbrauchs nochmals geringer aus.

Verfügt das System über einen intelligenten Regler, der die Wärmepumpe in ihrer Leistungsaufnahme je nach Höhe des Solarstromüberschuss steuern kann, sind deutlich höhere Eigenverbrauchsanteile möglich (Bild 3, rechts). Eine entscheidende Rolle spielt dabei die maximale Vorlauftemperatur, die die Wärmepumpe

erzielen kann. Für das betrachtete 7-kW-PV-System liegt der Eigenverbrauchsanteil mit einer Wärmepumpe bei einer maximalen Vorlauftemperatur von 65 °C bei rund 45% und damit 15 Prozentpunkte höher als bei einer unregulierten Wärmepumpe. Zur Ausnutzung der vollen thermischen Speicherkapazität lässt sich die oftmals in die Wärmepumpe integrierte Heizpatrone mit nutzen. Hierbei würde eine weitere Temperaturerhöhung des Speichers auf bis zu 90 °C bei gleicher Systemauslegung den Eigenverbrauchsanteil auf fast 70% steigern. Aus ökonomischer Sicht sollte ein Heizstab aber erst eingesetzt werden, wenn die Einspeisevergütung kleiner als die Wärmegestellungskosten des Heizungssystems ist.

### Mehr Unabhängigkeit vom Netzbezug

Neben den erzielbaren Eigenverbrauchsanteilen ist es für viele Betreiber eines PV-Systems noch wichtiger, wie hoch die Einsparungen an Netzbezug für den Haushaltsstrom und die Wärmepumpe sind. Dafür ist die Frage zu klären, wie unabhängig ein Einfamilienhausbesitzer mit einem

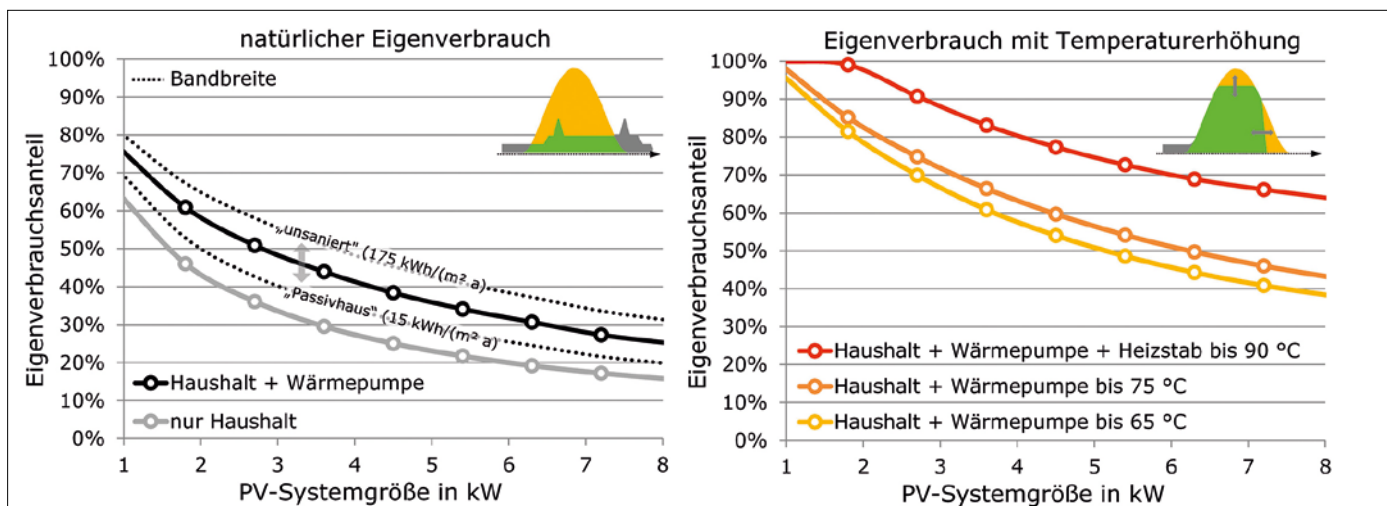


Bild 3: Eigenverbrauchsanteile des Referenzgebäudes in Abhängigkeit der PV-Systemgröße ohne thermische Speicherung der PV-Erzeugung (l.) und mit Speicherung bei verschiedenen Maximaltemperaturen (r.) für eine regelbare Inverter-Wärmepumpe.

großen PV-System unter ökonomisch sinnvollen Rahmenbedingungen werden kann. Beim Referenzgebäude kann durch die Nutzung des PV-Stroms für die Haushaltsgeräte und die Wärmepumpe jeweils ein Drittel des Netzbezugs vermieden werden (Bild 4, rechts). Für Passivhäuser wären bei gleicher Systemgröße Einsparungen in Höhe von 70% im Wärmebereich möglich. Gleichzeitig zeigt Bild 4 (links), dass mit 45% fast die Hälfte des erzeugten Solarstroms noch ins Netz eingespeist wird. Die Integration eines Batteriespeichers zur weiteren Erhöhung des Eigenverbrauchs und der Selbstversorgung würde das Gesamtsystem nochmals verbessern.

PV-Wärmepumpensysteme benötigen prinzipiell keine neue Hardware. Lediglich die Kommunikation zwischen Wechselrichter bzw. Energiemanager und Wärmepumpe muss funktionieren. Trotzdem haben bislang nur wenige Hersteller Lösungen für Photovoltaik-Wärmepumpen-Kombinationen im Programm. Überall dort, wo Wärmepumpen heute bereits aus

wirtschaftlichen Gründen eingebaut werden, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit durch ein zusätzliches PV-System nochmals. Dies gilt auch in Mehrfamilienhäusern und Gewerbebetrieben. Es ist also zu hoffen, dass alle Systemanbieter das Potenzial erkennen und demnächst funktionale Systeme bereitstellen.

### Chancen für die deutsche Energiewende

Die Regierung plant mit der Neuregelung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes EEG die Bedingungen für regenerative Energieanlagen deutlich zu verschlechtern und nimmt damit billigend in Kauf, dass Deutschland in den nächsten Jahren seine Klimaschutzziele nicht mehr erreichen kann. Dabei ließen sich allein im Gebäudebereich über 200 GW an Photovoltaikanlagen installieren, die gut 20% des deutschen Strombedarfs und zusätzlich noch einen Teil des Wärmebedarfs decken könnten. Neben Batteriespeichern bieten Wärmepumpen eine sinnvolle Möglichkeit,

auch bei weiter sinkenden Einspeisevergütungen große PV-Systeme zu realisieren, den PV-Ausbau wieder zu beschleunigen und damit das Dachflächenpotenzial in Deutschland vollständig auszuschöpfen. Durch die Verknüpfung der Photovoltaik mit dem Wärmebereich lässt sich außerdem die Abhängigkeit von immer unsichereren Gas- und Ölimporten für die Deckung des Wärmebedarfs reduzieren, was angesichts der jüngsten weltpolitischen Entwicklungen mehr als wünschenswert wäre. Es bleibt zu hoffen, dass die deutsche Politik endlich diese Chancen erkennt und die Energiewende mit einem verstärkten Ausbau von PV-Wärmepumpensysteme beschleunigt, anstatt diese wie geplant weiter auszubremsen. ■

### Literatur:

- [1] Weniger, Johannes; Tjaden, Tjarko; Quaschnig, Volker: PV-Eigenverbrauch – Ökonomie von Photovoltaiksystemen im Eigenverbrauchszeitalter. In Sonnenergie 2/2014, S. 26-27.
- [2] Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V. (Hrsg.): BWP-Branchenstudie 2013 – Szenarien und politische Handlungsempfehlungen. Berlin, 2013.
- [3] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE): WP-Monitor / Effizienz, Berichte und Daten. Freiburg, 2008 bis 2013 (<https://wp-monitor.ise.fraunhofer.de>).
- [4] Tjaden, Tjarko: Techno-ökonomischer Vergleich von Solarthermieanlagen mit Photovoltaik-Wärmepumpen-Systemen mittels dynamischer Simulation. HTW Berlin, Masterthesis, 2013.

Autoren: Tjarko Tjaden, Johannes Weniger, Volker Quaschnig – Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin

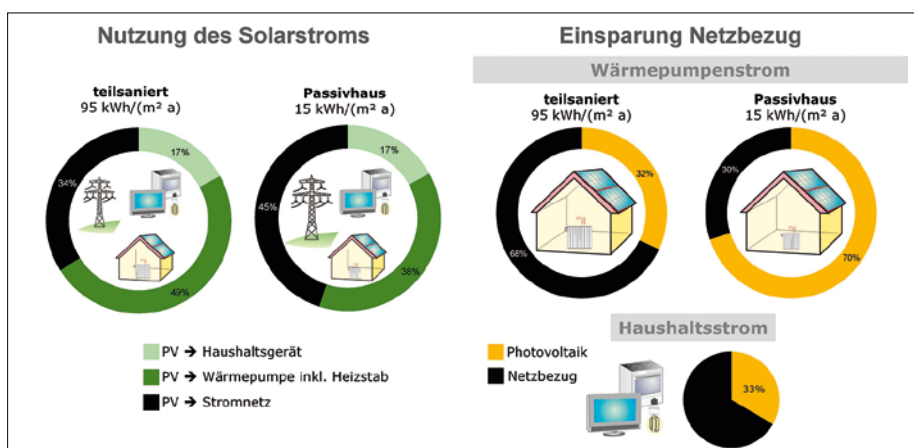


Bild 4: Nutzung der Stromerzeugung eines 7-kW-PV-Systems für verschiedene Gebäude (l.) und Einsparung des Netzstrombezugs für die Haushalt und die Wärmepumpe gegenüber einem Gebäude ohne PV-System.