

Optimierung zeitgleicher Eigenverbrauch

30 % oder 80 % Eigenverbrauch ?

Infolge der steigenden dezentralen Stromerzeugung wird der zeitgleiche Eigenverbrauch immer wichtiger. Die Eigenverbrauchsrate sollte daher bestimmt werden. Je nach zeitlicher Auflösung der Gebäudebilanzierung kommt man jedoch zu unterschiedlichen Ergebnissen. Welche Zeitschritte sind für die Praxis sinnvoll?

Monika Hall, Raphael Bittel *

■ Üblicherweise wird die Energiebilanz eines Gebäudes für den Zeitraum eines Jahres ermittelt. Der Jahresertrag einer Photovoltaikanlage (PV-Ertrag) wird dem gesamten Energiebedarf gegenübergestellt. Hierbei wird der vor Ort selbst verbrauchte Strom nicht berücksichtigt (Abb. 1). Soll jedoch der Anteil des PV-Ertrags bestimmt werden, welcher direkt zeitgleich im Gebäude verbraucht wird, kann dies nicht mit den Jahressummen erfolgen, sondern muss mit kleineren Zeitschritten gemacht werden (Abb. 2). Schon bei der Bilanz auf Monats- oder Tagessummen reduziert sich der Eigenverbrauch, da der PV-Überschuss aus dem Sommer nicht mehr das solare Winterdefizit kompensiert. Um den tageszeitlichen Verlauf der Solarstrahlung zu berücksichtigen, eignen sich Zeitschritte von maximal einer Stunde oder kleiner.

Zeitintervalle: 15- und 60-Minuten-Werte

In der Realität muss das Netz Momentanwerte ausgleichen und somit müsste die Betrachtung mit sehr kurzen Zeitintervallen durchgeführt werden. Diese Werte sind jedoch schwer zu bekommen. Gängige Zeitintervalle sind 15-Minuten- und 60-Minuten-Werte. Da keine Sekundenwerte für den PV-Ertrag vorliegen, wird im folgenden die Abweichung der 15-Minuten- und 60-Minuten-Werte zu 1-Minuten-Werten untersucht [1].

Hierzu werden 1-Minuten-Lastprofile von 74 Einfamilienhäusern (EFH) aus Deutschland verwendet [2]. Im Durchschnitt verbrauchen die Gebäude 4700 kWh Strom pro Jahr (Abb. 3). Diese Lastprofile werden mit künstlichen PV-Erträgen verknüpft, die aus Strahlungsdaten (Minuten-Werte) der Standorte Bern, Lugano und Zermatt berechnet werden [3]. Die Größe der PV-Anlage wird zu 2, 4, 6 und 8 kWp angenommen. Es werden zwei Anlagentypen betrachtet: Südausrichtung mit einer Neigung von 30° und eine häftige Ost-/Westausrichtung mit einer Neigung von je 10°.



Alterssiedlung «Drei Brunnen» in Riehen. (Bild: Emil Landsrath AG)

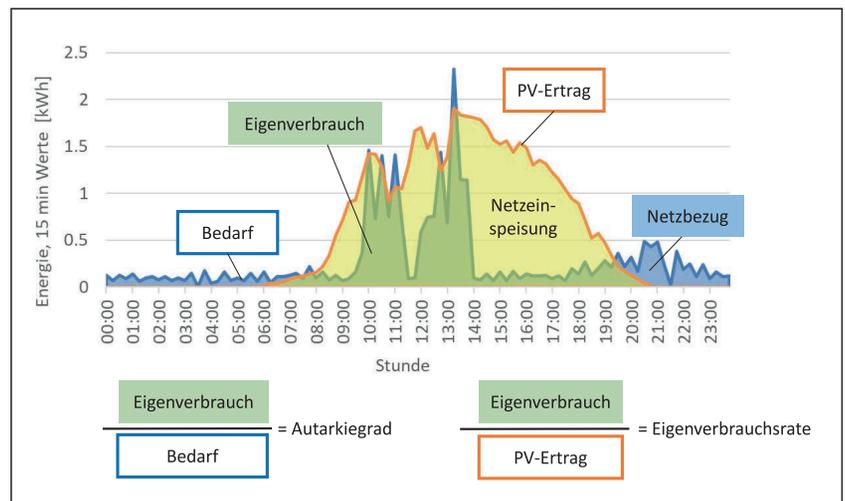


Abb. 1: Definitionen von Autarkiegrad und Eigenverbrauchsrate.

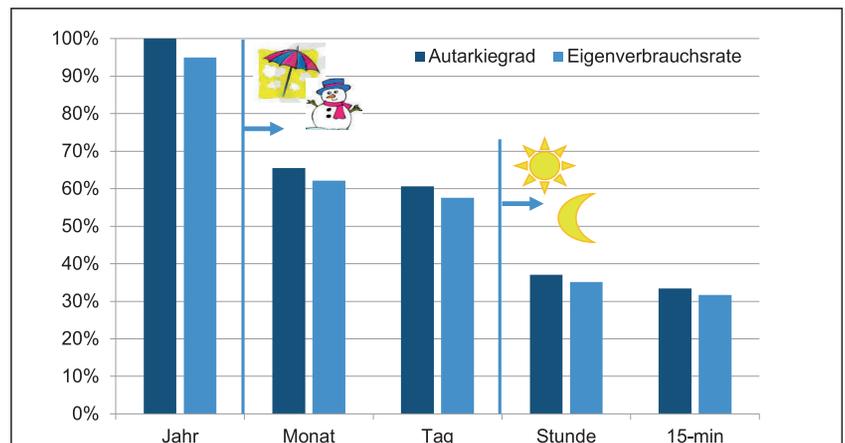


Abb. 2: Autarkiegrad und Eigenverbrauchsrate bei unterschiedlichen Zeitschritten. Hier als Fallbeispiel: PV-Anlage mit 11 kWp (Süd, 10° Neigung), Ertrag 11 200 kWh/a, Verbrauch: 10 600 kWh/a. Der Jahres-Autarkiegrad ist also 100%.

Abbildung 4 zeigt exemplarisch die Eigenverbrauchsrate und den Autarkiegrad für die Zeitschritte von 1 und 60 Minuten und einer 4-kWp-PV-Anlage für den Standort Bern. Die 1- und 60-Minuten-Werte liegen im Schnitt 4% auseinander, wobei der 60-Minuten-Wert der höhere ist. Es ist zu erkennen, dass je kleiner die Eigenverbrauchsrate ist, desto geringer der Unterschied zwischen 1- und 60-Minuten-Zeitschritten ausfällt. Der Autarkiegrad zeigt dieselbe Tendenz. Insgesamt ist die Streubreite des Autarkiegrads kleiner als die der Eigenverbrauchsrate.

In Abbildung 5 und Abbildung 6 sind die Abweichungen der Eigenverbrauchsrate und des Autarkiegrads von 15- und 60-Minuten-Zeitschritten gegenüber 1-Minuten-Werten aufgezeigt. Hieraus ergibt sich unabhängig vom Standort: **je grösser die PV-Anlage, desto ...**

- geringer die Eigenverbrauchsrate
- grösser der Autarkiegrad
- geringer der Unterschied zwischen 1-Minuten- und 15- bzw. 60-Minuten-Werten

Im Schnitt erhöht sich die Eigenverbrauchsrate von 1-Minuten- auf 15-Minuten-Auflösung um 5% und von 1-Minuten- auf 60-Minuten-Auflösung um 11%. Dieselben Werte gelten auch für den Autarkiegrad. Werden die 74 EFH mit einer 8-kWp-PV-Anlage versehen, liegt die maximale Differenz bei rund 7%, im Mittel jedoch unter 5%. PV-Anlagen, die je zur Hälfte nach Ost/West ausgerichtet sind, erzielen höhere Eigenverbrauchsraten als PV-Anlagen mit Südausrichtung. Bei dem Autarkiegrad ist es andersherum.

Einfluss einer Batterie

Für drei Einfamilienhäuser wird der Einfluss einer Batterie auf die Eigenverbrauchsrate und den Autarkiegrad untersucht. Die Nennkapazität der Batterie entspricht jeweils der entsprechenden Peakleistung der PV-Anlage (eine kWh Batteriekapazität pro kWp installierte PV-Leistung). Bei der Einspeisung in die Batterie werden 10% Verluste angenommen. Dies entspricht einer guten Lithium-Ionen-Batterie. Abbildung 7 zeigt den Mittelwert aus den drei Einfamili-

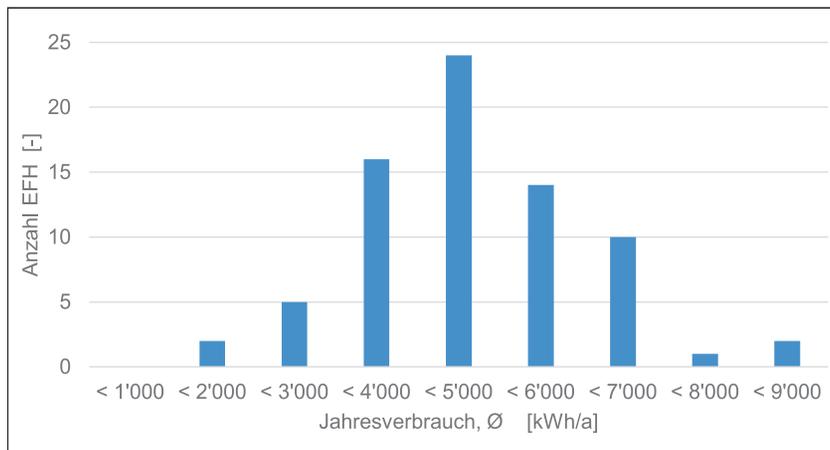


Abb. 3: Häufigkeitsverteilung der Jahresstromverbräuche von 74 Einfamilienhäusern.

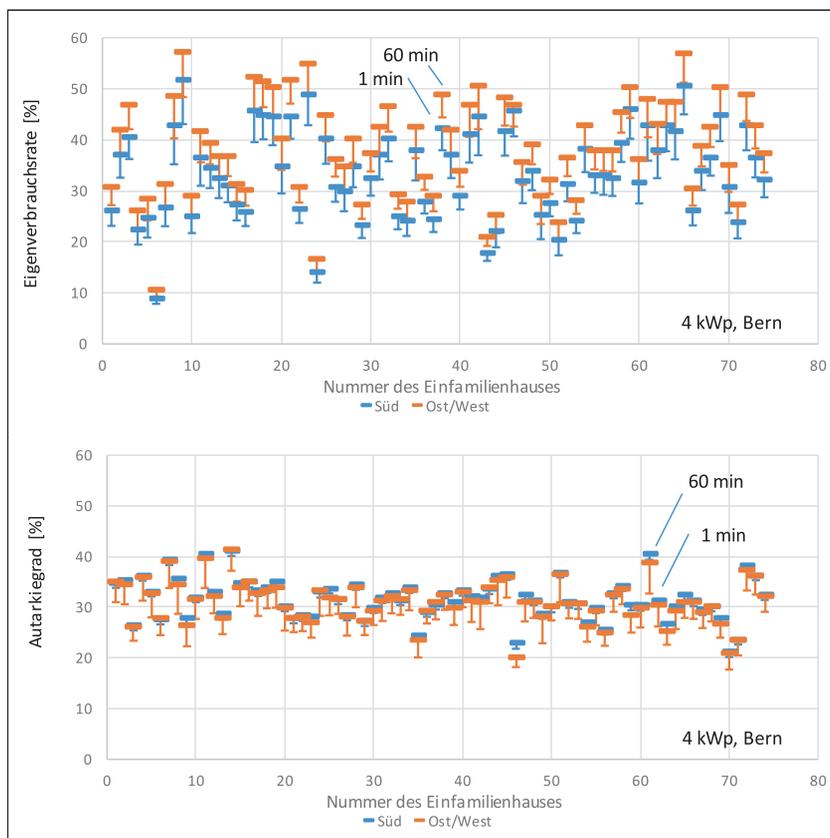


Abb. 4: Eigenverbrauchsrate (oben) und Autarkiegrad (unten) der 74 EFH mit 4-kWp-PV-Anlagen in Bern (Zeitschritt: 1 Minute = unterer Strich, 60 Minuten = oberer Strich).

enhäusern für die Eigenverbrauchsrate und den Autarkiegrad mit und ohne Batterie für den Standort Bern. Wie erwartet steigen die Eigenverbrauchsrate und Autarkiegrade mit einer Batterie deutlich an. Während ohne Batterie die verschiedenen zeitlichen Auflösungen zu leicht unterschiedlichen Eigenverbrauchsrate und Autarkiegraden führen, spielt die zeitliche Auflösung im Fall mit Batterie praktisch keine Rolle. Mit einer Batterie werden Eigenver-

brauchsrate und Autarkiegrade nahezu unabhängig von der zeitlichen Auflösung.

Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass zur Bestimmung der Eigenverbrauchsrate und des Autarkiegrads eine zeitliche Auflösung der Daten von einer Stunde ausreichend ist. Der Fehler ist mit dieser Auflösung gegenüber 1-Minuten-Werten nicht sehr gross. Wird eine Batterie eingesetzt,

spielt die Auflösung von 1, 15 oder 60 Minuten keine Rolle mehr.

Die vorgestellten Ergebnisse sind für die Praxis sehr relevant, da Stundenwerte bzw. 15-Minuten-Werte in der Regel gut verfügbar sind. Feinere zeitliche Auflösungen sind dagegen selten verfügbar und führen zu deutlich grösseren Datenmengen, was zusätzlich auch das Datenhandling sehr aufwendig macht. Der geringe Fehler, der infolge der Verwendung der untersuchten Auflösungen vorliegt, erlaubt es insbesondere in der Planungsphase, mit den üblichen vorhandenen Daten zu rechnen.

Danksagung

Die vorgestellten Ergebnisse wurden im Rahmen des Projekts «Energetische Flexibilität von Gebäuden» erarbeitet, welches das Bundesamt für Energie BFE (Schweiz) unter dem Kennzeichen SI/501240-01 fördert. Das Projekt ist ein Beitrag zum IEA Annex 67 «Energy Flexible Buildings».

Literatur

- [1] R. Bittel, «Analyse der Eigenverbrauchsrate und Autarkiegrade von zeitlich verschiedenen Auflösungen.» Energie- und Umwelttechnik P5, FHNW Hochschule für Technik, 2018.
- [2] T. Tjaden, J. Bergner, J. Weniger, V. Quaschnig, «Repräsentative elektrische Lastprofile für Einfamilienhäuser in Deutschland auf 1-minütiger Datenbasis.» Universität Berlin, 2015.
- [3] Programm Meteonorm Version 6.1. Meteotest, Bern.

*Autoren : Monika Hall und Raphael Bittel, Institut Energie am Bau, Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, Muttenz, www.fhnw.ch

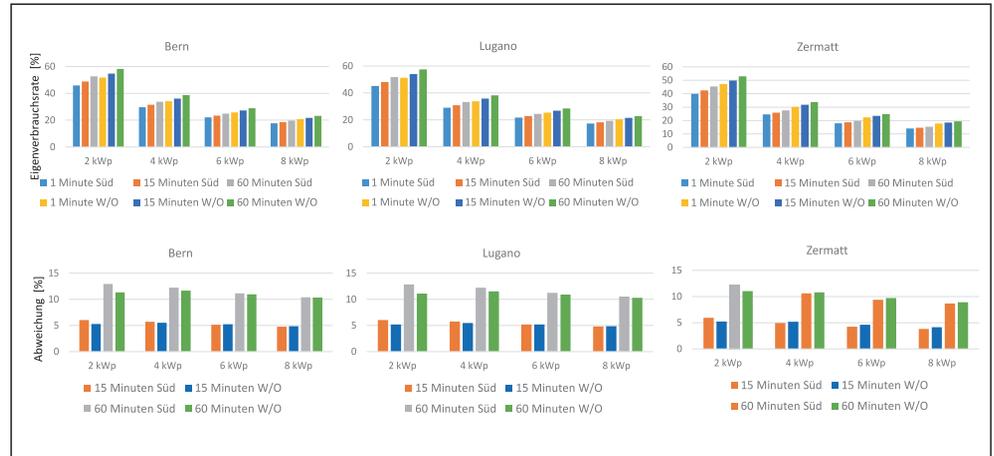


Abb. 5: Durchschnittlicher Eigenverbrauchsgrad (oben) und prozentuale Abweichung gegenüber 1-Minuten-Zeitschritt (unten) der 74 EFH bei unterschiedlicher PV-Leistung und Standorten.

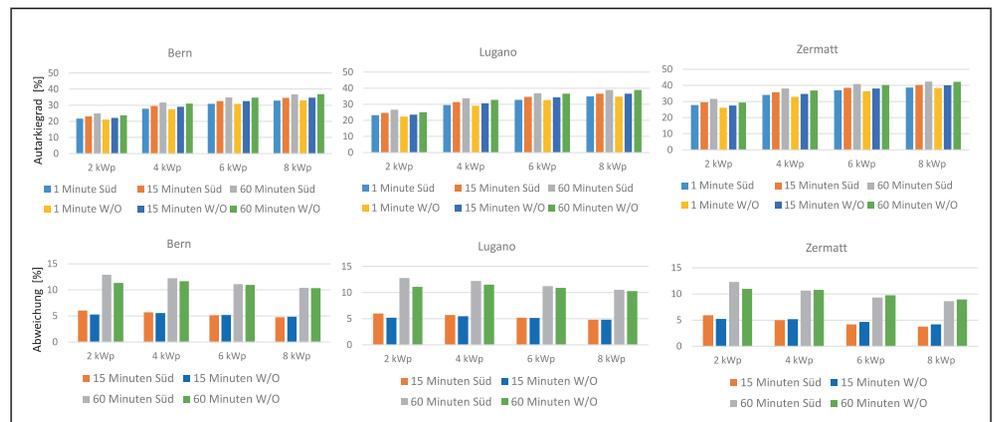


Abb. 6: Durchschnittlicher Autarkiegrad (oben) und prozentuale Abweichung gegenüber 1-Minuten-Zeitschritt (unten) der 74 EFH bei unterschiedlicher PV-Leistung und Standorten.

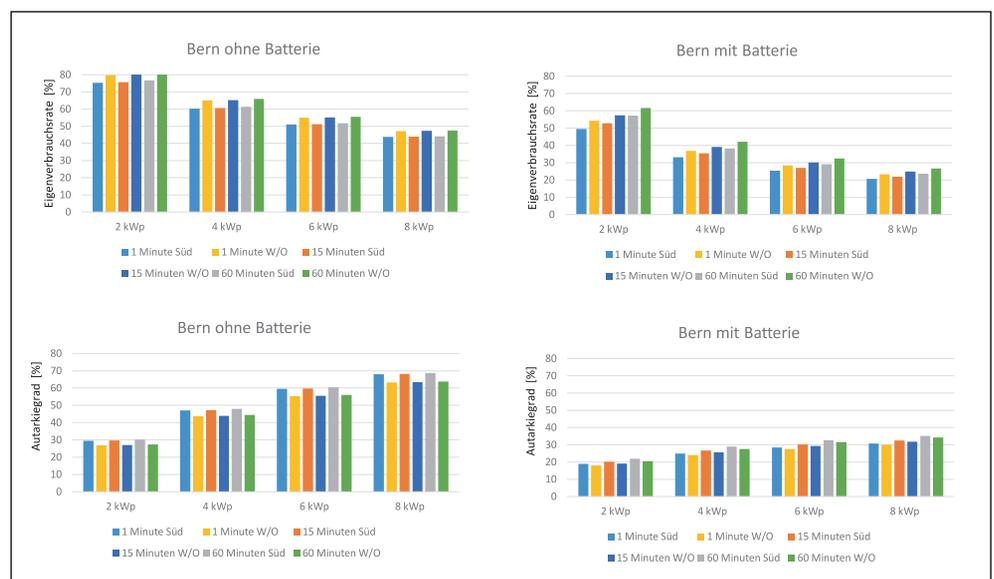


Abb. 7: Durchschnittliche Eigenverbrauchsrate (oben) und Autarkiegrad (unten) bei verschiedenen Zeitschritten und ohne (links) bzw. mit (rechts) Batterie von drei EFH bei unterschiedlicher PV-Leistung am Standort Bern.