

## Atomausstieg und Energiewende

# Kurzfristiger Anpassungsbedarf und langfristige Chancen

Der Atomausstieg in Deutschland bis 2022 ist beschlossene Sache. Wirtschaft und Gesellschaft müssen eine Energiewende vollziehen. Dass die Konsequenzen langfristig durchaus positiv sein können, wenn die dem Wandel innewohnenden Chancen genutzt werden, zeigt dieser Beitrag.

Die nach der Explosion des japanischen Kernkraftwerks Fukushima am 11. März 2011 vollzogene Energiewende in Deutschland bedeutet neben dem Ausstieg aus der Atomenergie auch ein Bekenntnis zu einer fast vollständigen Versorgung mit erneuerbaren Energien und stellt somit eine historische Zäsur der Energiepolitik in Deutschland dar. Dieser Beitrag betrachtet zwei Facetten dieser Entwicklung: Eingangs wird gezeigt, dass der Ausstieg aus der Atomenergie kurzfristig zu Anpassungen des Kraftwerksmixes führt, jedoch die Versorgungssicherheit nicht untergräbt. Im zweiten Teil setzt sich der Autor dann mit den Kosten der Energiewende auseinander und argumentiert, dass die deutsche Wirtschaft insgesamt gewinnen wird: Die Energie wird mit insgesamt geringeren Kosten erzeugt werden, und die deutsche Industrie ist im internationalen Wettbewerb „grüner Innovationen“ gut aufgestellt. Der Beitrag schließt mit einem Ausblick.

### Atomausstieg: Versorgungssicherheit nicht gefährdet

Kurzfristig stehen in Deutschland natürlich die Konsequenzen des Atomausstiegs im Mittelpunkt des Interesses. Hier weisen die meisten Studien darauf hin, dass keine Beeinträchtigung der Versorgungssicherheit zu befürchten ist; lediglich bezüglich der zu erwartenden Strompreissteigerungen liegen unterschiedliche Schätzungen vor [1]. Im Folgenden gibt der Autor Ergebnisse einer Studie wieder, welche die Auswirkungen des Kernkraftwerksmoratoriums bzw. des vollständigen Atomausstiegs auf das deutsche Elektrizitätssystem ermittelt; insbesondere wurden erstmalig die Energiebereitstellung und die Lastflüsse im deutschen und mitteleuropäischen Elektrizitätsnetz analysiert. Die Studie wurde erstellt von einem Autorenteam der Technischen



Bild: ©Digital Globe

Universitäten Dresden und Berlin sowie dem europäischen Hochschulinstitut [2].

Unter Verwendung des techno-ökonomischen Modells ELMOD werden der Kraftwerkseinsatz, die Importe und Exporte sowie die Leitungsbelastung für einen repräsentativen Lastfall in einem Wintermonat ermittelt. ELMOD ist ein technisch-ökonomisches Marktmodell des europäischen Elektrizitätsmarktes, welches den kostenoptimalen Kraftwerksdispatch unter Berücksichtigung der Netzrestriktionen simuliert [3]. Für die vorliegende Simulation wurde das Basismodell angepasst, so dass die Netzrepräsentation auf Mitteleuropa und die zeitliche Auflösung auf einen Referenztag fokussiert. Die Zielsetzung des Modells ist die Ermittlung eines kostenminimalen Kraftwerkseinsatzes bei gegebenen Erzeugungskosten der einzelnen Kraftwerke; dabei sind technische Marktrestriktionen zu berücksichtigen.

Als Referenztag für die Berechnungen wird der dritte Mittwoch im November des Jahres 2010 verwendet, da an diesem Wochentag im Spätherbst eine höhere Nachfrage und damit eine stärkere Kraftwerksaus- sowie Netzbelastung zu erwarten ist. Brennstoff- und Zertifikatpreise entsprechen den damals aktuellen Tages-

preisen. Das Modell umfasst alle Knoten und Leitungen im europäischen Übertragungsnetz. Die Optimierung des Kraftwerksdispatch in dieser Studie umfasst lediglich die mitteleuropäischen Länder [4]. Die Nachfrage ist fest vorgegeben und reagiert nicht preiselastisch.

Insgesamt werden drei Szenarien berechnet, um die Auswirkung der Abschaltung von Kernkraftwerken (KKW) zu analysieren:

- Status Quo: basierend auf dem dritten Mittwoch im November des Jahres 2010 wird ELMOD auf reale Marktergebnisse kalibriert. Dieser Durchlauf repräsentiert somit den üblichen Marktzustand, in welchem die deutschen KKW's entsprechend der Revisionspläne verfügbar sind. Dieses Szenario dient ebenfalls zur Quantifizierung der Abweichungen zwischen ELMOD und den realen Marktergebnissen.

- Moratorium: Im zweiten Durchlauf werden die sieben älteren Meiler entsprechend dem Atom-Moratorium vom 14. März 2011 vom Netz genommen. Dieser Durchlauf repräsentiert somit eine Approximation der aktuellen Marktsituation im Juni 2011. Damit können die Auswirkungen auf Preise, Dispatch, Import, Export und Netzengpässe ermittelt werden.

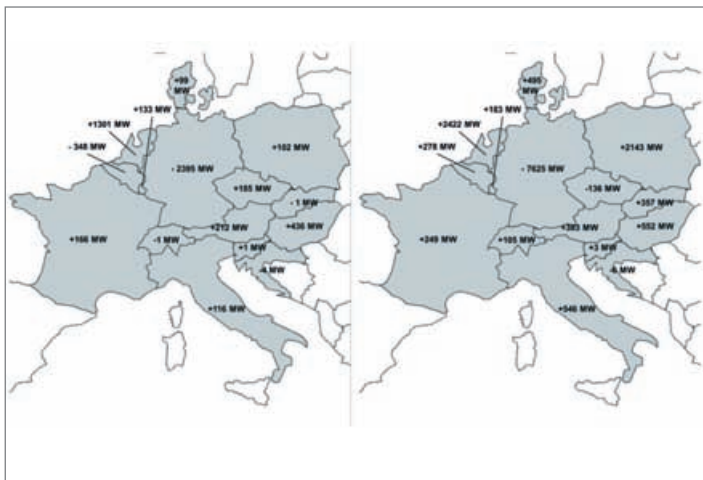


Bild 1: Gemittelte Veränderung des Kraftwerkseinsatzes im Fall Moratorium (links) und Phase-Out (rechts) gegenüber Status Quo

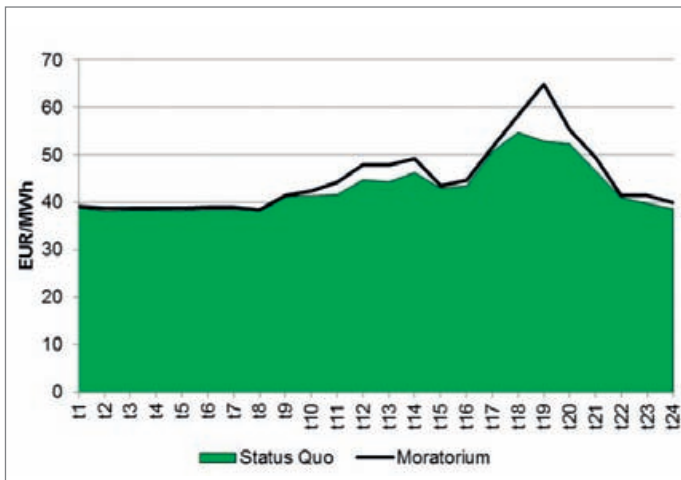


Bild 2: Auswirkungen auf Marktpreise.

• Phase-Out: Im dritten Szenario wird eine theoretische Situation simuliert, in welcher alle deutschen KKW's vom Netz genommen werden, ohne dass weitere Anpassungen am Kraftwerkspark vorgenommen werden. Dieser Durchlauf erlaubt eine Abschätzung, welche Konsequenzen ein deutlich beschleunigter Ausstieg auf den deutschen Strommarkt hätte [5].

**Import/Export**

Im Falle der Abschaltung von KKW's in Deutschland kommt es zu einer Erhöhung der Importe bei gleichzeitiger Reduktion der Exporte. Im Falle der Abschaltung der sieben alten Meiler im Rahmen des Moratoriums vermindern sich die Exporte auf 75 Prozent des Status Quo und die Importe erhöhen sich um ca. 25 Prozent. Würden alle KKW's sofort vom Netz genommen, verstärkte sich diese Tendenz. Die Exporte sinken auf 20 Prozent des Status Quo-Niveaus und die Importe verdoppeln sich nahezu. Diese Ergebnisse sind plausibel, da auf Grund des Wegfalls der KKW's in Deutschland die verfügbare Kapazität reduziert würde. Der Wegfall wird einerseits durch Anlagen, die bisher nicht am Netz waren, und andererseits durch ausländische Kapazitäten kompensiert.

Im Fall des Kernkraftmoratoriums werden die Importe aus Frankreich und Tschechien um ca. 20 Prozent erhöht. Auf der anderen Seite werden die Exporte gegenüber dem Status Quo zu allen importierenden Nachbarländern reduziert, wobei die größten absoluten Reduktionen die Niederlande und Österreich aufweisen. Im Fall des Phase-Out der Kernkraft setzt sich der

Trend fort. Die physischen Exporte gehen zurück und finden nur noch nach Polen und in die Schweiz statt. Alle verbleibenden Länder exportieren in Richtung Deutschland. Die deutlichsten Veränderungen ergeben sich auch hier wieder auf den Grenzleitungen nach Österreich und in die Niederlande, welche im Phase-Out-Fall durch physische

**Ein Ausstieg erscheint ohne Gefährdung der Versorgungssicherheit möglich.**

Exporte nach Deutschland gekennzeichnet sind. Ebenfalls werden im Vergleich zum Status Quo die physischen Stromexporte nach Polen nahezu komplett eingestellt.

**Kraftwerkseinsatz und Netzengpässe**

Die Aussagen zu den grenzüberschreitenden Lastflüssen decken sich mit denen des veränderten Kraftwerksdispatches in anderen Regionen Europas. Im Falle des Moratoriums wird zu Offpeakzeiten die fehlende KKW-Produktion durch zusätzliche Stromerzeugung in Deutschland und durch eine Reduktion der Exporte ausgeglichen (Bild 1, linke Seite). Diese kann mit vorhandenen Kohle- und Erdgaskraftwerken geleistet werden. Des Weiteren wird mehr Strom in den Niederlanden, Frankreich, Italien, Polen und Ungarn erzeugt, um die fehlenden deutschen Importe zu ersetzen. Während der Peakzeiten sind die deutschen Kohlekraftwerke bereits ausgelastet, so dass eine zusätzliche Produktion nur noch mit Gaskraftwerken möglich ist. Weiterhin werden

Kapazitäten in den Niederlanden, Italien, Österreich und Ungarn herangezogen, um den Verbrauch zu decken.

Im Falle einer sofortigen kompletten Abschaltung deutscher KKW's wird in Offpeakzeiten ebenfalls eine Kompensation durch deutsche Kohle- und Gaskraftwerke vorgenommen (Bild 1, rechte Seite).

Zusätzlich werden Kraftwerke in den Nachbarländern, insbesondere Polen und Tschechien, herangezogen; Italien erhöht seine Eigenproduktion mit Gas- und Ölkraftwerken ebenfalls. In Peakzeiten, vorrangig von 09 bis 21 Uhr, kann die Last im Modell bis zu etwa 1 GW nicht mehr gedeckt werden, trotz eines erhöhten Importes von Strom aus den Nachbarländern. Der europäische Markt weist zwar prinzipiell ausreichend Kapazität auf, um die Nachfrage auch in diesem Fall zu decken, jedoch ergeben sich aufgrund der Netzsituation lokale Engpässe, welche die ausreichende Versorgung in Deutschland verhindern.

Im Falle eines sofortigen Ausstiegs aus der Kernenergie kann die fehlende Leistung somit nicht kompensiert werden. Die Ergebnisse belegen jedoch, dass die Fehlmenigen in einem Bereich liegen, der durch die zukünftigen Kraftwerksneubauten gedeckt werden kann. Ein Ausstieg in den kommenden Jahren bei entsprechender Kapazitätserweiterung im fossilen, aber auch im erneuerbaren Bereich erscheint somit ohne eine Gefährdung der Versorgungssicherheit möglich. So beträgt der erwartete Nettosaldo des Kraftwerkszubaues im konventionellen Bereich bis 2013 allein 9,5 GW [6];