Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 103 (2012)
Heft: 12

Artikel: Systemdesign beim Ausbau der erneurbaren Energie
Autor: Kreusel, Jochen
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857373

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: 09.07.2025

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

Systemdesign beim Ausbau der erneuerbaren Energien

Überlegungen am Beispiel Deutschland

In der Schweiz ist eine Energiestrategie angedacht, die verstärkt auf Sonne und Wind setzt. Bei der Diskussion dieser Ausrichtung lohnt sich ein Blick nach Deutschland, wo der Ausbau dieser Energieformen forciert vorangetrieben wird. In der Novemberausgabe wurde die Energiepolitik insgesamt aus Sicht der Stromwirtschaft vorgestellt. Der vorliegende Artikel fokussiert nun die Konsequenzen für das Elektrizitätsversorgungssystem in Deutschland.

Jochen Kreusel

Der grosse Fokus für mehr Nachhaltigkeit in der Energieversorgung liegt neben der Effizienz auf dem Ausbau der erneuerbaren Quellen. Die europäische Politik sieht vor, bis im Jahr 2020 über 30 % des elektrischen Energiebedarfs aus Wind-, Wasser- und Solarkraft zu decken.

Die deutsche Bundesregierung hat in ihrem Energiekonzept vom 28. September 2010 [1] ihre energiepolitischen Ziele bis zum Jahr 2050 formuliert. Für die elektrische Energieversorgung geht die Bundesregierung von einem Deckungsgrad erneuerbarer Energien von 80 % aus. Beim Strombedarf nimmt sie einen Rückgang von 10 % bis 2020, und von 25 % bis 2050, im Vergleich zum Jahr 2008 an. Die Produktion elektrischer Energie aus erneuerbaren Quellen müsste somit im Jahr 369 TWh betragen.

Demgegenüber rechnet die Studie vom August 2010, welche Prognos und andere Organisationen als Grundlage für die Bundesregierung erarbeitete (nachfolgend Prognos-Referenzszenario) [2], mit einem Verbrauchsrückgang von lediglich 8 % bis im Jahr 2050, und einer Produktion von 263 TWh Strom aus erneuerbaren Quellen. Die Entwicklungen gemäss dem Energiekonzept der Bundesregierung und dem Prognos-Referenzszenario sind in **Bild 1** ersichtlich.

Die Energietechnische Gesellschaft (ETG) des Verbands der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik Deutschland (VDE) hat daraufhin in einer Studie das Energiekonzept der Bundesregierung analysiert. [3] Nachfolgend werden die wesentlichen Erkenntnisse vorgestellt.

Entwicklung der installierten Leistung der Erneuerbaren

Eine sehr grobe, überschlägige Rechnung des zusätzlichen Beitrags erneuerbarer Energien gemäss Energiekonzept ergibt eine erforderliche installierte Leistung von 145 GW – grossmehrheitlich aus Onshore- und Offshore-Windenergie sowie Fotovoltaik-Anlagen. **(Bild 2)** Sie liegt damit erheblich über der im Energiekonzept erwarteten Jahreshöchstlast von etwa 60 GW (derzeit etwas über 80 GW). Auch wenn die tatsächlich auftretende Erzeugungsleistung niedriger sein wird, würde der Bedarf über grosse Zeitbereiche überschritten. Dass ein nennenswerter Anteil der erneuerbaren Energie importiert werden könnte, schwächt das Problem allenfalls ab, löst es aber nicht.

Das wichtigste Ergebnis der Zeitreihenanalyse ist die Bedeutung der Periode bis 2020. Während die grösste Reduktion des elektrischen Energiebedarfs bis 2030 erfolgen soll, wird der grösste Teil des Zubaus erneuerbarer Energiequellen kurzfristig bis 2020 erwartet. **(Bild 1)** Demnach beträgt der erwartete Zubau in diesem Zeitraum rund 50 % der im Jahr 2010 installierten Leistung. Hinzu kommt, dass bereits 2020 die installierte Leistung der erneuerbaren Energien die Spitzenlast übersteigt. Deshalb muss das System bereits zu diesem Zeitpunkt in der Lage sein, mit vollständiger Lastdeckung durch die erneuerbaren Energien umzugehen.

Die Herausforderung des Umgangs mit extrem hohen Erzeugungsspitzen würde allerdings, gemäss den Abschätzungen der ETG des VDE, nach 2020 deutlich verschärft. Das Energiekonzept impliziert somit zwei unterschiedliche Phasen des Systemumbaus. Die Beherrschung beider ist unerlässlich für die Realisierung der Ziele bis 2050.

Auswirkungen

Die zentrale Position des Ausbaus erneuerbarer Energien führt im Wesentlichen zu drei neuen Komponenten in der elektrischen Energieversorgung Europas:

VDE

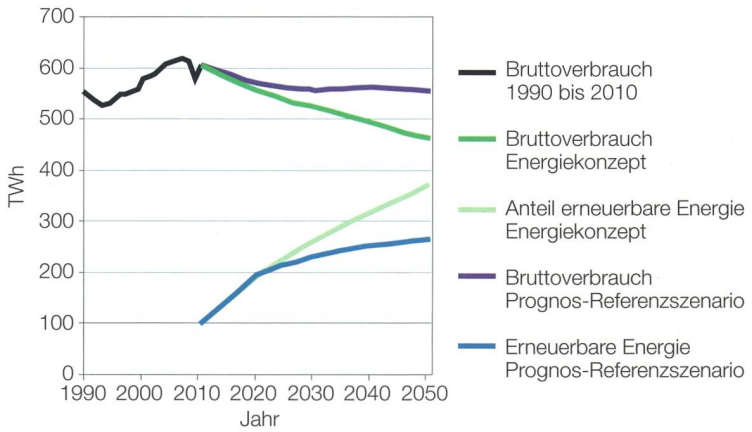
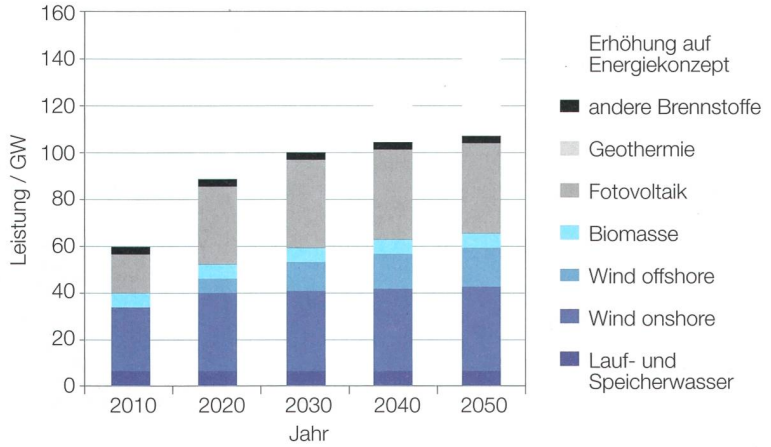


Bild 1 Entwicklung von Elektrizitätsbedarf und -produktion in Deutschland seit 1990 sowie Prognosen bis 2050.



VDE

Bild 2 Erwartete Entwicklung der installierten Leistung erneuerbarer Energien in Deutschland.
Ausgefüllte Flächen entsprechen dem Prognos-Referenzszenario.

- Verbrauchsferne Erzeugung hält in grossem Masse Einzug in die europäischen Systeme, die traditionell auf einen regionalen Ausgleich von Erzeugung und Bedarf ausgelegt waren. Diese Entwicklung wird vor allem durch die stark standortabhängigen Quellen Wind und Wasser getrieben.
- Dezentrale Erzeugung wird vor allem durch Fotovoltaik und Wärmekraftkopplung ausgebaut und führt dazu, dass ein nennenswerter Anteil der Erzeugung mit einer sehr grossen Zahl kleiner Einheiten in die Verteilungsnetze einspeisen wird.
- Volatile Erzeugung kommt vor allem von Wind- und Sonnenenergie, die beide zu schnelleren, grösseren und nur begrenzt prognostizierbaren Schwankungen des Leistungsangebots führen werden, als sie bisher beherrscht werden mussten.

Diese drei Veränderungen wirken sich in allen Bereichen der elektrischen Energieversorgung und -anwendung aus. Die Tabelle fasst die Auswirkungen zusammen, wobei zusätzlich der Einfluss neuer Verbraucher als Veränderungstreiber ergänzt ist. Im Folgenden werden die sich ergebenden Schwerpunktthemen dargelegt.

Übertragungsnetze

In den Übertragungsnetzen führt die verbrauchsferne Erzeugung zu erhöhtem Bedarf an Übertragungskapazität. Diese Anforderung ist für Europa, zumindest im Hinblick auf die jüngere Vergangenheit, neu, weltweit gibt es aber ausreichend viele Beispiele und dementsprechend Lösungen. Auch die Volatilität der Erzeugung, insbesondere in Verbindung mit den niedrigen Volllaststundenzahlen der erneuerbaren Energien, erhöhen den Übertragungsbedarf, da die Ausweitung des Verbundes die kostengünstigste Möglichkeit ist, volatile Erzeugung und Verbrauch durch Vergrösserung des statistischen Kollektivs aufeinander abzustimmen. [4]

Allerdings werden die Übertragungsnetze künftig voraussichtlich anders aussehen als heute. Speziell die grossen Übertragungsentfernungen und die sich wegen der hohen Einspeisungsspitzen der erneuerbaren Quellen häufig grundlegend ändernden Lastflusssituationen lassen eine überlagerte, in Hochspannungs-Gleichstromtechnik realisierte Übertragungsebene (Overlay-Netz) sinnvoll erscheinen. Erste Schritte zur Realisierung sind inzwischen vorgeschlagen worden. [5]

Verteilungsnetze

Die Auswirkungen in den Verteilungsnetzen sind vielfältig. Der Ausbau dezentraler Erzeugung erfordert in vielen Fällen eine Verstärkung der Netze. Gerade in ländlichen Netzen mit verhältnismässig langen Leitungen kommt es allerdings häufig vorher zu Problemen bei der Spannungshaltung.

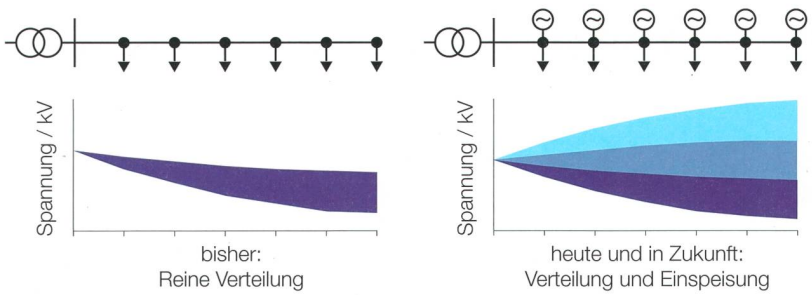
Da die Ursache nicht in einer speziellen Belastungssituation, sondern in der Vielzahl der Betriebszustände zwischen Einspeisung und Entnahme liegt, ist die traditionelle Lösung des Problems durch manuelle Anpassung der Übersetzung des Ortsnetztransformators nicht mehr ausreichend. In solchen Fällen besteht die Möglichkeit, durch Installation eines Spannungsreglers eine üblicherweise deutlich teurere Netzverstärkung hinauszuzögern oder sogar ganz zu vermeiden. (Bild 3)

Generell führt die zunehmende Vielfalt an Betriebszuständen in den Verteilungsnetzen zu einem wachsenden Informationsbedarf. Dis wird zu einer zumindest teilweisen Automatisierung der bisher weitgehend nicht fernüberwachten oder gar -gesteuerten Ortsnetzstationen führen. Und zuletzt müssen die Schutzkonzepte weiter entwickelt werden. Bereits heute führt die dezentrale Einspeisung zur Rückspeisung bis in die Hochspannungsebene. Darüber hinaus kann es durch dezentrale Einspeisung ins Niederspannungsnetz zu Komponentenüberlastungen innerhalb einzelner Leitungen kommen, die vom heute üblichen Schutz am Leitungsanfang prinzipiell nicht erkannt werden können.

Verbrauch

Infolge der Volatilität des Leistungsangebots erneuerbarer Energien wird die Bedeutung einer kurzfristigen Flexibilisierung des Verbrauchs zunehmen. Lastbeeinflussung, insbesondere bei Verbrauchern mit funktionsbedingt integrierten Speichern, kann dazu einen Beitrag leisten. Besonders bieten sich dazu Wärme- und Kälteanwendungen an, da thermische Energiespeicherung meist kostengünstig realisierbar ist.

Im Sinne eines neuen, erweiterten Systemdesigns müssen herkömmliche Sichtweisen und Wege verlassen werden. So darf etwa in einem Umfeld mit einer



Eigene Darstellung

Bild 3 Veränderung der Aufgabe der Spannungshaltung in Verteilungsnetzen bei Zunahme dezentraler Erzeugung (schematisch).

Tabelle Treiber und die nötig werdenden Massnahmen in der Wertschöpfungskette der elektrischen Energieversorgung und -anwendung.

HGÜ: Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
FACTS: Flexible Drehstrom-Übertragungssyteme

	betroffener Systembereich				
Treiber	**konventionelle Erzeugung**	**Übertragung**	**Verteilung**	**Systembetrieb**	**Verbrauch**
verbrauchsferne Erzeugung		■ Ferntransporte ■ FACTS ■ Overlay-Netz/HGÜ		■ Stabilisierung mit FACTS	
dezentrale Erzeugung			■ Automatisierung ■ Spannungsregelung	■ Kommunikation ■ Steuerung ■ virtuelle Kraftwerke	
volatile Erzeugung	■ Teillastfähigkeit ■ Flexibilität	■ überregionaler Ausgleich ■ Overlay-Netz/HGÜ ■ Grossspeicher	■ dezentrale Speicher	■ Lastmanagement ■ virtuelle Kraftwerke	■ Speicher ■ Lastbeeinflussung
Neue Verbraucher (z. B. Elektromobilität)			■ Ladeinfrastruktur	■ Lastbeeinflussung	

überwiegenden Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen das Heizen oder die Warmwasserbereitung mit Strom – insbesondere angesichts des abnehmenden Wärmebedarfs in Niedrigenergiehäusern – kein Tabuthema mehr sein. Angesichts des regelmässig zu erwartenden Überschusses von Strom aus erneuerbaren Energien bieten thermische Prozesse die Möglichkeit, diese überschüssige Energie direkt als Nutzenergie zu speichern. [2]

Systembetrieb

Die am weitesten reichenden Auswirkungen entstehen auf den Systembetrieb, also auf den Echtzeit-Ausgleich zwischen Erzeugung und Verbrauch, und die dazu erforderliche Koordination aller Betriebsführungselemente in den Netzen und auf Erzeugungs- und Verbrauchsseite.

Bis heute liegt diese Aufgabe in der Verantwortung des Übertragungsnetzbetreibers. In der Tabelle ist sie aber als eigenständige Funktion aufgeführt, da sie in Systemen mit sehr starker dezentraler Erzeugung und der Einbeziehung von Verbrauchern in den Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch voraussichtlich arbeitsteilig von Übertragungs- und Verteilnetzbetreibern, zu lösen sein wird.

Schlussfolgerungen

Das Energiekonzept der deutschen Bundesregierung von 2010 ist ausserordentlich ambitioniert. Mit dem Ziel einer Deckung von 80 % des Bruttoelektrizitätsverbrauchs aus erneuerbaren Quellen im Jahr 2050 geht es deutlich über alle mit ihm vorgelegten Szenarien hinaus. Hinzu kommt der Ausstieg aus der Kernenergie, der insbesondere die Zeit bis 2030 noch anspruchsvoller macht.

Bereits bis 2020 muss das System deshalb in der Lage sein, zeitweise mit 100 % erneuerbarer Energie zu operieren. Ein erweitertes, integriertes Systemdesign wird deshalb erforderlich: Flexibilisierung des Erzeugungsparks, Weiterentwicklung der Übertragungsnetze, Aufbau eines Overlay-Netzes und dessen räumliche Ausweitung (Nordsee-Ring, Mittelmeer-Ring), Ertüchtigung der Verteilungsnetze für die neuen Aufgaben, Anpassung der Elektrizitätsnachfrage an das Angebot erneuerbarer Erzeugung sowie Förderung neuer, flexibler Verbrauchsarten insbesondere Wärme- und Kälteanwendungen.

Nach 2020 werden Speicher in grossem Umfang benötigt, bis 2050 ein Vielfaches der heutigen Leistung und Kapazität in Deutschland.

Referenzen

[1] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Energiekonzept für eine umweltfreundliche, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, Berlin, 2010.
[2] Prognos AG, EWI, GWS: Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung, Projekt Nr. 12/10, Basel Köln Osnabrück, 2010.
[3] H. Acker, C. Glock, R. Joswig, M. Kleimaier, K. Koenigs, J. Kreusel, W. Wellßow: Politische Handlungsfelder im Hinblick auf die Weiterentwicklung der Elektrizitätsversorgung in Deutschland und Europa – Empfehlungen der Energietechnischen Gesellschaft im VDE, VDE-Verlag, Frankfurt Main, 2011.
[4] Energietechnischen Gesellschaft im VDE: Energiespeicher in Stromversorgungssystemen mit hohem Anteil erneuerbarer Energieträger – Analyse der Energietechnischen Gesellschaft (ETG) im VDE Verband der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik e.V., VDE-Verlag, Frankfurt Main, 2008.
[5] R. Neumaier, G. Kaendler, H. Gartmair, F. Berger: Strukturelle Überlegungen zu künftigen Pilottrassen von Overlay-Verbindungen in Deutschland, 9. CIGRE/CIRED-Informationsveranstaltung, Regensburg, 5. Oktober 2011.

Angaben zum Autor

Prof. Dr. **Jochen Kreusel** leitet im ABB-Konzern die Industrieinitiative Smart Grids. Zuvor war er bei ABB Deutschland Leiter Marketing und Technologie der Energietechnik-Divisionen. Jochen Kreusel hat einen Lehrauftrag am Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen und ist Vorsitzender der Energietechnischen Gesellschaft im Verband der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik e.V.

ABB Management Services Ltd., 8050 Zürich
jochen.kreusel@ch.abb.com

Résumé

Conception de systèmes dans le cadre de l'extension des énergies renouvelables

Réflexions sur l'exemple de l'Allemagne

Selon son concept énergétique de septembre 2010, le gouvernement fédéral allemand aspire à une part de 80 % de sources renouvelables pour la production d'électricité d'ici à 2050. En ce qui concerne la demande d'électricité, il part du principe que, par rapport à 2008, elle subira une baisse de 10 % jusqu'en 2020 et de 25 % jusqu'en 2050.

Afin de pouvoir réaliser ce concept énergétique, une puissance installée de 145 GW provenant des énergies renouvelables est indispensable. Il s'agira pour la majeure partie d'installations photovoltaïques et d'éoliennes. Dans ce cas, la puissance installée dépassera considérablement la charge annuelle maximale prévue de 60 GW et la production sera supérieure au besoin d'électricité sur de longues séries chronologiques.

En Allemagne, la puissance installée des énergies renouvelables dépassera la charge de pointe dès 2020. C'est pourquoi, à ce moment-là, le système doit être en mesure de supporter une couverture complète de la charge par les énergies renouvelables.

Pour pouvoir y parvenir, une flexibilisation du parc de production est nécessaire, tout comme un renforcement des réseaux de transport, la mise sur pied d'un réseau à courant continu à haute tension superposé au réseau THT actuel (réseau overlay), l'adaptation des réseaux de distribution aux nouvelles tâches, l'ajustement de la demande d'électricité en fonction de l'offre ainsi que la promotion de certains types de consommation plus flexibles comme les applications de chauffage ou de refroidissement. Mn