

## Wärmepumpen-Initiative Niedersachsen

# Wärmepumpe und Photovoltaik in Einfamilienhäusern

**Wärmepumpen und Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen) sind Stand der Technik und erfreuen sich immer größerer Beliebtheit. Beide Technologien nutzen erneuerbare Energien und lassen sich sehr gut miteinander kombinieren. Auf diese Weise steigern sie die Unabhängigkeit von externen Energieversorgern. Doch welchen Beitrag kann eine PV-Anlage zur direkten Versorgung der Wärmepumpe mit Strom leisten?**

### Warum Wärmepumpe und Photovoltaik?

Wärmepumpen können Raumwärme und Trinkwarmwasser bereitstellen. Zudem können Wärmepumpen auch Kälte zur Klimatisierung von Räumen erzeugen. Dafür nutzen sie einen thermodynamischen Kreisprozess. In der Wärmepumpe werden große Mengen Umweltwärme nutzbar gemacht, indem ein kleiner Anteil Strom zugeführt wird. Im Sinne des Klimaschutzes und der Energiewende sollte dieser Strom möglichst CO<sub>2</sub>-neutral und möglichst lokal gewonnen werden.

Dazu eignen sich PV-Anlagen, die auf dem eigenen Hausdach installiert sind. Sie sind eine weit verbreitete und wirtschaftliche Möglichkeit, erneuerbaren Strom lokal zu gewinnen.

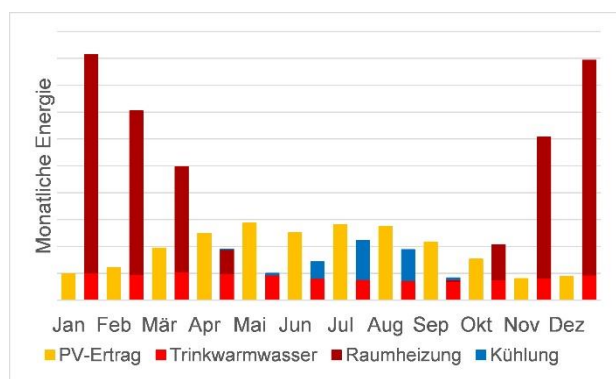


Abbildung 1: Beispielhafte monatliche PV-Erträge und thermische Bedarfe eines modernen Einfamilienhauses

Allerdings liefern PV-Anlagen die höchsten Erträge im Sommer und den Übergangszeiten, in denen der Wärmebedarf der Raumheizung eher gering ist. (s. Abb. 1).

### Wie kann PV-Strom in einer Wärmepumpe genutzt werden?

Ein wichtiger Aspekt für den Einsatz von PV-Strom in Wärmepumpensystemen ist die zeitliche Übereinstimmung zwischen Energieertrag und -bedarf. Darüber hinaus ist die Art des Energieeinsatzes wichtig. Hier ist zwischen direkter und zeitverzögerter Nutzung zu unterscheiden.

So ergeben sich drei Varianten, den PV-Strom zu nutzen:

1. Direkte Nutzung des PV-Stroms,
2. Nutzung in Kombination mit einem thermischen Speicher für die Trinkwarmwasserbereitung,
3. Nutzung in Kombination mit elektrischen Speichern.

#### Infobox I: Vor- und Nachteile thermischer und elektrischer Speicher

##### Thermische Speicher (nicht PCM-Speicher):

Vorteile: kostengünstig, umweltfreundliche Materialien, lange Haltbarkeit

Nachteile: Wärmeverluste begrenzen Speicherdauer, Speichertemperatur bestimmt mögliche Anwendungen

##### Elektrische Speicher (Batteriespeicher):

Vorteile: flexible Nutzbarkeit elektrischer Energie, geringe Verluste

Nachteile: Vergleichsweise hohe Kosten, Recycling noch unklar.

Letztlich bleibt noch eine vierte Option für die Nutzung des selbsterzeugten PV-Stroms: Sind die hausinternen Strombedarfe gedeckt und die Speicher vollständig geladen, wird der PV-Strom in das elektrische Netz eingespeist, wofür es eine Einspeisevergütung nach dem EEG gibt.

Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage ist, dass möglichst viel des produzierten PV-Stroms selbst genutzt wird. Hier ist die Wärmepumpe eine sehr gute Option, um die Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage noch zu verbessern – zumindest sofern der Netzbezug teurer als die Einspeisevergütung ist.

## Solarer Deckungsgrad

Für die genannten drei Varianten, den PV-Strom zu nutzen, ergeben sich unterschiedliche Größenordnungen für den im Gebäude durch PV-Strom gedeckten Anteil des Strombedarfs (solarer Deckungsgrad). Auf der Basis wissenschaftlicher Modellrechnungen werden Deckungsgrade abgeschätzt. Die betrachteten Systeme unterscheiden sich dabei hinsichtlich des Anwendungsfalls, der Heizleistung und Effizienz der Wärmepumpe, der Größe der PV-Anlage und elektrischer Speicher sowie hinsichtlich der Betriebstemperatur thermischer Speicher<sup>1</sup>.

Der Fokus liegt dabei vor allem auf derzeit wirtschaftlich sinnvollen und daher typischen Anwendungen für Wärmepumpen und PV-Systeme. Nähere Informationen zu den Parametervariationen der Modellrechnungen finden sich in der Infobox II.

Wichtig: Die Ergebnisse zu Deckungsgraden sind stark abhängig vom Gebäude, Komponenten des Heizsystems, umgesetzter Regelung und dem Nutzerverhalten. Hier angegebene Werte sind also nur eine Orientierung und sollten im Einzelfall durch eine Fachplanung am individuellen Objekt überprüft werden.

### Infobox II: Wärmepumpen und PV-Anlagen - Betrachtete Konfigurationen

Jüngere EFH (WSVO 1996 / Heizwärmebedarf bis ca. 120 kWh/m<sup>2</sup>a bis EnEV2016 / Heizwärmebedarf ca. 50 kWh/m<sup>2</sup>a)

**Heizleistung Wärmepumpe:** 5 ... 12 kW<sub>th</sub>  
**Effizienz Wärmepumpe (JAZ):** 2,8 ... 4,2

**Leistung PV-Anlage:** 3,4 ... 10 kW<sub>p</sub>

**El. Speicherkapazität:** 2 ... 8 kWh<sub>el</sub>

**Therm. Speicherkapazität\*:** 150 ... 500 l  
\*Temperaturhub ca. 30K (ca. 5 ... 17 kWh<sub>th</sub>)

HINWEIS: Aktuelle Studien zeigen, dass verfügbare Dachflächen möglichst vollständig zur Energiegewinnung genutzt werden sollten. Die Energiewende erfordert entsprechend auch die Installation wesentlich größerer PV-Anlagen als hier betrachtet. Mehr Informationen dazu in den weiterführenden Informationsquellen.

## Welche Deckungsgrade können erreicht werden?

In der folgenden Betrachtung werden Größenordnungen des PV-Stroms für Haushaltsstrombedarf, die Raumwärme- und Trinkwarmwasserbereitung betrachtet. Deckungsgrade für den Kühlbedarf werden nicht angegeben. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Kühlbedarfe aus PV-Erträgen in hohem Maße und bei Nutzung von elektrischen Speichern nahezu vollständig gedeckt werden können.

<sup>1</sup> QUELLEN: PV-Wärme OTTI 2016, WPuQ-Abschlussbericht, Integrate Eurosun Beitrag von Bob 2022 STS-Beitrag von Tjarko Tjaden 2022 Liste folgt

### **Direkte Nutzung:**

Wird der PV-Strom ohne zwischenzeitliche Speicherung genutzt, also ausschließlich zur Deckung zeitgleicher Strombedarfe für Haushaltsstrom, Warmwasser- und Raumwärmebereitung, ergibt sich ein **kombinierter Deckungsgrad i.H.v. 10...20%**.

Im Detail: Bei direkter Nutzung werden ca. 30% des Haushaltsstroms, 15...20% des Trinkwarmwassers und 3...10% der Raumwärmebedarfe gedeckt.

### **Kombination mit Trinkwarmwasserspeicher:**

Werden PV-Strom-Überschüsse zusätzlich durch einen Trinkwarmwasserspeicher nutzbar gemacht, ergibt sich ein **kombinierter Deckungsgrad i.H.v. 15...35%**.

Im Detail: Mit Trinkwarmwasserspeicher werden ca. 30 % des Haushaltsstroms, 45...65% des Trinkwarmwassers und 3...10% der Raumwärmebedarfe gedeckt

### **Kombination mit elektrischem Speicher:**

PV-Strom-Überschüsse können durch einen elektrischen Speicher besser genutzt werden. Hierdurch ergeben sich schnell erhebliche solare Deckungsgrade für Haushalts- und Heizstrombedarfe.

Wichtig ist: Bereits kleine elektrische Speicher (z.B. 2 kWh) steigern den Deckungsgrad der PV-Stromnutzung vglw. stark. Mit weiterer Erhöhung der elektrischen Speicherkapazität steigt der Deckungsgrad weiter an, jedoch zunehmend weniger stark (degressiv). Daher ist eine sorgsame Abwägung zwischen Autarkie und Wirtschaftlichkeit erforderlich.

Abhängig von der Speicherkapazität ergeben sich nachfolgende **kombinierte Deckungsgrade** (DG):  
bei 2 kWh Speicherkapazität: DG 25...45%,  
bei 4 kWh Speicherkapazität DG 30...55%,  
bei 8 kWh Speicherkapazität DG 33...65%<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Auf eine detailliertere Darstellung der DG für Haushaltsstrom, Trinkwarmwasser und Raumwärme wird hier im Sinne der Übersichtlichkeit verzichtet.

<sup>3</sup> T. Ohrdes, et al. (2020) Wind-Solar-Wärmepumpen-Quartier – Erneuerbar betriebene Wärmepumpen zur Minimierung des

### **Zwischenfazit und Ausblick:**

Grundsätzlich können PV-Anlagen v.a. in Kombination mit Speichern (thermisch/ elektrisch) relevante Beiträge zur Deckung der Strombedarfe im Einfamilienhaus mit Wärmepumpenanlage leisten. Allerdings ist eine alleinige Versorgung mittels PV-Anlagen kaum möglich.

Daher muss auch die Windkraft eine Rolle für die regenerative Elektrifizierung spielen. Wenngleich dies nicht direkt am Einfamilienhaus selbst möglich ist, kann ein dezentraler Ausbau von Windkraft dennoch die Stromlast im öffentlichen Netz verringern und so maßgeblich die Elektrifizierung der Wärme unterstützen.

Untersuchungen<sup>3</sup> zeigen, dass bei abgestimmten Ausbau von Wind und PV ca. 65 % Deckungsgrad (keine Speicher) erreicht werden können. Werden zusätzlich elektrische Speicher eingesetzt, sind sogar Deckungsgrade von mehr als 80% möglich.

### **Welche Voraussetzungen bestehen?**

Um PV-Strom in einem Wärmepumpensystem bestmöglich nutzen zu können, sind einige Aspekte zu berücksichtigen:

#### **Heizkreistemperatur:**

Je geringer die Vorlauftemperatur der Heizung ist, desto effizienter kann eine Wärmepumpe arbeiten und selbst erzeugten PV-Strom nutzen. Eine Absenkung der Heizkurve auf eine minimal erforderliche Betriebstemperatur, der hydraulischer Abgleich der Heizkörper, der Tausch einzelner Heizkörper sowie die Abdichtung von Fenstern und Türen sind nicht- und gering-investive Maßnahmen, die hier maßgeblich helfen können. Dennoch ist festzuhalten: Die Vorlauftemperatur ist nicht der einzige Parameter, der die Effizienz der Wärmepumpe und die PV-Stromnutzung beeinflussen.

Primärenergiebedarfs, In proceedings, Hochschule Nordhausen (Hrsg.): Tagungsband 3. ISBN: 978-3-940820-16-7

### **Einsatz moderner Wärmepumpen:**

Inverter-Wärmepumpen können im modulierenden Betrieb ihre Leistung anpassen. Um aktuelle PV-Erträge bzw. aktuelle PV-Strom-Überschüsse zu ermitteln, ist entweder ein PV-Wechselrichter oder besser noch ein Smart Meter erforderlich. So können Überschüsse der Wärmepumpe zugeführt werden. Zwecks Kommunikation von Wärmepumpe und PV-Wechselrichter/ Smart Meter bestehen verschiedene Möglichkeiten, die sich in ihren Funktionsumfängen unterscheiden.

### **Smart-Grid Ready – SG Ready:**

Das „SG-Ready“-Label des Bundesverbands Wärmepumpe e.V. definiert Mindestanforderungen für Wärmepumpen, um Lastverschiebungen im Sinne eines stabilen Stromnetzbetriebs zu ermöglichen. Ein Großteil der in Deutschland verkauften Wärmepumpen trägt das „SG-Ready“-Label. Manko der SG-Ready-Schnittstelle: Ein angepasster Teillastbetrieb der Wärmepumpe ist bisher nicht Stand der Technik. Die Nutzung temporärer PV-Strom-Überschüsse ist daher nur eingeschränkt möglich. Energiemanagementsysteme (EMS) sind hier zielführender.

### **Energiemanagementsysteme – EMS:**

Energie Management Systeme (EMS) verschiedener Anbieter ermöglichen optimierte Betriebsstrategien auf Basis von Energieströmen und Ladezuständen. So wird ein angepasster Teillastbetrieb der Wärmepumpe ermöglicht. Die Leistung der Wärmepumpe kann so an den aktuellen PV-Strom-Überschuss angepasst werden. Wichtig ist, die Kompatibilität aller Komponenten im Auswahlprozess zu prüfen.

### **Kompetente Planung und Umsetzung:**

Für eine effiziente Verknüpfung von PV-Anlage, Wärmepumpe sowie thermischer und elektrischer Speicher muss zunächst festgelegt werden, welche PV-Stromnutzungen möglich sein sollen.

EMS, etc. passgenau für den Anwendungsfall ausgewählt werden. Alle Komponenten müssen dabei über kompatible Schnittstellen verfügen. Nach der hydraulischen und elektrischen Detailplanung kann die Anlage installiert und in Betrieb genommen werden. Im Rahmen der ersten Wartungen sollten geplante und erreichte Leistungsdaten abgeglichen und ggf. Reglereinstellungen optimiert werden.

## **Weiterführende Informationen**

### **Wärmepumpe und PV**

\* [Es wächst zusammen, was zusammengehört – pv-magazine September 2022](#)

### **Das „SG Ready-Label“ für Wärmepumpen im smart Grid – ein kurzer Überblick:**

\* <https://www.waermepumpe.de/normen-technik/sg-ready/>

### **Ausbau von PV im Bund und in Niedersachsen:**

\* EEG in der Fassung vom 07.07.22

\* NKlimaG in der Fassung vom 05.07.2022

### **Zusammenfassung**

1. Wärmepumpensysteme können lokal erzeugten, erneuerbaren Strom aus PV-Anlagen nutzen – das ist energetisch und wirtschaftlich vorteilhaft
2. Thermische Speicher (besonders in der Warmwasserbereitung) und Batterien erhöhen den Deckungsgrad der PV-Anlage signifikant, aber nicht unbegrenzt → Optimale Dimensionierung entscheidet über Wirtschaftlichkeit
3. Für optimale Ergebnisse sind Kompatibilität der Komponenten, kompetente Planung und Umsetzung sowie Effizienzkontrolle von zentraler Bedeutung.

Stand: Dezember 2022

