

Flexibilität als zentrale Herausforderung für Europas Stromsystem der Zukunft

Der Stromsektor steht in allen europäischen Ländern vor großen Veränderungen. Die Kraftwerke sind vielfach veraltet und fast alle Länder diskutieren oder implementieren Reformen ihrer nationalen Stromsysteme. Die Entwicklungen weisen zwar in verschiedene Richtungen und verlaufen in unterschiedlichen Geschwindigkeiten, eine grundlegende Gemeinsamkeit zeichnet sich jedoch immer mehr ab: Der Durchbruch von Windkraft und Photovoltaik als günstigen Stromquellen wird das europäische Stromsystem fundamental verändern. Die beiden Technologien erzwingen eine Flexibilisierung des Stromsystems, um die wetterbedingten Schwankungen der Stromproduktion auszugleichen. Dies gilt nicht nur für einige wenige Länder, sondern für ganz Europa.

Dieser Flexibilitätsherausforderung kann europäisch besser begegnet werden als auf Ebene einzelner Mitgliedsstaaten. Je enger die Kooperation, desto einfacher, billiger und sicherer wird die Transformation des europäischen Stromsektors.

Europas Kraftwerkspark vor großen Umbrüchen

Europas Kraftwerkspark kommt in die Jahre. Etwa 70 % der konventionellen Kraftwerke sind älter als 30 Jahre (BMWi 2014, COM 2014b) und werden in den nächsten 15 Jahren entweder stillgelegt oder grundlegend überholt, da sie ihre technische Lebensdauer erreichen. Verstärkt wird dieser Prozess durch europäische Anforderungen zur Luft- und Wasserreinhaltung, die kostenträchtige Umbauten erforderten. Viele Versorger sind aber aufgrund unsicherer Marktbedingungen nicht bereit, diese Umbauten zu finanzieren.

Europa steht daher vor einer Welle von Neubauten im Kraftwerkssektor. Die zentrale Fragen sind dabei: In welche Technologien wird investiert? Wie sieht dementsprechend der zukünftige Energiemix aus? Wir können davon ausgehen, dass alte fossile Kraftwerke nicht einfach durch neue fossile Kraftwerke ersetzt werden. Dem steht die europäische Klimapolitik entgegen. Mit dem Beschluss, die Treibhausgasemissionen bis 2030 um 40 % zu reduzieren, den Anteil der erneuerbaren Energien im selben Zeitraum auf mindestens 27 % zu steigern und das Emissionshandelssystem zu reformieren, hat der Europäische Rat im Oktober 2014 klare Vorgaben formuliert. Für den europäischen Stromsektor bedeuten diese

Beschlüsse: Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromproduktion muss bis 2030 auf nahe 50 % steigen (COM 2014a).

Zudem herrscht weitgehend Einigkeit darüber, dass der Stromsektor mittelfristig fast vollständig dekarbonisiert werden muss, wenn das europäische Klimaziel einer Emissionsreduktion von 80 bis 95 % bis 2050 erreicht werden soll (COM 2011). Vor diesem Hintergrund erscheinen Investitionen in CO₂-intensive Technologien – trotz des derzeit sehr niedrigen Preisniveaus für CO₂-Emissionszertifikate – als ein aus Investorenperspektive inakzeptables Risiko (Pöyry 2013).

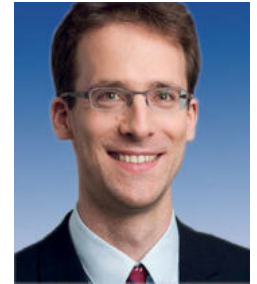
Es bleiben daher drei wesentliche Optionen für den Ersatz und Zubau von Kraftwerken im künftigen europäischen Stromsystem: Kernkraftwerke, thermische Kraftwerke mit „Carbon Capture & Storage“-Technologie (CCS) und erneuerbare Energien. Dabei zeichnet sich immer deutlicher ab, dass die Erneuerbaren schon aus ökonomischen Gründen das Rennen machen werden, genauer gesagt Windkraft und Photovoltaik (PV):

Bereits heute liegen die Stromgestehungskosten (LCOE) für Onshore-Windkraft in Europa zwischen 60 und 90 Euro pro Megawattstunde (EUR/MWh); für Photovoltaik liegen die niedrigsten Werte bei 70 EUR/MWh (WEC 2014, Fraunhofer ISE 2013). Es wird allgemein erwartet, dass die Kosten auch weiterhin sinken.

Kernkraft weist momentan deutlich höhere LCOE auf. So hat beispielsweise der britische Staat für das geplante Kernkraftwerk Hinkley Point C etwa 112 EUR/MWh vertraglich garantiert – für einen Zeitraum von 35 Jahren zuzüglich eines Inflationsausgleichs (DECC 2014).

Die Kosten für CCS können derzeit nicht realistisch abgeschätzt werden, da die Technologie erst mittelfristig in nennenswertem Maße zur Anwendung kommen dürfte. Schätzungen gehen für das Jahr 2030 von zweistelligen Werten aus (Fraunhofer ISE 2014).

Andere Erneuerbare-Energie-Technologien können mit den Kosten von Strom aus Windkraft und Photovoltaik nach heutigem Stand nicht mithalten; teilweise verfügen sie auch nur über ein begrenztes Ausbaupotenzial. Für Wasserkraft und Bioenergie zeichnet sich daher ab, dass sich ihre Rolle im künftigen Energiesystem ändern sollte: Anstatt wie bisher möglichst viele Volllaststunden im Jahr zu produzie-



Agora Energiewende
 Markus Steigenberger
 markus.steigenberger@agora-energiwende.de

ren, sollten Wasserkraft- und Bioenergieanlagen eher als flexible, weil steuerbare Anbieter von Reservekapazität für jene Zeiten eingesetzt (und entlohnt) werden, in denen Wind- und Solaranlagen nur wenig Strom produzieren.

Paradigmenwechsel Flexibilität

Wenn die fluktuierenden Erneuerbaren Windkraft und Photovoltaik die dominierenden Technologien des Stromsystems sein werden, wird Flexibilität zum Paradigma. Denn das Stromsystem muss deren Schwankungen ausgleichen können und auch in denjenigen Zeiten, in denen der Wind nicht weht und die Sonne nicht scheint, verlässlich Strom anbieten. Je höher der Anteil von Windkraft und Photovoltaik am Strommix wird, desto flexibler muss der Rest des Systems werden. Dabei gilt es sowohl sehr steile Rampen von mehreren Gigawatt Leistungsänderungen innerhalb weniger Minuten auffangen zu können als auch längere, teilweise wochenlange „dunkle Flauten“ abdecken zu können.

Für solche Aufgaben stehen dem System schon heute eine Reihe von Flexibilitätsoptionen zur Verfügung:

- fossile und biogene Kraftwerke
- Netze
- Nachfragemanagement
- Speicher

Die Nutzung und der Zubau dieser Optionen werden allerdings heute noch nicht gleichwertig ökonomisch angereizt.

Wenn Wind und Photovoltaik das europäische Stromsystem immer mehr prägen werden, so heißt das nicht, dass alle Staaten ausschließlich auf diese beiden Technologien setzen werden. Einige Länder werden – zumindest vorübergehend – auch Kernkraft- oder Gaskraftwerke bauen wollen. Dies ändert jedoch nichts an der grundsätzlichen Entwicklung, dass hohe Anteile variabler erneuerbarer Energiequellen eine Flexibilisierung des Systems erfordern werden. Diese Entwicklung verläuft graduell und durchaus auch in unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Als grobe Faustregel gilt, dass Stromsysteme ungefähr 15 % variable erneuerbare Energien ohne größere Schwierigkeiten integrieren können (Gottstein/Skillings 2012). Die Beschaffenheit der jeweiligen nationalen Systeme ist hierbei ausschlaggebend. Bei einer stärkeren Durchdringung des Systems mit Windkraft und Photovoltaik steigen die Anforderungen hinsichtlich der Netze, der benötigten Regelenergieleistung und für den konventionellen Kraftwerkspark durch sinkende Volllaststunden.

Europäische Kooperation macht die Transformation einfacher, sicherer und billiger

Noch liegt der Anteil von Strom aus Windkraft und Photovoltaik im europäischen Stromsystem bei rund neun Prozent. In einigen Ländern wie Dänemark, Portugal oder Spanien sowie in einzelnen Regionen wie etwa Nordostdeutschland ist er allerdings bereits deutlich über die oben genannten 15 % geklettert (EurOBSserv'ER 2013).

Dank der bereits vorhandenen Integrationstiefe der europäischen nationalen Stromsysteme – sowohl physikalischer als auch regulatorischer Art – bleiben die damit verbundenen Herausforderungen nicht auf die einzelnen Länder begrenzt, sondern sind heute bereits in Form von sinkenden Börsenpreisen oder unkontrollierten Stromflüssen in großen Teilen Europas wahrzunehmen.

Die Antwort auf die Frage, wie der Flexibilitätsherausforderung zu begegnen ist, kann daher nicht allein auf der Ebene der Mitgliedsstaaten gegeben werden. Denn je europäischer die Lösungen sind, desto sicherer, billiger und einfacher kann die Transformation des europäischen Energiesektors erfolgen. Das soll im Folgenden erörtert werden:

- Die bisherige Integration der Strommärkte basiert auf der – weitgehend unbestrittenen – Annahme, dass ein einheitlicher europäischer Energiewirtschaftsraum signifikante positive Wohlfahrtseffekte brächte. Einige Berechnungen gehen von bis zu 40 Milliarden Euro pro Jahr aus, welche die europäischen Verbraucher sparen könnten, sollten die Strommärkte vollständig integriert sein (Booz & Co. 2013, European Parliament 2013, ECF 2010). Die Gründe dafür sind im Wesentlichen in Skaleneffekten, stärkerem Wettbewerb oder erhöhter Liquidität zu finden.

Jenseits dieses klassischen Arguments, finden wir in der zukünftigen Stromwelt einige Effekte, die bei der Bewältigung der Flexibilitätsherausforderung helfen werden. Zu nennen sind insbesondere Glättungseffekte sowie die Möglichkeit, Flexibilitätsoptionen gemeinsam zu nutzen:

- Sogenannte Glättungseffekte treten auf der Angebotsseite auf, wenn Windkraft und Photovoltaikanlagen großräumig über Europa verteilt installiert werden. Analysen zeigen, dass die unterschiedlichen Wind- und Sonnenverhältnisse in den einzelnen Regionen zu zeitlich variierender Stromproduktion führen, was wiederum einen teilweise ausgleichenden Effekt der Einspeisekurven bewirkt (Fraunhofer IWES 2015).

Ein ähnlicher Effekt ist auf der Nachfrageseite zu beobachten. Die Höchstlast tritt nicht in allen Ländern gleichzeitig auf, sondern verschiebt sich aufgrund lokaler und regionaler Bedingungen, etwa durch kulturelle oder klimatische Unterschiede. Entsprechend weist die kumulierte europäische Nachfragekurve geringere Spitzenwerte und insgesamt einen glatteren Verlauf auf als die Summe der nationalen Nachfragekurven (ECF 2010, Fraunhofer IWES 2015).

- Die unterschiedlichen Nachfragemuster ermöglichen es dementsprechend, Flexibilitätsoptionen und Ressourcen zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit gemeinsam zu nutzen – jedes Land zu einer anderen Zeit. Es handelt sich gewissermaßen um eine Art Share Economy in der Energiewirtschaft.

Schließlich können regional vorhandene Ressourcen über den geografisch größeren Raum sinnvoller im Sinne des Gesamtsystems eingesetzt werden.

Bekanntestes Beispiel ist hierfür die norwegische Wasserkraft. Damit kann Norwegen bei einem Überangebot an Erneuerbaren in Kontinentaleuropa diesen billigen Strom speichern und ihn später dorthin liefern, wo der Strombedarf gerade nicht gedeckt werden kann.

Voraussetzung dafür und für die anderen Effekte ist eine physikalische Vernetzung der jeweiligen Systeme.

Flexibilität senkt die Kosten der Transformation

Eine Einschränkung muss allerdings gemacht werden: Auch wenn die allgemeine Aussage, dass europäische Kooperation im Stromsektor wohlfahrtsfördernd ist, zutrifft, so ist dies nicht in demselben Maße für alle beteiligten Länder anzunehmen. Letztlich ist dies ein typisches Problem der europäischen Integration, bei der einzelne Staaten immer mehr gewinnen als andere, und einige gar zu den Verlierern zählen können. Gleichwohl bringt eine vertiefte Integration positive gesamteuropäische Vorteile, so dass einzelne negative Effekte typischerweise durch anderweitige Maßnahmen kompensiert werden.

Dieser Punkt ist relevant, weil er die Debatte über die Transformation des Energiesystems in den einzelnen Ländern stark prägt. Denn wir können zwar davon ausgehen, dass ein weitgehend auf erneuerbaren Energien basierendes Energiesystem in Zukunft nicht grundsätzlich teurer sein muss als ein auf konventionellen Technologien basierendes (COM 2011, IEA 2014, ECF 2010), wir wissen allerdings noch sehr wenig über die spezifischen Kosten der Transformation in einzelnen Ländern.

Der Diskurs über die Kosten der Transformation wird in jedem Land anders geführt. Er geht typischerweise von dem jeweils eigenen bestehenden System und den Interessen der darin eingebundenen Akteure aus. Ein Diskurs über die gesamteuropäische Sichtweise existiert bislang nicht. Schon in den nationalen Debatten werden die unterschiedlichen Kostendimensionen häufig durcheinander geworfen. Neben den Technologie- und Integrationskosten (Regelenergie, Netzausbau) werden nicht selten auch entgangene Gewinne konventioneller Kraftwerke und unternehmerische Fehlentscheidungen der Transformation angelastet. Eine saubere Analyse und Definition der einzelnen Kostenfaktoren, die im Zuge der Transformation des europäischen Energiesektors relevant werden, steht derzeit noch aus.

Zusammenfassend lässt sich sagen:

Die Flexibilisierung des Stromsektors ist eine wesentliche Herausforderung der Transformation der Stromsysteme. Durch eine enge europäische Zusammenarbeit können wir dieser Herausforderung besser begegnen und signifikant Geld sparen. Daher ist es an der Zeit, den Blick zu weiten und in einen intensiven Austausch mit den europäischen Nachbarn zu treten, über die Frage, wie wir gemeinsam die Transformation der Energiesysteme gestalten.

Referenzen

- Fraunhofer IWES 2015: The European Power System in 2030: An analysis of flexibility requirements with a focus on the Pentalateral Energy Forum Region. Study on behalf of Agora Energiewende, forthcoming.
- BMWi 2014: Power Upgrade. The New Economic Rational for an Ambitious EU Climate and Energy Framework.
- Booz & Co 2013: Benefits of an Integrated European Energy Market.
- DECC 2014: Press Release “state aid approval for Hinkley Point C nuclear power plant”
- Gottstein, M./S. Skillings 2012: Beyond Capacity Markets – Delivering Capability Resources to Europe’s Decarbonised Power System.
- EurOBServ’ER 2013: The State of Renewable Energies in Europe; 13th EurOBServ’ER Report
- European Climate Foundation (ECF) 2010: Roadmap 2050. A prosperous way to a low-carbon society
- European Climate Foundation (ECF) 2013: From Roadmaps to Reality

- European Commission (COM) 2011: Energy Roadmap 2050
- European Commission (COM) 2014a: Impact Assessment accompanying the document "A policy framework for climate and energy in the period from 2020 up to 2030", SWD(2014) 15 final
- European Commission (COM) 2014b: Climate and Energy Priorities – the Way Forward.
- European Parliament 2013: The Cost of Non-Europe in the Single Market for Energy.
- Fraunhofer ISE 2013: Levelized Costs of Electricity, Renewable Energy Technologies.
- Fraunhofer ISE 2014: Estimating energy system costs of sectoral RES and EE targets in the context of energy and climate targets for 2030
- International Energy Agency (IEA) 2014: The Power of Transformation. Wind, Sun and the Economics of Flexible Power Systems.
- Pöyry 2013: Outlook for new coal-fired power stations in Germany, the Netherlands and Spain. A report to DECC
- World Energy Council (WEC) 2013: World Energy Perspective – Cost of Energy Technology