

Wie flexibel können Kernkraftwerke betrieben werden?

Ab dem Herbst 2009 wurde – ausgelöst von Plänen der Bundesregierung, die Laufzeit von Kernkraftwerken (KKW) in Deutschland zu verlängern – in Politik, Wissenschaft und der Öffentlichkeit eine Fragestellung kontrovers debattiert: Ist der geplante Ausbau der erneuerbaren Energien (EE) zur Stromerzeugung, v. a. von Photovoltaik und Windkraft, mittel- bis langfristig kompatibel mit dem Betrieb von Kernkraftwerken? Im Juni 2010 wurde daraufhin das TAB durch den Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung beauftragt, eine Untersuchung zu diesem Fragenkomplex durchzuführen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung wurden nunmehr mit großem zeitlichem Abstand unter dem Titel »Lastfolgefähigkeit deutscher Kernkraftwerke« als TAB-Hintergrundpapier Nr. 21 vorgelegt. Die Umwälzungen in der deutschen Energiepolitik, die durch die Katastrophe in Fukushima im März 2011 ausgelöst wurden, hatten die Brisanz des Themas deutlich entschärft und den Projektablauf nachhaltig durcheinander gebracht. Nach Auffassung des TAB ist das Thema aber vor allem aus zwei Gründen immer noch hinreichend relevant, um eine Veröffentlichung auch fünf Jahre nach Beschluss der »Energiewende« zu motivieren: Erstens ist die Frage der Flexibilität des Kraftwerksparks nach wie vor aktuell. Insofern haben die Untersuchungsergebnisse zu der Frage, welche Anforderungen ein dynamischer Ausbau fluktuierender EE-Erzeugung an den (konventionellen) Kraftwerkspark stellt, in keiner Weise an Bedeutung verloren. Und zweitens stellen sich die kernkraftspezifischen Fragen u. a. in etlichen europäischen Ländern mit einem substanziellen Anteil an Kernenergie im Erzeugungsportfolio und EE-Ausbauplänen mit unvermindert hoher Dringlichkeit. Es könnte daher fruchtbar sein, die gewonnenen Erkenntnisse in den internationalen energiepolitischen Diskurs einzubringen.

Lastfolgebetrieb

Der Strombedarf ist großen zeitlichen Schwankungen unterworfen. Nachts wird deutlich weniger Strom verbraucht als mittags und an den Wochenenden weniger als an Werktagen. Kernkraftwerke wurden bisher in Deutschland überwie-

gend mit gleichbleibender Leistung betrieben, um (gemeinsam mit Laufwasser- und Braunkohlekraftwerken) die sogenannte »Grundlast« abzudecken, d. h. den Strombedarf, der im Zeitverlauf nicht unterschritten wird. Bei einem hohen Anteil an EE mit fluktuierender Erzeugung müssen diese Kraftwerke jedoch deutlich flexibler betrieben werden und ihre Stromerzeugung der jeweiligen Nachfrage kontinuierlich anpassen (sogenannter Lastfolgebetrieb).

Die zentrale Zielsetzung des TAB-Projekts angesichts des um das Jahr 2010 herum hochkontroversen und politisch aufgeladenen Umfelds war es, die verschiedenen Argumente, Positionen und zugrundeliegten Annahmen transparent und nachvollziehbar gegenüberzustellen, um Übereinstimmungen, Differenzen und Widersprüche zu identifizieren. Ursprünglich war beabsichtigt, die Ergebnisse der Analyse auf Expertenworkshops zur Diskussion zu stellen, um die Grenzen des wissenschaftlichen Konsenses zu identifizieren und offenzulegen, zu welchen Fragen aus welchen Gründen kein Konsens hergestellt werden kann. Diese bereits geplanten Workshops mussten jedoch im Sommer 2011 abgesagt werden, da sich die Ereignisse in Fukushima in den Vordergrund der energiepolitischen Debatte gedrängt und diese grundlegend durcheinandergewirbelt hatten. Auch das TAB stellte die Arbeiten an dem Bericht für einige Zeit zurück und griff sie erst in der neuen Legislaturperiode wieder auf. Das resultierende Hintergrundpapier dokumentiert somit den Stand des Wissens, der als Diskussionsgrundlage dienen sollte. Zu der brisanten Frage, welche sicherheitstechnischen Aus-

wirkungen häufige Lastwechsel verursachen können, waren eigene vertiefte Analysen und Bewertungen im Rahmen des TAB-Projekts nicht möglich.

Sind KKW kompatibel mit einem hohen EE-Anteil?

Als Ausgangspunkt der Untersuchung wurden die technischen und betrieblichen Möglichkeiten und Grenzen der Lastfolgefähigkeit der deutschen KKW beleuchtet. Aus deren Betriebshandbüchern geht hervor, dass Leistungsänderungen im Bereich nahe der Nennleistung (das ist die höchste Leistung, die bei bestimmungsgemäßem Betrieb erbracht werden kann) um bis zu 10 % pro Minute möglich sind. Dies ist deutlich schneller, als es z. B. bei Kohlekraftwerken Stand der Technik ist (zwischen 2,5 und 4%/min). Lediglich Gasturbinen sind mit 12%/min noch schneller regelbar.

Neben der Regelungsgeschwindigkeit wird die betriebliche Flexibilität durch weitere Eigenschaften bestimmt, vor allem durch

- die Mindestlast, die aufgrund der Kraftwerksauslegung nicht unterschritten werden kann bzw. soll (z. B. wird der Lastbereich unterhalb 50 bis 60 % im praktischen Betrieb vermieden),
- die Anfahrzeit, d. h. die Zeit, die benötigt wird, den Reaktor aus dem ausgeschalteten Zustand wieder in Betrieb zu nehmen (ein »kaltes« Kernkraftwerk benötigt hierzu etwa ein bis zwei Tage).

Sicherheitstechnisch relevant ist die einem Kraftwerk abverlangte Flexibilität, da jeder Lastzyklus das Material belastet (u. a. durch Temperatur- und Druckwechsel in Kühlkreisläufen oder häufige Betätigung von Steuereinrichtungen) und dies bei häufiger Wiederholung zu Ermüdungserscheinungen führt. Beispielsweise sind deutsche KKW für 100.000 Zyklen der Lastabsenkung von 100 auf 80 % und zurück ausgelegt (100-80-100). Für den Zyklus Nennlast-Nulllast(heiß)-Nenn-

last (100-0-100) wird 400-mal als zulässig angegeben. Bei einer Lebensdauer des Kraftwerks von 40 Jahren entspräche dies zehn dieser Vorgänge pro Jahr.

Mittels einer modellgestützten Analyse, die in enger Abstimmung mit dem TAB durch Gutachter der Ecofys Germany GmbH durchgeführt wurde, wurde der zukünftige Kraftwerkspark und der Betrieb der Kraftwerke simuliert. Auf dieser Basis wurden Anforderungen an die Flexibilität der konventionellen Kraftwerke, insbesondere der KKW, abgeleitet, die sich aus dem weiteren EE-Ausbau ergeben. Es zeigte sich, dass ein KKW-Betrieb, bei dem – wie bisher üblich – der Lastbereich unterhalb 50 bis 60 % der Nennlast nicht genutzt wird, nicht ausreichen würde, um die Integration eines hohen Anteils fluktuierender EE-Einspeisung zu erlauben. Die Konsequenz wäre, dass zu bestimmten Zeiten EE-Anlagen abgeregelt werden müssten, wenn die am Netz befindlichen KKW nicht weiter heruntergeregelt werden können, weil ihre Mindestlast erreicht ist.

Dass die Einhaltung der Mindestlast der entscheidende begrenzende Faktor ist, wird klar, wenn man diese Annahme abschwächt und einen Betrieb unterstellt, bei dem die Mindestlast nur noch 20 % beträgt (für Druckwasserreaktoren). Geht man im Modell so weit, kurzzeitige Auszeiten zuzulassen, wäre der Betrieb der KKW sogar flexibler als der des verbleibenden konventionellen Kraftwerksparks. Allerdings würde dies eine Betriebsweise bedeuten, bei der jedes KKW im Durchschnitt etwa 100-mal pro Jahr von 100 % Nennlast auf null und anschließend wieder hoch gefahren werden müsste. Ob dies anlagentechnisch und ohne nachteilige Folgen für die Betriebssicherheit durchführbar wäre, wurde nicht vertieft analysiert, muss aber angezweifelt werden. Zumindest wäre eine derartige Betriebsweise weltweit beispiellos.

Ökonomische Aspekte

Ein flexibler Kraftwerksbetrieb hat neben technischen auch erhebliche wirtschaftliche Konsequenzen. KKW sind im Vergleich zu fossil befeuerten Kraftwerken sehr kapitalintensive Anlagen. Ihre Investitionskosten machen einen Anteil von etwa 60 % an den Erzeugungskosten aus, Brennstoffkosten dagegen weniger als 20 %. Daraus folgt ein starkes ökonomisches Motiv, die Produktion von KKW in so vielen Stunden im Jahr wie möglich aufrecht zu halten, da die Kapitalkosten auch dann bedient werden müssen, wenn



Quelle: 698770_web_R_by_Manfred Mazi_pixelio.de (links)
708288_web_R_B_by_gabriele Planthaber_pixelio.de (rechts)

die Anlage nicht produziert. Das bedeutet im Umkehrschluss auch, dass der KKW-Betrieb unrentabel wird, wenn die jährliche Auslastung nicht genügend hoch ist.

Ein täglicher Lastfolgebetrieb etwa nach dem in Frankreich üblichen Schema (auf 12 Stunden mit 100 % Leistungsabgabe folgen 3 Stunden, in denen die Leistung kontinuierlich auf 50 % heruntergefahren wird; anschließend wird das Niveau von 50 % über 6 Stunden gehalten, um dann über die nächsten 3 Stunden wieder auf 100 % angehoben zu werden) schmälert die jährliche Stromproduktion um mehr als 18 %. Bei einem KKW mit 1.400 MW entspricht dies einem Verlust von etwa 120 Mio. Euro pro Jahr. Als Preis wurden hier 57 Euro/MWh angenommen, was dem Niveau des Jahres 2012 entspricht. Derzeit sind eher 25 Euro/MW typisch. Hinzu kommen noch erhöhte Wartungskosten und Kosten für ungeplante Ausfälle, die mutmaßlich mit dem Lastfolgebetrieb einhergehen. Eine Quantifizierung

der damit verbundenen Kosten ist allerdings aus methodischen Gründen extrem schwierig.

Der »bedingt flexible Betrieb« der KKW erzwingt, dass diese auch in Stunden mit negativen Preisen Strom erzeugen müssen, da kurzfristige Lastabsenkungen nicht möglich sind. Würde die bestehende Regelung des EEG gekippt, dass EE-Strom vorrangig eingespeist und vergütet werden muss, müssten EE-Anlagen aus ökonomischen Gründen abgeregelt werden, wenn der Marktpreis unter null fällt. Das reduziert die Anzahl der negativen Preisstunden und würde demzufolge den Betrieb der KKW erheblich attraktiver machen. Eine Schlussfolgerung daraus ist, dass bei einer eingeschränkten Flexibilität der KKW ein großes Interesse seitens der Betreiber besteht, die Vorrangregelungen für EE zur Diskussion zu stellen.

Deutschland spielt aufgrund des dynamischen Ausbaus der EE, der für die kommenden Dekaden prognostiziert wird, eine Vorreiterrolle, die sich auch hinsichtlich der Anforderungen bemerkbar machen wird, die damit an den konventionellen Kraftwerkspark und insbesondere an die KKW gestellt werden müssen. Die Ergebnisse der Analyse der deutschen Situation sind daher von besonderem Interesse für den internationalen energiepolitischen Diskurs.

Die Ergebnisse des Monitorings »Lastfolgefähigkeit deutscher Kernkraftwerke« werden in Kürze als TAB-Hintergrundpapier Nr. 21 veröffentlicht.

Kontakt

Dr. Reinhard Grünwald
+49 30 28491-107
gruenwald@tab-beim-bundestag.de