

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 100 (2009)

Heft: 5

Artikel: Peak Shaving mit der Photovoltaik

Autor: Berger, Wolfgang

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856380>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Peak Shaving mit der Fotovoltaik

Praktisches Lastmanagement

Die wachsende Verbreitung von fluktuierende erneuerbare Quellen nutzenden Anlagen der netzgekoppelten Stromerzeugung hat in der Energiewirtschaft das zunehmend bedeutende Aufgabenfeld entstehen lassen, die wetterbedingt variable Erzeugung mit der gleichfalls nicht konstanten Stromnachfrage in Einklang zu bringen. Der folgende Beitrag will für die Fotovoltaik Hinweise darauf geben, wie gerade bei dieser Technik eine gute Korrelation zwischen Zeiten hoher Stromerzeugung mit Zeiten starker Energienachfrage auftreten kann, sodass sich dadurch Effekte des Peak Shaving, also der Kappung von Lastspitzen, einstellen können.

In Italien, dem Land, wo mit Goethe «im dunklen Laub die Goldorangen glühn», wo also eine gute Sonnengunst herrschen muss, ist das geltende Fördergesetz für die Fotovoltaik, das sogenannte «Conto Energia», so eingerichtet, dass in gewissen Fällen

Wolfgang Berger

bei Eigenverbrauch des erzeugten Stroms ein erhöhter Tarif bezahlt wird, so dass also auch das Stromnetz durch diese Art der Einspeisepufferung entlastet wird. Dabei wird ein Aufschlag von 5% zum sonst geltenden, im Übrigen nach Systemleistung und Grad der architektonischen Integration differenzierten Tarif gewährt (siehe Tabelle), wenn die Produktion der Anlage auf ein Jahr betrachtet zu mindestens 70% vom Betreiber unmittelbar selbst verbraucht wird. Eine solche natürliche oder juristische Person wird dann als «Selbsterzeuger» definiert.

Der Eigenverbrauch resultiert dabei aus dem Unterschied zwischen der produzierten und der ins Netz gespeisten Energie. Die Stromflüsse werden mit zwei Zählern, einer davon bidirektional, registriert (siehe Bild 1). Diese Betriebsweise kann sich natürlich vorwiegend bei Betreibern mit möglichst beständigem Stromverbrauch ergeben, wobei dann die Leistung der Fotovoltaik-(FV)-Anlage mit dem Energiekonsum abgestimmt werden muss.

Einschränkend ist jedoch zu bemerken, dass der Modus des «Selbsterzeugers»

nach dem Fördergesetz nur für architektonisch «nicht integrierte» Anlagen gilt, wobei es sich dabei beispielsweise um FV-Kraftwerke auf dem Boden oder um nicht im Neigungswinkel eines Daches installierte Systeme mit jeweils mehr als 3 kW Leistung handelt. Wie eine Statistik der für die Umsetzung des Conto Energia zuständigen Behörde, des GSE (Gestore Servizi Elettrici), zeigt, waren der Kategorie der «nicht integrierten» Anlagen lediglich 1493 (22,8 MW) der insgesamt 18 668 (142,4 MW) Anlagen, die mit dem neuen überarbeiteten Conto Energia bis Ende 2008 in Betrieb gegangen waren, zuzurechnen. Von diesen 8% der Anlagen (16% der Leistung) wäre noch die hier nicht bekannte Zahl der «nicht

integrierten» Kleinanlagen im Leistungsbereich von 1–3 kW abzuziehen, dann ergäben sich so die Systeme, die in den Genuss der Kategorie «Selbsterzeugung» fallen könnten, es aber nicht notwendig müssen, weil man ja nicht weiß, ob auch mindestens besagte 70% der Produktion selbst verbraucht werden.

Insgesamt ist festzuhalten, dass die in Italien nach dem Modus des «Selbsterzeugers» betriebene Fotovoltaik zwei Fliegen mit einer Klappe schlagen kann: Zum einen das Netz entlasten, indem der grösste Teil der Produktion gleich vor Ort verbraucht wird, und zum andern dazu beitragen, den Spitzenstrombedarf gegen Mittag zu sowie am Nachmittag zu kappen.

Peak Shaving mit der Fotovoltaik

Das Peak Shaving setzt freilich eine gewisse Übereinstimmung des Zeitprofils des solaren Strahlungsangebots mit demjenigen der Stromnachfrage voraus. Zu Zeiten, an denen die Sonne intensiv scheint, ergibt sich aber nicht nur eine gute Solarstromproduktion, sondern durch Produktions- und Dienstleistungstätigkeiten unter der Woche, durch Verrichtungen in der Küche an den Wochenenden und durch die heute wenigstens in wärmeren Ländern verbreitete Anwendung von Klimaanlagen während der warmen Jahreszeit auch ein höherer Stromverbrauch.

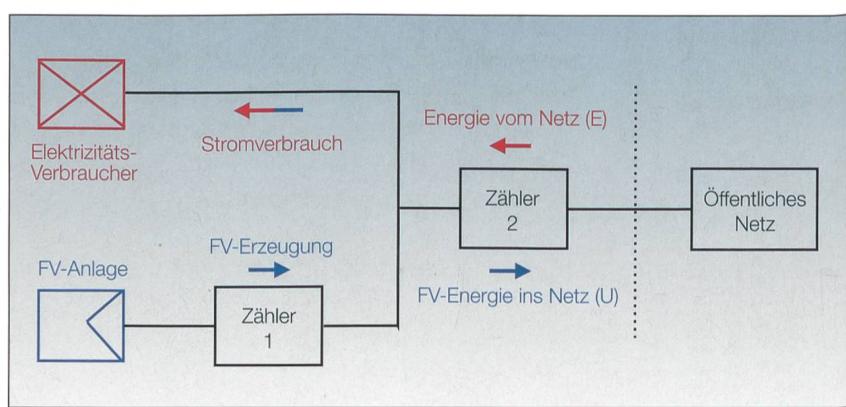


Bild 1 Stromflüsse zwischen Netz und FV-System – Modus «Selbsterzeuger».

Nominalleistung P [kW]	Grad der architektonischen Integration		
	Nicht integriert	Teilweise integriert	Voll integriert
$1 \leq P \leq 3$	0,392	0,4312	0,4802
$3 < P \leq 20$	0,3724¹⁾	0,4116	0,4508
$P > 20$	0,3528¹⁾	0,392	0,4312

Für das Inbetriebnahmehr Jahr 2010 gilt eine Tarifdegression von 2% über alle Leistungsklassen und unabhängig vom Grad der architektonischen Integration. Nach 2010 weitere politische Beratung über die Tarifhöhen.

¹⁾ Für den Modus «Selbsterzeuger» wird bei diesen Kombinationen von Anlagenleistung und Grad der architektonischen Integration nach Art. 6, Punkt 4a des Conto Energia ein Tarifbonus von zusätzlichen 5% gewährt.

Tabelle Tarifsätze des italienischen FV-Fördergesetzes Conto Energia für das Jahr 2009.
Berechnung aus Art. 6 des Conto Energia.

Die Deckung des Spitzenstrombedarfs stellt nun für die Stromversorger eine wichtige Aufgabe dar. Kann die Fotovoltaik dazu beitragen? Der Spitzenstrombedarf und die Erzeugung aus FV-Systemen folgen bestimmten zeitlichen Rhythmen. Inwiefern würden sie sich miteinander in Übereinstimmung bringen lassen?

Ein süddeutsches Familienhaus

Dazu zunächst eine kurze Betrachtung eines Falles unter süddeutschen und winterlichen Strahlungsbedingungen. Wie die folgende kleine Untersuchung an einem Familienhaus im südostbayerischen Traunstein zeigt, kann sich eine gewisse zeitliche Übereinstimmung zwischen Strombedarf und Solarstromerzeugung ergeben. Die Überlegung ist dabei besonders auch deswegen interessant, weil FV-Systeme ja sehr oft auf Familienhäusern errichtet werden.

Das Dach besagten Hauses ist nach Süden ausgerichtet, und dort ist eine FV-Anlage mit einer Leistung von 2,4 kWp untergebracht. Die Erzeugung dieses kleinen Systems wurde vom 3. bis 4. Januar 2002 gemessen und dem Strombezug der 7 Bewohner aus dem Netz gegenübergestellt (siehe Bild 3), wobei anzumerken ist, dass, wie in Deutschland üblich, die ganze von der Solarstromanlage erzeugte Energie unmittelbar ins Netz gespeist wird, während dagegen die gesamte Stromnachfrage durch Bezug aus dem Netz gedeckt wird. Am 3. Januar zeigte sich der Himmel durchwegs wolkenlos, und zwar vom Aufgang bis zum Untergang der Sonne.¹⁾

Noch um 10 Uhr waren die Module grossteils von Raureif bedeckt, bis 10.20 Uhr dann aber durch die zunehmende Sonnenkraft gänzlich abgetaut. Was den Verbrauch angeht, so werden Spalten am Morgen sowie insbesondere zur Mittags- und Abendzeit erkennbar, zurückgehend auf Tätigkeiten in Küche und Bad. Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass in sonnengünstigen Lagen Mitteleuropas im Haushaltsbereich bereits Anfang Januar am Vor- und Nachmittag stundenweise höhere

solare Stromerzeugung als Stromverbrauch auftreten kann. Es ist zwar hinzuzufügen, dass am Nachmittag des 3. Januar 5 Personen für einige Stunden ausser Haus waren, doch handelt es sich andererseits auch nur um ein kleines FV-System, dessen Leistung mittlerweile zudem verdoppelt worden ist.

Die Verhältnisse in der Stadt Wien

Aus Bild 4 geht hervor, dass in Wien vor 15 Jahren der Gesamtstrombedarf bis zum frühen Nachmittag recht gut mit dem Zeitprofil des solaren Strahlungsangebots korrelierte, einen lichten Sommertag vorausgesetzt. Folglich wäre die Fotovoltaik hier auch generell zum Peak Shaving heranziehbar gewesen. Die Resultierende zeigt eine hypothetische Änderung des ursprünglichen Verbrauchsprofils durch Zahlung eines über dem Strombezugspreis liegenden FV-Tarifs. Dabei ist unterstellt,

dass der erzeugte Solarstrom zunächst nicht ins Netz geht, sondern den Eigenbedarf des Betreibers (mit) abdeckt. Der Systembetreiber würde in diesem Fall vernünftigerweise danach streben, möglichst viel Solarstrom an den Versorger zu verkaufen und deshalb den eigenen Verbrauch in Zeiten zu verlagern, in denen keine Sonne scheint, mithin also in die Abend- und Nachtstunden.

Natürlich ist zu beachten, dass die Grafik in Bild 4 vor 15 Jahren entstanden ist und sich seither das Zeitprofil des sommerlichen Strombedarfs in Wien auch verschoben haben mag. Was Italien angeht, so sind nach neueren Daten an Werktagen Spalten am späten Vormittag (etwa zwischen 9 und 12 Uhr) und am Nachmittag (etwa zwischen 15 und 17 Uhr) zu beobachten, an Sonntagen dagegen eine Mittagsspitze zwischen 11 und 13 Uhr, die näherungs- und teilweise mit dem Strahlungsverlauf eines sonnigen Sommertags zusammenstimmen können. Abendspitzen, wie sie an den Wochenenden auftreten, bleiben hier natürlich wegen der fehlenden Solarstrahlung unberücksichtigt.

Was mit diesen Ausführungen gezeigt werden soll, ist die Notwendigkeit, den Solarstromanfall mit dem Strombedarf zu korrelieren, und die Illustration der Möglichkeit, Lasten durch zeitvariable Stromeinspeisestarife von Spitzenzeiten in solche geringer Nachfrage zu verschieben. Insgesamt ist aber eine differenzierte Betrachtung der Verhältnisse angezeigt. Der Wert, den FV-Strom beim Lastmanagement für einen Versorger haben kann, kann an verschiedenen Orten sehr unterschiedlich ausfallen.



Deutscher Bundesverband Solarwirtschaft

Bild 2 Eine in einem Industriegebäude integrierte FV-Anlage.

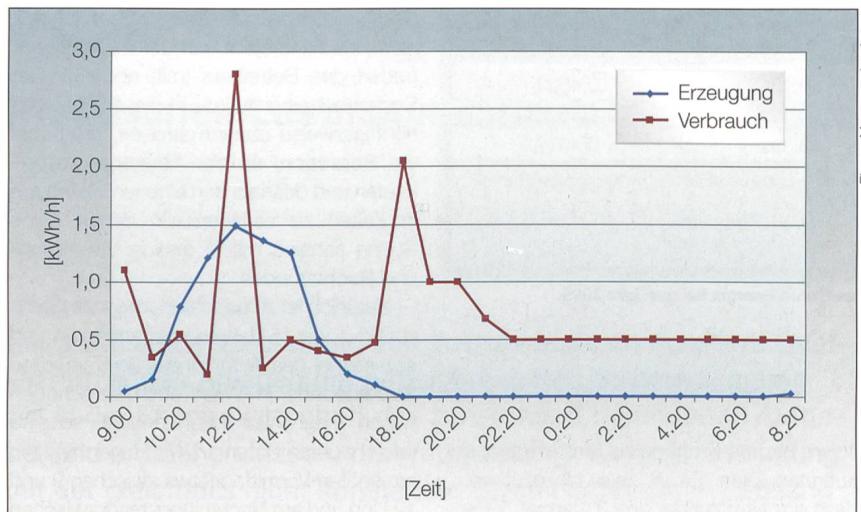


Bild 3 Stromverbrauch und Solarstromerzeugung eines Zweifamilienhauses in Traunstein am 3./4. Januar 2000.

Hier sind im Einzelfall jeweils einschlägige Erhebungen anzustellen.

Zudem ist der über die Jahre deutlich gestiegene Strombedarf in Rechnung zu stellen, wenn man das Potenzial der FV zum Peak Shaving erörtern will. Zahlenbeispiele sollen das für einige Länder kurz illustrieren: So betrug in der Schweiz nach Angaben von Eurostat der Endenergieverbrauch beim Strom im Jahr 1990 noch 4,04 Mtoe (Millionen Tonnen Rohöl-Äquivalent), bis 2006 war dieser dann aber auf 4,97 Mtoe angestiegen (+23%), in Österreich erfolgte im gleichen Zeitraum eine noch deutlich höhere Steigerung von 3,63 auf 4,98 Mtoe (+37%), und in Italien schliesslich ereignete sich in dieser Periode ein sehr starker Zuwachs von 18,41 auf 26,51 Mtoe (+44%). Es ist zu fragen, inwie weit angesichts solcher Steigerungsraten die Fotovoltaik in der Lage wäre, zur Kapung von Lastspitzen bei energetischer Be trachtung eines ganzen Landes tatsächlich nennenswert beisteuern zu können. Wie oben bereits gezeigt wurde, könnte die Fotovoltaik diesen Dienst aber bei kleinteiliger Betrachtung, etwa von Familienhäusern, da und dort durchaus erbringen.

Die Initiative des Southern California Edison (SCE)

Das Versorgungsunternehmen hat nun zwei Möglichkeiten, mit der FV Peak Shaving zu betreiben: Entweder es investiert selbst an geeigneten Orten in den Bau und Betrieb von FV-Kraftwerken, oder es kauft Solarstrom von anderen Betreibern ein. Was ersteren Fall angeht, so könnte ein Versorger den Gedanken verfolgen, den Betreibern von FV-Systemen, die ihren Strom ins Netz speisen, soweit konform mit

den Spielräumen nationaler Gesetzgebung, einen zeitvariablen Tarif zu bezahlen, der eben zur Spitzenzzeit den höchsten Wert erreicht. Diese Lösung hatten die früheren Freiburger Elektrizitätswerke (FEW) Mitte der 90er-Jahre einmal verfolgt.

Das Unternehmen Southern California Edison (SCE), das in Kalifornien 13 Mio. Einwohner mit Strom versorgt, setzt dagegen auf die oben genannte erstere Lösung und ist durch den enormen Umfang seines Programms auch in der Lage, die Investitionskosten der Fotovoltaik gegenüber kleineren Anlagenleistungen sehr deutlich zu senken. Das sogenannte Solar Photovoltaic (PV) Program, für das die California Public Utilities Commission (CPUC) mittlerweile 3 Kraftwerke genehmigt hat, sieht vor, in-

herhalb von 5 Jahren Module mit einer Leistung von bis zu 250 MW auf Firmendächern Kaliforniens zu installieren. Dazu sind in Gebieten mit hohem Spitzenstrombedarf etwa 150 Kraftwerke im Leistungsbereich von je 1–2 MW vorgesehen. Dadurch könnte nach Unternehmensangaben auch der Bedarf für den Bau neuer Stromübertragungseinrichtungen nach hinten verschoben werden.

Ein erstes Kraftwerk wurde nun im letzten Dezember auf dem Dach der Logistikfirma Prologis in Fontana (CA) fertiggestellt. Die Einweihung wurde bei Edison hoch aufgehängt, waren doch dafür eigens die Chief Executive Officer sowohl der Muttergesellschaft Edison International, Ted Craver, als auch von Southern California Edison, Al Fohrer, präsent. Edison hatte 2008 für das Projekt Kosten von 875 Mio. USD veranschlagt, im Vergleich zum herkömmlichen Preis für FV-Anlagen in Kalifornien geht man beim Unternehmen von einer Halbierung der Investitionskosten aus. Damit sollten sich unter den Solarstrahlungsbedingungen Kaliforniens attraktive Stromgestehungskosten ergeben. Stone et al. [2] berichten für 19 verschiedene Flachmodulsysteme in Kalifornien von durchschnittlichen Jahreswerten der Stromproduktion von 1000–1500 kWh/kWp.²⁾

Schlussfolgerung

Der Bau und Betrieb von FV-Kraftwerken kann sich als eine kosteneffiziente Massnahme für EVU zur Spitzenbedarfsdeckung herausstellen. Mit Southern California Edison setzt nun ein bedeutender amerikanischer Versorger in einem von Solarstrahlung begünstigten Gebiet (in dem freilich

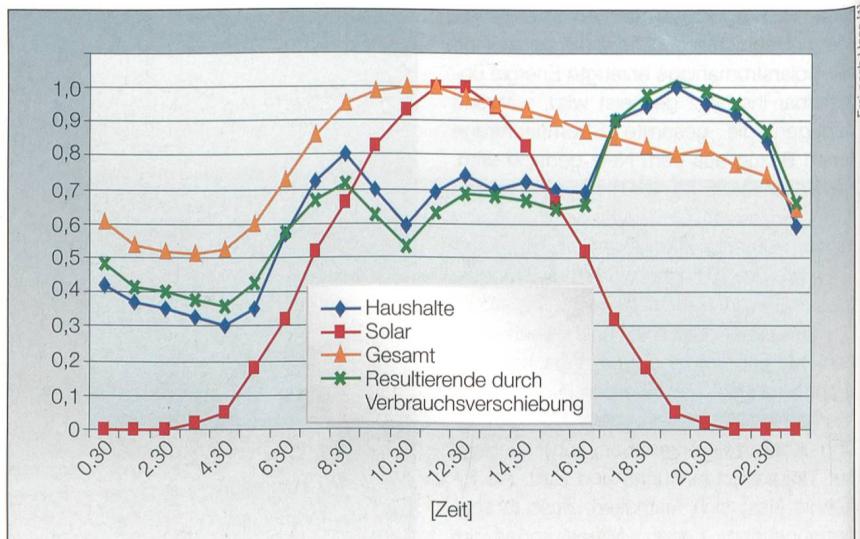


Bild 4 Lastgangkennzeichen an einem sonnigen Sommertag in Wien (FV-Tarif höher als Strombezugstarif).

auch ein hoher Stromverbrauch vorliegen dürfte) mit grossen Anlagen umfassend unter anderem³⁾ auf diesen Ansatz. Ein Modell, das Schule machen wird?

Referenzen

- [1] R. Haas, (1994): The value of photovoltaic electricity for utilities. In: Solar Energy Materials and Solar Cells 35 (1994), 421–427.
- [2] K.W. Stone, V. Garboushian, R. Boehm, R. Hurt, A. Gray, H. Hayden (2006): Analysis of five years of field performance of the Amonix high concentration pv system. Torrance-Las Vegas-Phoenix (USA).

Angaben zum Autor

Dr. Wolfgang Berger ist Umwelttechnikingenieur. Er war in Italien in der ehemaligen Forschungsabteilung des Stromversorgers Enel sowie am CESI beschäftigt und betreibt in Verona seit 5 Jahren das Consulting-Büro für Energiefragen Orizzonti. orizzonti_italia@yahoo.it

- ¹⁾ Nach Angabe der etwa 35 km östlich gelegenen Wetterstation Salzburg ereignete sich der Aufgang um 7.58 Uhr, der Untergang dagegen um 16.28 Uhr.
- ²⁾ Diese Produktionswerte scheinen für Kalifornien eher niedrig zu liegen, doch sind die eingesetzte Technik und Ausrichtung der Module hier nicht bekannt.

- ³⁾ Es wird auch ein Permanent Load Shifting Program (PLS) für Geschäftskunden betrieben, mit dem mittels Strom in Zeiten geringer oder mittlerer Nachfrage gekühltes Wasser oder Eis erzeugt wird. Die gespeicherte Kältelenergie wird dann bei Spitzenbedarfszeiten zur Gebäudekühlung genutzt.

Résumé

Réduction des pointes de charge grâce à la photovoltaïque

Application pratique dans la gestion de charge. La multiplication des installations de production d'électricité raccordées au réseau et exploitant des sources d'énergie renouvelables fluctuantes a créé un nouveau domaine de responsabilité pour la branche électrique, dont l'importance va d'ailleurs croissant: il s'agit de gérer une production qui varie en fonction de la météorologie et de l'intégrer avec une demande en électricité elle aussi fluctuante. Cet article montre que pour la photovoltaïque, il peut exister une forte corrélation entre les périodes de production élevée et les périodes de demande en énergie élevée. Cela peut permettre la mise en place d'effets de réduction des pointes de charge (*peak shaving*).

articles spécialisés

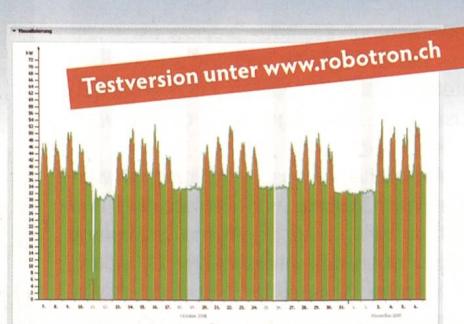
Anzeige

robotron+Schweiz

Etwas Farbe für Ihren Alltag in der Energiewirtschaft:
robotron*e✓profiler visualisiert Lastgänge zur einfacheren Analyse

- Lastgangvisualisierung
- Lastganganalyse

- Energieberichte
- Kundenpräsentationen



ORACLE CERTIFIED PARTNER

Robotron Schweiz GmbH, Industriestrasse 4, 9552 Bronschhofen – Telefon: 071 914 36 00 – www.robotron.ch