



Einspeiseprognose für Photovoltaik (PV) im Netz der E.ON Bayern AG

Der rasante Zuwachs an PV-Anlagen verursacht im Niederspannungs- und Mittelspannungsnetz (NS- und MS-Netz) umfangreiche Netzausbaumaßnahmen. Der Investitionsbedarf folgt dabei dem gesetzlichen Auftrag des Erneuerbaren Energien Gesetzes (EEG). Die Netzbetreiber sind verpflichtet, die anschlusswilligen EEG- bzw. PV-Einspeiser vorrangig anzuschließen und bei Bedarf das betroffene Netz unverzüglich zu verstärken. Im NS-Netz erfolgt dies meist indem zusätzliche Trafostationen errichtet und Niederspannungskabel verlegt werden, um den entstehenden Spannungshub bzw. die Strombelastung der vorhandenen Kabel zu senken. Wenn diese Netzverstärkung ausschließlich die aktuellen Anschlussbegehren berücksichtigt, ergibt sich bei weiterem PV-Anlagenzubau die Notwendigkeit das Netz gegebenenfalls mehrmals zu verstärken.

Um dies zu vermeiden, könnte bereits im Zuge des ersten Netzverstärkungsschritts ein Planungsansatz erstellt werden, bei dem für alle im betroffenen Netzbereich befindlichen Dachflächen eine Vollbelegung (100% Durchdringung) mit PV-Modulen berücksichtigt wird. Der sich daraus ergebende Netzausbaubedarf bewirkt voraussichtlich eine Überdimensionierung der Netzanlagen, da die baulichen, finanziellen und persönlichen Umstände und Vorstellungen der Grundstückseigentümer in der Praxis zu einer geringeren Durchdringung an PV-Anlagen führen werden.

Zudem weist die Einspeisecharakteristik von PV-Anlagen eine relativ geringe Benutzungsdauer von ca. 1.000 Stunden pro Jahr auf. Somit bedingt jede PV-veranlasste Netzerweiterung einen zunehmend ineffizienten Netzbetrieb. Dieser Effekt würde durch überdimensionierte Netzanlagen noch verstärkt.

Vor diesem Hintergrund hat sich E.ON Bayern entschlossen, im Rahmen des Forschungsprojektes „Netz der Zukunft“¹ eine PV-Prognose zu erstellen. Die Prognose soll es

¹ Siehe Fachartikel in ew 6/2012 „smart grid Forschungsprojekt der E.ON Bayern AG“ und http://www.eon-bayern.com/pages/eby_de/Netz/Smart_Grid/Forschungsprojekt_Netz_der_Zukunft/Projektgebiet/index.htm

ermöglichen, eine Zielnetzplanung durchzuführen um wiederholte Netzverstärkungen und ineffiziente Netzstrukturen möglichst zu vermeiden.

Wachstumsfunktion als mathematische Grundlage für eine PV-Prognose

Bereits im Rahmen vorangegangener Untersuchungen wurde die Technische Universität (TU) Braunschweig von den deutschen Regionalnetzbetreibern der E.ON AG beauftragt, ein mathematisches Modell für den zu erwartenden Zuwachs (Durchdringung) von elektrischer Bezugslast (Last) und elektrischer Einspeiseleistungszunahme (Einspeisung) zu entwickeln.

Wie in Abb. 1 und Abb. 2 dargestellt, erfolgt die Ausstattung von Haushalten, mit elektrischen Gebrauchsgütern gemäß einer natürlichen Wachstumsfunktion.

Legende: **Geschirrspüler** Internetazugang **Fernseher** **PC**

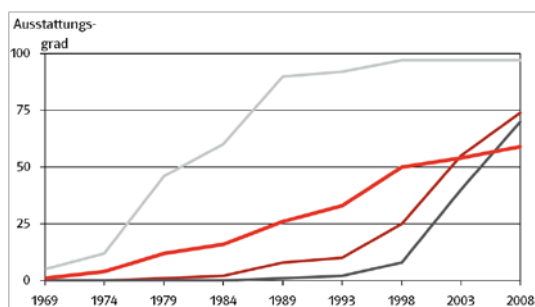


Abb. 1: Historischer Entwicklung der Ausstattung von Haushalten mit elektrischen Gebrauchsgütern²

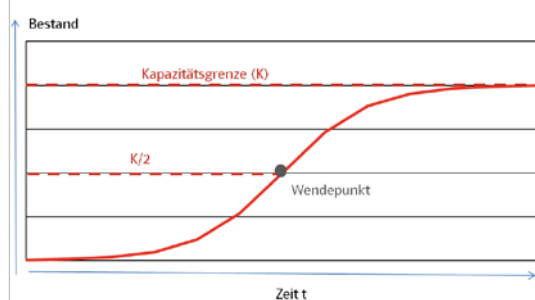


Abb. 2: Qualitative Darstellung einer Wachstumsfunktion³

Die TU Braunschweig ermittelte für den Zuwachs an Last und Einspeisung eine Prognoseformel. Dieser Ansatz wird nachfolgend auf den Zuwachs an PV-Anlagen im Netz der E.ON Bayern AG angewendet.

Nachfolgende Informationen und Eingangsparameter sind für eine PV-Einspeiseprognose erforderlich:

- Durchschnittliche PV-Anlagengröße
- Historischer Verlauf / Zuwachs der PV-Anlagen (in der Vergangenheit bis heute)
- Anzahl der Hausanschlüsse im Untersuchungsgebiet
- Durchdringungsgrad (wird iterativ in der Anwendung ermittelt)
- Start- und Zieljahr (Das Zieljahr wird iterativ in der Anwendung ermittelt)

In den folgenden Kapiteln wird die Ermittlung dieser Eingangsparameter dargestellt.

² Quelle TU Braunschweig, E.ON Studie: Entwicklung der Netzaufgabe 2010-2030, Juli 2010

³ Quelle TU Braunschweig, E.ON Studie: Entwicklung der Netzaufgabe 2010-2030, Juli 2010

Durchschnittliche Anlagengrößen der PV-Anlagen

Im Laufe der Jahre hat die durchschnittliche Anlagengröße⁴ von PV-Anlagen im Netz der E.ON Bayern AG kontinuierlich zugenommen. Bedingt durch die sinkenden Modulpreise ist eine zunehmende Tendenz erkennbar, die verfügbaren Dachflächen incl. der Nebengebäude vollflächig mit PV-Modulen zu belegen. Im niederbayrischen Erdschlussgebiet (EG) Seebach „Projektgebiet Netz der Zukunft“ betrug die durchschnittliche PV-Anlagengröße im Niederspannungsnetz (Netzebene NB7 und NB6) ursprünglich ca. 5 kWp und hat sich mittlerweile bei ca. 18 kWp eingependelt. Die Entwicklung ist in Abb. 3 dargestellt.

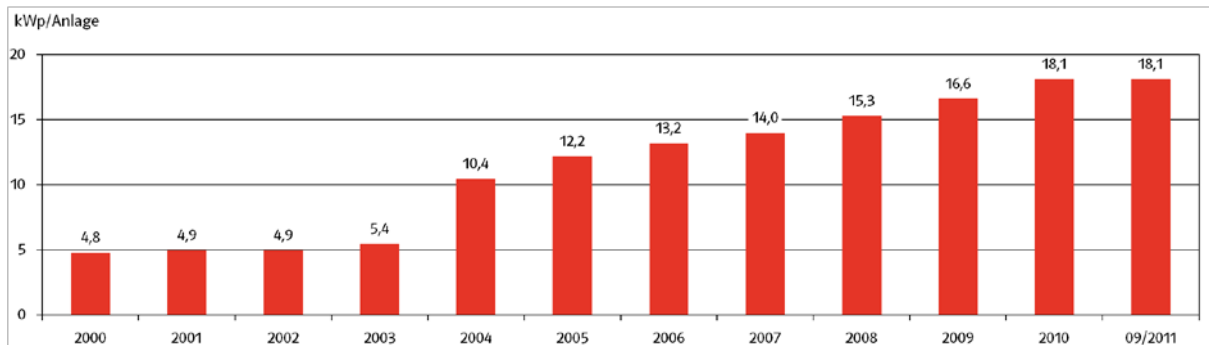


Abb. 3: Entwicklung der durchschnittlichen PV-Anlagengröße pro Jahr im Netz der Zukunft

Das „Netz der Zukunft“ befindet sich außerhalb (Groß-)städtischer Einflussbereiche und weist sowohl ländliche, dörfliche als auch kleinstädtische Netzstrukturen entsprechend der überwiegenden Versorgungsaufgabe von E.ON Bayern auf. Deshalb wird ein Durchschnitt von 18 kWp als Eingangswert für die PV-Prognose verwendet. Im Rahmen der Erhebung wurde schließlich für die Kundengruppen Haushalt 10 kWp bzw. bei Gewerbe/Landwirtschaft 27 kWp als durchschnittliche Anlagengröße ermittelt.

Entwicklung der PV-Einspeisung

Eine weitere Eingangsgröße für die PV-Prognose liefert der historische Verlauf des PV-Zuwachses. Abb. 4 zeigt die jährlich installierte Anlagenleistung in den Netzebenen Niederspannung (NB7), Trafostation (NB6) und Mittelspannung (NB5).

Legende: Summe NB 5-7 NB 7/Niederspannung NB 5/Mittelspannung NB 6/Trafostation

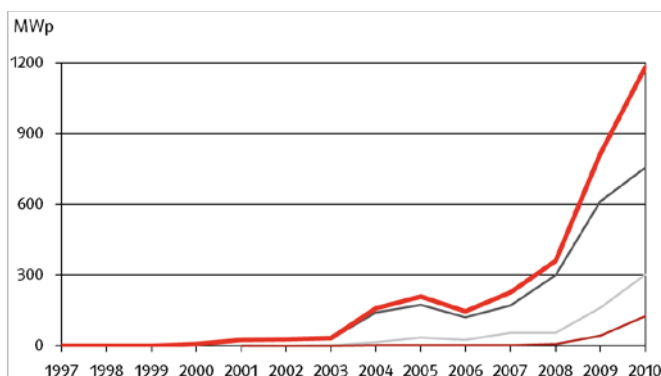


Abb. 4: Entwicklung der durchschnittlich installierten PV-Anschlussleistung pro Netzebene

⁴ Anlagengröße = Anschlussleistung der PV-Anlage = STC-Modulleistung (standard test conditions)

Die kumulierte Darstellung der jährlichen Zuwächse zeigt Abb. 5. Der PV-Anlagenzubau in 2011 erfolgte bei E.ON Bayern im wesentlichen im letzten Jahresviertel und ist in der Grafik nur angedeutet dargestellt.

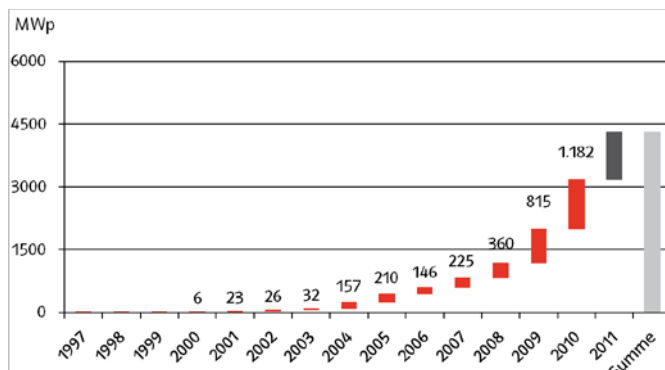


Abb. 5: kumulierte PV-Anschlussleistung in den Netzebenen NB7 – NB5

Anzahl der Hausanschlüsse

Die Anzahl der Hausanschlüsse ist eine weitere Eingangsgröße. Die Anzahl der Hausanschlüsse für das gesamte Versorgungsgebiet der E.ON Bayern AG wird aus dem Abrechnungssystem ermittelt.

PV-Zubauprognose für E.ON Bayern

Die Wachstumsszenarien für die PV-Einspeisung werden mit Hilfe folgender Funktion gebildet:

$$p(t) = \text{installierte Leistung Startjahr} + \frac{\text{regionaler Zielanteil} - \text{installierte Leistung Startjahr}}{1 + e^{\left(\frac{10}{\text{Zieljahr} - \text{Startjahr}}\right) \cdot (-1)^{t - \frac{\text{Startjahr} + \text{Zieljahr}}{2}}}}$$

Formel 1: PV-Prognose als natürliche Wachstumsfunktion

$$\text{regionaler Zielanteil} = \text{durchschnittliche Anlagengröße} * \text{Anzahl Hausanschlüsse} * \text{Durchdringungsgrad}$$

Formel 2: Berechnung regionaler Zielanteil

Als *Startjahr* wird das Jahr 2000 und als *installierte Leistung im Startjahr* wird 0 kWp festgelegt. Durch die Änderung des Zieljahres und unterschiedlicher *Durchdringungsgrade* in der Formel 2 des *regionalen Zielanteils* erhält man Wachstumskurven unterschiedlicher Steigung und Höhe.

Durch den Vergleich der so ermittelten Wachstumskurvenvarianten mit dem tatsächlichen PV-Zubau aus der Historie (rote Kennlinie in den Graphen von Abb. 6 bis 8), werden die wahrscheinlichsten Entwicklungspfade selektiert. Da sich die historische Entwicklung (rote Kennlinie) bislang noch im unteren exponentiellen Abschnitt der Wachstumskurve befindet und der Wendepunkt mit 50% der Zielleistung noch nicht erreicht ist, kann für den Zielbereich nur ein Zielkorridor mit einer zu erwartenden Mindestleistung und einer Maximalleistung definiert werden.

Legende: **kumulierte PV-Leistung NB 6-7** Maximalleistung Minimalleistung

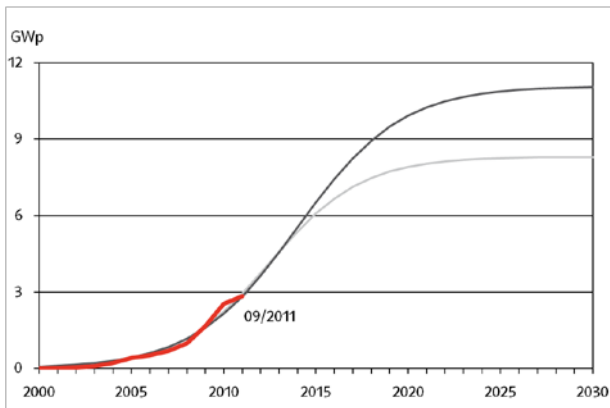


Abb. 6: Prognose PV-Anschlussleistung im Jahr 2030 in den Netzebenen NB7 und NB6

Legende: **kumulierte PV-Leistung NB 4-5** Maximalleistung Minimalleistung

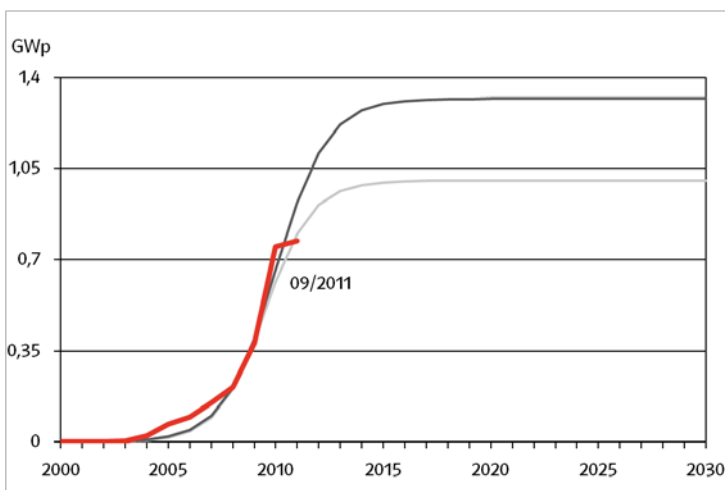


Abb. 7: Prognose PV-Anschlussleistung im Jahr 2030 in den Netzebenen NB5 und NB4

Legende: **kumulierte PV-Leistung NB 4-7** Maximalleistung Minimalleistung

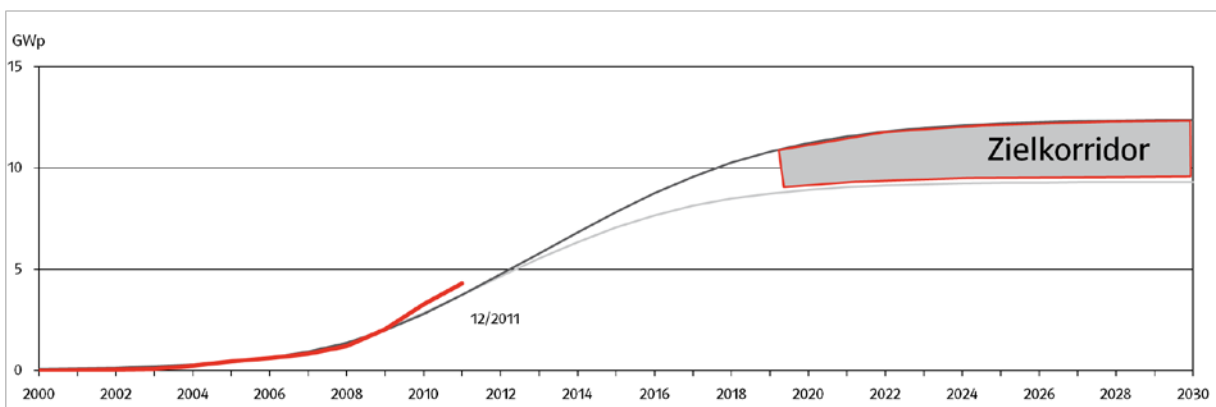


Abb. 8: Prognose PV-Anschlussleistung im Jahr 2030 in den Netzebenen NB4 bis NB7

Auf Grundlage dieses Prognoseansatzes ist für das gesamte Netzgebiet von E.ON Bayern eine PV-Anschlussleistung zwischen 9,3 – 12,3 GWp zu erwarten.

PV-Prognose für kleinere Netzbereiche

Der obige Prognoseansatz kann auch für kleinere Netzbereiche angewendet werden⁵. Dabei sollten diese Teilnetze natürlich der obigen durchschnittlichen Netzstruktur von E.ON Bayern möglichst entsprechen, um keine zusätzlichen Unschärfen in der Prognose zu erzeugen.

So bilden zum Beispiel die Netzgebiete in Niederbayern die Netzstruktur relativ gut ab. Allerdings nehmen sie eine „Vorreiterrolle“ bei der PV-Erschließung ein. Der zeitliche Vorlauf gegenüber anderen Regionen beträgt ca. 3 Jahre. Bedingt durch die hohe Akzeptanz von PV-Anlagen werden in einzelnen Ortsnetzen bereits Durchdringungsgrade von mehr als 60% erreicht. Deshalb sind für Niederbayern voraussichtlich dauerhaft höhere Durchdringungsgrade in Ansatz zu bringen als in der Betrachtung des gesamten E.ON Bayern-Netzgebietes.

Bei abweichenden Netz- bzw. Kundenstrukturen wie zum Beispiel bei Vorstadtsiedlungen mit reinem Haushaltskundenbestand in Reihenhausbauweise sind selbst durchschnittliche PV-Anschlussleistungen von 10 kWp für Haushaltskunden sehr hoch gegriffen. Hier sollten die tatsächlich verfügbaren Dachflächen in Ost-, Süd- und Westausrichtung mit einer Modulleistung von ca. 150 Wp/qm angesetzt werden. Der anzusetzende Durchdringungsgrad wird ebenfalls davon abhängen, wie viele Kunden innerhalb eines Netzgebietes bereits eine PV-Anlage installiert haben. Da die städtischen Netze aber in der Regel über kurze Stromkreislängen verfügen, ist die Prognosegenauigkeit für die Netzplanung meist nicht so entscheidend, da häufig erst höhere Durchdringungsgrade bzw. Anschlussleistungen eine Netzverstärkung erforderlich machen.

In Gewerbegebieten und rein landwirtschaftlich geprägten Netzen ist der Ansatz einer durchschnittlichen PV-Anlagenleistung ebenfalls nicht zielführend. Ästhetische, bauliche und Finanzierungsaspekte spielen hier eher eine untergeordnete Rolle. Entscheidend ist die Rendite der Investition und deshalb sind hier Durchdringungsgrade von 80% und ggf. mehr zu erwarten.

Praktische Umsetzung bei E.ON Bayern

Der Prognoseansatz von E.ON Bayern wurde bereits zum Jahresende 2009 erarbeitet. In den Jahren 2010 und 2011 wird die aktuelle Entwicklung des PV-Zuwachses in Summe über den bisherigen Prognoseansätzen liegen. Die Auswirkungen der fortlaufenden Degression der PV-Einspeisevergütung und die politische Diskussion über einen PV-Deckel bzw. über Sonderdegressionen in der Vergütung sind jedoch noch zu beobachten. Deshalb wird der Prognoseansatz gemäß Abb. 9 auch in 2012 beibehalten.

Durchdringungsgrad und PV-Leistung für die Zielnetzplanung		
	Durchdringungsgrad	Modulleistung
Haushalt (Bestand)	30 %	10 kWp
Haushalt (Neubaugebiet)	50 %	10 kWp

⁵ Geplanter Folgeartikel „smart grid PV-Prognose im Ortsnetzbereich“

Gewerbe und Landwirtschaft (Bestand)	40 %	27 kWp
Gewerbe und Landwirtschaft (Neubau)	90 % der Dachfläche mit PV belegt	150 Wp/m ²
Ohne Unterscheidung von Kundengruppen	35 %	18 kWp

Abb. 9: Durchdringungsgrad und PV-Leistung für Zielnetzplanung

PV-Prognosesicherheit

Wie Eingangs beschrieben, dient das typische Konsumverhalten für Nutzgüter (PC, Internet, TV-Gerät, Geschirrspüler etc.) als Grundlage der Prognose. Da der Nutzen einer PV-Anlage wesentlich von der Renditeerwartung abhängt, hat die gesetzliche Einspeisevergütung und die Anlagenkosten (Modulpreise) einen bestimmenden Einfluss auf das künftige PV-Zubauverhalten. Im Bereich der Biogasanlagen konnte dieser Effekt bereits beobachtet werden⁶. Der dargestellte Prognoseansatz wird deshalb bei starken Änderungen der Renditeerwartung zu überarbeiten sein.

Projektpartner

In dem Forschungsprojekt Netz der Zukunft wird E.ON Bayern von folgenden Projektpartnern unterstützt

- Technische Universität München – TUM
Fachgebiet Elektrische Energieversorgungsnetze
- Hochschule München – HM
Labor Solartechnik und Energietechnische Anlagen
- Fraunhofer IWES – Institut für Windenergie und Systemtechnik

Autoren

Martin Haseneder Dipl. Ing. (FH) Elektrotechnik; Assetmanagement Grundsatzaufgaben E.ON Bayern AG; martin.haseneder@eon-bayern.com

Michael Garhamer Dipl. Ing. (FH) Elektrotechnik; Assetmanagement Leiter Grundsatzaufgaben E.ON Bayern AG; michael.garhamer@eon-bayern.com

⁶ Geplanter Folgeartikel „Netz der Zukunft – Biogasprognose“