



Virtuelle Kraftwerke im realen Energiemarkt

Ländervergleich | Die Energie-Agentur NRW hat sich mit den regulatorischen und strukturellen Rahmenbedingungen für virtuelle Kraftwerke in Deutschland, Österreich und der Schweiz beschäftigt. Der Blick über die Landesgrenzen soll Unterschiede und Gemeinsamkeiten, Ausgestaltungsmöglichkeiten und das Potenzial virtueller Kraftwerke zur Erschliessung neuer Geschäftsmodelle aufzeigen.

STELLA POELZIG

Virtuelle Kraftwerke sind ein sehr gutes Beispiel für ein digitales Geschäftsmodell in der Energiewelt und bieten grosse Potenziale, um den Umbau des Energiesystems erfolgreich zu gestalten. Die Integration solcher Geschäftsmodelle in die stark regulierten Energiemärkte ist aber auch eine Herausforderung. So ist der regulatorische Rahmen für die Entwicklung von virtuellen Kraftwerken

und Flexibilitätsprodukten entscheidend. Dieser Bericht informiert über Gemeinsamkeiten und Unterschiede dieser Rahmenbedingungen in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Der Fokus liegt hierbei auf Anwendungen virtueller Kraftwerke, bei denen die Erbringung von Flexibilität im Vordergrund steht und die Kraftwerke mitunter neue Rollen im Markt einnehmen.

Rahmenbedingungen für digitale Geschäftsmodelle

Der Ausbau der erneuerbaren Energien und die damit einhergehende Dezentralität hat die Akteurslandschaft in der Energiewirtschaft stark gewandelt. Die Identifizierung neuer Geschäftsmodelle in einer erneuerbaren, digitalen Energiewelt ist für viele Branchenteilnehmer ein zunehmend relevantes Themenfeld. Virtuelle

Kraftwerke sind dabei in vielerlei Hinsicht ein beachtenswertes Geschäftsmodell. Sie bieten ein digitales, plattform-basiertes Geschäft, das ohne eigene Assets Dienstleistungen dezentraler Anlagen anbietet. Sie werden somit der Dezentralität des heutigen Systems gerecht und stellen Systemdienstleistungen bereit, die der Integration erneuerbarer Energien dienen. Potenziale und Erfolge neuer Geschäftsmodelle beruhen jedoch nicht allein auf technologischen und produkt-spezifischen Eigenschaften, sondern auch auf regulatorischen und strukturellen Rahmenbedingungen.

Der Regleenergiemarkt ist von grossem Interesse

In allen drei Ländern ist der Regleenergiemarkt für virtuelle Kraftwerke besonders interessant. Das relativ hohe Preisniveau für eine Leistungsvorhaltung, kombiniert mit einem relativ geringen Energieeinsatz, gibt den Anreiz, auch Anlagen zu vermarkten, die nur sekundär für die Energiewirtschaft eingesetzt werden. Somit ermöglichen virtuelle Kraftwerke neuen Flexibilitätsoptionen – wie flexible Industrieprozesse – die Teilnahme am Regleenergiemarkt. Das politische Drängen nach einer Marktöffnung und einem «level playing field» für virtuelle Kraftwerke galt insbesondere deren Teilnahme am Regleenergiemarkt,

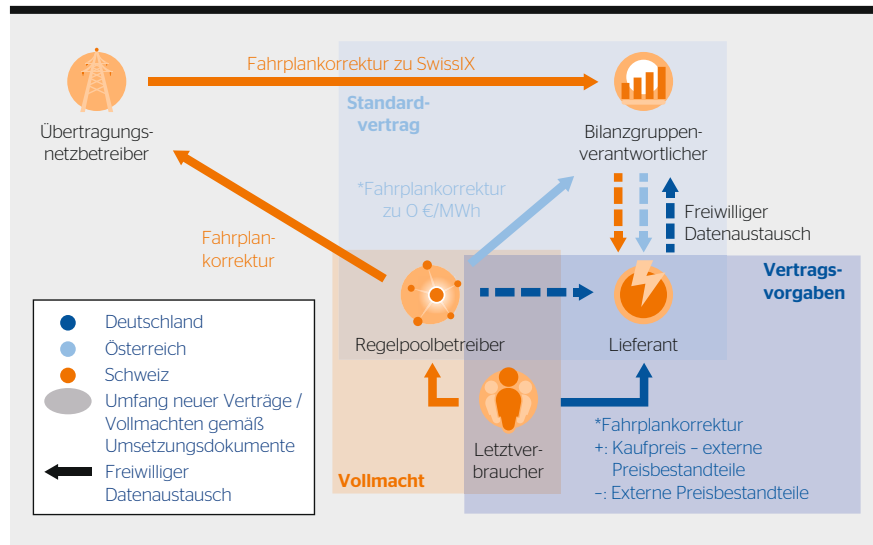


Bild 1 Prozess der Fahrplankorrektur bei bilanzübergreifendem Pooling.

wodurch sich dort in den vergangenen Jahren einige Änderungen ergeben haben.

Für die Integration virtueller Kraftwerke in den Regleenergiemarkt sind folgende Rahmenbedingungen bedeutsam:

- Zugang zu Flexibilität in fremden Bilanzkreisen mit klarer Rollenverteilung
- Regleenergieprodukte und Ausschreibungsbedingungen für Regleenergie
- Präqualifikation zur Teilnahme am Regleenergiemarkt
- Standardisierungen und konstante Marktregeln

Zugang zu Flexibilität in fremden Bilanzkreisen

Viele virtuelle Kraftwerke haben sich anfänglich ausschliesslich darauf fokussiert, die Flexibilität von Anlagen zu vermarkten, ohne die Stromversorgung für diese Anlagen zu übernehmen. Sie schufen somit eine neue Rolle in der Energiewirtschaft, die es in den Marktregeln und Prozessen vorher nicht gab. Die Neuheit war, dass der Stromverbrauch nicht in jenem Bilanzkreis abgerechnet wird, in dem die Flexibilität des Stromverbrauchs die Regleenergie bereitstellt. Dies führt zur Unausgeglichenheit des Stromversorgungs-Bilanzkreises.

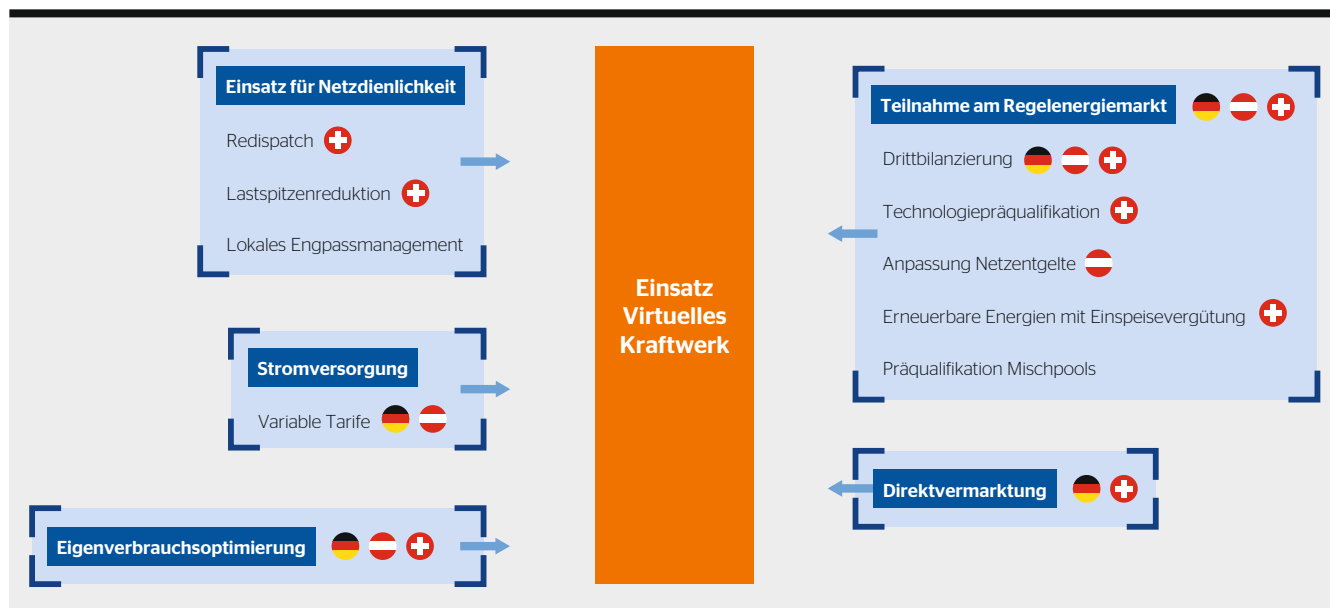


Bild 2 Rahmenbedingungen zur Teilnahme virtueller Kraftwerke für system- und netzdienliche Einsätze in den Ländern Deutschland, Österreich und Schweiz.

Bilder: Energie-Agentur NRW

In der Vergangenheit wurde die Problematik oft durch bilaterale Vereinbarungen gelöst. Deren praktische Ausgestaltung stellte jedoch ein grosses Hindernis für den Marktzugang virtueller Kraftwerke dar. Aus diesem Grund wurden von diversen Seiten Standardisierungen, eindeutig geklärte Verantwortlichkeiten und eine klare Rolle der virtuellen Kraftwerke in energiewirtschaftlichen Prozessen gefordert.

Deutschland, Österreich und die Schweiz haben in den vergangenen Jahren Vereinbarungen für eine sogenannte Drittbilanzierung bei bilanzübergreifendem Pooling geschaffen. Diese sehen nachträgliche Fahrplankorrekturen vor, um die Bilanzkreise ausgeglichen zu halten. **Tabelle 1** gibt einen Überblick über die Modelle und Standardisierungen der drei Länder für die bilanzübergreifende Vermarktung

von Regelenenergie. **Bild 1** zeigt ausserdem den jeweiligen Fahrplanaustausch und den Umfang abzuschliessender Vereinbarungen gemäss den vorgeschlagenen Modellen der Länder.

Regeln und Produktgestaltung des Regelenenergiemarkts

Die allgemeinen Marktregeln und die Ausgestaltung von Energieprodukten sind wesentlich für die Integration virtueller Kraftwerke in die Regelenenergiemärkte. Um dort gebündelt teilnehmen zu können, haben Verbraucher, erneuerbare Energieanlagen und Pools unterschiedlicher Anlagen (Mischpools) andere Voraussetzungen als konventionelle Kraftwerke. Einige Produktkriterien und Marktregeln sind für die Systemstabilität nicht ausschlaggebend, jedoch der Marktintegration von Lastmanagement und virtuellen Kraftwerken hinderlich.

In den vergangenen Jahren haben alle drei Länder Änderungen vorgenommen, um unkonventionellen Anlagen den Marktzugang zu erleichtern. Die **Tabellen 2 und 3** geben einen Überblick über die wesentlichen technischen Anforderungen und Marktregeln der Tertiärregelleistung (TRL) und Sekundärregelleistung (SRL).

Präqualifikationskriterien für den Regelenenergiemarkt

Die Präqualifikationskriterien setzen die technischen Anforderungen fest, die Anlagen zur Erbringung von Regelleistung erfüllen müssen. Virtuelle Kraftwerke bestehen aus einer grossen Anzahl kleinerer Anlagen, die zum Teil einzeln präqualifiziert werden müssen. Aus diesem Grund geben die Präqualifikationskriterien wesentliche Rahmenbedingungen für die

Vergleich der Modelle der Drittbilanzierungen für virtuelle Kraftwerke			
	Deutschland	Österreich	Schweiz
Dokumentenart	Beschluss der Bundesnetzagentur	Abwicklungsvereinbarung des Verbands Österreichs Energie	Branchenempfehlung Strommarkt Schweiz des Verbands Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE
Titel des Dokuments	Festlegung zur Regelung der Erbringung von SRL und TRL durch Letztverbraucher in Stromlieferverträgen der Bundesnetzagentur	Abwicklungsvereinbarung zur Vorhaltung und Aktivierung von Regelreserven	Anbindung von Regelpools an den Schweizer SDL-Markt
Inhalt	Regelungen der Beziehungen, Verantwortlichkeiten und Vertragsinhalte zwischen den Lieferanten und Endverbrauchern	Mustervertrag zwischen Regelreserveanbieter, Bilanzkreisverantwortlichem und Lieferant	Detaillierte Regelungen der Beziehungen und Verantwortlichkeiten zwischen den Marktakteuren
Gültigkeit ab	September 2017	2016	Oktober 2013
Rechtliche Verbindlichkeit	Hoch	Keine	Mittel
Zielmarkt	Sekundär- und Tertiärregelleistung	Sekundär- und Tertiärregelleistung	Sekundär- und Tertiärregelleistung
Betroffene technische Anlagen	Endverbraucher	Produktionsanlagen und Endverbraucher	Produktionsanlagen und Endverbraucher
Verpflichtete Akteure gemäss der Regelung	Letztverbraucher und Lieferant	Regelpoolbetreiber, Bilanzkreisverantwortlicher, Übertragungsnetzbetreiber	Verteilnetzbetreiber, Regelpoolbetreiber, Übertragungsnetzbetreiberin
Notwendiger Datenaustausch für den Bilanzausgleich	Zwischen Letztverbraucher und Lieferant	Zwischen Bilanzkreisverantwortlichen und Lieferant	Zwischen Übertragungsnetzbetreiberin und Bilanzkreisverantwortlichen sowie Regelpoolbetreiber
Bilanzausgleich-Modell	Corrected model		
Fahrplananpassung der gelieferten Energie durch Letztverbraucher (Erfüllungsgehilfe Regelpoolbetreiber)	Corrected model		
Ex-post Korrekturfahrplan der gelieferten Energie zwischen Poolbetreiber und BGV	Regulated model		
Fahrplananpassung über den Übertragungsnetzbetreiber in den Bilanzkreis des Bilanzkreisverantwortlichen, aber keine Korrektur der gemessenen und gelieferten Energiemenge			
Zentrale Koordinierungsstelle	Nein	Nein	Übertragungsnetzbetreiberin (zum Teil)
Berücksichtigung von Nachholeffekten durch Regelenenergieabrufe	Berücksichtigung der Angabe zu Nachholeffekten, aber keine Berücksichtigung eines bilanziellen Ausgleichs	Berücksichtigung mit obligatorischem Einvernehmen zu bilanziellem und finanziellem Ausgleich	Keine Berücksichtigung von Nachholeffekten
Steuernder Zugriff Dritter	Steuernder Zugriff des Lieferanten kann ausgeschlossen werden	Steuernder Zugriff des Verteilnetzbetreibers möglich (kein Bedarf bekannt)	Steuernder Zugriff des Verteilnetzbetreibers kann vertraglich vereinbart werden
Echtzeit-Online-Monitoring für den Bilanzkreis	Nicht standardisierte Schnittstelle (vom Lieferanten zu bestimmen) im Falle einer Online-Bewirtschaftung des Bilanzkreises obligatorisch	Standardisierte Schnittstelle über den Übertragungsnetzbetreiber für den Bilanzkreisausgleich	Kein Datenaustausch vorgesehen

Tabelle 1 Vergleich der Modelle der Drittbilanzierungen für virtuelle Kraftwerke.

Integration unkonventioneller und kleiner Anlagen in ein virtuelles Kraftwerk.

Alle drei Länder haben diese in den vergangenen Jahren angepasst, um kleinen Anlagen und Verbrauchern die Marktteilnahme zu ermöglichen. So wurden in der Schweiz und in Österreich die Präqualifikation als Anbieterpool für TRL (in Österreich auch SRL) ermöglicht. Zudem wurden in diesen beiden Ländern die Voraussetzungen für vereinfachte Verfahren zur Präqualifikation vergleichbarer Technologien geschaffen. Die Möglichkeit der Präqualifikation von Mischpools, in denen einzelne Anlagen allein nicht die notwendige Regellenergieart bereitstellen können, ist in Österreich gegeben und nach Einzelfallentscheidung des Übertragungsnetzbetreibers auch in Deutschland.

Die Netzentgelte spielen eine wesentliche Rolle

Eine wesentliche Rolle für die Wirtschaftlichkeit von virtuellen Kraftwerken spielen die Netzentgelte. Da die gebündelten Anlagen mit ihrer Bereitstellung von Flexibilität zwar netzdienliche oder systemdienliche Funktionen konventioneller Kraftwerke übernehmen, aber nicht als diese rechtlich klassifiziert sind, haben sie für die bezogene Energie Netzentgelte zu zahlen.

Dies macht eine Bereitstellung von Flexibilität oft unwirtschaftlich. In Deutschland zahlen Verbraucher für die erbrachte negative Regellenergie die gesamten Abgaben, Umlagen, Steuern und Netzentgelte. In der Schweiz können hierzu noch zusätzliche Kosten durch eine Erhöhung der monatlichen Leistungsspitze auftreten. In Deutschland existiert zudem eine Verordnung

zu Sonderformen der Netznutzung [1], die keine Anreize für die Vermarktung am Regelleistungsmarkt darstellt.

Österreich hat als einziges Land bereits im Jahr 2014 ein eigenes Netznutzungsentgelt für nachweislich aktivierte Regelleistung eingeführt. Dieses Entgelt ist deutlich geringer und gewährleistet, dass Verbraucher bei der Erbringung von Systemdienstleistungen nicht schlechter gestellt sind als konventionelle Kraftwerke.

Netzdienlicher Einsatz

Virtuelle Kraftwerke können aus technischer Sicht dafür genutzt werden, Flexibilität netzdienlich einzusetzen. Sie können Spitzenlasten reduzieren und lokale kritische Netzsituationen oder Netzengpässe im Übertragungsnetz begrenzen. Gerade durch die zentrale, intelligente Steuerung vieler klei-

Vergleich der Produkte und Marktregeln für die Tertiärregelleistung

	Deutschland	Österreich	Schweiz
Ausschreibungszeitraum	Täglich (seit Juli 2018)	Wöchentlich/werktäglich	Wöchentlich/werktäglich
Ausschreibungsprodukt	6x4-Stunden-Produkte	Werkwochen, Wochenenden, Tage und 6x4-Stunden-Produkte	Wochen- und 6x4-Stunden-Produkte
Produktart	Positive und negative Regelleistung getrennt	Positive und negative Regelleistung getrennt	Positive und negative Regelleistung getrennt
Reaktionszeit	Max. 15 Minuten	Max. 10 Minuten	Max. 15 Minuten
Angebotsgrösse und Struktur	Mindestens 1 MW, Erhöhung jeweils 1 MW (ab Juli 2019 verbindlich)	Mindestens 1 MW, Erhöhung jeweils 1 MW	Mindestens 5 MW, Erhöhung jeweils 1 MW
Maximalpreis	9999 €/MWh (seit Januar 2018)	Kein Maximalpreis	Positive TRL: 9999 €/MWh
Negative TRL: -500 €/MWh	Endverbraucher	Produktionsanlagen und Endverbraucher	Produktionsanlagen und Endverbraucher
Zuschlagskriterium	Merit-Order gemäss Leistungspreisen (Einführung des Mischpreisverfahrens vom 12. Juli 2018 aufgeschoben aufgrund eines Eilantrags, Stand Oktober 2018)	Merit-Order gemäss Leistungspreisen (Marktmaker-Markt)	Merit-Order gemäss Leistungspreisen (aber Minimierung der Kosten der Leistungsvorhaltung mit Mengenverteilung Sekundär- und Tertiärregelleistung)
Abruf	Merit-Order gemäss Arbeitspreisen	Merit-Order gemäss Arbeitspreisen	Merit-Order gemäss Arbeitspreisen

Tabelle 2 Vergleich der Produkte und Marktregeln für die Tertiärregelleistung.

Vergleich der Produkte und Marktregeln für die Sekundärregelleistung

	Deutschland	Österreich	Schweiz
Ausschreibungszeitraum	Täglich (seit Juli 2018)	Wöchentlich	Wöchentlich
Ausschreibungsprodukt	6x4-Stunden-Produkt (seit Juli 2018)	Wochenprodukt Peak-Zeiten (8 10 Uhr)	Wochen- und 6x4-Stunden-Produkte
Wochenprodukt Off-Peak-Zeiten (20 8 Uhr)	Positive und negative Regelleistung getrennt	Positive und negative Regelleistung getrennt	Positive und negative Regelleistung getrennt
Wochenende	Wochenprodukt	Max. 10 Minuten	Max. 15 Minuten
Produktart	Positive und negative Regelleistung getrennt	Positive und negative Regelleistung getrennt	Positive und negative Regelleistung getrennt (seit Juni 2018)
Reaktionszeit	Max. 5 Minuten	Max. 5 Minuten	Max. 5 Minuten
Angebotsgrösse und Struktur	Mindestens 1 MW (ab Juli 2019 verbindlich), vorher 5 MW	Mindestens 5 MW, Erhöhung jeweils inkrementell 1 MW	Mindestens 5 MW, Erhöhung jeweils inkrementell 1 MW
Maximalpreise	9999 €/MWh (seit Januar 2018)	Arbeitspreise maximal 9999 €/MWh	Keine Preisobergrenze
Zuschlagskriterium	Merit-Order gemäss Leistungspreisen (Einführung des Mischpreisverfahrens vom 12. Juli 2018 aufgeschoben aufgrund eines Eilantrags)	Merit-Order gemäss Leistungspreisen	Merit-Order gemäss Leistungspreisen
Abruf	Merit-Order gemäss Arbeitspreisen	Merit-Order gemäss Arbeitspreisen	Proportional zur kontrahierten Leistung des Anbieters

Tabelle 3 Vergleich der Produkte und Marktregeln für die Sekundärregelleistung.

ner im Netz verteilten Einheiten bietet sich ein virtuelles Kraftwerk an, um Kriterien wie prognostizierte Netzengpässe in der Steuerung mitzuberücksichtigen und diese gezielt zu begrenzen.

Allerdings ist das Engpassmanagement in Verteilnetzen heute oft noch beschränkt. Aufgrund der geringen Anzahl von installierten Messsystemen ist der Netzzustand häufig nicht bekannt. Zudem besteht heute kein Regularium, um regionale Flexibilität gezielt für das Verteilnetz einzusetzen und dieses in den Energiehandel einzubinden.

In allen drei Ländern haben die Übertragungsnetzbetreiber die Verantwortung, Massnahmen zur Vermeidung von Netzengpässen (Redispatch) auf Übertragungsebene durchzuführen. Dafür greifen sie auf grosse Kraftwerke (in Deutschland >50 MW) zurück, die sich an den entsprechenden Knotenpunkten befinden.

Die Möglichkeiten für kleinere Anlagen, am Redispatch teilzunehmen, sind sehr begrenzt. In einem Pilotprojekt nutzt der deutsche Übertragungsnetzbetreiber Tennet derzeit die Flexibilität gebündelter, dezentraler Heimspeicher des virtuellen Kraft-

werkbetreibers Sonnen, um Engpässe im Netz zu managen. Virtuelle Kraftwerke haben somit gemäss Tennet die Möglichkeit, Transportengpässe im Netz zu reduzieren [2].

In der Schweiz wird voraussichtlich im Herbst 2019 erstmals durch die Übertragungsnetzbetreiberin Swissgrid ein integrierter Markt eingeführt, der die manuell abrufbaren Produkte Tertiärregelleistung und internationaler Redispatch vereint. Das Ziel ist, die Redispatch-Kapazitäten zu erhöhen und einen sicheren Netzbetrieb zu gewährleisten. Dieser integrierte Markt gibt Anlagen auf Verteilnetzebene – auch durch die Ansteuerung von virtuellen Kraftwerken – die Möglichkeit, am Redispatch teilzunehmen.

Ähnliche Entwicklungen

Im Grunde zeigen sich ähnliche Entwicklungen in den Ländern Deutschland, Österreich und Schweiz, auch wenn die Rahmenbedingungen im Kontext der nationalen Märkte zum Teil stark voneinander abweichen. **Bild 2** zeigt nochmals auf, welche Rahmenbedingungen für netz- und systemdienliche Einsätze virtueller Kraftwerke bestehen und wofür virtuelle Kraftwerke eingesetzt werden können.

Die Rahmenbedingungen für virtuelle Kraftwerke haben sich in allen drei Ländern in den vergangenen Jahren positiv gewandelt. Die Einsatzbedingungen virtueller Kraftwerke werden in Zukunft insbesondere davon bestimmt werden, wie sich die Märkte und Marktregeln auf europäischer und nationaler Ebene weiterentwickeln. Die politischen Ziele eines «level playing field», der Technologieneutralität und der Dekarbonisierung der Energieversorgung sprechen heute in vielen Punkten für die Geschäftsmodelle virtueller Kraftwerke. Die technologischen und markttechnischen Veränderungen werden einen massgeblichen Einfluss auf Geschäftsmodelle virtueller Kraftwerke haben.

Referenzen

[1] Deutsche Verordnung über die Entgelte für den Zugang zu Elektrizitätsversorgungsnetzen (Stromnetzentgeltverordnung – StromNEV), §19 Sonderformen der Netznutzung, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

[2] «Haushalte stabilisieren das Stromnetz», Tennet, 2017.



Autorin

Stella Poelzig ist stellvertretende Themengebieteleiterin Energiewirtschaft der Energie-Agentur.NRW. Bis 2018 arbeitete sie bei den EKZ in Zürich und Dietikon.
→ Energie-Agentur.NRW,
D-40219 Düsseldorf
→ poelzig@energieagentur.nrw

RÉSUMÉ

Des centrales virtuelles sur le marché de l'énergie réelle

Comparaison internationale Suisse, Allemagne et Autriche

Les centrales virtuelles sont un très bon exemple de modèle d'affaires numérique dans le monde énergétique: elles offrent un grand potentiel pour une transformation réussie du système énergétique. Mais l'intégration de tels modèles d'affaires dans les marchés énergétiques fortement régulés constitue aussi un défi: le cadre réglementaire est déterminant pour le développement de centrales virtuelles et de produits de flexibilité. Le présent article informe sur les points communs et les différences de ces conditions-cadre en Suisse, en Allemagne et en Autriche. Il se concentre sur les applications de centrales virtuelles, qui fournissent en priorité de la flexibilité et pour lesquelles les centrales assument parfois de nouveaux rôles sur le marché.

Dans le fond, des évolutions similaires se font jour en Allemagne, en Autriche et en Suisse, même si les condi-

tions-cadre divergent parfois fortement dans le contexte des marchés nationaux. Les conditions-cadre pour les centrales virtuelles se sont transformées positivement dans les trois pays au cours des dernières années. À l'avenir, les conditions d'utilisation des centrales virtuelles seront en particulier déterminées par la manière dont les marchés et les règles du marché vont se développer à l'échelle européenne et nationale. Les objectifs politiques d'un «level playing field», de la neutralité technologique et de la décarbonisation de l'approvisionnement énergétique parlent aujourd'hui, sur de nombreux points, en faveur des modèles d'affaires des centrales virtuelles. Les changements technologiques et relatifs au marché auront une influence décisive sur les modèles d'affaires des centrales virtuelles.

MR