

Atom-Moratorium: Keine Stromausfälle zu befürchten

von Claudia Kemfert und Thure Traber

Die Bundesregierung hat mit dem Atom-Moratorium beschlossen, dass sieben Atomkraftwerke für drei Monate abgeschaltet werden. Berechnungen des DIW Berlin zeigen, dass trotz der Abschaltung der Atomkraftwerke noch immer ausreichend Strom produziert wird und sich die Strompreise nur geringfügig erhöhen. Die Versorgungssicherheit ist durch das Moratorium nicht bedroht. Allerdings ist mit einer deutlichen Erhöhung der Emission von Treibhausgasen zu rechnen, denn Kohle- und Gaskraftwerke werden einen Großteil des Rückganges der Atomstromproduktion ausgleichen. Eine sofortige vollständige Abschaltung aller Atomkraftwerke wäre nicht möglich, da die verbleibende Anlagenkapazität für die sichere Deckung der Nachfrage zu Spitzenlastzeiten nicht ausreichen würde.

Die Bundesregierung hat nach der Katastrophe in Japan im März 2011 ein Moratorium verhängt, um über die künftige Rolle der Atomenergie in Deutschland zu beraten. Im Rahmen des Moratoriums sind sieben Atomkraftwerke (AKW) vom Netz genommen worden, ein weiteres Kraftwerk (Krümmel) bleibt aus Sicherheitsgründen abgeschaltet. Das auf drei Monate befristete Moratorium soll eine Neubewertung und Änderung der Rahmenbedingungen der Energieversorgung einleiten. Erst wenn die von ihr eingesetzte Ethikkommission ihre Ergebnisse vorgelegt hat, will die Bundesregierung entscheiden, ob die AKW wieder ans Netz gehen und welche das sein werden. Alleine die verschärften Sicherheitsvorschriften könnten den Betrieb durch kostspielige Nachrüstungserfordernisse für die Betreiber unwirtschaftlich machen. Darüber hinaus wird auch eine vorgezogene Abschaltung der am Netz gebliebenen AKW diskutiert.

Szenarien für den deutschen Strommarkt

Die Stilllegung von AKW hat Auswirkungen auf den Einsatz fossiler Kraftwerke und auf die damit verbundene Emission des Treibhausgases CO₂ sowie auf die Strompreisentwicklung. Das am DIW Berlin entwickelte Strommarktmodell ESYMMETRY¹ ermöglicht eine Berechnung der zu erwartenden Effekte. Dabei werden aktuelle Daten zu den Kraftwerkspark, Brennstoff- und Emissionspreisen, der Nachfrage nach Strom sowie der zu erwartenden Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien genutzt.

Die hier betrachteten Szenarien für den Strommarkt unterscheiden sich lediglich im Hinblick auf die Nutzung von Atomkraft zur Stromerzeugung. Im Szenario „Bestand“ werden die Kraftwerke zu Grunde gelegt, die Ende des Jahres 2010 in Betrieb waren (Tabelle 1). Darunter sind insgesamt 15 AKW-Blöcke mit einer in-

¹ Traber, T., Kemfert, C. (2011): Gone with the Wind? - Electricity Prices and Incentives to Invest into Thermal Power Plants under Increasing Wind Energy Supply. Energy Economics, Vol. 33 (2).

Tabelle 1

Kraftwerkskapazität und gesicherte Leistung nach unterschiedlichen Atomenergieszzenarien im Jahr 2011
Gigawatt elektrische Leistung (netto)

	EnBW	Eon	RWE	Vattenfall	Rest	Summe	Gesicherte Leistung
Ohne Atomkraftwerke							
Wind	0	0,00	0,00	0,00	27,70	27,70	2,08
Solar	0	0,00	0,00	0,00	17,30	17,30	0,00
Pumpspeicher	1,01	1,02	1,02	2,89	0,46	6,40	5,76
Laufwasser	0,43	1,51	0,64	0,00	0,89	3,47	1,39
Braunkohle	0,87	0,87	9,46	7,45	0,53	19,18	17,65
Steinkohle	3,17	8,48	4,78	1,19	7,46	25,09	21,57
Gas GuD	0,55	1,33	2,04	0,73	4,71	9,38	8,06
Gas Dampfturbinen	0	2,30	2,58	0,42	1,66	6,96	5,57
Gas Gasturbinen	0	1,33	1,68	0,92	3,69	7,63	4,58
Öl Dampfturbinen	0	1,18	0	0,20	0,62	2,00	1,60
Öl Gasturbinen	0	0	0	0,56	0,17	0,73	0,44
Sonstige	0	0	0	0	12,80	12,80	8,32
Atomkraftwerke							
»Bestand«	4,31	6,74	5,46	0,27	1,32	18,11	15,03
»Moratorium«	3,44	3,79	3,06	0,27	1,31	11,87	9,86
Insgesamt							
»Bestand«	10,34	24,76	27,67	14,64	79,32	156,74	92,04
»Moratorium«	9,46	21,81	25,27	14,64	79,31	150,50	86,87
»Keine AKW«	6,03	18,02	22,21	14,37	78,00	138,63	77,01

Quelle: Berechnungen des DIW Berlin.

© DIW Berlin 2011

Atom-Moratorium lässt genügend gesicherte Leistung zur Deckung von Nachfragespitzen.

stallierten Nettoleistung von 18,11 Gigawatt (GW). Die zwei AKW Brunsbüttel und Krümmel sind seit 2010 aus betrieblichen Gründen nicht am Netz und werden in keinem der Szenarien berücksichtigt. Das Szenario „Moratorium“ unterstellt, dass die vom Moratorium betroffenen Anlagen dauerhaft abgeschaltet werden². Die übrigen Technologien stellen eine Produktionskapazität von insgesamt 138,25 GW dar, von denen über 30 Prozent Kohlekraftwerke und knapp 20 Prozent Gas- und Ölkraftwerke sind. Insgesamt ergibt sich für das Szenario „Bestand“ eine Produktionskapazität von 156,74 GW und für das Szenario „Moratorium“, in dem neben den Anlagen Krümmel und Brunsbüttel weitere sechs vom Moratorium betroffene Kernkraftwerksblöcke nicht zur Verfügung stehen, eine Produktionskapazität von 150,5 GW. Mit dem Szenario „Keine AKW“ werden zusätzlich Berechnungen zu den Auswirkungen eines hypothetischen vollständigen Ausstiegs aus der Atomenergie vorgestellt (Tabelle 1).

Für die einzelnen Energieträger werden basierend auf eigenen Berechnungen und aktuellen Informationen folgende Preise (Euro/MWh) unterstellt:³ Steinkohle 11,4; Erdgas 24,1; Heizöl schwer 27,3; Heizöl leicht 30,0. Weiterhin liegt der gegenwärtige Preis für Emissionsberechtigungen im europäischen Emissionshandel bei rund 16 Euro pro Tonne CO₂.⁴ Aufgrund der wirtschaftlichen Dynamik in den letzten Quartalen gehen wir davon aus, dass die Stromnachfrage im Jahr 2011 insgesamt wieder das Niveau von 2008 erreicht. Zudem wird unterstellt, dass die Nachfrage nach im Inland erzeugtem Strom auf Strompreisänderungen an der Börse reagiert und bei einer Strompreiserhöhung um ein Prozent um etwa 0,6 Prozent zurückgeht (Preiselastizität der Nachfrage von -0,6).⁵

Allen Szenarien liegt die Annahme zugrunde, dass der Ausbau erneuerbarer Energien kontinuierlich erfolgt.

² Im Mai 2011 sind zwei weitere Atomkraftwerke aus Revisionsgründen vom Netz genommen worden. Die hier vorgestellte Studie berücksichtigt Revisionen von Kraftwerken durch entsprechende saisonal begrenzte Verfügbarkeiten. Traber und Kemfert, a. a. O.

³ Bundesamt für Ausfuhrkontrolle; EWI, IER, GWS (2010): Energieszenarien der Bundesregierung.

⁴ European Energy Exchange, April 2011: www.eex.com/de/.

⁵ Dieser Wert ist das Ergebnis der Kalibrierung des Modells. Traber und Kemfert, a. a. O.

Zur Simulation einzelner Quartale werden repräsentative Wochen herangezogen. Für den dynamisch wachsenden Zubau von Solarenergie wird unterstellt, dass die zusätzlich in dem jeweiligen Quartal zur Verfügung stehende Leistung neuer Anlagen zur Hälfte genutzt wird. Ausgehend von einer Leistung von 17,3 GW aus Solarenergieanlagen zu Jahresanfang bedeutet dies bei einem jährlichen Zubau von 5 GW⁶ eine zusätzliche effektive Leistung von 0,63 GW im ersten Quartal, von 1,88 GW im zweiten Quartal, von 3,13 GW im dritten Quartal und von 4,38 GW im vierten Quartal. Für die Windkraft wird ein Jahresproduktionspotential von 51,7 Terawattstunden (TWh) entsprechend dem Szenario des Bundesministeriums für Umwelt (BMU, Leitstudie 2010) angenommen. Zur Simulation wird dabei ein typisches Profil für die stündlichen Windstrommengen unterstellt.⁷

Erhöhte CO₂-Emissionen durch Moratorium

Die Atomausstiegsszenarien führen zu unterschiedlichen Werten für den Gesamtabsatz, den Einsatz der marktpreisabhängig genutzten Kraftwerke wie Gas- und Kohlekraftwerke sowie als Konsequenz daraus für die Emission von CO₂ (Tabelle 2). Es zeigt sich, dass durch ein unbefristetes Moratorium ein Anstieg der Produktion insbesondere in Steinkohle- und Gaskraftwerken zu erwarten ist. So steigt die Produktion in Steinkohlekraftwerken um 21,6 TWh oder 20 Prozent und die der kombinierten Gas- und Dampfturbinen-Gaskraftwerke (GuD) um knapp 5 TWh oder 13 Prozent gegenüber dem Bestandsszenario. Die übrigen reinen Gas-(GT) oder Dampfturbinen (DT) Gaskraftwerke erhöhen ihre Auslastung um 47 und 57 Prozent. Im Moratorium wird der Rückgang der Produktion aus AKW in Höhe von 48,4 TWh durch eine Mehrproduktion von insgesamt 31,7 TWh in fossil gefeuerten Kraftwerken und also zu rund zwei Dritteln kompensiert. Infolgedessen ist jedoch mit einem um neun Prozent erhöhten Ausstoß von CO₂ im Umfang von 25,8 Millionen Tonnen (MT) zu rechnen. Der aufgrund fraglicher Versorgungssicherheit rein hypothetische Fall einer Sofortabschaltung aller AKW würde dagegen zu einem deutlichen Anstieg der Emissionen führen (Tabelle 2).

Sofortiger vollständiger Ausstieg würde Versorgungssicherheit gefährden

Ein sofortiger vollständiger Ausstieg aus der Atomenergie würde die Versorgungssicherheit gefährden, da nicht mehr ausreichend installierte Leistung zur Verfügung

Tabelle 2

Produktion deutscher Kraftwerke nach unterschiedlichen Atomenergieszzenarien 2011

In TWh

	Bestand 2010	Szenarien		Differenz gegenüber Bestand 2010 in Prozent	
		Moratorium	Keine AKW	Moratorium	Keine AKW
Produktion					
Atomkraft	140,9	92,4	0,0	-34	-100
Braunkohle	144,7	146,5	147,3	1	2
Steinkohle	108,2	129,8	157,8	20	46
Gas-GuD	36,9	41,8	55,6	13	51
Gas Dampfturbinen	3,0	4,7	10,1	57	234
Gas Gasturbinen	3,3	4,9	11,2	47	237
Wasser	23,5	23,5	23,5	0	0
Wind	51,7	51,7	51,7	0	0
Solar	16,1	16,1	16,1	0	0
Sonstige	66,1	66,2	66,3	0	0
Gesamt	594,5	577,8	539,7	-3	-9
Emission in Mill. t CO ₂	293,7	319,5	358,1	9	22

Quelle: Berechnungen des DIW Berlin.

© DIW Berlin 2011

Das Atom-Moratorium senkt die Produktion geringfügig und erhöht die Emissionen.

stünde, um die Nachfrage zu decken. In einer solchen Konstellation wäre die erwartete Spitzenlast von rund 77 GW⁸ im deutschen Stromnetz nicht mit ausreichender Sicherheit durch inländische Produktion gewährleistet. Wird ein relativer Vorhaltebedarf von 8,2 Prozent⁹ als Sicherheitsmarge angenommen, ergibt sich ein Bedarf an gesicherter Leistung von knapp 83 GW. Im Vergleich dieser Zielgröße mit der gesicherten Leistung in den jeweiligen Szenarien zeigt sich, dass im Szenario „Keine AKW“ mit 76,8 GW der angestrebte Wert gesicherter Leistung um rund 7,5 Prozent unterschritten wird. Daher ist ein sofortiges Abschalten aller AKW nicht möglich, ohne die Sicherheit der Stromversorgung zu gefährden. Im Szenario „Moratorium“ dagegen wird der Bedarf an gesicherter Leistung sogar noch um voraussichtlich rund fünf Prozent überschritten.

Strompreis wird nur leicht steigen

Ohne AKW-Abschaltung wäre ein durchschnittlicher Börsenpreis für das Jahr 2011 in Höhe von 6,14 Cent pro kWh zu erwarten gewesen (Tabelle 3). Die Abschalt-

6 Traber, T., Kemfert, C., Diekmann, J. (2011): Strompreise: künftig nur noch geringe Erhöhungen durch Erneuerbare Energien, DIW Wochenbericht 6/2011.

7 Traber und Kemfert, a. a. O.

8 ENTSOE (2009): System Adequacy Forecast, zitiert in: Monitoring-Bericht des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie nach § 51 EnWG zur Versorgungssicherheit im Bereich der leitungsgebundenen Versorgung mit Elektrizität.

9 ENTSOE, ebd.

Tabelle 3

Strompreise nach unterschiedlichen Atomenergieszzenarien

In Eurocent/kWh

	Bestand 2010	Szenarien		Differenz gegenüber Bestand 2010 in Prozent	
		Moratorium	Keine AKW	Moratorium	Keine AKW
Börsenpreis	6,14	6,53	7,50	6,3	22,0
Vertrieb, Netz, Abrechnung	8,9	8,9	8,9	0,0	0,0
EEG-/KWKG-Umlage ¹	2,6	2,5	2,3	-3,4	-12,6
Nettostrompreis	17,7	18,0	18,7	1,7	5,8
Steuern, Abgaben	7,8	7,8	7,9	0,7	2,5
Strompreis Haushalte (gesamt)	25,5	25,8	26,7	1,4	4,8

¹ Umlage nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz beziehungsweise dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz.

Quelle: Berechnungen des DIW Berlin.

© DIW Berlin 2011

Trotz deutlicher Börsenpreisteigerung ist für Haushalte nur mit geringem Strompreisanstieg zu rechnen.

tung der unter Moratorium stehenden Anlagen während des gesamten Jahres 2011 würde demgegenüber zu einem um sechs Prozent höheren Börsenpreis von durchschnittlich 6,53 Cent pro kWh führen. Diese Steigerung entspricht etwa 1,5 Prozent der gegenwärtigen Haushaltsstrompreise von rund 26 Cent pro kWh, die zu etwa einem Viertel von den Börsenpreisen bestimmt werden. Zusätzlich sinkt einerseits die benötigte Umlage¹⁰ für erneuerbare Energien aufgrund höherer Börsenpreise voraussichtlich um rund 0,1 Cent.¹¹ Andererseits steigt die Steuerbelastung um rund 0,7 Prozent, so dass sich der Effekt für Haushalte auf insgesamt etwa 1,4 Prozent Preissteigerung beläuft.

Der Verbraucherpreis erhöht sich somit insgesamt voraussichtlich nur leicht, da es etwa in selben Umfang preissteigernde wie preissenkende Wirkungen gibt.

¹⁰ Die notwendige EEG-Umlage wurde dabei entsprechend der Berechnungen in Traber, Kemfert, Diekmann (2011) a. a. O. ermittelt. Nur die Börsenstrompreisszenarien wurden dazu an die hier ausgewiesenen Werte angepasst. Verglichen mit der bereits im Jahr 2010 für das Jahr 2011 festgelegten aktuellen Umlage in Höhe von 3,5 Cent ergibt sich somit ein Unterschied von etwa 1 Cent je kWh. Die überhöhten Erlöse hieraus werden in den Folgejahren zu Reduktionen der EEG-Umlagen zur Verfügung stehen.

¹¹ Eine mögliche Erhöhung der Netzentgelte wird in diesem Zusammenhang nicht berücksichtigt.

Preissteigernd wirkt der Anstieg des Strompreises an der Börse, der durch die Erhöhung der Emissionshandelspreise aufgrund zusätzlicher Emissionen verstärkt wird. Auch der notwendige Kraftwerkszubau und der Netzausbau wirken preissteigernd, wenn auch der Netzausbau die geringere Komponente sein wird.¹² Durch die Erhöhung der Börsenpreise ist zudem mit einem Rückgang der Überschüsse in der Stromhandelsbilanz zu rechnen, da die Stromimporte steigen werden. Der Rückgang der inländischen Produktion in Höhe von knapp 17 TWh ist daher voraussichtlich nicht mit einem Rückgang der heimischen Nachfrage in gleichem Umfang verbunden. Die Zunahme der Importe wirkt dagegen dämpfend auf den Preisanstieg, da der Strom aus dem Ausland billiger ist. Schließlich kann bei höheren Börsenpreisen die erforderliche Umlage zum Ausbau erneuerbaren Energien um etwa 0,1 Cent sinken. Ein sofortiger vollständiger Ausstieg aus der Atomenergie würde den Börsenpreis um bis zu 22 Prozent oder fast 1,4 Cent pro kWh steigen lassen. Auch aufgrund der geringeren benötigten EEG-Umlage würde sich der Strompreis insgesamt jedoch nur um bis zu fünf Prozent erhöhen.

Fazit

Durch die Abschaltung der im Moratorium festgelegten Atomkraftwerke gehen in Deutschland nicht die Lichter aus. Die existierenden Kraftwerkskapazitäten reichen aus, um die Lücke zu kompensieren. Sollten allerdings weitere Kernkraftwerke in den kommenden Jahren vom Netz gehen, gibt es erhebliche Anforderungen an die Netzstabilität. Das Moratorium führt nur zu geringfügigen Strompreisteigerungen für Haushalte in einer Höhe von maximal 1,4 Prozent. Die Erhöhung ist überwiegend auf die Erhöhung der Börsenpreise um etwa 0,4 Cent pro kWh (sechs Prozent) zurückzuführen. Ohne einen Zubau und Ersatz von Kraftwerkskapazitäten würde die gesicherte Leistung bei Abschaltung aller Atomkraftwerke auf 77 Gigawatt sinken, sodass die Versorgung nicht gesichert wäre. Die erneuerbaren Energien können die Lücke schließen, wenn verstärkt Infrastruktur und Speichermöglichkeiten ausgebaut werden.

¹² Eine Milliarde Euro Investitionen würde den Strompreis nur um 0,3 bis 0,5 Cent pro kWh steigen lassen; vgl. Dena Netzstudie II: Deutsche Energieagentur dena-Netzstudie II – Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015-2020 mit Ausblick 2025, Berlin 2010.

Prof. Dr. Claudia Kemfert ist Leiterin der Abteilung Energie, Verkehr, Umwelt am DIW Berlin | ckemfert@diw.de

Dr. Thure Traber ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Energie, Verkehr, Umwelt | ttraber@diw.de

JEL: Q40, Q48

Keywords: German nuclear moratorium, energy policy, impacts on electricity prices



DIW Berlin – Deutsches Institut
für Wirtschaftsforschung e.V.
Mohrenstraße 58, 10117 Berlin
T +49 30 897 89 -0
F +49 30 897 89 -200
78. Jahrgang

Herausgeber

Prof. Dr. Pio Baake (kommissarisch)
Prof. Dr. Tilman Brück
Prof. Dr. Christian Dreger
PD Dr. Joachim R. Frick
Prof. Dr. Martin Gornig (kommissarisch)
Prof. Dr. Peter Haan (kommissarisch)
Prof. Dr. Claudia Kemfert
Prof. Dr. Jürgen Schupp
Prof. Dr. Gert G. Wagner
Prof. Georg Weizsäcker, Ph. D.

Chefredaktion

Dr. Kurt Geppert
Carel Mohn

Redaktion

Renate Bogdanovic
Sabine Fiedler
PD Dr. Elke Holst

Lektorat

Prof. Dr. Anne Neumann
Dr. Jochen Diekmann
Prof. Dr. Christian von Hirschhausen

Pressestelle

Renate Bogdanovic
Tel. +49-30-89789-249
presse@diw.de

Vertrieb

DIW Berlin Leserservice
Postfach 7477649
Offenburg
leserservice@diw.de
Tel. 01805 - 19 88 88, 14 Cent/min.

Reklamationen können nur innerhalb
von vier Wochen nach Erscheinen des
Wochenberichts angenommen werden;
danach wird der Heftpreis berechnet.

Gestaltung

Edenspiekermann

Satz

eScriptum GmbH & Co KG, Berlin

Druck

USE gGmbH, Berlin

Nachdruck und sonstige Verbreitung –
auch auszugsweise – nur mit Quellen-
angabe und unter Zusendung eines
Belegexemplars an die Stabsabteilung
Kommunikation des DIW Berlin
(kundenservice@diw.de) zulässig.

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier.