

# Nutzungsoptimierung therm. Speicher zur Erhöhung des Eigenverbrauchsquote von PV-Anlagen

Günter Wind, Stephan Neuberger

*Wind – Ingenieurbüro für Physik, Eisenstadt, Österreich*

**ABSTRACT:** Due to shortened feed-in tariffs for solar electricity a reliable estimation of the self-consumption rate of solar systems is vital to determine its cost-effectiveness. Heat pumps for heating and hot water purposes provide the opportunity to increase the consumption of self-produced solar energy. However, there often exists a huge gap between energy demand and the production of solar energy. Thermal storage application can help to decrease this gap. Nevertheless, there are lots of parameters, which can have a big influence but cannot be determined in practice very easily. To determine the self-consumption rate, a simulation tool is used which simulates the thermal behavior of buildings, water heating, photovoltaic system and the weather-dependent electricity demand based on the weather data set. To use thermal mass of buildings to overheat the rooms during times with oversupply allows that during the night, the operation time of heat pumps can be shortened, eventually leading to an improvement in the self-consumption rate. It turns out that these benefits depend primarily on the insulation standard, the local climate situation, the storage mass, lifestyle and the installed PV-power. How much the room temperature should be increased depends on the energy index and the storage mass. In heavy construction and at an energy index of 24 kWh/m<sup>2</sup> the optimum overheating is already at about 0.5°C, if - as forces itself - even the hot water tank is used for buffering. During the transitional period between winter and spring higher temperatures lead only to higher heat demand and offset the benefits of a higher self-consumption rate. This is due to the fact that the building doesn't cool down to the target temperature anymore if the house is well-insulated. In such buildings the buffering in the hot water tank has more influence on the increase of the self-consumption rate than the building materials for heating. Another problem is the power consumption of heat pumps. Although with modulating heat pumps, the power consumption can be adjusted to energy production within certain limits, but often not fast enough to e.g. compensate, "jagged" load profile e.g. of an induction hotplate. Mathematically it can be shown that under certain circumstances the electric heating rod can be economically better than a heat pump. From an environmental perspective this is clearly disadvantageous. This puts pressure on the legislation to create a framework, which don't lead to a regression of efficiency.

## 1. EINLEITUNG

### 1.1 PROBLEMSTELLUNG

Eine zuverlässige Abschätzung der Eigenverbrauchsquote ist bei Solaranlagen ohne geförderte Einspeisetarife von zentraler Bedeutung, um deren Wirtschaftlichkeit beurteilen zu können. Wärmepumpen für Heizung und Warmwasser bieten die Möglichkeit den selbst produzierten Photovoltaikstrom besser für den Eigenbedarf zu verwerten. Der Wärmebedarf und der Photovoltaikstrom haben jedoch unterschiedlichen zeitlichen Verlauf. Maßnahmen zur besseren Anpassung des Strombedarfs an das Energieangebot der Sonnen durch Pufferung in thermische Speichermassen sind qualitativ bekannt. Die quantitative Ermittlung hängt von vielen Einflussparametern ab, die in der Praxis nicht leicht bestimmt werden können.

### 1.2 METHODIK

Für die Ermittlung der Eigenverbrauchsquote wird ein Simulationstool verwendet, welches auf Basis des Wetterdatensatzes das thermische Verhalten von Gebäuden, Warmwasserbereitung, Photovoltaikanlage und den witterungsabhängigen Strombedarf simuliert. Der vom

---

Lebensstil abhängige Stromverbrauch wird dabei über empirische Verbrauchsprofile simuliert. Die Ergebnisse werden bis auf den Stundenbereich aufgelöst. Kurzzeitige Spitzen, wie sie z.B. bei der Aus-Ein-Leistungsregelung von Kochplatten entstehen, werden in der Arbeit nicht abgebildet.

Mit einer gezielten Auswahl und Variation relevanter Parameter, Verbraucherstruktur und durch die Implementierung diverser Regelungsstrategien werden deren Einflüsse auf die Eigenverbrauchsquote und damit verbunden auf die Verbesserung des Stromerlöses ermittelt.

Als Hauptbetrachtungsobjekt diente ein reales Fertigteilhaushalt (4 Personen Haushalt) mit Betonkernaktivierung namens „Assolato“ aus dem Sortiment des Bauunternehmung Waha aus St. Margarethen im Burgenland. Die Energiekennzahl dieses Gebäudes beträgt 23,6 kWh/m<sup>2</sup>/a laut Gebäudesimulation auf. Als Standort wurde Eisenstadt gewählt. Für das Heizen, die Warmwasserbereitung und die Raumkühlung erfolgt mit einer Erdreich-Wärmepumpe. Das Energiekonzept des Hauses umfasst weiters eine kontrollierte Wohnraumlüftung sowie eine 4,8 kWp Photovoltaikanlage.

Im Zuge der Untersuchungen werden die drei folgenden Haustypen miteinander verglichen:

- Basis-Gebäude mit Betonkernaktivierung in Geschoßdecke und Flachdach als Außendecke (Speicherkapazität: 38.823 Wh/K)
- Mischbauweise mit Fußbodenheizung (Speicherkapazität: 16.155 Wh/K)
- Leichtbau mit in Gipsplatten integrierter Wärmeverteilung in Geschoßdecke und Flachdach als Außendecke (Speicherkapazität: 9.566 Wh/K)

Mit der Betrachtung dieser Gebäudetypen sollen die Auswirkungen der Integration Bauteilspeichermasse untersucht werden.

## 2. ERGEBNISSE

### 2.1 ANPASSUNG DES STROMBEDARFS AN DAS STRAHLUNGSANGEBOT VIA LASTMANAGEMENT DER WÄRMEPUMPE

Wie kann der Strombedarf besser an das natürliche Strahlungsangebot angepasst werden, um die Eigenverbrauchsquote von selbst erzeugtem PV-Strom zu steigern? Bis zu einem gewissen Grad kann hierbei die regelungstechnische Integration von Wärmepumpen Abhilfe leisten. Zum besseren Verständnis der Herangehensweise werden an dieser Stelle die wichtigsten Punkte des Regelungskonzepts erläutert. Dabei wurden folgende Prioritäten für die Nutzung des überschüssigen Stroms aus der Photovoltaik-Anlage hinterlegt:

- Nutzung des PV-Stroms für elektrische Verbraucher im Gebäude, die nicht für Raumwärme, Warmwasser, Kühlung verwendet werden.
  - Heizperiode: Einschalten der Wärmepumpe zur Heizung des Gebäudes (Bauteilmasse). Es wird bewusst die Raumtemperatur innerhalb der Behaglichkeitsgrenzen über die Solltemperatur (=20°C) hinaus erhöht, um die überschüssige Energie in einen Wärmeverrat für die kommenden Nacht- und Morgenstunden anzulegen.
  - Sommer: Einschalten der Wärmepumpe zur Kühlung des Gebäudes (Bauteilmasse). Es wird bewusst die Raumtemperatur innerhalb der Behaglichkeitsgrenzen unter die Maximaltemperatur (=25°C) gekühlt, um die überschüssige Energie in einen Kälteverrat für die kommenden Stunden anzulegen.
  - Falls beide vorigen Möglichkeiten ausgeschöpft sind, wird die überschüssige Energie in den Warmwasserspeicher gepuffert. Dazu wird der Speicher über die Solltemperatur von 45°C hinaus bis max. 55°C erwärmt.
-

Die Wirksamkeit dieser Regelung ist stark von der jeweiligen Saison abhängig. Die folgenden Grafiken sollen diesen Sachverhalt anhand der energetischen Leistungen und den Veränderungen der Raumtemperatur bei der Strompufferung in die Bauteilmasse näher erklären.

In Abb. 1 ist hierzu die Situation im Winter (1. Kalenderwoche) dargestellt. Überschüssiger Photovoltaikstrom wird, wie zu sehen ist, um die 105. Wochenstunde mit der Wärmepumpe verheizt. Dadurch steigt die Raumtemperatur (Sekundärachse) um ca.  $0,4^{\circ}\text{C}$  an. Daher wird in der kommenden Nacht kein Strom für die Wärmepumpe benötigt. In der Kernheizzeit sind solche Situationen aber eher selten, da die Einstrahlung und somit die Stromproduktion (siehe Linie ganz unten, ausgenommen 105. Stunde) relativ bescheiden ist. Der Verlauf der Wärmezufuhr ist dabei an der linken Achse abzulesen, die braune Kurve gibt an der rechten Achse die Raumtemperatur wieder. Die Mitteltemperatur dieser Woche entspricht mit  $-1,4^{\circ}\text{C}$  der Jahreszeit.

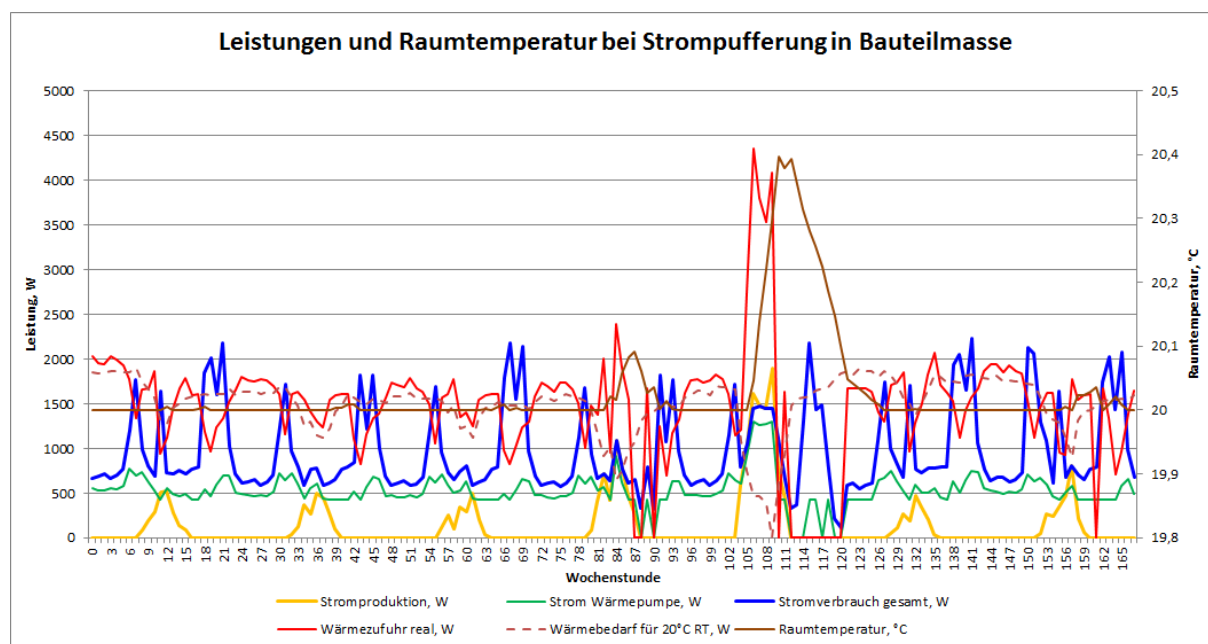


Abb. 1: Jahreswoche 1 (1.1. bis 7.1.) Verlauf von Stromproduktion durch die 5 kWp-PV-Anlage, Leistungsaufnahme der Wärmepumpe, Wärmeabgabe der Wärmepumpe an den Raum, Raumwärmebedarf. Die strichlierte Linie stellt den Normwärmebedarf für  $20^{\circ}\text{C}$  Raumtemperatur dar.

Ein ganz anderes Bild zeigt sich Ende des Winters, (siehe Abb. 2). Tagsüber geht der Wärmebedarf (strichlierte Linie) bedingt durch die passiven solaren Einträge auf null zurück. Der zeitgleich in Überschuss anfallende PV-Strom wird über die Wärmepumpe verheizt und in der Bauteilmasse für die kommende Nacht zwischengespeichert. Aufgrund des guten Dämmstandard wird selbst bei diesen niedrigen Außentemperaturen in der kommenden Nacht nicht bzw. kaum mehr geheizt. Die Bauteilspeichermasse kommt daher während dieser Zeit optimal zur Geltung.

Wenn die Nächte nicht mehr ganz so kalt sind, kühlt das Gebäude nicht mehr ganz auf die Solltemperatur von  $20^{\circ}\text{C}$  ab – d.h. der Bauteilspeicher wird nicht mehr geleert, sodass am nächsten Tag nur mehr weniger PV-Strom gepuffert werden kann. Zusätzlich füllen auch die passiven solaren Erträge den Bauteilspeicher tagsüber auf (siehe Abb. 3). Die konkurrierenden passiven Solareinträge verringern die Möglichkeit überschüssigen PV-Strom als Bauteilwärme sinnvoll zu speichern (siehe dünner werdende linke Spitzen während des Tages). Eine weitere Erhöhung der Raumtemperatur würde nur die Wärmeverluste erhöhen, ohne dass die erhöhte Raumtemperatur wirklich benötigt wird. Überschüssiger PV-Strom kann hauptsächlich nur mehr in begrenztem Ausmaß in den Warmwasserspeicher gepuffert werden.

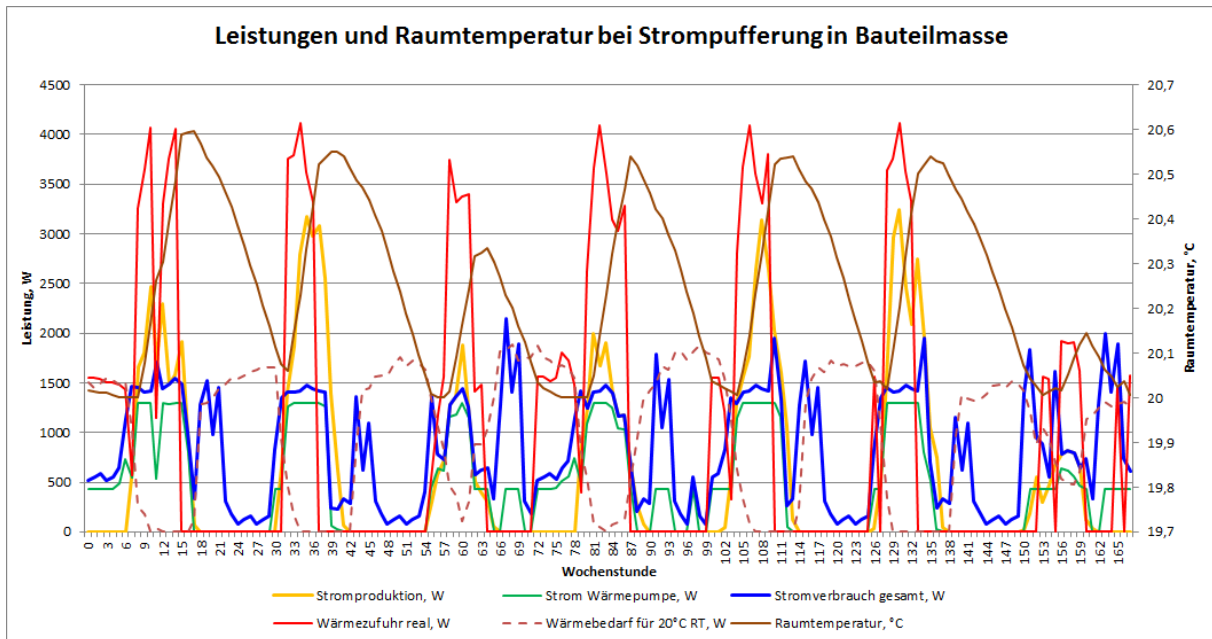


Abb. 2: Woche 10 (5.3. bis 11.3.) Verlauf von Stromproduktion durch die 5kWp-PV-Anlage, Leistungsaufnahme der Wärmepumpe, Wärmeabgabe der Wärmepumpe an den Raum, Raumwärmebedarf. In dieser Woche hat es eine mittlere Temperatur von 1,9°C – leicht kühler als der Märzdurchschnitt.

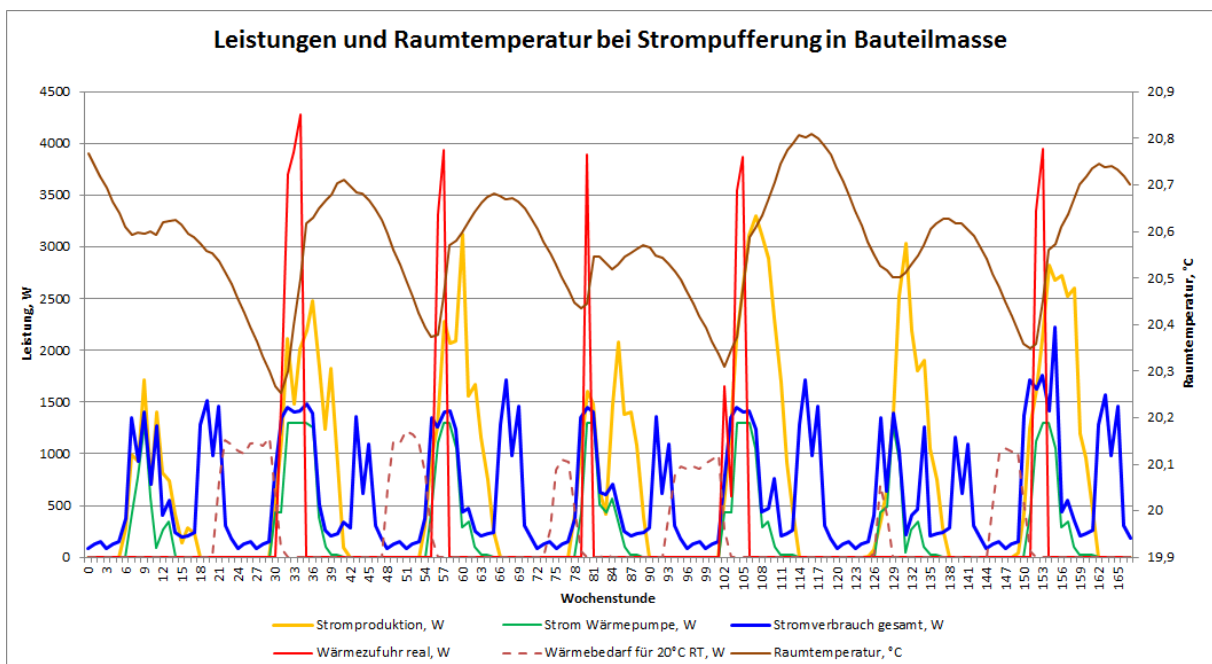


Abb. 3: Woche 14 (2.4. bis 8.4.) Verlauf von Stromproduktion durch die 5kWp-PV-Anlage, Leistungsaufnahme der Wärmepumpe, Wärmeabgabe der Wärmepumpe an den Raum, Raumwärmebedarf. In dieser Woche hat es eine mittlere Temperatur von etwa 9,2°C - entspricht Aprildurchschnitt.

## 2.2 ZUSAMMENHANG SPEICHERMASSE UND OPTIMALER TEMPERATURERHÖHUNG

Wie der Titel des Kapitels schon vermuten lässt, beschäftigt sich dieses mit dem Einfluss von Speicherkapazitäten in Häusern auf die Aufnahme von Wärme, welche mittels überschüssigen Photovoltaik-Stroms zusätzlich ins Gebäude gebracht wird. D.h. die Überschüsse der PV-Anlage werden in erster Linie zur Erhöhung der Raumtemperatur bis zu einem maximalen Wert von 22°C verwendet und in zweiter Linie zur Erhöhung der Temperatur im Warmwasserspeicher bis auf einen Wert von 55°C. Es stellt sich die Frage, wie weit über die Solltem-

peratur hinaus die Überschüsse gepuffert werden soll bzw. wo sich das Optimum von kleiner werden Eigenverbrauchsnutzen und der Nutzung des geringen Einspeiserlöses einstellt.

Im Rahmen der Analyse wurden hierzu, wie eingangs erwähnt drei Gebäudetypen mit unterschiedlicher Speicherkapazität miteinander verglichen (einmal schwere Bauweise mit Betonkernaktivierung, Speicherkapazität: 38.823 Wh/K; einmal Mischbauweise mit Fußbodenheizung, Speicherkapazität: 16.155 Wh/K, einmal Leichtbau mit Bauteilaktivierung, Speicherkapazität: 9.566 Wh/K).

Die Ergebnisse sind anhand Abb. 4 ersichtlich. Um zu einer optimalen Temperaturerhöhung zu gelangen, wurden hierzu auf der X-Achse die Rauminnentemperaturen von 20°C bis 22°C und in Abhängigkeit davon auf der primären Y-Achse die Gesamtstromkosten (Strombezugskosten minus Einspeiserlöse) sowie auf der sekundären Y-Achse der Strombedarf rein für die Wärmepumpe aufgetragen.

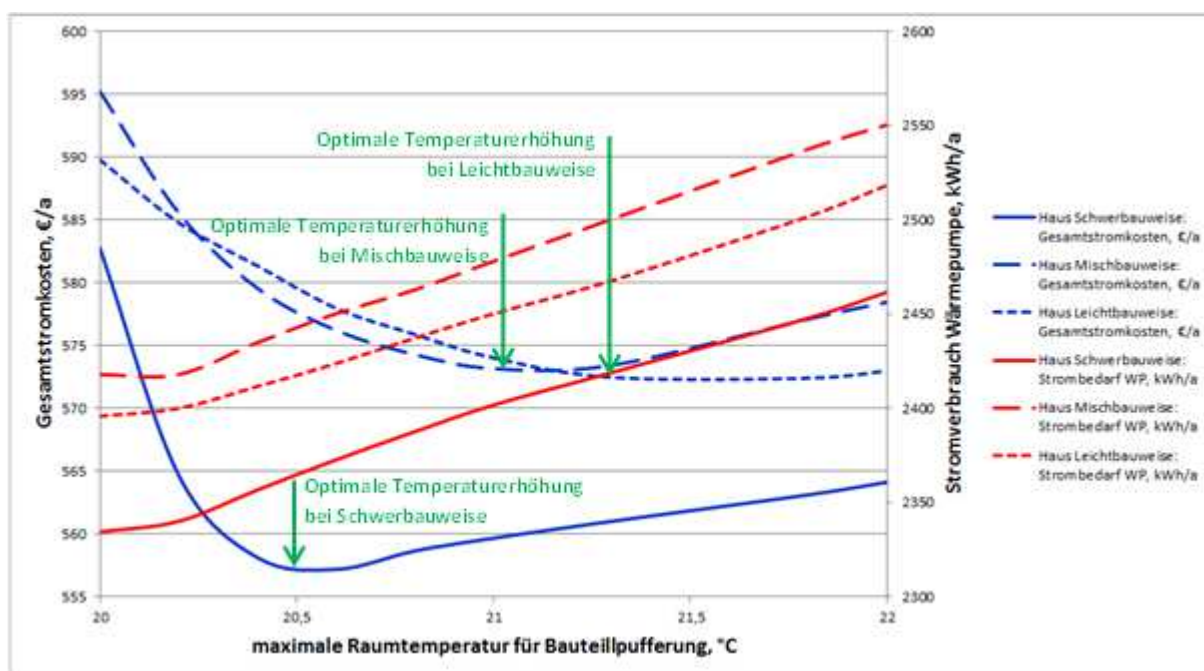


Abb. 4: Optimale Temperaturerhöhung in Abhängigkeit der Speicherkapazität

Je höher die Speicherkapazität ist, umso niedriger liegt die optimale Temperaturerhöhung. So sollte ein Haus bei Leichtbauweise nicht mehr als 1,3°C über der minimalen Raumtemperatur aufgeheizt werden. Eine weitere Temperaturerhöhung führt zu einer leichten Erhöhung der Gesamtkosten, aber eine raschere Zunahme des Energieverbrauchs – also zu einer sinnlosen Energieverschwendung wie anhand der in diesem Bereich fast linear ansteigenden Linien zu sehen ist. Je höher die Speichermasse des Hauses ist, umso niedriger liegt die Grenztemperatur für die Optimierung des Eigenverbrauchs. Bei der Mischbauvariante sollte maximal bis 1°C, bei der schweren Bauweise nur 0,5°C über die Solltemperatur hinaus geheizt werden. Das Einsparungspotenzial durch die Speicherung von Überschussstrom in Form von Wärme fällt relativ gering aus (ca. 20 €/a bis 30 €/a), was sich in dem guten Dämmstandard des untersuchten Gebäudes begründet.

Eine schlechtere (=höhere) Energiekennzahl des Gebäudes kühlt in der Nacht stärker ab, sodass tagsüber größere Energiemengen in die Bauteile gepuffert werden können. D.h. je weniger das Gebäude gedämmt ist, umso höher liegt die Grenztemperatur für die Überwärmung des Gebäudes. Nicht vergessen darf man jedoch, dass das größere Optimierungspotenzial der Eigenbedarfsnutzung bei weitem nicht höheren Gesamtenergiekosten (wegen der schlechteren Dämmung) ausgleichen kann.



### 2.3 EIGENBEDARFSOPTIMIERUNG DURCH HEIZUNG, WARMWASSER UND KÜHLUNG

In diesem Kapitel wird der Frage nachgegangen, wie sich die Eigenbedarfsquote der Photovoltaikanlage verändert, wenn die Regelstrategie verändert wird. Für die Berechnungen wird das Fertigteilhaus mit Betonkernaktivierung herangezogen. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tab. 1 ersichtlich.

Tab. 1: Auswirkung unterschiedlicher Nutzung des PV-Stroms anhand Haus mit Betonkernaktivierung

	Eigenbedarfsquote	Deckungsquote
Nur sonstiger el. Verbrauch	21%	29%
Sonstiger el. Verbrauch + Kühlung	22%	29%
Sonstiger el. Verbrauch + Raumwärme	32%	33%
Sonstiger el. Verbrauch + Warmwasser	37%	38%
Sonstiger el. Verbrauch + Raumwärme + Warmwasser	47%	39%
Sonstiger el. Verbrauch + Raumwärme + Kühlung	33%	34%

Wie gut aus der Tabelle hervorgeht, kann v.a. durch die Nutzung des überschüssigen Stroms zur Warmwasserbereitung signifikant die Eigenbedarfsquote (von 21% auf 37%) wie Deckungsquote (von 29% auf 38%) erhöht werden. Etwas weniger auch die Nutzung des PV-Stroms für die Raumwärme Sinn, um den Eigenverbrauch merkbar zu erhöhen (Eigenverbrauchsquote steigt um 52%). Wenig Optimierungspotenzial gibt es bei der Gebäudekühlung (Verbesserung der Eigenverbrauchsquote und der Deckungsquote nur um 1%). Der Kühlenergiebedarf und das Solarenergieangebot sind naturgemäß gut aufeinander abgestimmt. Daher gibt es nur einen geringen Nutzen, wenn das Gebäude mit Überschussenergie stärker als erforderlich gekühlt wird. Damit wird auch erkennbar, dass die Nutzung des PV-Stroms für Raumwärme und Warmwasser nahezu das gesamte nutzbare Potenzial zur Hebung des Eigenbedarfs ausmachen.

### 2.4 REGELTECHNISCHE HERAUSFORDERUNGEN

Die im vorigen Kapitel ermittelte optimale Temperaturerhöhung gilt eigentlich nur für eine bestimmte Speichermasse, Energiekennzahl und einem bestimmten Lebensstil, der das Verbrauchsprofil für den sonstigen Strombedarf festlegt. Die Ermittlung dieser Parameter ist in der Praxis nicht einfach berechenbar. Für die Zukunft wäre es daher sinnvoll, wenn die Lastmanagement-Regelung neben einer Einbeziehung der Wetterprognose auch fähig wäre, durch Auswertung häufig erfasster Parameter (Raumtemperatur, Außentemperatur, Globalstrahlung, Vorlauftemperaturen, Speichertemperatur, PV-Ertrag) das Optimum der Temperaturerhöhung im Laufe des Betriebes selbst zu ermitteln, und diesen Wert laufend adaptieren könnte, weil die Einflussparameter sich ändern können. Dies könnte zu einer eleganten Lösung des Problems der unnötigen Energieverschwendung durch zu starke Überwärmung bzw. Unterkühlung des Gebäudes lösen.

Eine weitere Herausforderung stellt die Bilanzierung von Verbrauch und Erzeugung dar. Derzeit sind die augenblicklichen Werte für die Verrechnung von Bezug und Einspeisung relevant. Für das Betreiben von elektrischen Akkus in Haushalten wäre sinnvoll, wenn bei der Abrechnung des elektrischen Stroms von der augenblicklichen Bilanzierung weggegangen wird und sich diese hin zu einer Bewertung auf Basis von Mittelwerten (z.B. Stundenmittelwert) entwickeln würde. Bei Verbrauchern mit hohem Bedarf aber nur kurzer Betriebszeit (z.B. E-Herde) führt ein schnelles Reagieren des Akkus jedoch zu hohen Lade-Entladezyklen, was zu verminderter Lebensdauer führt. Zu Bedenken ist, dass die Regelung von Heizplatten meist durch raschen Ein- und Ausschalten geregelt wird - bei Induktionsplatten, Mikrowellen innerhalb weniger (!) Sekunden. Da sich kurzzeitige auftretende Leistungsspitzen ohnehin über mehrere Haushalte aufgrund unterschiedlicher Einschaltzeiten ausgleichen, entsteht für das Netz nicht die oftmals befürchtete Spitzenbelastung. Kurzfristige Lastspitzen glätten sich

nämlich statistisch. Daher ist es auch nicht sinnvoll das Lastmanagement auf kurzzeitige Lastschwankungen innerhalb eines einzelnen Gebäudes auszugleichen. In Zukunft sollte daher die Lebensdauer von Akkus aufgrund ihrer energieintensiven Herstellung im Vordergrund stehen. Die Ausrichtung auf z.B. stundenbasierte Mittelung kann hierbei Abhilfe schaffen.

## 2.5 EINSPARUNGSPOTENZIAL HEIZSTAB VS WÄRMEPUMPE

Wie schon öfters erwähnt, besteht zurzeit aufgrund gefallener Einspeisetarife für PV-Strom ein Hype den Eigenverbrauch im Haushalt zu heben. Sehr häufig wird dafür Werbung gemacht den selbst erzeugten Strom via Power-to-Heat Verfahren im meist vorhandenen Trinkwasser- oder Pufferspeicher zu „verheizen“. Dabei kommen kostengünstige elektrische Heizstäbe zum Einsatz. Obwohl der Nutzen von Wärmepumpensystemen zum Aufheizen drei bis viermal höher ist, werden die Direktheizer trotzdem derzeit sehr stark fociert. Beworben wird, dass ein Heizstab im Gegensatz zur Wärmepumpe jede Leistung zwischen Null und Nennleistung verarbeiten kann und die Einsparung die Anschaffungskosten rasch einspielt. Dieser Umstand wird in diesem Kapitel näher untersucht:

Hierzu werden die jährlichen Einsparungs- als auch Betriebskosteneffekte von einem Haus, welches einmal die PV-Strom Überschüsse mittels Direktheizern (3.5 kW el.) und einmal mittels Erd-Wärmepumpe (1,3 kW el., minimale Leistung 30% der Nennleistung) in einen vorhandenen Warmwasserspeicher bringt, miteinander verglichen. Dabei ist der Wärmepumpe aufgrund des sinkenden COPs bei höheren Speichertemperaturen Grenzen gesetzt. Diese Grenzen werden mit 60°C festgelegt. Direktheizer können grundsätzlich noch weit höhere Temperaturen ohne Probleme bereitstellen, weshalb für die Analyse die maximale Speichertemperatur auf 70°C festgelegt wurde. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tab. 2 zu sehen.

Tab. 2: Einsparungspotenzial Direktheizer vs. Wärmepumpe

Einsparung durch Aufheizen des Warmwasserspeichers	
System mit Direktheizern	182 €
System mit Wärmepumpe	51 €

Werden nur die jährlichen Einsparungen betrachtet, schneidet der Direktheizer tatsächlich merklich besser ab als die Wärmepumpe. Es werden fast 3,6-mal so viele Kosten eingespart als mit der Wärmepumpe. Oberflächlich betrachtet ließe dies den Schluss zu, dass der Heizstab die bessere Option sei.

Es sind jedoch auch die Betriebskosten zu berücksichtigen. Eine Übersicht der jährlichen strombezogenen Betriebskosten ergibt sich in Tab. 3 (dabei ist auch der sonstige Stromverbrauch für TV, Beleuchtung, E-Herde, Kühlung usw. inkludiert).

Tab. 3: Betriebskosten Direktheizer vs. Wärmepumpe

	Betriebskosten vor Aufheizen des Warmwasserspeichers	Betriebskosten nach Aufheizen des Warmwasserspeichers
System mit Direktheizern	1590 €	1408 €
System mit Wärmepumpe	630 €	579 €
Differenz	960 €	829 €

Wie nun zu erkennen ist, ergeben sich trotz der größeren Einsparungseffekte bei der Aufheizung im Warmwasserspeicher gewaltige Unterschiede. Das Wärmepumpensystem weist selbst dann über das Jahr gerechnet eine um 830 € geringere Stromrechnung auf. Dies entspricht einem Einsparungseffekt von 60% und schont darüber hinaus in beträchtlichem Ausmaß die Umwelt. Auf 12 bis 15 Jahre betrachtet, sollten sich mit dieser Einsparung auch die höheren Anschaffungskosten der Wärmepumpe bezahlt machen. Zumindest in gegenständli-

chen Fall einer vierköpfigen Familie mit mäßigem Warmwasserbedarf ist der Heizstab gegenüber der Wärmepumpe nicht nur ökologisch, sondern auch ökonomisch im Nachteil.

### **3. SCHLUSSFOLGERUNG, ZUSAMMENFASSUNG**

Der Verlauf des Strombedarfs der Heizungswärmepumpe ist bei einer konstanten Rauminnentemperatur nicht nur saisonal sondern auch im Tagesverlauf gegenläufig zum Strahlungsangebot. Die üblichen Zeitprogramme mit Nachtabsenkung und morgendlicher Aufheizphase verbessern die Eigenverbrauchsquote nicht. Die Nutzung der thermischen Speichermasse des Gebäudes mit einer beabsichtigten Übererwärmung des Gebäude mit dem Stromüberangebot ermöglicht, dass während der Nacht die Wärmepumpe kürzer oder gar nicht läuft, was schließlich zu einer Verbesserung der Eigenverbrauchsquote führt. Es zeigt sich, dass dieser Nutzen in erster Linie vom Dämmstandard und vom Klima und im geringeren Maße auch von der Speichermasse abhängt. Wie hoch die Raumtemperatur über den Sollwert hinaus maximal erhöht werden soll, hängt bei gegebener Energiekennzahl und gegebenem Allgemeinstrombedarf von der Speichermasse ab. Bei schwerer Bauweise und bei einer Energiekennzahl von 24 kWh/m<sup>2</sup>/a liegt das Optimum der Übererwärmung schon bei etwa 0,5°C, wenn gleichzeitig – wie sich aufdrängt – auch der Warmwasserspeicher zur Pufferung eingesetzt wird. Höhere Übertemperaturen führen dazu, dass in der Übergangsperiode, das gut gedämmte Gebäude gar nicht mehr bis auf die Solltemperatur auskühlen, wodurch der daraus resultierende höhere Wärmebedarf den Nutzen der höheren Eigenverbrauchsquote kompensiert. Bei gut gedämmten Gebäuden zeigt sich, dass die Pufferung in den Warmwasser mehr Einfluss auf die Steigerung der Eigenbedarfsquote hat als die Speicherung von Wärme in der Bauteilmasse.

Ein Problem stellt auch die Leistungsaufnahme der Wärmepumpe dar. Mit modulierenden Wärmepumpen kann zwar die Leistungsaufnahme innerhalb gewisser Grenzen an die Energieproduktion angepasst werden, oft aber nicht rasch genug, um z.B. das „zackige“ Lastprofil einer geregelten Kochplatte auszugleichen. Bei Lastmanagementsystem mit Akku können diese Schwankungen zu kurzzeitigen Lade- und Entladezyklen führen. Kurzzeitige Leistungsspitzen im Sekunden- und Minutenbereich gleichen sich ohnehin statistisch im Verbund weniger Gebäude/Haushalte aus, sodass diese in Summe die Netzbelastung nicht erhöhen. Eine augenblickliche Bewertung zur Verrechnung von Eigenbedarf führt daher nur zu unnötigem Stress für Wärmepumpen, Akkuverschleiß. Beheben könnte man das Problem mit einer Bewertung von Eigenbedarf durch Bilanzierung über Mittelwerte (z.B. Stundenmittelwerte)

Rechnerisch kann gezeigt werden, dass sich unter gewissen Umständen der Heizstab besser zur Leistungsanpassung eignet als eine Wärmepumpe, aus ökologischer Sicht ist dies jedoch eindeutig nachteilig. Es drängt sich für die Gesetzgebung die Pflicht auf, Rahmenbedingungen zu schaffen, dass bei der Nutzung regenerativer Energiequellen kein Rückschritt bei der Effizienz provoziert wird.

#### **Kontakt Daten Autoren:**

Günter Wind  
Marktstraße 3  
7000 Eisenstadt  
Email: [g.wind@ibwind.at](mailto:g.wind@ibwind.at)

Stephan Neuberger  
Marktstraße 3  
7000 Eisenstadt  
Email: [neuberger@ibwind.at](mailto:neuberger@ibwind.at)

---