

Technologieneutralität und ökologische Wirkung als Maßstab der Regulierung von Flexibilitätsoptionen im Energiesystem

Hannes Doderer, Hendrik Kondziella, Christopher Koch und Jörn Guder

Die Flexibilität des Energiesystems ist ein Schlüssel zur erfolgreichen Umsetzung der Energiewende. Diesbezüglich stellt der energiewirtschaftliche Rechtsrahmen und dessen Fortentwicklung eine relevante Stellschraube dar. Im vorliegenden Beitrag werden Technologien auf ihre Wirkungen beim Flexibilitätseinsatz untersucht. Das Resultat wird mit der derzeitigen Anreizsystematik des Regulierungsrahmens verglichen. Es wird deutlich, dass, um einen ausreichenden Wettbewerb innovativer Flexibilitätsoptionen zu ermöglichen, die Regulierung grundsätzlich technologieneutral ausgestaltet, aber auch mit ökologischen Kriterien flankiert werden sollte.

Die Dekarbonisierung von Energiesystemen und der damit verbundene Ausbau der erneuerbaren Energien (EE), insbesondere auf Basis von Windkraft und Photovoltaik, stellt erhöhte Anforderungen an die Flexibilität des Stromsystems [1, 2]. Durch standortbezogene Potenzialunterschiede der EE bilden sich zudem zunehmend großflächige Regionen in Deutschland heraus, die eine stetig wachsende Einspeisung aus EE bei abnehmender konventioneller Kraftwerksleistung sowie einen vergleichsweise geringen Strombedarf aufweisen [3]. Flexibilität soll den Herausforderungen bei der Transformation des Energiesystems auf Markt- und Netzebene begegnen und insbesondere eine größtmögliche Abdeckung des energiewirtschaftlichen Zieldreiecks sicherstellen. Im Rahmen von WindNODE [4] wird derzeit verstärkt an der Identifikation und Aktivierung von Flexibilitätspotenzialen geforscht. Zudem werden Systematiken hinsichtlich der Begriffsdefinition von „Flexibilität“ entwickelt [5].

In Anlehnung an die Arbeitsergebnisse in WindNODE bezeichnet Flexibilität im vorliegenden Beitrag die Fähigkeit von Elementen im Energiesystem, aktiv auf ein externes Signal, das die Variabilität von Stromerzeugung und Stromverbrauch widerspiegelt, mit einer Leistungsänderung zu reagieren. Elemente, die diese Fähigkeit besitzen, werden auch als Flexibilitätsoption bezeichnet. Aus technischer Perspektive ermöglichen Flexibilitätsoptionen einen zeitlichen und/oder räumlichen

Ausgleich von Stromerzeugung und -verbrauch.

Geht man von ökonomischen Prinzipien aus, lassen sich Akteure zu einem gewünschten Verhalten motivieren, wenn damit wirtschaftliche Vorteile einhergehen bzw. Nachteile vermieden werden können. Ob und in welchem Umfang das systembedingt erforderliche und volkswirtschaftlich effiziente Maß an Flexibilität aktiviert werden kann, hängt entsprechend maßgeblich von den wirtschaftlichen Anreizen für eine flexible Anlagenfahrweise ab. Solche Anreize entwickeln sich im energiewirtschaftlichen Rahmen nicht vollständig aufgrund von Angebot und Nachfrage – und damit marktwirtschaftlich –, sondern unterliegen zum Teil der Regulierung. Entsprechend stellen der anzuwendende Rechtsrahmen und dessen Fortentwicklung eine relevante Stellschraube zur Erhöhung der Flexibilität im Energiesystem dar. Als Bewertungsmaßstab für die Fortentwicklung der Regulierung wird im ersten Teil dieses Beitrags ein multikriterieller Vergleich von ausgewählten Flexibilitätsoptionen vorgestellt. Im zweiten Teil wird untersucht, ob die Regulierung in der heutigen Form die Ergebnisse des multikriteriellen Vergleichs widerspiegelt.

Multikriterieller Vergleich von nachfrageseitigen Flexibilitätsoptionen

Im Folgenden werden beispielhaft vier innovative Flexibilitätsoptionen betrachtet, die folgende Nutzungspfade beschreiben:

- Strom zur direkten Nutzung (flexible Last);
- Strom zur Stromspeicherung (Batteriespeicher);
- Strom zu Wärme (Power-to-Heat);
- Strom zu Gas (Power-to-Gas inklusive Rückverstromung).

Diese Technologien werden anhand von vier technikbezogenen Kategorien qualitativ bewertet, die sich aus der Definition der Flexibilität ergeben. Ergänzt werden sie um drei umweltbezogene Kategorien, die dem Nachhaltigkeitsgedanken der Energiewende Rechnung tragen. Eine quantitative Ausgestaltung eines solchen Kennzahlensystems steht noch aus. Zunächst wird auf die Umweltkategorien eingegangen, gefolgt von den technischen Kategorien.

Der *Ressourcenbedarf* umfasst den Material- und Energiebedarf für den Lebenszyklus (vgl. DIN EN ISO 14040) der Flexibilitätsoption und sollte für den Einsatz in einem nachhaltigen Energiesystem möglichst gering sein. Die *Verlustenergie* umfasst die bei der Bereitstellung von Flexibilität auftretenden energetischen Verluste, bspw. beim Umwandeln zwischen Energieformen, im Standby-Betrieb und für flexibilitätsbedingte energetisch nicht optimale Betriebsweisen. Die *Substituti-*

onswirkung ist ein Maß für die Verdrängung fossiler und nuklearer Energieträger zugunsten regenerativer Quellen im Primärenergiemix. Der Primärenergiefaktor (PEF) kann als Indikator dienen. Je höher die Substitutionswirkung, desto ökologisch wertvoller ist die bereitgestellte Flexibilität für ein nachhaltiges Energiesystem.

Eine *Residuallastsenkung* ist von Vorteil, um den Einsatz von konventionellen Kraftwerken zur Überbrückung von Zeiten mit nur wenig Strom aus EE gering zu halten. Eine *Residuallasterhöhung* hat den Vorteil, ein hohes Angebot von EE zu nutzen und eine Abregelung zu vermeiden. Die *Aktivierungszeit* gibt die minimale Zeit zur Aktivierung des Leistungssaldos der Flexibilität an. Die *Einsatzdauer* sagt aus, wie lange eine Flexibilitätsoption ihre Leistungssaldoänderung aufrechterhalten kann.

Eine Bewertung mit (+) bedeutet, dass sich die Technologie in Bezug auf die Kategorie besonders eignet, ein (-) weist auf eine geringe Eignung hin und (0) wird als neutrale Bewertung eingestuft. Wenn zwei Technologien in einer Kategorie mit (+) bewertet werden, bedeutet dies jedoch nicht zwangsläufig, dass deren Eignung identisch ist. Die vorgeschlagene Bewertung soll lediglich die Tendenzen widerspiegeln (siehe Abb.).

Flexible Lasten

Flexible Lasten bezeichnen im vorliegenden Beitrag solche Letztverbraucher, deren Einsatzzweck nicht ausschließlich energetisch begründet ist, sondern den Strom zur Erstellung von Produkten oder Dienstleistungen nutzen. Abzugrenzen von „flexiblen Lasten“ sind Sektorenkopplungstechnologien, die zwar ebenfalls Letztverbraucher i.S.d. § 3 Nr. 25 EnWG sind, die sich jedoch dadurch auszeichnen, dass sie Strom in andere Energieträger umwandeln und damit die Energie abzüglich der Umwandlungsverluste den energiewirtschaftlichen Sektoren erhalten bleiben soll. Flexible Lasten weisen bei der Bereitstellung von Flexibilität durch solche technischen Anlagen, die für ihre eigentliche Funktion bereits vorhanden sind, einen geringen bis keinen (zusätzlichen) Ressourcenbedarf auf. Auch die Verlustenergie beschränkt sich auf ein geringes Maß, das

sich aus der zeitlichen Verlagerung der Produktion ergibt (z.B. Standby-Bedarf während der Wartezeit). Die Substitutionswirkung ist hoch, da durch eine Verlagerung in Zeiten mit hoher (regionaler) EE-Einspeisung eine spätere Verminderung der fossilen Stromerzeugung erreicht werden kann. Aufgrund von Anforderungen im Betriebsablauf bzgl. Aktivierungszeit und Einsatzdauer sind sie größtenteils nur zur Residuallastglättung mit längerer Vorlaufzeit geeignet [6].

Batteriespeicher

Batteriespeicher weisen durch den intensiven Materialeinsatz einen erheblichen Ressourcenbedarf auf. Beim Be- und Entladen des Speichers sowie im Standby-Betrieb treten technologieabhängige Verluste auf. Die Substitutionswirkung ist, vergleichbar mit flexiblen Lasten, als „hoch“ einzuschätzen. Batterien bieten eine schnelle Reaktionszeit sowie die Möglichkeit zur Residuallastsenkung und -erhöhung. Die Einsatzdauer kann sich prinzipiell anhand des Bedarfs ausrichten. Typischerweise sind aber untertägige Be- und Entladungen des Batteriespeichers technisch und wirtschaftlich sinnvoll.

Power-to-Heat-Anlagen (PtH)

Power-to-Heat-Anlagen (PtH) [7] weisen einen auf die installierte Leistung bezogenen geringen Ressourcenbedarf für den Heizstab oder Elektrodenkessel sowie den Netzanschluss auf. Der Strom wird verlustfrei in Wärme umgewandelt. Da die herkömmlichen PtH-Technologien den Strom gemäß des derzeitigen Strommixes mit einem hohen Primärenergiefaktor (PEF) in Wärme umwandeln, ist die Substitutionswirkung mit (-) bewertet. Je höher der künftige EE-Anteil am Strommix ist, desto besser kann jedoch die Bewertung ausfallen. Aufgrund der schnellen Aktivierungszeit ist die Technologie für den Einsatz von negativer Regelleistung und damit zur Residuallasterhöhung geeignet.

Power-to-Gas Anlagen (PtG)

Power-to-Gas Anlagen (PtG) [8] setzen Elektrolyseure und ggf. Methanisierungsanlagen mit hohen Anteilen an Edelmetallen ein. Wenn eine Rückverstromung über bestehende Gaskraft-

werke erfolgt, kann der Ressourcenbedarf auf die Leistung bezogen mit (0) bewertet werden. Die höhere Verlustenergie über die Umwandlungskette Strom-Wasserstoff-Methan-Strom wird mit (-) bewertet. Die Aktivierungszeit ist insbesondere durch den Elektrolyse- und Methanisierungsprozess eingeschränkt. Die Technologie kann als saisonaler Speicher ein wichtiger Baustein im zukünftigen Energiesystem sein.

Aus dem multikriteriellen Vergleich ergibt sich, dass die beispielhaft betrachteten Technologien unterschiedliche Stärken und Schwächen in den einzelnen Bewertungskategorien aufweisen. Eine pauschale technologiespezifische Privilegierung erscheint vor diesem Hintergrund folglich zur Steigerung des Flexibilitätsangebots weder geeignet noch erforderlich. Ob sich dieses Ergebnis auch bei der regulatorischen Behandlung von Flexibilitäten widerspiegelt, wird im Folgenden erörtert.

Anreize für Flexibilität im aktuellen energiewirtschaftlichen Rechtsrahmen

Der zeitlich volatile Großhandelsstrompreis impliziert die marktseitigen Anreize für Erzeugungs-, Speicher- oder Verbrauchsanlagen dergestalt, in Knappheits- oder Überschussituationen die erforderliche Flexibilität bereitzustellen. Im Gegensatz zu Erzeugung- und Speicheranlagen unterliegen Verbrauchsanlagen der Besonderheit, dass sie als Letztverbraucher i. S. d. § 3 Nr. 25 EnWG gelten und der Strombezug entsprechend mit Letztverbraucherabgaben belastet ist (EEG-Umlage, Netzentgelte, Stromsteuer etc.). Dies gilt unabhängig davon, ob sie flexibel agieren oder nicht.

Der Gesetzgeber hat bisher auf die Hemmnisse bei der Aktivierung von Flexibilität mit Privilegien für ausgewählte Technologieoptionen oder bestimmte Verbrauchergruppen reagiert. Beispielsweise können Power-to-Gas-Anlagen auch ohne Rückverstromung nach § 118 Abs. 6 S. 7 EnWG von einer Netzentgeltbefreiung profitieren, Betreiber rückspeisender Stromspeicher können nach § 19 Abs. 4 Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV) mit den Netzbetreibern individuelle

Netzentgelte aushandeln sowie Power-to-Heat-Anlagen im Rahmen von § 13 Abs. 6a EnWG unter bestimmten Voraussetzungen punktuell unterstützt werden. Auch bestimmte Letztverbrauchergruppen werden im aktuellen Rechtsrahmen privilegiert, ohne deren Flexibilität als Kriterium zu berücksichtigen. So erhalten stromkostenintensive Unternehmen eine Reduzierung ihrer EEG-Umlagepflicht nach § 63 ff. EEG 2017 (besondere Ausgleichsregelung). Begründet wird dieser wirtschaftliche Vorteil ausschließlich mit der internationalen Wettbewerbssituation solcher Unternehmen. Ebenfalls pauschale Privilegierungen sind in § 19 Abs. 2 S. 2 StromNEV angelegt, nach dem für besonders hohen und gleichmäßigen Stromverbrauch einer Abnahmestelle mit dem zuständigen Netzbetreiber reduzierte Netzentgelte vereinbart werden können. Auch § 10 StromStG gewährt, stromsteuerrechtliche Privilegierungen für bestimmte Großverbraucher ohne Flexibilität vorauszusetzen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass Stromgroßverbraucher bereits weitreichend in Bezug auf Letztverbraucherabgaben privilegiert sind. Abgaben- bzw. umlagenbezogene Anreize zur Flexibilitätsbereitstellung sind für diese Verbrauchergruppen folglich kaum mehr vorhanden, obwohl hier ein bedeutendes Flexibilitätspotenzial verborgen liegt. Im Rahmen der SINTEG-Experimentierklausel nach § 9 SINTEG-V darf eine EE-Anlage (wirtschaftlich neutral gestellt) bei Netzen gpässen ihre Einspeisung durch Nutzung einer zuschaltbaren Last nur reduzieren, wenn die zusätzliche Last den Strombezug nicht nur zeitlich verschiebt. Entsprechend können flexible Lasten, z.B. aus industriellen Prozessen, denen eine zeitliche Verschiebung der Produktion zu Grunde liegt, von dieser Regelung nicht profitieren, obwohl sie erhebliche Flexibilitätspotenziale bergen.

Zu berücksichtigen ist aber auch, dass Normen wie § 14a EnWG, der individuelle Netzentgelte für steuerbare Verbrauchseinrichtungen für eine netzdienliche Fahrweise ermöglicht, bereits in die richtige Richtung zeigen, je-

doch durch die Beschränkung des Anwendungsbereichs auf die Niederspannung und wegen der bislang fehlenden Konkretisierung durch den Verordnungsgeber nicht wirksam sind.

Fazit

Der multikriterielle Vergleich der ausgewählten Flexibilitätsoptionen unterstreicht deren unterschiedliche Eignung in den einzelnen Bewertungskategorien. Die rechtliche Analyse zeigt jedoch, dass diese Stärken und Schwächen noch nicht ausreichend im Rechtsbestand berücksichtigt werden. Grundsätzlich sollten Anreize für netz-, markt- oder systemdienliche Flexibilität technologieneutral gewährt werden, damit ein Großteil des technischen Potenzials auch wirtschaftlich erschlossen werden kann. Dadurch wäre auch sichergestellt, dass jede Flexibilitätsoption im Wettbewerb die Art von Flexibilität bereitstellen kann, für die sie technisch und wirtschaftlich besonders geeignet ist. Dadurch kann sich auch ein höheres Maß an Wettbewerb entfalten, insbesondere auf den im Rahmen des Forschungsprojekts SINTEG zu erprobenden regionalen Marktplattformen zur Beschaffung von Flexibilität durch den Netzbetreiber.

Technologieneutralität als Maßstab der Regulierung von Flexibilität gewährleistet jedoch noch keinen Innovationsschub hin zu ökologischer Flexibilität. Betrachtet man Flexibilität nicht als Selbstzweck, sondern als erforderliche Antwort auf die energiewendebedingte Einspeisung fluktuierender erneuerbarer Energien, ist es nur konsequent, auch bei der Flexibilitätsbereitstellung ökologische Kriterien zu berücksichtigen. Daher sollte sich eine Weiterentwicklung der Regulierung von Flexibilität neben dem technologieoffenen Zugang auch an ökologischen Kennzahlen orientieren, wie sie exemplarisch im multikriteriellen Vergleich vorgestellt wurden und forschungsseitig weiter konkretisiert werden müssen. Dadurch könnten sich innovative Flexibilitätsoptionen und passende Geschäftsmodelle entwickeln und eine möglichst vollständige EE-Integration, unter Beachtung der energiewirtschaftlichen Ziele, sicherstellen.

Anmerkungen

[1] Dieses Dokument beruht auf Arbeiten, die mit Unterstützung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des SINTEG-Programms „Schaufenster intelligente Energie - Digitale Agenda für die Energiewende“ im Schaufenster WindNODE erstellt wurden. Die hier enthaltenen Ansichten der Verfasser spiegeln nicht notwendigerweise die Ansichten des BMWi oder der übrigen WindNODE-Partner wider.

[2] IEA: The Power of Transformation. Wind, Sun and the Economics of Flexible Power Systems, Paris 2014.

[3] Gridlab: Fachstudie zur Umsetzung der Energiewende in der 50Hertz-Regelzone mit Fokus auf Berlin und Brandenburg. Studie im Auftrag der Zukunftsagentur Brandenburg GmbH, Potsdam 2015.

[4] Das BMWi-Förderprogramm "Schaufenster intelligente Energie - Digitale Agenda für die Energiewende" (SINTEG) zielt darauf ab, in großflächigen "Schaufensterregionen" skalierbare Musterlösungen für eine sichere, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung bei hohen Anteilen fluktuierender Stromerzeugung aus Wind- und Sonnenenergie zu entwickeln und zu demonstrieren.

[5] Müller M., Estermann T., Köppl S.: Dezentrale Flexibilität für lokale Netzdienstleistungen. BWK 70 (2018) Nr. 6, 34-37.

[6] Steurer, M.: Analyse von Demand Side Integration im Hinblick auf eine effiziente und umweltfreundliche Energieversorgung. Stuttgart, 2017.

[7] Es werden hier nur Elektrokessel und Heizstäbe betrachtet, keine Wärmepumpen.

[8] Inklusive Rückverstromung.

H. Doderer, Wissenschaftlicher Referent, Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V. (IKEM), Berlin; Dr. H. Kondziella, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement (IIRM), Universität Leipzig; C. Koch, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Fachgebiet Energiesysteme, Technische Universität Berlin; J. Guder, Siemens AG, Corporate Technology, Berlin hannes.doderer@ikem.de

Flexibilitätsoption		Flexible Lasten	Batterie-speicher	Power-to-Heat	Power-to-Gas
Wirkungskategorie					
Umwelt	Ressourcenbedarf	+	-	+	0
	Verlustenergie	+	0	+	-
	Substitutionswirkung	+	+	-	+
Technik	Residuallastsenkung	+	+	-	+
	Residuallasterhöhung	+	+	+	+
	Aktivierungszeit	0	+	+	0
	Einsatzdauer	0	0	+	+

Abb: Qualitative Bewertung ausgewählter Flexibilitätsoptionen. [+ positive Eignung; 0 kein Einfluss; - negative Eignung]