

Können sich Kernenergie und Regenerative Energien ergänzen?

von [Markus Zink](#)
E-Mail markus.zink@energie-fakten.de

Hier die Fakten – vereinfachte Kurzfassung

Einführung, Zusammenfassung

Im weltweiten Vergleich kann man Deutschland durchaus als Vorreiter in Sachen Klimaschutz bezeichnen. Wie kaum in einem anderen Land wird so stark auf den Ausbau der regenerativen Energieträger für die Stromerzeugung gesetzt. Auch die Gesetzgebung nimmt auf die Entwicklung der „Regenerativen“ Einfluss. Das am 01. April 2000 in Kraft getretene „Erneuerbare Energien Gesetz“ (EEG) löste das Stromeinspeisungsgesetz von 1991 ab und regelt die Einspeisevergütungen für die Erzeuger aus regenerativen Energiequellen und verpflichtet die Netzbetreiber, die eingespeiste Energie auch abzunehmen. Dieses Gesetz diente vielen weiteren Nationen als Anregung für eigene Gesetzesinitiativen, was die Rolle Deutschlands als

Vorreiter verdeutlicht, wenn auch gleich die Förderungen in anderen Ländern moderater ausfallen.

Der Ausbau der regenerativen Energieträger und insbesondere ihr Vorrang bei der Einspeisung führt aber auch dazu, die Rolle der konventionellen Energieträger, also auch die der Kernenergie, neu zu bewerten. Denn zur ohnehin stark schwankenden Nachfrage der elektrischen Energie kommt dann auch ein sehr stark schwankendes Einspeiseangebot hinzu. Die konventionellen Kraftwerke müssen dies dann durch einen optimierten Lastfolgebetrieb ausgleichen, da Speichermöglichkeiten für die elektrische Energie nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen. Dass die Kernenergie in unserem Energiemix erhalten bleibt und an dieser Regelauf-

gabe beteiligt wird, ist in Sachen Klimaschutz sehr wichtig, denn die Kernenergie trägt in nicht unerheblichem Maße zur Einsparung von Treibhausgasemissionen bei. So spart beispielsweise der Betrieb der 17 deutschen Kernkraftwerke pro Jahr etwa so viel CO₂-Emissionen, wie der deutsche Straßenverkehr erzeugt.

Kernenergie und Regenerative könnten also Hand-in-Hand gehen und gemeinsam zur CO₂-Einsparung beitragen. Dieser Artikel soll verdeutlichen, dass dies ein sinnvoller und geeigneter Weg ist und dass es technisch/physikalisch möglich ist, Kernkraftwerke, entgegen einem weit verbreiteten Vorurteil, auch zur Bereitstellung von Regelreserve heranzuziehen und sie im sog. Lastfolgebetrieb zu betreiben.

Können sich Kernenergie und Regenerative Energien ergänzen?

von Markus Zink
E-Mail markus.zink@energie-fakten.de

Hier die Fakten – Langfassung

Statistischer Hintergrund

Durch das „Erneuerbare Energien Gesetz“ erfuhren die regenerativen Energien (insbesondere Windkraft und Photovoltaik) einen massiven Zubau, wie Bild 1 verdeutlicht. Zum Vergleich der dargestellten Zahlen sei erwähnt, dass die installierte Kernkraftleistung in Deutschland rund 20.500 MW beträgt.

meistens nur in Teillast arbeiten oder im Falle von Windflauten bzw. nachts oder bei Bewölkung gar nichts oder nur sehr wenig einspeisen. Der Anteil der Photovoltaik ist in Bild 2 unter „Sonstiges“ enthalten; er beträgt nur 1 %.

Uns Verbraucher kümmert es jedoch nicht, zu welchen Zeiten wir unsere elektrische Energie in wel-

Pumpspeicherkraftwerke wie z.B. Goldisthal in Thüringen. Alle Speicher zusammen haben aber nur eine recht geringe Kapazität und daher nicht die Möglichkeit, das schwankende Windkraft-Angebot bzw. die schwankende Nachfrage auszugleichen. Daraus folgt für die Netzbetreiber, dass die von den Verbrauchern abgerufene Energie quasi zu jeder Zeit „just-in-time“ von den Kraftwerken erzeugt werden muss.

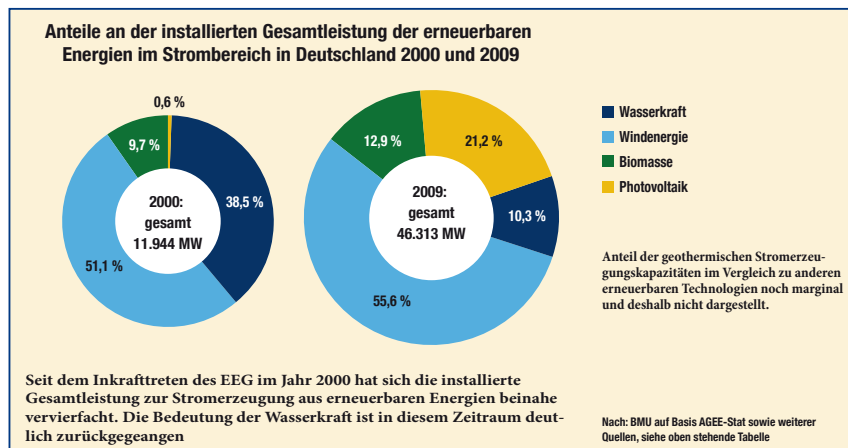


Bild 1: Installierte Leistung der regenerativen Energieträger in der BRD im Vergleich der Jahre 2000 und 2009 (Nach: Erneuerbare Energie in Zahlen, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2010)

Bild 2 zeigt den effektiven Anteil der Energieträger an der Stromversorgung. Hier wird deutlich, dass die regenerativen Energieträger Wind und Photovoltaik aufgrund des schwankenden Einspeiseangebots nicht in dem Umfang beitragen, wie ihrem Anteil an der installierten Leistung (s. Bild 1) entsprechen würde. Dies liegt daran, dass diese Anlagen

chem Umfang konsumieren. Der Netzbetreiber ist deshalb gezwungen, sowohl das schwankende Angebot der Regenerativen, als auch die schwankende Nachfrage (Lastgang, Lastverlauf, Bild 3) zu kompensieren.

Für die (kurzzeitige) Speicherung elektrischer Energie sind im deutschen Energienetz spezielle Kraftwerke im Einsatz – überwiegend

Regelleistung im Netz

Diese Überlegungen führen direkt zu der Erkenntnis, dass die Kraftwerke im elektrischen Energienetz die schwankende Einspeisung der regenerativen Energieträger ausgleichen und gleichzeitig auch die schwankende Nachfrage der Verbraucher mit berücksichtigen müssen. Bevorzugt werden dabei diejenigen Kraftwerke, deren Stromgestehungskosten (Produktionskosten) hoch sind, z.B. Gasturbinenkraftwerke, nur in Spitzenzeiten eingesetzt. Für die Ausregelung im Mittellastbereich werden im Allgemeinen Kohlekraftwerke verwendet. Die von der Stromgestehung her sehr günstigen Kernkraftwerke finden neben den Braunkohle- und Laufwasserkraftwerken hingegen im Grundlastbereich Einsatz und laufen quasi „rund-um-die-Uhr“ (vgl. auch Bild 3).

Durch den vermehrten Ausbau der Windenergie ist es jetzt bereits

LANGFASSUNG

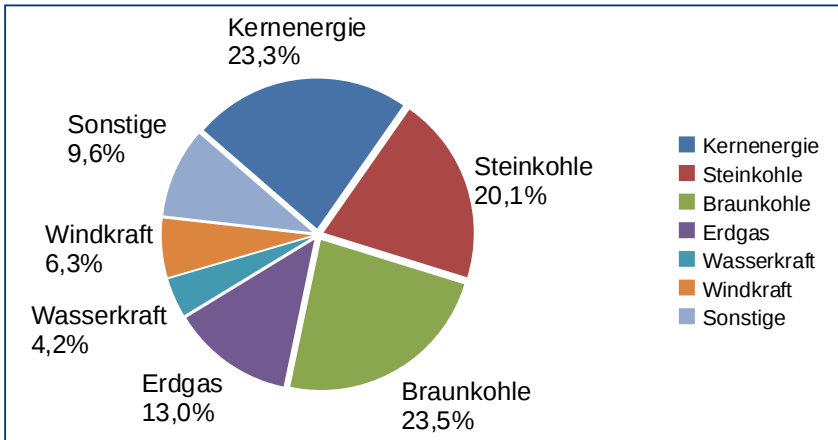


Bild 2: Anteile der Energieträger an der Bruttostromerzeugung der BRD in 2008 (Quelle: AG Energiebilanzen)

erforderlich, auch Kernkraftwerke für die Ausregelung der schwankenden Einspeisung einzusetzen. Da dieser Lastfolgebetrieb aber nicht dem bisher üblichen Grundlastbetrieb der Kernkraftwerke entspricht, wird häufig unterstellt, Kernkraftwerke seien nicht in der Lage, ihre Leistung den Erfordernissen im Netz anzupassen und zur Regelung beizutragen.

Regelung von Kernkraftwerken

Die Leistung von Kernkraftwerken wird für kurzfristige Zwecke mit dem Verstellen der Steuerstäbe geregelt. Beim Siedewasserreaktor kann die Leistung in einem Bereich von 60...100 % auch mit der Veränderung des Kühlmitteldurchsatzes im Reaktor, also der Drehzahl der Zwangsumwälzpumpen, geregelt werden. Für langfristige Leistungsregelung von Kernkraftwerken werden andere Regelmechanismen (wie etwa der Borgehalt im Kühlmittel beim Druckwasserreaktor) verwendet, die

in dieser Betrachtung jedoch nicht von Bedeutung sind (s.a. [1]).

Mit Hilfe der beschriebenen Methoden lässt sich die Leistung eines Kernkraftwerks in etwa wie folgt verändern: Im Rahmen von einigen Prozent der Nennleistung (P_{nenn}) pro Minute (d.h. in etwa 25 MW/min) sind Laständerungen in jedem Fall möglich. Schnelle Lastabsenkungen sind ebenso kein Problem. Bei Siedewasserreaktoren sind im Bereich zwischen 60...100 % P_{nenn} mit bis zu 100 MW/min auch sehr schnelle Leistungserhöhungen realisierbar, die bei Druckwasserreaktoren etwas geringer ausfallen. Hinterlegt man eine Regelleistung von 50 % der Nennleistung je Druck- bzw. 40 % der Nennleistung je Siedewasserreaktor, erhält man eine in Deutschland verfügbare Gesamtregelleistung von rund 10.000 MW. Dies entspricht etwa 45 % der in Deutschland insgesamt installierten Windkraftleistung (vgl. Bild 1).

Dadurch, dass Kernkraftwerke bisher vor allem im Grundlastbetrieb tätig waren, wurde der gesamte Reaktorbetrieb auf diese Fahrweise ausgelegt und optimiert. Hiervon betroffen sind insbesondere die Brennelementauslegung und Brennstoffanreicherung, sowie die Beladestrategie des Reaktorkerns und die Steuerstabfahrweisen. Diese müssten dann beim ständigen Einsatz der Kernkraftwerke für Regelzwecke evtl. angepasst und optimiert werden.

Ein häufiger Lastwechsel ist bei Kernkraftwerken also technisch/physikalisch sehr gut möglich. Er führt jedoch auch zu Materialbeeinträchtigungen bzw. Alterungseffekten. Beispielhaft sind hier Materialermüdungen aufgrund von Festigkeitsminderungen bei zyklischen Druck- oder Temperaturbelastungen oder Verschleiß (z.B. durch Erosionskorrosion) von aktiven Komponenten wie z.B. Pumpen oder Ventilen zu nennen. Aus diesem Grund wurde der Auslegung der Kernkraftwerke eine bestimmte Anzahl von Laständerungszyklen zu Grunde gelegt. Da bisher nur eine sehr geringe Anzahl Laständerungen gefahren wurde, reichen die noch zulässigen Laständerungshübe aus, um auch bei einem (hypothetischen) täglichen Lastspiel noch über 30 Jahre betriebsfähig zu sein (vgl. [2]). Des Weiteren führen die unterschiedlichen Belastungsmechanismen nicht zu einer so hohen Alterung, wie bei der Auslegung angenommen. Dies zeigt die bisher gesammelte Be-

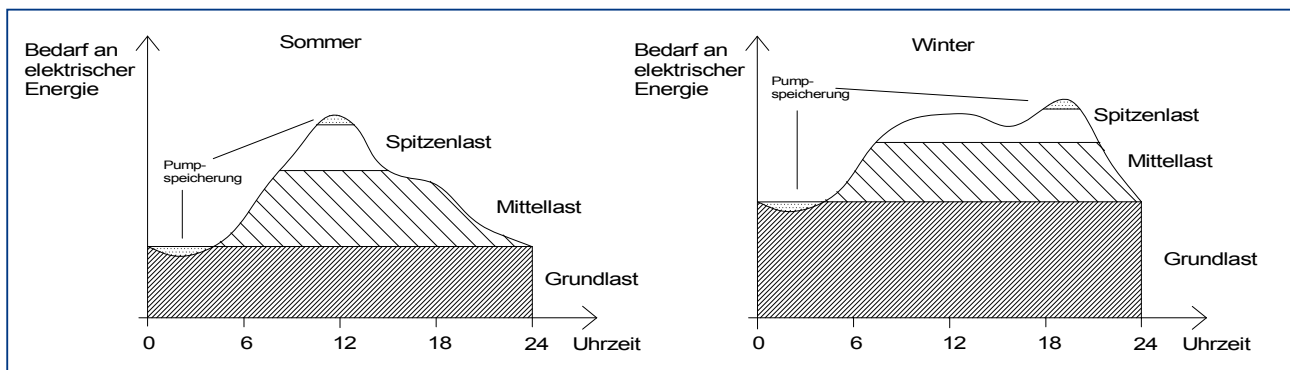


Bild 3: Lastgang (Lastverlauf) der Nachfrage an elektrischer Energie (aus [1])

LANGFASSUNG

triebserfahrung (vgl. [3]). Bereits abgeschriebene Kernkraftwerke können auch im Lastfolgebetrieb wirtschaftlich und konkurrenzfähig arbeiten.

Fazit

Das Lastdiagramm in Bild 4 soll beispielhaft verdeutlichen, dass Kernkraftwerke schon jetzt häufigen Laständerungen aufgrund des Lastfolgebetriebs ausgesetzt sind und einen wichtigen Beitrag für die Regelreserve leisten. Technisch/physikalisch sind sie dazu vollkommen in der Lage und können so einen wichtigen Beitrag zur Stützung der regenerativen Energien leisten. Nach dem derzeitigen Beschluss der Bundesregierung soll die Kernenergie eine Brücke hin zu einer vermehrten Stromversorgung aus regenerativen Energien sein. Die Laufzeitverlängerung der deutschen Kernkraftwerke steht also nicht im

Widerspruch mit einem Ausbau der regenerativen Energieträger, sondern die Kernenergie könnte sich zu einem zuverlässigen und vor allem ebenso CO₂-freien und klimafreundlichen Partner der Regenerativen entwickeln. Somit wäre Deutschland in der Lage, seine Vorreiterrolle im Klimaschutz weiter auszubauen und seine Treibhausgasbilanz zu verbessern. Als Beispiel können hier auch unsere europäischen Nachbarn Schweiz und Frankreich angeführt werden, die beide einen sehr hohen Anteil an Kernkraftstrom haben und folglich auch über die Fahrweise ihrer Kernkraftwerke den schwankenden Leistungsanforderungen der Verbraucher gerecht werden müssen.

Ein ausführlicher, aktueller Bericht über die Ausbauszenarien der regenerativen Stromerzeugung und weitere damit einhergehende Anforderungen an den Betrieb und Ausbau

des Stromnetzes und insbesondere der Speichertechnologien kann ebenfalls über Energie-Fakten.de bezogen werden ([4]).

Literatur

- [1] Markus Borlein. „Kerntechnik“. Vogel-Fachbuchverlag, 2009
- [2] Holger Ludwig, Tatiana Salnikova und Ulrich Waas. „Lastwechselfähigkeiten deutscher KKW“. atw Heft 8/9 2010
- [3] Markus Zink. „Wie lange können Kernkraftwerke sicher betrieben werden?“. Energie-Fakten 2009
- [4] Matthias Hundt, Rüdiger Barth, Ninghong Sun, Heike Brand und Alfred Voß. „Herausforderungen eines Elektrizitätsversorgungssystems mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien“. Energie-Fakten 2010