

# Kritische Analyse der Jahresbilanzverfahren beim Einsatz einer Luftwärmepumpe in Kombination einer Photovoltaikanlage

DI Dr. Georg Benke, DI Christof Amann

e7 energy innovation & engineering, Walcherstraße 11/43; 1020 Wien,  
01-907 80 26 - 57, [georg.benke@e-sieben.at](mailto:georg.benke@e-sieben.at); [www.e-sieben.at](http://www.e-sieben.at)

**Kurzfassung:** Die Kombination von Luftwärmepumpen mit Photovoltaikanlagen wird vielfach als optimaler Beitrag zum Klimaschutz und zur Versorgungssicherheit betrachtet. Dabei wird davon ausgegangen, dass über das Jahr gesehen, die Photovoltaikanlage so viel Strom (kWh) erzeugt, wie die Wärmepumpe für ihren Betrieb über das Jahr benötigt. Wenn hier Jahresenergiemengen bilanziert werden, dann wird von einem Jahresbilanzverfahren gesprochen. Die implizite Annahme des Jahresbilanzverfahrens lautet, dass der Zeitpunkt der Erzeugung der Energie für die Nutzung dieser Energie keine Rolle spielt. Da Einspeisung und Verbrauch im elektrischen Netz zu jedem Zeitpunkt ausgeglichen sein muss und das Netz die elektrische Energie nicht speichern kann, wird dieser Zugang einer kritischen Analyse unterzogen. Es zeigt anhand von Realdaten, dass Solaranlagen um den Faktor 40 und größer ausgelegt werden müssen, damit sie zumindest auf der Monatsebene immer ausgeglichen bilanzieren können.

**Keywords:** Luftwärmepumpe, Photovoltaik, Energieautarkie

## 1 Ausgangslage

Die Kombination von Luftwärmepumpen mit Photovoltaikanlagen wird vielfach als optimaler Beitrag zum Klimaschutz und zur Versorgungssicherheit betrachtet. Wärmepumpenhersteller werben gerne mit diesem Sujet und auch viele Leitfäden<sup>1</sup> behandeln dieses Thema durchaus positiv. Dabei wird davon ausgegangen, dass über das Jahr gesehen die Photovoltaikanlage so viel Strom (kWh) erzeugt, wie die Wärmepumpe für ihren Betrieb benötigt. Wenn Jahresenergiemengen bilanziert werden, dann wird vom Jahresbilanzverfahren gesprochen. Das wäre in dieser Form auch ein Beitrag zur 100% Energiebilanzierung mit erneuerbarem Strom der österreichischen Elektrizitätswirtschaft, die bis 2030 angestrebt wird.

Die implizite Annahme des Jahresbilanzverfahrens lautet, dass der Zeitpunkt der Einspeisung für die Nutzung dieser Energie keine Rolle spielt. Da Einspeisung und Verbrauch im elektrischen Netz zu jedem Zeitpunkt ausgeglichen sein muss und das Netz die elektrische Energie nicht speichern kann, wird dieser Zugang einer kritischen Analyse unterzogen.

---

<sup>1</sup> Leitfaden Wärmepumpe Kombination von Wärmepumpe und Photovoltaik; Sven Kersten; Björn Fritsche, EnergieAgentur.NRW, Düsseldorf; 10.2015

Physikalisch müsste die im Sommerhalbjahr erzeugte Energie für den Betrieb der Wärmepumpe im Winterhalbjahr gespeichert werden, um diese auch nutzen zu können. Das Jahresbilanzverfahren wird für die gegenständliche Fragestellung daher sehr kritisch gesehen.

## 2 Fragestellung

Um die Problematik des Einsatzes des Jahresbilanzverfahrens aufzeigen zu können, wird folgende Fragestellung betrachtet:

Wie groß muss eine PV-Anlage im Vergleich zur Auslegung nach dem Jahresbilanzverfahren sein, um in jedem einzelnen Monat ausreichend Energie für den Betrieb der Wärmepumpe zu erzeugen (Monatsbilanzverfahren)?

In diesem vereinfachten Ansatz wird von dem Betrachtungszeitraum Jahr auf den Betrachtungszeitraum Monat gewechselt und überprüft, ob in jedem Monat ausreichend Strom durch die PV-Anlage erzeugt wird, um ausgeglichen bilanzieren zu können.

Folgende Randbedingungen werden gesetzt:

- Standort: Großraum Stadt Salzburg (=> Temperaturen und Standort PV)
- Analysezeitraum: 2017 und 2018
- Jahresenergiebedarf für die Luftwärmepumpe: 2.000 kWh. Bei einer Jahresarbeitszahl von 3 bedeutet dies, dass das Objekt eine jährlichen Heizbedarf von 6000 kWh bzw. circa 600 Liter Heizöl bzw. ca. 600 m<sup>3</sup> Erdgas benötigt.
- Reale Erträge von Photovoltaikanlagen im Bereich des gewählten Standortes
- Gebäude: Neubau / nur Heizen – ohne Warmwasser

Der Standort Salzburg wurde willkürlich gewählt, wobei zu erwähnen ist, dass der Autor dieses Papers aus Salzburg stammt und dadurch mit den Standorten der verwendeten Photovoltaikanalgen vertraut war.

## 3 Analyse Luftwärmepumpe

Luftwärmepumpen haben die Eigenschaft, dass ihre Effizienz mit fallenden Außentemperaturen sinkt. Während bei einer Stromdirektheizung der Stromverbrauch bei einer Temperatur von 12°C (Heizstarttemperatur) auf -5°C um das dreifach steigt, ist es bei der Luftwärmepumpe das 10-fache<sup>2</sup>.

Dadurch wird in der kalten Zeit (z.B. im Jänner) ungleich mehr Energie (Strom) benötigt, als es den anteiligen Heizgradtagen entspricht. Dies führt in weiterem dazu, dass vor allem zu Zeiten von kalten Monaten, tiefere Temperaturen zu extrem hohen Nachfragen führen. Dieser Effekt wurde von e7 bereits 2015 untersucht<sup>3</sup>, wobei festgestellt wurde, dass damals bereits 3% der österreichischen Stromleistung in dieser Engpasszeit für Luftwärmepumpen benötigt

---

<sup>2</sup> Auf die höhere Effizienz der Luftwärmepumpe im Vergleich zur Stromdirektheizung muss hier verwiesen werden. Es wird davon ausgegangen, dass in Bestandsgebäuden bei hohen Vorlauftemperaturen unter -10°C hier nur mehr geringe Unterschiede bei der Gesamtperformance gegeben ist.

<sup>3</sup> e7 hat sich mit der Auswirkung der Spitzenlastnachfrage durch Luftwärmepumpen in einer eigenen Expertise beschäftigt: [https://www.e-sieben.at/de/projekte/1515\\_LWP.php](https://www.e-sieben.at/de/projekte/1515_LWP.php)

werden.

Mit Hilfe eines von e7 entwickelten Tools, welches die Stromnachfrage für Luftwärmepumpen in Abhängigkeit der Außentemperatur im Intervall von 15 Minuten berechnet, wurde ermittelt, welche Verteilung der Stromnachfrage für den Standort Stadt Salzburg in den Jahren 2017 und 2018 auf Monatsebene gegeben ist. Das Ergebnis – dargestellt in Prozent - ist in Tabelle 1 dargestellt.

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
2017	35,2%	14,3%	6,3%	6,4%	1,0%	0,1%	0,0%	0,0%	1,2%	2,3%	12,6%	20,7%
2018	17,3%	28,3%	17,2%	0,9%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%	0,6%	2,9%	13,6%	19,0%

Tabelle 1: Anteilige Stromnachfrage für eine Luftwärmepumpe (nur Heizen/ Neubau) in Salzburg. (Quelle: Berechnung e7)

Es zeigt sich, dass am Standort Salzburg (Temperaturwerte Freisaal/Salzburg) im Jahr 2017 35,2% der Jahresstromnachfrage im Jänner erfolgte. Im Jahre 2018 war die höchste Monatsnachfrage mit 28,3% des Jahresstromverbrauchs im Februar.

Umgerechnet auf den Bedarf von 2.000 kWh für die Luftwärmepumpe, wurden im Jänner 2017 insgesamt 704,1 kWh benötigt. Für den Februar 2018 ergibt sich ein Strombedarf von 565,7 kWh.

Diese extreme Verteilung ergibt sich auch aus dem Umstand, dass die Luftwärmepumpe bei einem Einsatz im Sommer hoch effizient ist, und eine monatliche Arbeitszahl von durchaus 5 und mehr haben kann. Im Winter bzw. an sehr kalten Tagen, gehen die Werte jedoch auf eine Arbeitszahl von unter 2.

## 4 Analyse PV

Für die Analyse der PV-Erträge konnte auf Daten von 14 zufällig ausgewählten PV-Anlagen in verschiedenen Leistungsgrößen aus dem Großraum Salzburg zurückgegriffen werden. Die Daten dieser Anlagen waren im WEB verfügbar<sup>4</sup> und konnten so erhoben werden. Wenn bei einer Anlage Daten von zumindest einem Monat fehlten, wurden sie nicht mitberücksichtigt. Von den 14 Anlagen wurden alle gleichgewichtet in der Ermittlung der Erzeugungsverteilung berücksichtigt.

Die Verteilung der Jahresproduktion für die Jahre 2017 und 2018 (in %) ist in der Tabelle 2 ersichtlich. Um die erforderlichen 2.000 kWh/Jahr zu erzeugen, bedarf es einer Anlage mit 2,3 kW<sub>peak</sub>. Dieser Wert ergibt sich aus den Produktionsdaten der 14 PV-Anlagen. Die Erträge der einzelnen Anlagen wurden dabei immer auf ein kW<sub>peak</sub> umgerechnet, und dann der Mittelwert der 14 Anlagen genommen.

---

<sup>4</sup> <https://monitoringpublic.solaredge.com/>

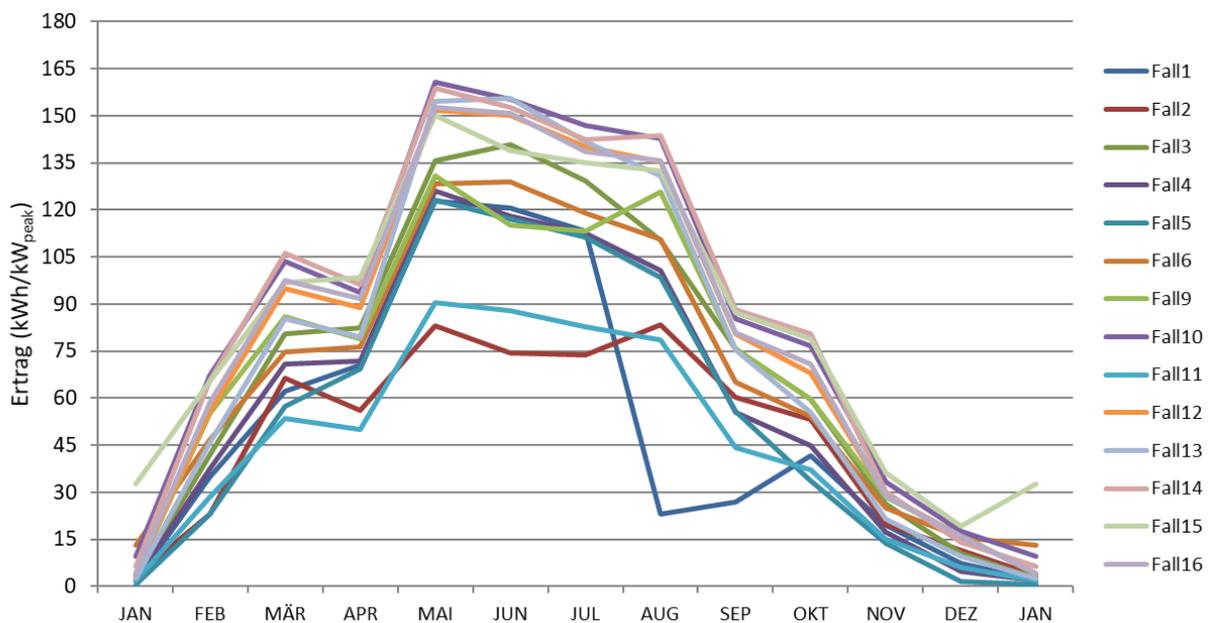
	Jän	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Jahr 2017	0,7%	5,3%	9,3%	9,1%	15,3%	14,8%	14,0%	12,7%	7,8%	6,7%	2,8%	1,4%
Jahr 2018	2,7%	2,0%	6,6%	12,8%	13,6%	12,1%	13,9%	13,2%	10,4%	7,3%	3,8%	1,4%

Tabelle 2: Anteilige monatliche Stromerzeugung durch PV im Großraum Stadt Salzburg für die Jahre 2017 und 2018 (Quelle: Auswertung e7 von 14 realen PV-Anlagen).

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist, wurden im Jänner 2017 lediglich 0,7% der Jahresmenge erzeugt. Diese Menge entspricht 14 kWh. Im Jahre 2018 wurde bei dieser Anlage im Februar (höchste Nachfrage bei der Wärmepumpe) 40,7 kWh erzeugt (2,0% von 2.000 kWh).

In Abbildung 1 sind die Verbrauchskurven der einzelnen Anlagen je  $kW_{peak}$  noch einmal ersichtlich.

Abbildung 1: monatliche Stromerzeugung verschiedener PV-Anlagen in kWh /  $kW_{peak}$  im Großraum Stadt Salzburg für die Jahre 2017 und 2018 (Quelle: Auswertung e7 von 14 realen PV-Anlagen).



Überraschend war bei der Auswertung, dass der Ertrag pro  $kW_{peak}$  in beiden Jahren unter 890 kWh lag. Damit weicht der Wert durchaus von den üblich kommunizierten Werten von 1050 kWh /  $kW_{peak}$  ab. Es wird erwartet, dass bei einer weiteren Forcierung der Photovoltaikanlagen der Wert eher noch sinkt, da auch zunehmend nicht sehr geeignete Flächen (zB.: Flachdachkollektoren) für die Nutzung herangezogen werden.

## 5 Monatsbilanz

Anhand des monatlichen Strombedarfs der Luftwärmepumpe und der Erzeugungsstruktur der PV-Anlage lässt sich die Größe der erforderlichen PV-Anlage errechnen, die notwendig ist, um den monatlichen Strombedarf in der kalten Periode zumindest im Monatsbilanzverfahren decken zu können. Ein Speicher (Wärme und/oder Batterie) ist aber zusätzlich erforderlich. Hier wurden Kalkulationen durchgeführt, jedoch zeigt es sich rasch, dass man hier im Bereich 50 bis 60% der Monatsnachfrage dimensionieren muss, um hier durchzukommen. In der

Praxis wären dies eine Batterie mit ca. 400 kWh Speicher.

	PV-Auslegung	Faktor
Jahresbilanzverfahren	2,3 kWp	1,0
Monatsbilanzverfahren (2017)	112 kWp	48,7
Monatsbilanzverfahren (2018)	31,4 kWp	13,9

Tabelle 3: Auslegung der PV-Anlage nach dem Jahres- und dem Monatsbilanzverfahren (Quelle: eigene Berechnungen e7)

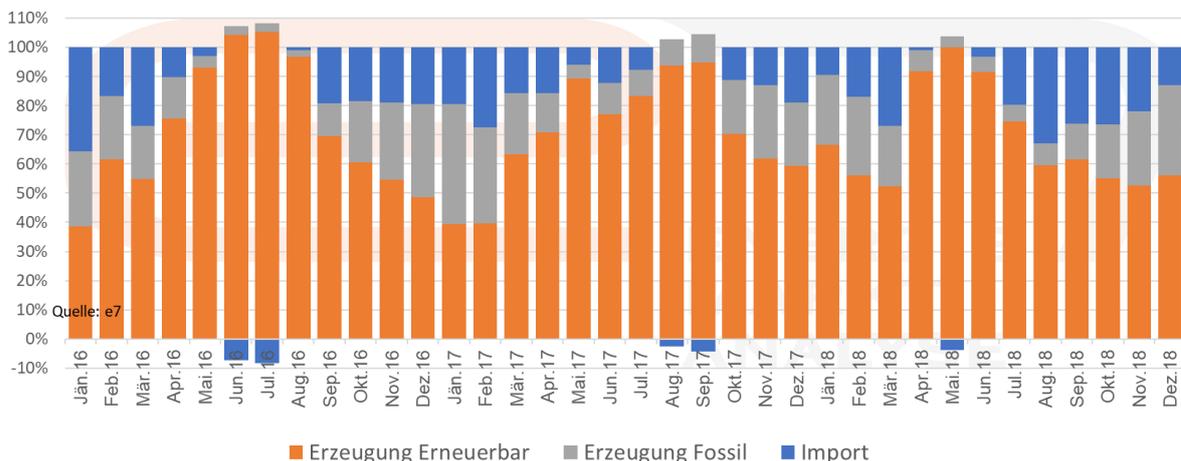
Aus den gezeigten Daten ergibt sich, dass im Jahre 2017 die PV-Anlage anstelle der Leistung von 2,3 kW<sub>peak</sub>, die sich aus dem Jahresbilanzverfahren ergibt, eine Leistung von 112 kW<sub>peak</sub> (Faktor 48,7) haben müsste, um im Jänner ausgeglichen bilanzieren zu können, d.h. den Strombedarf der Luftwärmepumpe decken zu können.

Für das Jahr 2018 ergibt sich eine erforderliche Leistung von 31,4 kW<sub>peak</sub>. Das bedeutet, dass die PV-Anlage um den Faktor 13,9 größer sein musste, um im Monatsbilanzverfahren im Februar 2018 ausgeglichen bilanzieren zu können.

## 6 Interpretation der Daten

Eine Interpretation der Daten hat unter dem Gesichtspunkt der derzeitigen Erzeugungsstruktur von Strom zu erfolgen. Diese – wie in Abbildung 2 ersichtlich -weist in den Sommermonaten einen großen Anteil (bis zu 100%) an erneuerbarer Energie auf, während im Winter (Heizperiode) der Anteil auf unter 60% fällt.

Abbildung 2: monatliche Herkunft des Stroms (erneuerbar, fossil Österreich, Importstrom) für den Zeitraum 2016 bis 2018 (Quelle: APG, Aufbereitung e7)



Eine Forcierung der Luftwärmepumpe würde überproportional die Stromnachfrage im Winter erhöhen, während von Seiten der PV in dieser Zeit wenig Angebot kommt. Würde die PV derart ausgelegt werden, dass sie in der Heizperiode zumindest je Monat ausgeglichen erzeugt, würden die Solarerträge im Sommer überproportional groß, so dass die Erzeugung die Nachfrage übersteigt.

Gleichzeitig ist davon auszugehen, dass bei einer weiteren Forcierung der Luftwärmepumpe die Nachfrage des Stroms stärker steigt, als der Zuwachs an erneuerbaren Strom. Dies würde

zu einer Erhöhung der Erzeugung fossilen Stroms bzw. des Bedarfs an Importstroms (Tschechien??) führen.

Aus dieser Sicht ist die positive ökologische Argumentation bei der Kombination einer Photovoltaik mit einer Luftwärmepumpe aus Sicht der Autoren nicht nachvollziehbar.

Generell sollte der geplante Ausbau der Photovoltaik auf über 11 TWh in Österreich hinsichtlich der Nachfrage in der Zeit der Erzeugung des PV-Stroms hinterfragt werden. Wie in Abbildung 2 ersichtlich ist, wird hier Strom für einen Zeitpunkt erzeugt, wo jetzt schon eine Deckung gegeben ist. Solange hier nicht ausreichend Speicher vorhanden sind, kann der Überschussstrom primär in den Export gehen (solange dort eine Nachfrage gegeben ist).