

RENEWS KOMPAKT



AGENTUR FÜR
ERNEUERBARE
ENERGIEN
unendlich-viel-energie.de

AUSGABE 43
06.02.2019

KEINE ANGST VOR DEM STROMSTAU

FLEXIBILITÄT UND EFFIZIENTE NETZNUTZUNG SCHAFFEN PLATZ FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN

In den deutschen Stromnetzen wird schon in den 2020er Jahren mehrheitlich Strom aus Erneuerbaren Energien fließen. Nach dem Willen der Großen Koalition soll der Zubau von neuen Erneuerbare-Energien-Anlagen allerdings nur noch „netzsynchron“ erfolgen, d.h. mit dem gleichzeitigen Zubau neuer Stromleitungen abgestimmt. Ein Mehr an Kabelkilometern alleine greift aber zu kurz. Die Flexibilität aller Netznutzer ist unverzichtbar, wenn in den kommenden Jahrzehnten noch größere Mengen an Wind- und Solarstrom zu den Verbrauchern gelangen sollen. Technisch stehen schon viele Lösungen bereit, von der effizienteren Nutzung der bestehenden Netze bis zum flexiblen Biogas. Die rechtlichen und ökonomischen Rahmenbedingungen verhindern bisher ihre breite Mobilisierung.

AUF EINEN BLICK

- Der laufende, beschleunigte Netzausbau erlaubt weiterhin den Zubau Erneuerbarer Energien und einen uneingeschränkten Stromhandel.
- Eine effiziente Nutzung bestehender Netze, flexibles Verhalten aller Netznutzer und angemessene Preissignale erleichtern die Markt- und Netzintegration erneuerbaren Stroms.
- Um vorhandene Flexibilitätsoptionen am Strommarkt anzureizen, müssten fossile Überkapazitäten abgebaut werden.

1 HERAUSFORDERUNG NETZENGPASS

Unter einem Netzengpass verstehen wir hier eine Situation, in der die räumliche Trennung von Stromerzeugung und -verbrauch durch die vorhandene Netzinfrastruktur nicht mehr überbrückt werden kann. Kann erneuerbarer Strom so nicht zu den Verbrauchern transportiert werden, bleibt er möglicherweise ungenutzt. Voraussetzung für erfolgreichen Klimaschutz sind damit auch leistungsfähige Netze.

NETZINFRASTRUKTUR UND STROMHANDEL BEDINGEN SICH

Neben dem Ausbau wetterabhängiger Erneuerbarer Energien hat die Liberalisierung der europäischen Strommärkte mehr Bewegung in den Betrieb der Stromnetze gebracht. Seit Ende der 1990er Jahre stehen die bisherigen Grundlast- und Spitzenlastkraftwerke im Wettbewerb. Die Stromnetze müssen ausreichende Übertragungskapazitäten zur Verfügung stellen,

um kein Kraftwerk bei der Teilnahme am Wettbewerb zu behindern.

Der Stromgroßhandel mit einer einheitlichen nationalen Preiszone setzt voraus, dass zum Zeitpunkt der vereinbarten Lieferung von Strom stets auch ausreichende Netzinfrastruktur vorhanden ist. Strom sollte stets ohne physikalische Behinderungen an den jeweiligen Kunden innerhalb der Preiszone geliefert werden können. Die Preisbildung im Großhandel ignoriert dabei, dass zeitweise durchaus freie Stromleitungen fehlen können. Da es für diese Knappheiten kein Preissignal gibt, vermarkten Kraftwerksbetreiber ihren Strom auch dann an einen Kunden, wenn die Übertragungskapazität für die gehandelte Strommenge gar nicht ausreicht.

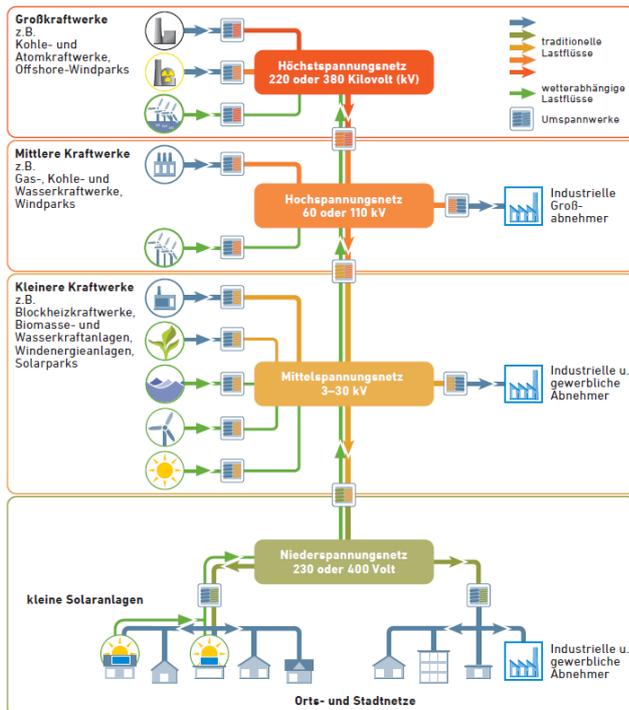
War historisch der vorhersehbare Strombedarf in einem Netzgebiet entscheidend für den dortigen Einsatz bestimmter Kraftwerke, spielen jetzt die Preisbildung an der europäischen Strombörse und das Wetter die zentrale Rolle. Regional begrenzt kann es beispielsweise zu einer kurzfristig stark ansteigenden Stromerzeugung von Windenergieanlagen kommen. Die regionalen Stromnetze müssen dann diese zusätzlichen Windstrommengen vollständig aufnehmen können und gleichzeitig den überregionalen Abtransport gewährleisten, falls die Verbraucher in der Region das zeitlich begrenzte Überangebot an Windstrom nicht abnehmen. Spiegelbildlich müssen die Stromnetze auch bei kurzfristigem Rückgang der Windstromerzeugung schnell ausreichende Strommengen zur Deckung des regionalen Bedarfs importieren können.

NETZENGÄSSE DURCH REGIONALE UNGLEICHGEWICHTE

Ein Risiko für Netzengpässe ergibt sich darum auch aus der regional ungleichmäßigen Verteilung der erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten. In Nord- und Ostdeutschland

sind bisher überproportional viele Windenergieanlagen installiert. In diesen ländlichen und dünn besiedelten Regionen ist der Stromverbrauch niedriger als in den west- und süd-deutschen Industrieregionen. Geographisch wird sich der Transportbedarf von Norden nach Süden zunächst verschärfen: Weiterhin werden überwiegend im Norden neue Erzeugungskapazitäten wie Windparks an Land und auf See angeschlossen, während im Süden durch den Atomausstieg bestehende Erzeugungskapazitäten wegfallen, ohne dass dort bisher ausreichende erneuerbare Ersatzkapazitäten installiert werden.¹

So funktioniert unsere Stromversorgung



Quelle: eigene Darstellung
Stand: 1/2011
© 2018 Agentur für Erneuerbare Energien e.V.



Grundsätzlich besteht die Herausforderung darin, die Energiemärkte so zu organisieren, dass zunächst fossile und Atomkraftwerke der erneuerbaren Stromerzeugung im Netz Platz macht. Gleichzeitig muss eine Brücke zwischen erneuerbarer Erzeugung und Verbrauchern gebaut werden. Wie aber diese Brücke in Zukunft aussehen soll, darüber gehen die Meinungen in Politik, Forschung und Energiewirtschaft weit auseinander.²

VOM VERTEILNETZ ZUM „EINSAMMELNETZ“

Sicher ist in dieser Diskussion, dass die historisch streng hierarchische Netzarchitektur (vgl. die traditionellen Lastflüsse in der Infografik „So funktioniert unser Stromnetz“) häufiger auf den Kopf gestellt wird. Bisher transportierten die Übertragungsnetzbetreiber überregional große Strommengen mit Höchstspannungsleitungen. Die nachgelagerten Verteilnetzbetreiber hatten diesen dann über ihre Mittel- und

Niederspannungsnetze bis zur Steckdose des Endverbrauchers zu verteilen.

Die Übertragungsnetzbetreiber sind weiterhin für die Stabilität des gesamten Netzbetriebs verantwortlich, d.h. sie garantieren die Versorgungssicherheit mit Strom. Kommt es trotz ausgeglichenen Bilanzkreisen zu einer Differenz zwischen Erzeugung und Bedarf, organisieren sie mit so genannten Systemdienstleistungen (SDL) einen Ausgleich.

Systemdienstleistungen zur Sicherung der Netzstabilität:

- Bereitstellung von Regelenergie, um die Frequenz im Stromnetz zu halten und Produktionsabweichungen auszugleichen
- Bereitstellung von Blindleistung, um die Spannung im Stromnetz zu halten

Während SDL überwiegend auf der übergeordneten Übertragungsnetzebene organisiert werden, stellen sich die größeren Herausforderungen jedoch auf der Ebene der Mittel- und Niederspannungsnetze. Denn dort wird dezentral und wetterabhängig immer mehr erneuerbarer Strom eingespeist. Rund 90 Prozent der installierten Leistung von Erneuerbare-Energien-Anlagen in Deutschland sind dort angeschlossen.³

Aus den Verteilnetzbetreibern sind in vielen Regionen de facto „Einsammelnetzbetreiber“ geworden. Sie nehmen immer seltener aus den übergeordneten Höchstspannungsnetzen Strom ab. Es kommt zu einer Umkehr des Lastflusses: Wenn die zeitweise überproportional große Einspeisung aus Sonne und Wind auf der Ebene des Verteilnetzes keine Verbraucher findet, leiten die Verteilnetzbetreiber den erneuerbaren Strom in die Höchstspannungsnetze weiter.

Beispiel „Einsammelnetz“ in Mecklenburg-Vorpommern



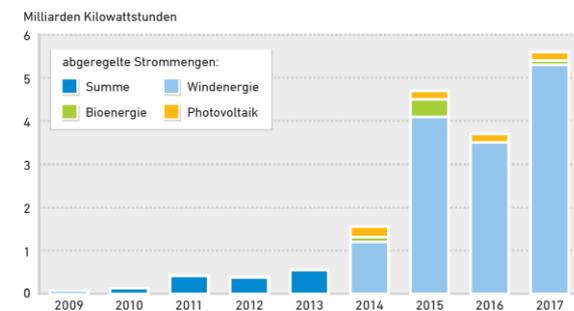
Im Netzgebiet des Verteilnetzbetreibers WEMAG Netz GmbH in Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg kommt es regelmäßig zur Umkehr der Lastflüsse. Der erneuerbaren Einspeisung von 1.500 Megawatt Leistung (1,5 Gigawatt, GW) stehen nur maximal 400 Megawatt (MW) Stromnachfrage entgegen.

2 SIND DIE NETZE TATSÄCHLICH ÜBERLASTET?

Die Netzkapazitäten, die Stromhändler für den Transport ihrer Strommengen zu ihren Käufern benötigen, stehen zeitweise und örtlich begrenzt nicht zur Verfügung. Dann greifen die Übertragungsnetzbetreiber nach Handelsschluss ein und veranlassen einen Redispatch. Statt eines geplanten Kraftwerks vor dem Engpass muss dann ein anderes hinter dem Engpass die Strommenge liefern, auf die der Käufer wartet. Der steigende Redispatch-Bedarf (18,5 Milliarden Kilowattstunden im Jahr 2017, d.h. 3 Prozent des deutschen Stromverbrauchs) belegt das Fehlen ausreichender Netzkapazitäten.⁴

Durch Einspeisemanagement verlorene Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien

Statt Anlagen abzuregeln, könnte der bislang nicht genutzte Erneuerbaren-Strom z.B. auch zum Heizen eingesetzt werden („Sektorenkopplung“).



Quellen: Bundesnetzagentur/Bundeskartellamt
2016, 2017; BNetzA 2018
Stand: 6/2018

© 2018 Agentur für Erneuerbare Energien e.V.



Auch die stark gestiegene Menge des abgeregelten erneuerbaren Stroms unterstreicht das Problem. Im Jahr 2017 konnte mit 5,5 Milliarden Kilowattstunden knapp ein Prozent des deutschen Stromverbrauchs – überwiegend Windstrom – nicht ins Netz eingespeist werden. (Zum Vergleich: Im Jahr 2017 wurden insgesamt 88 Milliarden Kilowattstunden Windstrom erzeugt.) Die Übertragungsnetzbetreiber dürfen nur bei einer Gefährdung der Netzstabilität Erneuerbare-Energien-Anlagen im Rahmen des Einspeisemanagements vom Netz nehmen, womit der Einspeisevorrang für erneuerbaren Strom immer öfter ausgehebelt wird. Mit der abgeregelten Strommenge hätte der jährliche Stromverbrauch von 1,6 Millionen Durchschnittshaushalten abgedeckt werden können.

NETZPLANUNG UND -AUSBAU HINKEN NOCH HINTERHER

Um bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts die Treibhausgasemissionen Deutschlands auf ein Niveau zu senken, das ein Einhalten des Pariser Klimaschutzabkommens erlaubt, ist eine Vervielfachung der installierten Leistung von Erneuerbare-Energien-Anlagen notwendig. Das neue und höhere Ausbauziel von 65 Prozent Anteil Erneuerbarer Energien am deutschen Stromverbrauch bis 2030 wird erstmals mit dem Entwurf des neuen Netzentwicklungsplans 2030 vom Januar 2019 in der Bedarfsplanung berücksichtigt. Angesichts des grundlegenden Systemumbaus sorgt der schleppende Zubau von neuen Stromleitungen für große Beunruhigung.

Die Bundesnetzagentur und das Bundeskartellamt teilen in ihrem jährlichen Monitoringbericht mit, dass von den 2009 im Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) vorgesehen zusätzlichen Übertragungsnetzen rund 70 Prozent bis zum Jahr 2020 realisiert sein werden. Zusammen mit den Vorhaben des Bundesbedarfsplangesetzes (BBPlG) sollen insgesamt 7.700 Kilometer Höchstspannungsnetz neu gebaut oder verstärkt werden. Im Sommer 2018 waren davon insgesamt erst 950 Kilometer realisiert und 1.800 Kilometer genehmigt. Nichtsdestotrotz sieht die Bundesnetzagentur die Verfahren für den Bau von Gleichstrom-Trassen bis 2025 im Zeitplan.⁵ Zudem ist mit der Fertigstellung der „Thüringer Strombrücke“ 2017 ein Nadelöhr im Nord-Süd-Stromtransport aufgelöst worden.

UNFLEXIBLE KOHLE- UND ATOMKRAFTWERKE BELASTEN DIE NETZE

Erneuerbare-Energien-Anlagen sind nicht die einzigen Erzeugungsanlagen, die den Netzbetrieb beeinflussen. Vielmehr müssen sie sich regional begrenzte Netzkapazitäten mit Braunkohle- und Atomkraftwerken teilen. Diese produzieren auch bei negativen Strombörsenpreisen oft weiter und sorgen damit für eine starke Netzbelastung. Während das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) mittlerweile den Zubau von Windenergieanlagen wegen der häufigen Netzengpässe im so genannten Netzausbauggebiet Norddeutschlands deckelt, wurde den Betreibern des Atomkraftwerks Brokdorf (Schleswig-Holstein) eine Übertragung von zusätzlichen Stromerzeugungsrechten zugestanden. So werden möglicherweise zusätzliche Netzengpässe hervorgerufen.⁶

VERSORGUNGSSICHERHEIT IST NICHT GEFÄHRDET

Trotz der geringen Anpassung von Braunkohle- und Atomkraftwerken an den steigenden Anteil Erneuerbarer Energien genießt Deutschland weiterhin eine sehr hohe Versorgungssicherheit. Die durchschnittliche Unterbrechungsdauer ist bei steigendem Anteil wetterabhängiger Erneuerbarer Energien in Deutschland rückläufig. Die Stromausfallzeiten gehören europaweit zu den niedrigsten.⁷

Zwar nimmt die Volatilität mit wetterabhängigen Photovoltaik-(PV-) und Windenergieanlagen zu. Dank immer besserer meteorologischer Einspeiseprognosen und der gut funktionierenden Direktvermarktung von erneuerbarem Strom ist die Netzintegration mehrerer Hunderttausend dezentraler Erneuerbare-Energien-Anlagen für die deutschen Verteil- und Übertragungsnetzbetreiber aber Routine. Hochaufgelöste Wetterprognosen erlauben es den Netzbetreibern, sehr präzise vorherzusagen, wann und wo wie viel erneuerbare Leistung in ihr Netz will oder Netzengpässe drohen. Durch einen kurzfristigeren Intraday-Handel könnte dann der Feinschliff für den Abgleich von Angebot und Nachfrage erfolgen.

NETZENGÄSSE SIND REGIONAL BEGRENZT UND AUFZULÖSEN

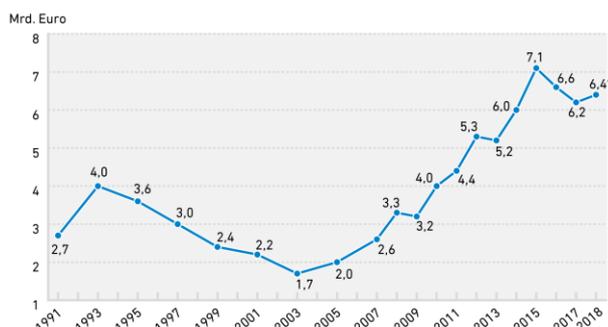
Bisher betrifft das Einspeisemanagement fast ausschließlich Windenergieanlagen in Schleswig-Holstein und in geringerem Umfang in Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg. Wenn vom „Stromstau“ die Rede ist, sollte darum nicht verallgemeinert werden. In den betroffenen Regionen wird der Ausbau der Verteil- sowie der Übertragungsnetze im Rahmen der regelmäßig angepassten Bedarfsplanung vorangetrieben.

Zahlreiche energiewirtschaftliche Akteure haben sich auf die örtlich und zeitlich überschaubaren Engpässe vorbereitet, beispielsweise durch die Nutzung von Strom für die Wärmeerzeugung (Power-to-Heat). Im Netzausbaugebiet in Norddeutschland, in dem der größte Teil des Einspeisemanagements erfolgt, war 2018 bereits eine Nachfrageleistung von Power-to-Heat-Anlagen in Höhe von rund 2.000 Megawatt zu erwarten.⁸ Statt abzuregeln, wird dort auch der Einstieg in die Erzeugung von Wasserstoff und synthetischem Methan (Power-to-Gas) erwartet. Diese und weitere Investitionen in Speichertechnologien können dafür sorgen, dass erneuerbarer Strom nicht abgeregelt werden muss, sondern zeitlich versetzt verbraucht werden kann.

WEICHEN FÜR SCHNELLEN NETZAUSBAU SIND GESTELLT

Sowohl Verteilnetz- als auch Übertragungsnetzbetreiber sind durch die Netzentgelte finanziell ausreichend ausgestattet, um die anstehende Modernisierung und den Ausbau der Stromnetze angemessen und zügig umsetzen zu können. Die Investitionen in Betrieb und Erweiterung der deutschen Stromnetze steigen unterdessen wieder. Seit Beginn der 2010er Jahre ist das Niveau der frühen 1990er Jahre wieder erreicht worden, als das Zusammenwachsen der ost- und westdeutschen Stromnetze zu einer letzten großen Investitionswelle geführt hatte. Mit der Liberalisierung der Strommärkte (vgl. Kap. 1) vernachlässigten die großen vier Stromversorger die Investitionen in ihre Netze.

Investitionen in das deutsche Stromnetz Investitionen in Neubau, Erweiterung und Erhalt der Verteil- und Übertragungsnetze in Milliarden Euro



Quelle: BDEW, BNetzA (*2018: Planwert)
Stand: 12/2018

© 2018 Agentur für Erneuerbare Energien e.V.

Erst mit der von der Europäischen Kommission vorangetriebenen Trennung von Stromerzeugung und Netzbetrieb (Unbundling) entstanden vollständig unabhängige Übertragungsnetzbetreiber wie Tennet und 50Hertz. Diese bemühen sich seit den 2010er Jahren darum, den Rückstand in Sachen Modernisierung und Ausbau aufzuholen.

Als Gründe für die Verzögerungen werden auch langwierige Planungs- und Genehmigungsverfahren angegeben, aber nur bedingt Klagen von Anwohnern.⁹ Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) mit den Landesministerien bei einem Netzgipfel im September 2018 eine Vereinfachung der Genehmigungsverfahren für neue Stromleitungen vereinbart. Nach einer Novellierung des Netzausbaubeschleunigungsgesetzes (NABeG) im Jahr 2019 sollen einzelne Planungsschritte nicht mehr von Bundes- und Landesebene aufwändig genehmigt werden müssen. Der Bau von neuen Stromnetzen soll bereits beginnen können, bevor die gesamte Trasse vollständig genehmigt worden ist.¹⁰

3 MUSS DER NETZANSCHLUSS VON ERNEUERBARE-ENERGIEN-ANLAGEN BEGRENZT WERDEN?

Aus mehreren Gründen ist nicht davon auszugehen, dass sich die regional begrenzten Netzengpässe in den kommenden Jahren zu einem Normalzustand in ganz Deutschland entwickeln werden. Auch wenn der Zubau von Windenergieleistung in Norddeutschland und auf See fortgeführt wird, sind ausreichende Netzkapazitäten zu erwarten – vorausgesetzt, die Zeitpläne für das EnLAG und das BBPIG werden eingehalten und die angekündigte Überarbeitung des NABeG führt tatsächlich zu einer schnelleren Umsetzung des Netzzubaus. Auch die zunehmende Verknüpfung der deutschen Stromnetze mit den Nachbarstaaten im Rahmen des europäischen Stromhandels muss dabei berücksichtigt werden.

DIE SCHEINLÖSUNG EINES „NETZSYNCHRONEN“ AUSBAUS

Der Begriff des „netzsynchronen“ Ausbaus der Erneuerbaren Energien suggeriert unterdessen, dass durch den parallelen Zubau von Kabeln und erneuerbaren Erzeugungskapazitäten die bisherigen Knappheiten der Netzinfrastruktur überwunden werden können. Erneuerbare Energien und Netzausbau sollen implizit nur noch im Gleichschritt erfolgen. Verzögerungen beim Netzausbau würden im Umkehrschluss auch den Bau zusätzlicher Erneuerbare-Energien-Anlagen stoppen.

Diese Konditionalität von Netzzubau und Zubau von Erneuerbare-Energien-Anlagen löst die grundsätzliche Frage der Netzintegration jedoch nicht. Der Fokus auf erneuerbare Kapazitäten als alleinige Verursacher von Problemen im Netz ist ein-dimensional, blendet sie doch das Verhalten anderer Netznutzer beim Entstehen von Netzengpässen aus. Die Forderung nach einem „netzsynchronen“ Ausbau ignoriert vor allem, dass es neben dem bloßen Verlegen von neuen Kabeln eine

Vielzahl von technischen und organisatorischen Möglichkeiten gibt, die schon heute maßgeblich dazu beitragen, die Stabilität der Energieversorgung als Ganzes zu garantieren. Wie diese Lösungen noch effektiver genutzt werden können, wird in den folgenden Kapiteln 4 und 5 erklärt.

Eine neue Abhängigkeit oder gar zwangsweise Parallelität von Netzzubau und Ausbau der Erneuerbaren Energien ist nicht plausibel:

- Ob zusätzliche Erneuerbare-Energien-Anlagen Netzengpässe verschärfen oder die Netze im Gegenteil sogar entlasten, hängt stark von Technologie und Standort ab. Statt mit einem „netzsynchronen“ Zubau schlicht den Netzzugang zu deckeln, könnten Anlagen mit netzdienlichem Einspeiseverhalten gefördert werden.
- Die Entscheidung, wie viele Kilometer Netzzubau den Zubau einer bestimmter Anzahl von Erneuerbare-Energien-Anlagen erlauben würde, ist kaum objektivierbar. Angesichts der komplexen Einflüsse anderer Netznutzer auf die zukünftige Netzstabilität wäre die Kopplung bestimmter Ausbaupazitäten an eine fixe Zahl von Kilometern für die Netzstabilität nicht nur ineffektiv, sondern auch höchst willkürlich.
- Rechtlich würde eine „Netzsynchrisation“ des Ausbaus Erneuerbarer Energien bestimmte Energieträger, Technologien und Projektentwickler beim Netzzugang diskriminieren. Der gesetzlich verankerte Vorrang beim Netzzugang würde in sein Gegenteil verkehrt. Der Zugang zum Strommarkt würde ausgerechnet denjenigen Stromerzeugern verweigert, die für das Erreichen der Klimaschutzziele eigentlich gefördert werden sollen.

DAS NETZ IST FÜR SEINE NUTZER DA, NICHT UMGEKEHRT

Ein „netzsynchroner“ Ausbau der Erneuerbaren Energien würde nicht zuletzt die Rollen von Netznutzern und Netzbetreibern grundsätzlich verändern. In liberalisierten Strommärkten dient die Netzinfrastruktur dazu, die Abwicklung des Stromhandels zu ermöglichen. Das Netz als natürliches Monopol sollte seinen Nutzern dienen – und nicht umgekehrt. Bisher kann das Marktgeschehen mit der Netzinfrastruktur in Einklang gebracht werden, ohne dass solch schwere Eingriffe in den Markt notwendig waren.

4 EFFIZIENTERE NUTZUNG VORHANDENER UND ZUKÜNFTIGER NETZE

Der quantitative Ausbau von Leitungskilometern dominiert die öffentliche Diskussion. Obwohl er oft als alleinige Lösung für den sicheren Netzbetrieb wahrgenommen wird, gilt in Deutschland längst das NOVA-Prinzip, wonach **Netz-Optimierung** vor **Verstärkung** und vor **Ausbau** der Netze durchzuführen sind. Durch die folgenden Maßnahmen lässt sich mehr Strom besser über vorhandene Trassen transportieren.

FREILEITUNGSMONITORING

Oberirdische Stromleiterseile dürfen sich nur bis zu einer bestimmten Temperatur erwärmen, um ihre Betriebssicherheit zu gewährleisten. Die Berechnung der maximalen Durchleitung von Strom geht dabei allerdings davon aus, dass eine Umgebungstemperatur von 35 Grad Celsius herrscht bei Windstille und strahlendem Sonnenschein. Nur an wenigen Stunden im Jahr sind Stromleitungen allerdings einer solchen Hitze ausgesetzt. Meistens kühlen die Wetterbedingungen die Leitungen ab. Darum könnte auch mehr Strom durch die Leitungen transportiert werden, ohne diese dabei kritisch zu erhitzen. Beim Freileitungsmonitoring wird die Außentemperatur um eine Freileitung gemessen und in deren Abhängigkeit der Stromtransport bei Bedarf erhöht.

HOCHTEMPERATURLEITERSEILE

Die Leiterseile werden aus neuen Materialien hergestellt, die Leitertemperaturen von bis zu 180 Grad Celsius erreichen können, ohne sich dabei stark auszudehnen. Im Vergleich zu den bisher genutzten Leiterseilen sind diese teurer, können aber 50 bis 100 Prozent mehr Stromübertragungskapazität bereitstellen. Statt völlig neue Leitungen zu errichten, können die neuen Hochtemperaturleiterseile einfach in bestehenden Strommasten die alten Leiterseile ersetzen.¹¹

UNGENUTZTE ÜBERTRAGUNGSKAPAZITÄTEN

Um eine hohe Netzstabilität zu gewährleisten, gilt im Netzbetrieb die n-1-Ausfallsicherheit. Die Übertragungsnetzbetreiber arbeiten dabei praktisch „mit doppeltem Boden“: Je nachdem, wie die Netzauslastung berechnet wird, muss bei Ausfall eines Teils der Netzinfrastruktur (n-1) die Netzstabilität ohne weitere Gegenmaßnahmen erhalten bleiben. Dadurch stehen Netzkapazitäten physikalisch bereit, die bisher von vorneherein nicht genutzt werden, unabhängig davon, ob tatsächlich ein Netzengpass auftritt.

Übertragungsnetzbetreiber differenzieren die n-1-Ausfallsicherheit zunehmend aus, um redundante, nicht genutzte Stromleitungen und Transformatoren bei hohen Netzbelastungen teilweise mitzubenutzen. Bei Ausfall von Teilen der Infrastruktur muss es dann trotzdem nicht zur Gefährdung der Netzstabilität kommen, weil die redundante Infrastruktur nur bis zu einem bestimmten Umfang in Anspruch genommen wird. Bei Netzfehlern könnten mit automatisierter Steuerung zudem in Echtzeit zusätzliche Stromverbraucher oder -erzeuger wie Speicher zugeschaltet werden. Solche „Netzbooster“ hätten für den Abbau von Belastungen den gleichen Effekt wie der Zubau von neuen Stromleitungen. Ob Netzbetreiber selbst „Netzbooster“ betreiben dürfen, ist allerdings aus Sicht des Unbundling noch umstritten.

OPTIMIERTE LASTFLUSSSTEUERUNG

Netzbetreiber können im Fall von starken Netzbelastungen Stromleitungen ab- oder hinzuschalten, um Stromflüsse gleichmäßiger zu verteilen. Phasenschieber sind Transformatoren oder Generatoren, die diese „Strom-Umleitungen“ erleichtern. Wie eine Weiche beeinflussen sie den Weg des Stroms, indem sie beispielsweise von einem überlasteten Netzknoten unerwünschte Lastflüsse fernhalten.

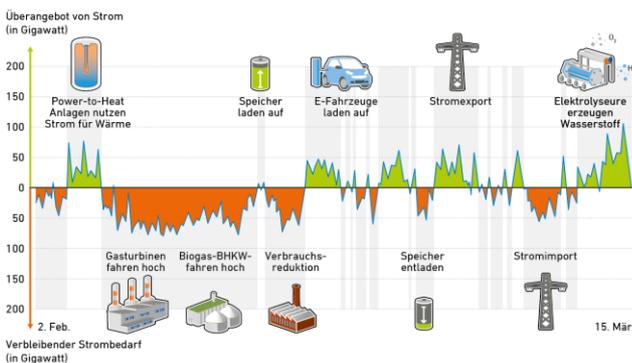
Für eine effizientere Nutzung der Netze werden die Informationen über den Zustand der Netzinfrastruktur und ihrer Nutzer immer wichtiger. Noch ist die Digitalisierung des Netzbetriebs wenig vorangeschritten. Werden die Zustände der einzelnen Netzinfrastrukturelemente in Zukunft in Echtzeit ermittelt und in die Netzleitwarten übertragen, ist auch eine automatisierte Steuerung der Lastflüsse möglich.

5 QUALITATIVE LÖSUNGEN FÜR EIN FLEXIBLES ZUSAMMENSPIEL IM NETZ

Das flexible Zusammenspiel von Erzeugern und Verbrauchern in den Netzen sowie über die Strom-, Wärme- und Verkehrssektoren hinweg ist ein wichtiges Funktionsprinzip des erneuerbaren Energiesystems der Zukunft. Das klassische Modell zentraler Grund-, Mittel- und Spitzenlastkraftwerke ist bereits durch den Einfluss der Solar- und Windstromerzeugung überholt. Wird deren installierte Leistung in den kommenden Jahrzehnten vervielfacht, werden die Stromnetze zeitweise mit einem sich sehr schnell und stark ändernden Angebot erneuerbarer Einspeisung konfrontiert. Ebenso müssen jedoch auch längere Perioden ohne starke Solar- und Windstromerzeugung überbrückt werden. Der Stromnetzausbau alleine kann dieses Problem nicht lösen. Um Stromerzeuger und -verbraucher in Einklang zu bringen, wird deren flexibles Verhalten darum umso wichtiger.

Im Folgenden werden die wichtigsten Lösungen für ein flexibles Zusammenspiel vorgestellt, die neben dem quantitativen Ausbau des Stromnetzes und dessen effizienterer Nutzung eine stabile erneuerbare Versorgung ermöglichen.

Ein Frühjahr in den 2030er Jahren: Flexibilität garantiert Netzstabilität
Auch bei Vervielfachung der Solar- und Windstromerzeugung* können Überangebot und verbleibender Bedarf ausgeglichen werden



* installierte Leistung von 151 GW Photovoltaik- und 102 GW Windenergieanlagen in Deutschland, Anteil Erneuerbarer Energien am Stromverbrauch im Jahresdurchschnitt: 83 Prozent
Quelle: Eigene Darstellung nach Sauer, RWTH JARA Energy
Stand: 12/2018

© 2018 Agentur für Erneuerbare Energien e.V.

ERNEUERBARE KAPAZITÄTEN REGIONAL DIVERSIFIZIEREN

Das regionale Ungleichgewicht erneuerbarer Stromerzeugung macht den Stromtransport von Norden nach Süden zu einer Herausforderung für die einheitliche deutschlandweite Strompreiszone (vgl. Kap. 1). Das Potenzial insbesondere der Windenergie in Süddeutschland ist bisher durch raumplanerische Vorgaben kaum erschlossen worden. Die Abschaffung restriktiver Abstandsregelungen in Bayern und eine Reform der Ausschreibungen für Windenergie könnten den dringend notwendigen Zubau von Windenergieanlagen in Süddeutschland anreizen. Aus deutschlandweiter Perspektive würde die Windstromerzeugung gleichmäßiger auftreten und näher an ihre Verbraucher rücken. Mit einem geographisch breit gestreuten Portfolio von Windenergie-Leistung wird die Hoffnung verbunden, bedrohliche Spitzen zu vermeiden und möglicherweise auch die Nord-Süd-Leitungen zu entlasten.

Aus regionaler Perspektive erscheint ein gleichmäßiger Ausbau aller erneuerbaren Anlagentechnologien sinnvoll. Konzentriert sich die Stromerzeugung in einer Region auf nur eine bestimmte erneuerbare Energiequelle, wird auch der Stromtransport für diese Region anspruchsvoller. Weniger Herausforderungen schafft dagegen ein Mix von wetterabhängigen und flexibel einsetzbaren erneuerbaren Kapazitäten innerhalb einer Region. Ein breit aufgestelltes regionales Portfolio kann den Ausgleich unter den unterschiedlichen erneuerbaren Erzeugern und ihren Verbrauchern erleichtern. Ob dieser Ansatz auch volkswirtschaftlich sinnvoll ist, bleibt umstritten.

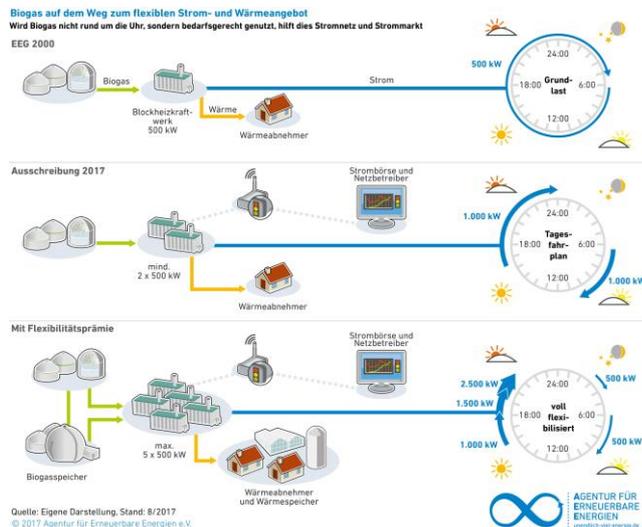
FOSSILE KAPAZITÄTEN REDUZIEREN

Stein- und Braunkohlekraftwerke könnten durch technische Anpassungen in beschränktem Umfang durchaus flexibel auf hohe erneuerbare Einspeisung reagieren und ihre Leistung drosseln. Ökonomisch ist ein solches netzdienliches Verhalten bisher jedoch nicht für alle Betreiber attraktiv.¹² Mit ihrer relativ trägen Betriebsweise setzen Braunkohlekraftwerke auch bei großem Stromüberangebot ihre Einspeisung oft noch fort, wie die zunehmende Zahl von Stunden mit negativen Strompreisen zeigt. Eine schnelle Stilllegung dieser fossilen Überkapazitäten könnte die Netze in Zukunft entlasten. Flexiblere Erdgaskraftwerke und Erdgas-BHKW können die Netzintegration Erneuerbarer Energien besser ergänzen. Ihre installierte Leistung ließe sich auch dann weiter nutzen, wenn das fossile Erdgas durch synthetisches Methan oder Biomechan ersetzt wird.

ERNEUERBARE ERZEUGUNG FLEXIBILISIEREN

Für den schnellen Ausgleich der wetterabhängigen Solar- und Windstromerzeugung bieten sich flexible Biogas-Blockheizkraftwerke (BHKW) als „Bio-Batterie“ an. Deren Kapazitäten sind regional breit gestreut in ganz Deutschland installiert. Ein großer Teil der Biogasanlagen ist bereits dabei, sich vom bisherigen Grundlastbetrieb zu verabschieden und mit Hilfe ihrer

Direktvermarkter die Stromerzeugung nach dem Börsenstrompreis auszurichten. Neben der bedarfsgerechten Stromerzeugung haben sich Biogas-BHKW auch als Anbieter von Regelernergie etabliert. Sie tragen durch Spannungshaltung zur Stabilisierung der Verteilnetze bei. Biogas-BHKW können auch ihre Leistung schnell herunterfahren in Abhängigkeit von der Einspeisung von PV- und Windenergieanlagen in ihrem Netzbereich. Voraussetzung sind Signale des Netzbetreibers an die erneuerbaren Erzeuger.¹³



Schließen sich mehrere Erneuerbare-Energien-Anlagen wie Biogas-BHKW, PV-, Windenergie- und Wasserkraftanlagen mit Speichern in einem virtuellen Kombikraftwerk zusammen, können sie ihre wetterbedingten Schwankungen besser glätten. Auch SDL können solche Kombikraftwerke zuverlässig anbieten.¹⁴

STROM-, WÄRME- UND VERKEHRSSSEKTOREN KOPPELN

Schlüsseltechnologien der Sektorenkopplung wie Power-to-Gas, Power-to-Heat und die erneuerbare Elektromobilität erlauben das „Verschieben“ größerer erneuerbarer Stromüberschüsse in den Wärme- und Verkehrssektor. Als Ausgleich kommt Bioenergieträgern eine wichtige Rolle zu, weil sie sich ebenfalls gut sektorübergreifend einsetzen lassen.¹⁵ Biogasanlagen können in ihren Wärmenetzen beispielsweise mit geringem Aufwand per Power-to-Heat-Verfahren ein Überangebot von Strom aufnehmen.

Erneuerbarer Wasserstoff und synthetisches Methan bieten als Langzeitspeicher den notwendigen Ausgleich jahreszeitlicher auftretender Defizite der erneuerbaren Strom- und Wärmeerzeugung.¹⁶ Der geltende rechtliche Rahmen reizt allerdings weder das Power-to-Gas-Verfahren an, noch fördert er den netzdienlichen Einsatz einzelner Speichertechnologien. Vielmehr werden diese als Verbraucher *und* Erzeuger unter Umständen mit Steuern und Abgaben doppelt belastet.

NETZE UND MÄRKTE DIGITALISIEREN

Angesichts kurzfristig auftretender großer Überschüsse oder Defizite wird der Informationsaustausch über das Verhalten der unterschiedlichen Netznutzer immer wichtiger für die Netzstabilität. Ihr Verhalten als Erzeuger oder Verbraucher am Markt könnte in Zukunft verstärkt durch Aggregatoren gebündelt werden. Das sind Energiedienstleister, die Angebot und Nachfrage in Einklang bringen. Die Zahl der Haushalte, die durch erneuerbaren Eigenverbrauch, Speicher, Elektrofahrzeuge und gezielte Nachfrageveränderungen aktiv an den Energiemärkten teilnehmen, könnte bis 2030 in Deutschland auf rund 14 Millionen ansteigen.¹⁷ Umso wichtiger wird das Potenzial für die Lastverschiebung: Wenn Industrie (und bedingt auch Haushalte) ihren Verbrauch bzw. ihre Produktion und ihr Speicherverhalten schnell anpassen, vermeiden sie einerseits Netzengpässe. Andererseits könnten sie von attraktiveren Strompreisen profitieren.

Tauschen sich Erzeuger, Verbraucher und Netzbetreiber in der Zukunft nicht besser über ihr Verhalten aus, steigt auch der Aufwand für gleichzeitig reibungslosen Stromhandel und stabilen Netzbetrieb.¹⁸ Umso stärker gilt dies für große Stromerzeuger sowie industrielle Großverbraucher, wie zum Beispiel Aluminiumproduzenten oder Stahlgießereien, deren Verhalten starke Auswirkungen auf die Netze hat. Eine hohe zeitliche und räumliche Auflösung der Verbrauchs- und Netzdaten würde es digitalen Handelsplattformen erlauben, netzdienliches Verhalten anzureizen.

Der Weg zum „Internet der Energie“ ist allerdings weit. Für digitale Stromzähler und automatisierte Verbrauchssteuerungen sind noch Standardisierungs- und Datenschutzfragen offen. Für neue Geschäftsmodelle fehlt oft ein angemessener Rechtsrahmen. Am schwersten wiegt jedoch, dass an den Energiemärkten die flexiblen Verhaltensänderungen von Haushalten und von den meisten gewerblichen Verbrauchern gar nicht belohnt werden. Zeitvariable Stromtarife sind in Deutschland bisher kaum etabliert. Die Preisschwankungen an der Strombörse fallen noch so gering aus, dass sich der Aufwand für flexibles Verhalten nicht lohnt.

ENERGIEVERSORGUNG ZELLULÄR ORGANISIEREN

Ob mit der anstehenden Netzintegration einer um ein Vielfaches höheren erneuerbaren Stromerzeugung das gegenwärtige Strommarktmodell mit einer einheitlichen Strompreiszone für ganz Deutschland noch sinnvoll ist, wird zunehmend kontrovers diskutiert.¹⁹ Erste Pilotprojekte für regionale Handelsplattformen erproben auf der Verteilnetzebene Preise für Systemdienstleistungen. Die Bundesregierung fördert mit langjährigen Forschungsvorhaben die praktische Erprobung von dezentralen Flexibilitätsoptionen. Statt einer einheitlichen zentralisierten Preisbildung wird bei diesen Ansätzen den Netznutzern in einer geographisch abgegrenzten Region ein Preissignal gegeben, um sie zu einem netzdienlichen Verhalten zu motivieren.

Ausgehend von der Erfahrung, dass die bisherigen Verteilnetze zu erneuerbaren „Einsammelnetzen“ werden, sollen die Übertragungsnetze nicht mehr mit plötzlich auftretenden Schwankungen belastet werden, sondern ein lokaler Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch organisiert werden. Damit soll der positive Effekt auf die Netzstabilität erschlossen werden, der sich ergibt aus der Diversifizierung erneuerbarer Kapazitäten innerhalb einer Region in Kombination mit Speichern und flexiblen Verbrauchern. Diese Einheiten, die sich autonom um ihre Netzstabilität kümmern, werden oft als Zellen oder Energiewaben beschrieben. Sie können Wohnquartiere und Industriegebiete umfassen oder ganze Städte und Landkreise. Sie stehen weiterhin im Austausch mit der übergeordneten Ebene der Übertragungsnetze, beziehen jedoch weniger Strom aus diesen und absorbieren zeitliche Überschüsse möglichst innerhalb ihrer eigenen Einheit.

In Erweiterung des Modells virtueller Kombikraftwerke soll die Verteilnetzebene dabei zur zusätzlichen Marktplattform werden. So können sich die Erzeuger und Verbraucher einer Zelle für einen Ausgleich innerhalb ihrer Zelle abstimmen. Würden sie sich weiterhin ausschließlich am zentralen Preissignal der europäischen Strombörse orientieren, könnte diese beispielsweise eine Stromerzeugung anreizen, obwohl in der Zelle zu diesem Zeitpunkt Übertragungskapazitäten noch fehlten. Zelluläre Ansätze können so nicht nur auf Netzengpässe Rücksicht nehmen, sondern versprechen auch eine hohe Resilienz gegenüber Netzstörungen. So wurde erstmals 2017 das Netz der Gemeinde Wildpoldsried im Allgäu von den übergeordneten Netzebenen zeitweise getrennt. Das Inselnetz mit hohem Anteil von PV- und Windenergieanlagen konnte seine Netzstabilität selbst gewährleisten.

Sind in einer Zelle ausreichend flexible Verbraucher und Speicher einsatzbereit, kann auch eine Spitzenkappung erneuerbarer Einspeisung eingeführt werden. Die Netze werden dann kleiner ausgelegt als für die vollständige Aufnahme z.B. der maximalen Einspeiseleistung eines Windparks notwendig

wäre, da zu diesem Zeitpunkt das Überangebot direkt vor Ort verbraucht würde. Befürworter einer solchen zellularen Optimierung erwarten Einsparungen beim Netzausbau von bis zu 1,7 Milliarden Euro jährlich.²⁰

IMPRESSUM

Agentur für Erneuerbare Energien e.V.

Invalidenstraße 91
10115 Berlin

Tel.: 030 200535 30

Fax: 030 200535 51

kontakt@unendlich-viel-energie.de
www.unendlich-viel-energie.de

Redaktion

Jörg Mühlhoff

V.i.S.d.P

Dr. Robert Brandt, Geschäftsführer

Stand

6. Februar 2019

Weitere Informationen

www.energie-update.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

¹ Agora Energiewende: Stromnetze für 65 Prozent Erneuerbare bis 2030. Juli 2018.

² Öko-Institut: Dezentralität, Regionalisierung und Stromnetze. Meta-Studie über Annahmen, Erkenntnisse und Narrative. März 2018.

³ E-Bridge/IAEW/OFFIS: Moderne Verteilnetze für Deutschland. September 2014.

⁴ Agentur für Erneuerbare Energien (AEE): Netzausbau, Redispatch und Abregelungen Erneuerbarer Energien in Deutschland. Renew's Kompakt, 4. Oktober 2017.

⁵ BNetzA/BKartA: Monitoringbericht 2018. November 2018.

⁶ Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage „Beschleunigung und Optimierung des Ausbaus der Stromnetze“, Bundestagsdrucksache 19/1461. 16. April 2018.

⁷ CEER: Benchmarking Report 6.1 on the Continuity of Electricity and Gas Supply. Juli 2018.

⁸ BEE: Leistungsfähigkeit des Stromnetzes für die Energiewende verbessern. Mai 2018.

⁹ Bundestagsdrucksache 19/1461. 16. April 2018.

¹⁰ BMWi: Ergebnisse des Netzgipfels am 20.09.2018 von Bundesminister Altmaier mit den Länderminister/innen. September 2018.

¹¹ Agora Energiewende: Toolbox für die Stromnetze. Januar 2018.

¹² Agora Energiewende: Flexibility in thermal power plants. Juli 2017.

¹³ IZES/Fraunhofer IWES: SymBioSE. Beiträge zur Systemtransformation durch Erbringung von Systemdienstleistungen von biogen betriebenen Stromerzeugungsanlagen. Februar 2017.

¹⁴ www.kombikraftwerk.de

¹⁵ AEE: Verknüpfung von Strom, Wärme und Verkehr im Energiesystem der Zukunft. Die Rolle der Bioenergie in den Sektoren. Renew's Spezial 86. Januar 2019.

¹⁶ www.forum-synergiewende.de

¹⁷ CE Delft: The potential of energy citizens in the EU. September 2016.

¹⁸ Agentur für Erneuerbare Energien: Die Digitalisierung der Energiewende. Metaanalyse. August 2018.

¹⁹ Consentec/Neon: Nodale und zonale Strompreissysteme im Vergleich. Juli 2018.

²⁰ FAU/Prognos: Dezentralität und zelluläre Optimierung – Auswirkungen auf den Netzausbaubedarf. Oktober 2016.