

Herausforderungen bei Eigenstromversorgungsanlagen in der Praxis

Prof. Dr. Alfons Haber und Dr. Hubert Baier
Hochschule Landshut, Technologiezentrum Energie
Am Lurzenhof 1, D-84036 Landshut bzw. Wiesenweg 1, D-94099 Ruhstorf / Rott
Tel.: +49 (0)8531 914 044 0, Fax +49 (0)8531 914 044 90
Email: alfons.haber@haw-landshut.de bzw. hubert.baier@haw-landshut.de
Internet: www.haw-landshut.de bzw. www.technologiezentrum-energie.de

1. Einleitung

Im Rahmen von Forschungsarbeiten des Fachbereichs Netzintegration am Technologiezentrum Energie (TZE) der Hochschule Landshut wurde in Ruhstorf an der Rott eine Forschungs- und Demonstrationsanlage (ForDeNI) zur Netzintegration von Erzeugung, Speicher und Last aufgebaut. Anhand dieser realen Zusammenschaltung kann unter praxisbezogenen Bedingungen die Wechselwirkungen zwischen den Komponenten, insbesondere unter Berücksichtigung der Spannungsqualität und der Versorgungssicherheit untersucht werden. Durch die jeweiligen zeitgleichen Leistungs- und Energiemessungen sowie die Messung der Spannungsqualität lässt sich neben den jeweiligen Anlagenkomponenten auch die resultierende Summenlast in Abhängigkeit der Energieflussrichtungen messen. Die reale Zusammenschaltung ermöglicht es, die Eigenstromversorgung unter Berücksichtigung der elektrotechnischen Grundgrößen mit Fokus auf die Sicherheit der Stromversorgung zu erforschen. Im Rahmen dieser Arbeit wird unter dem Begriff „Eigenstromversorgungsanlagen“ [1] die Kombinationen aus dezentralen Erzeugungsanlagen verstanden, deren Betrieb dem Eigenverbrauch der jeweils betrachteten Verbrauchseinheit dient.

2. Beschreibung der Forschungsanlage

Die Forschungs- und Demonstrationsanlage besteht aus den in Abbildung 1 dargestellten Anlagenkomponenten. Als dezentrale Erzeugungsanlagen dienen eine Photovoltaik-Anlage und ein Blockheizkraftwerk (BHKW). Die PV-Anlage ist als sogenannte Ost-West-Anlage mit zwei Anlagenteilen installiert. Die installierte Modulleistung beträgt 27,4 kWp. Das BHKW ist steuerbar und wird aktuell wärmegeführt betrieben. Der Betrieb erfolgt mit Erdgas in drei wählbaren Leistungsstufen P_{el} gleich 2 kW, 3 kW oder 4 kW.

Zur Realisierung eines steuerbaren Quelle-/Senke-Betriebs wurde ein elektrischer Energiespeicher integriert. Es handelt sich hierbei um einen sogenannten AC-

gekoppelten Speicher, da dessen Beladung nicht direkt DC-gekoppelt aus der PV-Anlage, sondern über das AC-Stromnetz erfolgt. Kennwerte des elektrischen Energiespeichers sind unter anderem ein maximal nutzbarer Energieinhalt von 8,5 kWh und eine AC-Leistung von 9 kVA, mit einstellbarem Blind- und Wirkleistungsanteil. Die Ansteuerung des elektrischen Energiespeichers erfolgt über ein Modbus/TCP Kommunikationsinterface.

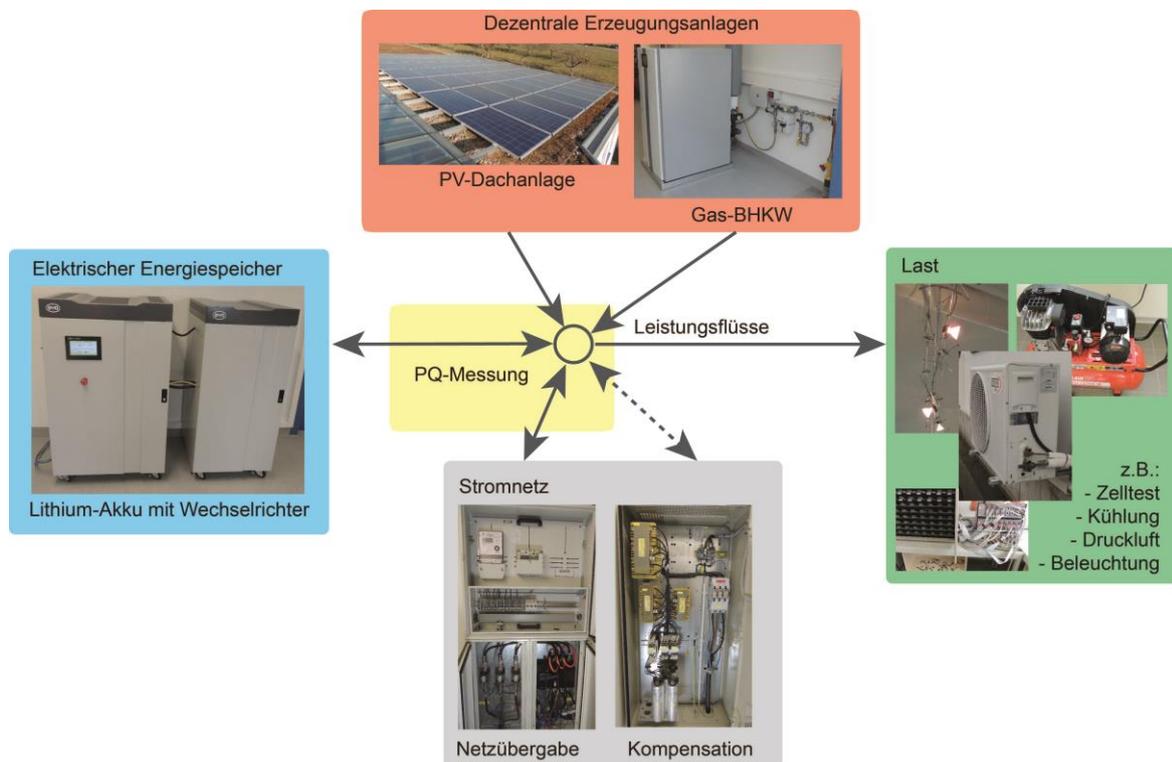


Abbildung 1: Übersicht zur Forschungs- und Demonstrationsanlage Netzintegration am TZE

Der Betrieb des Technologiezentrums Energie (Bürobetrieb mit Laboren) dient als reale Last für die Forschungs- und Demonstrationsanlage. Insbesondere stehen damit typische Lasten mit begrenzter Steuerbarkeit zur Verfügung. Die Stromversorgung des TZE erfolgt über das öffentliche Stromnetz. Aus betrieblichen Gründen ist eine interne konventionelle Kompensationsanlage vorhanden.

Mit Ausnahme der Kompensationsanlage und der verteilten Lasten im TZE werden die Lastflüsse aller Komponenten durch Netzanalysatoren hinsichtlich Wirkleistung, Blindleistung, Spannungen, Strömen, Harmonischen Oberschwingungen usw. gemessen. Die Messwertaufnahme erfolgt im Sekundentakt. Über die Netzanalysatoren hinaus befindet sich ein mobiles Spannungsqualitäts-Messgerät im Einsatz, mit dessen Hilfe an unterschiedlichen Stellen des lokalen Stromnetzes zugehörige Messungen möglich sind.

3. Charakteristische Lastflüsse: Istzustand

Im Hinblick auf die Eigenstromversorgung werden im Folgenden charakteristische Lastflüsse für den Verbrauch des TZE, die PV-Anlage und das Stromnetz dargestellt.

3.1 Betrachtung des Verbraucher-Lastgangs

Zur Analyse der Eigenstromversorgung sind eingangs die Zusammenhänge der Lastflüsse zu betrachten. Für die ForDeNI, lastseitig also den Betrieb des Technologiezentrums Energie wurden drei charakteristische Tagestypen identifiziert, nämlich Werktage mit ganztätiger Arbeitszeit, Werktage mit Arbeitszeit bis 15:00 Uhr, also Freitage und arbeitsfreie Tage, wie Samstag, Sonn- und Feiertage.

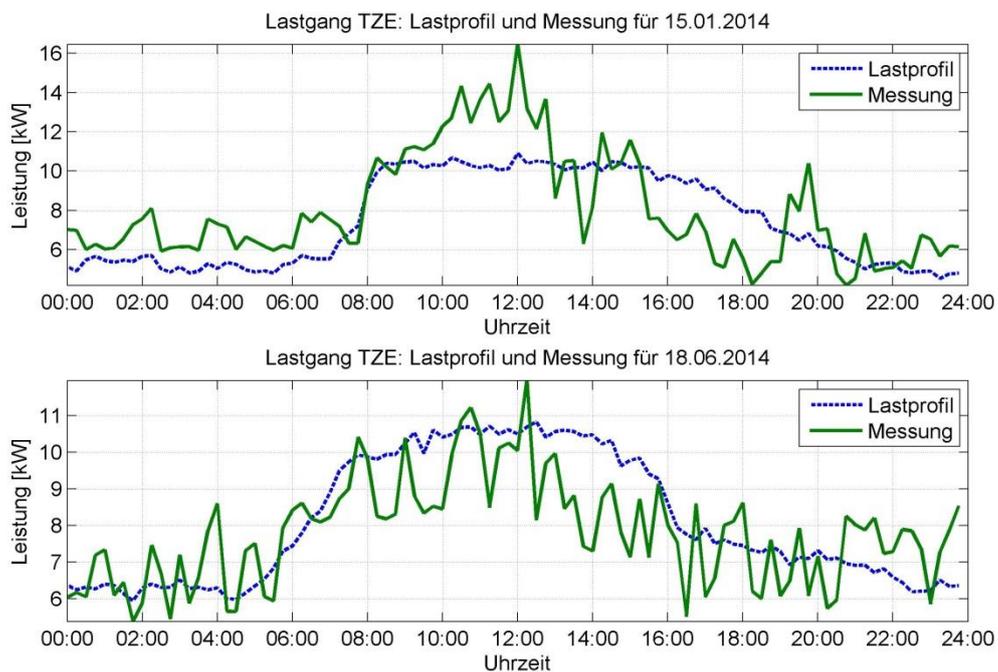


Abbildung 2: TZE Lastprofile und Lastgangmessung am TZE für ausgewählte Tage

In Anlehnung an die Standardlastprofile des BDEW [2] wird dabei nach Winter (01.11. bis 20.03.), Sommer (15.05. bis 14.09.) und Übergangszeiten (übrige Zeiten) unterteilt. Die Generierung dieser Lastprofile erfolgt teilautomatisiert über die Messergebnisse des Lastgangs, hier exemplarisch vom 01.01. bis 31.10.2014, und der Mittelwertberechnung über jeweils gleiche Tagestypen und Jahreszeiten. Beispielhaft zeigt Abbildung 2 das Lastprofil des TZE (strichlierte Linie) für einen Werktag im Winter (oben) und einen Werktag im Sommer im unteren Diagramm.

In Abbildung 2 ist zusätzlich der gemessene Lastgang für Mittwoch, den 15.01. (oben) und Mittwoch den 18.06. (unten) als durchgezogene Linie dargestellt. Die Abweichungen zwischen ermitteltem TZE-eigenem Lastprofil und der Messung liegen für den Beispieltag bei max. absolut 5,53 kW (oben) bzw. 3,17 kW (unten) oder 52,1 % bzw. 36,6 % bezogen auf das Lastprofil.

3.2 Erzeugungsgang der PV-Anlage: Vorhersage und Messung

Die Eigenstromversorgung erfolgt bei der ForDeNI, vorwiegend über die installierte PV-Anlage und zusätzlich in Abhängigkeit von der Betriebsweise auch über das BHKW. Der PV-Erzeugungsgang lässt sich mit Hilfe von Wetterprognosen standortbezogen und anlagenabhängig mit eingeschränkter Genauigkeit planen.

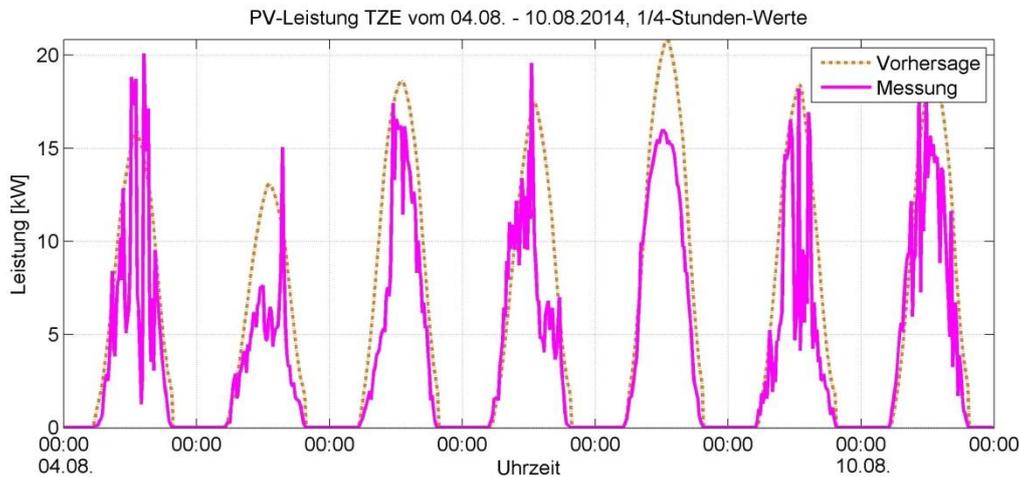


Abbildung 3: PV-Leistung am TZE vom 04.08. bis 10.08.2014 als 1/4 Stunden-Werte

Abbildung 3 zeigt beispielhaft die Prognose für eine Woche im August 2014 (strichpunktierte Linie) und den tatsächlich gemessenen Erzeugungsgang der PV-Anlage (durchgezogene Linie). Die Prognose kann gut als Anhaltspunkt für die zu erwartende PV-Anlagenleistung herangezogen werden, allerdings treten prognosebedingt sowohl bei der Leistung als auch bei den Energiemengen signifikante Abweichungen auf.

3.3 Auswirkungen auf die Residuallast am Netzübergabepunkt

Zielsetzung einer Eigenstromversorgung ist im Regelfall eine möglichst gute Übereinstimmung zwischen Stromerzeugung und Stromverbrauch, also eine möglichst geringe Residuallast. Dies begründet sich unter anderem durch wirtschaftliche Aspekte aufgrund der Abrechnungsrelevanz. Dahingehend ist zunächst zu untersuchen, wie sich die tatsächlich ausgetauschte Energie im Verhältnis zu der, per Prognose Erwarteten verhält.

Abbildung 4 zeigt für eine Woche im August die mit dem Stromnetz ausgetauschte, messtechnisch erfasste Leistung (durchgezogene Linie). Als dünnere und punktierte Linie eingezeichnet ist der geschätzte Leistungswert aufgrund der Prognose der PV-Anlage und des TZE-Lastprofils. Für den betrachteten Zeitraum wurden ca. 866 kWh mit dem Netz ausgetauscht, von denen 701 kWh (ca. 81 %) auf den Bezug entfallen und 165 kWh (ca. 19 %) auf die Rückspeisung. Bezüglich der Prognose stellen sich dabei Abweichungen ein, leistungsseitig reichen diese bis maximal 16,7 kW. Dies macht deutlich, dass aus Sicht der Eigenstromversorgung eine Vorab-Planung nur

bedingt zutreffen wird. Es bedarf hier daher eines Fahrplans mit regelnden Eingriffen, z.B. über Lastmanagement, Erzeugungsmanagement (wie im Falle des BHKW) oder Speichermanagement.

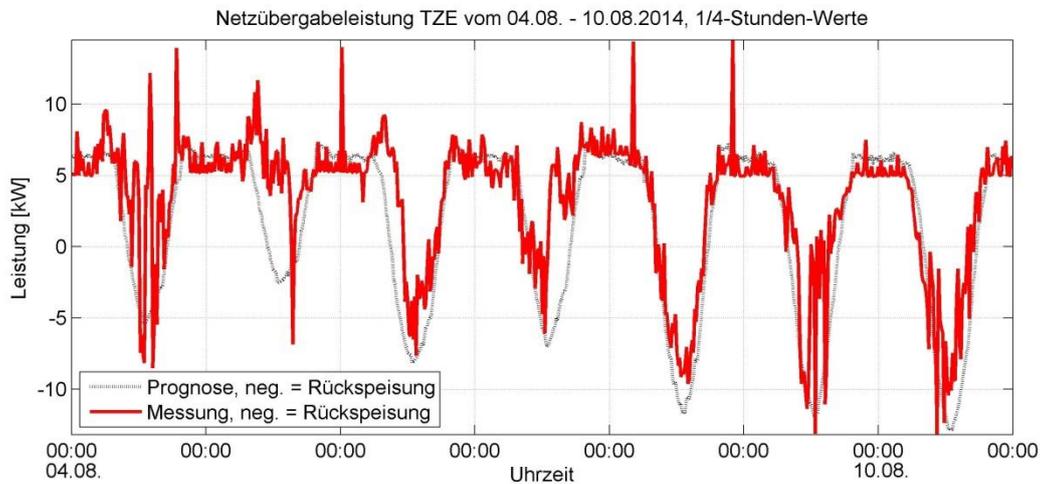


Abbildung 4: Leistung am Netzübergabepunkt des TZE – Prognose und Messwert, negative Werte zeigen eine Rückspeisung ins Stromnetz an

3.4 Elektrotechnische Betrachtung der Eigenstromversorgung

Ein Ziel bei der Eigenstromversorgung besteht aus elektrotechnischer Sicht unter anderem darin, die Residuallast pro Phase des Drehstromnetzes zu minimieren. Zusätzlich soll der Blindleistungsbedarf der Last im Rahmen der Eigenstromversorgung gedeckt werden. Aktuell erfolgt für Haushaltskunden in der Regel keine separate Verrechnung der Blindenergie. Insbesondere in Verbindung mit dem Einsatz von elektrischen Energiespeichern zur Eigenstromversorgung sollte der phasenbezogene Ausgleich der Residuallast weitergehend berücksichtigt werden. Elektrotechnisch betrachtet ist die phasenbezogene Eigenstromversorgung ohnehin vorzuziehen, wobei die Effizienz des Speichers [3] dabei detailliert zu betrachten ist. Es lässt sich festhalten, dass insbesondere die Blindleistungsbilanz zu betrachten ist. Im Fall der Eigenstromversorgung wird der Wirkleistungsfluss aus dem Netz häufig gegen Null reduziert, aber die Blindleistung mit einem entsprechend niedrigen Leistungsfaktor ($\cos \varphi$) wird weiterhin aus dem Netz beansprucht.

3.5 Optimierungsrichtungen in der Eigenstromversorgung

Die Betrachtungen und Analysen der Forschungsanlage haben ebenfalls Ergebnisse zu den Optimierungsrichtungen gebracht. In Verbindung mit dem, meist lastabhängigen Wirkungsgrad von elektrischen Speichern kann gegebenenfalls gleichzeitig die Wirtschaftlichkeit optimiert und eine Netzentlastung erreicht werden. Beispiele für die Optimierungsrichtungen sind unter anderem:

- Maximierung des Eigenverbrauchsanteils
- Optimierung des Eigenverbrauchsanteils

- mit interner Erzeugung der lokal benötigten Blindstromanteile
 - mit phasenbezogener Eigenstromversorgung
 - mit Spitzenkappung bei Bezug und Rückspeisung
 - mit gleichzeitiger Netzentlastung
- Optimierung des Speicher-Wirkungsgrades der Eigenstromversorgungsanlage
Je nach individueller Zielsetzung und Gestaltung der Anreize für Betreiber von Eigenstromversorgungsanlagen wird sich eine Optimierungsrichtung einstellen.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die in diesem Beitrag vorgestellten Ergebnisse aus Messungen und Experimenten an der Forschungs- und Demonstrationsanlage Netzintegration haben gezeigt, dass eine unregelmäßige Eigenstromversorgung nur bedingt prognostizierbar ist. Damit aus Sicht des Stromnetzes eine Entlastung erreicht und gleichzeitig eine Optimierung der Eigenstromversorgung ermöglicht werden kann, sind konkrete Maßnahmen wie ein Lastmanagement, ein Erzeugungsmanagement und ein Speichermanagement von großer Bedeutung. Diese werden an der Forschungs- und Demonstrationsanlage Netzintegration weiterhin untersucht und erforscht.

In Verbindung mit den prognostizierten Erzeugungs- und Lastgängen sollen im weiteren Verlauf der Forschungsarbeiten prädiktive Algorithmen applizieren und forschungsseitig untersucht werden. Weiterführendes Ziel der Arbeiten im Fachbereich Netzintegration des Technologiezentrums Energie, Hochschule Landshut ist es auch, eine quantitative Bewertung der unterschiedlichen Optimierungsansätze für die Eigenstromversorgung durchzuführen. Als erstes Ergebnis sei angeführt dass neben den Optimierungen die Wirk- und Blindleistungsbilanz zu betrachten ist.

Die oben beschriebenen Arbeiten wurden am Technologiezentrum Energie durchgeführt. Dieses ist durch Mittel aus dem Programm „Aufbruch Bayern“ des Freistaates Bayern, den Markt Ruhstorf an der Rott und den Landkreis Passau gefördert.

Literaturverzeichnis

- [1] Expertengruppe „PV-Speicherpass“ beim ZVEH und BSW-Solar, „Begleitdokument zum PV-Speicherpass,“ 15. Januar 2014. [Online]. Available: http://www.photovoltaik-anlagenpass.de/fileadmin/user_upload/imagemaps/Speicherpass/20140113_Speicherpass_Begleitdokument_v1.0.2.pdf. [Zugriff am 05. März 2014].
- [2] Vereinigte Stadtwerke Netz GmbH, „Lastprofilverfahren,“ [Online]. Available: <http://www.vsg-netz.de/vsgnetz/Stromnetz/Lastprofilverfahren.php>. [Zugriff am 1. Dezember 2014].
- [3] H. Baier und K.-H. Pettinger, *Systemwirkungsgrad elektrischer Energiespeicher - Einflussfaktor "Bereitschaftsverlust"*, Leipzig: Sächsisches Forum für Brennstoffzellen und Energiespeicher, 2013.