

## dena-Studie Systemdienstleistungen 2030: Sicherheit und Zuverlässigkeit einer Stromversorgung mit hohem Anteil erneuerbarer Energien.

Mit den Zielen zum Ausbau der erneuerbaren Energien und dem Ausstieg aus der Kernenergie wurde ein tiefgreifender Wandel der deutschen Stromversorgung eingeleitet. Daraus folgt ein hoher Ausbau- und Innovationsbedarf zur Weiterentwicklung der Stromnetze. Auch ändern sich die Anforderungen und Möglichkeiten zur Erbringung der für einen stabilen Betrieb des Stromsystems notwendigen Systemdienstleistungen.

Für eine sichere und zuverlässige Stromversorgung ergreifen Stromnetzbetreiber fortlaufend Maßnahmen, um die Frequenz, Spannung und Leistungsbelastungen im Netz innerhalb der zulässigen Grenzwerte zu halten oder um sie nach Störungen wieder in den Normalbereich zurückzuführen. Diese Maßnahmen werden als Systemdienstleistungen bezeichnet. Sie umfassen die in der Tabelle beschriebenen Bereiche und Aufgaben.

### Neue Anforderungen an Systemdienstleistungen.

Der Ausbau der erneuerbaren Energien und die damit einhergehenden zunehmenden Transportentfernungen für Strom erhöhen die Anforderungen an die Erbringung von Systemdienstleistungen deutlich. Zudem ändern sich die technisch und wirtschaftlich verfügbaren Möglichkeiten für ihre Bereitstellung. Dem steigenden Anteil von Anlagen erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung folgend, müssen auch ihre Möglichkeiten zur Bereitstellung von Systemdienstleistungsprodukten entsprechend genutzt werden.

### Die Studie „Systemdienstleistungen 2030“.

Die Studie wurde durch die Deutsche Energie-Agentur (dena) im Rahmen einer Kooperation erstellt und finanziert. Partner waren Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber, Projektentwickler und Betreiber erneuerbarer Energien sowie Hersteller von Netz- und Anlagentechnik.

Die Studie hat untersucht, welche Anforderungen der Ausbau der erneuerbaren Energien an die Erbringung und Bereitstellung von Systemdienstleistungen stellt und welche Maßnahmen zur Sicherung einer stabilen Stromversorgung bis 2030 notwendig sein werden. Die Studienergebnisse zeigen, dass grundsätzlich für alle Systemdienstleistungen bereits alternative technische Lösungen existieren, um auch zukünftig die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Stromsystems gewährleisten zu können. Es müssen jedoch die notwendigen Voraussetzungen geschaffen werden, um diese Lösungen 2030 auch nutzen zu können.

### Einordnung der Systemdienstleistungen.

#### Frequenzhaltung.

Für den stabilen Betrieb der Stromnetze muss die eingespeiste Strommenge zu jedem Zeitpunkt der Last entsprechen. Für die Dämpfung oder den Ausgleich von Frequenzabweichungen kommen Momentanreserve und Regelleistung zum Tragen.

#### Betriebsführung.

Über die Betriebsführung steuern und überwachen die Netzbetreiber das Stromnetz, die angeschlossene Erzeugung und Last sowie den Einsatz der Systemdienstleistungen, um einen sicheren Betrieb des Stromsystems zu gewährleisten.

#### Spannungshaltung.

Die Stabilität der Netzspannung muss jederzeit gewahrt werden. Dafür muss lokal Blindleistung bereitgestellt werden. Um Störungen zu beherrschen, ist u. a. die Bereitstellung von Kurzschlussleistung notwendig.

#### Versorgungswiederaufbau.

Im Falle eines vollständigen oder großräumigen Stromausfalls im europäischen Verbundnetz wird der Aufbau der Stromversorgung durch schwarzstartfähige Großkraftwerke und eine stufenweise Lastzuschaltung realisiert.

# Zentrale Ergebnisse zur Frequenzhaltung.

## Momentanreserve.

Die Trägheit der Generatoren konventioneller Kraftwerke ist für die Stabilität des Stromsystems wichtig, um schnelle Frequenzänderungen zu dämpfen (Momentanreserve). Anlagen erneuerbarer Energien stellen derzeit noch keine Momentanreserve bereit. Wenn dies so bleibt, würde Deutschlands Beitrag zur Momentanreserve im europäischen Verbundnetz bis 2030 durch den steigenden Anteil erneuerbarer Energien deutlich sinken (vgl. Abbildung 1).

Es werden also alternative Erbringer von Momentanreserve benötigt, damit Deutschland auch zukünftig seine Verantwortung im europäischen Verbundnetz wahrnehmen kann. Die Studie zeigt, dass auch Anlagen erneuerbarer Energien einen Beitrag zur Bereitstellung von Momentanreserve leisten können. Dafür müssten zum Beispiel die Voraussetzungen geschaffen werden, um die Trägheit großer Windenergieanlagen nutzen zu können. Längerfristig ist zu prüfen, ob die Drosselung von Windenergie- und Photovoltaik-Anlagen sowie die Nutzung von Stromspeichern sinnvoll sind.

## Regelleistung.

Durch Regelleistung werden Abweichungen zwischen Stromerzeugung und -last ausgeglichen. Infolge des Ausbaus erneuerbarer Energien werden genaue Erzeugungsprognosen künftig schwieriger. Dadurch erhöht sich der Bedarf an Regelleistung. Der Bedarfsanstieg lässt sich verringern, wenn Regelleistung nicht mehr quartalsweise, sondern z. B. auf Basis vortäglicher Prognosen bemessen wird (adaptives Verfahren, vgl. Abbildung 2).

Aufgrund sinkender Betriebszeiten konventioneller Kraftwerke können zukünftig Stromspeicher, Anlagen erneuerbarer Energien und flexible Stromlasten Regelleistung bereitstellen. Die Studie zeigt, dass dies 2030 sogar wirtschaftlicher sein wird, als zur Regelleistungserbringung ausschließlich eine Mindesterzeugung konventioneller Kraftwerke kontinuierlich am Netz zu halten. Dafür müssen am Regelleistungsmarkt aber durch eine Anpassung von Ausschreibungszeiträumen und Produkteigenschaften geeignete Rahmenbedingungen für neue Anbieter geschaffen werden.

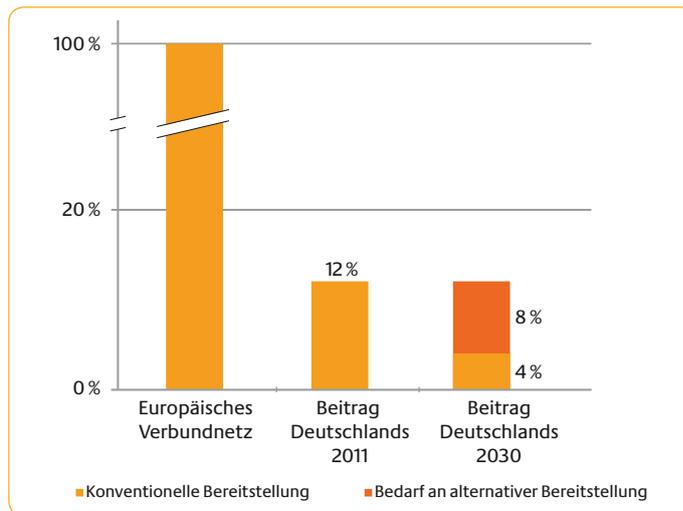


Abb. 1: Heutiger und zukünftiger Beitrag Deutschlands an der Bereitstellung von Momentanreserve im europäischen Verbundnetz.

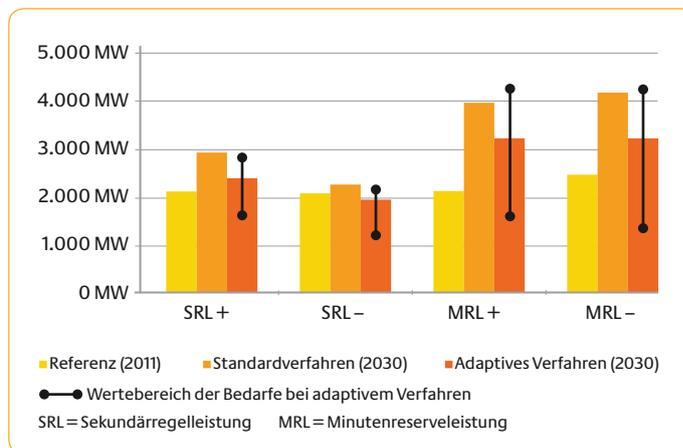


Abb. 2: Zunahme des durchschnittlichen Regelleistungsbedarfs 2030 in Abhängigkeit vom angewendeten Bemessungsverfahren.

# Zentrale Ergebnisse zur Betriebsführung.

Im Rahmen der Betriebsführung wird unter anderem der Einsatz von Systemdienstleistungen zur Sicherung der Stabilität des Stromnetzes von den Netzbetreibern koordiniert und gesteuert.

Die Anforderungen an die Betriebsführung steigen auf allen Spannungsebenen. Im Verteilnetz erhöhen sie sich aufgrund des vermehrten Anschlusses erneuerbarer Energien und der verstärkten Bereitstellung von Systemdienstleistungsprodukten. Im Übertragungsnetz sorgen die geplante Hybridstruktur aus Dreh- und Gleichstromtechnik sowie der zunehmende Energieaustausch im europäischen Strommarkt für steigende Anforderungen.

Aufgrund der zunehmenden Komplexität steigt auch der Informations- und Steuerungsbedarf im Netzbetrieb zur Gewährleistung der Systemstabilität. Das operative Zusammenspiel zwischen Übertragungsnetz- und Verteilnetzbetreibern sowie den Betreibern dezentraler Energieanlagen muss dafür weiterentwickelt werden.

Die Studie zeigt, dass die heute existierende konventionelle Leittechnik auch bis 2030 grundsätzlich für die Ansteuerung von Anlagen zur Erbringung von Systemdienstleistungen geeignet ist. Wenn längerfristig eine Vielzahl dezentraler Anlagen auch auf Mittel- und Niederspannungsebene eingebunden werden sollen, ist darüber hinaus eine standardisierte Informations- und Kommunikationsinfrastruktur in der Breite notwendig.

# Zentrale Ergebnisse zur Spannungshaltung.

## Blindleistungsbereitstellung.

Für einen stabilen Netzbetrieb muss die Spannung im Stromnetz im zulässigen Bereich gehalten werden. Dafür wird Blindleistung eingesetzt. Aufgrund zunehmender Stromtransporte wird der Blindleistungsbedarf im Übertragungsnetz bis 2030 deutlich zunehmen. Im Verteilnetz wächst der Bedarf durch die zunehmende Einspeisung erneuerbarer Energien.

Dem steigenden Anteil alternativer Erzeugungstechnologien an der Stromerzeugung entsprechend besteht die Notwendigkeit, den Bedarf an Blindleistung ebenfalls aus alternativen Quellen zu decken. Aus wirtschaftlicher Sicht sollten dafür im Übertragungsnetz zunächst die Konverterstationen der geplanten HGÜ-Trassen eingesetzt werden. Für darüber hinausgehenden Blindleistungsbedarf stehen als wirtschaftlichste Technologie Kompensationsanlagen zur Verfügung. Bei Vorliegen der entsprechenden Voraussetzungen ist eine Bereitstellung von Blindleistung für das Höchstspannungsnetz auch durch dezentrale Energieanlagen aus einem Verteilnetz möglich.

## Bereitstellung von Kurzschlussleistung.

Um Kurzschlüsse im Stromnetz automatisch erfassen und das restliche Netz vor den Auswirkungen dieser Störung schützen zu können, ist die Bereitstellung von Kurzschlussleistung erforderlich.

Die Analyse zeigt, dass sich die zukünftig zur Verfügung stehende Kurzschlussleistung im Vergleich zu heute kaum verändert. Allerdings unterliegt sie 2030 starken wetter- und tageszeitabhängigen Schwankungen, da sie verstärkt durch Anlagen erneuerbarer Energien bereitgestellt wird. Diese Schwankungen könnten zu Problemen bei der Erkennung von Netzfehlern (Kurzschlüssen) führen und somit eine gleichmäßige Bereitstellung von Kurzschlussleistung erforderlich machen. Dazu besteht weiterer Forschungsbedarf.

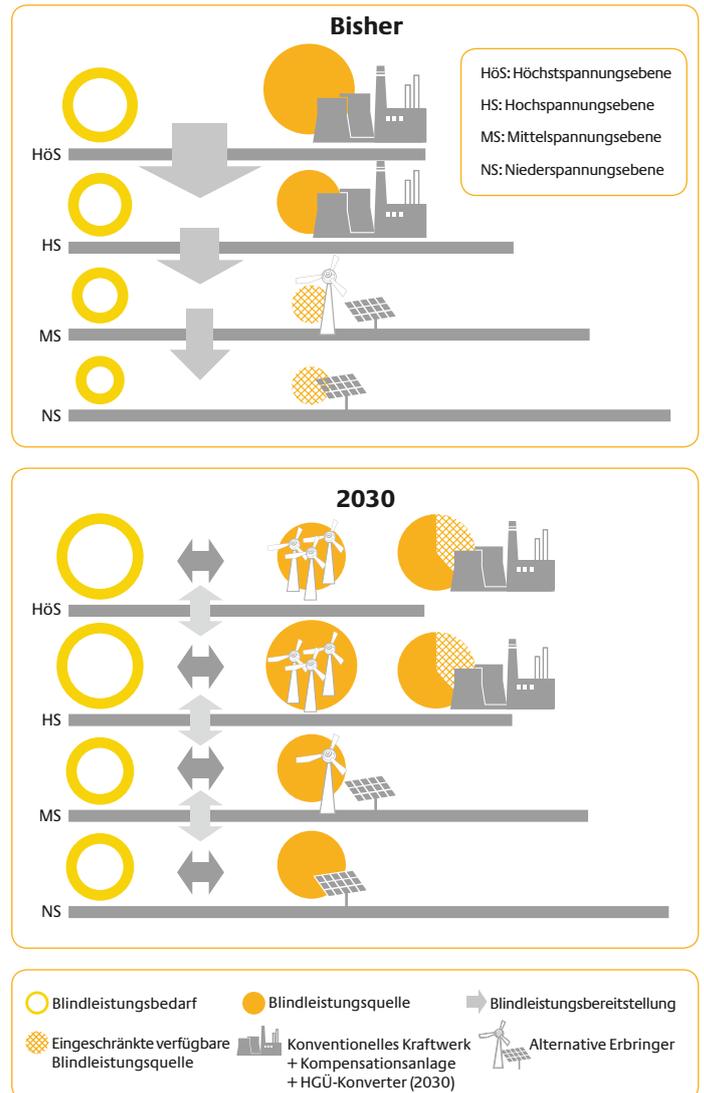


Abb. 3: Veränderung der Möglichkeiten zur Bereitstellung von Blindleistung.

# Zentrale Ergebnisse zum Versorgungswiederaufbau.

Nach einem Ausfall erfolgt der Versorgungswiederaufbau derzeit zentral koordiniert von schwarzstartfähigen Kraftwerken und Pumpspeicherwerken im Übertragungsnetz. Als Alternative wird ein dezentrales Konzept auf Basis einzelner Versorgungsinseln im Verteilnetz diskutiert.

Die Studie zeigt, dass die dezentrale Alternative aufgrund der damit verbundenen hohen Investitionskosten als übergreifende Lösung für 2030 nicht zu empfehlen ist. Die Beibehaltung des zentralen Konzepts ist denkbar, wenn sich der Kraftwerkpark wie im Netzentwicklungsplan Strom 2013 beschrieben entwickelt. Dieses Konzept müsste jedoch weiterentwickelt werden, um steigenden Anforderungen gerecht zu werden (siehe Abbildung 4).

So benötigen die Netzbetreiber künftig technische Lösungen für eine gezielte Steuerung von dezentralen Erzeugungsanlagen, um während eines Versorgungswiederaufbaus das Gleichgewicht von Erzeugung und Last gewährleisten zu können.

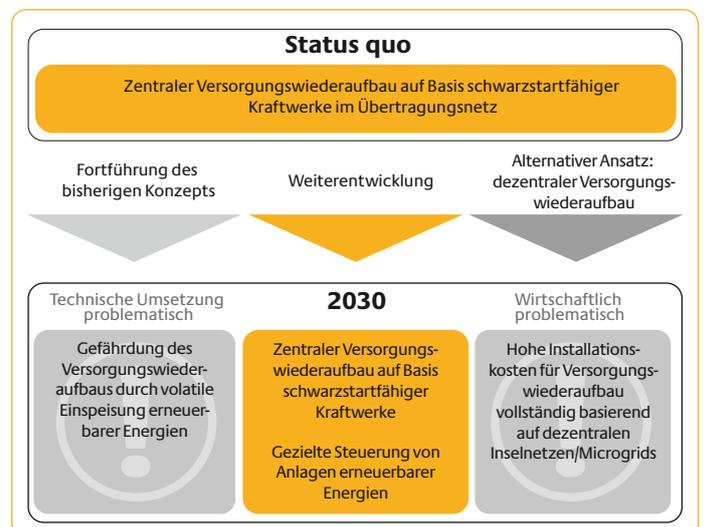


Abb. 4: Mögliche Entwicklung des Versorgungswiederaufbaus.

# Fazit und Handlungsempfehlungen.

Für alle Arten der Systemdienstleistungen existieren technische Alternativen, um auch 2030 die Systemsicherheit und -zuverlässigkeit zu gewährleisten. Damit diese Alternativen 2030 dem Bedarf entsprechend verfügbar sind, werden folgende Handlungsempfehlungen ausgesprochen:



## **Der Markt- und Netzzugang von dezentralen Energieanlagen muss für die Erbringung von Systemdienstleistungen angepasst werden.**

Die Netzanschlussbedingungen und die technischen Fähigkeiten der Anlagen sind dahingehend weiterzuentwickeln, dass die benötigten Systemdienstleistungen flexibel erbracht werden können. Für die Ausgestaltung des Regelleistungsmarkts ist zu prüfen, inwieweit Präqualifikationsanforderungen, Produkteigenschaften, Ausschreibungszeiträume und Vorlaufzeiten zwischen Ausschreibung und Erbringungszeitraum angepasst werden können, damit der Markteintritt neuer Anbieter für Regelleistung vereinfacht wird.



## **Verstärkte Koordination und Informationsaustausch zwischen den Beteiligten.**

Zur Erbringung von Systemdienstleistungen aus dezentralen Energieanlagen, ist die Verarbeitung einer Vielzahl von Prognose- und Messdaten auch auf unteren Netzebenen notwendig. Das heute schon existierende Zusammenspiel zwischen Übertragungs- und Verteilnetzbetreibern muss diesbezüglich weiter optimiert und ausgebaut werden. Trotz einer intensivierten Kooperation bleibt jeder Netzbetreiber für die Sicherheit und Zuverlässigkeit seines Netzes verantwortlich.



## **Die Wirtschaftlichkeit für die Beteiligten muss gewährleistet sein.**

Die für die Bereitstellung von Systemdienstleistungen entstehenden Kosten müssen sowohl für die Netzbetreiber als auch für die Betreiber dezentraler Energieanlagen und flexibler Lasten wirtschaftlich tragbar sein. Technische Eigenschaften von dezentralen Energieanlagen zur Bereitstellung von Systemdienstleistungsprodukten sowie ihre Ansteuerbarkeit sind zukünftig über die Netzanschlussbedingungen einzufordern und sicherzustellen. Die Vergütung darüber hinausgehender Aufwände muss über ein Erlössystem und die Netzregulierung möglich sein.



## **Die Voraussetzungen müssen rechtzeitig geschaffen werden.**

Für die Einführung neuer Systeme und Prozesse zur Bereitstellung von Systemdienstleistungen müssen ausreichende Übergangszeiträume für die Konzeption und Pilotierung berücksichtigt werden. Daher müssen bereits heute die Voraussetzungen geschaffen werden, um bis 2030 die Systemstabilität wirtschaftlich auf dem heutigen Niveau halten zu können. So werden teure Nachrüstmaßnahmen vermieden.



## **Partner.**

Folgende Mitglieder waren als Träger der Studie in der Projektsteuerungsgruppe vertreten:

**50Hertz Transmission GmbH, ABB AG, Amprion GmbH, BELECTRIC Solarkraftwerke GmbH, E.DIS AG, ENERCON GmbH, EWE NETZ GmbH, Mitteldeutsche Netzgesellschaft Strom mbH, N-ERGIE Netz GmbH, Netze BW GmbH, SMA Solar Technology AG, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH, Westnetz GmbH, Younicos AG.**

Darüber hinaus nahmen die RWE Deutschland AG und die Statkraft Markets GmbH als Gäste an den Beratungen der Projektsteuerungsgruppe teil.

Als Forschungspartner wurde die ef.Ruhr unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Christian Rehtanz zur Durchführung der qualitativen und quantitativen Analysen eingebunden.

## **Impressum.**

### **Herausgeber.**

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)  
Energiesysteme und Energiedienstleistungen  
Chausseestraße 128 a  
10115 Berlin  
Tel.: +49 (0)30 72 61 65-600  
Fax: +49 (0)30 72 61 65-699

### **Druck.**

schöne drucksachen GmbH

**Stand.** 02/14

ClimatePartner   
**klimateutral  
gedruckt**

Zertifikatsnummer:  
53270-1401-1018  
[www.climatepartner.com](http://www.climatepartner.com)

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.