

Auswirkungen des Atomausstiegs auf die deutsche Stromerzeugung

Stefan Lechtenböhrer und Sascha Samadi

Die atompolitische Wende der Bundesregierung hatte zahlreichen Spekulationen und Befürchtungen Raum gegeben. Es wurde gemutmaßt, dass Deutschland zum Nettostromimporteur werden könnte, sollten die Kraftwerke (wie im Sommer 2011 beschlossen) dauerhaft außer Betrieb bleiben. Darüber hinaus nahm man an, dass die in Deutschland entfallende Stromerzeugung durch Kohlekraftwerke oder durch Importe aus französischen oder tschechischen Atomkraftwerken ersetzt würde und dass Strompreise sowie CO₂-Emissionen deutlich ansteigen würden. Inzwischen liegen vorläufige Energiebilanzen und Marktdaten für das Jahr 2011 vor, die viele dieser Befürchtungen widerlegen. Der hier vorgenommene Ausblick auf die mögliche Entwicklung in den kommenden Jahren zeigt zudem, dass die Bilanz von 2011 keine Momentaufnahme sein muss, sondern dass der gegenüber 2010 wegfallende Kernenergiestrom – bilanziell gesehen – voraussichtlich bereits ab 2013 allein durch eine erhöhte regenerative Stromerzeugung kompensiert werden kann.

Deutschland wird über das Jahr gesehen voraussichtlich weiterhin (wenn auch in deutlich geringerem Maße als in den letzten Jahren) Nettoexporteur von Strom sein, die CO₂-Emissionen der Stromerzeugung in Deutschland könnten 2011 sogar etwas niedriger liegen als im Vorjahr und die Preise an der Strombörse sind nur vorübergehend gestiegen. Zudem könnte bereits Mitte des nächsten Jahrzehnts mehr als die Hälfte der Stromerzeugung Deutschlands aus erneuerbaren Energien stammen.

2011-2013: Abschaltung der KKW ausgleichen

Kurzfristig fehlt dem deutschen Strommarkt die Erzeugungskapazität der acht Kernkraftwerke, die seit Mitte März 2011 dauerhaft ab-

geschaltet sind [1]. Um zu ermitteln, mit welchen Auswirkungen durch diesen Umstand kurzfristig bis 2013 zu rechnen ist, wird die erwartete Entwicklung der Stromerzeugung und Stromnachfrage in den Jahren 2011-2013 mit der Situation des Jahres 2010 verglichen.

Nach vorläufigen Angaben (inklusive Schätzungen für November/Dezember) des BDEW [2] wird Deutschland 2011 einen Nettoexportüberschuss in Höhe von etwa 5 TWh aufweisen, gegenüber knapp 18 TWh im Vorjahr [3]. Gleichzeitig ist die erneuerbare Stromerzeugung gegenüber dem Vorjahreszeitraum deutlich angestiegen, während der fossile Stromerzeugungsbeitrag rückläufig war. Die Stromnachfrage wird nach den vorläufigen Daten zudem rd. 0,6 % niedriger liegen als 2010.

Als Grundlage für die erneuerbare Stromerzeugung sowie für die Stromnachfrage in den Jahren 2012 und 2013 wird auf die aktuelle, im Auftrag der Übertragungsnetzbetreiber erstellte „EEG-Mittelfristprognose“ zurückgegriffen [4]. In den Jahren 2012 und 2013 wird die Bruttostromnachfrage demnach um jeweils knapp 1 % weiter sinken [5]. Für die Exportbilanz wird an dieser Stelle vereinfachend angenommen, dass Deutschland 2012 und 2013 eine ausgeglichene Import-/Exportbilanz aufweisen wird [6].

Die Abb. 1 zeigt, dass bereits im Jahr 2011 die gegenüber 2010 entfallene Stromerzeugung aus Kernkraft in Höhe von rd. 32 TWh vollständig durch die Kombination gesteigerter regenerativer Stromerzeugung, eines reduzierten Nettostromexports sowie der inländischen Stromeinsparung kompensiert wurde. Die fossilen Kraftwerke erzeugten folglich in Summe rd. 3 TWh weniger Strom als im Jahr 2010. Bilanziell wurden 2011 bereits rd. 60 % der gegenüber 2010 reduzierten Kernenergiestromerzeugung durch regenerative Energien ersetzt.

Bis 2013 wird der erwartete Zuwachs an erneuerbarer Stromerzeugung diejenige der stillgelegten Kernkraftwerke jahresbilanziell voll kompensiert haben. Gemeinsam mit der (angenommenen) Einstellung der Nettoexporte sowie einer weiter leicht sinkenden inländischen Stromnachfrage könnte die inländische fossile Stromerzeugung gegenüber 2010 um 32 TWh zurückgefahren werden. Die CO₂-Emissionen würden entsprechend sinken (s. u.).

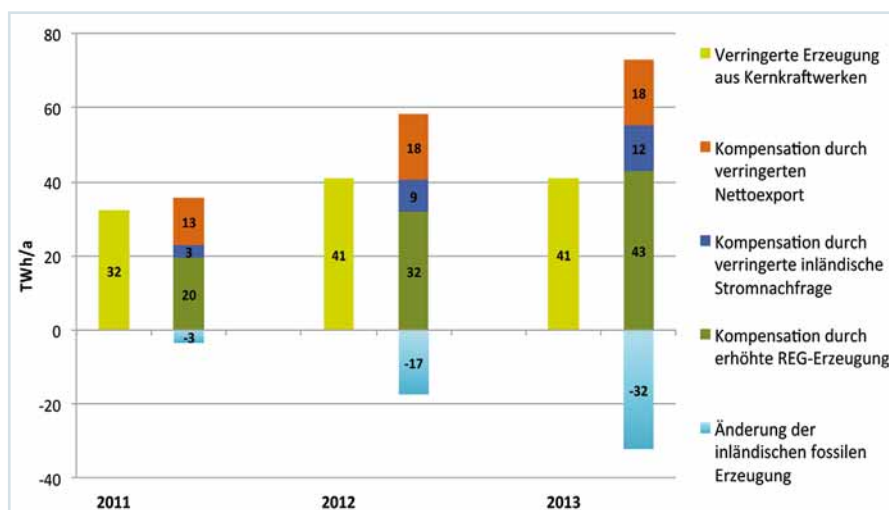


Abb. 1 Veränderungen der deutschen Stromerzeugungsbilanz der Jahre 2011 bis 2013 gegenüber der Situation im Jahr 2010
Quellen: [18]

Perspektive 2025: Vollständiger Ausstieg aus der Kernenergie

Dem 13. Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes zufolge vollzieht sich bis zum Jahr 2022 ein vollständiger Ausstieg aus der Kernenergie. Dabei werden die letzten sechs Kernkraftwerke voraussichtlich in einem relativ kurzen Zeitfenster (zwischen Ende 2021 und Ende 2022) ihren Betrieb einstellen. Bis Ende 2022 sind damit gegenüber 2013 weitere rd. 100 TWh nuklearer Stromerzeugung zu ersetzen.

Um zu ermitteln, inwieweit dieser vollständige Ersatz durch einen weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien geleistet werden kann, stehen verschiedene Szenarien zur Verfügung bzw. können konkrete politische Zielsetzungen von Bund und Bundesländern herangezogen werden. Abb. 2 vergleicht diese im Hinblick auf die zusätzliche Stromerzeugung gegenüber 2010 aus erneuerbaren Energien. Im Basisszenario 2010 A der Leitstudie 2010, die im Auftrag des BMU erstellt wurde, wird ein weiterer Zuwachs der inländischen erneuerbaren Stromerzeugung gegenüber 2010 um rd. 125 TWh/a bis 2020 und um 172 TWh/a bis 2025 erwartet. Damit ist sie etwas optimistischer als das im Nationalen Aktionsplan Erneuerbare Energien (NREAP) an die EU gemeldete Szenario für 2020 [7]. Mit rd. 95 TWh (2020) bzw. rd. 130 TWh (2025) erwarten die im Auftrag des BMWi erstellten „Energieszenarien 2011“ [8] niedrigere Zuwächse. Eine Auswertung der Ausbauziele der einzelnen Bundesländer durch die dena [9] zeigt dagegen, dass diese vor allem im Bereich der Windkraftnutzung im Binnenland noch deutlich über die verschiedenen, von der Bundesregierung in Auftrag gegebenen Szenarien hinausgehen.

Für den Ausblick bis 2025 werden hieraus zwei verschiedene Szenarien der inländischen Stromerzeugung und der damit verbundenen CO₂-Emissionen abgeleitet, die die Bandbreite der zu erwartenden Entwicklung abstecken sollen. In Bezug auf die neun derzeit noch am Netz befindlichen Kernkraftwerke wird in beiden Szenarien angenommen, dass diese in ihrer laut Gesetz verbleibenden Betriebszeit durchschnittlich genauso stark ausgelastet werden, wie zwischen den Jahren 2000-2010. In beiden

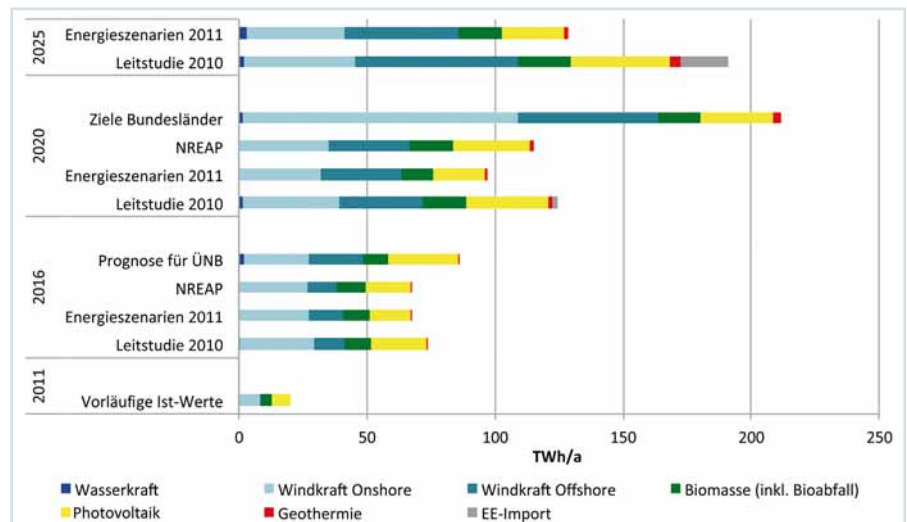


Abb. 2 Zusätzliche Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien gegenüber 2010 nach verschiedenen Szenarien bzw. Ausbauzielen Quellen: [19]

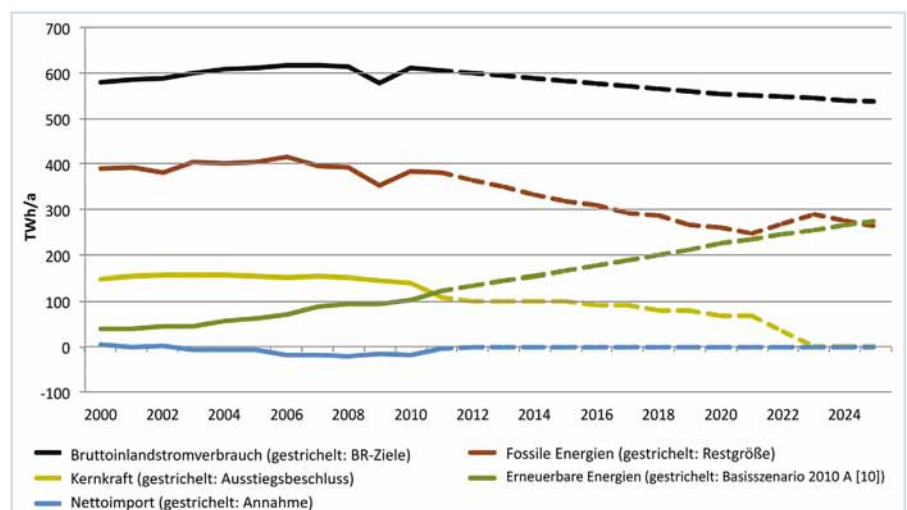


Abb. 3 Stromerzeugungsbilanz in Deutschland - Szenario „Fossil-niedrig“ Quellen: [20]

Szenarien wird die Import-/Exportbilanz ab 2012 als ausgeglichen unterstellt. Folglich ergibt sich die fossile Stromerzeugung in Deutschland als Differenz zwischen Stromnachfrage und -erzeugung aus erneuerbaren Energien und - bis 2022 - aus Kernenergie.

Im Szenario „Fossil-niedrig“ (vgl. Abb. 3) wird für die zukünftige Erzeugung aus erneuerbaren Energien auf das Basisszenario 2010 A der Leitstudie 2010 [10] zurückgegriffen. Außerdem wird davon ausgegangen, dass die Bruttostromnachfrage bis 2020 um durchschnittlich 1 % pro Jahr und danach um rd. 0,6 % pro Jahr zurückgeht. Somit werden die im Energiekonzept formulierten Strom-

einsparziele von 10 % bis 2020 und von 25 % bis 2050 (jeweils gegenüber 2008) erreicht. Dabei sei angemerkt, dass aufgrund der bisher wenig konkreten Maßnahmen zur Erfüllung der Stromeinsparziele durchaus in Frage gestellt werden kann, ob diese tatsächlich erreicht werden [11].

Wie Abb. 3 zeigt, reicht unter diesen Annahmen die zusätzliche Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bis zum endgültigen Atomausstieg im Jahr 2022 aus, um den gesamten Atomstrom mengenmäßig nicht nur zu ersetzen, sondern zusätzlich auch die fossile Stromerzeugung zu reduzieren. Wie die Abbildung außerdem zeigt, kann die erneuerbare Stromerzeugung, die in Folge

der ersten Stufe des Atomausstiegs im Jahr 2011 bereits die Erzeugung aus Kernenergie erstmals überholen wird, bis etwa 2025 auf den ersten Rang der Stromerzeugungsoptionen in Deutschland aufrücken. Das hieße auch, dass etwa ab diesem Zeitpunkt mehr als 50 % der deutschen Stromerzeugung aus regenerativen Quellen stammen wird.

Dabei stellt die zeitliche Harmonisierung von Angebot und Nachfrage bzw. der Ausgleich der fluktuierenden Erzeugung (nicht zuletzt durch die Entwicklung geeigneter Netze und Speichermöglichkeiten) eine zentrale Herausforderung dar, zumal im

Basisszenario 2010 A im Jahr 2025 zwei Drittel der regenerativen Stromerzeugung aus den fluktuierenden Quellen Wind und Sonne stammen werden.

Für das zweite Szenario „Fossil-hoch“ (vgl. Abb. 4) wird in Bezug auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien auf das Szenario „Ausstieg“ der Energieszenarien 2011 [8] zurückgegriffen. Dort findet gegenüber dem Basisszenario 2010 A ein deutlich langsamerer Ausbau der erneuerbaren Energien statt (siehe Abb. 2). Gleichzeitig unterstellt das Szenario „Fossil-hoch“, dass die Stromeinsparziele der Bun-

desregierung nicht realisiert werden und die Bruttostromnachfrage stattdessen konstant auf dem Niveau von 2011 bleiben wird.

Dementsprechend kann die fossile Stromerzeugung im Inland im Szenario „Fossil-hoch“ bis 2021 nur sehr moderat reduziert werden. In den Jahren 2022 und 2023 steigt die fossile Stromerzeugung zudem aufgrund der dann erfolgten Abschaltung des Großteils der gegenwärtig noch in Betrieb befindlichen Kernkraftwerkskapazität wieder an. 2025 liegt sie folglich etwa auf dem gleichen Niveau wie heute. Die erneuerbaren Energien erreichen in diesem Szenario im Jahr 2020 einen Anteil am Bruttostromverbrauch von 33 % (2025: 38 %), d. h. das bundespolitische Ziel (mindestens 35 % bis spätestens 2020) wird hier verfehlt.

Abb. 5 zeigt denkbare Verläufe der CO₂-Emissionen der deutschen Stromerzeugung in den beiden Szenarien. Als zusätzliche Unsicherheit werden hier zwei unterschiedliche Verläufe der spezifischen CO₂-Emissionen der fossilen Stromerzeugung unterstellt. Analog zu der Erzeugung aus erneuerbaren Energien werden für die spezifischen Emissionen bei dem Szenario „Fossil-niedrig“ die Annahmen aus der Leitstudie 2010 [10] übernommen, während bei dem Szenario „Fossil-hoch“ auf die entsprechenden Angaben aus dem Szenario Ausstieg [8] zurückgegriffen wird [12].

Im Szenario „Fossil-niedrig“ werden die CO₂-Emissionen der deutschen Stromerzeugung, die seit 1990 etwa zwischen 300 und 350 Mio. t pro Jahr lagen, bis 2025 auf rd. 175 Mio. t zurückgehen. Sie liegen damit um 51 % unter den entsprechenden Emissionen des Jahres 1990 [13]. Dabei ist der zweite wesentliche Ausstiegszeitraum (Ende 2021/Ende 2022) als Ausschlag der Emissionskurve zu erkennen. Dieser vorübergehende Anstieg ändert aber nichts an dem in diesem Szenario grundsätzlich stark rückläufigen Trend der Emissionen der Stromerzeugung. Das Szenario „Fossil-hoch“ zeigt hingegen die Problematik auf, die sich ergäbe, wenn die Stromeinsparziele verfehlt würden, der Ausbau der erneuerbaren Energien nur langsam vorankäme und zudem der fossile Strommix auch weiterhin stark von Braun- und Steinkohle dominiert würde. Die CO₂-Emissionen gehen in diesem pessimistischen Szenario nur langsam zurück und liegen im Jahr 2025

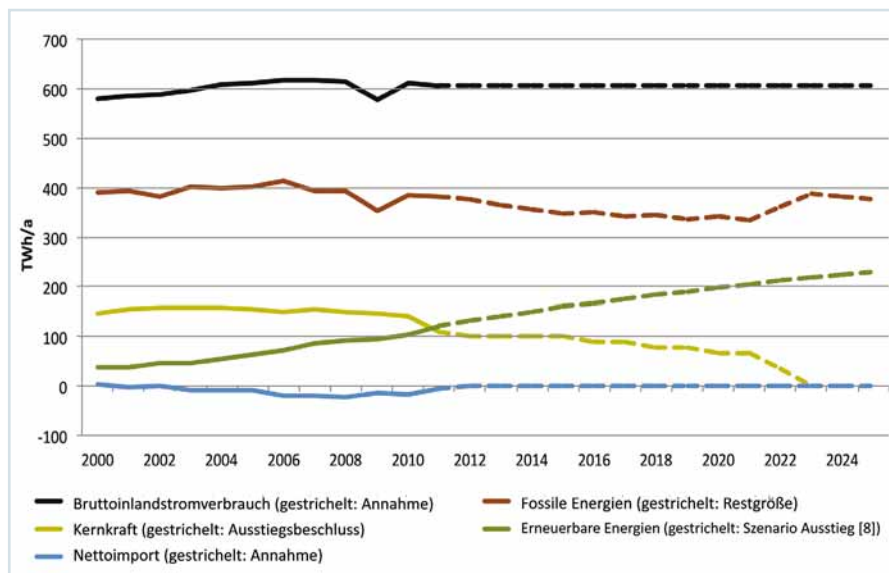


Abb. 4 Stromerzeugungsbilanz in Deutschland – Szenario „Fossil-hoch“

Quellen: [21]

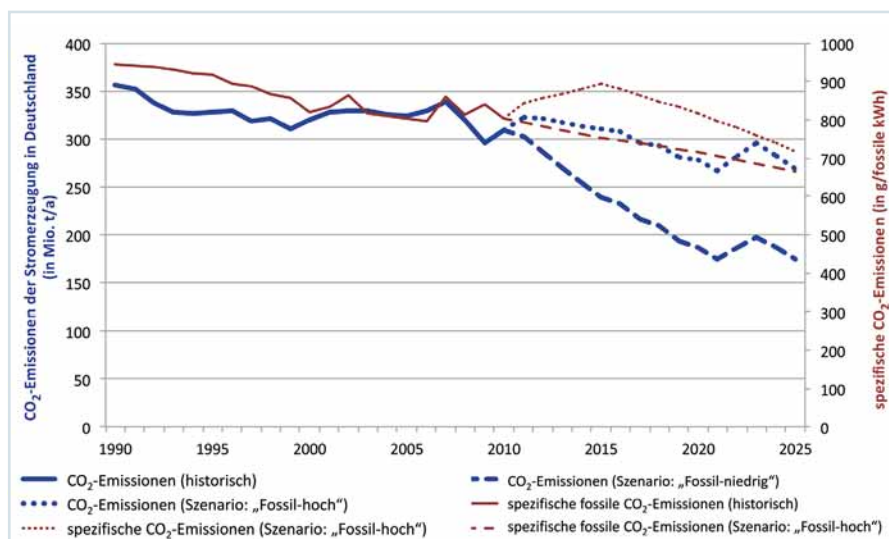


Abb. 5 Entwicklung der CO₂-Emissionen der Stromerzeugung in Deutschland – Szenarien „Fossil-niedrig“ und „Fossil-hoch“

Quellen: [22]

lediglich 25 % unter den Emissionen von 1990 (21 % in 2020).

Neben höheren CO₂-Emissionen hatten viele Kritiker eines beschleunigten Atomausstiegs im Vorfeld der politischen Entscheidung um einen Ausstiegsfahrplan auch vor stark steigenden Strompreisen gewarnt [14]. Bisher gibt es jedoch keine Anzeichen, dass diese Befürchtung gerechtfertigt ist. Zwar stiegen die Großhandelspreise an den Terminmärkten infolge des „Moratoriums“ zunächst um rd. 0,6 bis 0,8 ct/kWh an, mittlerweile sind die Preise allerdings wieder gesunken und lagen im Dezember 2011 sogar etwas unter dem Preisniveau, das unmittelbar vor der Atomkatastrophe in Fukushima bestand [15].

Kernenergie ohne „fossile Hilfe“ ersetzen

Die energiepolitischen Beschlüsse in Deutschland in Folge der Katastrophe im Kernkraftwerk Fukushima Daiichi wurden vielfach als atompolitischer „Flickflack“ wahrgenommen [16]. Tatsächlich ist es

– zumindest auf der Bilanzenebene – quasi „aus dem Stand“ gelungen, die entfallende Kernenergiestromerzeugung zu ersetzen, ohne dass die inländische fossile Stromerzeugung – und damit voraussichtlich auch die CO₂-Emissionen der Stromerzeugung [17] – gegenüber 2010 angestiegen wären. Die vorliegenden Szenarien und politischen Zielsetzungen lassen zudem erwarten, dass die weiteren Ausstiegsschritte bilanziell vollständig durch erneuerbare Stromerzeugung in Deutschland kompensiert werden können. Hintergrund für diese „problemlose“ Umsetzung des politischen Zickzack-Kurses ist sicherlich die Tatsache, dass sich der in 2011 beschlossene Atomausstieg technisch nur wenig von den bis Oktober 2010 geltenden Ausstiegsplanungen unterscheidet, auf die sich Politik und Energiewirtschaft im Laufe des vergangenen Jahrzehnts mehr oder weniger eingestellt hatten. Gleichzeitig wirkt nach wie vor die hohe Ausbaudynamik, die vom Erneuerbare-Energien-Gesetz ausgeht.

Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien hat im Jahr 2011 in Folge der Stilllegung

von acht Kernkraftwerken im März 2011 die nukleare Stromerzeugung überholt. Bis 2025 könnte sie – parallel zu dem dann vollendeten Ausstieg – auch die fossile Stromerzeugung übertreffen, sofern die geplante Ausbaudynamik der erneuerbaren Energien und die Stromeinsparziele der Bundesregierung realisiert werden. Im Jahr 2025 würde dann bereits mehr als die Hälfte des in Deutschland erzeugten Stroms aus erneuerbaren Energiequellen stammen. Gleichzeitig könnten die Emissionen der Stromerzeugung bis 2025 um bis zu 50 % gegenüber 1990 zurückgehen. Eine zentrale Voraussetzung für ein solches Szenario ist es, das Stromsystem zügig durch verschiedene Maßnahmen auf die Integration großer Mengen (fluktuierender) erneuerbarer Energien vorzubereiten.

Die Gegenüberstellung der beiden Szenarien zeigt aber auch, dass ein pessimistisches Szenario eintreten könnte, in welchem die CO₂-Emissionen der Stromerzeugung in Deutschland bis 2025 nur moderat sinken. Auch die Erfüllung des deutschen Klimaschutzziels für das Jahr 2020 (Reduktion der

Treibhausgase um 40 %) würde in einem solchen Szenario mit hoher Wahrscheinlichkeit verfehlt. Dies macht die hohe Bedeutung des Ausbaus der erneuerbaren Energien sowie der Stromeinsparung für die deutsche Energie- und Klimapolitik deutlich.

Anmerkungen

- [1] Aufgrund technischer Probleme der Kernkraftwerke Brunsbüttel und Krümmel befanden sich im Jahr 2010 nur sechs dieser acht Kernkraftwerke im Leistungsbetrieb. Im Jahr 2010 haben die 15 im Leistungsbetrieb befindlichen Kernkraftwerke rd. 141 TWh (brutto) erzeugt, während im Jahr 2011 voraussichtlich nur etwa 109 TWh erzeugt wurden, vgl. BDEW: Entwicklungen in der Stromwirtschaft 2011, Vortrag von Michael Nickel auf der Sitzung der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen am 16.12.2011 („Stromdaten Jahr 2011“), <http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=65>, gesehen am 9.1.2012. Unter der Annahme einer Auslastung der verbleibenden neun Kernkraftwerke, die ihrer typischen Auslastung in der Vergangenheit entspricht, würden diese Kraftwerke 2012 und 2013 pro Jahr 100 TWh erzeugen. Folglich wird für 2011 im Folgenden von einer auf den teilweisen Atomausstieg zurückzuführenden Reduktion der Kernenergieerzeugung von 32 TWh ausgegangen und für 2012 und 2013 jeweils von 41 TWh.
- [2] BDEW (siehe Fn. [1]).
- [3] Im Zeitraum von Anfang April bis Ende Dezember 2011 wird Deutschland netto ca. 3 TWh Strom importieren, vgl. BDEW (siehe Fn. [1]).
- [4] IE: Mittelfristprognose zur deutschlandweiten Stromerzeugung aus regenerativen Kraftwerken bis 2016, http://www.eeg-kwk.net/de/file/111115_IE-Leipzig_EEG-Mittelfristprognose_bis_2016.pdf, gesehen am 19.12.2011; vgl. auch Prognos: Letztverbrauch bis 2016 – Planungsprämissen für die Berechnung der EEG-Umlage, http://www.eeg-kwk.net/de/file/111115_Prognos_Letztverbrauch_bis_2016.pdf, gesehen am 19.12.2011.
- [5] Dabei wurde angenommen, dass die Änderungsrate bei dem in der Mittelfristprognose angegebenen Letztverbrauch auch für die Entwicklung der Bruttostromnachfrage übernommen werden kann (die Bruttostromnachfrage enthält gegenüber dem Letztverbrauch zusätzlich Netzverluste, den Eigenverbrauch der Kraftwerke sowie die in den Stromnetzen und Stromspeichern auftretenden Verluste).
- [6] Dies deckt sich mit Ergebnissen von Strommarktmodellen. Siehe z. B. Kunz, F.; von Hirschhausen, C.; Möst, D.; Weigt, H.: Nachfragesicherung und Lastflüsse nach dem Abschalten von Kernkraftwerken in Deutschland – Sind Engpässe zu befürchten? Electricity Markets Working Papers, WP-EM-44, http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_wirtschaftswissenschaften/bwl/ee2/lehrstuhlseiten/ordner_programmes/ordner_ge/wp_em_44_Kunz_et%20a_Kernkraftwerksausstieg.pdf, gesehen am 19.12.2011.
- [7] Bundesregierung: National Renewable Energy Action Plan in accordance with Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources, http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_germany_en.pdf, gesehen am 19.12.2011.
- [8] BMWi: Energieszenarien 2011, http://www.prognos.com/fileadmin/pdf/publikationsdatenbank/11_08_12_Energieszenarien_2011.pdf, gesehen am 19.12.2011.
- [9] dena: Vortrag von Stephan Kohler in der Arbeitsgruppe Netzentwicklungsplan am 5.7.2011 in Berlin, http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Download/Dokumente/Projekte/ESD/110705_AGNEP_dena_Bericht_PlattformNetze.pdf, gesehen am 19.12.2011.
- [10] BMU: Leitstudie 2010 – Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global, http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitstudie2010_bf.pdf, gesehen am 19.12.2011.
- [11] In DENEFF: 10-Punkte Sofortprogramm: wirtschaftlicher und schneller Atomausstieg durch Energieeffizienz, http://www.deneff.org/cms/index.php/news-reader/items/id-10-punkte-sofortprogramm.html?file=tl_files/Infomaterial/Presse/20110407%2010%20Punkte%20Kurzfassung.pdf, gesehen am 20.12.2011, finden sich differenzierte Vorschläge für geeignete Politikinstrumente und Maßnahmen um eine entsprechende Stromeinspardynamik zu erzeugen.
- [12] Die spezifischen Emissionen hängen im Wesentlichen von der fossilen Energieträgerstruktur und der Effizienz der fossilen Kraftwerke ab. Im Basisszenario 2010 A geht die Stromerzeugung aus Kohle insbesondere in den ersten Jahren deutlich stärker zurück als diejenige aus Erdgas, während im Szenario Ausstieg der Rückgang bis zum Jahr 2015 beim Erdgas stärker ausgeprägt ist als bei der Kohle.
- [13] 2020 liegen die CO₂-Emissionen bereits um 48 % unter den Emissionen von 1990. Dies würde bedeuten, dass der Stromsektor trotz fortgeschrittenem Atomausstieg überproportional zum Klimaziel der Bundesregierung für 2020 (Reduktion der Treibhausgasemissionen um 40 %) beitragen könnte.
- [14] Vgl. für eine Einordnung der Diskussion um die Strompreisentwicklung Samadi, S.; Fishedick, M.; Lechtenböhrer, S.; Thomas, S.: Kurzstudie zu möglichen Strompreiseffekten eines beschleunigten Ausstiegs aus der Nutzung der Kernenergie, http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wiprojekt/Strompreiseffekte_Endbericht.pdf, gesehen am 19.12.2011.
- [15] EEX: Marktdaten Strom, <http://www.eex.com/de/Marktdaten>, gesehen am 19.12.2011.
- [16] Luhmann, J.: 100 Prozent Strom aus erneuerbaren Quellen in Deutschland, in: GAIA, Band 20 (2011), Heft 4, S. 217.
- [17] 2011 ist allerdings gegenüber 2010 der Anteil der Braunkohle in der Stromerzeugung nicht zuletzt aufgrund der geringen CO₂-Preise zu Lasten von Erdgas leicht gestiegen. Vgl. AG Energiebilanzen: Energieverbrauch sinkt 2011 kräftig, <http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=62>, gesehen am 21.12.2011.
- [18] Eigene Darstellung und Berechnungen auf Grundlage von BDEW (siehe Fn. [1]), AG Energiebilanzen: Stromerzeugung nach Energieträgern von 1990 bis 2010 (in TWh) Deutschland insgesamt, <http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=65>, gesehen am 19.12.2011; IE (siehe Fn. [4]) und Prognos (siehe Fn. [4]).
- [19] Eigene Darstellung nach Angaben in BDEW (siehe Fn. [1]), BMU (siehe Fn. [10]), BMWi (siehe Fn. [8]), Bundesregierung (siehe Fn. [7]) bzgl. NREAP, Prognos (siehe Fn. [4]) hier die Prognose für ÜNB, dena (siehe Fn. [9]) bzgl. Ziele Bundesländer.
- [20] Eigene Darstellung nach AG Energiebilanzen (siehe Fn. [18]) und Berechnungen auf Grundlage von BDEW (siehe Fn. [1]), BMU (siehe Fn. [10]) und Bundesregierung: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energiekonzept_bundesregierung.pdf, gesehen am 19.12.2011.
- [21] Eigene Darstellung nach AG Energiebilanzen (siehe Fn. [18]) und Berechnungen auf Grundlage von BDEW (siehe Fn. [1]) wie auch BMWi (siehe Fn. [8]).
- [22] Eigene Darstellung nach UBA: CO₂-Emissionen des deutschen Strommix 2009 und Schätzungen für 2010, <http://www.umweltbundesamt.de/energie/archiv/co2-strommix.pdf>, gesehen am 19.12.2011 und eigene Berechnungen auf Grundlage von BDEW (siehe Fn. [1]), BMU (siehe Fn. [10]), BMWi (siehe Fn. [8]) und Bundesregierung (siehe Fn. [20]).

*Dr. S. Lechtenböhrer, Leiter, S. Samadi, wissenschaftlicher Mitarbeiter, Forschungsgruppe „Zukünftige Energie- und Mobilitätsstrukturen“, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal
stefan.lechtenboehmer@wupperinst.org
sascha.samadi@wupperinst.org*

Danksagung

Die Autoren danken Prof. Dr. M. Fishedick und D. Riechert für umfangreiches Feedback und gute Hinweise zum Manuskript.