

# Die Energiewende hängt vom Strompreis ab – aber noch fehlt eine robuste Energiestrategie

Brigitte Knopf, Michael Pahle und Ottmar Edenhofer

*Aktuelle Studien zur Energiewende prognostizieren sehr unterschiedliche Strompreisentwicklungen, was größtenteils auf unterschiedliche Grundannahmen zurückzuführen ist. Diese Annahmen beziehen sich einerseits auf politische Handlungsoptionen, wie die Energieeffizienz oder den Ausbau der erneuerbaren Energien, aber auch auf die kaum zu beeinflussenden Entwicklungen der fossilen Brennstoff- und CO<sub>2</sub>-Preise, welche die stärksten Wirkungen auf den Strompreis haben. Um trotz dieser Unsicherheiten robuste politische Handlungsoptionen zur Verhinderung extremer Strompreisanstiege entwickeln zu können, bedarf es der Exploration verschiedener Pfade, die auch den „worst case“ abbilden.*

Stark steigende Strompreise könnten eine Diskussion über die Sinnhaftigkeit der Energiewende entfachen. Aber wovon hängt die Entwicklung des Strompreises ab und ist er tatsächlich nur durch die politischen Maßnahmen zur Umsetzung der Energiewende getrieben?

## Energiepolitische Szenarien zum Atomausstieg

Eine im letzten Jahr vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) und dem Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagements (IIRM) der Universität Leipzig erstellte Studie [1] hilft, etwas Licht ins Dunkel der Debatte zu bringen. Im Gegensatz zu anderen Studien wurde hier nicht nur ein Szenario, sondern systematisch eine Reihe von Szenarien mit unterschiedlichen Annahmen untersucht. Das erlaubt eine quantitative Abschätzung der relevanten Einflussgrößen auf die Strompreise. Auf Basis dieser Abschätzungen können dann auch die Ergebnisse anderer Studien besser eingeordnet werden.

Ziel dieser Studie war eine modellbasierte Analyse der Wirtschaftlichkeit anhand der Entwicklung der Strompreise für verschiedene Ausstiegsszenarien aus der Kernenergie. Neben dem Ausstiegsszenario 2022, bei dem die Kernkraftwerke durch eine Mischung aus Kohle- und Gaskraftwerken ersetzt wurden, wurde für eines der damals diskutierten Ausstiegsszenarien (2020) jeweils ein Szenario mit Ersatz durch Kohle- bzw. Gaskraftwerke berechnet und für letztere Variante eine Reihe von Sensitivitäten exploriert.

Die Ergebnisse zeigen, dass in allen Fällen die Großhandelspreise in den nächsten Jah-



Ein Vergleich verschiedener Energiemarktmodelle schützt die Entscheidungsträger nicht vor Überraschungen, bereitet sie aber auf diese vor  
Foto: Mauritius

ren zunehmen, da zwischenzeitlich in größerem Umfang teurere Ersatzkapazitäten benötigt werden. Für den beschlossenen Ausstieg 2022 steigen bis zum Jahr 2015 die Großhandelspreise auf 59 €/MWh (+31 % gegenüber 2010) und bis zum Jahr 2020 auf 64 €/MWh an. Durch den starken Zubau der erneuerbaren Energien, der gemäß BMU Leitstudie [2] angenommen wurde, sinken die Strompreise dann längerfristig wieder auf 55 €/MWh im Jahr 2030 ab.

Für die Szenarien „Ausstieg 2020-Gas“ und „Ausstieg 2020-Kohle“ liegen die Strompreise im Jahr 2015 mit dem jetzt beschlossenen Ausstieg gleichauf bei 59 €/MWh, und im Jahr 2020 mit 69 bzw. 68 €/MWh etwas darüber. Der Ersatz der Kernkraftwerke durch Gas- statt durch Kohlekraftwerke wirkt sich

also annähernd gleichwertig auf die Strompreise aus, was in diesem Fall daran liegt, dass bei den angenommenen Brennstoff- und CO<sub>2</sub>-Preisen (Preisfeld B der Leitstudie) die Stromgestehungskosten für beide Technologien annähernd gleich sind.

## Was beeinflusst den Strompreis am stärksten?

Die Modellergebnisse werden in unterschiedlicher Stärke von den zuvor festgelegten Annahmen bestimmt. Die Analyse von Sensitivitäten ist daher ein notwendiger Schritt, um die Einflussfaktoren hinter der Strompreisentwicklung zu verstehen. Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse wurden (a) deutlich ansteigende Brennstoff- und CO<sub>2</sub>-Preise, (b) ein Nichterreichen der Ef-

**Tab.: Mittlere Strompreise (Großhandelspreis) und Sensitivitäten; Angaben in Klammern Veränderung zum Basisszenario „Ausstieg 2020-Gas“**

Szenario	Strompreis 2015 [€/MWh]	Strompreis 2020 [€/MWh]	Strompreis 2025 [€/MWh]
Ausstieg 2022, Ausführung Kohle/Gas	59	64	63
Ausstieg 2020-Kohle, Ausführung Kohle	59	68	60
Ausstieg 2020-Gas, Ausführung Gas	59	69	62
- Hohe Brennstoff- und CO <sub>2</sub> -Preise		86 (25%)	
- Konstante statt sinkende Stromnachfrage		76 (10%)	
- Weniger dezentrale KWK		72 (4%)	
- Verstärkter Ausbau der erneuerbaren Energien		66 (-4%)	
- Demand-Side-Management		68 (-1%)	

Quelle: [1]

fizienzziele (und ein dadurch bedingter konstanter Stromverbrauch auf heutigem Niveau), (c) ein geringerer Ausbau der dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung, (d) eine Flexibilisierung der Nachfrageseite durch Demand-Side-Management (DSM) und (e) ein um drei Jahre vorgezogener Ausbau der erneuerbaren Energien betrachtet (Tabelle). Die Sensitivitäten wurden auf Basis eines Kernenergieausstiegs im Jahr 2020 bei der Ausführung in Gas für das Jahr 2020 (Szenario Ausstieg 2020-Gas) berechnet.

Den größten Einfluss auf die Spotmarktpreise im Jahr 2020 übt die künftige Entwicklung der Brennstoff- und CO<sub>2</sub>-Preise aus, da die Brennstoffpreise direkt die variablen Kosten des preissetzenden Grenzkraftwerks bestimmen. Die Annahme eines um etwa 25 % erhöhten Preispfades (Preisfad A der

Leitstudie) führt hier zu einer ebenfalls etwa 25-prozentigen Erhöhung des Großhandelspreises von 69 auf 86 €/MWh. Einen großen Einfluss hat weiterhin die Annahme über die Steigerung der Energieeffizienz. Verbleibt der Stromverbrauch entgegen den politischen Zielvorgaben auf dem heutigen Niveau, so steigen die Preise im Großhandel um etwa 10 %. Dagegen kann der Einfluss von (weiteren) Maßnahmen zur Lastverschiebung über DSM die Preise nur minimal senken. Auch ein Rückgang der Kraft-Wärme-Kopplung hat einen relativ geringen Einfluss auf die Preise.

### Vergleich der Strompreise in verschiedenen Studien

Die obigen Ergebnisse lassen vermuten, dass sich auch im Vergleich verschiedener

Studien aufgrund unterschiedlicher Annahmen ein sehr uneinheitliches Bild hinsichtlich der Entwicklung künftiger Preise ergibt. Um dies genauer zu untersuchen, wurden die folgenden Studien zum Vergleich herangezogen: enervis energy advisors [3], Prognos/EWI/GWS [4], IER/RWI/ZEW [5] und r2b energy consulting/EEFA [6].

Mit Ausnahme von r2b/EEFA wurden diese Studien bereits im Jahresgutachten 2011 des Sachverständigenrats verglichen, das feststellt, dass „trotz der Unterschiede in den Annahmen über relevante Variablen, den exakten Ausstiegspfad und den verwendeten Methoden [...] die Studien bezüglich der Auswirkungen einer Laufzeitverlängerung auf die Großhandelspreise für Strom und das Bruttoinlandsprodukt zu ähnlichen Ergebnissen [kommen]“ [7]. Sieht man sich allerdings nicht die Differenz zur Laufzeitverlängerung sondern die Prognosen für den beschlossenen Ausstieg 2022 in absoluten Zahlen an (Abb. 1), so stellt man fest, dass zum Teil erhebliche Abweichungen bestehen. Die Differenzen betragen über die Jahre hinweg bis zu rd. 45 €/MWh, sie haben damit den gleichen Wert wie der durchschnittliche Börsenpreis im Jahr 2010 selbst.

Im detaillierten Vergleich der Studien werden zwei wesentliche Unterschiede sichtbar. Erstens, die Entwicklung der Strompreise von 2015 bis 2030 folgt zwei möglichen Mustern. Entweder steigen die Preise sowohl kurzfristig als auch langfristig an (enervis, Prognos/EWI/GWS, r2b/EEFA),

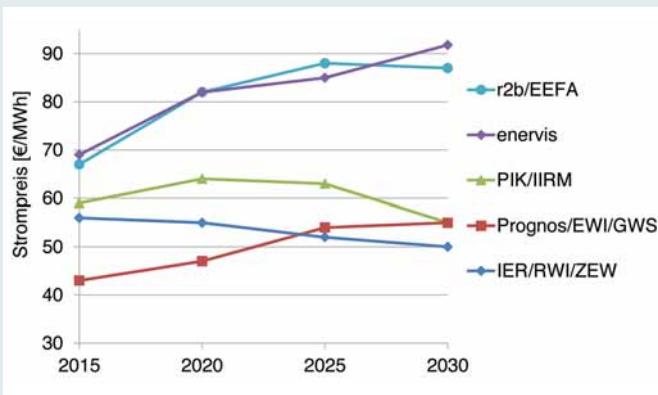


Abb. 1 Strompreis (Großhandelspreis) in den verschiedenen Studien [9]

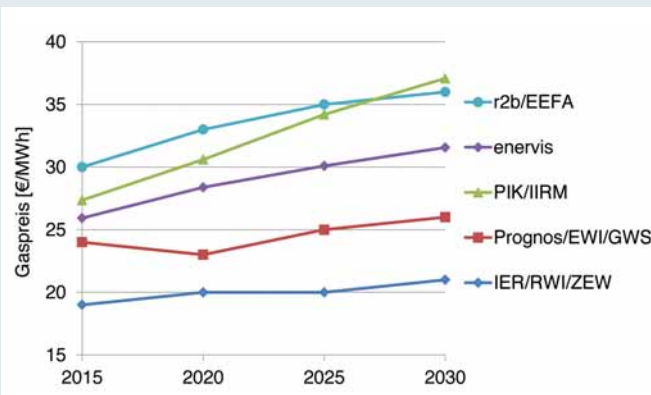


Abb. 2 Gaspreis in den verschiedenen Studien [9]

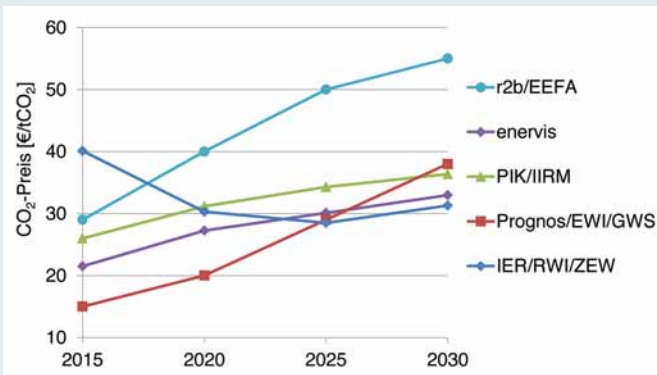


Abb. 3 CO<sub>2</sub>-Preis in den verschiedenen Studien [9]

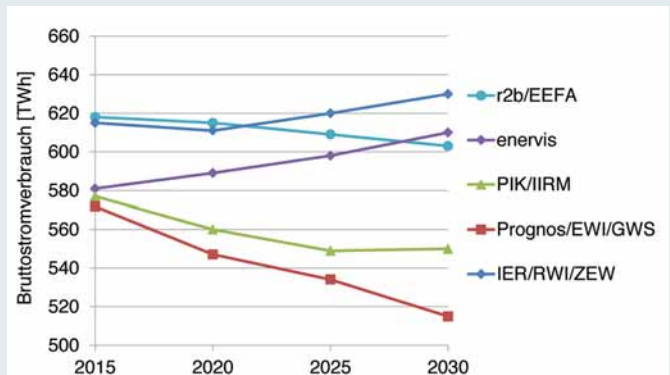


Abb. 4 Stromverbrauch in den verschiedenen Studien [9]

was für zwei der Studien schon im Detail analysiert wurde [8], oder sie sinken ebenso kontinuierlich direkt ab dem Jahr 2015 (IER/RWI/ZEW) bzw. nach einem kurzzeitigen Anstieg ab dem Jahr 2020 (PIK/IIRM).

Das Absinken der Preise in den letzten beiden Fällen überrascht zunächst, weil ganz allgemein mit dem vorzeitigen Atomausstieg eine Erhöhung der Preise aufgrund kostenintensiverer Ersatzoptionen verbunden wird. Warum dies nicht notwendigerweise der Fall sein muss, kann ein genauerer Blick auf Einflussgrößen der Preise im Folgenden klären.

Überraschend ist weiterhin der sehr starke Preisanstieg in den beiden „teuersten“ Szenarien (enervis und r2b/EEFA) – selbst unter der Berücksichtigung, dass bei enervis ein etwas früherer Ausstieg im Jahr 2020 betrachtet wird. Da Kernkraftwerke selbst in den seltensten Fällen preissetzend sind und durch den anstehenden Zubau von zusätzlichen Erneuerbaren und fossilen Ersatzkapazitäten sowie Effizienzsteigerungen die „Kernenergielücke“ zum großen Teil gefüllt werden kann, erscheint der Preisanstieg verhältnismäßig groß. Auch hier ist ein Blick auf die Einflussgrößen aufschlussreich.

Neben den Unterschieden in der langfristigen Entwicklung ist ein weiterer zentraler Unterschied, dass bereits die Prognosen für die unmittelbare Zukunft (2015) sehr starke Differenzen aufweisen. Die Spanne zwischen niedrigstem (43 €/MWh in der

Prognos/EWI/GWS-Studie) und höchstem Wert (69 €/MWh in der enervis-Studie) beträgt 26 €/MWh und somit fast 60 % des Preises von 2010, und steigt im Zeitverlauf sogar bis 37 €/MWh an. Zum Vergleich: Über die Studien hinweg beträgt die Auswirkung des jetzt beschlossenen Atomausstiegs im Vergleich zu einer Laufzeitverlängerung dagegen nur maximal 7 €/MWh im Jahr 2015 [7]. Dieser Befund zeigt deutlich, dass bereits gegenwärtig große Unsicherheiten bestehen, die auch kurzfristig einen erheblichen Einfluss auf die Preise haben könnten.

Die Suche nach den Ursachen für die beiden oben beschriebenen Unterschiede erfordert einen Blick auf die Einflussgrößen für Strompreise. Es ist bekannt, dass vor allem der Gas- und CO<sub>2</sub>-Preis zentrale Determinanten des Strompreises sind. Abb. 2 und Abb. 3 zeigen die in den Studien unterstellten Annahmen über die zukünftige Entwicklung dieser beiden Faktoren.

Die Gaspreise steigen überall im Wesentlichen leicht an; im Zeitverlauf von 2015 bis 2030 maximal um 10 €/MWh. Die Spannweite der Studien im ersten Stützjahr (2015) ist allerdings mit 11 €/MWh sogar noch leicht höher. Verglichen mit dem tatsächlichen Gaspreis im Jahr 2010 von 20,6 €/MWh bedeutet dies eine Schwankung von rd. 50 % des Ausgangswertes innerhalb der ersten fünf Jahre. Vom Umfang her entspricht das den Differenzen der Strompreise, die in einer ähnlichen Größenordnung relativ zu 2010 variieren.

Daher ist davon auszugehen, dass die unterschiedlichen Gaspreise wie vermutet einen wesentlichen erklärenden Faktor darstellen.

Ähnlich verhält es sich mit dem CO<sub>2</sub>-Preis: Zwar zeigen die Preise noch größere Schwankungen als der Gaspreis (rd. 170 % im Jahr 2015), aber aufgrund der relativ niedrigen Emissionsintensität moderner Gaskraftwerke wirken sich diese Schwankungen auf der Kostenseite weniger stark aus. Dennoch ist auch der Unterschied bei den Annahmen über die Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Preis ein erklärender Faktor.

Die zukünftige Entwicklung des Stromverbrauchs – und damit implizit auch die Annahme über die Energieeffizienz – unterscheidet sich ebenfalls erheblich zwischen den Studien (siehe Abb. 4). Während in drei Studien der Stromverbrauch langfristig sinkt, steigt er in den zwei anderen an.

Wie die obigen Sensitivitätsanalysen gezeigt haben, kann die Annahme eines im Jahr 2030 um etwa 7 % höheren Stromverbrauchs einen Strompreisanstieg um 10 % bedingen. Der sinkende Stromverbrauch bei PIK/IIRM und vor allem bei Prognos/EWI/GWS kann hier zum Teil den eher niedrigen Strompreis erklären. Andererseits ist der starke Anstieg des Stromverbrauchs bei enervis neben dem zwei Jahre früheren Atomausstieg eine weitere Erklärung für den hohen Strompreis in dieser Studie. Auch für das Jahr 2015 zeigen die Studien erhebliche Unterschiede, da der

seit 2008 bedingt durch die Wirtschaftskrise zurückgehende Stromverbrauch in den Studien unterschiedlich berücksichtigt wurde.

Der Verlauf der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien zeigt im Gegensatz zum Gas- und CO<sub>2</sub>-Preis und dem künftigen Stromverbrauch dagegen ein recht einheitliches Bild, nämlich einen Anstieg zwischen 80 und 120 TWh zwischen 2015 und 2030, bei Ausgangswerten zwischen 130 und 165 TWh für 2015. Allein bei PIK/IIRM wird mit dem Ausbaupfad der Leitstudie, der einen Anstieg von fast 200 TWh aufweist [2], ein wesentlich ambitionierterer Zubau angenommen als in den anderen Studien. Diese Annahme ist maßgeblich für den sinkenden Strompreis ab 2020 in dieser Studie.

## Konsequenzen für die Energiewende

Der Erfolg der Energiewende wird auch davon abhängen, dass der Anstieg der Strompreise begrenzt werden kann, was sowohl für die Industrie als auch für Endverbraucher wichtig ist. Die Sensitivitätsanalysen haben aber gezeigt, dass nicht der Atomausstieg oder der Ausbau der erneuerbaren Energien die entscheidenden Faktoren für die zukünftige Entwicklung der Strompreise sind. Für die deutsche Energiepolitik sind stattdessen exogene Einflussfaktoren die maßgeblichen Bestimmungsgründe der Strompreisentwicklung – vor allem der Gas- und CO<sub>2</sub>-Preis.

Aber gerade in Hinblick auf diese Determinanten unterscheiden sich die verschiedenen Studien sehr stark. Daher kommen sie auch zu einer großen Bandbreite von zukünftigen Entwicklungen der Strompreise, so dass hier zunächst keine Schlussfolgerung über den künftigen Strompreis gezogen werden kann.

## Die Risiken der Energiewende sind unverstanden

Was folgt daraus für die deutsche Energiepolitik? Zum einen brauchen wir ein besseres Verständnis dafür, warum die Modelle zu solch unterschiedlichen Ergebnissen kommen; erste Indikatoren konnten hier geliefert werden. Benötigt wird aber ein

systematischer Modellvergleich, bei dem die Modelle auf die gleichen Rahmenbedingungen geeicht werden. Nur so kann festgestellt werden, ob die Strompreise der Modelle konvergieren, wenn von gleichen Annahmen ausgegangen wird, oder ob es zusätzlich systematische Unterschiede durch verschiedene Modellierungsansätze gibt. Daran müssten nicht nur Wissenschaftler ein Interesse haben, sondern auch politische Entscheidungsträger, die sich bei ihren Entscheidungen auf Ergebnisse dieser Modelle berufen.

Zum anderen ist deutlich geworden, dass es Einflussfaktoren auf den Strompreis gibt, die politisch kaum veränderbar sind. Von daher sollten politische Handlungsoptionen identifiziert werden, die robust sind gegenüber Eventualitäten, wie z. B. einem unerwarteten Anstieg des Gaspreises. Dies kann nur geschehen, indem mehrere Szenarien exploriert werden, die die gesamte Spannbreite abdecken: d. h. ein Szenario mit „worst case“-Annahmen, das hohe Strompreise erwarten lässt, ein mittleres Szenario und ein optimistisches Szenario.

Robuste politische Maßnahmen würden sich dadurch auszeichnen, dass sie unter allen drei Annahmen den Strompreis im Rahmen halten können. So wäre zu prüfen, in welchem Umfang die Energieeffizienz erhöht werden kann, wenn der Gaspreis stärker als erwartet ansteigt.

Ein solcher Modellvergleich könnte nicht nur helfen, die Risiken der Energiewende besser zu verstehen, er könnte auch die Diskussion über die notwendigen Maßnahmen in Gang setzen. Ein Modellvergleich in Kombination mit der Exploration verschiedener Pfade, die auch den „worst case“ abdecken, würde die Entscheidungsträger nicht vor Überraschungen schützen, aber sie wären auf diese besser vorbereitet.

## Anmerkungen

[1] Knopf, B.; Kondziella, H.; Pahle, M.; Götz, M.; Bruckner, T.; Edenhofer, O.: Der Einstieg in den Ausstieg: Energiepolitische Szenarien für einen Atomausstieg in Deutschland. Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) und Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement (IIRM) an der Universität Leipzig (IIRM), WISO Diskurs, Bonn 2011.

[2] BMU: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global – Leitstudie 2010. Berlin 2010.

[3] enervis energy advisors: Atomausstieg bis zum Jahr 2020: Auswirkungen auf Investitionen und Wettbewerb in der Stromerzeugung. Berlin 2011.

[4] Prognos/EWI/GWS: Energieszenarien 2011. Basel, Köln, Osnabrück 2011.

[5] IER/RWI/ZEW: Die Entwicklung der Energiemärkte bis 2030 (Energieprognose 2009). Berlin 2010.

[6] r2b energy consulting/EEFA: Ökonomische Auswirkung einer Laufzeitverlängerung deutscher Kernkraftwerke. Köln/Münster 2010.

[7] Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung: Verantwortung für Europa wahrnehmen, Jahresgutachten 2011/2012. Wiesbaden 2011.

[8] Schlesinger, M.; Wunsch, M.: Steigende Strompreise für die Industrie unvermeidbar. In: „et“, 61 Jg. (Heft 12) 2011.

[9] Eigene Darstellung und Berechnung. Referenzen zu den Studien von PIK/IIRM (siehe Fn. [1]), enervis, Prognos/EWI/GWS, IER/RWI/ZEW und r2b/EEFA (siehe Fn. [3-6]), bei enervis teilweise ergänzende mündliche Angaben. Die Autoren bedanken sich bei Hr. Herrmann von enervis auch für weitere hilfreiche Kommentare. Die Preise in den Studien beziehen sich auf unterschiedliche Basisjahre (enervis: 2009; Prognos/EWI/GWS: 2008; IER/RWI/ZEW: 2007; PIK/IIRM: 2007; r2b/EEFA: 2009). Bei enervis und IER/RWI/ZEW ist der Nettostromverbrauch ohne den Eigenverbrauch der Kraftwerke angegeben. Bei enervis [3] wird ein Kernenergieausstieg im Jahr 2020 berechnet.

*Dr. B. Knopf, Leiterin Energiestrategien Europa und Deutschland, Dr. M. Pahle, wissenschaftlicher Mitarbeiter, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Potsdam; Prof. Dr. O. Edenhofer, Leiter des Forschungsbereichs Nachhaltige Lösungsstrategien, PIK, designierter Direktor, Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC), Berlin*  
knopf@pik-potsdam.de