



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

Energie **wende**  
Umschalten auf Zukunft

*Impulspapier*

---

# Strom 2030

---

*Langfristige Trends – Aufgaben für die kommenden Jahre*

## Impressum

### Herausgeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)  
Öffentlichkeitsarbeit  
11019 Berlin  
www.bmwi.de

### Gestaltung und Produktion

PRpetuum GmbH, München

### Stand

September 2016

### Druck

Spree Druck Berlin GmbH

### Bildnachweis

Getty – Caminade Berenger/EyeEm (Titel)

Diese Broschüre ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Nicht zulässig ist die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben von Informationen oder Werbemitteln.



Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie ist mit dem audit berufundfamilie® für seine familienfreundliche Personalpolitik ausgezeichnet worden. Das Zertifikat wird von der berufundfamilie gGmbH, einer Initiative der Gemeinnützigen Hertie-Stiftung, verliehen.



**Diese und weitere Broschüren erhalten Sie bei:**  
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie  
Referat Öffentlichkeitsarbeit  
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de  
www.bmwi.de

### Zentraler Bestellservice:

Telefon: 030 182722721

Bestellfax: 030 18102722721

# Inhalt

Einleitung .....	2
<i>Introduction</i> .....	5
Trend 1: Die fluktuierende Stromerzeugung aus Wind und Sonne prägt das System .....	9
Trend 2: Der Einsatz fossiler Brennstoffe im Kraftwerkspark geht deutlich zurück .....	12
Trend 3: Die Strommärkte werden europäischer .....	14
Trend 4: Versorgungssicherheit wird im Rahmen des europäischen Strombinnenmarkts gewährleistet .....	16
Trend 5: Strom wird deutlich effizienter genutzt .....	18
Trend 6: Sektorkopplung: Heizungen, Autos und Industrie nutzen immer mehr erneuerbaren Strom statt fossiler Brennstoffe .....	20
Trend 7: Moderne KWK-Anlagen produzieren den residualen Strom und tragen zur Wärmewende bei .....	22
Trend 8: Biomasse wird zunehmend für Verkehr und Industrie genutzt .....	24
Trend 9: Gut ausgebaute Netze schaffen kostengünstig Flexibilität .....	26
Trend 10: Die Systemstabilität bleibt bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien gewährleistet .....	28
Trend 11: Die Netzfinanzierung erfolgt fair und systemdienlich .....	30
Trend 12: Die Energiewirtschaft nutzt die Chancen der Digitalisierung .....	32

# Einleitung

**Die Energiewende ist in dieser Legislaturperiode ein großes Stück vorangekommen.** Dies gilt besonders für die erneuerbaren Energien, den Netzausbau und die Energieeffizienz. Die Reformen des EEG stabilisieren die Kosten, verankern einen klaren Pfad für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien und führen sie an den Markt heran. Das Strommarktgesetz legt das Fundament für einen weiterentwickelten Strommarkt, den Strommarkt 2.0. Er sorgt dafür, dass die Versorgung mit Strom auch bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien sicher und kostengünstig bleibt. Erleichterungen für Erdkabel bei den großen Stromautobahnen von Nord nach Süd verbessern die Akzeptanz für den dringend benötigten Netzausbau. Zudem schafft das Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende zentrale Voraussetzungen für eine zukunftsfähige Netzinfrastruktur. Schließlich bringt insbesondere der Nationale Aktionsplan Energieeffizienz zahlreiche neue Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz auf den Weg. Dazu gehören ein umfassendes Paket von neuen Förderprogrammen zur effizienten Nutzung von Strom und Wärme sowie die Stärkung von bestehenden Förderprogrammen im Gebäudebereich.

**Die Energiewende geht weiter.** Deutschland hat sich ambitionierte Ziele gesetzt: Die Treibhausgasemissionen sollen bis zum Jahr 2050 um 80 bis 95 Prozent gegenüber 1990 sinken. Für 2020, 2030 und 2040 gibt es Zwischenziele. Insgesamt tragen alle Sektoren der Volkswirtschaft dazu bei, diese Ziele zu erreichen. In der Industrie und der Landwirtschaft können Effizienzmaßnahmen und erneuerbare Energien die Emissionen zwar verringern, sie aber nicht vollständig vermeiden. Die anderen Sektoren sollen daher ihren Verbrauch deutlich verringern und weitgehend ohne fossile Energieträger auskommen.

**Die Energiewende ist ein großes Modernisierungs- und Investitionsprogramm.** Stromerzeugungsanlagen, Strom- und Wärmenetze, Wärmespeicher, Elektrofahrzeuge und entsprechende Ladeinfrastrukturen werden gebaut, hocheffiziente Wärmepumpen installiert, Gebäude energetisch saniert. Effizienztechnologien und erneuerbare Energien sollen bis 2050 weitgehend die fossilen Energieträger Öl, Kohle und Gas ersetzen. Damit gehen strukturelle Veränderungen einher: Investitionen sollen sich von Technologien, die fossile Brennstoffe nutzen, hin zu Energieeffizienz und erneuerbaren Energien verlagern.

**In den kommenden Jahren stellen wir die Weichen für 2050.**

In der Energiewirtschaft wirken Entscheidungen, die wir treffen, lange nach und sind deshalb für 2050 wichtig: Heizungen werden oft 20 Jahre und länger genutzt, Gebäude, Kraftwerke und Industrieanlagen häufig sogar mehr als 40 Jahre. Die Investitionen in den 2020er und 2030er Jahren prägen daher unser Energiesystem im Jahr 2050. Sie sollten weitgehend in Technologien erfolgen, die ohne fossile Brennstoffe auskommen, um den Unternehmen verlorene Investitionen („stranded investments“) und der Gesellschaft teure Reparaturmaßnahmen im Energiesystem in der Zukunft zu ersparen.

**Es geht darum, die Energiewende kostengünstig zu gestalten.** Studien wie die Langfristszenarien des BMWi<sup>1</sup> zeigen, wie ein weitgehend dekarbonisiertes Energiesystem im Jahr 2050 aussehen kann. Sie bieten so Orientierung für die energiepolitischen Entscheidungen im nächsten Jahrzehnt und sind daher eine wesentliche Grundlage für dieses Impulspapier. Dabei gilt es, offen für neue technologische Entwicklungen zu bleiben.

**Strom wird der wichtigste Energieträger im Gesamtsystem.**

Strom ist ein kostbares Gut. Daher wird nach dem Prinzip „efficiency first“ die Energieeffizienz des Stromverbrauchs in Gebäuden, im Verkehr und in der Wirtschaft erhöht.<sup>2</sup> Den verbleibenden Energiebedarf decken weitestgehend erneuerbare Energien – direkt in den einzelnen Sektoren oder in Form von erneuerbarem Strom, vor allem aus Wind und Sonne. Im Jahr 2050 deckt Strom etwa die Hälfte unseres Energiebedarfs – gegenüber rund einem Viertel heute. Wir werden mit erneuerbarem Strom zunehmend Auto fahren, Wärme erzeugen und Güter in Fabriken produzieren. Dabei werden wir vorrangig Technologien nutzen, die mit wenig erneuerbarem Strom viele Brennstoffe ersetzen.

**Wind und Sonne erzeugen den größten Anteil des Stroms.**

Die Kosten von Windenergie und Photovoltaik sinken kontinuierlich. Ihr Potenzial ist sehr groß, während die nachhaltigen Biomasse-Potenziale aufgrund von Nutzungskonflikten begrenzt sind. Auch Wasserkraft und Tiefengeothermie können ihren Beitrag nur begrenzt steigern.

**Das Stromsystem wird zunehmend flexibel.** Die Stromproduktion aus Wind und Sonne schwankt mit dem Wetter. Ein

1 Fraunhofer ISI, Consentec et al. (2016): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland (Veröffentlichung voraussichtlich im vierten Quartal 2016); Öko-Institut, Fraunhofer ISI (2015): Klimaschutzszenario 2050; Fraunhofer IWES et al. (2015): Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr.

2 Vgl. Grünbuch Energieeffizienz.

zunehmend flexibles und digitalisiertes Stromsystem gleicht Erzeugung und Verbrauch aus und gewährleistet eine sichere und kostengünstige Versorgung mit Strom. Zentral dafür sind gut ausgebaute nationale und europäische Netze sowie die europaweite Kopplung der nationalen Strommärkte.

**Die Nutzung von Strom für Wärme, Mobilität und Industrieprozesse erhöht die Flexibilität zusätzlich.** Wärmepumpen, Elektroautos und in Sonderfällen auch Elektrokessel – zum Beispiel in Industrieprozessen – können als flexible Verbraucher fungieren. Denn Wärme lässt sich speichern und Elektroautos können ihre Batterie als Puffer einsetzen. Zusammen können diese flexiblen Verbraucher ihre Nachfrage schnell um viele Gigawatt erhöhen oder verringern. Klar ist: Dabei soll der Strom immer möglichst effizient umgewandelt und das Nachfrageverhalten der Verbraucher berücksichtigt werden.

**Die Digitalisierung hilft, diese neuen Stromanwendungen effizient zu nutzen.** Intelligente Messsysteme (so genannte Smart Meter) ermöglichen beispielsweise Nutzern von Elektroautos und Wärmepumpen, von niedrigen Strompreisen zu profitieren und dazu beizutragen, Angebot und Nachfrage im Gleichgewicht zu halten. Digitale Lösungen eröffnen neue Geschäftsfelder, neue Akteure treten in den Markt. Dienstleister können zum Beispiel die dezentrale Flexibilität von Elektroautos oder Wärmepumpen technisch bündeln und am Strommarkt vermarkten.

**Am Strommarkt 2.0 treten die verschiedenen Flexibilitätsoptionen in einen fairen Wettbewerb untereinander.** Wirksame Preissignale des Strommarktes gewährleisten gleiche Wettbewerbsbedingungen für diese Optionen. Die Marktakteure entscheiden frei, welche Flexibilitätsoptionen sie nutzen. Dies hält die Gesamtkosten der Stromversorgung niedrig und reizt Innovationen an. Infolge des Grün- und Weißbuch-Prozesses wurde daher entschieden, in einem weiterentwickelten Strommarkt – einem Strommarkt 2.0 – Verzerrungen im Regulierungsrahmen schrittweise abzubauen und Strompreissignale zu stärken.

**Der Strommarkt 2.0 wird zum Teil des Energiemarktes 2.0.** Die Liberalisierung des Strommarkts in den 90er Jahren war der erste große Schritt zu einer nachhaltigeren Energieversorgung. Sie hat die Monopolstrukturen im Stromsektor aufgebrochen und Wettbewerb zwischen Stromanbietern entfacht. Der zweite große Schritt ist der Strommarkt 2.0. Er schafft Wettbewerb zwischen den Flexibilitätsoptionen und

sorgt dafür, dass die Stromversorgung bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien sicher und kostengünstig bleibt. Der dritte große Schritt ist der Energiemarkt 2.0. Im Energiemarkt 2.0 ersetzt effizient eingesetzter erneuerbarer Strom weitgehend fossile Brennstoffe – für Wärme, Mobilität oder Industrieprozesse. Dafür gilt es, den Regulierungsrahmen weiterzuentwickeln und somit die Wettbewerbsbedingungen für Wind- und Sonnenstrom im Wärme- und Verkehrsbereich zu verbessern.

**Den Weg vom Strommarkt 2.0 zum Energiemarkt 2.0 wollen wir gemeinsam gestalten.** Die Energiewende ist kein Selbstläufer. Sie ist eine Gemeinschaftsaufgabe. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) veröffentlicht deshalb dieses Papier als Impuls für eine breite Diskussion über die Rahmenbedingungen für die zukünftige Versorgung mit Strom (Erzeugung, Nutzung in Wärme, Verkehr und Industrie, Transport durch die Stromnetze). Parallel dazu startet das BMWi einen Prozess zum Thema Energieeffizienz. Das Grünbuch Energieeffizienz eröffnet die Diskussion darüber, wie Energieeffizienz in allen Sektoren weiter gesteigert werden kann. Damit verfolgt das BMWi einen angebots- und nachfrageseitig ausgerichteten Dialog über die nächsten Schritte zur Ausgestaltung der Energiewende.

- **12 Trends:** Das Impulspapier identifiziert zwölf robuste, langfristige Trends einer sicheren, kostengünstigen und klimafreundlichen Stromversorgung bis 2050. Es denkt dabei „vom Ziel her“, die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 um 80 bis 95 Prozent zu senken, unter Beibehaltung von Versorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit. Die Trends beschreiben robuste Entwicklungen, die sich in den aktuellen Szenariostudien zeigen, insbesondere den Langfristszenarien des BMWi. Diese Szenarien beschreiben, wie Erzeuger, Verbraucher und Netzinfrastrukturen im „Zieljahr“ 2050 die Klimaziele erreichen und gleichzeitig gemeinsam eine sichere Stromversorgung zu minimalen Kosten gewährleisten.
- **12 Aufgaben:** Aus jedem Trend leiten sich Aufgaben für die kommenden Jahre mit dem Horizont 2030 ab. Klar ist: Die in den Szenarien erkennbaren Trends sind keine Selbstläufer. In vielen Fällen muss der energiepolitische Rahmen weiterentwickelt werden, damit die aus den Szenarien ableitbaren Trends sich auch in der Realität einstellen und die Klimaziele auf diese Weise effizient und sicher erreicht werden. Es ist wichtig, jetzt vorausschauend die richtigen Weichen zu stellen, um Fehlinvestitionen zu vermeiden und kosteneffiziente Pfade einzuschlagen.

- **Die Leitfragen: Die Aufgaben werfen Fragen auf, die die Diskussion strukturieren sollen.** Im Kern stehen hinter allen Leitfragen zwei zentrale Fragestellungen, die für alle Trends und die aus ihnen resultierenden Aufgaben wichtig sind: (1) Welche Investitionen führen vom Strommarkt 2.0 zum Energiemarkt 2.0 und (2) welche regulatorischen Rahmenbindungen stellen sicher, dass der Markt Anreize aussendet, sodass diese Investitionen auch getätigt werden?

**Das BMWi führt die Diskussion mit der Öffentlichkeit und den Akteuren insbesondere in der Plattform Strommarkt und der Plattform Energienetze.** Ziel der Diskussion ist es, bestehenden Konsens festzuhalten und dort, wo die Positionen divergieren, das Meinungsspektrum zu erfassen. An den Plattformen nehmen Vertreter der Länder, der Bundestagsfraktionen, der Ministerien und zuständigen Bundesbehörden sowie Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft und

gesellschaftlichen Gruppen teil.<sup>3</sup> Neben der Diskussion in den Plattformen haben Bürgerinnen und Bürger sowie betroffene Kreise die Möglichkeit, ihre Stellungnahmen bis zum 31.10.2016 per E-Mail an [strom2030@bmwi.bund.de](mailto:strom2030@bmwi.bund.de) zu schicken.

**Den Auftakt der Diskussion in den Plattformen Strommarkt und Energienetze bildet eine gemeinsame Plenarsitzung.** Die in diesem Impulspapier identifizierten Trends und Aufgaben werden anschließend in den Arbeitsgruppen der Plattformen vertieft diskutiert. Die Arbeitsgruppen berichten dem gemeinsamen Plenum der Plattform Strommarkt und der Plattform Energienetze im Frühjahr 2017 über die Ergebnisse der Diskussion. Ein Schlusspapier fasst die Ergebnisse zusammen.

Wir freuen uns auf die Diskussion!

<sup>3</sup> Der Trend 5 „Strom wird deutlich effizienter genutzt“ dieses Impulspapiers wird im Rahmen des Prozesses zum Grünbuch Energieeffizienz in der Plattform Energieeffizienz diskutiert.

# Introduction

**Germany's energy transition has made significant progress in this legislative term.** This is particularly true with regard to renewable energy, grid expansion and energy efficiency. The reforms of the Renewable Energy Sources Act stabilise costs, set out a clear path for the continued expansion of renewable energy and bring renewable energy closer to the market. The Electricity Market Act lays the foundation for a further developed electricity market – the electricity market 2.0. This electricity market design guarantees that we can continue to rely on a secure supply of low-cost electricity even when a large share of the electricity is derived from renewable energy sources. Measures facilitating underground cabling for the electricity superhighways from north to south improve acceptance of the urgently needed expansion of the power grid. In addition, the Act on the Digitisation of the Energy Transition creates the key prerequisites for a sustainable grid infrastructure. Lastly, the National Action Plan on Energy Efficiency, in particular, is rolling out numerous new measures to increase energy efficiency, including a comprehensive package of new funding programmes for the efficient use of electricity and heat, and the strengthening of existing funding programmes in the building sector.

**The energy transition continues.** Germany has set itself ambitious goals: by 2050 it intends to reduce greenhouse gas emissions by 80 – 95 percent compared with 1990 levels, with intermediate goals set out for 2020, 2030 and 2040. Together, all sectors of the national economy will help contribute to delivering on these goals. While efficiency measures and renewable energy can reduce emissions in the industrial and agricultural sectors, they cannot prevent such emissions entirely. Therefore the other sectors should reduce their energy consumption significantly and largely manage without fossil fuels.

**The energy transition is an enormous modernisation and investment programme.** Electricity generation plants, power grids, heat networks, heat storage systems, electric vehicles and appropriate recharging infrastructures will be built, high-efficiency heat pumps installed and buildings retrofitted for energy efficiency. The aim is for efficiency technologies and renewable energy to largely replace fossil fuels, such as oil, coal and gas, by 2050. This will involve structural changes: investment must move away from technologies that use fossil fuels and towards energy efficiency and renewable energy.

**We will be setting the course for 2050 in the coming years.** Decisions we make will have a long-term impact in the energy sector and are therefore of central importance for 2050: heating systems are often used for 20 years or longer, while buildings, power plants and industrial installations are frequently even in service for more than 40 years. Therefore, investments made in the 2020s and 2030s will shape our energy system in 2050. To a large degree, such invest-

ment should be made in technologies that are not dependent on fossil fuels so that businesses can avoid stranded investments and society avoids expensive repair measures in the energy system in the future.

**The priority is to deliver the energy transition at a low cost.** Studies such as the long-term scenarios commissioned by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy<sup>1</sup> demonstrate what form a largely decarbonised energy system can take in 2050. They therefore provide guidance for decisions in energy policy in the decade ahead and are thus an important basis for this Discussion Paper. In this context, it is essential to remain open to new technological developments.

**Electricity will become the most important source of energy in the energy system.** Electricity is a valuable commodity. For this reason, the energy efficiency of power consumption in buildings, the transport sector and the business sector will be increased based on the “efficiency first” principle.<sup>2</sup> Renewable energy sources will cover the remaining energy needs to the greatest extent – directly in the individual sectors or in the form of renewable electricity, particularly from wind and solar energy. In 2050, electricity will cover roughly one half of all our energy needs – compared with around one quarter today. We will increasingly use renewable electricity to drive cars, generate heat and produce goods in factories, and in doing so primarily use technologies that replace a large amount of fuel with a small amount of renewable electricity.

**The majority of the electricity will be derived from wind and solar power.** The costs of wind power and photovoltaic installations are decreasing continuously. They offer enormous potential, while the sustainable potential of generating electricity from biomass is limited due to associated conflicts of use. The contribution of hydropower and deep geothermal energy can also only be increased to a limited extent.

**The electricity system will become increasingly flexible.** Electricity generated from wind and solar power fluctuates depending on the weather. An increasingly flexible and digitised electricity system balances electricity generation and consumption and guarantees the secure, low-cost supply of electricity. This will be contingent upon well developed national and European grids and the pan-European coupling of national electricity markets.

**The use of electricity for heating, mobility and industrial processes additionally increases flexibility.** Heat pumps, electric cars and even electric boilers in certain cases – for example in industrial processes – can act as flexible consumers, as heat can be stored and electric cars can use their battery as a buffer. Together, these flexible consumers can quickly increase or decrease their demand by several gigawatt. In this context, it is clear that the

1 Fraunhofer ISI, Consentec et al. (2016): Long-term scenarios for the transition of Germany's energy system; Öko-Institut, Fraunhofer ISI (2015): Climate change scenario 2050; Fraunhofer IWES et al. (2015): Interaction of renewable electricity, heat and transport.

2 Cf. Green Paper on Energy Efficiency.

electricity should always be converted as efficiently as possible and the demand patterns of the consumers must be taken into consideration.

**Digitisation will help us implement these new uses of electricity in an efficient manner.** For example, smart meters allow users of electric cars and heat pumps to benefit from low electricity prices and help balance supply and demand. Digital solutions will give rise to new business fields and new players will enter the market. For example, service providers can technically pool the distributed flexibility of electric cars or heat pumps and sell it on the electricity market.

**The electricity market 2.0 stands for fair competition between the various flexibility options.** Effective price signals in the electricity market ensure a level playing field for these options. Market players are free to decide which flexibility options to use. This keeps the overall cost of electricity supply down and encourages innovation. Following the Green Paper and White Paper process, a decision was therefore made to gradually eliminate distortions in the regulatory framework and strengthen electricity price signals in a further developed electricity market – the electricity market 2.0.

**The electricity market 2.0 will be part of the energy market 2.0.** The liberalisation of the electricity market in the 1990s was a first major step towards a sustainable supply of energy. It broke up the monopoly structures in the electricity sector and sparked competition between electricity providers. The second major step is the electricity market 2.0. It will create competition between the flexibility options and ensure that the electricity supply will remain secure and inexpensive even with higher shares of renewables in the electricity mix. The third big step is the energy market 2.0. In the energy market 2.0, efficiently used renewable electricity will largely replace fossil fuels – for heating, mobility or industrial processes. In this respect, the priority here must be to develop the regulatory framework further and thereby improve the competitive conditions for wind power and solar power in the heating and transport sectors.

**Together, we want to devise a common path from the electricity market 2.0 to the energy market 2.0.** The energy transition is a joint task and will not happen automatically. Therefore the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy has published this paper as a discussion paper to stimulate a broad debate. In addition, the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy has started a process focussed on energy efficiency. The Green Paper on Energy Efficiency opens the debate as to how energy efficiency can be further increased in all sectors. In this way, the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy will pursue a supply-side and demand-side dialog on the next steps to be taken in shaping the energy transition.

- **12 trends:** This Discussion Paper identifies twelve robust, long-term trends of a secure, low-cost and climate-friendly electricity supply system through to 2050. It takes as its goal the reduction of greenhouse gas emissions by 80 – 95 percent by 2050 while ensuring security of supply and competitiveness. The trends describe solid developments that are reflected in the current scenario studies, particularly the long-term scenarios commissioned by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. These scenarios describe how producers, consumers and grid infrastructures reach the climate goals aimed for by 2050 while also jointly ensuring a secure supply of electricity at minimum cost.

- **12 tasks:** Tasks for the coming years with a 2030 horizon are derived from every trend. It is clear that the trends identified in the scenarios are not a given and will not happen automatically. In many cases the energy policy framework must be developed further for the trends identifiable in the scenarios to actually become reality and for the climate goals to be efficiently and reliably reached in this way. It is important to now look ahead and plot the right course in order to avoid inappropriate investment and to follow a cost-effective path.

- **Guiding questions:** The tasks raise questions that will structure the debate. At their core, every guiding question is based on two central questions that are important for all trends and resulting tasks: (1) Which investments will take us from the electricity market 2.0 to the energy market 2.0 and (2) what regulatory framework will ensure that the market provides the incentives for these investments to actually be made?

The Federal Ministry for Economic Affairs and Energy is conducting the debate with the public and the stakeholders particularly in the Electricity Market Platform (Plattform Strommarkt) and the Energy Grid Platform (Plattform Energienetze). The aim of the debate is to pin down the areas where consensus exists and, where opinions diverge, to capture the range of views and positions. Representatives of the Länder, parliamentary groups, ministries and competent federal authorities participate in the platforms as do stakeholders from business, science and social groups.<sup>3</sup> In addition to the platform-based debate, citizens and interested parties also have the opportunity to submit their opinion by e-mail to [strom2030@bmwi.bund.de](mailto:strom2030@bmwi.bund.de) by 31 October 2016.

**A joint plenary session will kick off the debate in the Electricity Market and Energy Grid Platforms.** The trends and tasks identified in this Discussion Paper will then be discussed in depth in the platform working groups. The working groups will report on the results of the debate to the joint plenary of the Electricity Market Platform and the Energy Grid Platform in early 2017. The results will be summarised in a concluding paper.

We look forward to the debate!

<sup>3</sup> Trend 5 „Electricity will be used much more efficiently“ in this paper will be discussed as part of the Green Paper on Energy Efficiency process in the Energy Efficiency Platform.

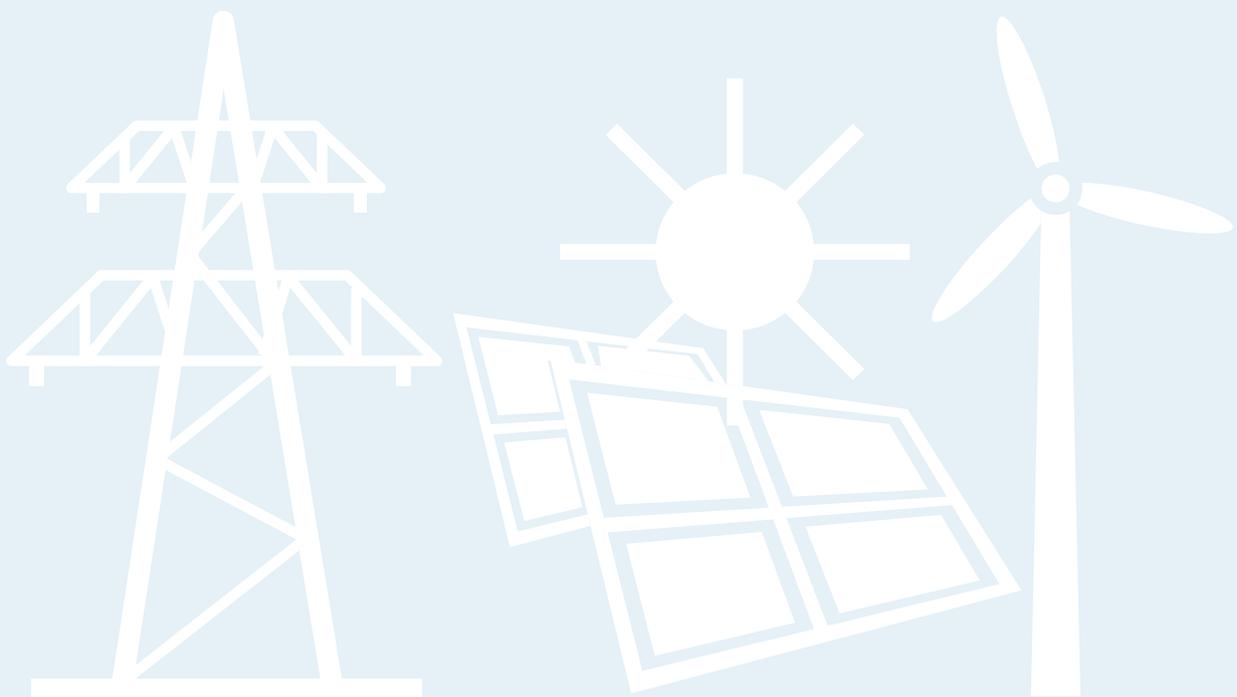
## Der Dreiklang der Energiewende

**Leitlinien für den effizienten Einsatz von Strom:** Der Fokus dieses Impulspapiers liegt auf der kostengünstigen Versorgung mit Strom (Erzeugung, Nutzung in Wärme, Verkehr und Industrie, Transport durch die Stromnetze). Strom ist ein kostbares und knappes Gut. Bei dem Dreiklang aus Energieeffizienz, direkt genutzten erneuerbaren Energien und Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien ist die gesamt- und betriebswirtschaftliche Kosteneffizienz zu berücksichtigen. Für diesen Dreiklang ergeben sich die folgenden Leitlinien:

**Erstens: In allen Sektoren muss der Energiebedarf deutlich und dauerhaft verringert werden („efficiency first“).** Deutschland hat sich ambitionierte Klimaziele gesetzt. Daraus folgt: Die Nutzung der fossilen Energieträger Öl, Kohle und Gas wird so gut wie möglich verringert. Der schnellste und direkte Weg zu diesen Zielen ist, unseren Energieverbrauch durch Investitionen in Effizienztechnologien zu senken. Den verbleibenden Energiebedarf decken größtenteils erneuerbare Energien.

**Zweitens: Direkte Nutzung erneuerbarer Energien.** Technologien wie Solarthermie, Geothermie oder Biomasse nutzen erneuerbare Energien direkt, ohne Umwandlung in Strom. Solar- und Geothermie werden insbesondere für die Heizung und Klimatisierung von Gebäuden sowie die Bereitstellung von Warmwasser genutzt. Wenn der Einsatz dieser Technologien aus wirtschaftlichen oder anderen Gründen nicht sinnvoll ist, kommt dort EE-Strom zum Einsatz. Biomasse spielt vor allem in der Industrie (zum Beispiel in Produktionsprozessen) und im Verkehr (zum Beispiel im Flugverkehr) eine wichtige Rolle. Für feste Biomasse gilt das auch für den Gebäudebestand. Biomasse ist universell einsetzbar, aber knapp. Daher wird sie gezielt dort genutzt, wo Solar- oder Geothermie sowie Wind- und Sonnenstrom nicht sinnvoll einsetzbar sind.

**Drittens: Erneuerbarer Strom wird für Wärme, Verkehr und Industrie effizient eingesetzt (Sektorkopplung).** Den Energiebedarf, der aus volkswirtschaftlichen oder anderen Gründen trotz Effizienzmaßnahmen und der direkten Nutzung erneuerbarer Energien verbleibt, deckt Strom aus Wind und Sonne – vorrangig in Technologien, die mit wenig Strom viele fossile Brennstoffe ersetzen (zum Beispiel in Wärmepumpen und elektrischen Fahrzeugen) oder ihn in andere Energieträger wie Wasserstoff (Power-to-Gas) umwandeln.



## Übersicht

12 TRENDS	12 AUFGABEN
1 Die <b>fluktuierende Stromerzeugung aus Wind und Sonne</b> prägt das System.	Stromsystem weiter <b>flexibilisieren</b>
2 Der Einsatz <b>fossiler Brennstoffe im Kraftwerkspark</b> geht deutlich zurück.	<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen</b> verlässlich verringern, <b>Strukturwandel</b> gestalten
3 Die Strommärkte werden <b>europäischer</b> .	Europäische Strommärkte weiter <b>integrieren und flexibilisieren</b>
4 <b>Versorgungssicherheit</b> wird im Rahmen des europäischen Strombinnenmarktes gewährleistet.	Versorgungssicherheit <b>europäisch bewerten und gemeinsame Instrumente entwickeln</b>
5 Strom wird deutlich <b>effizienter genutzt</b> .	<b>Anreize für einen effizienten Einsatz von Strom</b> stärken
6 <b>Sektorkopplung:</b> Heizungen, Autos und Industrie nutzen immer mehr erneuerbaren Strom statt fossiler Brennstoffe.	<b>Wettbewerbsbedingungen</b> für erneuerbaren Strom im Wärme- und Verkehrssektor <b>verbessern</b>
7 <b>Moderne KWK-Anlagen</b> produzieren den residualen Strom und tragen zur Wärmewende bei.	<b>Anreize für moderne Strom-Wärme-Systeme</b> setzen
8 <b>Biomasse</b> wird zunehmend für Verkehr und Industrie genutzt.	Anreize so setzen, dass <b>Biomasse zunehmend für Verkehr und Industrie genutzt</b> wird
9 <b>Gut ausgebaute Netze</b> schaffen kostengünstig Flexibilität.	Netzausbau <b>rechtzeitig, bedarfsgerecht und kosteneffizient</b> realisieren
10 Die <b>Systemstabilität</b> bleibt bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien gewährleistet.	Maßnahmen und Prozesse zur Systemstabilisierung <b>weiterentwickeln und koordinieren</b>
11 Die <b>Netzfinanzierung</b> erfolgt fair und systemdienlich.	Netzentgeltregulierung <b>weiterentwickeln</b>
12 Die Energiewirtschaft nutzt die Chancen der <b>Digitalisierung</b> .	<b>Intelligente Messsysteme</b> einführen, <b>Kommunikationsplattformen</b> aufbauen, <b>Systemsicherheit</b> gewährleisten

# Trend 1: Die fluktuierende Stromerzeugung aus Wind und Sonne prägt das System

- **Der Anteil von Wind- und Sonnenstrom an der gesamten Stromproduktion steigt signifikant.** Weil sie derzeit ein großes, kostengünstiges Potenzial haben, werden Windenergie und Photovoltaik im Einklang mit den Zielen der Bundesregierung stark ausgebaut. Sie dominieren und prägen das System: 2030 erzeugen sie mehr als doppelt so viel Strom wie heute; 2050 übernehmen sie sogar den überwiegenden Teil der gesamten Stromproduktion. Zugleich steigt der Anteil von Strom im Wärme- und Verkehrsbereich (Sektorkopplung). Damit wird Wind- und Sonnenstrom der wichtigste Energieträger im Gesamtsystem.
- **Ein flexibles Stromsystem integriert die steigenden Mengen an Wind- und Sonnenstrom kosteneffizient.** Die Stromproduktion aus Wind und Sonne hängt vom Wetter ab. Gut ausgebaute Stromnetze in Deutschland und Europa gleichen die Schwankungen von Wind und Sonne aus. Steuerbare Erzeuger und Verbraucher sowie in zunehmendem Maße auch Speicher passen sich flexibel an.
- **Der Markt koordiniert Stromangebot und -nachfrage.** Flexible Erzeuger, flexible Verbraucher und Speicher reagieren auf die Preissignale des Strommarktes. Damit treten sie im Wettbewerb um die kostengünstigste Lösung an. Ist beispielsweise viel Wind- und Sonnenstrom vorhanden und die Nachfrage gering, können Verbraucher ihre Flexibilität bereitstellen und dabei von niedrigen Preisen profitieren.

## Aufgabe: Stromsystem weiter flexibilisieren

- **Stromnetze weiter ausbauen.** Netze ermöglichen den räumlichen Ausgleich von Strom und sind die kostengünstigste Flexibilitätsoption. Daher soll der Netzausbau dem Ausbau der erneuerbaren Energien folgen. Ein regional verteilter Ausbau der erneuerbaren Energien kann den Netzausbau nicht ersetzen, jedoch vorteilhaft sein, solange nicht ausreichend Netzausbau realisiert ist.
- **Stromerzeuger weiter flexibilisieren.** Die meisten Kraftwerke sind bereits deutlich flexibler geworden. Noch immer bleiben jedoch einige Kraftwerke sogar bei negativen oder sehr niedrigen Preisen am Markt, weil sie neben Strom auch Regelleistung bereitstellen oder Wärme liefern. Daher ist es wichtig, Regelleistungsmärkte für alternative Anbieter wie flexible Verbraucher oder Erneuerbare-

Energien-Anlagen zu öffnen. KWK-Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen) können durch Wärmespeicher und die Nutzung von Strom für Wärme (Power-to-Heat) ihre Flexibilität steigern. Auch Biomasse-Anlagen sollten künftig flexibler betrieben werden können. Für Stromverbraucher mit Eigenerzeugungsanlagen sollte es zudem attraktiver werden, bei niedrigen Strompreisen Strom aus dem Netz zu beziehen, anstatt ihn selbst zu erzeugen. Dabei wird sichergestellt, dass die Wettbewerbsfähigkeit stromintensiver Eigenerzeuger unbeeinträchtigt bleibt. Auch bleiben die bestehenden Begünstigungen erhalten.

- **Stromverbraucher weiter flexibilisieren.** Stromverbraucher haben einen Anreiz, ihre Nachfrage an das Stromangebot anzupassen, wenn die Schwankungen des Strompreises bei ihnen tatsächlich ankommen. Derzeit überlagern aber bestimmte Preisbestandteile die Signale der Strompreise am Großhandelsmarkt. Flexibilität wird somit gehemmt. Diese Hemmnisse sollten abgebaut werden, um die Kosten der Stromversorgung zu minimieren (vgl. Abb. 1 „Zielmodell für Flexibilität und Sektorkopplung“). Wenn das Strompreissignal wirkt, kann beispielsweise ein industrieller Stromverbraucher entsprechend seiner betriebswirtschaftlicher Entscheidung seine Last temporär erhöhen oder verringern und so von niedrigen Strompreisen profitieren oder Regelleistung anbieten.

## Leitfragen

1. Das Strommarktgesetz sieht vor, dass die Bundesnetzagentur (BNetzA) die Mindesterzeugung in einem Bericht evaluiert. Zudem hat die BNetzA im Jahr 2015 ein Festlegungsverfahren zu den Ausschreibungsbedingungen für die Regelleistung eröffnet. Welche Ansätze zur Flexibilisierung der Erzeugung sollten darüber hinaus verfolgt werden? Welche Möglichkeiten bestehen, um Eigenerzeugung und Strommarkt besser aufeinander abzustimmen?
2. Das Weißbuch zum Strommarktdesign sieht vor, besondere Netzentgelte für mehr Lastflexibilität zu öffnen. Zudem hat die BNetzA im März 2016 eine Diskussion zu einheitlichen und fairen Regeln für Aggregatoren bei der Erbringung von Regelleistung initiiert. Welche Ansätze zur Flexibilisierung der Nachfrage sollten dabei und darüber hinaus verfolgt werden? Insbesondere, wie könnten einzelne Preisbestandteile sinnvoll weiterentwickelt werden?

Abbildung 1: Umlagen, Entgelte und Abgaben weiterentwickeln für Flexibilität und Sektorkopplung („Zielmodell“)



Quelle: Eigene Darstellung

### Zur Flexibilisierung des Stromsystems gibt es viele Optionen

Es gibt zahlreiche Optionen, um Erzeugung und Verbrauch sicher, kosteneffizient und umweltverträglich zu synchronisieren (Flexibilitätsoptionen):

- **Flexible Erzeuger:** Thermische Kraftwerke passen ihre Stromproduktion an die schwankende Nachfrage und die fluktuierende Erzeugung von Wind- und Sonnenstrom an. Windenergie- und Solaranlagen verringern bei viel Wind und Sonne sowie sehr geringer Nachfrage oder begrenzter Netzkapazität ihre Erzeugung.
- **Flexible Verbraucher:** Industrie, Gewerbe und Haushalte verlagern und reduzieren ihren Stromverbrauch, wenn sie dadurch ihre Strombezugskosten senken. Wird viel Strom aus Wind und Sonne produziert und ist die Stromnachfrage gering, kann mit dem Strom auch effizient Wärme erzeugt und damit Heizöl oder Gas eingespart werden. Auch Batterien von Elektroautos werden verstärkt in diesen Situationen geladen werden.
- **Speicher:** Pumpspeicher stellen traditionell Regelleistung bereit. Für Batteriespeicher ist die Bereitstellung von Primärregelleistung – das heißt der schnelle, automatische Ausgleich von Frequenzschwankungen im Netz – besonders attraktiv. Zusätzliche Speicher sind aber bislang teurer als andere Flexibilitätsoptionen. Ein erstes wirtschaftliches Anwendungsfeld von neuartigen Speichern liegt voraussichtlich bei Systemdienstleistungen. Zusätzliche, neuartige Langzeitspeicher sind erst bei sehr hohen Anteilen erneuerbarer Energien erforderlich.
- **Stromnetze:** Stromnetze gleichen die Schwankungen der Nachfrage und der Stromproduktion aus Wind und Sonne überregional aus. Darüber hinaus werden in gekoppelten Strommärkten auch die unterschiedlich verfügbaren Technologien effizienter genutzt (z. B. Wind und Sonne in Deutschland, Wasserkraftspeicher in den Alpen und in Skandinavien). Insgesamt sind wesentlich weniger Reservekraftwerke oder netzstützende Systemdienstleistungen nötig; die Gesamtkosten der Stromversorgung sinken.

### Auswahl aktueller Studien

**Fraunhofer ISI, Consentec et al. (2016):** Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Consentec GmbH, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Veröffentlichung voraussichtlich im vierten Quartal 2016)

**IEA-RETD (2016):** Re-Transition. Transitioning to Policy Frameworks for Costcompetitive Renewables;

International Energy Agency Renewable Energy Technology Deployment

**Consentec (2014):** Mindestenerzeugung durch konventionelle Kraftwerke u. a. zur Sicherstellung der Systemstabilität – Sachverhalt und Ausblick, Präsentation auf der Plattform Strommarkt des BMWi, AG Flexibilisierung; Consentec GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

## Trend 2: Der Einsatz fossiler Brennstoffe im Kraftwerkspark geht deutlich zurück

- **2050 wird Strom weitestgehend CO<sub>2</sub>-frei erzeugt.** Die Stromerzeugung weist aktuell noch hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen auf. Effizienzmaßnahmen verringern den Stromverbrauch. Für den verbleibenden Strombedarf lassen sich die Emissionen verhältnismäßig kostengünstig verringern. Über die Sektorkopplung trägt der weitestgehend emissionsfreie Strom auch zur Dekarbonisierung des Wärme- und Verkehrssektors bei (vgl. Trend 6).
- **Investitionen in die Kohleinfrastruktur nehmen im Zeitverlauf ab.** Neue Kohlekraftwerke und Tagebauerweiterungen mit einer Nutzungsdauer über 2050 hinaus würden zu Fehlinvestitionen führen und werden daher vermieden. An ihre Stelle treten Erneuerbare-Energien-Anlagen und schrittweise über einen längeren Zeitraum gasbetriebene Kraftwerke, die in der Regel in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden. Die Stromversorgung bleibt dabei sicher.

### **Aufgabe: CO<sub>2</sub>-Emissionen verlässlich verringern, Strukturwandel gestalten**

- **Verlässlichen Rahmen für die Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen gemeinsam entwickeln.** Um zukunftsfähige Investitionen zu tätigen und einen schrittweisen Strukturwandel zu ermöglichen, brauchen und fordern alle Betroffenen Planungssicherheit. Daher brauchen wir einen Dialog darüber, wie wir die über 2020 hinausgehenden Klimaziele im Stromsektor erreichen können.
- **Strukturwandel gestalten durch neue Investitionen und neue Chancen für die Regionen.** In intensiven Gesprächen mit Unternehmen, Gewerkschaften, Ländern und Regionen können wir neue Investitionsfelder und Chancen für Beschäftigte sowie Wertschöpfung in den Braunkohleregionen entwickeln. Bund und Länder unterstützen schon heute den Strukturwandel mit Fördergeldern. Der Bund wird weitere Unterstützungsmaßnahmen prüfen.

### **Leitfragen**

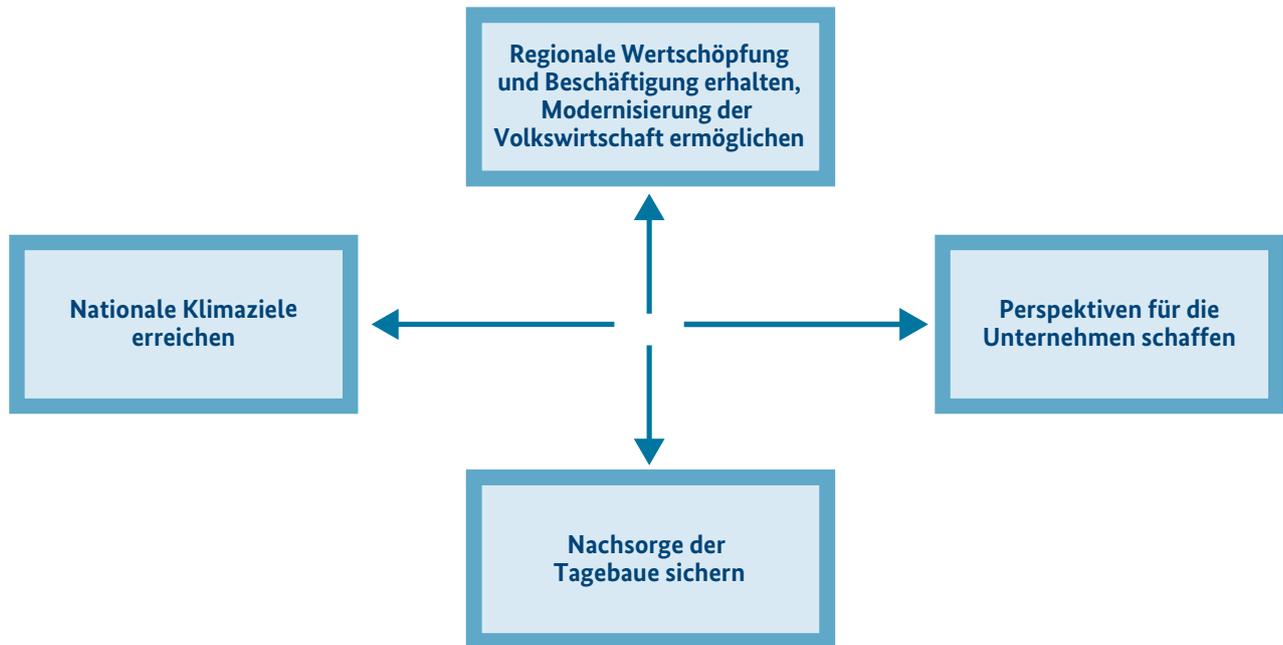
1. Besteht – neben der Weiterentwicklung des ETS – Handlungsbedarf, um die bis 2030 und 2050 erforderlichen Reduktionen von CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erzielen? Über welche Handlungsoptionen verfügen wir? Wie lassen sich Fehlinvestitionen in fossile Strukturen vermeiden?
2. In welchen Bereichen können neue Investitionen und Wertschöpfung in den Regionen und Unternehmen entwickelt werden?
3. Welche Maßnahmen auf regionaler, bundesweiter und europäischer Ebene können den Strukturwandel in den Regionen begleiten?

### **Auswahl aktueller Studien**

**Fraunhofer ISI, Consentec et al. (2016):** Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Consentec GmbH, Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Veröffentlichung voraussichtlich im vierten Quartal 2016)

**Öko-Institut, Fraunhofer ISI (2015):** Klimaschutzszenario 2050; Öko-Institut e.V., Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Abbildung 2: Anforderungen an einen verlässlichen Rahmen für die Kohleverstromung



Quelle: Eigene Darstellung

## Trend 3: Die Strommärkte werden europäischer

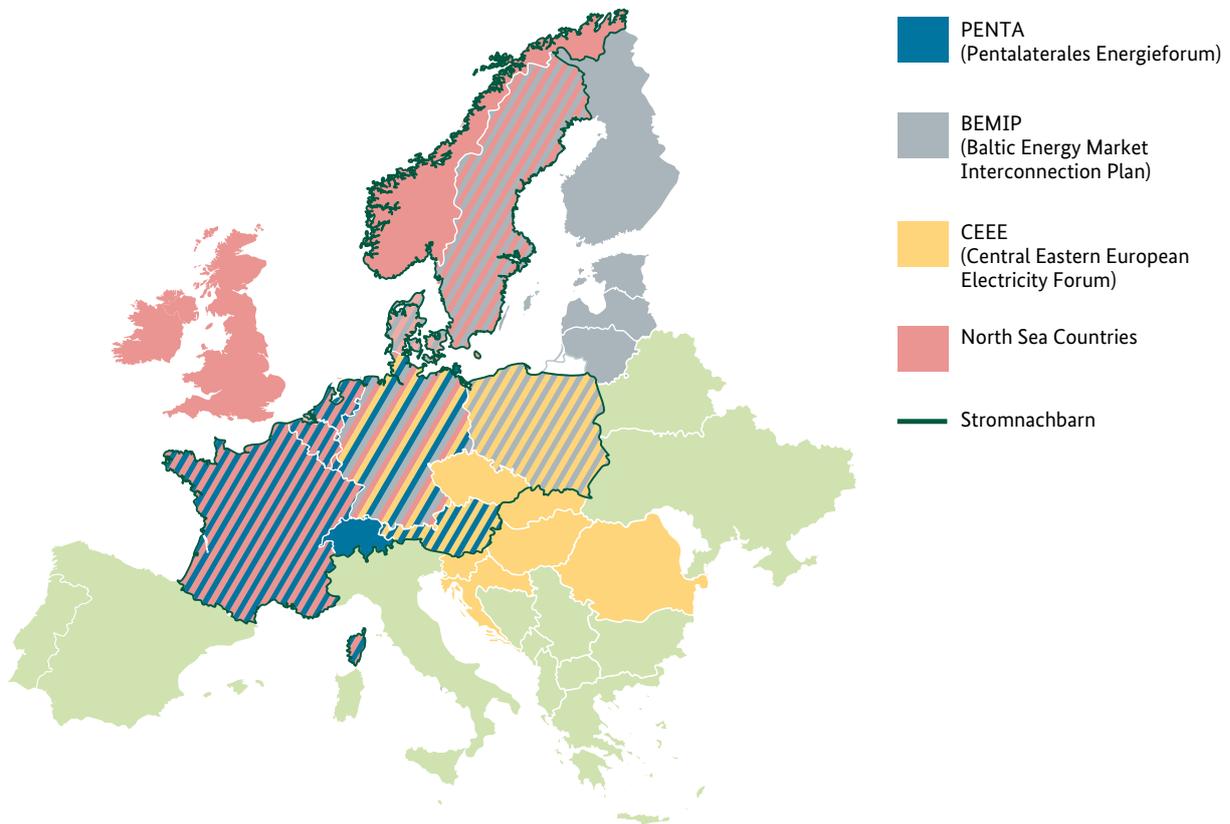
- **Europäische Strommärkte wachsen enger zusammen.** Bereits heute sind die Märkte für den Großhandel von Strom in weiten Teilen miteinander zu einem Strombinnenmarkt gekoppelt. Strom wird in großem Umfang grenzüberschreitend gehandelt. In den kommenden Jahren wächst der Strombinnenmarkt noch enger zusammen. Zusätzliche, insbesondere osteuropäische, Länder beteiligen sich an der Marktkopplung und die Börsenprodukte gleichen sich weiter an. Damit nimmt der grenzüberschreitende Stromhandel weiter zu. Gleichzeitig ermöglicht der weitere Ausbau der grenzüberschreitenden Stromnetze, auch physikalisch mehr Strom zwischen den Ländern auszutauschen.
- **Das europäische Stromsystem wird flexibler.** Flexible Erzeuger, flexible Verbraucher und Speicher reagieren auf die Preissignale des Strommarktes. Damit treten sie auch europaweit im Wettbewerb um die kostengünstigste Lösung an. Ambitioniertere, beispielsweise regionale, Lösungen bleiben über den europäischen Rahmen hinaus möglich. Der flexible Strombinnenmarkt verringert die Kosten der Stromversorgung – unabhängig vom Strommarktdesign in den jeweiligen Mitgliedstaaten (Sowieso-Maßnahme).
- **Das flexible europäische Stromsystem und der europäische Emissionshandel verringern den Förderbedarf für Windenergie und Photovoltaik in Deutschland und den anderen Mitgliedstaaten.** Soweit erforderlich, deckt die Förderung für erneuerbare Energien die Lücke zwischen sinkenden Produktionskosten und dem Erlös am Strommarkt. Je höher die Erlöse der Windenergie- und Photovoltaikanlagen am Strommarkt sind, desto geringer ist der Förderbedarf. Ein reformiertes ETS setzt stärkere Anreize für Investitionen in emissionsmindernde Technologien: Steigende Preise für CO<sub>2</sub>-Emissionen heben das Preisniveau am Großhandelsmarkt für Strom an und steigern die Erlöse von EE-Anlagen. Zudem ermöglicht ein flexibles Stromsystem einen besseren Ausgleich von Angebot und Nachfrage und verringert Preisschwankungen an der Strombörse. Ist zum Beispiel das Angebot aus Wind- und Sonnenstrom relativ groß und die Nachfrage relativ gering, können flexible Verbraucher und Erzeuger reagieren. Ihr Nachfrage verhindert, dass der Strompreis in diesen Stunden noch weiter sinkt. Ther-

mische Kraftwerke fahren ihre Produktion zurück, wenn der aktuelle Großhandelspreis ihre variablen Betriebskosten nicht mehr deckt. Preisschwankungen am Großhandelsmarkt erhöhen den Wert von Flexibilität und reizen entsprechende Investitionen an.

### **Aufgabe: Europäische Strommärkte weiter integrieren und flexibilisieren**

- **Weichen in Europa richtig stellen.** Die Europäische Kommission will Ende 2016 im so genannten „Winterpaket“ Vorschläge für die Weiterentwicklung des Strombinnenmarktes vorstellen. Dieses Gesetzespaket setzt wichtige Rahmenbedingungen für das europäische Stromversorgungssystem. Es gilt, diesen Prozess zu begleiten und Vorschläge für einen sicheren, wettbewerblichen und flexiblen europäischen Strommarkt mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien einzubringen.
- **Strommärkte europäisch und regional stärker integrieren.** Die Kopplung des Stromgroßhandels in verschiedenen Marktsegmenten soll zügig vollendet werden. Darüber hinaus sollte die Integration gezielt dort weiter vertieft werden, wo ein Mehr an Europa zu höherer Kosteneffizienz und mehr Versorgungssicherheit führt. Hierfür sind gemeinsame Rahmenbedingungen in Europa sowie vermehrte Kooperation zum Beispiel zwischen den Übertragungsnetzbetreibern wichtig. Darüber hinaus können auch regionale Lösungen, beispielsweise regionale Initiativen zum Abbau von Flexibilitätshemmnissen oder im Bereich der Versorgungssicherheit, die gesamteuropäische Integration flankieren.
- **Flexibilisierung der Strommärkte in Europa vorantreiben.** Der Abbau von Flexibilitätshemmnissen sollte als Sowieso-Maßnahme zu einem Leitgedanken für den neuen europäischen Strommarktrahmen werden. Die Flexibilisierung des europäischen Stromsystems ist sinnvoll – unabhängig vom jeweiligen Strommarktdesign in einem Mitgliedstaat. Wenn Flexibilitätsoptionen im Wettbewerb miteinander stehen, setzen sich die besten und kostengünstigsten Optionen durch. Mehr Flexibilität verringert den Förderbedarf für erneuerbare Energien.

Abbildung 3: Politische Zusammenarbeit im europäischen Strommarkt (inkl. Beobachterstatus)



Quelle: Eigene Darstellung

### ? Leitfragen

1. In welchen Bereichen sollte die Integration der Strommärkte voranschreiten, um die Potenziale des Binnenmarktes für die Energiewende zu heben? Welche politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen sind dazu erforderlich?
2. Welche konkreten Hemmnisse zur Flexibilisierung der europäischen Strommärkte bestehen? Wie können diese abgebaut werden?
3. In welchen Bereichen sollen auf europäischer Ebene die Rahmenbedingungen weiter vertieft und angeglichen werden, wo sind regionale Ansätze vielversprechender? Wie können solche regionalen Ansätze zur Zusammenarbeit aussehen?

### Auswahl aktueller Studien

**Europäische Kommission (2015):** Einleitung des Prozesses der öffentlichen Konsultation zur Umgestaltung des Energiemarktes, Mitteilung der Kommission, abrufbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0340>

**Europäische Kommission (2015):** Preliminary results from the public consultation on Electricity Market Design, abrufbar unter: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/First%20Results%20of%20Market%20Design%20Consultation.pdf>

**Fraunhofer ISI (2015):** Leitstudie Strommarkt, Arbeitspaket 4, Analyse ausgewählter Einflussfaktoren auf den Marktwert erneuerbarer Energien; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

## Trend 4: Versorgungssicherheit wird im Rahmen des europäischen Strombinnenmarkts gewährleistet

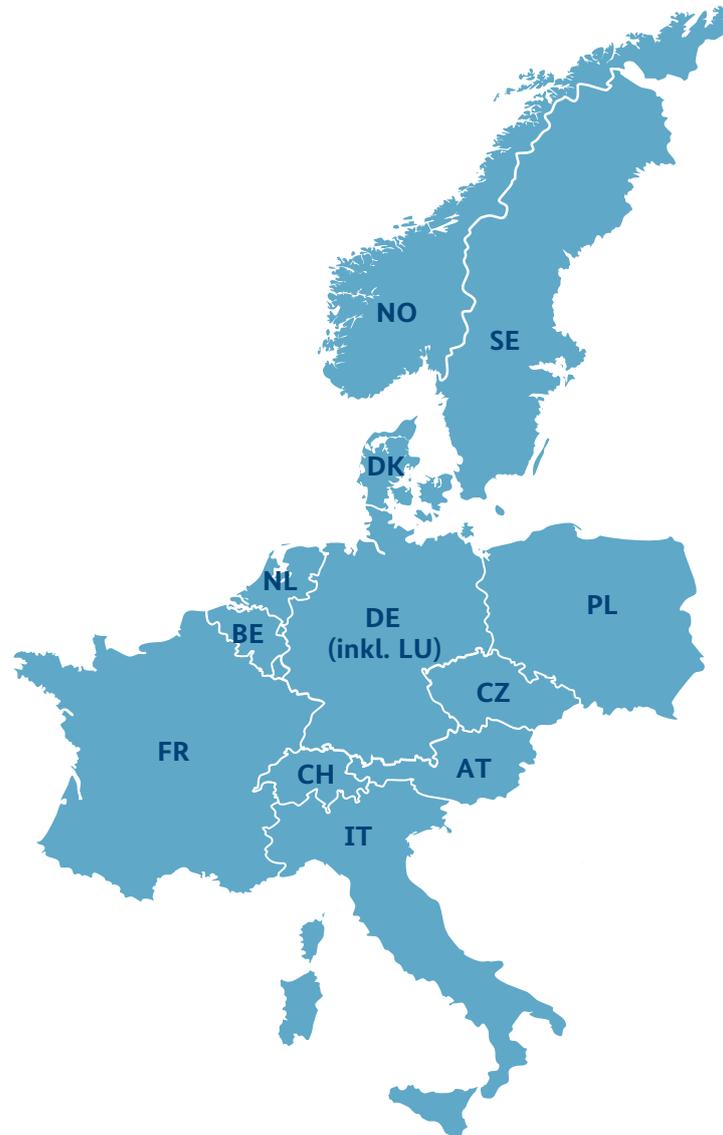
- **Versorgungssicherheit wird europäisch gewährleistet.** Im EU-Binnenmarkt fließt Strom zwischen den Ländern. An der Börse wird er grenzüberschreitend gehandelt: Stromproduzenten können ihre Produkte an Kunden im In- und Ausland verkaufen; Stromversorger und große Verbraucher kaufen Strom da, wo er gerade am günstigsten ist. Versorgungssicherheit gewährleisten daher die heimischen und die europäischen Kapazitäten gemeinsam. Voraussetzung hierfür ist einerseits, dass auch in Knappheitssituationen ausreichend Kapazitäten im gemeinsamen Binnenmarkt zur Verfügung stehen; andererseits muss der Strom über die Grenzen hinweg tatsächlich transportiert werden.
- **Es ist kostengünstig, Versorgungssicherheit europäisch zu gewährleisten.** Die höchste Nachfrage tritt in den einzelnen Ländern zu unterschiedlichen Zeiten auf. Auch weht zum Beispiel der Wind in Deutschland und Frankreich meist nicht gleich stark. Oder die wetterabhängige Stromproduktion aus deutschen Windenergieanlagen kann mit den Wasserkraftwerken im Alpenraum und in Skandinavien verknüpft werden – mit großen Vorteilen für beide Seiten. So können sich Erzeugung und Verbrauch europaweit ausgleichen: Kapazitäten, die zu einem Zeitpunkt in Frankreich oder Österreich nicht gebraucht werden, können die Nachfrage in Deutschland decken und umgekehrt. Insgesamt werden weniger Kapazitäten benötigt und damit Kosten gespart.
- **Versorgungssicherheit gemeinsam bewerten.** Weil Versorgungssicherheit im Binnenmarkt europäisch gewährleistet wird, ist im ersten Schritt eine koordinierte Bewertung – das heißt eine gemeinsame Methodik und abgestimmte Daten – sinnvoll. Das erhöht die Qualität der Bewertung; im Vergleich zu einer rein nationalen Betrachtung können Maßnahmen zur Vorhaltung überflüssiger, kostenintensiver Kapazitäten vermieden werden. Im zweiten Schritt könnten die europäischen Länder ein gemeinsames Monitoring der Versorgungssicherheit durchführen.
- **Versorgungssicherheit mit gemeinsamen Instrumenten gewährleisten.** Ergibt eine europäische Betrachtung einen Bedarf an weiteren Maßnahmen, können diese Maßnahmen perspektivisch da vorgesehen werden, wo sie wirklich benötigt werden oder am besten wirken und kosteneffizient sind. Maßnahmen wie zum Beispiel Reserven können koordiniert und, wo technisch möglich, gemeinsam genutzt werden.

### **Aufgabe: Versorgungssicherheit europäisch bewerten und gemeinsame Instrumente entwickeln**

- **Beim Monitoring der Versorgungssicherheit den europäischen Binnenmarkt berücksichtigen.** Versorgungssicherheit in Deutschland wird in einem regelmäßigen Monitoring mindestens alle zwei Jahre bewertet. Das Monitoring muss in Zukunft das gesamte für Deutschland relevante Marktgebiet einschließlich aller Nachbarstaaten sowie die grenzüberschreitenden Flexibilitäts- und Ausgleichspotenziale betrachten.

### **Leitfragen**

1. In den letzten Jahren wurden neue Berechnungsverfahren entwickelt, die bei der Bewertung von Versorgungssicherheit insbesondere die Effekte des grenzüberschreitenden Stromaustauschs berücksichtigen (u. a. Consentec, r2b [2015]), regionaler Versorgungssicherheitsbericht 2015 im Auftrag des Pentilateralen Energieforums). An welchen Stellen sollten diese Berechnungsverfahren ergänzt bzw. weiterentwickelt werden? Insbesondere: Welche Indikatoren und Schwellenwerte für Versorgungssicherheit sind sinnvoll?
2. Wie könnten mögliche Hemmnisse für ein gemeinsames, europäisches Monitoring der Versorgungssicherheit abgebaut werden? Wo sollte ein solches Monitoring institutionell verankert werden (beispielsweise ENTSO-E, ACER oder regionale Kooperationen wie das Pentilaterale Energieforum)?
3. Könnten Reserven gemeinsam mit Nachbarstaaten entwickelt werden? Welche Chancen, zum Beispiel welche Kostensenkungspotenziale, und welche Risiken würden bei einer gemeinsamen Reserve bestehen?

**Abbildung 4: Relevanter geografischer Betrachtungsbereich für die Versorgungssicherheit am Strommarkt**

Quelle: Consentec, r2b (2015)

#### Auswahl aktueller Studien

**Consentec, r2b (2015):** Versorgungssicherheit in Deutschland und seinen Nachbarländern: Länderübergreifendes Monitoring und Bewertung; Consentec GmbH, r2b energy consulting im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

**Elia et al. (2015):** Generation Adequacy Assessment; Elia, RTE, Swissgrid, Amprion, TenneT, APG, Creos im Auftrag der Support Group 2 des Pentilateralen Energieforums, abrufbar unter: <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/G/gemeinsamer-versorgungssicherheitsbericht,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>

## Trend 5: Strom wird deutlich effizienter genutzt<sup>4</sup>

- **Die Stromeffizienz steigt deutlich.** Bis 2030 und 2050 wird Strom sowohl bei den klassischen Stromanwendungen als auch bei den durch Sektorkopplung neu hinzugekommenen Anwendungen effizient genutzt.
- **Eingesparter Strom muss weder erzeugt noch verteilt werden.** Durch Effizienzmaßnahmen werden weniger Erzeugungs- und Transportkapazitäten benötigt. Dies senkt die Kosten für die Bereitstellung von Energie und stärkt die Akzeptanz der Energiewende.
- **Stromeffizienz flankiert die Sektorkopplung.** Durch den verstärkten Einsatz von Strom für Wärme und Mobilität steigt die Stromnachfrage insgesamt deutlich an. Eine massive Effizienzsteigerung beschränkt diesen Anstieg auf das erforderliche Maß.
- **Flexibilität und Stromeffizienz werden gemeinsam gedacht.** Zwischen Energieeffizienz und Flexibilität können sowohl positive als auch negative Wechselwirkungen bestehen. Ein Positivbeispiel: Nur gut gedämmte und damit effiziente Kühllhäuser können temporär ihre Kühlung abschalten und so ihre Stromnachfrage kurzfristig reduzieren. Bei anderen Prozessen hingegen kann der flexible Abruf von Energie dazu führen, dass Anlagen nicht voll ausgelastet sind und so die Effizienz verringert wird. Die richtige Balance zwischen Flexibilität und Stromeffizienz steigert den Wert von Stromeinsparungen und schafft Anreize für die flexible Nutzung von Strom.

### **Aufgabe: Anreize für einen effizienten Einsatz von Strom stärken**

- **Stromeffizienz verlässlich steigern: Bewährte Anreize für einen effizienten Einsatz von Strom stärken, Hemmnisse abbauen.** Je weniger Strom wir verbrauchen, umso weniger Erneuerbare-Energien-Anlagen und Netze müssen wir bauen, um fossile Brennstoffe zu ersetzen. Es gilt, die Rahmenbedingungen so weiterzuentwickeln, dass unter Berücksichtigung der gesamt- und betriebswirtschaftlichen Kosteneffizienz grundsätzlich diejenigen Technologien zum Einsatz kommen, die mit möglichst wenig erneuerbarem Strom möglichst viele Treibhausgase sparen. Dabei ist sowohl die technische Machbarkeit – zum Beispiel die mögliche Einbindung von Wärmepumpen in Nahwärmenetze und Kombination mit Groß-

wärmespeichern – als auch die volkswirtschaftliche Effizienz zu berücksichtigen.

- **„Efficiency First“: Stromeffizienz bei allen energiepolitischen Entscheidungen als Kriterium berücksichtigen.** Zukünftig soll bei energiepolitischen Weichenstellungen geprüft werden, ob durch diese Anreize für einen effizienten Umgang mit Strom gesetzt werden können, oder ob neue Hemmnisse für einen effizienten Umgang mit Strom geschaffen werden.

### **Leitfragen**

1. Wie kann sichergestellt werden, dass Stromeffizienz bei energiepolitischen Entscheidungen berücksichtigt wird?
2. Wo ergeben sich positive und negative Wechselwirkungen zwischen Flexibilität und Stromeffizienz? Wie können die Rahmenbedingungen für den Einsatz von Strom so gestaltet werden, dass eine kosteneffiziente Balance zwischen Energieeffizienzsteigerungen und der Bereitstellung von Flexibilität erreicht wird?

### **Auswahl aktueller Studien**

**BMWi (2015):** Energie der Zukunft: Vierter Monitoring-Bericht zur Energiewende; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

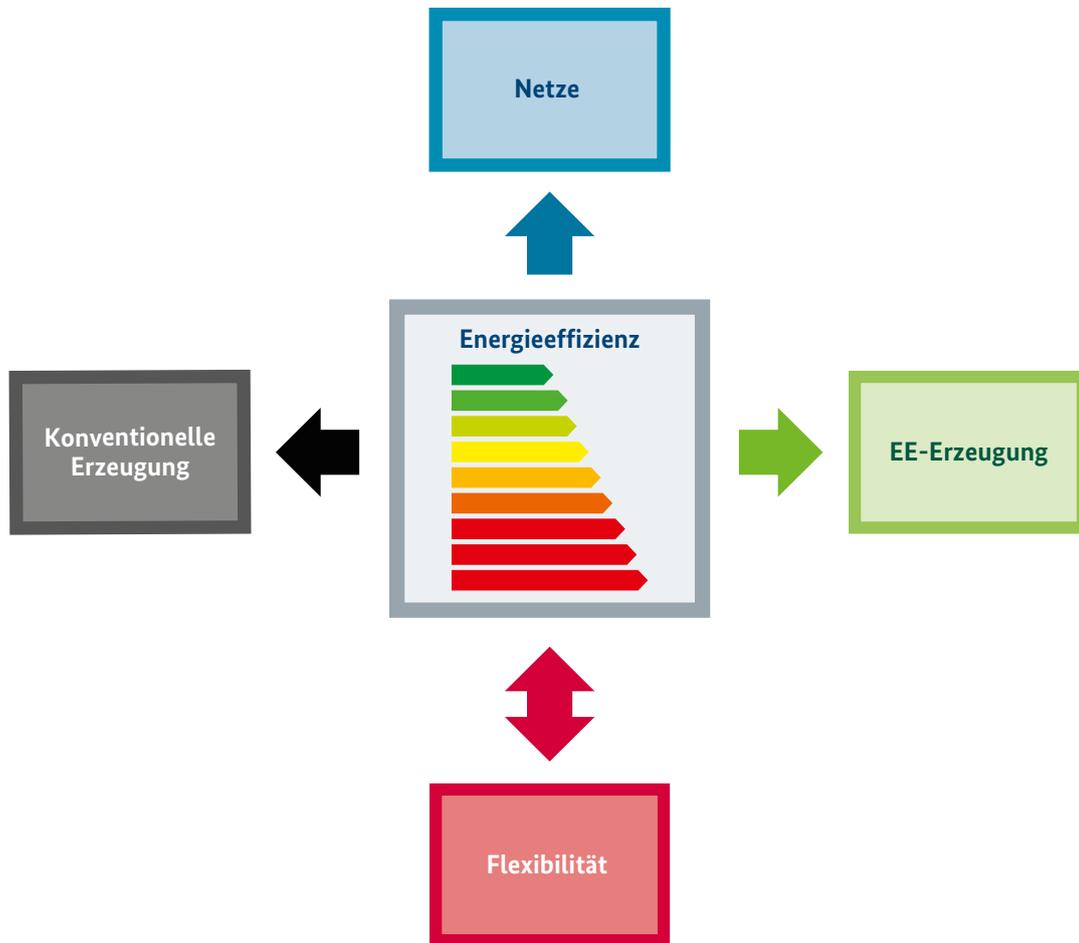
**Fraunhofer ISI, Consentec et al. (2016):** Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Consentec GmbH, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Veröffentlichung voraussichtlich im vierten Quartal 2016)

**Fraunhofer IWES et al. (2015):** Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr; Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Stiftung Umweltenergierecht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

**Ecofys (2016):** Flex-Efficiency. Ein Konzept zur Integration von Effizienz und Flexibilität bei industriellen Verbrauchern; Ecofys im Auftrag von Agora Energiewende

<sup>4</sup> Dieser Trend wird im Rahmen des Grünbuchs Energieeffizienz und in der Plattform Energieeffizienz diskutiert.

Abbildung 5: Rolle der Stromeffizienz für die Stromversorgung



Quelle: Eigene Darstellung

## Trend 6: Sektorkopplung: Heizungen, Autos und Industrie nutzen immer mehr erneuerbaren Strom statt fossiler Brennstoffe

- **Erneuerbarer Strom wird der wichtigste Energieträger.** Energie wird deutlich effizienter genutzt. Der Energiebedarf von Gebäuden, Verkehr und Industrie sinkt dadurch stark. Den verbleibenden Energiebedarf decken erneuerbare Energien – direkt in den einzelnen Sektoren oder in Form von erneuerbarem Strom, vor allem aus Wind und Sonne. Dadurch wird der Stromsektor immer stärker mit dem Gebäude-, Verkehrs- und Industriesektor „gekoppelt“. Erneuerbare Brennstoffe (z. B. Biomasse) kommen dort zum Einsatz, wo Strom nicht sinnvoll genutzt werden kann, insbesondere im Luft- und Schiffsverkehr sowie in Teilen der Industrie.
- **Vorrangig kommen Technologien zum Einsatz, die mit wenig Strom möglichst viele fossile Brennstoffe ersetzen.** Dies gilt vor allem für hocheffizient eingesetzte Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge. Beide benötigen vergleichsweise wenig Strom. Sie können einen großen Beitrag zur langfristigen Dekarbonisierung und Effizienzsteigerung im Wärme- und Verkehrssektor leisten. Weniger effiziente Technologien sind Elektrokessel und Heizstäbe oder Elektrolyseure (Power-to-Gas). Sie kommen wegen ihres sehr viel höheren Strombedarfs nur zum Einsatz, wenn erneuerbarer Strom bei negativen Preisen oder Netzengpässen ansonsten abgeregelt würde und effizientere Technologien nicht sinnvoll sind.
- **Die Sektorkopplung macht das Stromsystem flexibler.** Elektroautos, Wärmepumpen und Elektrokessel sind flexible Verbraucher. Elektroautos nutzen die Batterie als Speicher und Wärme lässt sich leichter speichern als Strom. Zukünftig können sie ihre Nachfrage sehr schnell um viele Gigawatt erhöhen oder verringern und an das Wind- und Solarstromangebot anpassen.

### **Aufgabe: Wettbewerbsbedingungen für erneuerbaren Strom gegenüber Brennstoffen im Wärme- und Verkehrssektor verbessern**

- **Wettbewerbsbedingungen für erneuerbaren Strom im Wärme- und Verkehrssektor verbessern.** Strom hat in den Sektoren Wärme und Verkehr heute einen Wettbewerbsnachteil: Fossile Brennstoffe für Verkehr und Wärme sind für die Verbraucher kostengünstiger als Strom, weil Strom mit Umlagen, Steuern und Abgaben stärker zur Finanzierung der Energiewende beiträgt. Dies trifft insbesondere auf den Wärmebereich zu (vgl. Abb. 1 „Ziel-

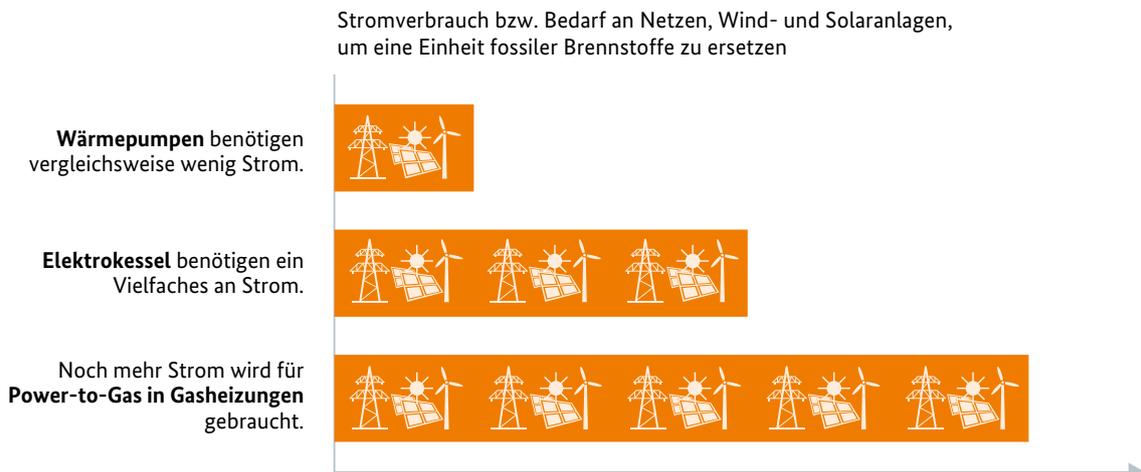
modell für Flexibilität und Sektorkopplung“). Zudem sind die aktuellen Brennstoffpreise am Weltmarkt sehr niedrig. Beides konterkariert einerseits den Einsatz von Strom in Wärme und Verkehr und andererseits einen effizienten Umgang mit Energie in diesen Bereichen. Dies können Fördermaßnahmen nur teilweise kompensieren. Nötig sind Wettbewerbsbedingungen für erneuerbaren Strom, die die effiziente Sektorkopplung erleichtern, Energieeffizienz anreizen und den Förderbedarf für beispielsweise Effizienzmaßnahmen, Wärmepumpen und Elektrofahrzeuge verringern.

- **Effiziente Lastzuschaltung für Strom aus erneuerbaren Energien ermöglichen.** Es sollte sich rechnen, den Stromverbrauch in Zeiten zu verlagern, in denen sehr viel Strom aus Erneuerbaren im Netz ist und die Börsenstrompreise negativ sind. Auch die temporäre Zuschaltung von Sektorkopplungs-Technologien in diesen Zeiten kann sinnvoll sein, wenn dadurch fossile Brennstoffe ersetzt werden. Dies ist heute häufig noch nicht wirtschaftlich attraktiv. Zum Teil liegt das daran, dass bestimmte Preisbestandteile statisch berechnet werden, das heißt unabhängig vom Strompreis immer in derselben absoluten Höhe. Dagegen wird die Mehrwertsteuer prozentual auf den Strompreis bezogen, die absolute Höhe ist damit abhängig vom Strompreis. Auch gibt es bereits reduzierte Netzentgelte in Zeitfenstern mit voraussichtlich niedriger Netzbelastung. Hier sollte man anknüpfen. Es sollte geprüft werden ob und in welchen Fällen Preisbestandteile in Zukunft situationsspezifischer erhoben werden können, sodass spezifische, effiziente Lastzuschaltungen bei negativen Strompreisen oder zur effizienteren Netznutzung erleichtert werden. Fehlanreize, die zum Dauerbetrieb ineffizienter Technologien oder zu Emissionserhöhungen führen, müssen dabei vermieden werden.

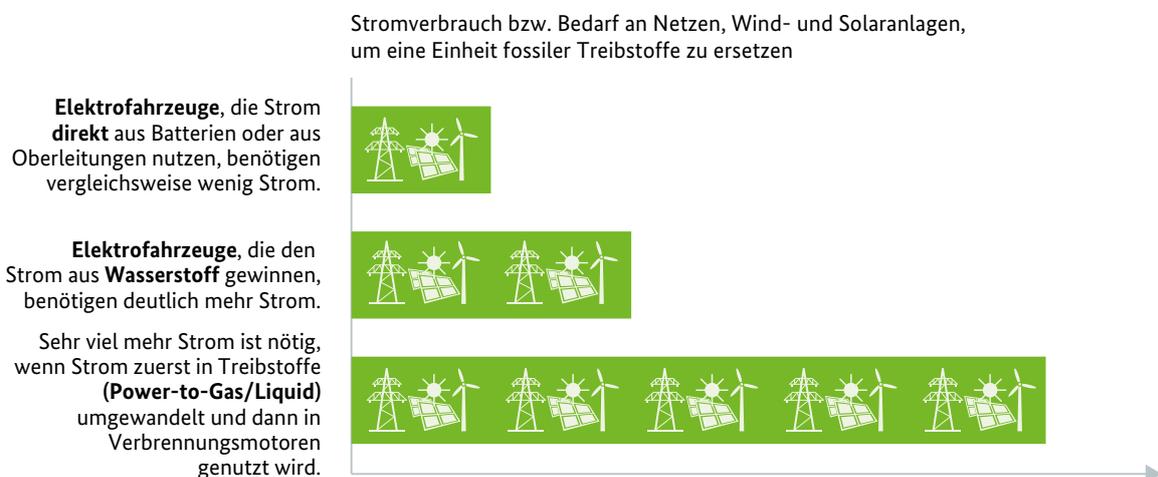
### **Leitfragen**

1. Wie können wir die Wettbewerbsbedingungen für erneuerbaren Strom in Wärme und Verkehr verbessern und Strom eine faire Chance gegenüber Brennstoffen in Verkehr und Wärme geben? Wie kann eine sinnvolle Kostenanlastung für erneuerbaren Strom in den anderen Sektoren erreicht werden?
2. Wie erleichtern wir Lastzuschaltung bei niedrigen Strompreisen?

**Abbildung 6a: Stromverbrauch verschiedener Technologien, um eine Einheit fossiler Brennstoffe in der Wärmeversorgung zu ersetzen**



**Abbildung 6b: Stromverbrauch verschiedener Technologien, um eine Einheit fossiler Treibstoffe im Verkehr zu ersetzen**



### Auswahl aktueller Studien

**Fraunhofer ISI, Consentec et al. (2016):** Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Consentec GmbH, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Veröffentlichung voraussichtlich im vierten Quartal 2016)

**Fraunhofer IWES et al. (2015):** Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr; Fraunhofer-Institut für Windenergie

und Energiesystemtechnik, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Stiftung Umweltenergierecht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

**UBA (2016):** Integration von Power to Gas/Power to Liquid in den laufenden Transformationsprozess; Umweltbundesamt, abrufbar unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/integration-von-power-to-gaspower-to-liquid-in-den>

## Trend 7: Moderne KWK-Anlagen produzieren den residualen Strom und tragen zur Wärmewende bei

- **Emissionsarme, effiziente und flexible KWK-Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen) ändern ihre Rolle im Zeitverlauf.** KWK-Anlagen sind im Vergleich zu ungekoppelter Erzeugung besonders effizient, weil sie neben Strom auch Wärme produzieren. Bis 2030 bauen wir KWK weiter aus und ersetzen damit ungekoppelte Erzeugung. Auch nach 2030 bleibt die KWK ein wichtiger Baustein: Im Stromsektor decken KWK-Anlagen einen wesentlichen Anteil des residualen Strombedarfs. Im Wärmesektor produzieren KWK-Anlagen vor allem Wärme für Industrieprozesse und Raumwärme für schwer sanierbare Gebäude. Allerdings geht die Bedeutung der KWK nach 2030 zurück. Denn einerseits sind immer mehr Gebäude so gebaut oder energetisch gut saniert, dass der Wärmebedarf sinkt. Andererseits übernehmen erneuerbare Energien zunehmend die Stromversorgung und – direkt (z. B. durch Solarthermie) oder in Kombination mit Wärmepumpen – auch die Versorgung mit Raumwärme und Warmwasser. Langfristig können KWK-Anlagen nur dann eine Rolle spielen, wenn sie mit erneuerbaren Brennstoffen betrieben werden.

- **KWK-Anlagen werden Teil moderner Strom-Wärme-Systeme.** Um emissionsarm, effizient und flexibel zu sein, passen die Betreiber einerseits den Betrieb der KWK-Anlagen an. Im Ergebnis reagieren KWK-Anlagen flexibel auf Strompreise und auf den jeweiligen Wärmebedarf. Andererseits binden die Betreiber verstärkt andere Techniken ein: Flexible Ausgleichstechniken wie Wärmespeicher können kostengünstig in wenigen Stunden des Jahres auf besonders hohe oder niedrige Strompreise und einen besonders hohen Wärmebedarf flexibel reagieren. Allerdings sind sie weniger energieeffizient. Daher stellen zusätzlich hocheffiziente Wärmepumpen Flexibilität bereit. Wärmepumpen verbinden als hocheffiziente Strom-Wärme-Technik den Strom- und Wärmesektor – genau wie KWK-Anlagen. Im Gegensatz zu mit Brennstoffen betriebenen KWK-Anlagen verbrauchen sie jedoch Strom, anstatt ihn zu produzieren (vgl. Trend 6). Erneuerbare Wärmetechniken wie Solarthermie-Anlagen unterstützen eine emissionsarme Wärmeproduktion.

- **Inbesondere an Orten mit relativ dichter Bebauung unterstützen Wärmenetze diese Modernisierung.** Ist Wärmenachfrage vorhanden, können Nah- und Fernwärmenetze verschiedene Techniken leicht zusammenbringen. Dazu gehören die flexiblen Ausgleichstechniken ebenso wie die Strom-Wärme-Techniken und die erneuerbaren Wärmetechniken. Sie können auch zusätzliche Wärmequellen wie Abwärme aus Industrieprozessen nutzbar machen. Damit kann sichergestellt werden, dass immer die kostengünstigsten Techniken den Strom und die Wärme produzieren – je nachdem, wie sich der Wärmebedarf oder die Stromproduktion von Wind- und

PV-Anlagen entwickelt. Dadurch können Wärmenetze Schwankungen abfedern. Zum Beispiel können sie problemlos einen Wärmespeicher einbinden, wenn der Flexibilitätsbedarf ansteigt.

### **Aufgabe: Anreize für moderne Strom-Wärme-Systeme setzen**

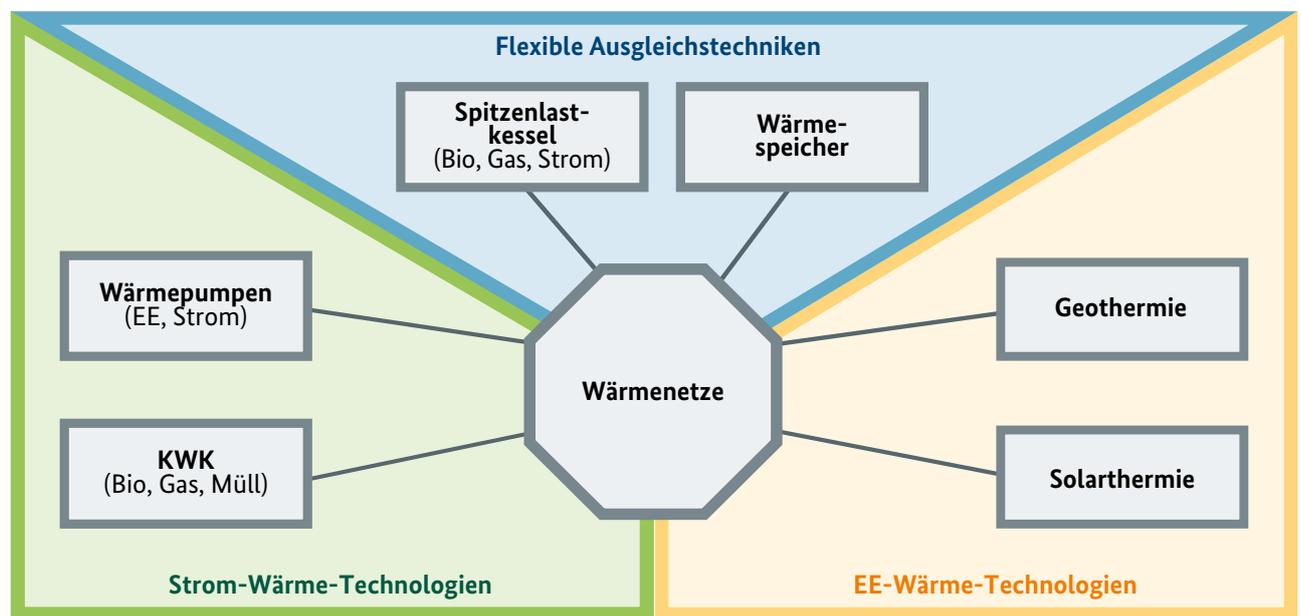
- **Investitionsanreize für eine emissionsarme, effiziente und flexible KWK erhalten.** Das KWKG 2016 macht es vor: Es fördert CO<sub>2</sub>-arme, gasbasierte Stromerzeugung, verbessert die Förderung für Wärmespeicher und legt den Schwerpunkt auf KWK-Anlagen in der öffentlichen Versorgung. Darauf sollten wir aufsetzen. Wir sollten zunehmend EE-Wärmetechnologien und flexible Ausgleichstechnologien einbinden sowie KWK-Anlagen weiter flexibilisieren.
- **Zukunftsfähige Infrastrukturen wie Wärmenetze fördern.** Es gibt verschiedene Wärmenetze: Nahwärmenetze können als Quartierslösungen einzelne Wohnblocks versorgen oder in Industriearealen Wärme für Industrieprozesse bereitstellen. Fernwärmenetze versorgen vor allem dicht besiedelte Gebiete und können Wärme über lange Strecken transportieren. Alle Wärmenetze eint: Sie erfordern langfristige Investitionen. Ihre Lebensdauer beträgt 40 Jahre und mehr. Wo sinnvoll, sollten wir daher Wärmenetze frühzeitig fördern sowie neue und bestehende Wärmenetze an die langfristigen Anforderungen anpassen.
- **Langfristige Entwicklung mitdenken.** Bei der KWK-Förderung prägen unsere heutigen Entscheidungen das Energiesystem der Zukunft. Denn KWK-Anlagen laufen häufig mehr als 20 Jahre und Wärmenetze haben in der Regel eine Lebensdauer von mehr als 40 Jahren. Daher müssen wir schon heute mitdenken, wie sie langfristig zu einem nachhaltigen und volkswirtschaftlich effizienten Energiesystem passen.

### **Leitfragen**

1. Welche Rolle spielen unterschiedliche Typen von KWK-Anlagen für einen effizienten Entwicklungspfad der KWK? Welche Rolle spielen jeweils zentrale Anlagen in der öffentlichen Versorgung und dezentrale Anlagen? Wie entwickelt sich die Rolle der industriellen KWK-Anlagen bei der zunehmenden Dekarbonisierung des Industriesektors? Welche Abwärmepotenziale können wie genutzt werden?
2. Wie sieht eine zukunftsfähige Infrastruktur aus?

3. Bereits heute unterliegen KWK-Anlagen dem ETS. Wie können wir darüber hinaus Investitionsanreize für eine flexible, emissionsarme und energieeffiziente KWK erhalten? Wie können wir sicherstellen, dass diese Anlagen auch effizient eingesetzt werden? Wie können wir den Ausbau einer zukunftsfähigen Infrastruktur sicherstellen?
4. Wie können wir sicherstellen, dass die heutigen Investitionen zur langfristigen Entwicklung passen? Welche KWK-Anlagen mit welchen Lebensdauern können wir bis wann bauen? Welche Eigenschaften müssen Wärmenetze langfristig haben?

Abbildung 7: Modernes wärmenetzbasiertes Strom-Wärme-System (schematische Darstellung)



Quelle: Eigene Darstellung

### Auswahl aktueller Studien

**Prognos et al. (2014):** Potenzial- und Kosten-Nutzen-Analyse zu den Einsatzmöglichkeiten von Kraft-Wärme-Kopplung (Umsetzung der EU-Energieeffizienzrichtlinie) sowie Evaluierung des KWKG im Jahr 2014; Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung; Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien, BHKW-Consult, Prognos AG im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

**Fraunhofer IWES et al. (2015):** Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr; Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Stiftung Umweltenergierecht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

**Fraunhofer ISI, Consentec et al. (2016):** Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Consentec GmbH, Institut für Energie- und Umweltfor-

schung Heidelberg GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Veröffentlichung voraussichtlich im vierten Quartal 2016)

**Ifeu et al. (2013):** Transformationsstrategien von fossiler zentraler Fernwärmeversorgung zu Netzen mit einem höheren Anteil erneuerbarer Energien; Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, GEF Ingenieur AG, AGFW im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

**Fraunhofer ISE et al. (2013):** Erarbeitung einer integrierten Wärme- und Kältestrategie (Phase 2) – Zielsysteme für den Gebäudebereich im Jahr 2050; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Öko-Institut, TU Wien im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

## Trend 8: Biomasse wird zunehmend für Verkehr und Industrie genutzt

- **Biomasse ist universell einsetzbar, aber knapp.** Die energetischen Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse sind sehr vielfältig: Sie kann als Treibstoff im Verkehr, zur Erzeugung von Heizwärme in Haushalten sowie Prozesswärme in der Industrie oder zur Stromerzeugung eingesetzt werden. Das für die Energieversorgung nutzbare heimische Biomassepotenzial ist aber begrenzt, insbesondere, weil es Nutzungskonflikte mit der Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln und der stofflichen Nutzung von Holz gibt. Auch mit anderen Energieverbrauchssektoren, wie beispielsweise bei flüssiger Biomasse im Verkehrssektor, existieren partielle Nutzungskonkurrenzen. Zudem kann Biomasse im Rahmen einer nachhaltigen Energiepolitik nur in begrenztem Umfang noch zusätzlich importiert werden. Denn bei einer globalen Dekarbonisierung der Energieversorgung sind alle Länder darauf angewiesen, einen Anteil am insgesamt knappen Biomassepotenzial nutzen zu können.
- **Biomasse wird gezielt dort eingesetzt, wo sie für das Energiesystem den größten Nutzen bringt.** Der Luft- und Schiffsverkehr sowie Teile der Industrie (Prozesswärme) können perspektivisch – sieht man von CCS und CCU ab – nur durch erneuerbare Brennstoffe dekarbonisiert werden. Im Verkehrsbereich wird dazu flüssige Biomasse in Form von Biokerosin und anderen Biotreibstoffen verwendet. Im Industriebereich und im schwer dämmbaren Gebäudebestand wird vor allem feste Biomasse benötigt. Für die jeweiligen Bereiche ist insgesamt nur dann ausreichend Biomasse verfügbar, wenn überall dort, wo es technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar ist, zunehmend Wind- und Solarstrom eingesetzt werden. Beispielsweise können Elektroautos im Straßenverkehr Biomasse ersetzen. Das Gleiche gilt im Neubau und häufig auch in sanierten Bestandsgebäuden, wo Solarthermie und effiziente Wärmepumpen erneuerbare Wärme bereitstellen können. Im Gebäudebestand, der nur bedingt durch Dämmung energetisch saniert werden kann, z. B. bei denkmalgeschützten Gebäuden, stellt Biomasse jedoch häufig auch nach durchgeführten Effizienzmaßnahmen eine unverzichtbare erneuerbare Wärmequelle dar.
- **Für Strom und Wärme ist Biomasse begrenzt verfügbar und wird möglichst effizient und flexibel genutzt.** Bei einer Nutzung von Biomasse im Strom- und Wärmesektor weist die Kraft-Wärme-Kopplung die größte Effizienz auf. Dabei gleicht ein flexibler Betrieb von KWK-Anlagen

die fluktuierende Einspeisung von Wind- und Sonnenstrom aus und leistet damit insgesamt einen Beitrag zur Flexibilisierung des Strommarktes. Daneben wird feste Biomasse, zum Beispiel Holzpellets, in begrenztem Umfang auch für die ungekoppelte Wärmebereitstellung weiterhin erforderlich sein. Dies ist insbesondere dort der Fall, wo kein Wärmenetzanschluss vorhanden ist und aufgrund von Dämmrestriktionen eine Wärmepumpe nicht sinnvoll ist.

### **Aufgabe: Anreize so setzen, dass Biomasse zunehmend für Verkehr und Industrie genutzt wird**

- **Verfügbares, nachhaltiges Biomassepotenzial für die energetische Nutzung bestimmen.** Einerseits ist das innerdeutsche Biomassepotenzial begrenzt. Andererseits sollten Nettoimporte von Biomasse aus Gründen einer nachhaltigen globalen Energiepolitik ebenfalls begrenzt bleiben. Es ist daher zunächst zu klären, welches energetische Biomassepotenzial Deutschland langfristig zur Verfügung steht.
- **Anreize für energetische Nutzungen schaffen, die auf lange Sicht gesamtwirtschaftlich effizient sind.** Die Anreize sollten so gestaltet werden, dass Biomasse langfristig dort eingesetzt wird, wo es keine kostengünstigere Alternative zur langfristigen Dekarbonisierung gibt. Aus heutiger Sicht sind das der Verkehrs- und Industriesektor sowie die Wärmebereitstellung in Bestandsgebäuden, die nicht hocheffizient saniert werden können. Im Stromsektor hingegen kann Biomasse durch Wind- und Solarstrom in Verbindung mit einer flexibilisierten Nachfrage bzw. Speichern ersetzt werden.
- **Einsatz für Strom und Wärme flexibilisieren.** EEG und KWKG setzen bereits Anreize für einen flexiblen Betrieb von Biomasse-Anlagen für die Stromerzeugung. Neuanlagen und Bestandsanlagen, die eine Anschlussförderung in Anspruch nehmen, sollten flexibel betrieben werden. Gleichzeitig sollte ein hoher Grad an Brennstoffausnutzung über eine Wärmeauskopplung angestrebt werden.

**Abbildung 8: Die energetische Nutzung von Biomasse**

**Die energetische Nutzung von Biomasse steigt bis 2050 leicht an. Die Anwendung verlagert sich von Strom zu Verkehr und Industrie.** (Schematische Darstellung)



2020

2050

Quelle: Eigene Darstellung

## 🔍 Leitfragen

1. In welchen Bereichen und Sektoren sollte Biomasse in begrenztem Umfang langfristig zur energetischen Verwendung eingesetzt werden, damit sie eine kostenoptimale Erreichung der Energie- und Klimaziele unterstützt?
2. Wie können Lock-in-Effekte hinsichtlich einer langfristig kostenoptimalen Biomassenutzung vermieden werden und wie kann ein stärkerer, effizienter Einsatz von Biomasse in Industrie, Luft- und Schiffsverkehr angereizt werden?
3. Wie kann sichergestellt werden, dass bei einem Einsatz von Biomasse in der Kraft-Wärme-Kopplung die Anlagen flexibel betrieben werden? Welche Chancen ergeben sich zukünftig im Strommarkt 2.0 für Flexibilität, die durch Biomasse bereitgestellt wird?

## Auswahl aktueller Studien

**Öko-Institut, Fraunhofer ISI (2015):** Klimaschutzszenario 2050; Öko-Institut e.V., Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

**Fraunhofer IWES et al. (2015):** Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr; Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Stiftung Umweltenergierecht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

**Fraunhofer ISI, Consentec et al. (2016):** Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Consentec GmbH, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Veröffentlichung voraussichtlich im vierten Quartal 2016)

## Trend 9: Gut ausgebaute Netze schaffen kostengünstig Flexibilität

- **Die Übertragungsnetze ermöglichen einen deutschlandweiten Transport von Strom über große Entfernungen.** Die Stromerzeugung wird ungleichmäßiger („der Wind weht nicht immer und überall“). Überregionale Höchstspannungsleitungen sorgen für den Transport des Stroms zwischen verschiedenen Regionen und insbesondere auch von Norden nach Süden. Sie bieten damit räumliche und zeitliche Flexibilität beim Ausgleich von Angebot und Nachfrage am Strommarkt.
- **Grenzüberschreitende Leitungen (Interkonnektoren) ermöglichen die Nutzung der Vorteile des EU-Binnenmarkts.** Der europäische Binnenmarkt erhöht die Versorgungssicherheit und ermöglicht wettbewerbsfähige Strompreise. Durch einen auch grenzüberschreitenden Ausgleich der Schwankungen von Nachfrage und Angebot (Wind und Sonne) erleichtert der Binnenmarkt auch die kosteneffiziente Integration von erneuerbaren Energien. All dies kann aber nur erreicht werden, wenn die Stromnetze der Mitgliedstaaten ausreichend miteinander vernetzt und ausgebaut sind.
- **Verteilernetze sorgen für die intelligente Integration vieler dezentraler Erzeugungsanlagen sowie zunehmend flexiblerer Verbraucher.** 90 Prozent der in EE-Anlagen installierten Leistung sind an Verteilernetze angeschlossen. Diese Netze machen ca. 98 Prozent des gesamten deutschen Stromnetzes aus. Der Ausbau und die intelligente Vernetzung der Verteilernetze, auch mit dem Übertragungsnetz, sind daher unverzichtbare Voraussetzung für das Gelingen der Systemumstellung auf erneuerbare Energien.
- **Weitere über die bereits beschlossenen Projekte hinausgehende Netzausbauvorhaben bis 2030 im Netzentwicklungsplan (NEP) identifizieren und mit den Bürgerinnen und Bürgern diskutieren.** Über die beschlossenen Vorhaben hinaus wird eine kosteneffiziente Verwirklichung der Energiewende voraussichtlich weiteren Netzausbau bei Übertragungs- und Verteilernetzen erfordern. Dazu braucht es eine ehrliche und umfassende Diskussion, auch zu den Konsequenzen eines Stehenbleibens bei den bereits beschlossenen Vorhaben. Auch für diese weiteren Projekte ist die Akzeptanz vor Ort zwingend erforderlich.
- **Die Verteilernetze fit machen für die Herausforderungen der Zukunft.** Mit der Reform der Anreizregulierung wird noch in dieser Legislaturperiode die Voraussetzung dafür geschaffen, dass die Verteilernetze ihre zentrale Rolle in der Energieversorgung verlässlich und innovativ ausüben können. Für die verschiedenen Spannungsebenen sind die Rahmenbedingungen für Entscheidungen zum Netzausbau auch künftig kontinuierlich zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Dieser wird in der Hochspannungsebene (110 kV) anders sein als z. B. in der Niederspannungsebene, wo auch innovative Betriebsmittel wie regelbare Ortsnetztransformatoren helfen können, Probleme zu lösen.

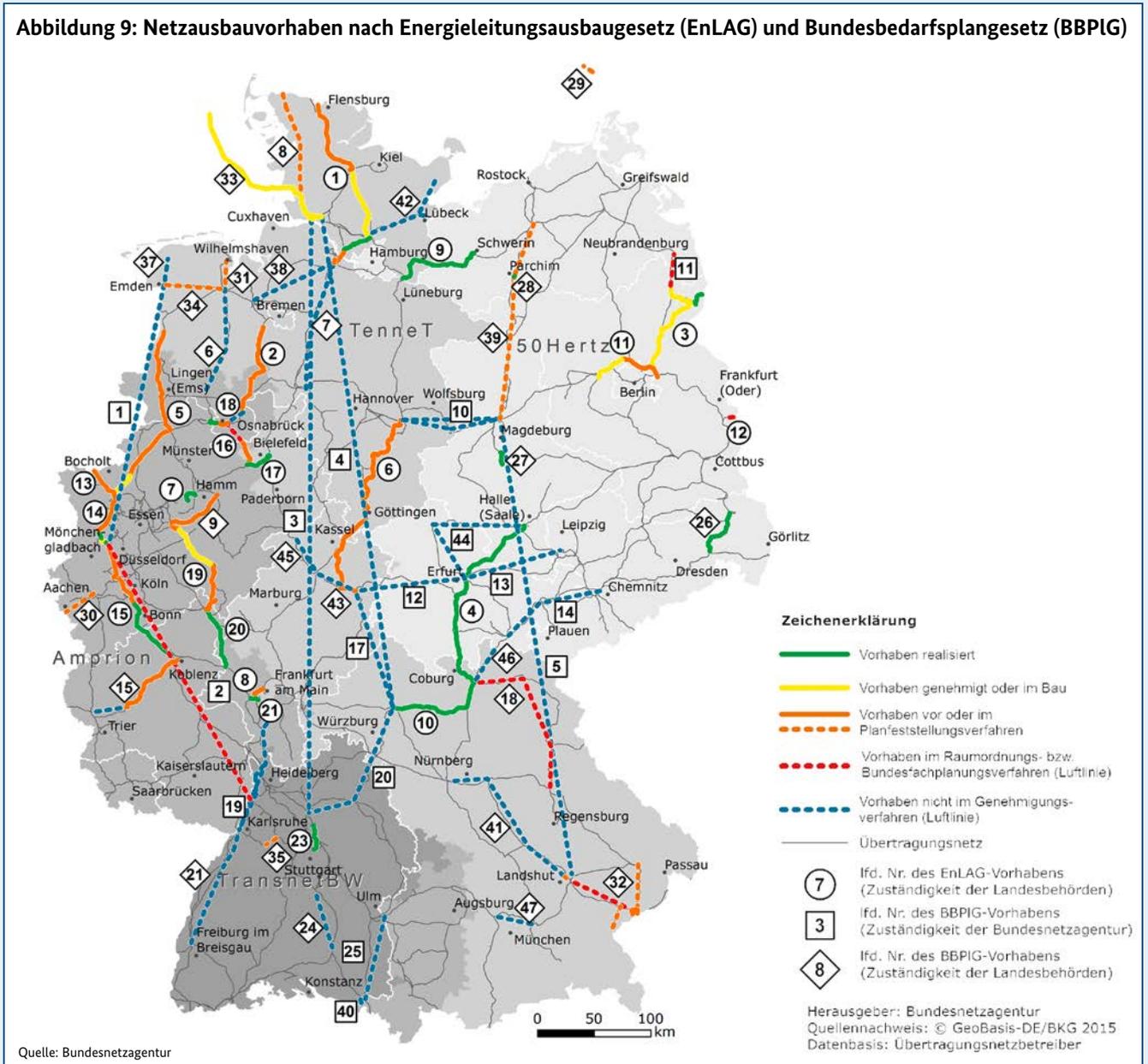
### **Aufgabe: Netzausbau rechtzeitig, bedarfsgerecht und kosteneffizient realisieren**

- **Die gesetzlich beschlossenen Netzausbauvorhaben realisieren.** Die der Energiewende zugrunde liegenden Modelle gehen von der Verwirklichung aller gesetzlich beschlossenen Netzausbauvorhaben im Übertragungsnetz bis zur Mitte des nächsten Jahrzehnts aus. Richtige Strukturen für die Identifikation und Genehmigung notwendiger Ausbauvorhaben und umfassende Beteiligungsmöglichkeiten der Bürger sind bereits weitgehend angelegt. Trotz deutlich verstärkter Bemühungen um Öffentlichkeitsbeteiligung und Akzeptanz sowie der verstärkten Nutzung innovativer Technologie (z. B. durch Erdkabel) bleibt die konkrete Realisierung jedes einzelnen Projekts (Trassenfindung) eine Herausforderung. Sie muss gemeinsam und lösungsorientiert von allen Akteuren angenommen werden.

### **Leitfragen**

1. Wie können wir erreichen, dass der beschlossene und energiewirtschaftlich notwendige Netzausbau tatsächlich und auch schneller verwirklicht wird als in der Vergangenheit? Welche Veränderungen oder zusätzlichen Ressourcen braucht es insoweit beim Bund, bei den Ländern oder den Vorhabenträgern?
2. Inwieweit kann über die beschlossenen Netzausbauvorhaben hinaus umfangreicher weiterer Netzausbau gesellschaftlich akzeptiert und realisiert werden? Was wären Alternativen hierzu?
3. Im Zuge der Energiewende werden die Verteilernetze künftig noch stärker Strom aus dezentralen Anlagen aufnehmen, auch werden Verbraucher bzw. Kunden zunehmend flexibler. Welche Rahmenbedingungen gewährleisten einen effizienten Netzausbau auch auf Verteilernetzebene?

Abbildung 9: Netzausbauvorhaben nach Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) und Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG)



### Auswahl aktueller Studien

**ÜNB (2016):** Szenariorahmen für die Netzentwicklungspläne 2030; 50Hertz, Amprion, TenneT, TransnetBW

**Bundesnetzagentur (2015):** Netzentwicklungsplan 2024

**E-Bridge et al. (2014):** Moderne Verteilernetze für Deutschland (Verteilernetzstudie); E-Bridge Consulting GmbH, Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Institut für Informatik Oldenburg im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

**ENTSO-E (2014):** Ten-Year Network Development Plan 2014

**e-Highway2050 (o. J.):** Modular Development Plan of the Pan-European Transmission System 2050

**Fraunhofer ISI, Consentec et al. (2016):** Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Consentec GmbH, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Veröffentlichung voraussichtlich im vierten Quartal 2016)

## Trend 10: Die Systemstabilität bleibt bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien gewährleistet

- **Flexible Erzeugungsanlagen, Verbraucher und Speicher tragen zur Stabilisierung der Stromnetze bei.** In einem zunehmend durch fluktuierende Einspeisung erneuerbarer Energien gekennzeichneten Stromsystem können die Marktakteure teilweise zur Stabilisierung und optimierten Nutzung der Netze beitragen, indem sie Verbrauch oder Erzeugung im Rahmen ihrer wirtschaftlichen Möglichkeiten an die aktuelle Lastsituation im Netz anpassen. Dies verringert nicht nur den Bedarf für zusätzlichen Netzausbau, sondern gewährleistet auch den sicheren und effizienten Netzbetrieb.
- **Systemdienstleistungen passen sich an ein Stromsystem mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien an.** Die für die System- und Netzstabilität benötigten Systemdienstleistungen (Frequenzhaltung, Spannungshaltung, Versorgungswiederaufbau, Betriebsführung) werden kosteneffizient und situationsabhängig von konventionellen Kraftwerken, erneuerbaren Energien, Speichern und Lasten sowie neuen technischen Anlagen (etwa regelbaren Ortsnetztransformatoren) zur Verfügung gestellt. In Situationen mit hoher EE-Einspeisung werden die Systemdienstleistungen zunehmend unabhängig von konventionellen Kraftwerken erbracht.
- **Kritische Netzsituationen werden sicher und effizient beherrscht.** Aus der zunehmenden fluktuierenden Einspeisung erneuerbarer Energien und der geografischen Verteilung von Last und Erzeugung ergeben sich erhöhte Anforderungen an die Steuerung des elektrischen Systems. Die Netzbetreiber verfügen in kritischen Situationen über geeignete und effiziente Eingriffsmöglichkeiten. Ein stabiler Netzbetrieb bleibt gewährleistet.

### **Aufgabe: Maßnahmen und Prozesse zur Systemstabilisierung weiterentwickeln und koordinieren**

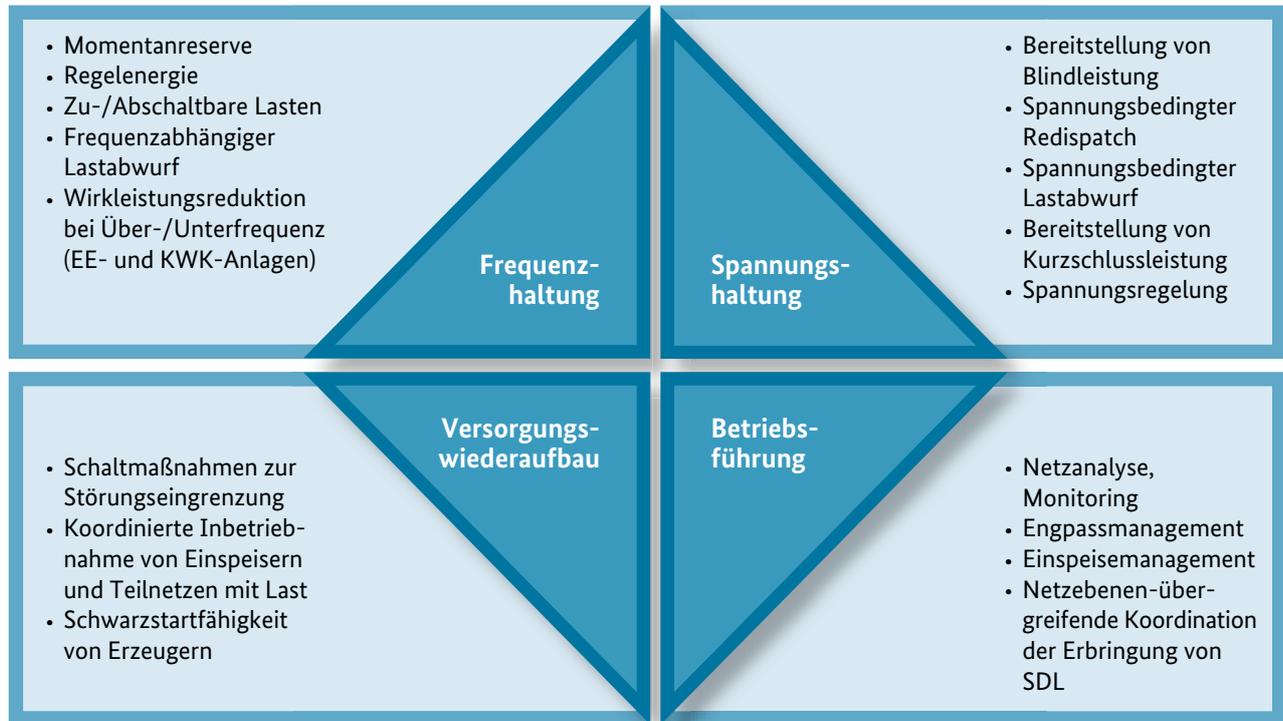
- **Systemdienstleistungen (Frequenzhaltung, Spannungshaltung, Versorgungswiederaufbau, Betriebsführung) bis 2030 kontinuierlich weiterentwickeln und dem System anpassen.** Neben der Entwicklung technischer Lösungen müssen hierzu auch gegebenenfalls neue Marktregeln eingeführt sowie technische Regelwerke und regulatorische Vorgaben angepasst werden. Das vermehrte Erbringen von Systemdienstleistungen auf

unteren Netzebenen (z. B. Regelenenergie zur Frequenzhaltung) erfordert neue Koordinationsprozesse zwischen Übertragungsnetzbetreibern, Verteilernetzbetreibern und Marktakteuren.

- **Das Instrumentarium der Netzbetreiber zur Beherrschung kritischer Netzsituationen bis 2030 kontinuierlich der Systemsituation anpassen.** Die markt- und netzbezogenen Eingriffsmöglichkeiten der Übertragungs- und Verteilernetzbetreiber müssen weiterentwickelt werden. Dies betrifft beispielsweise den Redispatch, das Einspeisemanagement und die Netzreserve sowie die damit verbundenen operativen Prozesse.
- **Systemstabilität zunehmend europäisch koordinieren.** Zunehmende grenzüberschreitende Stromflüsse im europäischen Binnenmarkt bergen Synergiepotenziale, werfen aber auch neue übergreifende Stabilitätsfragen auf. Die Netzbetriebsführung und die damit verbundenen Planungsprozesse auf Basis europäischer Vorgaben (Netzkodizes) werden zunehmend regelzonen- und länderübergreifend koordiniert. Hierzu gehören länderübergreifende Netzsicherheits- und Notfallkonzepte, aber auch Weiterentwicklungen des grenzüberschreitenden Redispatch.

### **Leitfragen**

1. Ein System mit einem immer höheren Anteil erneuerbarer Energien stellt erhebliche Anforderungen an die Gewährleistung der Systemstabilität. Welche Maßnahmen sind erforderlich, um die Systemsicherheit weiterhin sicherzustellen?
2. Wie kann Systemstabilität gewährleistet bleiben, wenn die als notwendig identifizierten und auch gesetzlich beschlossenen Netzausbauvorhaben nicht zeitgerecht realisiert werden?
3. Welche konkreten Anpassungen des regulatorischen Rahmens sind notwendig, um die gewünschte Entwicklung der Systemdienstleistungen bis 2030 rechtzeitig zu initiieren?

**Abbildung 10: Systemdienstleistungen für einen stabilen Stromnetzbetrieb im Jahr 2030**

Quelle: In Anlehnung an dena (2014a)

### Auswahl aktueller Studien

**dena (2014a):** Systemdienstleistungen 2030. Sicherheit und Zuverlässigkeit einer Stromversorgung mit hohem Anteil erneuerbarer Energien; Deutsche Energie-Agentur GmbH

**dena (2014b):** Roadmap Systemdienstleistungen 2030; Deutsche Energie-Agentur GmbH

## Trend 11: Die Netzfinanzierung erfolgt fair und systemdienlich

- **Bei der Finanzierung des Netzbetriebs und der Investitionen in die Stromnetze werden die Lasten transparent und fair verteilt.** Ob zusätzlicher Stromtransport von Nord nach Süd oder die intelligente Vernetzung der Marktakteure: Der Umbau der Stromversorgung stellt die Übertragungs- und Verteilernetze vor neue Herausforderungen. Die Netz- und Systemkosten werden transparent und fair von den Netznutzern getragen – sowohl unter regionalen Gesichtspunkten als auch hinsichtlich verschiedener Nutzergruppen.
- **Eine Vielzahl kleinerer, dezentraler Erzeugungsanlagen und zunehmend flexibler Verbraucher verändert die Anforderungen an einen modernen Regulierungsrahmen für die Netze.** Immer mehr Marktakteure werden beispielsweise ihren Strombedarf über Eigenversorgungsanlagen und nicht mehr ausschließlich über das öffentliche Netz decken. Trotzdem müssen die Netze so ausgelegt sein, dass stets alle Nutzer zuverlässig versorgt werden und Strom einspeisen können. Außerdem wächst die Einspeisung in Verteilernetze und es ändert sich das Verbrauchsverhalten der Netznutzer.
- **Durch lokal bereitgestellte Flexibilität tragen die Nutzer zu einem effizienten Gesamtsystem bei.** Steigende Anteile fluktuierender Einspeisung aus erneuerbaren Energien erhöhen den Bedarf an Flexibilität im Stromsystem. Systemdienliches, flexibles Verhalten der angeschlossenen Netznutzer – sowohl auf Erzeugungs- als auch auf Verbrauchsseite – trägt zu einem kosteneffizienten Netzbetrieb bei.
- **Zunehmend komplexeren Anbieter-Nachfrager-Strukturen Rechnung tragen.** Ein zukunftsfähiger Regulierungsrahmen zur Bemessung der Netzentgelte gewährleistet u. a. eine angemessene Beteiligung der Netznutzer an den Kosten der Vorhaltung und des Betriebs der Netze.
- **Bei der Weiterentwicklung der Netzentgeltsystematik die Nutzung systemdienlicher Flexibilität ermöglichen.** Flexible Erzeuger und Verbraucher gewinnen in einem weiterentwickelten Strommarkt bei einem zunehmenden Anteil fluktuierender erneuerbarer Energien an Bedeutung. Ein dem Gesamtsystem dienliches Verhalten sollte nicht gehemmt werden. Gleichzeitig müssen der effiziente und stabile Betrieb der Stromnetze und die effiziente Nutzung des Stroms gewährleistet sein.

### ? Leitfragen

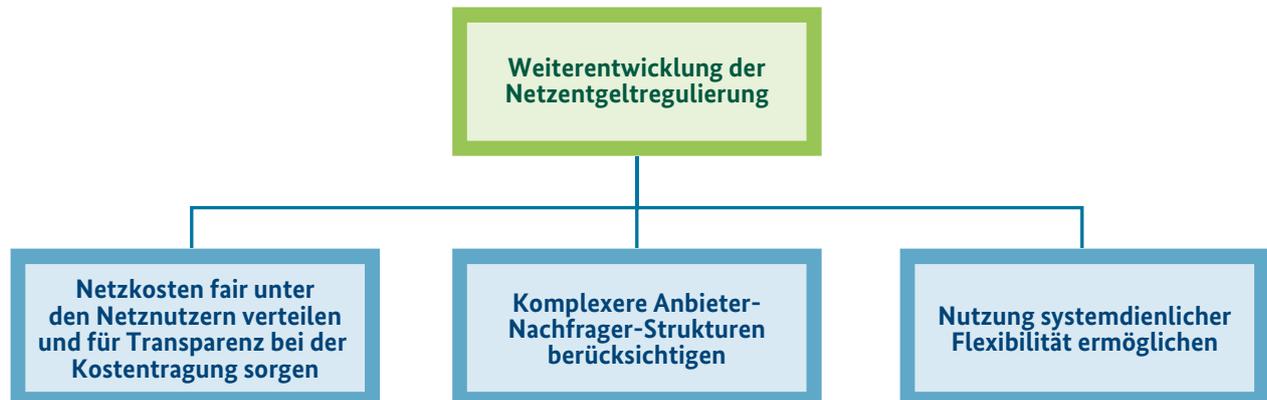
1. Wie kann die Netzentgeltsystematik weiterentwickelt werden, um die Kosten für Bau und Betrieb der Netze fair und transparent unter den Netznutzern zu verteilen?
2. Welche Rolle spielt die Kosteneffizienz des gesamten Energiesystems bei der Ausgestaltung der Netzentgeltsystematik? Welche Wechselwirkungen bestehen zwischen der Finanzierung der Netze und der Sektorkopplung?
3. Wie können energiewirtschaftlich sinnvolle Flexibilitätspotenziale von Erzeugern, Speichern und Verbrauchern optimal gehoben werden? Was bedeutet das für die weitere Entwicklung der Netzentgelte? Wie können Anreize für einen stabilen Betrieb der Stromnetze gesetzt werden und anhand welcher Kriterien sind Maßnahmen zur Flexibilisierung von Last und Erzeugung aus Netzsicht sinnvoll zu bewerten?

### ⚙️ Aufgabe: Netzentgeltregulierung weiterentwickeln

- **Eine faire Verteilung der Netzkosten auf die Netznutzer gewährleisten und für Transparenz bei der Kostentragung sorgen.** Die Netzentgelte sind maßgeblich für die Verteilung der zukünftigen Kosten der Netzinfrastruktur und des Netzbetriebs auf die Netznutzer. Erforderlich ist auch in Zukunft eine faire und transparente Verteilung dieser Kosten unter den Netznutzern. Dabei sollen Anreize für einen effizienten Netzbetrieb weiter gestärkt werden.

#### Auswahl aktueller Studien

**BMWi (2015):** Ein Strommarkt für die Energiewende – Ergebnispapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Weißbuch); Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

**Abbildung 11: Anforderungen an die Weiterentwicklung der Netzentgeltregulierung**

Quelle: Eigene Darstellung

## Trend 12: Die Energiewirtschaft nutzt die Chancen der Digitalisierung

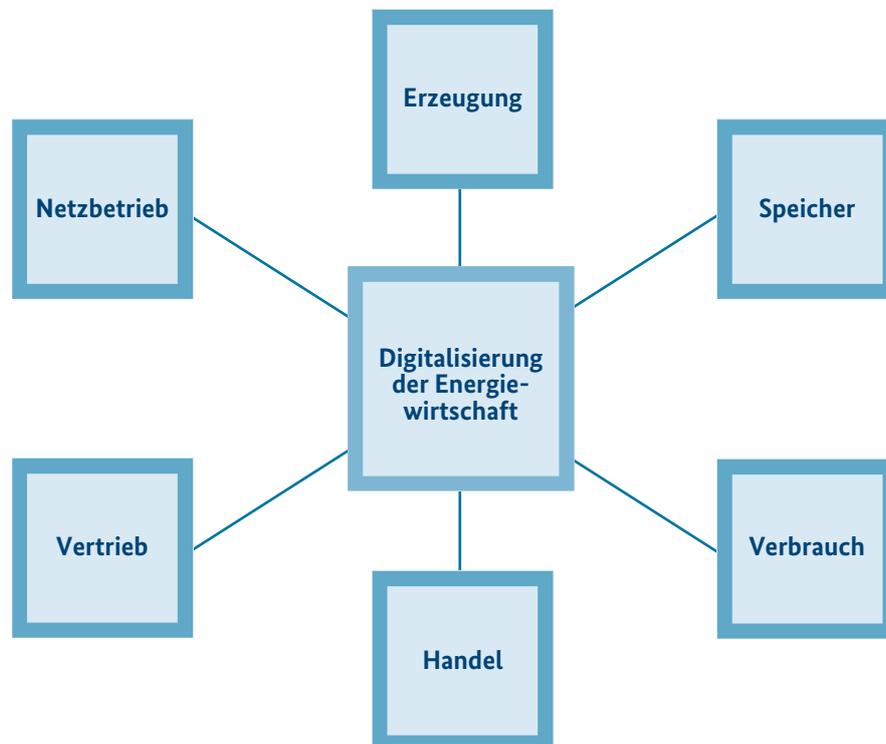
- **Die Digitalisierung verbindet die Energiewirtschaft mit modernster Informations- und Kommunikationstechnik.** Im Jahr 2030 decken erneuerbare Energien mindestens die Hälfte des Stromverbrauchs. Die Digitalisierung sichert das effiziente Zusammenspiel von Erzeugung, Verbrauch und Netz, sichert damit die Stromversorgung und eröffnet neue Möglichkeiten für mehr Energieeffizienz. Standards und Normen erleichtern eine störungslose Steuerung von Geräten und Anwendungen.
- **Die Digitalisierung beachtet Datenschutz und Datensicherheit.** Mit der zunehmenden Digitalisierung der Energiewirtschaft gewinnt das Thema Sicherheit noch mehr an Bedeutung. Verlässliche Konzepte, Architekturen und Standards schaffen Sicherheit und Vertrauen. Standards des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) sorgen für die Einsetzbarkeit des Smart-Meter-Gateways als offene Kommunikationsplattform für das intelligente Netz. Über sie können nicht nur Vorgänge wie die Messwerteübermittlung oder Last- und Erzeugungsmanagement, sondern perspektivisch auch Dienstleistungen in den Bereichen betreutes Wohnen und Gebäudemanagement abgesichert werden.
- **Neue Geschäftsmodelle entstehen und bieten einen Mehrwert für die Kunden.** Die Vernetzung von Erzeugung, Verteilung und Verbrauch und die Verfügbarkeit großer Datenmengen generieren innovative Geschäftsmodelle und ermöglichen die Kopplung mit Anwendungen außerhalb der klassischen Energiewirtschaft. Automatisierte Verbrauchserfassungen und eine gerätescharfe Rückmeldung an die Nutzer führen zu neuen Dienstleistungen und Kundenbeziehungen.
- **Die Sicherheit des Energiesystems erhalten.** Da der Energiesektor zu den kritischen Infrastrukturen zählt, genießen die Themen Datensicherheit und Datenschutz höchste Priorität. Die Akzeptanz bei den Bürgerinnen und Bürgern muss durch Vertrauen in sichere Technologien gewahrt werden.
- **Die Digitalisierung als Treiber für eine kosteneffiziente Umsetzung der Energiewende nutzen.** Der regulatorische Rahmen der Energiewirtschaft wird so ausgerichtet, dass auf Basis einheitlicher Standards der Wettbewerb der Flexibilitätsoptionen erleichtert wird. Vielfältige neue Geschäftsmodelle generieren Wertschöpfung in Deutschland.

### Leitfragen

1. Das im Bundestag beschlossene „Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende“ ist ein wichtiger Schritt zur Gestaltung der Rahmenbedingungen für die Digitalisierung im Stromsektor. Welche weiteren regulatorischen Weichenstellungen sind notwendig?
2. Die Digitalisierung ist eine große Chance für die Energiewende. Zugleich ist die Entwicklung – gerade aufgrund der hohen Dynamik – schwer vorhersehbar, da sie in hohem Maße durch neue Anwendungen bei den Endkunden getrieben und durch Technologiesprünge geprägt ist. Wie kann der Rahmen gestaltet werden, dass einerseits durch verlässliche Standards Planbarkeit geschaffen wird, andererseits die Digitalisierung die notwendigen Freiräume erhält, um die Kernziele der Energiewende zu erreichen?
3. Die Digitalisierung im Energiebereich ist mit erheblichen Investitionen verbunden. Inwieweit ist die Digitalisierung der Energiewirtschaft (Erzeugung, Übertragung, Verbrauch) Teil der öffentlichen Infrastruktur und welche Rolle haben die Marktakteure in diesem Prozess? Mit der Digitalisierung werden in zunehmendem Maße Akteure auf den Plan treten, die sich vorrangig mit der Erfassung und Verarbeitung von Daten befassen. Zeichnen sich neue Geschäftsmodelle ab und was bedeutet das für die Struktur der Energiewirtschaft?

### Aufgabe: Intelligente Messsysteme einführen, Kommunikationsplattformen aufbauen, Systemsicherheit gewährleisten

- **Das technische Potenzial der Digitalisierung optimal einsetzen.** Der Strommarkt mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien nutzt die Potenziale der Digitalisierung aktiv. Damit wird beispielsweise der Einsatz von Flexibilitätsoptionen zum jederzeitigen Ausgleich von Erzeugung und Nachfrage erleichtert und Effizienzpotenziale werden gehoben. Standardisierte Schnittstellen lassen den Unternehmen und Anwendern den nötigen Spielraum, um kosteneffiziente Lösungen zu finden.

**Abbildung 12: Digitalisierung als Chance für die Energiewirtschaft**

Quelle: Eigene Darstellung

### Auswahl aktueller Studien

**BMWi (2016):** Digitale Strategie 2025; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

**BDEW (2015):** Digitalisierung in der Energiewirtschaft; Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft

**Forum für Zukunftsenergien (2016):** Chancen und Herausforderungen durch die Digitalisierung der Wirtschaft; Schriftenreihe des Kuratoriums, Band 9

