

# BISHERIGE AUSWIRKUNGEN DES KERNKRAFTAUSSTIEGS AUF DIE VERSORGUNGSSICHERHEIT

Kurzanalyse im Auftrag von Greenpeace Energy eG

## EINLEITUNG UND ZIEL DER STUDIE

Nach der Nuklearkatastrophe von Fukushima änderte die Bundesregierung ihre Energiepolitik mit dem sogenannten Atom-Moratorium vom 14. März 2011: Die damals am Netz befindlichen 17 deutschen Kernkraftwerke wurden einer Sicherheitsprüfung unterzogen und die sieben ältesten Kernkraftwerke sowie das Kernkraftwerk Krümmel wurden zunächst für drei Monate stillgelegt. Den Ausstieg aus der kerntechnischen Stromerzeugung besiegelte anschließend die Änderung des Atomgesetzes, das am 6. August 2011 in Kraft trat. Mit dieser Gesetzesänderung erlosch die Betriebsgenehmigung von acht Kernkraftwerksblöcken. In der Folge gingen zeitgleich am 6. August 2011 acht Kernkraftwerksblöcke mit einer signifikanten Netto-Stromerzeugungsleistung von 8,4 GW vom Netz. Die abgeschaltete Leistung entspricht ca. 10 Prozent der deutschen Spitzennachfrage nach Strom.

Für die verbleibenden Kernkraftwerke wurde mit der Änderung des Atomgesetzes jeweils ein Termin festgelegt, wann die Kraftwerke bis zum 31. Dezember 2022 endgültig vom Netz gehen. Sollten die Kernkraftwerke vor diesem Termin die jeweils mit dem Gesetz festgeschriebene Reststrommenge erzeugt haben, müssen die Anlagen entsprechend früher vom Netz gehen, wobei eine Übertragung der Reststrommenge auf solche Kernkraftwerke möglich ist, die jeweils später in Betrieb gegangen sind. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die deutschen Kernkraftwerke und deren endgültige Stilllegungstermine.

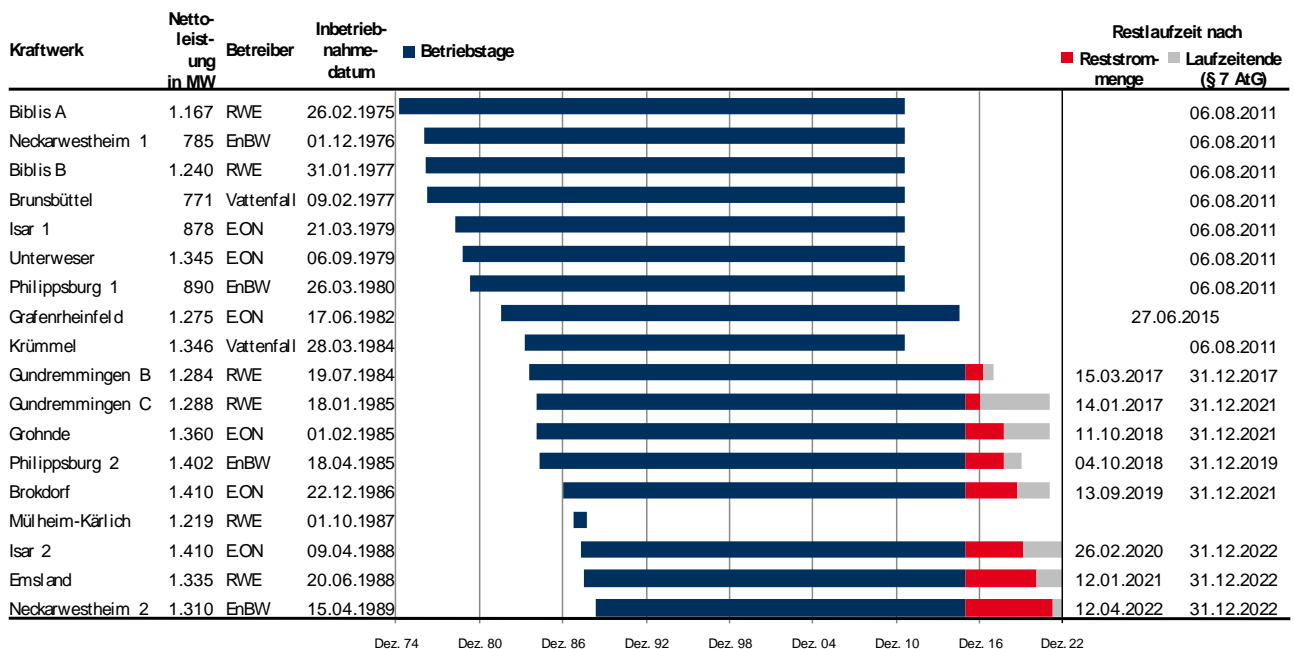


Abbildung 1: Übersicht über die Laufzeiten deutscher Kernkraftwerksblöcke zum Stichtag 1. Januar 2016 (Datenquellen: Atomgesetz vom 6. August 2011 und eigene Berechnungen)

Zum Studienzeitpunkt ist somit die Halbzeit des deutschen Ausstiegs aus der Kernkraft erreicht. Nach der Stilllegung des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld mit rund 1,3 GW installierter Leistung im Juni 2015 werden in den nächsten sechs Jahren bis spätestens zum 31. Dezember 2022 noch 10,8 GW an Kernkraftwerkska-

kapazitäten abgeschaltet. Parallel zum Kernenergieausstieg ist im Zeitraum von 2011 bis 2015 der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch gemäß AG Energiebilanzen (2016) von 20,4 Prozent auf 31,6 Prozent<sup>1</sup> gestiegen.

Andere europäische Länder hingegen bauen (Finnland, Frankreich) oder planen neue bzw. die Erweiterung oder den Ersatz bestehender Kernkraftwerke (Großbritannien, Polen, Schweden, Tschechien, Ungarn). In der Argumentation für diese Kraftwerke wird häufig das Argument angeführt, dass diese Kernkraftwerke notwendig seien, um die Versorgungssicherheit bei gleichzeitig geringen CO<sub>2</sub>-Emissionen zu gewährleisten.<sup>2</sup>

Vor diesem Hintergrund soll im Folgenden der deutsche Kernenergieausstieg bei gleichzeitigem Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung mit Blick auf die Versorgungssicherheit analysiert werden.

## ENTWICKLUNG DER VERSORGUNGSSICHERHEIT IN DEUTSCHLAND

Die Frage nach dem Einfluss des Kernkraftausstiegs auf die Versorgungssicherheit hängt von sehr viel mehr Faktoren ab als nur von der installierten Leistung einer bestimmten Technologie. Im Folgenden werden drei verschiedene Indikatoren für die Versorgungssicherheit im Zeitraum des Kernkraftausstiegs beschrieben: Der SAIDI, ein Index für die Versorgungssicherheit, das Konzept der gesicherten Leistung und der Bedarf an Regelleistung. Im Stromsystem bestehen unterschiedliche Einflüsse auf die Versorgungssicherheit; die Stromerzeugung aus Kernenergie ist nur ein Einfluss davon, der in dieser Studie betrachtet wird. Der Untersuchungsgegenstand ist die Versorgungssicherheit nach Kraftwerkskapazitäten, nicht die innerdeutsche Stromverteilung.

### DER SAIDI – EIN INDEX FÜR DIE VERSORGUNGSSICHERHEIT

Ein zentraler Indikator für die Versorgungssicherheit ist der System Average Interruption Duration Index (SAIDI). Der SAIDI wird unter anderem von der Bundesnetzagentur jährlich veröffentlicht und veranschaulicht die Versorgungsqualität über die Angabe der durchschnittlichen Versorgungsunterbrechung je Letztverbraucher in Minuten. Dieser Index ist in Abbildung 2 für die Jahre 2006 bis 2014 dargestellt.

Mit Inkrafttreten des sogenannten „Atomausstiegs“ am 6. August 2011 wurden gleichzeitig acht Kernkraftwerksblöcke mit einer installierten Nettoleistung von insgesamt 8,4 GW endgültig vom Netz genommen. Diese abgeschaltete Kernkraftwerksleistung lag bei 10 Prozent der deutschen Jahreshöchstlast. Im Jahr der Abschaltung der Kernkraftwerke und im folgenden Jahr 2012 blieb die Versorgungssicherheit auf einem hohen Niveau.

---

<sup>1</sup> Wert für 2015 nach vorläufigen Angaben.

<sup>2</sup> Vgl. Europäische Kommission (2016), The Telegraph (2016) zu Großbritannien, Tagesschau (2016) zu Schweden, Pester Llyoyd (2015) zu Ungarn.

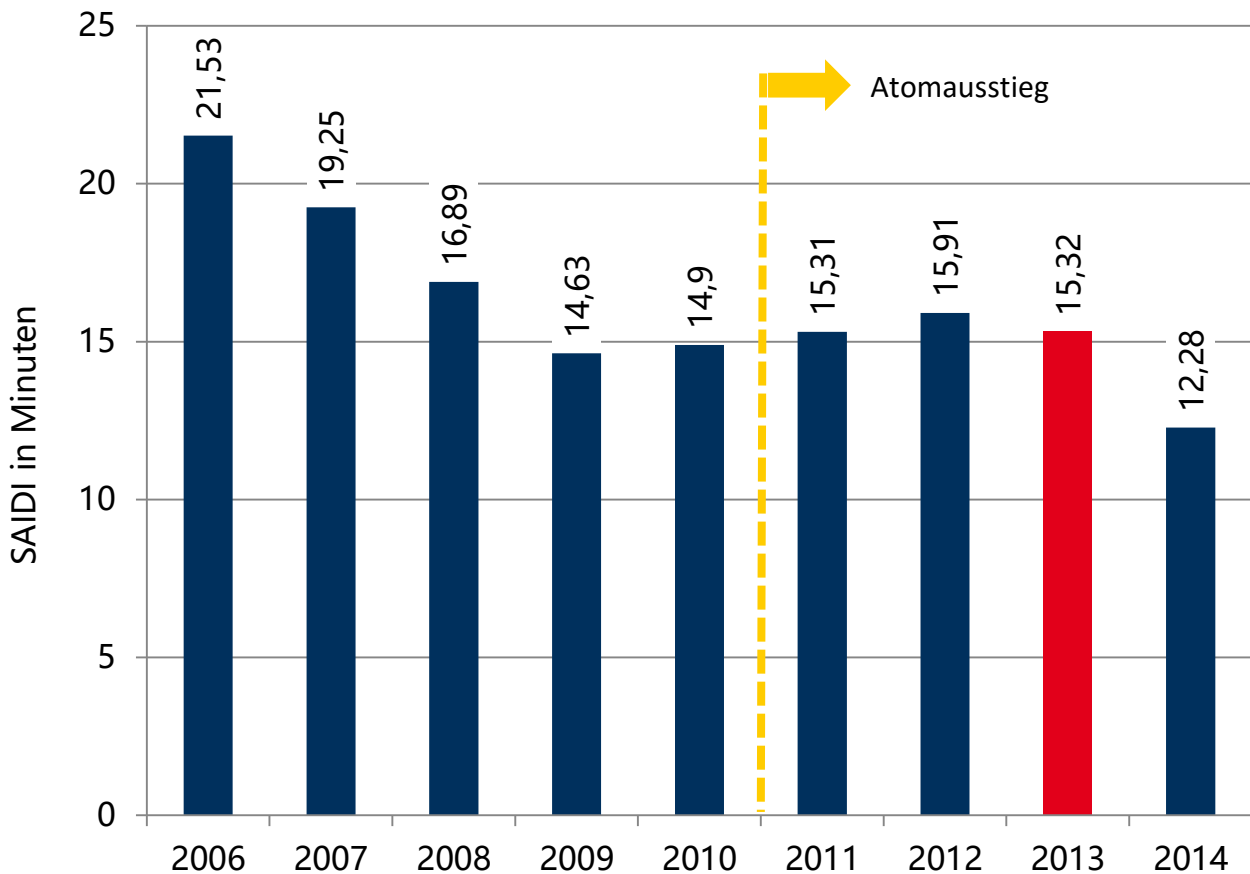


Abbildung 2: SAIDI Wert für Deutschland im jährlichen Vergleich (Datenquelle: BNetzA 2015)

Von 2010 bis 2012 stieg zwar die durchschnittliche Versorgungsunterbrechung um eine Minute auf 15,9 Minuten an, lag aber weiter rund 30 Prozent unter dem Wert zu Beginn der Statistik im Jahr 2006. Den Anstieg des SAIDI im Jahr 2012 führt die Bundesnetzagentur zudem auf eine hohe Zunahme von Störungen auf der Mittelspannungsebene durch Einwirkungen Dritter<sup>3</sup> und von sogenannten Rückwirkungsstörungen<sup>4</sup> zurück (BNetzA 2013). Gleichzeitig schließt die Bundesnetzagentur einen maßgeblichen Einfluss der Energiewende auf die Versorgungsqualität aus.<sup>5</sup> Die Erhöhung der Versorgungssicherheit im Sinne des SAIDI im Jahr 2014 wird insbesondere auf weniger atmosphärische Einwirkungen durch extreme Wetterlagen und weniger Rückwirkungsstörungen zurückgeführt (BNetzA 2015a).

Bei konventionellen Kraftwerken können bestimmte Wetterereignisse die Versorgungssituation verschärfen. So mussten in den heißen Sommern 2006 und 2007 Kraftwerke gedrosselt oder gänzlich abgeschaltet werden, um die Flusstemperaturen durch das Kühlwasser nicht über die zulässigen Grenzwerte ansteigen zu lassen. Niedrige Pegelstände von Flüssen führten bei Kohlekraftwerken im Dezember 2015 zu Versorgungsengpässen, weil die Kraftwerke nicht mehr per Schiff mit Kohle beliefert werden konnten. Im ENTSO-E Bericht zur Versorgungssicherheit (ENTSO-E 2016) wird das Risiko einer Versorgungslücke für Deutschland insgesamt als klein eingeschätzt. Vielmehr belasten laut diesem Bericht Situa-

<sup>3</sup> Einwirkung Dritter sind Versorgungsunterbrechungen, die durch die Berührung spannungsführender Teile durch Personen, Tiere oder Fahrzeuge entstehen oder die durch Erd- und Baggerarbeiten verursacht werden. (BNetzA 2015a).

<sup>4</sup> Rückwirkungsstörungen sind Störungen in einem vor- oder nachgelagerten Netz, in der Anlage eines Letztverbrauchers oder eine Versorgungsunterbrechung bei einspeisenden Kraftwerken (BNetzA 2013).

<sup>5</sup> „Ein maßgeblicher Einfluss der Energiewende und der damit einhergehenden steigenden dezentralen Erzeugungsleistung auf die Versorgungsqualität kann somit für das Berichtsjahr ausgeschlossen werden.“, sagte Jochen Homann, der Präsident der Bundesnetzagentur (BNetzA 2013).

tionen mit zu viel Strom die Netzsituation; immer öfter mussten Anlagen abgeregelt werden, um kritischen Situationen vorzubeugen.

Die durchschnittliche Versorgungsunterbrechung ist insgesamt in Deutschland auch während des Kernkraftausstiegs gefallen und lag für 2014 bei rund 12 Minuten, das entspricht einer Versorgungssicherheit von 99,998 Prozent. Ein hoher Anteil konventioneller Erzeugungsleistung (aus Kernkraft) ist allein genommen jedoch kein Garant für ein hohes Niveau an Versorgungssicherheit wie der europäischen Vergleich für das Jahr 2013 in Abbildung 3 zeigt.

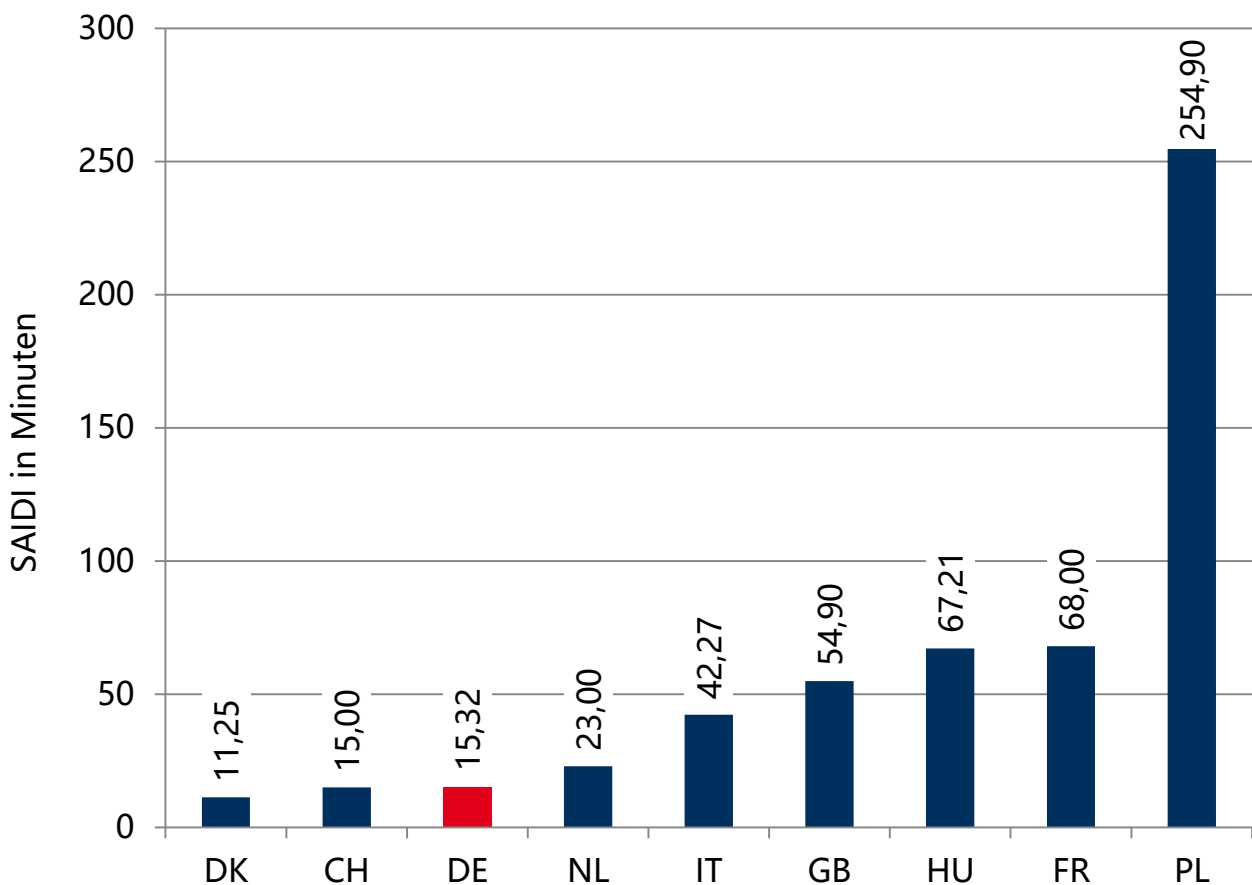


Abbildung 3: SAIDI Werte im europäischen Vergleich für das Jahr 2013 (Datenquelle: CEER 2015)

Die Schweiz beispielsweise erreichte im Jahr 2013 mit einem Kernenergie-Anteil von 39 Prozent an der Stromerzeugung mit 15 Minuten eine vergleichsweise kurze durchschnittliche Versorgungsunterbrechungen, wohingegen in Großbritannien (19 Prozent), Ungarn (36 Prozent) und Frankreich (81 Prozent) deutlich längere durchschnittliche Versorgungsunterbrechungen von 55, 67 und 68 Minuten auftraten. Maßgeblich für das Niveau an Versorgungssicherheit ist also nicht der Anteil einer bestimmten Erzeugungstechnologie im System, sondern vielmehr die Erzeugungs- und Netzsituation insgesamt.

#### DAS KONZEPT DER GESICHERTEN LEISTUNG

Die Betrachtung des Ist-Zustands alleine reicht zur Bewertung der Versorgungssicherheit nicht aus. Damit auch zukünftig die Versorgungssicherheit auf dem hohen Niveau gewährleistet werden kann, muss zum Zeitpunkt der höchsten Stromnachfrage eine entsprechende gesicherte Kraftwerksleistung vorgehalten werden. Die folgende Betrachtung erfolgt unter der Annahme, der innerdeutsche Netzausbau werde

planmäßig umgesetzt und alle Verzögerungen und Netzerfordernisse werden durch den Mechanismus der Netzreserve weiterhin abgefangen.

Das Konzept zur Ermittlung der gesicherten Kraftwerksleistung ist in Abbildung 4 dargestellt. Es wird beispielsweise im Leistungsbilanzbericht (ÜNB 2014) angewendet. Der Ausgangspunkt des Konzepts ist die zur Zeit der Jahreshöchstlast insgesamt installierte Netto-Einspeiseleistung in Deutschland.

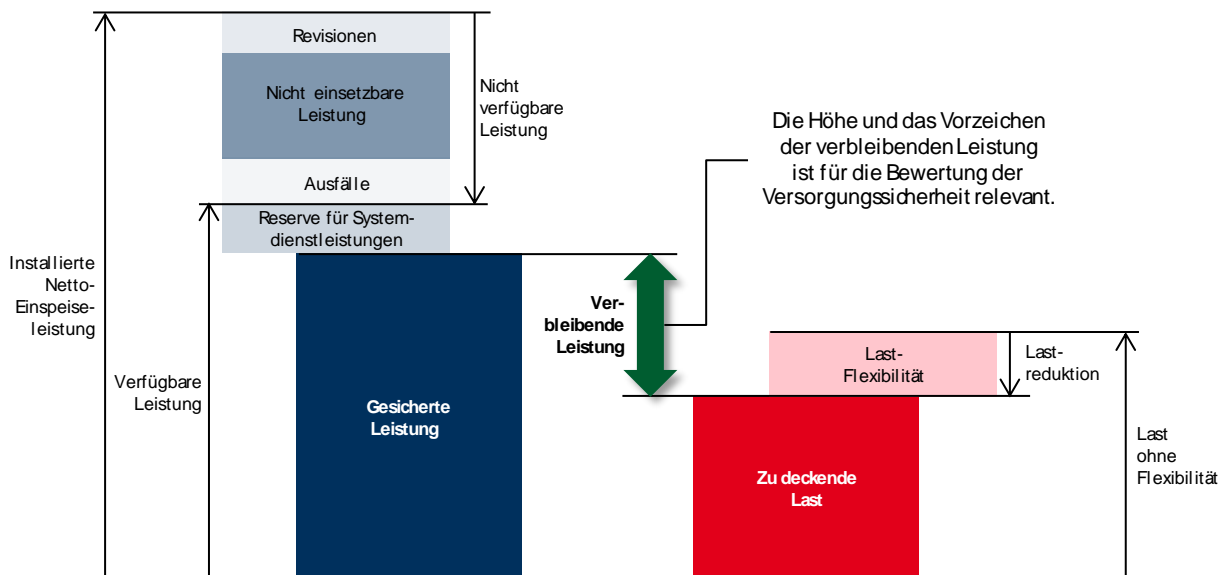


Abbildung 4: Konzept der Übertragungsnetzbetreiber zur Berechnung der gesicherten Leistung

Diese installierte Leistung steht jedoch zum Zeitpunkt der Jahreshöchstlast nicht vollständig zur Verfügung, denn Revisionen, Ausfälle, Zurückhaltung von Kapazitäten für Systemdienstleistungen und wetterbedingt nicht einsetzbare Leistungen reduzieren die gesicherte Leistung. Diese leistungsreduzierenden Faktoren sind mit einer Ausnahme nicht langfristig vorhersehbar. Nur die Revisionen können so geplant werden, dass sie nicht auf den (nicht im Voraus bekannten, aber gut abschätzbaren) Zeitraum der Jahreshöchstlast fallen. Die Jahreshöchstlast muss zudem nicht vollständig gedeckt werden, ein Teil der Stromnachfrage ist elastisch und reagiert entweder auf hohe Strompreise oder kann direkt durch die Netzbetreiber angesteuert werden. Die Differenz aus der verbleibenden zu deckenden Last und der gesicherten Leistung ist schon lange eine wichtige Planungsgröße für die Versorgungssicherheit.

Das Grünbuch zum Strommarkt (BMWi 2014) weist für Deutschland eine verbleibende Leistung von etwa 10 GW aus und beruft sich auf eine Leistungsbilanz der Übertragungsnetzbetreiber. Der Kernkraftausstieg wird, nach dieser Zahl zu urteilen, von einer hohen Überkapazität begleitet. Das Grünbuch stellt auch heraus, dass dies europäisch keine Sondersituation ist und weist in den für Deutschland relevanten Strommärkten eine Überkapazität von insgesamt 60 GW aus. Diese stehen einzelnen Ländern natürlich nur im Umfang der Grenzkuppelkapazitäten zur Verfügung. In einem europäisch stark gekoppelten Strommarkt ist mittelfristig auch laut Bundeswirtschaftsministerium (BMWi) nicht mit einem Kapazitätsengpass zu rechnen.

Der Einfluss des Kernkraftausstiegs auf die verbleibende Leistung wird im Folgenden überprüft. Ausgangspunkt der Analyse ist dabei zunächst die Entwicklung der installierten Leistung der Jahre 2011 und 2015 nach Fraunhofer (2016) und der zukünftigen Kraftwerkskapazitäten nach Annahmen des aktuellen EU Reference Scenario 2016 der Europäischen Kommission (2016a). Die Kapazitätsentwicklung

ist im Vergleich zur deutschen Jahreshöchstlast von konstant 84 GW nach ÜNB (2015) in Abbildung 5 dargestellt.

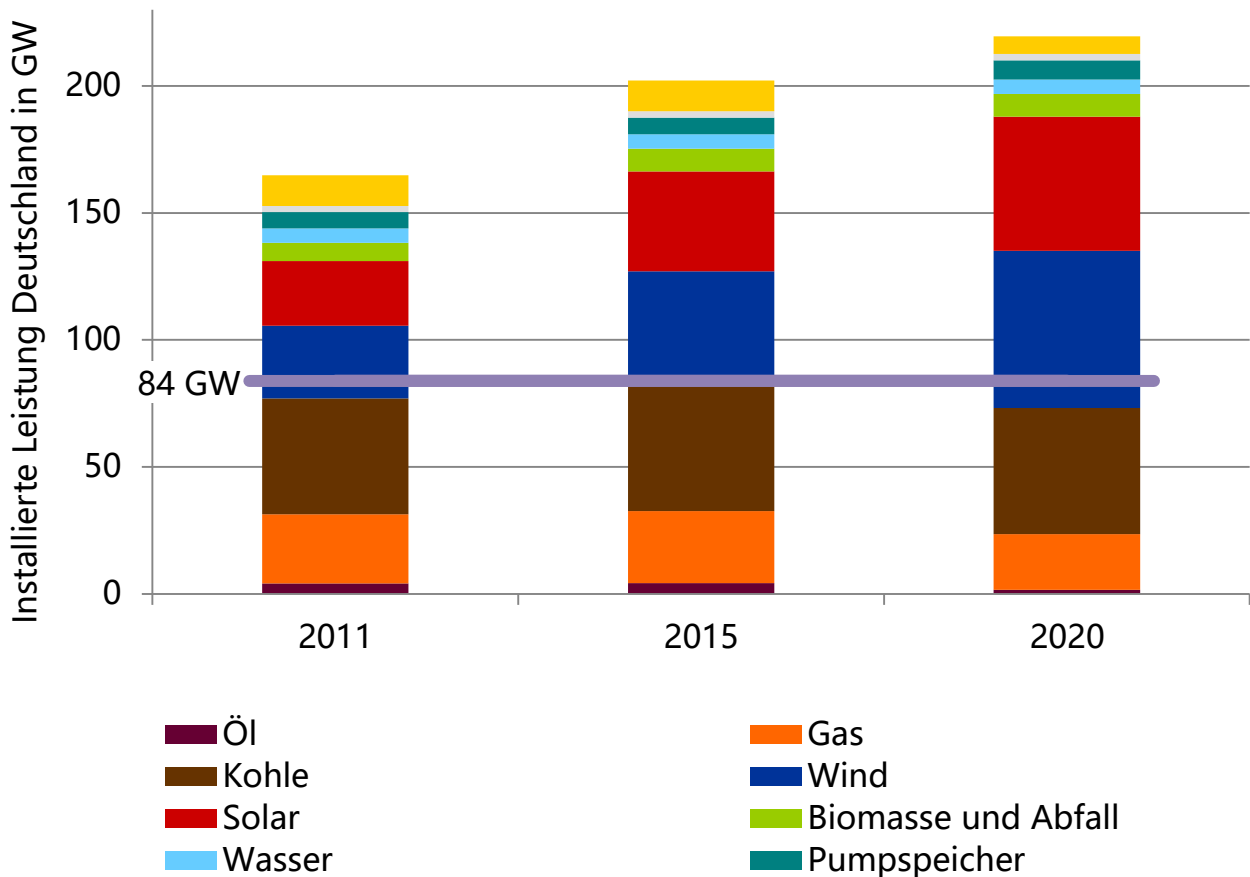


Abbildung 5: Installierte Leistung in Deutschland im Vergleich zur Jahreshöchstlast

Wo möglich wurden bei der Analyse konservative Annahmen gewählt, um die Versorgungssicherheit keinesfalls zu überschätzen. Für die gesicherte, verfügbare Leistung sind die getroffenen Annahmen nebst Quellen in Tabelle 1 dargestellt. Für Photovoltaik ergibt sich ein Beitrag von 0 Prozent zur Versorgungssicherheit, da die Jahreshöchstlast in Deutschland werktags im Winter nach Sonnenuntergang auftritt. Die dynamische Entwicklung der Kombination aus Photovoltaik und Speichern im Haushaltsbereich wirkt sich an dieser Stelle zukünftig zunehmend positiv auf die Versorgungssicherheit aus. Windkraft kann nach Zahlen des BMWi eine gesicherte Leistung von 7 Prozent der installierten Leistung beisteuern; mit anderen Worten existiert bei der Windkraft ein überregionaler Ausgleichseffekt: An Land oder auf See weht auch zum Zeitpunkt der Jahreshöchstlast genug Wind für 7 Prozent Einspeisung. Je größer das Gebiet ist, das für die Windkraft betrachtet wird, desto größer ist der Beitrag zur gesicherten Leistung. Bei einer gesamt-europäischen Betrachtung geht das BMWi etwa von 14 Prozent aus.

Tabelle 1: Annahmen der verfügbaren Leistung für unterschiedliche Kraftwerkstechnologien

Energieträger	Gesicherte Verfügbarkeit in % der installierten Leistung	Quelle
Solar	0	ÜNB (2014)
Windkraft	7	BMWi (2014)
Wasserkraft (Laufwasser- und Speicherkraftwerk)	58	Eigene Berechnung
Biomasse	64	Eigene Berechnung
Pumpspeicher	80	ÜNB (2014)
Fossile Kraftwerke	85	Prognos (2015)
Kernkraftwerke	91,54	IAEA (2015)

Bei den steuerbaren Erzeugungsanlagen liegt der Anteil der gesicherten Leistung an der installierten Leistung naturgemäß deutlich höher, weil der verwendete Energieträger zumeist gespeichert und gezielt der Anlage zugeführt werden kann. Je nach technischer Auslegung der Anlage können so vergleichsweise hohe Anteile an gesicherter Leistung von durchschnittlich 58 Prozent bei Laufwasser- und Speicherkraftwerken über 64 und 80 Prozent bei Biomasse-Anlagen und Pumpspeichern bis knapp 92 Prozent bei Kernkraftwerken erzielt werden.

Die Anwendung der gesicherten Verfügbarkeit je Technologie auf die tatsächliche installierte Leistung zeigt Abbildung 6. Die verfügbare Kraftwerksleistung hat sich trotz des Kernkraftausstiegs von 2011 auf 2015 vergrößert. Im Vergleich zur Jahreshöchstlast von konstant 84 GW nach ÜNB (2015) haben die Netzbetreiber mit 6,4 GW (2011) und 13,4 GW (2015) genug Kapazitäten für Systemdienstleistungen. Hierfür sollten dem Leistungsbilanzbericht zu Folge bis zu 5 GW zur Verfügung stehen, was der Summe aus Primärregelleistung, positiver Sekundärregelleistung und Minutenreserve entspricht. Bis 2020 ist auch hier nicht mit einer Anspannung der Versorgungssicherheit zu rechnen.

In Energy Brainpool/Fraunhofer IWES (2015) werden Flexibilitätpotenziale aufgezeigt, die helfen, eine konstant hohe Versorgungssicherheit günstiger zu erreichen. Kraftwerke, die nur zum Zeitpunkt der Jahreshöchstlast benötigt werden, sind aufgrund niedriger Betriebsstunden wirtschaftlich ineffizient. Einige der schnell umsetzbaren Flexibilitätsoptionen sind in Abbildung 6 eingerechnet und als flexible Jahreshöchstlast veranschaulicht. Eine Flexibilisierung der vorhandenen Biomasseanlagen auf die Verfügbarkeit anderer thermischer Kraftwerke entlastet um ca. 1,7 GW, Demand-Side-Management (DSM) in der Industrie um 2 GW, in Haushalten zusätzlich um 600 MW<sup>6</sup>. Das Potenzial kurzfristig aktivierbarer Flexibilität addiert sich auf 4,4 GW. Eine grenzüberschreitende Betrachtung der Versorgungssicherheit reduziert deren Kosten noch einmal zusätzlich, die eingezeichnete flexible Jahreshöchstlast stellt jedoch nur eine Abschätzung der Autoren dar. Hier besteht noch weiterer Untersuchungsbedarf.

<sup>6</sup> Bei Haushalten ist die Nachfrageflexibilität derzeit nur eingeschränkt kurzfristig aktivierbar, hohe Installationszahlen von dezentralen Heimspeichern lassen jedoch prinzipiell auch kurzfristig Flexibilität zu.

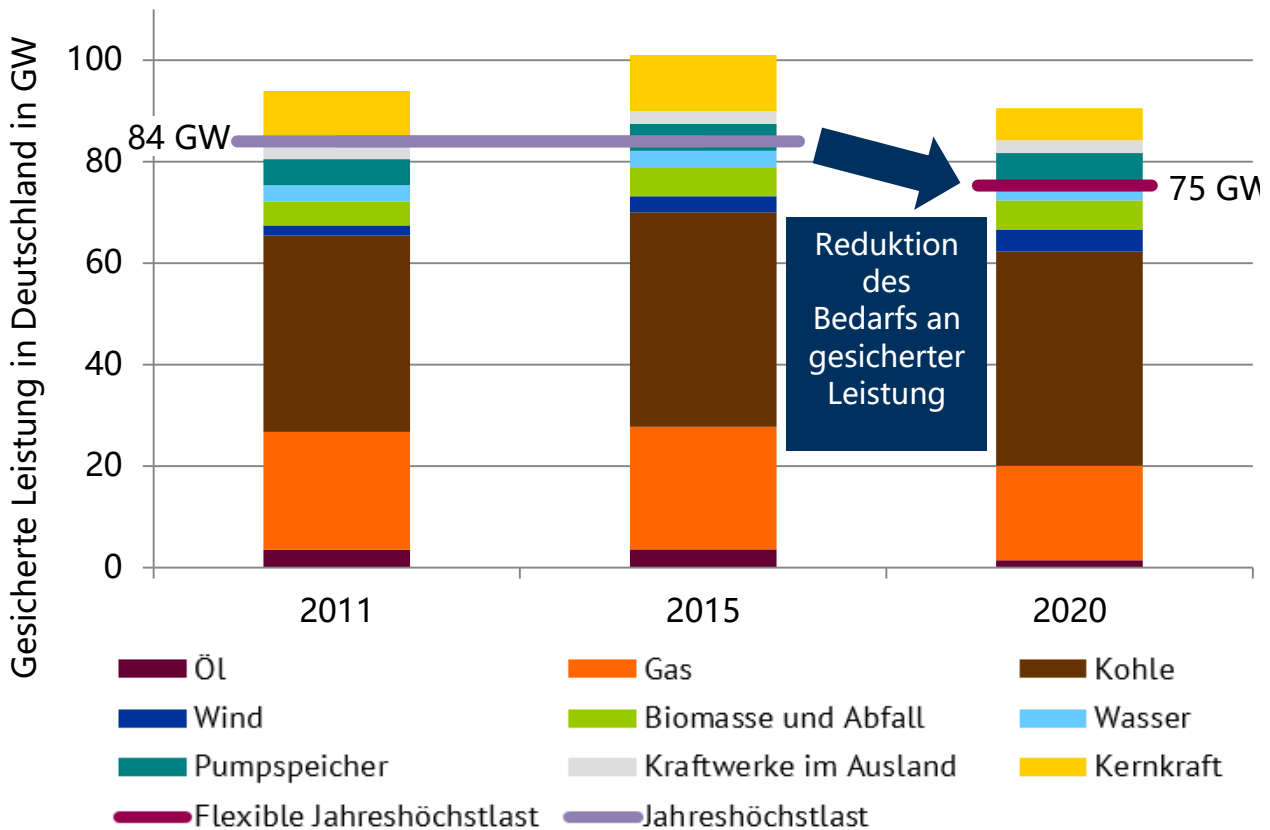


Abbildung 6: Gesicherte Leistung in Deutschland im Vergleich zur Jahreshöchstlast bei Flexibilisierung der Last und der Erzeugung

In den Folgejahren der Energiewende wird der Zubau von erneuerbaren Energien voraussichtlich zu großen Anteilen auf Wind- und Photovoltaikanlagen basieren. Um dann in einem auf erneuerbaren Energien basierendem Energiesystem weiterhin ein hohes Maß an Versorgungssicherheit zu gewährleisten, ist die Nutzung von Flexibilitätsoptionen (vgl. Energy Brainpool/Fraunhofer IWES, 2015) nötig. Flexibilitätsoptionen wie kurzfristige Speicher (z. B. Batterien) und langfristige Speicher (z. B. Power-to-Gas) können auf der Erzeugungsseite zur Erhöhung der Versorgungssicherheit beitragen. Darüber hinaus kommt der Flexibilisierung der Nachfrageseite (z. B. durch DSM) eine besondere Bedeutung zu. Denn mit DSM kann auf Basis (betriebs-)wirtschaftlicher Erwägungen die Jahreshöchstlast reduziert werden. Hierzu sind weitere Anpassungen an den Rahmenbedingungen des Strommarktes nötig (vgl. Energy Brainpool/Fraunhofer IWES, 2015), die sich mit dem Strommarktgesetz teilweise in der Umsetzung befinden.

### BEDARF AN REGELLEISTUNG

Ein weiterer Ansatzpunkt, um die Versorgungssicherheit im Zeitraum nach 2011 zu betrachten, ist der Bedarf an und der Einsatz von Regelleistung. Regelleistung wird immer dann eingesetzt, wenn kurzfristige Anpassungen der Stromeinspeisungen durch die Netzbetreiber notwendig sind. Das ist regelmäßig der Fall, da der Stromfluss innerhalb einer Viertelstunde nicht vom Markt, sondern nur durch die Übertragungsnetzbetreiber ausgeglichen wird. Zusätzlich muss der Netzbetreiber bei Fehlprognosen oder bei Ausfällen von Kraftwerken, Netzelementen und Verbrauchern einschreiten. Primärregelleistung (PRL) gleicht Abweichungen von Einspeisungen in das Stromnetz und Ausspeisungen aus dem Stromnetz sehr kurzfristig aus, Sekundärregelleistung (SRL) und Minutenreserveleistung (MRL) mittelfristig.



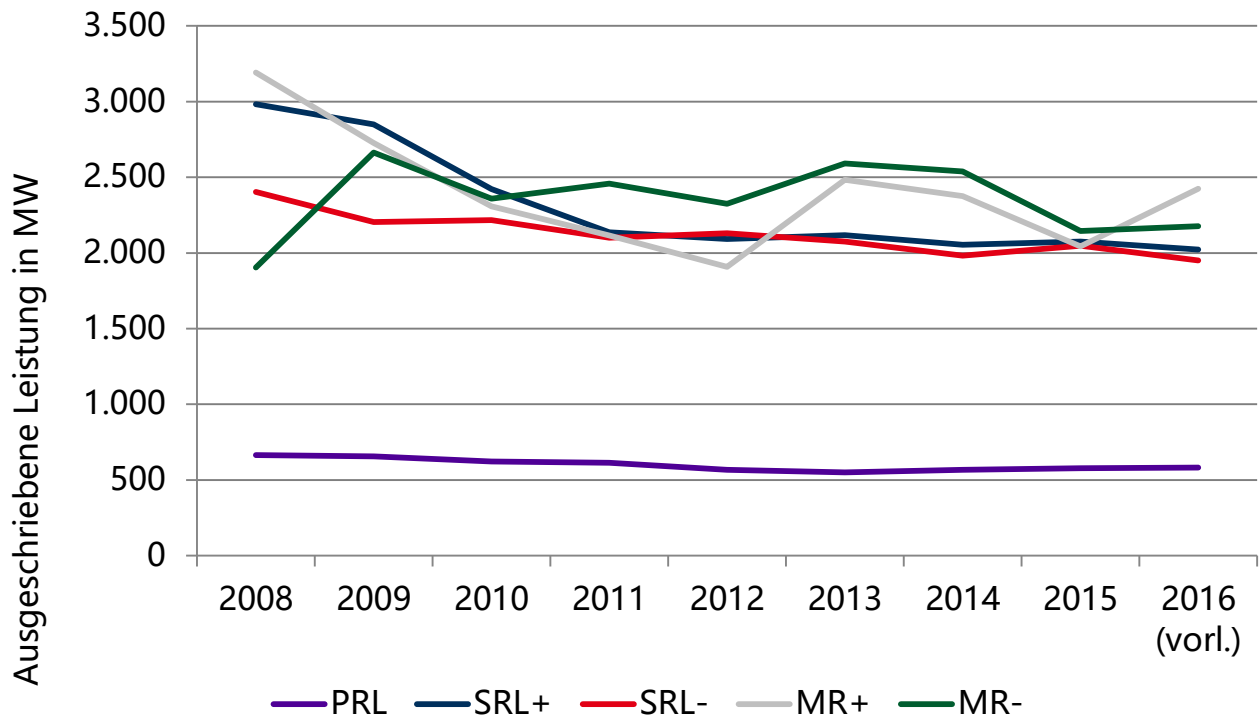


Abbildung 7: Mittlerer Bedarf an Regelleistung in Deutschland und Kooperationsstaaten (Datenquelle: 50Hertz, 2016)

Sowohl der mittlere Bedarf an Regelleistung (Abbildung 7) als auch der mittlere Einsatz von Regelleistung (Abbildung 8) ist im Vergleich zum Jahr 2011 gesunken. Zudem sind nach Abbildung 8 auch die benötigten Mengen an Regelernergie in den Situationen mit vergleichsweise hohem Regelenergieeinsatz gesunken. Die Übertragungsnetzbetreiber haben also auch weniger häufig hohe Anteile der kontrahierten Regelleistung abgerufen.

Die Auswertungen zur Regelernergie zeigen, dass während des Zeitraums des Kernkraftausstiegs die Netzbetreiber durchschnittlich weniger Regelleistung benötigten, um das Netz stabil betreiben zu können. Im selben Zeitraum sind zudem die Regelergienmengen, die zeitgleich von den Übertragungsnetzbetreibern benötigt werden zurückgegangen (vgl. Verlauf der Quantile in Abbildung 8).

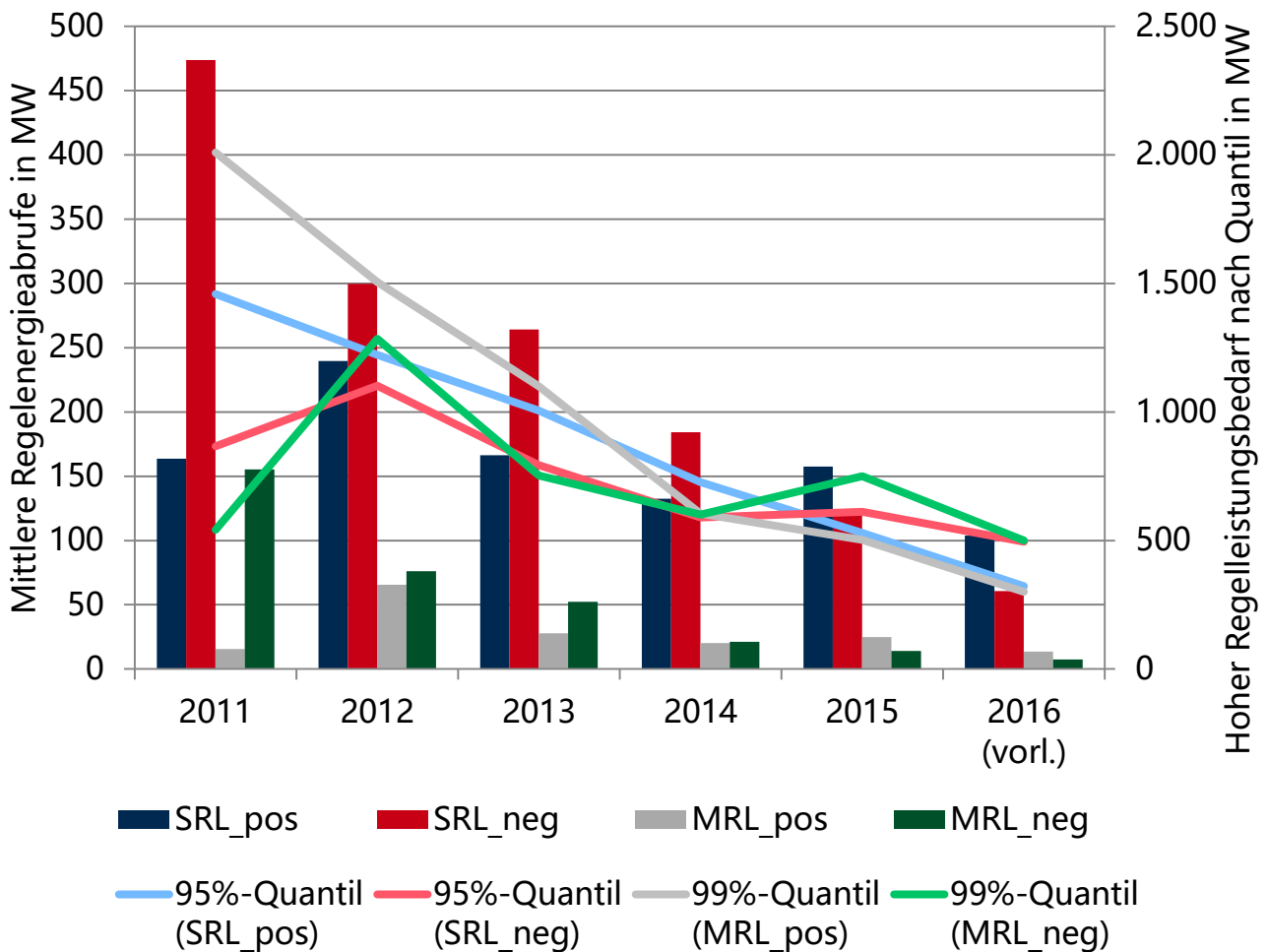


Abbildung 8: Mittlerer Einsatz von Regelennergie und Höhe eines für das entsprechende Jahr großen Einsatzes von Regelennergie nach Quantilen/Perzentilen (95-%-Quantil: Die 5 Prozent größten Abrufe von Regelennergie im betrachteten Jahr lagen über dem eingezeichneten Wert) (Datenquelle: 50Hertz 2016)

Darüber hinaus hat der Zubau fluktuierender erneuerbarer Energien in diesem Zeitraum trotz vorhandener meteorologischer Prognoseunsicherheit insgesamt nicht zu einem höheren Bedarf an Regelleistung geführt. Als eigentlicher Grund für den sinkenden Bedarf nach Regelleistung wird allgemein die bessere Zusammenarbeit der Netzbetreiber auf nationaler und europäischer Ebene angenommen sowie eine Intensivierung des Kurzfristhandels in diesem Zeitraum.

## FAZIT

In der Kurzanalyse wurde der Einfluss des Kernkraftausstiegs auf die Versorgungssicherheit in Deutschland untersucht. Im Zeitraum von 2011 bis heute sind neun Kernkraftwerksblöcke mit einer installierten Leistung von insgesamt 9,7 GW, also im Vergleich mehr als 10 Prozent der deutschen Spitzenstromnachfrage, endgültig stillgelegt worden. Gleichzeitig wurde der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch von 20,4 Prozent (2011) auf geschätzte 31,6 Prozent (2015) erhöht. Die drei betrachteten Indikatoren für die Versorgungssicherheit

- System Average Interruption Duration Index (SAIDI)
- Gesicherte Leistung
- Bedarf an Regelleistung

zeigen im selben Zeitraum trotz Kernenergieausstieg und Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien ein weiterhin hohes und von der Tendenz sogar steigendes Maß an Versorgungssicherheit. Selbst in Extremsituationen wie bei der Sonnenfinsternis am 20. März 2015, bei der die Stromerzeugung aus Photovoltaik Schwankungen (Erzeugungsgradienten) zeigte, wie sie erst bei deutlich höheren Anteilen erneuerbarer Energien zu erwarten sind, konnte die Versorgungssicherheit gewährleistet werden.<sup>7</sup>

Die untersuchten Indikatoren zeigen, dass ein hohes Niveau an Versorgungssicherheit während des Kernenergieausstiegs bei gleichzeitigem Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien aufrechterhalten wurde. Allerdings waren dafür weitere Maßnahmen nötig. Solche Maßnahmen sind insbesondere der Ausbau, die Verstärkung und die intelligente Steuerung (smart grid) des Stromnetzes auf Übertragungs- und Verteilnetzebene wie auch das operative Verhalten der Stromerzeuger und Stromverbraucher, das sich beispielsweise in einer Stärkung des kurzfristigen Stromhandels oder in der Anpassung des Stromverbrauchs an das Dargebot erneuerbarer Energien (demand side management) abzeichnet. Wie genau diese Maßnahmen im Einzelnen zur Erhaltung der Versorgungssicherheit beitrugen und welchen konkreten Anteil sie daran hatten, bedarf weiterer Untersuchungen.

Der weiteren Flexibilisierung des Strommarkts durch die konsequente Etablierung des Demand-Side-Managements, durch kurzfristige Speicher (z. B. Batterien) und langfristige Speicher (z. B. Power-to-Gas) kommt dabei eine Schlüsselrolle bei der Anpassung des Stromsystems auf hohe Anteile erneuerbarer Energien bei einem gleichzeitig hohen Niveau an Versorgungssicherheit zu. Parallel zur Flexibilisierung des Energiesystems muss das Stromnetz, das ursprünglich auf große und zentrale Erzeugungsanlagen ausgerichtet war, auf eine zunehmend kleinteiligere und dezentrale erneuerbare Erzeugungsstruktur mit einer anderen geographischen Verteilung angepasst werden.

Wenn dieser Umbau des Energiesystems marktwirtschaftlich gelingen soll und dabei Synergien eines gemeinsamen europäischen Binnenmarktes genutzt werden sollen, müssen auch die regulatorischen Rahmenbedingungen auf nationaler und europäischer Ebene entsprechend angepasst werden. Der Fahrplan zum Umbau des Strommarktes ist im sogenannten Weißbuch Strommarkt (BMWi 2015a) beschrieben und der Umbauprozess hat bereits mit einer Reform des deutschen Energierechts unter anderem in Form des Strommarktgesetzes und des Digitalisierungsgesetzes begonnen. Auf europäischer Ebene wurde am 8. Juni 2015 die Joint Declaration for Regional Cooperation on Security of Electricity Supply in the Framework of the Internal Energy Market von den sogenannten „12 elektrischen Nachbarn“ unterzeichnet (BMWi

---

<sup>7</sup> Zu Beginn der Sonnenfinsternis ging die Stromerzeugung aus Photovoltaik innerhalb einer Stunde um 11 GW zurück. Mit Ende der Sonnenfinsternis stieg die Erzeugung wiederum um 18 GW innerhalb von eineinhalb Stunden an (Energy Brainpool, 2015).

2015b). Das vereinbarte Ziel dieser Erklärung ist die gemeinsame Zusammenarbeit bei der Flexibilisierung von Angebot und Nachfrage, beim Netzausbau sowie bei der Versorgungssicherheit. Im Zuge der Energiewende sind die begonnenen Maßnahmen konsequent weiterzuführen und dabei weiterzuentwickeln.

## QUELLEN

- 50Hertz (2016): Regelernergie, [online] <http://www.50hertz.com/de/Maerkte/Regelernergie/> [11.08.2016].
- AG Energiebilanzen (2016): Stromerzeugung nach Energieträgern 1990 - 2015 (Stand 02.08.2016), [online] [http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=29&fileName=20160802\\_brd\\_stromerzeugung1990-2015.pdf](http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=20160802_brd_stromerzeugung1990-2015.pdf) [18.08.2016].
- BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014): Ein Strommarkt für die Energiewende, [online] <http://www.bmwi.de/DE/Mediathek/publikationen,did=666660.html> [11.08.2016].
- BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015): Versorgungsqualität in Deutschland steigt, [online] <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2015/16/Meldung/infografik-versorgungsqualitaet.html> [11.08.2016].
- BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015a): Ein Strommarkt für die Energiewende (Weißbuch), [online] <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/weissbuch,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> [26.08.2016].
- BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015b): Pressemitteilung: Gabriel: Zeitenwende bei der Strom-Versorgungssicherheit - 12 Nachbarstaaten wollen Versorgungssicherheit künftig europäisch denken, [online] <http://www.bmwi.de/DE/Presse/pressemitteilungen,did=713064.html> [16.08.2016].
- BNetzA Bundesnetzagentur (2013): Weiterhin große Zuverlässigkeit in der Stromversorgung, [online] <http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2013/130919SAIDIZuverlaessigkeitStromversorgung.html> [18.08.2016].
- BNetzA Bundesnetzagentur (2015): Versorgungsqualität - SAIDI-Werte 2006-2014, [online] [http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/Versorgungssicherheit/Stromnetze/Versorgungsqualitaet/Versorgungsqualitaet-node.html](http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Stromnetze/Versorgungsqualitaet/Versorgungsqualitaet-node.html) [11.08.2016].
- BNetzA Bundesnetzagentur (2015a): Qualität der Stromversorgung 2014 höher als in den Vorjahren, [online] [http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2015/150820\\_SAIDI\\_Strom.html](http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2015/150820_SAIDI_Strom.html) [11.08.2016].
- CEER Council of European Energy Regulators (2015): CEER Benchmarking Report 5.2 on the Continuity of Electricity Supply, [online] [http://www.ceer.eu/portal/page/portal/EER\\_HOME/EER\\_PUBLICATIONS/CEER\\_PAPERS/Electricity/Tab4/C14-EQS-62-03\\_BMR-5-2\\_Continuity%20of%20Supply\\_20150127.pdf](http://www.ceer.eu/portal/page/portal/EER_HOME/EER_PUBLICATIONS/CEER_PAPERS/Electricity/Tab4/C14-EQS-62-03_BMR-5-2_Continuity%20of%20Supply_20150127.pdf) [18.08.2016].
- Energy Brainpool (2015): Whitepaper - Auswirkungen der Sonnenfinsternis am 20. März 2015 auf die deutschen Strommärkte, [online] <http://www.energybrainpool.com/services/white-paper.html> [18.08.2016].
- Energy Brainpool/Fraunhofer IWES (2015): Strommarkt-Flexibilisierung – Hemmnisse und Lösungskonzepte, [online] <http://www.energybrainpool.com/services/studienverzeichnis.html> [11.08.2016].

ENTSO-E (2016): Summer Outlook & Winter Review 2015/2016, [online]

[https://www.entsoe.eu/Documents/Publications/SDC/Winter\\_Outlook\\_15-16-REPORT\\_web.pdf](https://www.entsoe.eu/Documents/Publications/SDC/Winter_Outlook_15-16-REPORT_web.pdf)  
[11.08.2016].

Europäische Kommission (2016): Mitteilung der Kommission (Hinweisendes Nuklearprogramm) - Vorlage gemäß Artikel 40 des Euratom-Vertrags zur Stellungnahme durch den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss {SWD(2016) 102 final}, [online] <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/DE/1-2016-177-DE-F1-1.PDF> [23.08.2016].

Europäische Kommission (2016a): EU Reference Scenario 2016 – Energy transport and GHG emissions – Trend to 2050, [online]  
<https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/referencescenario2016report.pdf> [18.08.2016].

IAEA Power Reactor Information System (2015): Country Statistics: Germany, [online]  
<https://www.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=DE> [11.08.2016].

Pester Lloyd (2015): Plündern unter Geheimhaltung: Infos zu AKW-Ausbau in Ungarn 30 Jahre unter Verschluss, [online] <http://www.pesterlooyd.net/html/1510akwpaks30jahreverschluss.html> [26.08.2016].

Prognos AG (2015): Versorgungssicherheit europäisch denken, [online]  
<http://www.weltenergiemat.de/08062015-studie-des-weltenergiemat-deutschland-zeigt-versorgungssicherheit-europaeisch-denken-lohnt-sich/> [11.08.2016].

Tagesschau (2016): Rückzieher vom Atomausstieg – Schweden will doch wieder Kernenergie, [online]  
<http://www.tagesschau.de/ausland/schweden-atomausstieg-101.html> [22.08.2016].

The Telegraph (2016): New Hinkley Point nuclear plant in doubt as Government delays decision despite EDF approval for £18bn project, [online] <http://www.telegraph.co.uk/business/2016/07/28/green-light-for-hinkley-point-as-new-18bn-nuclear-plant-approved/> [26.08.2016].

ÜNB Übertragungsnetzbetreiber (2014): Bericht der deutschen Übertragungsnetzbetreiber zur Leistungsbilanz 2014 nach EnWG § 12 Abs. 4 und 5, [online]  
<http://www.bmwi.de/DE/Mediathek/publikationen,did=670532.html> [11.08.2016].

ÜNB Übertragungsnetzbetreiber (2015): Netzentwicklungsplan Strom 2025, [online]  
<http://www.netzentwicklungsplan.de/content/der-netzentwicklungsplan-o> [11.08.2016].

## KURZPORTRAIT ENERGY BRAINPOOL

Energy Brainpool ist der unabhängige Marktspezialist für die Energiebranche mit Fokus auf den Strom- und Energiehandel in Europa. Die Expertise von Energy Brainpool umfasst die **Analyse**, Prognose und Modellierung der Energiemärkte und -preise, wissenschaftliche und praxisnahe Studien, **individuelle Beratungsangebote** sowie **Training** und Experten-Schulungen für die Energiebranche.

Energy Brainpool verbindet langjähriges Wissen und Kompetenz mit Praxiserfahrung im Bereich der steuerbaren und fluktuierenden erneuerbaren Energien.

Energy Brainpools umfassendes Angebot spiegelt sich im Auszug des namhaften Kundenportfolios wider: Als Gutachter ermittelt Energy Brainpool jährlich Preiskomponenten der EEG-Umlage für die vier deutschen Übertragungsnetzbetreiber und führt Studien u. a. zum Strom-marktdesign für etablierte und neue Marktteilnehmer sowie für verschiedene Bundesministerien und Regulierer durch. Energy Brainpool berät das Bundeswirtschaftsministerium bei der Weiterentwicklung des Strommarkts, bildet für die europäische Börse EEX Händler aus und schult regelmäßig Fach- und Führungskräfte (inter-)nationaler Energieversorgungsunternehmen und Energiedienstleister. Banken, Investoren und Energiehändlern im europäischen Energiemarkt nutzen die Analyseprodukte von Energy Brainpool.

## PHILOSOPHIE

Neutralität und Verlässlichkeit sowie tiefes Verständnis der Energiebranche und Energiemärkte bilden die Grundlage für die Lösung der Herausforderungen der Energiebranche. Als kompetenter Partner vereint Energy Brainpool Dienstleistungen für alle Themen des Strom- und Energiehandels aus einer Hand.

Das Ziel von Energy Brainpool ist es, gemeinsam mit den Kunden die Weichen für deren Zukunft zu stellen. Dienstleistungen sind individuell auf die Bedürfnisse der Kunden abgestimmt und unterstützen diese bei der Effizienzsteigerung durch die Optimierung bestehender und die Erschließung neuer Geschäftsmodelle, Planungssicherheit zur Durchführung von Projekten, Erlössteigerung und Reduzierung von Risiken sowie bei Eintritt und Positionierung in einem sich wandelnden Marktumfeld.

## INDIVIDUELLE PRODUKTE UND DIENSTLEISTUNGEN

Die Vorgehensweise, Modelle und Tools von Energy Brainpool haben sich während der langjährigen Tätigkeit an den nationalen und internationalen Märkten etabliert.

Im Bereich der **Analyse** bietet Energy Brainpool mit dem fundamentalen Energiemarktmodell Power2Sim langfristige Strompreisprognosen und -szenarien bis 2050. Die Spotpreisprognose dient zur Kurzfristprognose des Spotmarkts für die Kraftwerkseinsatzplanung. Darüber hinaus bietet Energy Brainpool individuelle Strompreisszenarien und Prognosen der Regelleistungspreise sowie das Europäische Kraftwerksverzeichnis.

Als Marktspezialisten liefert Energy Brainpool strategische und operative **Beratung** mit klarem Fokus auf die Energiebranche. Energy Brainpools Stärken liegen in Themen der Markttransformation mit steigendem Ausbau der erneuerbaren Energien und der individuellen Entwicklung des optimalen Handels-, Beschaffungs- und Risikomanagements. Eine unabhängige Herangehensweise bildet dabei die Grundlage des Arbeitens.

Als Experten der Energiebranche gibt Energy Brainpool Wissen durch **Trainings und Schulungsangebote** weiter. Individuell abgestimmte Seminare, praxisnahe Planspiele und Veranstaltungen unterstützen das Management, Experten, Neu- und Quereinsteiger der Branche.

## IMPRESSUM

Autoren:

Fabian Huneke, Philipp Lizzi, Thorsten Lenck

Herausgeber:

Energy Brainpool GmbH & Co. KG

Brandenburgische Straße 86/87

10713 Berlin

[www.energybrainpool.com](http://www.energybrainpool.com)

[kontakt@energybrainpool.com](mailto:kontakt@energybrainpool.com)

Tel.: +49 (30) 76 76 54 - 10

Fax: +49 (30) 76 76 54 - 20

August 2016

© Energy Brainpool GmbH & Co. KG, Berlin

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne die Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Das gilt vor allem für Vervielfältigungen in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrokopie oder ein anderes Verfahren), Übersetzung und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte findet eine Haftung ohne Rücksicht auf die Rechtsnatur des Anspruchs nicht statt. Sämtliche Entscheidungen, die auf Grund der bereitgestellten Informationen durch den Leser getroffen werden, fallen in seinen Verantwortungsbereich.