

Welche Folgen hat der Ausbau Erneuerbarer Energien für unsere Stromversorgung?

von [Manfred Popp](#)
Email Manfred.Popp@energie-fakten.de

Hier die Fakten – vereinfachte Kurzfassung

Erzeugung und Verbrauch von elektrischer Energie entwickeln sich mit dem Ausbau der Erneuerbaren Energien immer mehr auseinander, zeitlich wie räumlich. Zeitlich, weil das Angebot von Sonne und Wind wenig Rücksicht auf die Bedarfslage nimmt. Und räumlich, weil die heutige Grundlastversorgung durch Kernkraftwerke und Braunkohlekraftwerken nahe der Lastzentren, aufgegeben wird. Das künftige Spektrum des deutschen Systems reicht von dezentralen Fotovoltaikanlagen bis zu einer bisher unbekanntenen Konzentration von Offshore Windenergieanlagen mit insgesamt bis 2020 etwa 14.000 MW_e in Gebieten völlig ohne Stromverbrauch. So formulierte Stephan Kohler, Leiter der Deutschen Energie-Agentur (DENA), die Herausforderung für die Zukunft. Insgesamt geht die DENA von ca. 100.000 MW_e zeitlich fluktuierender Leistung im Jahr 2020 aus.

Die Folgen für das deutsche Verbundnetz wurden von der DENA in der „DENA-Netzstudie II“ von 2007 bis 2010 unabhängig von Interessen untersucht.

Der tiefgreifende Wandel unseres Stromversorgungssystems durch hohe Anteile der Erneuerbaren Energien machte einen neuen Ansatz für die Netzstudie erforderlich. War bisher die Erzeugungsstruktur durch rund 1000 Kraftwerke bestimmt, bei denen aber die größten Kapazitäten an rund 20 Standorten mit oft mehreren großen Kraftwerksblöcken konzentriert waren, so werden künftig mehrere Millionen Solaranlagen und tausende von Windturbinen einer wesentlich kleineren Zahl von fossilen und nur in der Übergangszeit noch nuklearen Kraftwerken gegenüberstehen. Obwohl mit einer Abnahme der Stromverbrauchs gerechnet wird, steigt die installierte Leistung von heute 130 GW_e bis 2020 auf über 160 GW_e an, weil Wind- und Solaranlagen geringere Verfügbarkeiten haben. In der DENA-Netzstudie II tritt deshalb an die Stelle des bisher üblichen Knotenmodells, das die Vernetzung der großen Kraftwerksstandorte mit 370 kV- und 220 kV-Leitungen abbildet, ein Regionenmodell. Für 18 deutsche Regionen wurden für alle 8.760 Stunden des Jahres Netzlast, Netzverluste, die ver-

schiedenen Einspeisemöglichkeiten und Speicherkapazitäten ermittelt. Dabei ergaben sich Regionen mit Erzeugungsüberschuss, andere mit Lastüberschuss, die dann untereinander bilanziert wurden. Für den dadurch erforderliche Netzausbau wurden alle verfügbaren technischen Varianten untersucht und nach ihren technischen Eigenschaften, ihrer Wirtschaftlichkeit, ihrer Umwelteinwirkung und ihrem Systemverhalten bewertet. Das Ergebnis unterstützt innovative Lösungen nur begrenzt:

- Freileitungen erweisen sich für alle Übertragungsaufgaben als geeigneter
- Bei niedrigen Leistungen und Entfernungen ist die 380 kV-Drehstromfreileitung unschlagbar

Insgesamt beziffert die DENA II-Studie auf der Basis dieser Bewertungen den Ausbaubedarf des deutschen Hochspannungsnetzes bis 2020 mit 3.700 km. Angesichts der sehr langwierigen Genehmigungsverfahren und lokalem Widerstand gegen die Trassenführung ist das ein sehr ehrgeiziges Ziel, das bei dem gegenwärtigen Tempo des Netzausbaus kaum erreichbar

erscheint. Für den Umbau in ein neues Energiesystem müssen aber auch andere Infrastrukturen errichtet sowie Speichertechnologien und andere Innovationen gefördert werden. Der Ausbau

des Netzes ist in Deutschland eine Notwendigkeit, ohne die sich der erwünschte hohe Anteil Erneuerbarer Energien nicht realisieren lässt. Notwendig ist deshalb auch eine Vereinfachung

und Beschleunigung der Genehmigungsverfahren, da die Hemmnisse nicht in erster Linie lokale Widerstände sondern die umständlichen, bürokratischen Verfahren seien.

Welche Folgen hat der Ausbau Erneuerbarer Energien für unsere Stromversorgung?

von [Manfred Popp](#)
Email Manfred.Popp@energie-fakten.de

Hier die Fakten – Langfassung

Erzeugung und Verbrauch von elektrischer Energie entwickeln sich mit dem Ausbau der Erneuerbaren Energien immer mehr auseinander, sagte Dr. Hans-Josef Zimmer (EnBW) zur Eröffnung eines Debattenabends über Großprojekte der Erneuerbaren Energien am 26. Januar 2011 in Stuttgart. Dies gilt sowohl zeitlich wie räumlich. Zeitlich, weil das Angebot von Sonne und Wind wenig Rücksicht auf die Bedarfslage nimmt. Und räumlich, weil die heutige Grundlastversorgung durch Kernkraftwerke, davon 2/3 im Süden Deutschlands, und Braunkohlekraftwerken, überwiegend in der Mitte Deutschlands, alle also nahe der Lastzentren, aufgegeben wird. Das künftige Spektrum des deutschen Systems reiche von dezentralen Fotovoltaikanlagen bis zu einer bisher unbekanntenen Konzentration von Offshore Windenergieanlagen mit insgesamt 12.000 bis 14.000 MWe in Gebieten völlig ohne Stromverbrauch. So formulierte Stephan Kohler, Leiter der Deutschen Energie-Agentur (DNA), die Herausforderung für die Zukunft. Insgesamt geht die DNA von ca. 100.000 MWe zeitlich fluktuierender Leistung im Jahr 2020 aus.

Die Folgen für das deutsche Verbundnetz wurden von der DNA in einer groß angelegten Studie untersucht, die unter dem Titel „DNA-Netzstudie II“ von 2007 bis 2010 erarbeitet wurde, und zwar in größtmöglicher Unabhängigkeit von Interessen, wie Kohler betonte. Denn die DNA ist eine GmbH, die zu 50 % von der Bundesrepublik Deutschland und zur anderen Hälfte von verschiedenen Banken, hauptsächlich der KfW, getragen wird. An der Studie waren alle wesentlichen Unternehmen und Verbände der Energiewirtschaft beteiligt, die großen Energieversorger, die Kern- und Kohlekraftwerke betreiben, ebenso wie die Verbände der Solar- und Windenergie. Den Ergebnissen der Studie haben alle Beteiligten voll zugestimmt. Zentrale Annahmen der Studie waren entsprechend den 2007 aktuellen energiepolitischen Zielen der damaligen Bundesregierung die vollständige Integration von 39 % Erneuerbarer Energien in der Stromerzeugung gemäß dem Erneuerbaren Energiesgesetz (EEG), ein 25 %iger Anteil der Wärme-Kraft-Kopplung bis 2020, eine marktgetriebene

Entwicklung des Kraftwerksparks, eine Ausweitung des europäischen Strommarkts und der Ausstieg aus der Kernenergie gemäß dem Atomgesetz von 2000.

Der tiefgreifende Wandel unseres Stromversorgungssystems durch hohe Anteile der Erneuerbaren Energien machte einen neuen Ansatz für die Netzstudie erforderlich. War bisher die Erzeugungsstruktur durch rund 1000 Kraftwerke bestimmt, bei denen aber die größten Kapazitäten an rund 20 Standorten mit oft mehreren großen Kraftwerksblöcken konzentriert waren, so werden künftig mehrere Millionen Solaranlagen und tausende von Windturbinen einer wesentlich kleineren Zahl von fossilen und nur in der Übergangszeit noch nuklearen Kraftwerken gegenüberstehen. Obwohl mit einer Abnahme der Stromverbrauchs gerechnet wird, steigt die installierte Leistung von heute 130 GWe bis 2020 auf über 160 GWe an, weil Wind- und Solaranlagen geringere Verfügbarkeiten haben.

Für die DNA-Netzstudie II wurde deshalb eine neue Methode gewählt. An Stelle des

LANGFASSUNG

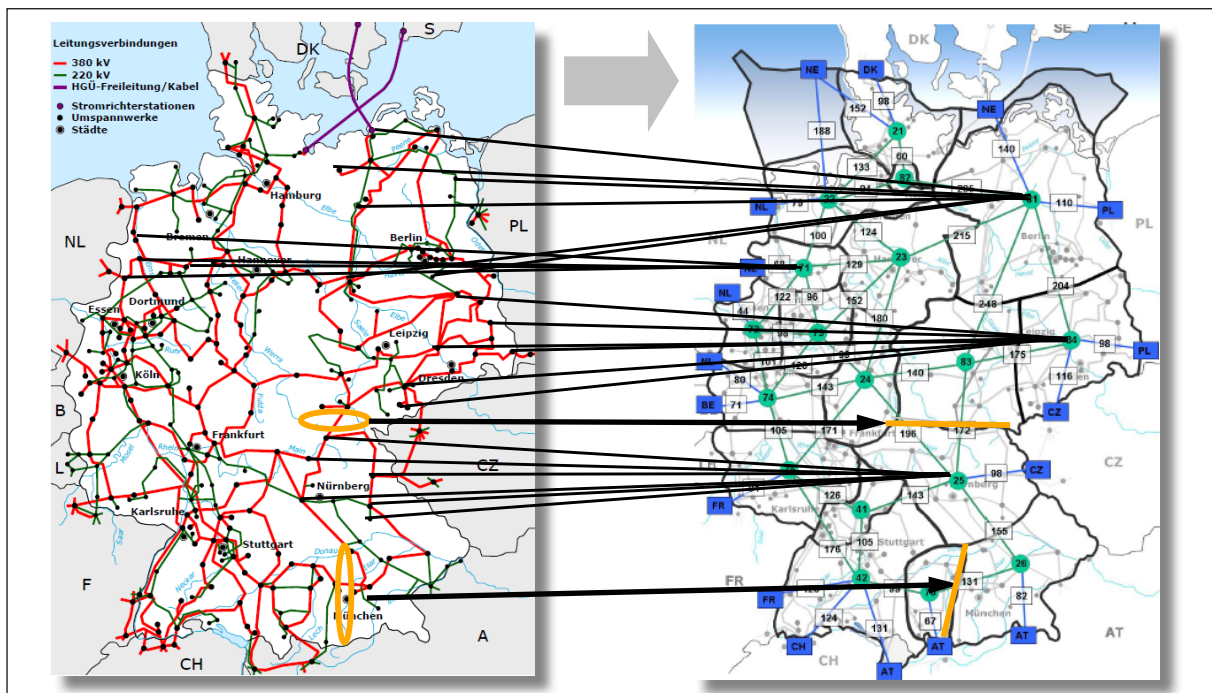


Abbildung 1: Übergang Knotenmodell auf Regionenmodell – Topologie (Beispiel)

bisher üblichen Knotenmodells, das die Vernetzung der großen Kraftwerksstandorte mit 370 kV- und 220 kV-Leitungen abbildet, tritt nun ein Regionenmodell.

Für 18 deutsche Regionen wurden für alle 8.760 Stunden des Jahres Netzlast, Netzverluste, die verschiedenen Einspeisemöglichkeiten und Speicherkapazitäten ermittelt. Dabei ergaben sich Regionen mit Erzeugungsüberschuss, andere mit Lastüberschuss, die dann untereinander bilanziert wurden. Für den dadurch erforderlichen Netzausbau wurden drei Varianten untersucht, ein Basisnetz mit „Standardübertragungsfähigkeit“, Freileitungssysteme mit Monitoring und Hochtemperatur-Leiteseile, Punkt-zu-Punkt-Verbindungen oder eine Fernübertragungsstrecke mit Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) und ein Netzausbau mit gasisolierten Leitern (Link zum Beitrag „Al-

ternativen zu Hochspannungsleitungen“) und diese mit verschiedenen Speichervarianten unterschiedlicher Leistungsfähigkeit kombiniert. Bei Hochspannungsleitungen und GHÜ wurde alternativ auch die unterirdische Verlegung betrachtet. Die Bewertung erfolgte in vier Kriteriengruppen:

- Technische Eigenschaften (Bauzeit, Lebensdauer, Verfügbarkeit)
- Wirtschaftlichkeit (Investitionskosten, Betriebskosten, Opportunitätskosten)
- Umwelteinwirkung (Ökologische Auswirkungen, Beeinträchtigung des Landschaftsbildes)
- Systemverhalten (Blindleistungsverhalten, Lastflusssteuerung)

für vier beispielhafte Übertragungsaufgaben, nämlich 1000 MWe und 4000 MWe über jeweils 100 km bzw. 400 km. Das Ergebnis unterstützt innovative

Lösungen nur begrenzt:

- Freileitungen erweisen sich für alle Übertragungsaufgaben als geeigneter
- Bei niedrigen Leistungen und Entfernungen ist die 380 kV-Drehstromfreileitung unschlagbar
- Für alle anderen Aufgaben unterscheiden sich die Alternativen nur wenig
- Bei großen Leistungen und großen Entfernungen wachsen die Vorteile der HGÜ.

Diese aus modellhaften Annahmen hergeleiteten Ergebnisse sind nicht generalisierbar; im konkreten Einzelfall können sich auch Abweichungen ergeben. Insgesamt beziffert die DENA II-Studie auf der Basis dieser Bewertungen den Ausbaubedarf des deutschen Hochspannungsnetzes bis 2020 mit 3.700 km. Angesichts der sehr langwierigen Genehmigungsverfahren und lokalem Widerstand gegen die Trassenführung ist das

LANGFASSUNG

ein sehr ehrgeiziges Ziel, das bei dem gegenwärtigen Tempo des Netzausbaus kaum erreichbar erscheint. Kohler wehrte sich gegen die Reduktion des Ergebnisses der DENA-Studie II auf die fehlenden 3.700 km Netzleitungen. Für den Umbau in ein neues Energiesystem müssten auch andere Infrastrukturen, Speichertechnologien und andere Innovationen gefördert werden. Zu den Optionen für eine Flexibilisierung der Stromversorgung gehört der Einsatz von Speichern zur Netzentlastung, wofür beim gegenwärtigen Stand der Technik in erster Linie Pumpspeicherwerke oder Druckspeicher in ehemaligen Gaslagerstätten in Frage kämen – beide Optionen sind in Deutschland aber nur begrenzt ausbaubar. Hilfreich für die Optimierung des Netzbetriebs wäre auch eine bessere Prognose der Windstromeinspeisung. Schließlich können die Probleme, die ein hoher Anteil fluktuierender Stromeinspeisung verursacht

aber nicht ohne Maßnahmen auf der Verbraucherseite („Demand Side Management DSM“) gelöst werden. Durch eine neue Tarifstruktur muss es attraktiv werden, zeitlich nicht festgelegten Bedarf, wie Waschen oder Trocknen von Wäsche, in Zeiten eines intensiven Energieangebots zu verschieben.

Einen wichtigen Beitrag zur Stabilisierung der Stromversorgung kann auch die Wasserkraft übernehmen, die traditionellste aber auch wirtschaftlichste erneuerbare Energieform. Dazu gehört der Ausbau der Rhein-Wasserkraftwerke in Rheinfelden und Iffezheim und der geplante Bau eines großen Pumpspeicherwerks im Schwarzwald, der allerdings auf große Akzeptanzprobleme stößt. Da diese Potentiale aber kaum noch weiter zu steigern seien, liege der Fokus der EnBW in der Zukunft vor allem bei größeren Einheiten, wie den Offshore-Windanlagen fügte Stefan Thiele (EnBW Erneuerbare Energien GmbH) hinzu. Als

erstes großes Offshore-Projekt wurde in der Ostsee der Windpark Baltic I fertiggestellt; er kann den Betrieb aufnehmen, sobald er ans Netz angeschlossen ist. In der Diskussion wurde verdeutlicht, dass die Versorgungsunternehmen für den weiteren Ausbau der Windenergie auf das deutsche Gesetz zur Einspeisung Erneuerbarer Energien angewiesen sind, auf die Dauer aber als europaweit agierende Versorgungsunternehmen auch europäisch einheitliche Vergütungsregelungen benötigen.

Eine kleine Kontroverse löste Prof. Eike Weber (Fraunhofer Institut für solare Energiesysteme) aus, als er behauptete, der Ausbau der dezentralen Fotovoltaik erfordere keinen zusätzlichen Netzausbau, da das heutige Netz eine 100 %-Versorgung auch ohne Solarstrom sicherstelle. Wenn die rasche weitere Kostensenkung in der Fotovoltaik, die durch technische Fortschritte und durch Senkung der Herstellungskosten durch den

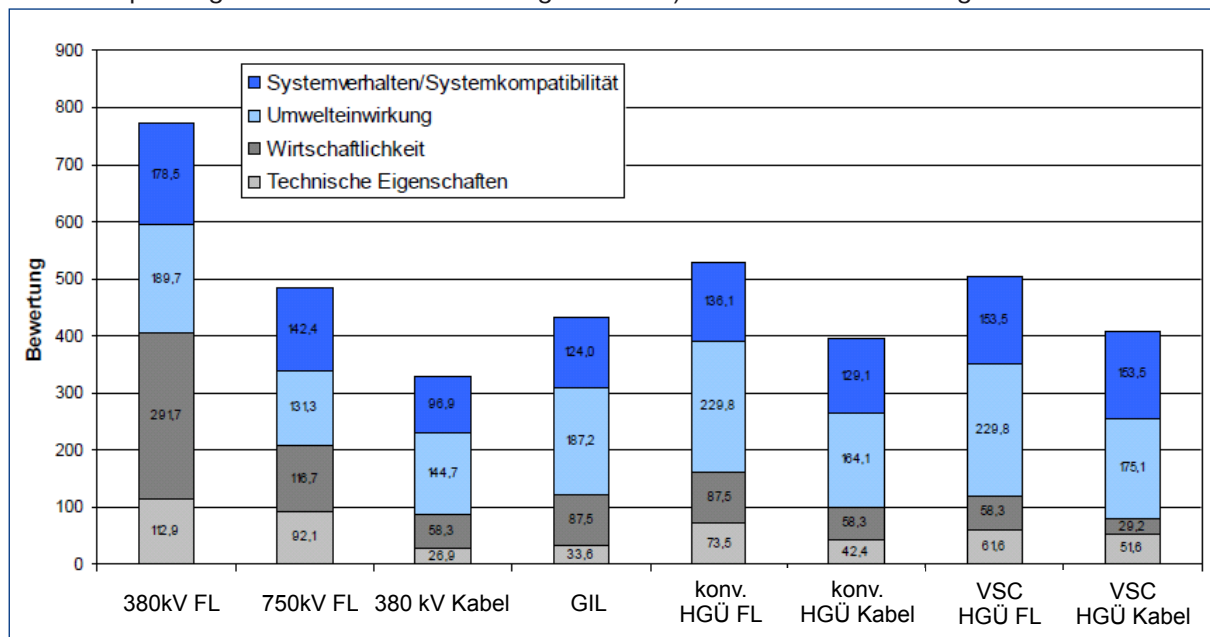


Abbildung 2: Bewertung für eine abstrakte, nicht projektbezogene Übertragungsaufgabe von 1000 MW über 100 km.

LANGFASSUNG

wachsenden Markt begünstigt werde, dazu geführt habe, dass die Einspeisevergütung nicht mehr höher sei als der tarifliche Preis einer kWh, dann würden die zahlreichen Fotovoltaikanlagen zu einer dezentralen Versorgung beitragen, die das Netz entlaste. Ein großes Netz stelle auch einen Puffer dar, der keine zusätzlichen Speicher erforderlich mache. Diese Argumentation verkennt, dass die Anlagen nicht autonom sind. Die mittlere Ausnutzung der Fotovoltaikanlagen liegt in Deutschland bei knapp 10 %; während 90 % des Jahres sind auch diese Haushalte also auf die Versorgung aus dem Netz angewiesen, das auf den ständigen Rollenwechsel von 2 Millionen Anschlüssen zwischen Versorger und Abnehmer von Strom flexibel reagieren

muss. Stephan Kohler verwies noch auf ein spezielles Problem: wenn in der Sommer-Ferienzeit an einem Wochenend-Mittag bei geringstem Strombedarf alle Fotovoltaikanlagen ihre volle Leistung einspeisen, dann entsteht eine Überschuss-Leistung von 20 bis 30 GW_e im Jahr 2020, die das Netz aufnehmen und an leistungsfähige Speicher weiterleiten muss, die allerdings noch in großem Umfang errichtet werden müssen. Weber betonte, dass dieses Problem heute durch die Windanlagen hervorgerufen wird, da die insgesamt installierte Fotovoltaik-Leistung „nur“ etwa 15 GW_e entspricht. Er sprach noch einen anderen wichtigen, globalen Aspekt an: weltweit, vor allem in Afrika, leben noch 1,4 Milliarden Menschen ohne Strom, d. h. auch mit

geringen Chancen auf Bildung und Information. Hier, wo geringer Bedarf über große Flächen verteilt auftritt, ist die dezentrale Fotovoltaik einem Netzausbau bereits heute wirtschaftlich überlegen. Offen bleibt jedoch, wie das Kapital für diese dezentrale Versorgung aufgebracht werden soll.

Der Ausbau des Netzes ist in Deutschland, darin stimmten alle anderen Experten überein, eine Notwendigkeit, ohne die sich der erwünschte hohe Anteil Erneuerbarer Energien nicht realisieren lässt. Notwendig ist deshalb auch eine Vereinfachung und Beschleunigung der Genehmigungsverfahren, da die Hemmnisse nicht in erster Linie lokale Widerstände sondern die umständlichen, bürokratischen Verfahren seien. ■