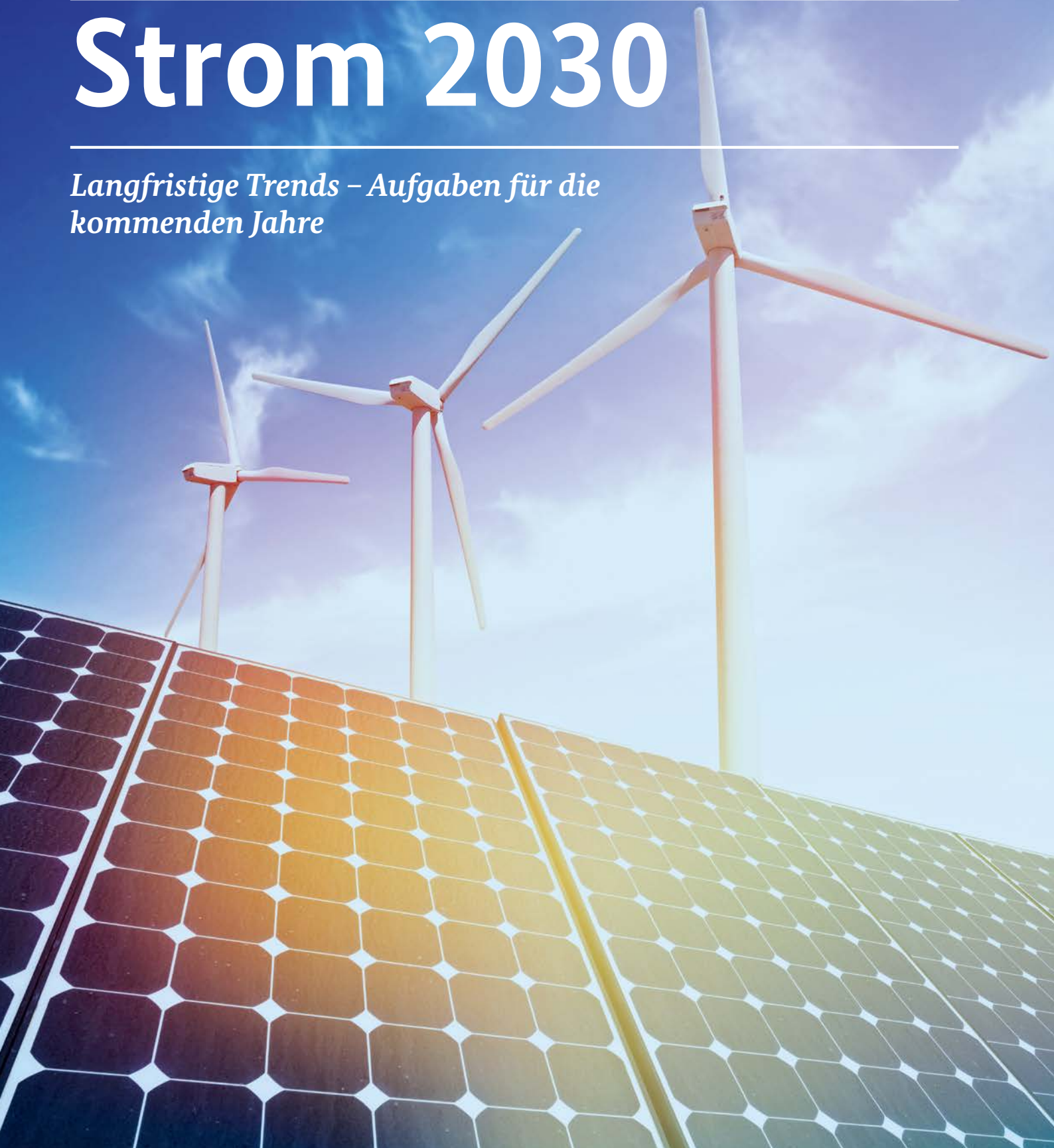
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Energie wende
Umschalten auf Zukunft

Ergebnispapier

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
Mai 2017

Bildnachweis
LPETTET – iStock (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.

Zertifikat seit 2002
audit berufundfamilie

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

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Energie wende
Umschalten auf Zukunft

Ergebnispapier

Strom 2030

Langfristige Trends – Aufgaben für die kommenden Jahre

Einleitung

Das Ziel: Saubere Energie – sicher und kostengünstig

Die Energiewende ist eine Modernisierungsstrategie für die grundlegende Transformation der Energieversorgung. Konkret verlangt das die konsequente Steigerung der Energieeffizienz, den breiten Einsatz der erneuerbaren Energien über den Strombereich hinaus und optimale Verzahnung aller Elemente. In diesem Papier geht es um die zukünftige Rolle der Stromversorgung, eingebettet in die Energiewende insgesamt.

Schon heute sind erneuerbare Energien unsere wichtigste Stromquelle. Spätestens 2050 wollen wir unser Land weitgehend mit sauberer Energie versorgen. **Diese Modernisierungsstrategie nennen wir „Energiewende“**. Mit der Energiewende beschreiten wir den Weg in eine sichere, wirtschaftliche und umweltverträgliche Zukunft der Energieversorgung und tragen damit zu Wachstum und Beschäftigung bei. Wir wollen die Klimaschutzziele erreichen und die Abhängigkeit von Öl- und Gasimporten vermindern. Versorgungssicherheit und die Entwicklung der Energiepreise sind zentral für die Wettbewerbsfähigkeit des Industriestandortes Deutschland.

Die konkreten Ziele der Bundesregierung für den Energiesektor

- Bis 2050 sollen die Treibhausgasemissionen um 80 bis 95 Prozent im Vergleich zu 1990 und der Primärenergieverbrauch um 50 Prozent gegenüber 2008 zurückgehen. Gleichzeitig soll der Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch auf mindestens 80 Prozent steigen.
- Bis 2030 sollen bereits 55 Prozent weniger Treibhausgasemissionen als 1990 und ein Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch von rund 50 Prozent erreicht werden.

Der Weg dahin: Mehr Wind und Sonne, mehr Flexibilität, mehr Europa

Für die Modernisierung unserer Energieversorgung zeichnet das Energiekonzept den Weg vor: **Strom aus Wind und Sonne** wird schrittweise zur zentralen Energiequelle. Das bedeutet auch: Wir werden zunehmend mit Strom aus Wind- und Sonnenenergie Auto fahren, Gebäude heizen und in der Industrie produzieren. Vernünftig ist die Nutzung dieser Strommengen aus erneuerbaren Energien dann, wenn durch massive Anstrengungen in Sachen Energieeffizienz der Bedarf in diesen Bereichen vermindert wird. Für die Stromversorgung aus Wind und Sonne brauchen wir gut ausgebaute **Stromnetze sowie flexible Kraftwerke und Verbraucher**. So bringen wir Erzeugung und Verbrauch kostengünstig zusammen. Auch Speicher werden dort, wo sie kostengünstiger sind, eine Rolle spielen. Europäische Kapazitäten gewährleisten Versorgungssicherheit gemeinsam. Aus diesem Grund wird der Austausch von Strom zwischen den europäischen Staaten immer wichtiger. Deshalb müssen wir **Versorgungssicherheit europäisch – und nicht mehr nur national – buchstabieren**.

Fünf gute Gründe für Wind- und Sonnenstrom, Flexibilität und Europa

1. Wind- und Sonnenstrom sind günstig.

Die Kosten für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien sinken kontinuierlich. Vor zehn Jahren wurden Investitionen in große Photovoltaikanlagen noch mit einer Förderung von etwa 40 Cent/kWh angereizt, 2016 sind die Förderkosten unter 7 Cent/kWh gefallen. Auch bei der Windenergie – insbesondere auf See – erwarten wir weitere Kostensenkungen. Diese Entwicklung findet weltweit statt und setzt sich fort: Die Internationale Energieagentur erwartet, dass die Kosten für Solarstrom um weitere 40 bis 70 Prozent und für Windstrom um 10 bis 25 Prozent bis 2040 sinken. Das heißt, die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien wird immer günstiger und in naher Zukunft wirtschaftlicher sein als die Stromerzeugung aus Kohle und Kernenergie.

2. Strom aus Wind und Sonne senkt die CO_2-Emissionen von Fahrzeugen, Gebäuden und Industrie.

Für Wärme, Verkehr und in der Industrie werden heute noch überwiegend fossile Energiequellen wie Öl oder Gas eingesetzt. Um unsere Klimaziele zu erreichen, ist es unerlässlich, dass auch diese Sektoren weniger CO_2-Emissionen verursachen. Dafür ist es erstens erforderlich, den Energieverbrauch zu senken. Zweitens werden erneuerbare Energien wie Solarthermie, Geothermie oder Biomasse direkt genutzt. Drittens wird der Energiebedarf, der aus volkswirtschaftlichen oder anderen Gründen trotz Effizienzmaßnahmen und der direkten Nutzung erneuerbarer Energien verbleibt, durch Strom aus Wind und Sonne gedeckt. Indem wir Strom auch im

Verkehr, zur Wärmeversorgung in Gebäuden und in der Industrie effizient nutzen, senken wir die CO_2-Emissionen in diesen Sektoren kostengünstig. Das ist es, was man unter „Sektorkopplung“ versteht. So können beispielsweise Elektroautos emissionsfrei mit Strom direkt aus Batterien fahren oder Wärmepumpen und Elektrokessel Strom in Wärme umwandeln und unsere Häuser heizen. Es gibt allerdings auch Bereiche, wie die Luftfahrt, der Schiffs- und Schwerlastverkehr oder auch Bau- und Landmaschinen, in denen die Elektromobilität nur schwer Einzug halten wird. Hier ist es wichtig, auch andere Pfade, wie zum Beispiel die Nutzung von Biokraftstoffen oder flüssigen und gasförmigen Kraftstoffen aus erneuerbarem Strom, offenzuhalten. Um den Einsatz von Strom im Verkehrs-, Gebäude- und Industriesektor zu ermöglichen, sind *nicht* Ausnahmen bei Umlagen, Entgelten und Abgaben für einzelne Technologien der Weg. Vielmehr brauchen wir den marktwirtschaftlichen Wettbewerb der Technologien, damit die Strompreise bezahlbar bleiben. Gleiche Wettbewerbsbedingungen erfordern eine allgemeine Reform von Umlagen, Entgelten und Steuern.

3. Stromnetze, flexible Kraftwerke, flexible Verbraucher und Speicher gleichen die wetterabhängige Einspeisung aus Wind und Sonne kostengünstig aus.

Wie viel Strom aus Wind und Sonne zur Verfügung steht, hängt vom Wetter ab. Ihre Einspeisung schwankt deshalb im Tagesverlauf und innerhalb des Jahres. Trotz dieser Schwankungen muss die Stromversorgung immer sicher und bezahlbar bleiben – bei steigenden Anteilen erneuerbarer Energien eine zunehmende Herausforderung. Welche Möglichkeiten gibt es, die Schwankungen flexibel auszugleichen? Stromnetze sorgen dafür, dass etwa kostengünstiger Windstrom aus Nord- und Ostdeutschland oder Dänemark die Nachfrage in den großen Verbrauchszentren in Süddeutschland deckt. Großes Potenzial liegt zudem auf der Verbrauchsseite, die sich an die Schwankungen flexibel anpassen kann. Großverbraucher in der Industrie oder Kühlhäuser können – wenn es für sie betriebswirtschaftlich sinnvoll ist – bei einer Windflaute ihren Strombedarf verschieben. Daneben können auch flexible Kraftwerke und Speicher die Schwankungen ausgleichen. Die Kraftwerke reagieren flexibel und werden je nach Verfügbarkeit von Wind- und Sonnenstrom hoch- oder herunterfahren. Die großen Wasser- und Pumpspeicherwerke in Deutschland, den Alpen und Skandinavien können den Strom bedarfsgerecht ein- und ausspeisen.

4. Eine sichere Stromversorgung ist im europäischen Verbund kostengünstiger.

Im europäischen Binnenmarkt fließt Strom über grenzüberschreitende Leitungen zwischen den Ländern. An der Börse wird er über Grenzen hinweg gehandelt: Wer Strom produziert, kann seine Produkte an Kunden im In- und Ausland verkaufen. Wer Strom verbraucht, kann ihn dort kaufen, wo er gerade am kostengünstigsten ist. Die europäische Vernetzung bringt Vorteile für alle Beteiligten: Strom, der zu einem Zeitpunkt in einem Land nicht gebraucht wird, kann die Nachfrage in einem anderen Land decken – und umgekehrt. So werden insgesamt weniger Kapazitäten benötigt und Kosten gespart. Dass wir bei Bedarf bei unseren Nachbarn auch auf Kapazitäten zur Stromerzeugung zugreifen können, erhöht die Versorgungssicherheit in Deutschland. Die Zeiten, in denen wir Versorgungssicherheit „national“ betrachtet haben, sind deshalb Vergangenheit. Kraftwerke, Verbraucher und Speicher im In- und Ausland gewährleisten heute die Versorgungssicherheit gemeinsam.

5. Grüne Technologien „Made in Germany“ eröffnen Export- und Wachstumschancen.

Die Energiewende eröffnet der deutschen Wirtschaft neue Chancen. Sie ist das Schaufenster für innovative, grüne Technologien aus Deutschland. Für umwelt- und klimaschonende Technologien prognostizieren Experten für 2025 ein weltweites Marktvolumen von 5,4 Billionen Euro. Das bietet große Exportchancen für die deutsche Industrie plus Wachstum und Arbeitsplätze. Bereits 2013 hatten deutsche Unternehmen in diesem Bereich fast 350 Milliarden Euro Marktvolumen erreicht und sich damit einen Anteil von 14 Prozent am weltweiten Markt gesichert.[1]

Was ist in den kommenden Jahren zu tun?

Die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr koppeln.

Strom hat heute für Verkehr und vor allem Wärme einen Wettbewerbsnachteil: Fossile Brennstoffe sind kostengünstiger als Strom. Denn Strom ist mit Umlagen, Entgelten und Abgaben stärker belastet. Den Strom für Wärme und Verkehr sollten wir aber nicht über neue Ausnahmetatbe-

1 Roland Berger Strategy Consultants (2014): GreenTech-Atlas 4.0, Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland

stände für Wärmepumpen, Elektroautos oder Power-to-X verbilligen. Dann würde der Strompreis für die anderen Stromverbraucher steigen. Eine Reform der Umlagen, Entgelte und Steuern sollte Sektorkopplung ermöglichen und alle Verbraucher fair beteiligen.

Stromsystem weiter flexibilisieren.

Heute gibt es noch Regelungen, die ein flexibles Verhalten der Marktakteure erschweren. Das nennen wir „Flexibilitätshemmnisse". Wenn alle Technologien den gleichen Marktzugang erhalten sollen, dann bedeutet das, diese Flexibilitätshemmnisse abzubauen. So kann beispielsweise die Flexibilität für kleine Verbraucher durch so genannte Aggregatoren gebündelt und vermarktet werden. Wichtig ist auch, Wind- und Solarstrom, flexiblen Verbrauchern und Speichern stärker Zugang zum Markt für Regelleistungen zu gewähren. Auch die Netzentgelte können flexibles Verhalten der Marktakteure beeinflussen. Der Wettbewerb der verschiedenen Optionen für die Bereitstellung dieser Flexibilität garantiert kostengünstige Lösungen. Wir dürfen durch einseitige Förderung und Ausnahmen bestimmten Technologien keinen Vorzug geben. Das kann der Markt wesentlich besser entscheiden.

Netze ausbauen.

Deutschland besitzt weltweit eines der zuverlässigsten und leistungsfähigsten Stromnetze. Sie sind die wesentliche Infrastruktur, die Erzeugung und Verbrauch von Strom kostengünstig zusammenbringt. Damit das hohe Maß an Versorgungssicherheit auch in Zukunft bei zunehmend dezentraler Erzeugung gehalten wird, brauchen wir mehr Netze.

Deshalb werden wir in den kommenden Jahren unsere Stromnetze weiter ausbauen und modernisieren. Dabei werden wir die Belange der Betroffenen im Blick behalten. Zu diesem Zweck ist es wichtig, dass Bund, Länder und Kommunen an einem Strang ziehen und frühzeitig den Dialog mit den Bürgerinnen und Bürgern suchen. Maßnahmen, die den zukünftigen zusätzlichen Netzausbau verringern, sollten stärker als bisher in der Netzplanung berücksichtigt werden.

Für eine weitgehend treibhausgasneutrale Wärmeversorgung sind moderne Wärmenetze zentral. Sie werden modernisiert und ausgebaut, damit Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung, Großwärmepumpen, Elektrokesseln, Solarthermie und Geothermie sowie Abwärme in die Gebäude gelangen kann.

Europäische Märkte weiter integrieren und flexibilisieren.

Mehr europäischer Wettbewerb an den Strommärkten sorgt für geringere Preise. Darum ist es richtig, die Integration des europäischen Stromgroßhandels zügig zu vollenden. Regionale Kooperationen bringen die Integration der europäischen Strommärkte voran. Flexible europäische Strommärkte reagieren auf die fluktuierende Einspeisung von Wind und Sonne. Wenn der Wind in Norddeutschland schwach ist, kann es etwa einen Ausgleich mit kräftigeren Windverhältnissen in anderen europäischen Ländern geben. Das setzt zum Beispiel voraus, dass Marktteilnehmer europaweit Erzeugung und Verbrauch für jede Viertelstunde – und nicht nur, wie es heute oft der Fall ist, für jede Stunde – ausgleichen und abrechnen.

Versorgungssicherheit europäisch bewerten.

In den letzten Jahren haben wir große Fortschritte bei der Bewertung von Versorgungssicherheit gemacht. Die zunehmende europäische Vernetzung macht klar: Rein nationale Analysen sind im Strom-Binnenmarkt nicht mehr zeitgemäß. Darum ist es konsequent, Versorgungssicherheit „state of the art" zu bewerten, das heißt europäisch. Umgekehrt ist es aber auch so, dass in diesem Rahmen Erzeugungskapazitäten in den Nachbarstaaten darauf zu überprüfen sind, ob sie im Ernstfall auch für die nationale Versorgungssicherheit grenzübergreifend zur Verfügung stehen.

Introduction

The goal: the secure supply of clean energy at a low cost

The energy transition is a modernisation strategy for the fundamental transformation of the energy supply system. Specifically, this requires consistent improvements in energy efficiency, the broad use of renewable energy beyond the electricity sector, and optimum dovetailing of all the elements. This document looks at the future role of electricity supply, bedded into the energy transition overall.

Renewable energy is already our most important source of electricity today. By 2050 at the latest, we want Germany's power supply to stem from clean energy sources primarily. ***This modernisation strategy is known as the "energy transition".*** *By pursuing the energy transition, we are heading towards a future with a secure, economic and environmentally friendly energy supply whilst also contributing to growth and employment. We want to deliver on our climate targets and reduce our dependency on oil and gas imports. The security of supply and the development of energy prices are central to Germany's competitiveness as a place for business and investment.*

The Federal Government's concrete goals for the energy sector

- *By 2050, the aim is to reduce greenhouse gas emissions by 80–95 % compared with 1990 levels, and to cut primary energy consumption by 50 % compared with 2008. At the same time, the share of renewables in electricity consumption should increase to 80 % at least.*
- *By 2030, greenhouse gas emissions should already be down by 55 % compared with 1990 levels, and renewables should have a share of around 50% in electricity consumption.*

The path to take: more wind and solar power, more flexibility, more Europe

The Energy Concept maps the route for the modernisation of our energy supply system: ***electricity produced from wind and solar power*** *will gradually become the central source of energy. This also means that we will use electricity from wind and solar energy increasingly to power cars, heat buildings and manufacture goods. Sound use is made of this renewable electricity if demand for energy in these sectors is reduced through aggressive efforts to improve energy efficiency. With electricity supplied from wind and solar energy, well-developed* ***power grids as well as flexible power stations and consumers are imperative****, allowing us to bring electricity production and consumption together at a low cost. Storage systems will also play their part wherever they are a cost-effective solution. European capacities collectively guarantee security of supply, which is why the exchange of electricity between European countries is becoming more and more important. Therefore we must* ***consider security of supply in a European context, and no longer from just a national perspective****.*

Five good reasons for wind and solar power, flexibility and Europe

1. Wind and solar power are cheap sources of energy.

The costs of producing electricity from renewable sources are falling steadily. Ten years ago, support of around 40 cent/kWh was provided to incentivise investment in large-scale PV plants. By 2016, the costs of support had dropped to less than 7 cent/kWh. Further cost reductions are also expected in wind energy, particularly offshore wind. This global trend is also set to continue: the International Energy Agency expects the costs for solar power to drop by another 40–70 % by 2040, and the costs for wind power by 10–25 %. This means that it will be increasingly cheaper to produce electricity from renewable sources and, in the near future, it will be more economical to produce electricity from renewables than from coal and nuclear energy.

2. Electricity from the wind and sun reduces the CO_2 emissions of vehicles, buildings and industry.

Fossil fuels, such as gas and oil, are still the predominant energy source today for heating, transportation and in industry. If we are to meet our climate targets, it is imperative that these sectors also cut their CO_2 emissions. To this end, the consumption of energy first needs to be reduced. Secondly, renewables – such as solar thermal, geothermal and biomass – are used directly. Thirdly, the demand for energy that remains for economic or other reasons despite efficiency measures and the direct use of renewable energy is covered by electricity derived from wind and solar power. The efficient use of electricity also for transportation, to heat buildings and in industry allows us to reduce CO_2 emissions in these sectors in a cost-effective

manner. This is what is meant by "sector coupling". For example, electric cars can run with electricity drawn directly from batteries, generating zero emissions, or heat pumps and electric boilers can convert electricity to heat in order to warm our homes. However, there are sectors where electric mobility will be difficult to introduce, such as in the case of the aviation sector, shipping and heavy-duty traffic, or construction equipment and agricultural machines. Here it is important to also keep other options open, such as the use of biofuels, or liquid and gas-based fuels produced using renewable energy. To enable the use of electricity in the transport, buildings and industry sectors, exemptions from surcharges, fees and levies are not *the way forward. Rather, what we need is free-market competition among the technologies so that electricity prices remain affordable. A level playing field calls for the general reform of surcharges, fees and taxes.*

3. Power grids, flexible power stations, flexible consumers and storage systems balance intermittent feed-in from wind and sun in a cost-effective manner.

The amount of power available from the wind and sun depends on the weather. Feed-in from these renewable sources therefore varies during the day and throughout the year. Despite these fluctuations, the supply of electricity must always remain secure and affordable – an ever-greater challenge with an increasing share of renewables in the electricity mix. What options are available to flexibly balance these fluctuations? Power grids ensure that cheaper wind power from the north and east of Germany or from Denmark, for example, covers the demand in the major centres of consumption in the south of the country. The consumer side also offers serious potential by being able to adapt flexibly to the fluctuations. Where economically viable, large consumers in industry or cold-storage depots can shift their demand for electricity when winds are low, for instance. In addition, flexible power stations and storage systems can balance the fluctuations. The power stations respond flexibly and start up or shut down depending on the availability of wind and solar power. The major hydropower storage installations and pumped storage reservoirs in Germany, the Alps and Scandinavia can store and release electricity as needed.

4. A secure supply of electricity is cheaper in a European setting.

In the European internal market, electricity flows between countries via cross-border lines. Electricity is traded across borders on the exchange: producers of electricity can sell their products to customers at home and abroad. Anyone consuming electricity can buy electricity wherever it is the cheapest. This European network offers advantages for everyone involved: electricity that is not needed in one particular country at a certain time can cover the demand in another country, and vice versa. This means that less capacity is required overall, thereby driving down costs. The fact that we can, if necessary, access the electricity production capacities of our neighbours increases the security of supply in Germany. Therefore, the times when we considered security of supply from a "national" perspective are long gone. A combination of power stations, consumers and storage systems both in Germany and abroad are responsible for guaranteeing security of supply nowadays.

5. Green technologies "Made in Germany" create export and growth opportunities.

The energy transition creates new opportunities for German businesses. It is the showcase for innovative, green technologies made in Germany. According to experts, environmental and climate-friendly technologies are expected to have a global market volume of €5.4 trillion by 2025. This gives German industry enormous export opportunities, as well as opportunities for growth and jobs. By 2013, German companies had already achieved a market volume of roughly €350 billion in this sector, thereby securing a global market share of 14%.[1]

What needs to be done in the coming years?

Couple the electricity, heating and transport sectors.

Electricity is currently at a competitive disadvantage in the transport sector, and particularly in the heating sector: fossil fuels are more cost-competitive than electricity because more surcharges, fees and levies apply to electricity. However, we should not make electricity for heating and transport cheaper

1 *Roland Berger Strategy Consultants (2014): GreenTech-Atlas 4.0, Environmental Technology Atlas for Germany*

through new exemptions for heating pumps, electric cars or power-to-X technologies, as this would increase the price of electricity for other electricity consumers. A reform of the system of surcharges, fees and taxes should facilitate sector coupling and involve all consumers under fair conditions.

Make the electricity system more flexible.

Regulations are still in place that hamper flexible behaviour on the part of the market players. These are known as "barriers to flexibility". These barriers need to be removed if all technologies are to enjoy the same access to the market. For example, aggregators can bundle and market flexibility for small consumers. It is also important to grant wind and solar power, flexible consumers and storage systems greater access to the market for balancing capacity. Grid charges can also influence the flexible behaviour of the market players. Competition among the various options for the provision of this flexibility guarantees low-cost solutions. We must not favour certain technologies by providing unilateral support and making individual exceptions. Such decisions are best left to the market.

Expand the grids.

Germany has one of the most powerful and reliable power grids in the world. The grids constitute the central infrastructure that brings together the generation and consumption of electricity in a cost-effective manner. We need more grids to ensure that we can continue to maintain a high degree of supply security in the future with the increasingly decentralised production of electricity.

Therefore we will continue to expand and upgrade our power grids in the years ahead, while bearing in mind the concerns of the parties affected. To this end, it is essential that the Federal Government, the Länder and municipalities all pull together and seek early dialog with the public. Grid planning should give greater consideration than hitherto to measures that reduce future additional grid expansion.

Modern heating networks are central to a largely climate-neutral heating supply system. The heating networks will be modernised and upgraded to allow heat from combined heat and power plants, large-scale heat pumps, electric boilers, solar thermal, geothermal and waste heat into buildings.

Integrate and flexibilise European markets further.

More European competition in the electricity markets means lower prices. It is therefore right to rapidly complete the integration of the electricity wholesale sector in Europe. Regional cooperation and partnerships promote the integration of the European electricity markets. Flexible European electricity markets respond to the intermittent feed-in of electricity from wind and solar power. When winds are low in the north of Germany, stronger wind conditions in other European countries can compensate this, for instance. This presupposes, for example, that market players across Europe balance and bill production and consumption on a quarter-hour basis, and not only on an hourly basis as is often the case today.

Assess security of supply in a European context.

We have made tremendous progress in the assessment of security of supply in recent years. Growing interconnectedness in Europe leaves no doubt that assessments from a purely national perspective are clearly outdated in the internal market for electricity. The logical conclusion, therefore, is to conduct a "state of the art" assessment of the security of supply, i. e. in a European context. Conversely, in this context it is also important to check whether – in critical situations – we can also rely on the cross-border availability of generation capacities in neighbouring countries for national security of supply.

Strom 2030: Vom Impulspapier zum Ergebnispapier

Im September 2016 hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) parallel zur Konsultation des Grünbuchs Energieeffizienz den Diskussionsprozess „Strom 2030" mit einem Impulspapier eröffnet. In dieser Legislaturperiode ist die Energiewende im Strombereich ein großes Stück vorangekommen. Meilensteine waren unter anderem das neue Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das Strommarktgesetz, das Erdkabelgesetz und das Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende. Mit dem Diskussionsprozess „Strom 2030" richtet das BMWi den Blick nach vorn.

Im Impulspapier beschreiben 12 Trends den Weg zu einem kostengünstigen, sicheren und umweltverträglichen Stromsystem. Grundlage hierfür sind robuste Entwicklungen aus aktuellen Studien wie den Langfristszenarien[2] im Auftrag des BMWi. Diese Trends zeigen: Strom aus erneuerbaren Energien, vor allem aus Wind und Sonne, wird zum zentralen Energieträger im Gesamtsystem. Wind- und Sonnenstrom wird verstärkt auch in den Sektoren Wärme, Mobilität und Industrie effizient genutzt (Sektorkopplung). Gleichzeitig wachsen die europäischen Strommärkte immer enger zusammen. Bei zunehmender Bedeutung des fluktuierenden Wind- und Sonnenstroms muss das Stromsystem sicher bleiben und flexibler werden. Gut ausgebaute und moderne Stromnetze sowie flexible Kraftwerke und flexible Verbraucher bringen Erzeugung und Verbrauch kostengünstig zusammen. Digitale Lösungen helfen, dezentrale Verbraucher wie Elektroautos oder Wärmepumpen systemdienlich einzusetzen.

Von den 12 Trends hat das Impulspapier zentrale Aufgaben für die kommenden Jahre abgeleitet und zur Diskussion gestellt. Damit sich die identifizierten Trends in der Realität tatsächlich einstellen, muss die Politik die richtigen Rahmenbedingungen setzen. Mit „Strom 2030" ist daher auch die Debatte verbunden, welche energiepolitischen Aufgaben in den kommenden Jahren angegangen werden müssen, um die Stromversorgung langfristig bezahlbar, sicher und klimafreundlich zu gestalten.

Die Diskussion zu „Strom 2030" hat das BMWi über mehrere Monate geführt. In den Plattformen Strommarkt und Energienetze hat das BMWi mit Vertretern der Länder, der Bundestagsfraktionen, der Ministerien und Bundesbehörden sowie Akteuren aus Wirtschaft, Wissenschaft und gesellschaftlichen Gruppen die Trends des Impulspapiers diskutiert. Zusätzlich hat das BMWi das Impulspapier zur öffentlichen Konsultation gestellt. 136 Stellungnahmen von Ländern, Verbänden, Unternehmen, Nichtregierungsorganisationen und wissenschaftlichen Instituten sowie Bürgerinnen und Bürgern sind eingegangen. Bei Einverständnis der Verfasser hat das BMWi die Stellungnahmen auf seiner Webseite veröffentlicht (http://www.bmwi.de/Navigation/DE/Service/Stellungnahmen/Strom-2030/stellungnahmen-strom-2030.html).

Das vorliegende Papier fasst die Ergebnisse des Diskussionsprozesses zusammen. Auf Grundlage der im Impulspapier beschriebenen Trends und Aufgaben gibt dieses Ergebnispapier die Schwerpunkte aus den Diskussionen in den BMWi-Plattformen und der öffentlichen Konsultation wieder. Wo erforderlich, weist es auf den weitergehenden Diskussions- und Forschungsbedarf hin.

2 Fraunhofer ISI, Consentec et al. (2017): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland [Veröffentlichung voraussichtlich im zweiten Quartal 2017]

Das Ergebnispapier auf einen Blick

Trends	Ergebnisse der Diskussion
Trend 1 **Die fluktuierende Stromerzeugung aus Wind und Sonne prägt das System.** • Windenergie und Photovoltaik haben ein großes, kostengünstiges Potenzial. Sie werden stark ausgebaut. • Die Stromerzeugung aus Wind und Sonne hängt vom Wetter ab. Ein flexibles Stromsystem sorgt für den Ausgleich von Angebot und Nachfrage nach Strom. • Besonders kostengünstig ist es, wenn die verschiedenen Optionen für Flexibilität im Wettbewerb gegeneinander antreten (Strommarkt 2.0).	**Auf dem Weg vom Strommarkt 2.0 zum Energiemarkt 2.0: Fünf Schritte für mehr Flexibilität und Sektorkopplung:** • **Umlagen, Entgelte und Steuern so weiterentwickeln, dass die Akteure auf möglichst unverzerrte Preissignale reagieren können**. Ziel sind gleiche Wettbewerbsbedingungen für alle Technologien, insbesondere zwischen Strom und Brennstoffen. • **Allen Technologien den gleichen Marktzugang ermöglichen**, z. B. am Regelleistungsmarkt und durch die Einbindung dezentraler Flexibilität durch Smart Meter. • **Infrastrukturen** wie Stromnetze, Wärmenetze und Ladeinfrastruktur für Elektromobilität **ausbauen** und **modernisieren**. • **Technologien durch Förderinstrumente erforschen und an den Markt heranführen**. • **Qualitätsstandards weiterentwickeln**, um Fehlinvestitionen zu vermeiden.
Trend 2[3] **Sektorkopplung: Heizungen, Autos und Industrie nutzen immer mehr erneuerbaren Strom statt fossiler Brennstoffe.** • Erneuerbarer Strom wird der wichtigste Energieträger und verringert damit die Emissionen in den Sektoren Gebäude, Verkehr und Industrie. • Hierfür sollen die Wettbewerbsbedingungen für erneuerbaren Strom gegenüber fossilen Brennstoffen im Wärme- und Verkehrssektor verbessert werden (Energiemarkt 2.0).	
Trend 3 **Der Einsatz fossiler Brennstoffe im Kraftwerkspark geht deutlich zurück.** • 2050 wird Strom weitgehend CO_2-frei erzeugt. So lassen sich die Emissionen verhältnismäßig kostengünstig verringern. • Investitionen in die Kohleinfrastruktur nehmen im Zeitverlauf ab. • An ihre Stelle treten Erneuerbare-Energien-Anlagen und Gaskraftwerke, die in der Regel in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden.	**Energiekonzept und Klimaschutzplan 2050 umsetzen:** • **CO_2-Emissionen von Kohlekraftwerken schrittweise verringern**. Vor Ort konkrete Zukunftsperspektiven eröffnen; Zug um Zug Entscheidungen für den schrittweisen Rückzug aus der Kohleverstromung diskutieren und treffen. • **Flexible KWK-Anlagen** mittelfristig als **Übergangstechnologien** nutzen. • **CO_2-Preisanreize im europäischen Handelssystem (ETS) stärken**. Das ETS ist zwar nicht darauf ausgerichtet, zielgerichtet Emissionen in einzelnen Ländern zu reduzieren, es kann jedoch durch stärkere Preisanreize den Einsatz fossiler Brennstoffe im Kraftwerkspark beeinflussen und damit helfen, die nationalen Klimaziele zu erreichen.

3 Der Trend zu Sektorkopplung war im Impulspapier „Strom 2030“ der Trend 6. Die Nummerierung der Trends wurde im Ergebnispapier angepasst, um der gemeinsamen Diskussion zu den Themen „Flexibilität“ und „Sektorkopplung“ Rechnung zu tragen.

Trends	Ergebnisse der Diskussion
Trend 4 **Die Strommärkte werden europäischer.** • Der europäische Binnenmarkt für Strom wächst in den kommenden Jahren noch enger zusammen. • Das europäische Stromsystem hilft, auf flexible Erzeugung und Verbrauch zu reagieren, und verringert damit die Gesamtkosten der Stromproduktion.	**Europäische Strommärkte weiter integrieren und flexibilisieren:** • Wind- und Sonnenstrom insbesondere durch einen **untertägigen Handel in Europa *bis kurz vor Echtzeit*** in das Energiesystem integrieren. • **Leitmärkte Intraday und Day-ahead stärken** – *keine* Schwächung durch weitere Marktsegmente wie Redispatch-Märkte. • **Regional kooperieren** und dabei Spielräume für die Mitgliedstaaten erhalten.
Trend 5 **Nationale Versorgungssicherheit wird im Rahmen des europäischen Strombinnenmarktes gewährleistet.** • Versorgungssicherheit wird im europäischen Verbund gewährleistet: Strom fließt zwischen den Ländern und wird an der Börse grenzüberschreitend gehandelt. • Es ist kostengünstig, Versorgungssicherheit europäisch zu gewährleisten. So werden insgesamt weniger Kapazitäten benötigt. • 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.	**Versorgungssicherheit „state of the art“ analysieren:** • Chancen der europäischen Vernetzung für eine sichere Stromversorgung nutzen und Versorgungssicherheit **grenzüberschreitend** betrachten. • Zur Bewertung der Versorgungssicherheit einen an Wahrscheinlichkeiten orientierten so genannten **probabilistischen Ansatz** weiterentwickeln. • **Gewünschtes Zielniveau festlegen**, um die tatsächliche Versorgungssicherheit zu bewerten und ggf. erforderliche Maßnahmen bestimmen zu können.
Trend 6 **Strom wird deutlich effizienter genutzt.** • In den kommenden Jahren steigt die Stromeffizienz deutlich. • Durch den Einsatz von Strom für Wärme, Mobilität und in der Industrie steigt die Stromnachfrage insgesamt an. Eine massive Steigerung bei der Effizienz beschränkt diesen Anstieg auf das erforderliche Maß.	**Effizienzanreize stärken:** • Prinzip **„Efficiency First“** umsetzen (vgl. Grünbuch „Energieeffizienz“). • Bei zunehmendem Einsatz von Strom in Wärme und Verkehr (**Sektorkopplung**) Anreize für Stromeffizienz erhalten und stärken. • Energiesystem **effizienter *und* flexibler** machen.
Trend 7 **Moderne KWK-Anlagen produzieren den residualen Strom und tragen zur Wärmewende bei** • KWK-Anlagen können aus heutiger Sicht bis ca. 2030 noch eine wichtige Rolle spielen – wenn sie sich modernisieren. Sie müssen im Strom- und Wärmemarkt Emissionen einsparen und auf die fluktuierende Einspeisung erneuerbarer Energien flexibel reagieren. • Wärmenetze unterstützen die Modernisierung der KWK – vor allem in dicht besiedelten Gebieten.	**Moderne, flexible KWK-Systeme fördern:** • Mit **Wärmenetzen** flexibel unterschiedliche Technologien einbinden und, je nach lokaler Situation, Wärme aus KWK, Power-to-Heat, Solarthermie, Geothermie oder Abwärme in die Gebäude bringen. • **Kommunale Wärmepläne** zum Standard machen. • Im Industriebereich **Hemmnisse für Flexibilität abbauen**.

Trends	Ergebnisse der Diskussion
Trend 8 **Biomasse wird zunehmend für Verkehr und Industrie genutzt.** • Biomasse ist universell einsetzbar, aber knapp. • Deshalb wird Biomasse gezielt dort genutzt, wo Solar- oder Geothermie sowie Wind- und Sonnenstrom nicht sinnvoll einsetzbar sind.	**Biomasse dort einsetzen, wo man sie *nicht* oder nur mit hohen Kosten substituieren kann:** • Im **Verkehrssektor** Biomasse langfristig im Luft-, See- und Schwerlastverkehr verwenden. • In der **Industrie** verstärkt Mitteltemperatur-Prozesse mit Biomasse dekarbonisieren. • Im **Gebäudesektor** Biomasse vor allem in schwer zu sanierenden Gebäuden nutzen. • Im **Stromsektor** mit Biomasse ausschließlich Flexibilität mit geringen Volllaststunden und zusätzlicher Wärmeauskopplung bereitstellen.
Trend 9 **Gut ausgebaute Stromnetze schaffen kostengünstig Flexibilität.** • Stromnetze gleichen Stromerzeugung und -verbrauch zeitlich und großräumig aus, um z. B. kostengünstigen Windstrom aus Nord- und Ostdeutschland in den Süden zu transportieren. • Grenzüberschreitende Leitungen vernetzen uns mit den europäischen Nachbarn, um flexible Strommärkte europaweit zu nutzen und unsere Stromversorgung abzusichern. • Verteilernetze sorgen für die Integration vieler dezentraler Erzeugungsanlagen und neuer Verbraucher in den Sektoren Wärme, Verkehr und Industrie.	**Netze ausbauen und modernisieren:** • Auf Basis aktiver **Unterstützung des Netzausbaus von Bund, Ländern und Kommunen beschlossene Vorhaben termingerecht realisieren und** gut ausgebaute und moderne **Stromnetze als wichtige Flexibilitätsoption** für eine langfristig kostengünstige Energieversorgung nutzen. • **Maßnahmen, die den zukünftigen zusätzlichen Netzausbau verringern**, stärker als bisher diskutieren und gegebenenfalls in der Netzplanung berücksichtigen.
Trend 10 **Die Systemstabilität bleibt bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien gewährleistet.** • Die Stromnetze werden durch flexible Erzeugungsanlagen, Verbraucher und Speicher stabilisiert. • Erneuerbare Energien übernehmen zunehmend Verantwortung für die Stabilität des Stromsystems. • Kritische Situationen in den Stromnetzen werden sicher und effizient beherrscht.	**Maßnahmen zur Systemstabilisierung weiterentwickeln und einsetzen:** • **Koordination und Kooperation zwischen Übertragungs- und Verteilernetzbetreibern sowie Marktakteuren** gewährleisten; auf Basis von Kosten-Nutzen-Analysen entscheiden Netzbetreiber, auf welcher Netzebene Systemdienstleistungen erbracht werden. • **Verantwortung von Netzbetreibern und Marktakteuren** definieren; effizienten und sicheren **Datenaustausch** sicherstellen. • **Intelligente Steuerungskonzepte** weiterentwickeln, damit dezentrale Erzeuger, Speicher und Lasten zunehmend Systemverantwortung übernehmen können. • Systemstabilität zunehmend **europäisch** koordinieren.

Trends	Ergebnisse der Diskussion
Trend 11 **Die Netzfinanzierung erfolgt fair und systemdienlich.** • Die Kosten der Stromnetze werden fair und transparent verteilt – sowohl regional als auch hinsichtlich der verschiedenen Netznutzer. • Die Netzentgeltsystematik unterstützt die Netznutzer dabei, durch ihr Verhalten zu einer sicheren und kostengünstigen Stromversorgung beizutragen.	**Netzentgeltsystematik an ein modernes Stromsystem anpassen:** • **Hemmnisse für marktgetriebene Flexibilität von Erzeugern und Verbrauchern abbauen**, ohne dabei Anreize für eine ineffiziente Dimensionierung des Netzes zu setzen. • Aufgrund der sich ändernden Anforderungen an die Stromnetze die Zahlungen für **vermiedene Netzentgelte schrittweise abschaffen**. • **Ein effizientes Zusammenspiel von Netzausbau und EE-Ausbau** durch Berücksichtigung von Netzkosten in Pilotvorhaben zu gemeinsamen EE-Ausschreibungen für Solaranlagen und Wind an Land erproben.
Trend 12 **Die Energiewirtschaft nutzt die Chancen der Digitalisierung.** • Die Digitalisierung der Energiewirtschaft sichert das effiziente Zusammenspiel von Erzeugern, Verbrauchern und Netz. • Die Kunden profitieren von neuen Geschäftsmodellen, die Deutschland zum Vorreiter in den Bereichen Smart Grid und Smart Home machen können. • Datenschutz und Datensicherheit gewinnen mit der zunehmenden Digitalisierung der Energiewirtschaft an Bedeutung.	**Digitalisierung voranbringen:** • Das durch das Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende geschaffene **Potenzial intelligenter Netze für eine kostengünstige Energieversorgung ausschöpfen**. • In **Modellregionen** neue Geschäftsmodelle erproben und **Erfahrungen im Hinblick auf den Anpassungsbedarf des rechtlichen Rahmens** sammeln (BMWi-Förderprogramm SINTEG). • **Integration flexibler Erzeuger und Verbraucher** im Verteilernetz ermöglichen.

Der Dreiklang der Energiewende

Leitlinien für den effizienten Einsatz von Strom: Der Fokus dieses Papiers 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 Strom aus erneuerbaren Energien 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.

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 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.

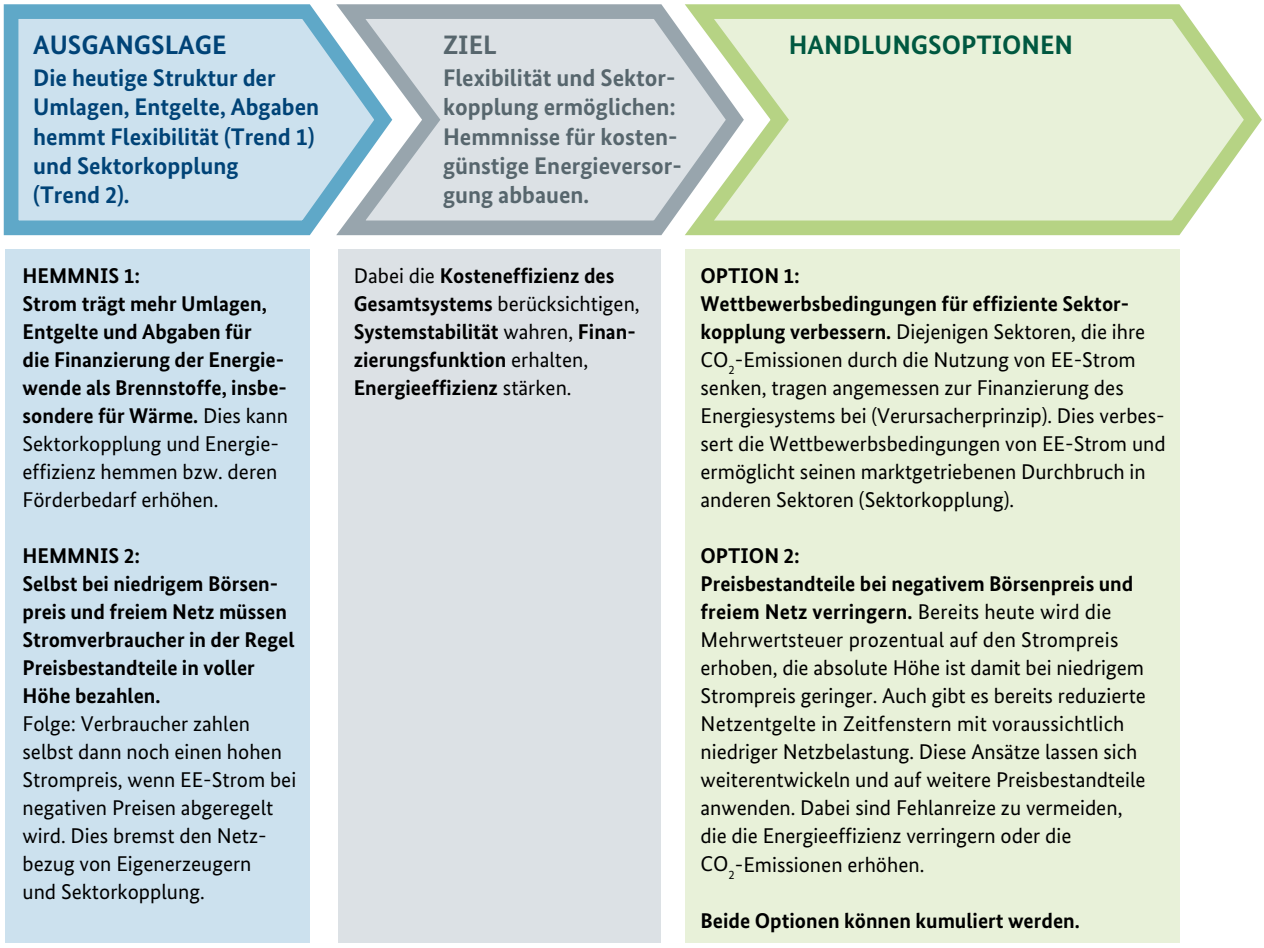
Aufgabe: Stromsystem weiter flexibilisieren

- **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 betriebswirtschaftlichen Entscheidung seine Last temporär erhöhen oder verringern und so von niedrigen Strompreisen profitieren oder Regelleistung anbieten.

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



Quelle: Eigene Darstellung

Trend 2: Sektorkopplung: Heizungen, Autos und Industrie nutzen immer mehr erneuerbaren Strom statt fossiler Brennstoffe[4]

- **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.

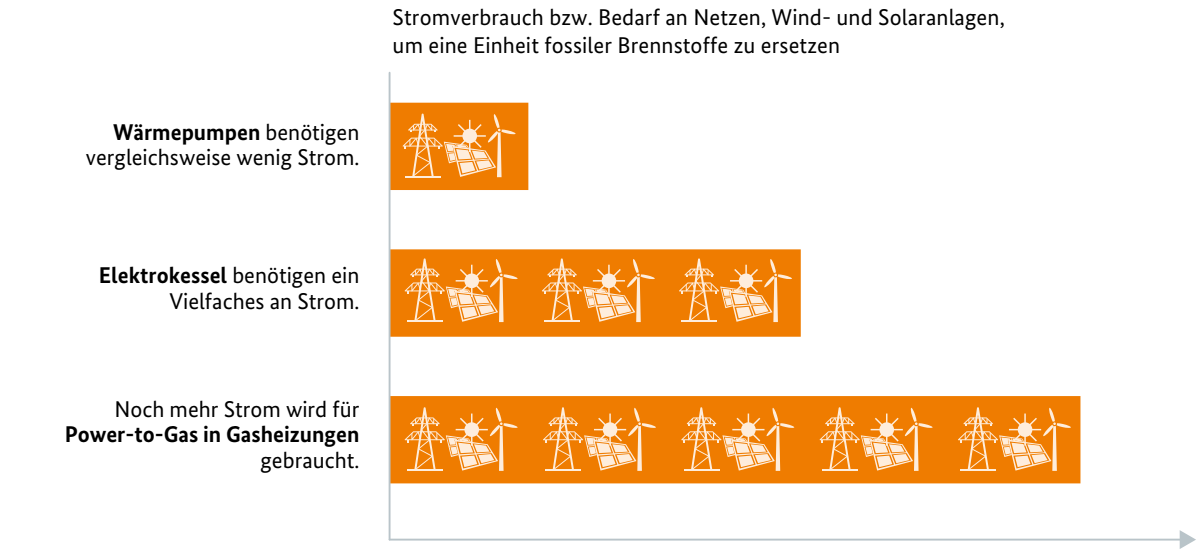
Aufgabe: Wettbewerbsbedingungen für erneuerbaren Strom gegenüber Brennstoffen im Wärme- und Verkehrssektor verbessern

- **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 „Zielmodell für Flexibilität und Sektorkopplung" und Abb. 3 „Unterschiedliche Belastung von Strom, Gas und Diesel durch Umlagen, Entgelte und Steuern"). 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.

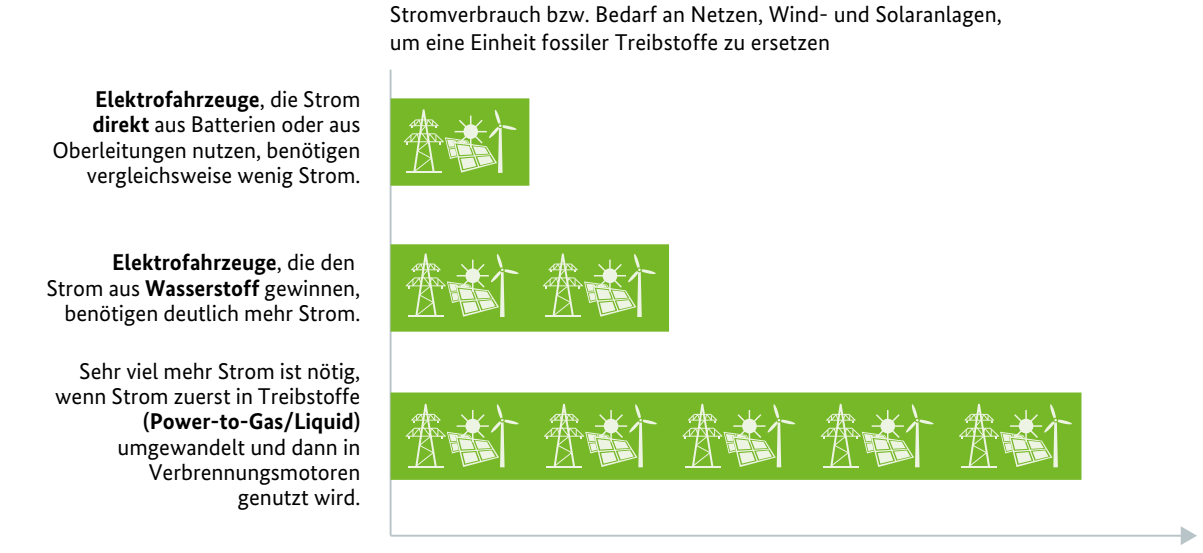
4 Der Trend zu Sektorkopplung war im Impulspapier „Strom 2030" der Trend 6. Die Nummerierung der Trends wurde im Ergebnispapier angepasst, um der gemeinsamen Diskussion zu den Themen „Flexibilität" und „Sektorkopplung" Rechnung zu tragen.

Abbildung 2a: Stromverbrauch verschiedener Technologien, um eine Einheit fossiler Brennstoffe in der Wärmeversorgung zu ersetzen



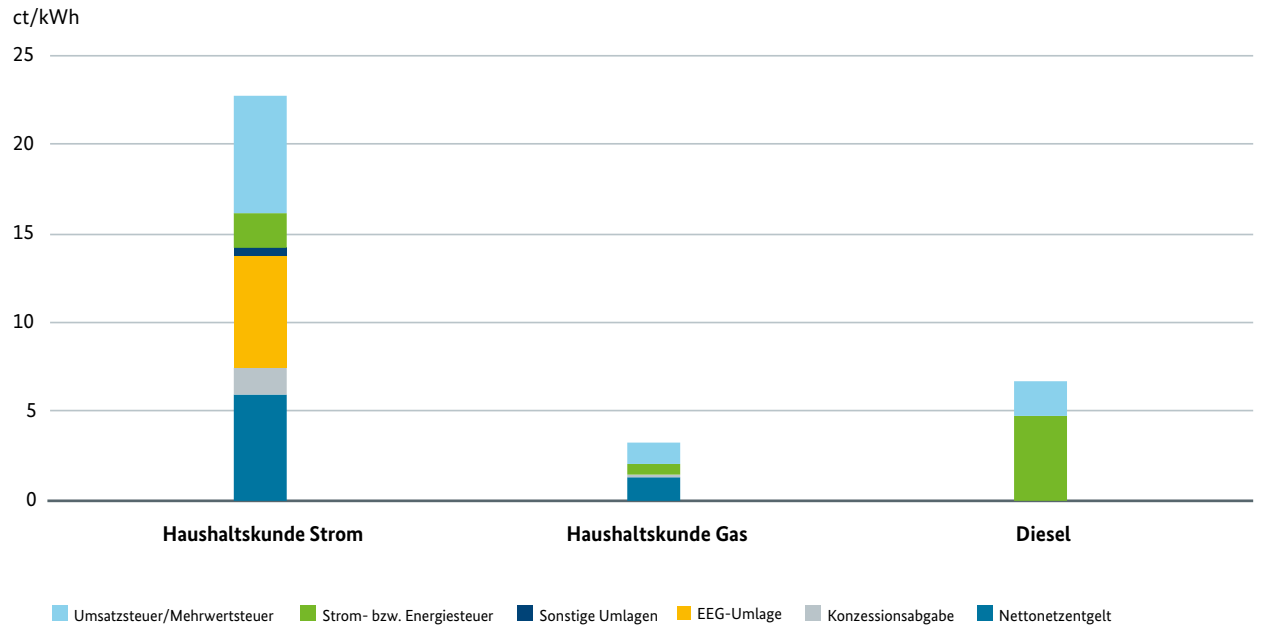
Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 2b: Stromverbrauch verschiedener Technologien, um eine Einheit fossiler Treibstoffe im Verkehr zu ersetzen



Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 3: Unterschiedliche Belastung von Strom, Gas und Diesel durch Umlagen, Entgelte und Steuern



Abgebildet sind die staatlich veranlassten Preisbestandteile, nicht die wettbewerblich bestimmten Preisbestandteile, für Endenergie in 2015.

Quelle: Fraunhofer ISI

Ergebnisse der Diskussion zu Trends 1 und 2

Trend 1 und Trend 2 wurden zusammen bei einer gemeinsamen Sitzung der Plattform Energieeffizienz und der Plattform Strommarkt diskutiert. Die folgenden Ergebnisse stellen daher gemeinsame Schlussfolgerungen zu beiden Trends dar:

- **Flexibilität spart bares Geld**. Das Potenzial für Wind- und Sonnenenergie in Deutschland ist groß. Die Kosten sinken kontinuierlich. Daher ist es sinnvoll, immer höhere Anteile von Strom aus Wind- und Sonnenenergie zu erzeugen. Wind- und Sonnenenergie haben aber eine besondere Eigenschaft: Ihre Stromproduktion hängt vom Wetter ab. In der Folge wird oft die Forderung erhoben, Speicherkapazitäten auszubauen – ohne die Kosten zu bedenken. Herkömmliche Technologien wie Pumpspeicherkraftwerke und Batterien können Strom nur für wenige Stunden speichern. Zur Überbrückung einer „Dunkelflaute" von mehreren Tagen im Winter sind sie ungeeignet. Neue Technologien wie Power-to-Gas mit Rückverstromung in Gaskraftwerken könnten als Langfristspeicher dienen, sind wegen der hohen Umwandlungsverluste allerdings extrem teuer. Ihr Einsatz ist erst bei wesentlich höheren Anteilen erneuerbarer Energien sinnvoll. Derzeit ist es deutlich günstiger, Angebot und Nachfrage großräumig über nationale und europäische Netze auszugleichen. So konkurrieren flexible Erzeuger, flexible Verbraucher und Speicher in einem großen verbundenen Marktgebiet um die kostengünstigste Lösung und sparen den Kunden Geld.

- **Sektorkopplung als Mittel zur Erreichung von Klimazielen**. Eine kosteneffiziente Klimaschutzpolitik wird zunächst in allen Sektoren die Energieeffizienz deutlich steigern („Efficiency First"). Sodann werden in den jeweiligen volkswirtschaftlichen Sektoren erneuerbare Energien direkt genutzt, soweit ökonomisch und ökologisch vernünftig (z. B. Solarthermie bei Gebäuden oder Biokraftstoffe im Verkehr). Den verbleibenden Energiebedarf in den Sektoren Mobilität, Gebäude und Industrie wird Strom aus CO_2-freien Quellen decken, damit wir die Klimaziele erreichen. Das nennt man Sektorkopplung. Um den Bedarf an Erneuerbaren-Anlagen und Netzinfrastruktur zu begrenzen, kommen möglichst effiziente Technologien zum Einsatz.

- **Die zentralen Technologien für die Sektorkopplung sind zugleich flexible Verbraucher**: 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. So können sie auf das wechselnde Angebot von Wind- und Sonnenstrom reagieren. Das zentrale Steuerungsinstrument ist der Preis, der den Grad der Knappheit anzeigt.

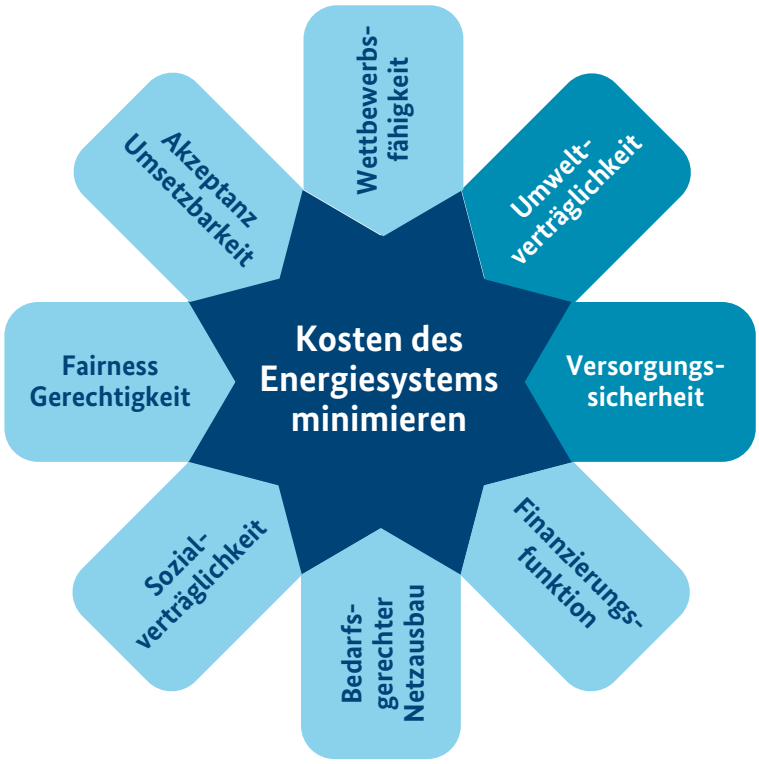
- **Strommarkt 2.0 vollenden, Energiemarkt 2.0 schaffen**. Welche Technologien zum Einsatz kommen, um den Flexibilitätsbedarf zu decken, soll sich im Wettbewerb entscheiden. Damit ein Wettbewerb der Technologien für Flexibilität stattfindet, werden Hemmnisse abgebaut. Dieser weiterentwickelte Strommarkt ist der Strommarkt 2.0. Um auch einen Wettbewerb zwischen den Technologien für Sektorkopplung zu ermöglichen, brauchen wir zukünftig einen Energiemarkt 2.0.

- **Auf dem Weg vom Strommarkt 2.0 zum Energiemarkt 2.0 – Fünf Schritte für mehr kostengünstige Flexibilität und Sektorkopplung:**

  1. **Umlagen, Entgelte und Steuern sind so weiterzuentwickeln, dass Preissignale möglichst unverzerrt ankommen.** Die Akteure entscheiden auf Basis der Preissignale für Strom und Brennstoffe, welche Technologie und welcher Einsatz für sie betriebswirtschaftlich optimal ist. Damit dies auch zum volkswirtschaftlich kostengünstigsten und nachhaltigen Energiesystem führt, müssen Verzerrungen von Preisbestandteilen abgebaut werden. Auch müssen so genannte externe Kosten internalisiert werden, das heißt Marktakteure tragen die von ihnen verursachten Kosten. Hierfür muss das System der Umlagen, Entgelte, Steuern und CO_2-Preissignale weiterentwickelt werden. Dabei sind neue Ausnahmen von Abgaben, Umlagen und Entgelten, zum Beispiel Befreiungen von der EEG-Umlage, für bestimmte Technologien keine Lösung. Dann würden die bisherigen Stromverbraucher den Einsatz von CO_2-freiem Strom in anderen Sektoren subventionieren.

  2. **Allen Technologien den gleichen Marktzugang ermöglichen**. Für Flexibilität und Sektorkopplung gibt es verschiedene Technologien. Treten diese verschiedenen Technologien in einem fairen, technologieoffenen Wettbewerb gegeneinander an, bleiben die Kosten gering. Dazu erhalten zum Beispiel so genannte **Aggregatoren** die Möglichkeit, die Flexibilität kleinerer Verbraucher gebündelt zu vermarkten. Der **Regelleistungsmarkt**

Abbildung 4: Anforderungen an die Weiterentwicklung von Umlagen, Entgelten, Steuern



Quelle: Consentec, ISI, SUER, Ecofys

wird schrittweise für Wind- und Solarstrom, flexible Verbraucher und Speicher geöffnet. Die Netzbetreiber beschaffen **Systemdienstleistungen** wie zum Beispiel Blindleistung immer stärker aus Erneuerbaren-Anlagen, flexiblen Verbrauchern, Speichern oder Netzbetriebsmitteln (vgl. Trend 10). **Smart Meter** und ein **Mechanismus für Flexibilität im Verteilernetz** ermöglichen kleineren, steuerbaren Verbrauchern und Erzeugern wie Elektroautos, Wärmepumpen, Solarstromanlagen und Batterien, sowohl netzdienlich als auch auf die Preise an der Börse besser zu reagieren (vgl. Trend 12).

3. **Infrastrukturen ausbauen und modernisieren**. Gut ausgebaute **Stromnetze** gleichen Schwankungen von Erzeugung und Verbrauch über große Distanzen aus. So werden die Standorte mit guten Bedingungen zur Erzeugung von Wind- und Sonnenstrom mit den Verbrauchszentren verbunden. Verteilernetze erschließen die Technologien für Flexibilität, indem sie beispielsweise Elektroautos und Wärmepumpen in das Stromsystem einbinden. Elektroautos wiederum erfordern eine flächendeckende **Ladeinfrastruktur**. Die Verlagerung des fossilen PKW- und LKW-Verkehrs auf den elektrisch betriebenen Schienenverkehr braucht eine gut ausgebaute **Schieneninfrastruktur**, Elektro-LKW eine **Oberleitungsinfrastruktur** auf Autobahnen. **Wärmenetze** sind insbesondere in dicht besiedelten Gebieten von strategischer Bedeutung, um Wärme aus KWK, Power-to-Heat (Großwärmepumpen, Elektrokessel), Solarthermie, Geothermie und Abwärme in die Gebäude zu bringen (vgl. Trend 7). Die **Gasinfrastruktur** wird auch zukünftig benötigt. Ihre Struktur kann sich beispielsweise wegen der Standorte neuer Gaskraftwerke ändern. Auch wird voraussichtlich der Verbrauch von fossilem Erdgas wegen Effizienzfortschritten zurückgehen und der Anteil von erneuerbarem Gas ansteigen.

4. **Technologien an den Markt heranführen**. Förderinstrumente helfen, innovative Technologien zu erforschen, zu entwickeln und in Pilotprojekten zu demonstrieren sowie erste Schritte im Markt zu ermöglichen. Dies gilt für die haushaltsfinanzierte **Förderung von**

Forschung und Entwicklung für bestimmte Technologien, etwa Batterien, Power-to-Gas und die Nutzung von Strom für Industrieprozesse. Dies gilt aber auch für haushaltsfinanzierte **Förderung der Markteinführung von Technologien**, etwa Elektromobilität („Kaufprämie") und Wärmepumpen. Das **Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz** und die Biomasse-Förderung im **Erneuerbare-Energien-Gesetz** sollten die effiziente Einbindung von Wärmespeichern und Power-to-Heat-Anlagen anreizen. Insgesamt ist wichtig, dass die Förderung transparent über explizite Programme erfolgt – und nicht intransparent über Begünstigungen bei Umlagen, Entgelten und Steuern. Letztere erschweren einen Wettbewerb der Technologien und führen zu versteckten Mehrkosten für die Verbraucher.

5. **Qualitätsstandards weiterentwickeln**. Europäische und nationale Qualitätsstandards für Produkte (etwa Heizungen), Fahrzeuge, Gebäude sowie die Produktion und Verteilung von Energie vermeiden Fehlinvestitionen in ineffiziente Technologien. Sie schützen Verbraucher vor steigenden CO_2- und Brennstoffpreisen und sollten daher kontinuierlich weiterentwickelt werden. Dazu zählen etwa die europäischen **CO_2-Standards für PKW**, die europäische **Ökodesignrichtlinie**, die **Energieeinsparverordnung** und das **Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz**. Durch die europäische **Kraftstoffrichtlinie** und die geplante Selbstregulierung der internationalen Zivilluftfahrtorganisation (**ICAO**) werden Kraftstoffe im Transportsektor immer CO_2-ärmer.

Auswahl aktueller Studien

Consentec, Fraunhofer ISI, SUER (2017): Ein Zielmodell zum Abbau der Hemmnisse im Bereich der Umlagen, Entgelte, Abgaben und Steuern: Anforderungen, Randbedingungen und grundsätzliche Lösungsoptionen. Nach Veröffentlichung abrufbar unter http://www.bmwi.de

Fraunhofer ISI, Consentec et al. (2017): 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 zweiten Quartal 2017)

BIHK (2016): Alternative Finanzierung des EEG-Umlagekontos, abrufbar unter: https://www.bihk.de/bihk/Anhaenge/studie-eeg-umlage.pdf

IEA-RETD (2016): Re-Transition. Transitioning to Policy Frameworks for Costcompetitive Renewables; International Energy Agency Renewable Energy Technology Deployment

Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (2016): Möglichkeit zur Umgestaltung der EEG-Umlagebasis, abrufbar unter: http://www.bne-online.de/de/system/files/files/attachment/Kurzstudie-EEG-Umlage_IÖW_20161007.pdf

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

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

Consentec (2014): Mindesterzeugung 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 3: Der Einsatz fossiler Brennstoffe im Kraftwerkspark geht deutlich zurück

- **2050 wird Strom weitgehend CO_2-frei erzeugt**. Die Stromerzeugung weist aktuell noch hohe CO_2-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 2).

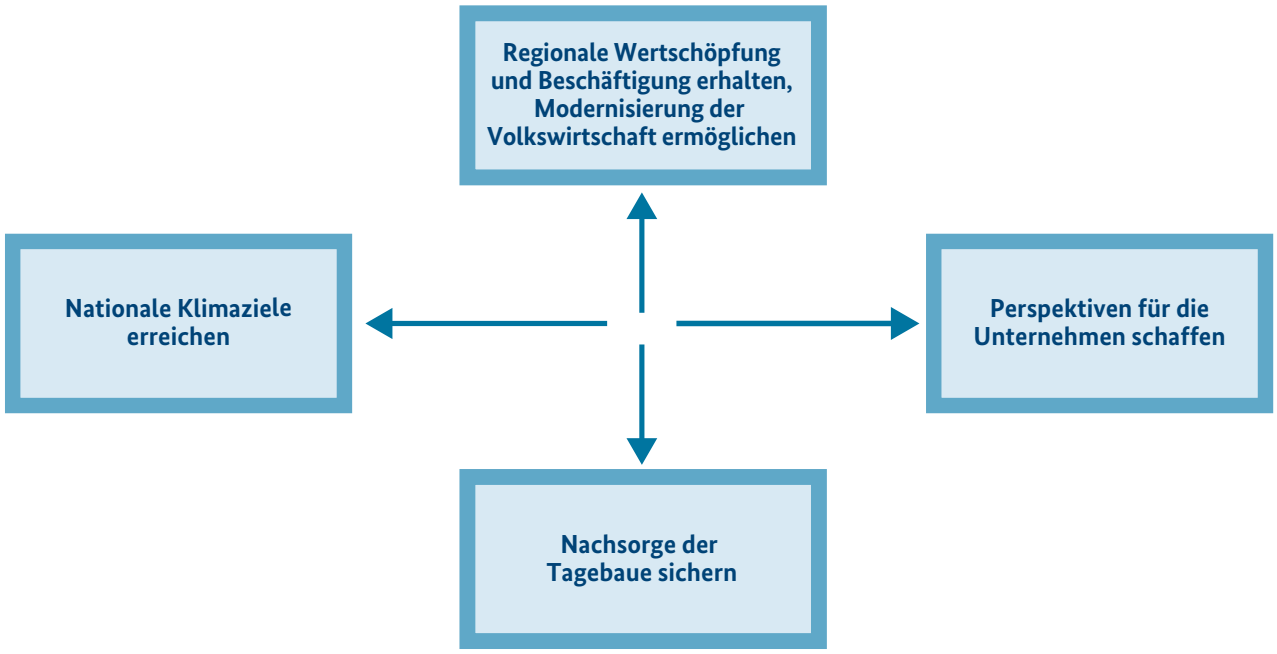
- **Investitionen in die Kohleinfrastruktur nehmen im Zeitverlauf ab**. Neue Kohlekraftwerke und Tagebauerweiterungen mit einer Nutzungsdauer über 2050 hinaus würden zu Fehlinvestitionen führen und werden daher vermieden. An ihre Stelle treten Erneuerbare-Energien-Anlagen und schrittweise über einen längeren Zeitraum gasbetriebene Kraftwerke, die in der Regel in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden. Die Stromversorgung bleibt dabei sicher.

Aufgabe: CO2-Emissionen verlässlich verringern, Strukturwandel gestalten

- **Verlässlichen Rahmen für die Verringerung der CO_2-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.

Abbildung 5: Anforderungen an einen verlässlichen Rahmen für die Kohleverstromung



Quelle: Eigene Darstellung

Ergebnisse der Diskussion zu Trend 3

Die folgenden Ergebnisse bilden die Diskussion im Rahmen des Klimaschutzplans 2050 ab:

- **Energiekonzept und Klimaschutzplan 2050 setzen den Rahmen der deutschen Energiepolitik**. Die Energieversorgung soll umweltverträglicher werden und dabei kosteneffizient und sicher bleiben. Die Ziele des Energiekonzeptes leiten den Umbau der Energieversorgung: Bis 2030 sollen die Treibhausgasemissionen um 55 Prozent und bis 2050 um mindestens 80 bis 95 Prozent gegenüber 1990 sinken. Der am 14. November 2016 beschlossene Klimaschutzplan 2050 bekräftigt diese Ziele. Zudem präzisiert er sie für die Sektoren Energiewirtschaft, Gebäude, Verkehr, Industrie und Landwirtschaft. Auch im Stromsektor erfordert dies teilweise einen tiefgreifenden Strukturwandel. Deshalb setzen die ambitionierten Klimaziele wirksame Initiativen für Wachstum und Beschäftigung in den betroffenen Regionen voraus. Das ist die Voraussetzung für einen sozialverträglichen Strukturwandel.

- **Kohlekraftwerke verringern schrittweise ihre CO_2-Emissionen**. Bis 2030 senkt die Energiewirtschaft ihre Emissionen um etwa die Hälfte von 358 Mio. t CO_2-Äq im Jahr 2014 auf 175 bis 183 Mio. t CO_2-Äq. Um diese Ziele zu erreichen, wird die Kohleverstromung schrittweise verringert.

- **Strukturwandel gestalten**: Vor allem müssen Investitionen mobilisiert werden, um vor Ort Arbeit, Einkommen und Wohlstand zu sichern. Zug um Zug wird dann über den schrittweisen Rückzug aus der Braunkohlewirtschaft zu entscheiden sein. Die Bundesregierung setzt eine Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Regionalentwicklung“ ein. Die Kommission wird beim BMWi angesiedelt. Eingebunden werden neben weiteren Ressorts Länder, Kommunen, Gewerkschaften, Vertreter betroffener Unternehmen und Branchen sowie regionale Akteure. Die Kommission nimmt ihre Arbeit Anfang 2018 auf und legt Ergebnisse möglichst bis Ende 2018 vor. Sie soll einen Instrumentenmix entwickeln, der wirtschaftliche Entwicklung, Strukturwandel, Sozialverträglichkeit und Klimaschutz zusammenbringt.

- **Flexible KWK-Anlagen übernehmen als Übergangstechnologien eine wichtige Rolle (vgl. Trend 7)**. Mittelfristig können fossile und regenerative KWK-Anlagen kostengünstig ungekoppelte fossile Erzeuger ersetzen. Damit der mittelfristige Ausbau der KWK mit den langfristigen Klimazielen vereinbar ist, wird sich die KWK modernisieren. Dazu gehört insbesondere, dass sie flexibel auf die Einspeisung von Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien reagiert. In Wärmenetzen kombinieren sich KWK-Anlagen etwa mit erneuerbaren Energien wie Solarthermie- und Geothermie-Anlagen oder Wärmepumpen sowie Wärmespeichern und Elektrokesseln. Im Ergebnis wandelt sich die KWK-Anlage zu einem modernen KWK-System.

- **Das ETS ist das zentrale europäische Klimaschutzinstrument**. Es stellt sicher, dass die europäischen Klimaschutzziele erreicht werden. Dafür müssen die Funktionsfähigkeit des Emissionshandels gestärkt, die Überliquidität der Zertifikate vermindert und so die Preissignale für CO_2 gestärkt werden. Das ETS ist zwar nicht darauf ausgerichtet, zielgerichtet Emissionen in einzelnen Ländern zu reduzieren, es kann jedoch durch stärkere Preisanreize den Einsatz fossiler Brennstoffe im Kraftwerkspark beeinflussen und damit helfen, die nationalen Klimaziele zu erreichen.

Auswahl aktueller Studien

Fraunhofer ISI, Consentec et al. (2017): 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 zweiten Quartal 2017)

Berliner Institut für Sozialforschung (2016): Sozioökonomische Effekte der Braunkohlesanierung, Sozialwissenschaftliche Evaluationsstudie; Berliner Institut für Sozialforschung GmbH

TU Dresden et al. (2016): Strukturwandel in der Lausitz, Wissenschaftliche Auswertung der Potentialanalysen der Wirtschaft der Lausitz ab 2010; TU Dresden und BTU Cottbus-Senftenberg

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

Trend 4: 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_2-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. Ihre Nachfrage verhindert, dass der Strompreis in diesen Stunden noch weiter sinkt. Thermische 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 hat am 30. November 2016 im „Clean Energy for all Europeans“-Paket (so genanntes „Winterpaket“) u. a. Vorschläge für die Weiterentwicklung des Strombinnenmarktes vorgestellt. 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.

Ergebnisse der Diskussion zu Trend 4

- **Der europäische Binnenmarkt für Strom hilft, die Energiewende sicher und kostengünstig zu gestalten**. Das große Gebiet des Binnenmarktes erschließt die Potenziale mehrerer Millionen Stromerzeuger, Verbraucher und Speicher. Der Binnenmarkt schafft Wettbewerb und reizt Innovationen an. Er ermöglicht es, in Zeiten mit viel Wind- und Sonnenstrom Strom zu exportieren und in knappen Zeiten die Ressourcen der Nachbarländer zu nutzen. Kurz: Der europäische Strommarkt schafft Flexibilität und spart so bares Geld.

- **Insbesondere ein untertägiger Handel bis *kurz vor Echtzeit* kann Wind- und Sonnenstrom in das europäische Energiesystem integrieren**. Wind- und Sonnenstrom hängen vom Wetter ab. Ihr Angebot kann innerhalb kürzester Zeit schwanken. Um auf diese kurzfristigen Schwankungen reagieren zu können, müssen die Kapazitäten bis *kurz vor Echtzeit* handelbar sein. Sie sollten außerdem allen Marktteilnehmern und über die Grenzen hinweg zur Verfügung stehen. Daher sollte – neben dem vortägigen Handel (Day-ahead) – vor allem der untertägige Handel (Intraday) als Leitmarkt gestärkt werden. Hier besteht der größte Wettbewerb auf Angebots- und Nachfrageseite. Verbesserungen in anderen Bereichen, wie beispielsweise im Regelenergiebereich, sind ebenfalls wichtig. Sie sollten aber nicht zulasten des Intraday- und Day-ahead-Handels gehen.

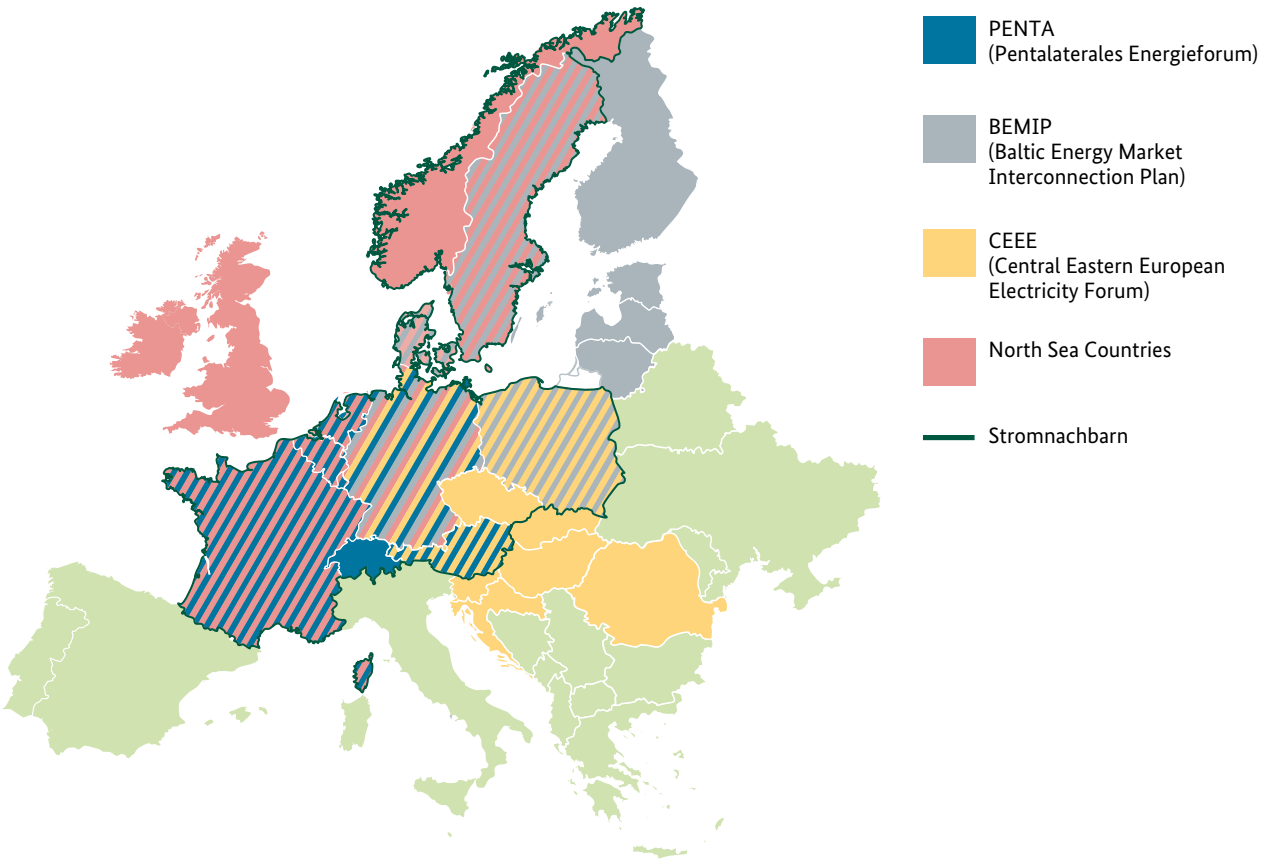
- **Zusätzliche Marktsegmente mit kurzfristigem Handel sollten mit Vorsicht betrachtet werden, weil sie die Leitmärkte Intraday und Day-ahead nachhaltig schwächen könnten**. Um Netzengpässe auszugleichen, benötigen die Netzbetreiber ebenfalls kurzfristig Energie. Kraftwerke vor dem Engpass werden heruntergefahren, Kraftwerke hinter dem Engpass fahren hoch. Das nennt man Redispatch, weil der ursprünglich geplante Kraftwerkseinsatz (Dispatch) angepasst wird. Für Redispatch-Maßnahmen gibt es keinen Preis, der sich auf einem Markt zwischen mehreren Anbietern und Nachfragern bildet. Die Kraftwerksbetreiber erhalten lediglich die Kosten erstattet. Derzeit wird europaweit diskutiert, ob diese Redispatch-Mengen stattdessen marktlich beschafft werden sollen, das heißt, Kraftwerke und andere Akteure würden dann einen Preis bieten, zu dem sie bereit sind, Redispatch zur Verfügung zu stellen. Technisch ist ein solcher Markt für Redispatch möglich. Allerdings hätte er stark verzerrende Rückwirkungen auf die Leitmärkte Intraday und Day-ahead. Denn Kraftwerke, die näher an einem Engpass liegen, haben eine bessere Wirkung auf ihn. Sie könnten diese günstige Lage nahe an einem Netzengpass nutzen und deutlich höhere Preise verlangen als andere Kraftwerke. Dadurch könnten zum einen die Redispatch-Kosten erheblich steigen. Darüber hinaus werden die Kraftwerke dann ihr Gebotsverhalten im Strommarkt und Redispatchmarkt strategisch optimieren. Das war in anderen Ländern zu beobachten. Der Standort eines Kraftwerks könnte damit relevant für das Gebotsverhalten in allen Marktsegmenten werden. Dies könnte bestehende Netzengpässe noch verstärken. Darüber hinaus würden an einem solchen Markt nur die Übertragungsnetzbetreiber als einzige Käufer auftreten. Einzelne Teilmärkte mit verzerrenden Effekten und einem einzelnen Käufer sollten daher nach Möglichkeit vermieden werden. Stattdessen sollten Netzengpässe so schnell wie möglich durch bedarfsgerechten Netzausbau beseitigt werden.

- **Flexibilität ist ein Kernelement der künftigen europäischen Strommärkte**. Je größer der europaweite Wettbewerb zwischen verschiedenen Optionen für Flexibilität, desto geringer die Kosten. Um mehr flexible Teilnehmer an die Strommärkte zu bekommen, müssen in erster Linie Barrieren für den Marktzugang abgebaut werden. Ein wesentliches Element ist dabei ein europaweites 15-Minuten-Intervall für die so genannte Bilanzkreisabrechnung. Das heißt, dass Marktteilnehmer Erzeugung und Verbrauch für jede Viertelstunde ausgleichen und abrechnen müssen. Bisher ist in vielen Ländern noch ein stündliches Intervall üblich. Die kürzeren Intervalle helfen, passgenau auf die fluktuierende Erzeugung erneuerbarer Energien zu reagieren, kurzfristig auftretende Nachfragespitzen oder Angebotslücken zu identifizieren und über den Strommarkt auszugleichen. Darüber hinaus sollte insbesondere der grenzüberschreitende Intraday- und Day-ahead-Handel verbessert und der Intraday-Handel weiter an Echtzeit herangeführt werden. Auch hier wird bislang nur bis eine Stunde vor Echtzeit grenzüberschreitend gehandelt und danach nicht mehr. Außerdem ist zu prüfen, inwieweit bestimmte nationale Vorgaben zum Beispiel zur Struktur der Netzentgelte oder zur Führung der Bilanzkreise den grenzüberschreitenden Austausch von Flexibilität erschweren.

- **Regionale Kooperationen bringen die Integration der europäischen Strommärkte voran – sofern Spielraum für die Mitgliedstaaten erhalten bleibt**. Nicht alle Maßnahmen für einen stärkeren Stromaustausch können sofort für ganz Europa gelten. Insbesondere bei neuen

Themen kann es sinnvoll sein, Lösungen zunächst auf regionaler Ebene auszuprobieren. So wurden beispielsweise technische Lösungen zur engeren Verknüpfung der nationalen Strommärkte zunächst auf regionaler Ebene im so genannten Pentalateralen Energieforum entwickelt. Hier haben die Übertragungsnetzbetreiber der BeNeLux-Staaten, Frankreichs, Deutschlands, Österreichs und der Schweiz unter Einbindung aller Interessengruppen Ansätze für einen besseren Stromaustausch entwickelt. Nach einer Testphase werden diese nun auf weitere Teile Europas übertragen. Viele dieser Ansätze finden sich auch im Vorschlag für ein neues europäisches Strommarktdesign wieder. Dies kann ein Vorbild für weitere regionale Kooperationen sein. Welche Mitgliedstaaten im Rahmen einer regionalen Kooperation zusammenarbeiten, hängt vom Thema und Kreis der Betroffenen ab. Das ist eine wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Kooperation.

Abbildung 6: Politische Zusammenarbeit im europäischen Strommarkt (inkl. Beobachterstatus)



Quelle: Eigene Darstellung

Auswahl aktueller Studien

Connect Energy Economics (2016): Upgrading the internal market: The power market 2.0, abrufbar unter: http://bmwi.de/EN/Service/publications,did=793886.html

Europäische Kommission (2016): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on common rules for the internal market in electricity, abrufbar unter http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_en_act_part1_v7_864.pdf

Europäische Kommission (2016): Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the internal market for electricity, http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_en_act_part1_v9.pdf

Europäische Kommission (2015): Einleitung des Prozesses der öffentlichen Konsultation zur Umgestaltung des Energiemarkts, 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 5: Nationale 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.

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 sollte in Zukunft das gesamte für Deutschland relevante Marktgebiet einschließlich aller Nachbarstaaten sowie die grenzüberschreitenden Flexibilitäts- und Ausgleichspotenziale betrachten.

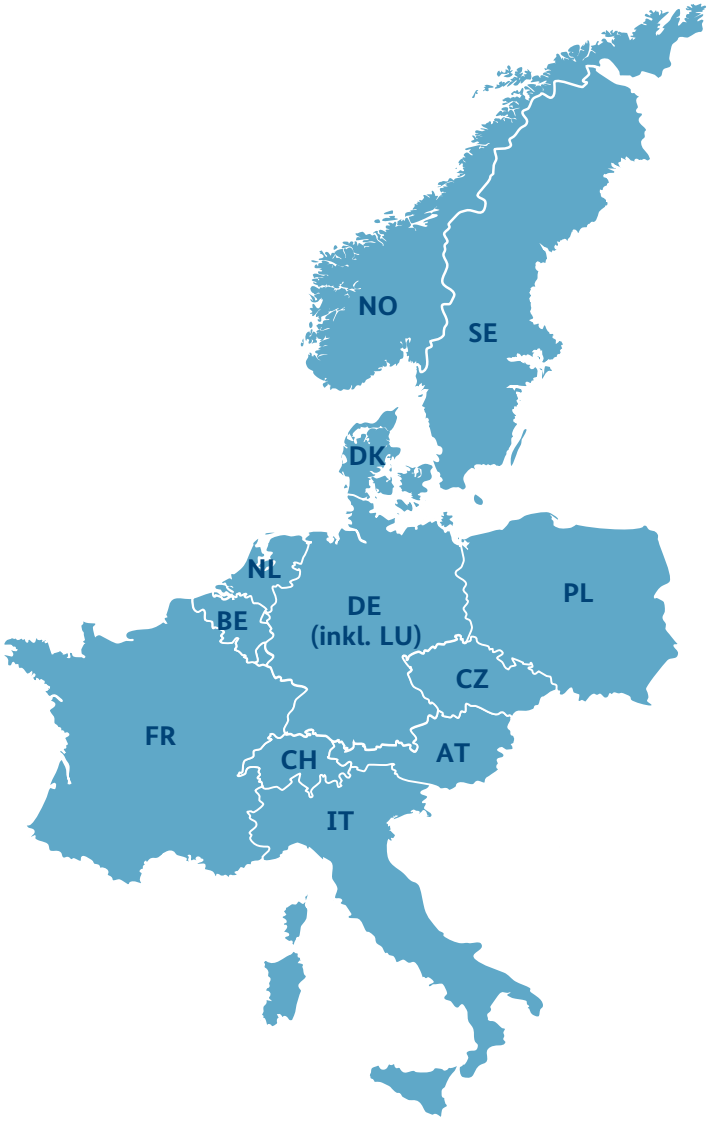
- **Versorgungssicherheit gemeinsam bewerten**. Weil Versorgungssicherheit im Binnenmarkt europäisch gewährleistet wird, ist im ersten Schritt eine koordinierte Bewertung – das heißt eine gemeinsame Methodik und abgestimmte Daten – sinnvoll. Das erhöht die Qualität der Bewertung; im Vergleich zu einer 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.

Ergebnisse der Diskussion zu Trend 5

- **Versorgungssicherheit sollte konsequent europäisch betrachtet werden**. Eine fundierte Bewertung der Versorgungssicherheit an den Strommärkten ist im europäischen Binnenmarkt für Strom nur grenzüberschreitend möglich, da die einzelnen Strommarktgebiete durch so genannte Interkonnektorleitungen miteinander gekoppelt sind. Rein nationale Ansätze sind nicht mehr zielführend. Sie entsprechen nicht mehr der Realität in einem europäischen Binnenmarkt, in dem keiner den Strom nur für sich „festhalten" kann. Durch ein regionales Vorgehen lassen sich zudem unnötige Kosten für die Verbraucher vermeiden.
- **Es ist wichtig, Versorgungssicherheit „state of the art" zu analysieren**. In den letzten Jahren haben wir große Fortschritte bei der Bewertung von Versorgungssicherheit an den Strommärkten erzielt. Der regionale Versorgungssicherheitsbericht 2015 im Auftrag des Pentalateralen Energieforums (Pentalateral Energy Forum 2015) und eine Studie ebenfalls aus dem Jahr 2015 der Unternehmen Consentec und r2b energy consulting im Auftrag des BMWi (Consentec, r2b 2015) verwenden erstmals einen grenzüberschreitenden und probabilistischen Ansatz. „Probabilistisch" bedeutet hier eine wahrscheinlichkeitsorientierte Risikoanalyse mit stundengenauer

Abbildung 7: Relevanter geografischer Betrachtungsbereich für die Versorgungssicherheit am Strommarkt



Quelle: Consentec, r2b (2015)

Auflösung. Dieser Weg sollte konsequent fortgeführt werden. Das Verhältnis zwischen Aufwand und zusätzlichem Nutzen sollte bei der Weiterentwicklung der komplexen Methoden Berücksichtigung finden.

- **Ein Ziel für Versorgungssicherheit zu setzen, ist eine zentrale, aber auch komplexe Aufgabe**. Das gewünschte Niveau für Versorgungssicherheit bestimmen letztlich die Akteure am Strommarkt: Verbraucher legen den Preis fest, für den sie bereit sind, ihre Nachfrage zu decken, und Erzeuger den Preis, für den sie ihre Stromproduktion anbieten wollen. Um die Versorgungssicherheit bewerten und gegebenenfalls erforderliche Maßnahmen bestimmen zu können, ist jedoch ein Zielniveau erforderlich, an dem die tatsächliche Versorgungssicherheit gemessen werden kann. Die deutsche Energiepolitik zielt auf ein sehr hohes Maß an Versorgungssicherheit ab, wie es bereits in den vergangenen Jahren gewährleistet werden konnte. Es ist eine Herausforderung, dieses volkswirtschaftlich optimale Niveau für Versorgungssicherheit zu ermitteln. Man muss beispielsweise bewerten, wie viele verschiedene Gruppen von Verbrauchern bereit wären, für die Stromversorgung zu zahlen, oder die Kosten für den Neubau von Erzeugungsanlagen einschätzen. Es ist Aufgabe der jeweiligen Mitgliedstaaten, das Ziel für Versorgungssicherheit zu bestimmen. Eine europaweite Harmonisierung des Zielniveaus erscheint *nicht* sinnvoll.
- **Versorgungssicherheit berücksichtigt selbstverständlich auch die Netzsituation und damit die tatsächliche Verfügbarkeit von Kapazitäten**. Dieser Trend des Impulspapiers „Strom 2030“ beschäftigt sich mit Versorgungssicherheit an den Strommärkten – das heißt mit der Frage, ob Stromangebot und -nachfrage am Markt jederzeit übereinstimmen. Die Bewertung der Versorgungssicherheit insgesamt umfasst aber viele weitere Fragen, etwa ob die Leitungen den nachgefragten Strom auch tatsächlich transportieren können. Die technischen Herausforderungen – Versorgungssicherheit an den Strommärkten und Netzsituation – werden getrennt betrachtet und gelöst: Bei der Bewertung der Versorgungssicherheit an den Strommärkten geht man von restriktionsfreien Stromnetzen innerhalb der Länder aus. Gleichzeitig begrenzen die vorhandenen Interkonnektorkapazitäten den Stromhandel zwischen den Ländern. Netzrestriktionen in den Ländern werden separat adressiert, in Deutschland momentan unter anderem mit der so genannten Netzreserve.

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 Pentalateralen Energieforums, abrufbar unter: https://www.bmwi.de

Pentalateral Energy Forum (2015): Generation Adequacy Assessment; Pentalateral Energy Forum, Support Group 2

Trend 6: Strom wird deutlich effizienter genutzt [5]

- **Die Stromeffizienz steigt deutlich**. Bis 2030 und 2050 wird Strom sowohl bei den klassischen Stromanwendungen als auch bei den durch Sektorkopplung neu hinzukommenden 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 Kühlhäuser 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 Großwärmespeichern – als auch die volkwirtschaftliche 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.

5 Die Inhalte dieses Trends wurden im Rahmen des Grünbuchs „Energieeffizienz“ und in der Plattform Energieeffizienz diskutiert.

Ergebnisse der Diskussion zu Trend 6

- **Energieeffizienz ist zentral für das Gelingen der Energiewende**. Es gilt das Prinzip „Efficiency First“: Das Prinzip beschreibt die konsequente Berücksichtigung von Einsparpotenzialen und Anforderungen der Verbraucher bei der kosteneffizienten Ausgestaltung und Dimensionierung des Energiesystems. Dabei bedeutet „Efficiency First“ *nicht* technische Energieeffizienz um jeden Preis, sondern, wo wirtschaftlich sinnvoll, unseren Energieverbrauch zunächst durch Investitionen in Effizienztechnologien zu senken und damit zur Kostenminimierung des Gesamtsystems beizutragen.

- **Man kann das Leitprinzip „Efficiency First“ unterschiedlich umsetzen**. Zu berücksichtigen ist dabei die gesamte Energiekette von der Erzeugung, der Verteilung bis hin zur Endnutzung von Energie. Anreize für einen effizienten Umgang mit Energie bestehen vor allem dort, wo es ein entsprechendes Preissignal gibt. Die Position der Akteure zur Frage, wie sich „Efficiency First“ in den verschiedenen Bereichen der Energiepolitik umsetzen lässt, stellt der Auswertungsbericht zur Konsultation des Grünbuchs „Energieeffizienz“ dar.[6]

- **Bei zunehmendem Einsatz von Strom in den Bereichen Wärme und Verkehr (Sektorkopplung) müssen die Anreize für Stromeffizienz erhalten und gestärkt werden**. Durch Sektorkopplung entstehen neue Stromverbraucher. Für die Akzeptanz der Energiewende ist es wichtig, dass die Rahmenbedingungen so ausgestaltet sind, dass dieser Stromverbrauch auf ein ökonomisch, ökologisch und sozial nachhaltiges Maß begrenzt bleibt (vgl. Trend 2).

- **Das Energiesystem muss effizienter *und* flexibler werden**. Rahmenbedingungen für Effizienz und Flexibilität sollen gemeinsam entwickelt werden. Ziel ist es, dass sie sich so ergänzen, dass die Gesamtkosten des Energiesystems minimiert werden. Flexibilität und Stromeffizienz lassen sich jedoch nicht immer gleichzeitig realisieren. Wie stark die Wechselwirkungen zwischen diesen beiden Anforderungen sind, hängt von den konkreten Anwendungen ab. Auch aus diesem Grund kann eine sinnvolle Abwägung zwischen Energieeffizienz und der Bereitstellung von Flexibilität nur der Stromabnehmer in den verschiedenen Sektoren selbst vornehmen. Durch Preisanreize und die Abschaffung von regulatorischen Hemmnissen sollen die Stromabnehmer in die Lage versetzt werden, bei verschiedenen Anwendungen systemoptimale Entscheidungen zu treffen.

Auswahl aktueller Studien

Fraunhofer ISI, Consentec et al. (2017): 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 zweiten Quartal 2017)

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

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

6 abrufbar unter http://www.bmwi.de

Abbildung 8: Rolle der Stromeffizienz für die Stromversorgung



Quelle: Eigene Darstellung

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 2). Erneuerbare Wärmetechniken wie Solarthermie-Anlagen unterstützen eine emissionsarme Wärmeproduktion.

- **Insbesondere 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 Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz 2016 macht es vor: Es fördert CO_2-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.

Ergebnisse der Diskussion zu Trend 7

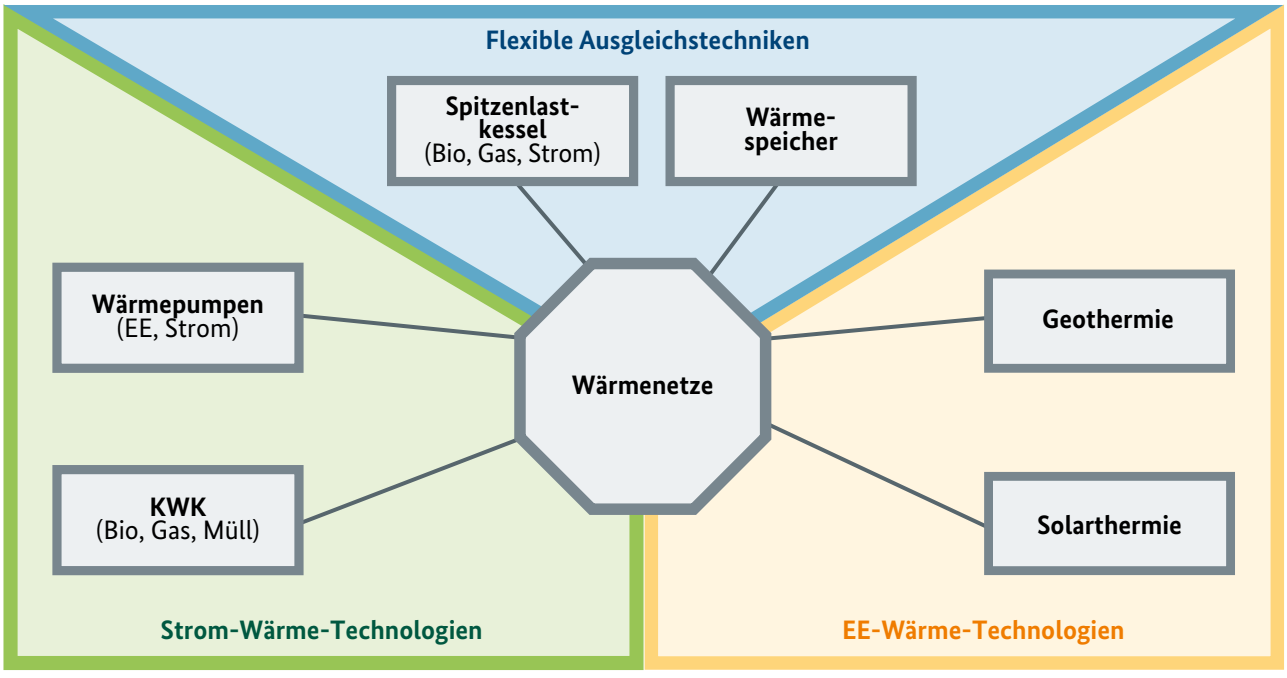
- **Wärmenetze haben eine strategische Bedeutung**. Wärmenetze haben viele Vorteile. Zum einen versorgen sie viele Gebäude zentral mit Wärme. Zum anderen können sie unterschiedliche Technologien wie KWK-Anlagen, Solarthermie, Geothermie oder Wärmepumpen einbinden und diese mit großen Wärmespeichern verbinden. Dies ermöglicht Betreibern von Wärmenetzen, flexibel auf unerwartete Entwicklungen zu reagieren. Deshalb nennt man Wärmenetze auch „change enabler".

- **Je nach Situation und Standort übernehmen entweder Wärmenetze oder dezentrale Erzeuger die Wärmeversorgung**. Die Tendenz ist jedoch klar: In dicht besiedelten Gebieten sollten überwiegend Wärmenetze die Wärmeversorgung übernehmen. Dabei verändern sie ihre Rolle: Anstatt Wärme „nur" großflächig zu verteilen, sammeln sie in Zukunft Wärme aus verschiedenen Quellen und verteilen sie an die Verbraucher – häufig mit niedrigeren Temperaturen als heute.

- **KWK-Anlagen, die mit Brennstoffen betrieben sind, können für viele Jahre noch eine wichtige Rolle im Energiesystem übernehmen, wenn sie sich modernisieren**. Dies gilt für KWK-Anlagen, die mit fossilen Brennstoffen und erneuerbaren Brennstoffen laufen. Denn in den kommenden Jahren ersetzen die KWK-Anlagen zum großen Teil ungekoppelte fossile Erzeugung und tragen damit zur Einsparung von CO_2-Emissionen bei.

- **Die Bedeutung von KWK-Anlagen, die mit Brennstoffen betrieben sind, geht aus heutiger Sicht nach ca. 2030 sukzessive zurück**. Bis 2050 brauchen wir durch erneuerbare Energien und Energieeffizienz kaum noch fossile Brennstoffe für Strom und Wärme. Für die KWK heißt das: Beim oberen Rand der Klimaziele haben KWK-Anlagen, die mit Brennstoffen betrieben sind, nur dann eine Zukunft, wenn sie erneuerbare Brennstoffe einsetzen. Aber auch erneuerbare Brennstoffe können nur begrenzt eingesetzt werden. Denn sie sind langfristig nur begrenzt verfügbar oder teuer. Sie werden langfristig daher vor allem dort gebraucht, wo andere erneuerbare Energien die Treibhausgasemissionen schwer verringern können – zum Beispiel im Luft- und Seeverkehr oder im schwer dämmbaren Gebäudebestand. Die KWK-Förderung muss daher die Konkurrenz bei der Nutzung von erneuerbaren Brennstoffen über die Sektoren hinweg berücksichtigen.

Abbildung 9: Modernes wärmenetzbasiertes Strom-Wärme-System (schematische Darstellung)



Quelle: Eigene Darstellung

- **Es zeichnet sich ab, dass sich in der Industrie und öffentlichen Versorgung in Zukunft teilweise unterschiedliche Technologien durchsetzen werden**. Viele Prozesse in der Industrie benötigen sehr hohe Temperaturen. Diese Temperaturen können nur einige Technologien bereitstellen. Deshalb spielen in der Industrie mittel- bis langfristig voraussichtlich vor allem Power-to-Heat-Anlagen neben KWK-Anlagen eine wichtige Rolle. Die Versorgung von Wohnhäusern mit Raumwärme und Warmwasser dagegen ist in vielen Fällen auch mit Wärme auf niedrigeren Temperaturen als heute möglich. Deshalb können in der öffentlichen Versorgung Solarthermie- und Geothermie-Anlagen sowie Abwärme wesentliche Anteile an der Wärmeversorgung übernehmen.
- **Um die gewünschte Entwicklung der KWK zu ermöglichen, müssen die Rahmenbedingungen der KWK neu ausgerichtet werden**. Unter anderem sollten Entscheidungen für eine wichtige Infrastruktur wie Wärmenetze frühzeitig getroffen werden. Dazu sollten schon heute lokale Potenziale von erneuerbaren Energien identifiziert werden, die in Wärmenetze einspeisen könnten. Auch sollten kommunale Wärmepläne zum Standard werden, um kommunalen Akteuren mehr Entscheidungshilfen an die Hand zu geben. Im Industriebereich sollten die Flexibilitätshemmnisse, die verhindern, dass das Strompreissignal bei den Unternehmen ankommt, abgebaut werden. Gleichzeitig sollten Unternehmen die Möglichkeit bekommen, Flexibilitätsoptionen vermehrt zu nutzen.

Auswahl aktueller Studien

Fraunhofer ISI, Consentec et al. (2017): 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 zweiten Quartal 2017)

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

Öko-Institut (2015): Methodenpapier zur Bewertung von KWK-Anlagen in mittelfristiger Perspektive bis 2030; Öko-Institut im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

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 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

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

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 der Abscheidung und Speicherung von CO_2 (CCS) und der Abscheidung und Verwendung von CO_2 (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.

Ergebnisse der Diskussion zu Trend 8

- **Bioenergie deckt derzeit rund ein Zehntel des deutschen Primärenergieverbrauchs. Aus heutiger Sicht kann sie ihren Anteil bei gleichzeitigem Rückgang des Primärenergieverbrauchs perspektivisch auf bis zu ein Viertel erhöhen**. Dafür sind eine optimierte energetische Nutzung von Rest- und Abfallstoffen, eine Erhöhung der Flächenerträge von Anbaubiomasse und in einem gewissen Umfang eine Ausweitung von nachhaltigen Importen erforderlich. Einzelne Studien verzichten auf den energetischen Einsatz von Energiepflanzen und den Import von Bioenergie. Dies verringert das energetische Potenzial an Biomasse auf das Potenzial für Rest- und Abfallstoffe. Die meisten Studien nehmen jedoch einen moderaten Anteil von Energiepflanzen und Importen von Bioenergie an.

- **Das verfügbare, nachhaltige Biomassepotenzial für die energetische Nutzung in Deutschland ist begrenzt**. Dieses Potenzial setzt sich zusammen aus 1) den in Deutschland anfallenden **Rest- und Abfallstoffen**, 2) dem **inländischen Anbau von Energiepflanzen** sowie 3) dem I**mport von Bioenergieträgern** wie zum Beispiel Biokraftstoffen:

  1. **Rest- und Abfallstoffe stellen einen großen Anteil des energetischen Potenzials an Biomasse**. Dieses Potenzial kann vergleichsweise gut bestimmt werden. Es liegt den meisten Studien zufolge in Deutschland bei 700 bis 1000 Petajoule pro Jahr. Etwa zwei Drittel hiervon werden bereits stofflich oder energetisch genutzt.

  2. **Der inländische Anbau von Energiepflanzen kann nur begrenzt ausgeweitet werden**. Aufgrund der Konkurrenz zur Produktion von Nahrungsmitteln und zur stofflichen Nutzung sollte die landwirtschaftliche Fläche für den Anbau von Energiepflanzen nicht mehr wesentlich anwachsen. Heute werden etwa 2,2 Mio. ha landwirtschaftliche Fläche für den Anbau von Energiepflanzen in Deutschland genutzt. Das sind mehr als 20 Prozent der gesamten Ackerfläche. Für den Anbau von Energiepflanzen als Teil der Landnutzung sind Nachhaltigkeitsanforderungen einzuhalten. So trägt Biomasse tatsächlich zum Klimaschutz bei. Zudem sollten langfristig vorrangig Kulturen mit hohen Erträgen an Biomasse, beispielsweise schnellwachsende Hölzer, angebaut werden.

  3. **Importe von Bioenergieträgern sollten nur in begrenztem Umfang und unter nachvollziehbaren, transparenten Bedingungen ansteigen**. Den größten Anteil der importierten Bioenergieträger stellen Biokraftstoffe oder deren Ausgangsstoffe wie Pflanzenöl und Bioalkohol dar. Dabei erfüllen Importe von Bioenergie insbesondere aus der Europäischen Union transparente Nachhaltigkeitsanforderungen. Demgegenüber ist weiterhin umstritten, ob Importe aus einigen anderen Ländern tatsächlich nachhaltig sind. Es liegt an den dortigen Bedingungen für den Anbau. Auch können direkte und indirekte Änderungen bei der Landnutzung die Nachhaltigkeit beeinträchtigen. So ist zum Beispiel die Rodung von Regenwäldern für den Anbau von Palmöl besonders kritisch zu bewerten.

- **Die Produktion von Nahrungsmitteln und die stoffliche Nutzung haben Vorrang vor der energetischen Nutzung**. Eine energetische Verwertung von Biomasse sollte deshalb idealerweise am Ende einer Kaskade der stofflichen Nutzung stehen, beispielsweise *nach* Verwendung in der Spanplatte oder als Baumaterial.

- **Je höher die Kosten für die Vermeidung von Treibhausgasen, desto wertvoller wird Biomasse**. Die weltweite Nachfrage nach Bioenergie wird daher langfristig stark zunehmen. Sie kann das verfügbare nachhaltige Potenzial an Biomasse vielfach übersteigen. Um die Kosten der Energiewende so gering wie möglich zu halten, ist deshalb eine effiziente Allokation auf die verschiedenen Sektoren entscheidend. Zentral ist dabei, die Gesamtkosten des Energiesystems gering zu halten. Daneben wird aber auch die Meinung vertreten, dass für Bioenergie auch die volkswirtschaftlichen Kosten der Erhaltung der ländlichen Räume berücksichtigt werden sollten.

- **Um die Kosten des Energiesystems gering zu halten, sollte das begrenzte Potenzial an Biomasse dort eingesetzt werden, wo man es nicht oder nur mit sehr hohen Kosten ersetzen kann**. Nach dieser Methodik haben Studien auf dem gegenwärtigen Kenntnisstand analysiert, wie Biomasse in den einzelnen Sektoren optimal eingesetzt wird:

  - **Im Verkehr sollte Biomasse langfristig im Luft-, See- und Schwerlastverkehr verwendet werden**. Dort gibt es absehbar keine kostengünstigen Alternativen zu

Biokraftstoffen. Andere erneuerbare Kraftstoffe wie Power-to-X benötigen vergleichsweise viel erneuerbaren Strom. Sie sind zudem aus heutiger Sicht deutlich teurer. Bei sehr hohen Kosten für die Vermeidung von CO_2-Emissionen wird es aber möglicherweise notwendig sein, andere Technologien wie zum Beispiel Power-to-X zu nutzen. Biokraftstoffe der ersten Generation können übergangsweise zum Klimaschutz im Verkehr beitragen. In Zukunft sollten aber vor allem Biokraftstoffe der zweiten und dritten Generation entwickelt und gefördert werden. Diese Biokraftstoffe erschließen eine breite Biomassebasis und weisen eine hohe Flächeneffizienz auf.

- **In der Industrie sollte Biomasse langfristig verstärkt die CO_2-Emissionen von Prozessen von über 100 bis 500 °C verringern**. Solche Prozesse gibt es zum Beispiel in der Chemie-, Zellstoff- oder Nahrungsmittelindustrie. Wie im Verkehrssektor gibt es auch dort derzeit keine kostengünstigen erneuerbaren Alternativen. Prozesswärme und Prozessdampf sollten dann möglichst mittels Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt werden. So kann man eine hohe Ausnutzung von Brennstoffen erreichen. Die stoffliche Verwendung von Biomasse, beispielsweise in der Bauwirtschaft oder in der Chemie, sollte Priorität haben. Denn auch hier lassen sich große Mengen an CO_2-Emissionen verringern. Zudem kann am Ende der stofflichen Nutzung immer noch eine energetische Nutzung erfolgen.

- **Im Gebäudesektor sollte Biomasse vor allem in schwer zu sanierenden Gebäuden genutzt werden**. Aus gesamtsystemischer Sicht lässt sich Biomasse im Gebäudesektor häufig kosteneffizienter durch andere erneuerbare Energien substituieren als in anderen Bereichen. Hierfür sind hocheffiziente Gebäude und Wärme aus erneuerbaren Energien erforderlich. Für die netzgebundene Wärmeversorgung von Gebäuden kann Biomasse die Transformation der bestehenden Wärmenetze erleichtern. Hierfür sollte man idealerweise hocheffiziente und innovative KWK-Anlagen nutzen. Innovativ sind KWK-Anlagen zum Beispiel in Verbindung mit anderen erneuerbaren Energien und Wärmespeichern, wenn diese einen besonders hohen

Abbildung 10: 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)



Quelle: Eigene Darstellung

Grad an Brennstoffausnutzung erreichen und zusätzlich Flexibilität für den Strommarkt bereitstellen.

- **Im Stromsektor sollte Biomasse ausschließlich Flexibilität mit geringen Volllaststunden und zusätzlicher Wärmeauskopplung bereitstellen**. Strom aus Windenergie und Photovoltaik ist kostengünstiger als Strom aus Biomasse. Biomasse-Kraftwerke können dafür Strom flexibel erzeugen. Jedoch können andere Technologien wie etwa Pumpspeicher und flexible Verbraucher Flexibilität kostengünstiger anbieten. Es ist deshalb noch unklar, in welchem Umfang Biomasse-Kraftwerke künftig Flexibilität im Wettbewerb der Flexibilitätsoptionen bereitstellen werden. Perspektivisch könnten aber Biomasse-Kraftwerke verstärkt saisonale Flexibilität bereitstellen.

- **Die Energiewende ist ein dynamischer Prozess, technischer Fortschritt ihr ständiger Begleiter**. Da Biomasse stofflich und energetisch grundsätzlich universell einsetzbar ist, hat sie eine strategische Bedeutung für die Energiewende. Neue Politikmaßnahmen sollten deswegen die aktuell identifizierten Biomassetrends berücksichtigen. Es besteht dennoch weiterer Forschungsbedarf, um Pfadabhängigkeiten der zukünftigen Biomassenutzung zu identifizieren.

Auswahl aktueller Studien

Fraunhofer ISI, Consentec et al. (2017): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutsch land; 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 zweiten Quartal 2017)

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

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

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.

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.

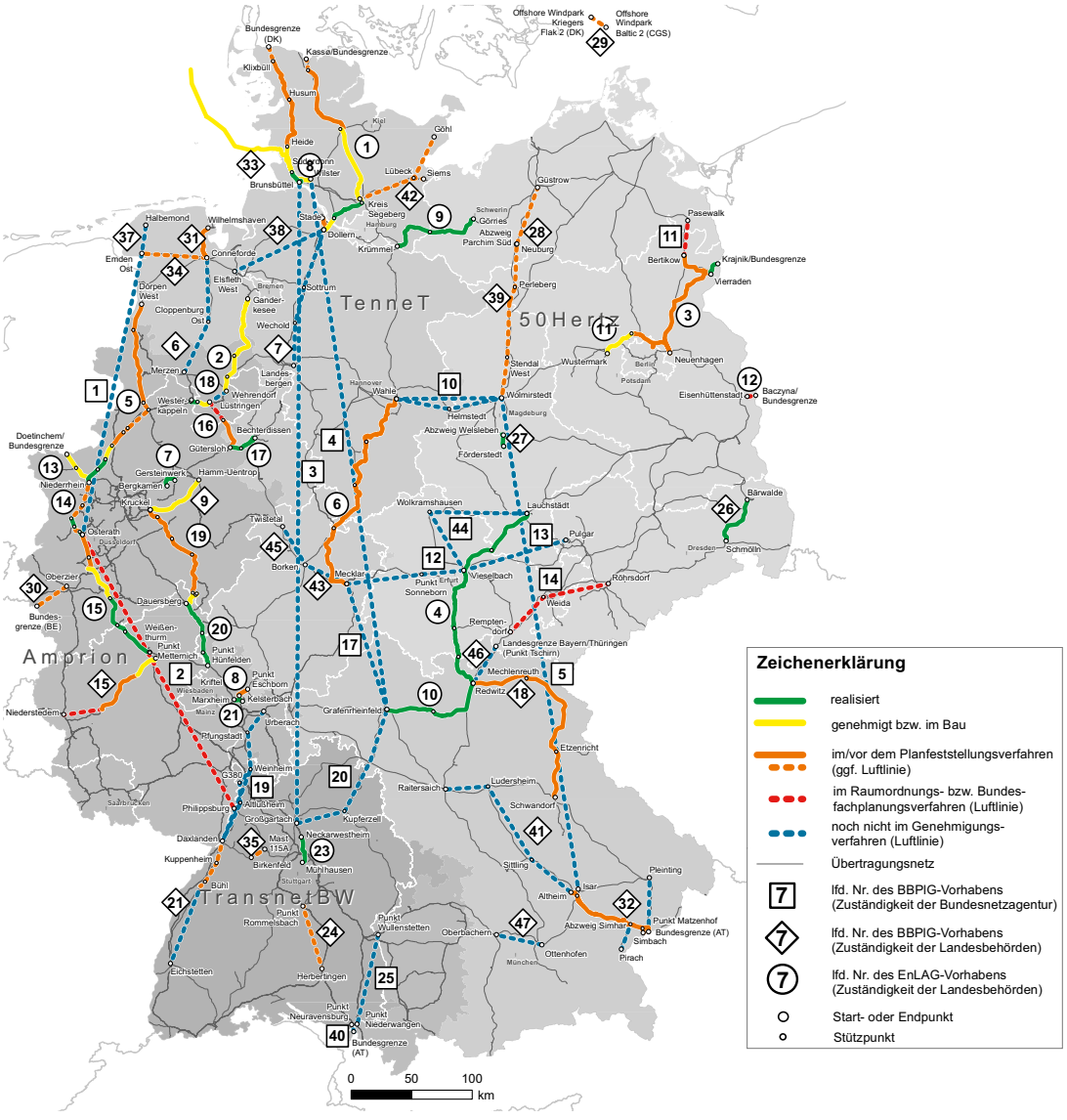
- **Weitere über die bereits beschlossenen Projekte hinausgehende Netzausbauvorhaben bis 2030 im Netzentwicklungsplan (NEP) identifizieren und mit den Bürgerinnen und Bürgern diskutieren**. Über die beschlossenen Vorhaben hinaus wird eine kosteneffiziente Verwirklichung der Energiewende voraussichtlich 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 zum Beispiel in der Niederspannungsebene, wo auch innovative Betriebsmittel wie regelbare Ortsnetztransformatoren helfen können, Probleme zu lösen.

Ergebnisse der Diskussion zu Trend 9

- **Der gesetzlich beschlossene Netzausbau findet ungeachtet lokaler Proteste insgesamt breite Unterstützung**. Gut ausgebaute Netze synchronisieren Erzeugung und Verbrauch und beseitigen Engpässe für den Stromtransport. Andere Technologien werden langfristig als wichtige Unterstützung beim Ausgleich von Angebot und Nachfrage hinzukommen. Neue Speichertechnologien, die in der Lage wären, Strom für mehrere Tage zu speichern, sind sehr teuer und erst bei einem noch wesentlich höheren Anteil erneuerbarer Energien sinnvoll. Insofern können Speicher auch kein Ersatz für den beschlossenen Netzausbau sein. Stromnetze und Speicher nehmen im Energiesystem unterschiedliche Funktionen wahr. Speicher bieten ebenfalls technische Möglichkeiten zur Flexibilisierung des Stromsystems, sie müssen sich aber wie alle anderen Flexibilitätsoptionen im Wettbewerb behaupten. Nur einige wenige Akteure sehen den geplanten Netzausbau kritisch: Aus ihrer Sicht sind die Netzengpässe nicht durch die hohe Einspeisung erneuerbarer Energien bedingt, sondern Folge der gleichzeitigen Einspeisung konventioneller Erzeuger.

Abbildung 11: Stand des Ausbaus von Leitungsvorhaben nach dem Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) und dem Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG) zum vierten Quartal 2016



Quelle: Bundesnetzagentur

Quellennachweis: © GeoBasis-E/BKG 2016; Stand: 31.12.2016

- **Alle beteiligten Akteure müssen an einem Strang ziehen, um die beschlossenen Netzausbauvorhaben termingerecht zu realisieren**. Ein zügiger Netzausbau ermöglicht die weiterhin kostengünstige und sichere Versorgung mit Strom und ist deswegen sowohl für die Wirtschaft als auch für die Bürgerinnen und Bürger von zentraler Bedeutung. Bund, Länder, Kommunen und Politik müssen den Netzausbau proaktiv unterstützen. Vorhabenträger und Genehmigungsbehörden sollten mit angemessener personeller Ausstattung für Transparenz bei den Planungs- und Genehmigungsverfahren sorgen und einen frühen Dialog mit den Bürgerinnen und Bürgern suchen. Auch ein angemessener, möglichst bundeseinheitlicher Entschädigungsrahmen unterstützt den zügigen Ausbau der beschlossenen Vorhaben. Zudem sollten weitere akzeptanzsteigernde Maßnahmen geprüft werden.

- **Genehmigungsbehörden und Vorhabenträger sollten Möglichkeiten zur Vereinfachung und Beschleunigung der Planungs- und Genehmigungsverfahren stärker nutzen**. Es ist notwendig, sich in den Planungs- und Genehmigungsverfahren auf die im jeweiligen Verfahren erforderlichen Prüfschritte zu konzentrieren und die Verfahren stringent durchzuführen. So können beispielsweise Doppelprüfungen vermieden werden. Auch sollten schon heute gesetzlich zulässige Vereinfachungselemente stärker genutzt werden. Ein professionelles Verfahrensmanagement ist aber nur bei ausreichender sachlicher und personeller Ausstattung der Genehmigungsbehörden möglich.

- **Der weitere Netzausbaubedarf über die bereits gesetzlich beschlossenen Vorhaben hinaus sollte geklärt werden**. Ein Voranschreiten der Energiewende dürfte einen weiteren Ausbau der Stromnetze nach sich ziehen. Der weitere Netzausbaubedarf wird im Rahmen des Netzentwicklungsplans (NEP) identifiziert und mit den Bürgerinnen und Bürgern diskutiert. Dabei wird die Entwicklung des Energiesystems in unterschiedlichen Szenarien berücksichtigt.

- **Eine Begrenzung des zukünftigen Netzausbaubedarfs erfordert eine stärkere Berücksichtigung von Alternativen in der energiepolitischen Diskussion und der Netzplanung**. Prämisse bleibt, den zukünftigen Netzausbau entsprechend dem NOVA-Prinzip (NetzOptimierung vor Verstärkung vor Ausbau) zu beschränken. Durch die Optimierung und Verstärkung des Netzes wird eine effiziente Nutzung der Netzkapazitäten auf allen Ebenen sichergestellt. In jedem Fall sollten Maßnahmen, die einen zusätzlichen Netzausbau vermeiden, stärker als bisher diskutiert und gegebenenfalls in der Netzplanung berücksichtigt werden. Dies betrifft sowohl netztechnische Alternativen (wie z. B. Gleichstromübertragung oder Netzbetriebsführung) als auch Maßnahmen zur Begrenzung des überregionalen Stromtransports wie beispielsweise eine Weiterentwicklung des Engpassmanagements.

- **Die Energiewende erfordert nicht zuletzt auch einen Ausbau der Verteilernetze**. Intelligente Betriebsmittel sowie Maßnahmen für eine optimierte Betriebsführung der Netze können den Ausbaubedarf der Verteilernetze (< 220 kV) verringern. Innovative Netztechnologien sorgen für die bestmögliche Auslastung der Netzinfrastruktur auf Verteilernetzebene. Ein wesentlicher Schritt zur Verbesserung der Investitionsbedingungen für Verteilernetzbetreiber wurde durch die zuletzt erfolgte Novellierung der Anreizregulierung erzielt.

Auswahl aktueller Studien

Fraunhofer ISI, Consentec et al. (2017): 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 zweiten Quartal 2017)

ENTSO-E (2016): Ten-Year Network Development Plan 2016

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

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

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. Regelenergie 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.

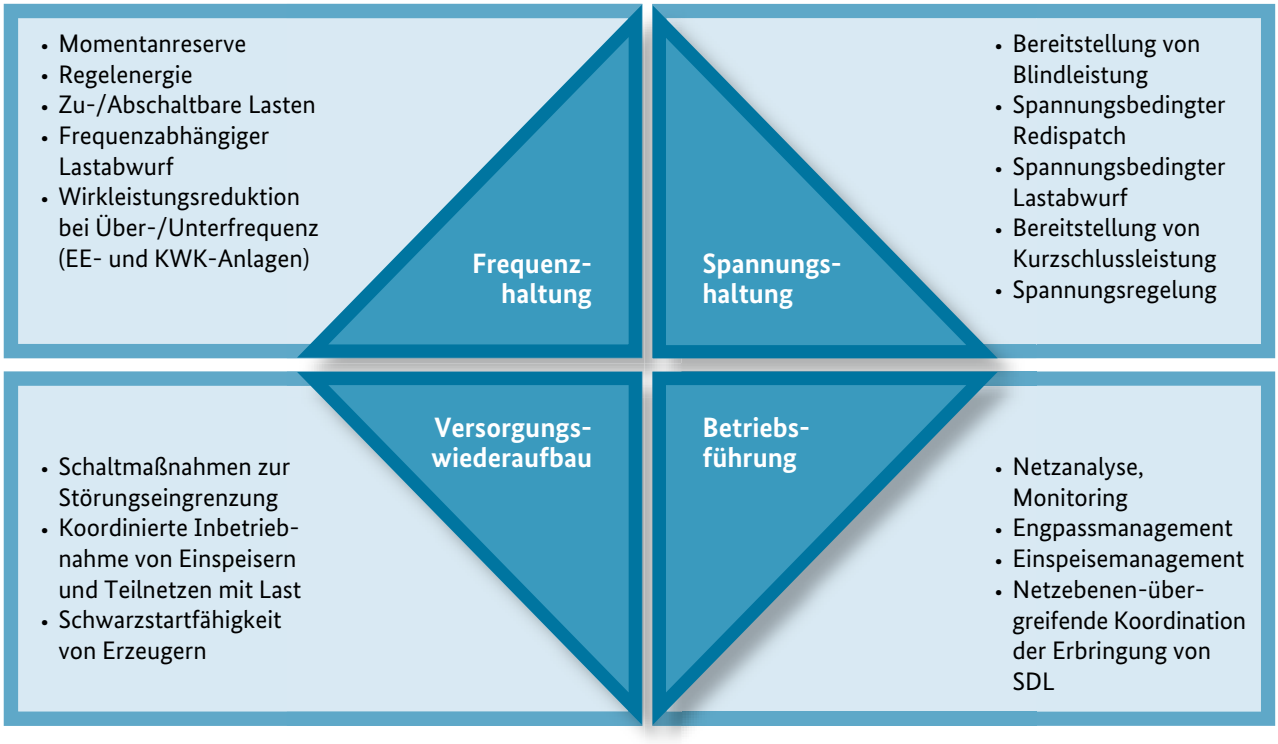
Ergebnisse der Diskussion zu Trend 10

- **Systemdienstleistungen werden zukünftig mit Blick auf das gesamte Stromsystem technisch und wirtschaftlich effizient erbracht.** Zur Entwicklung effizienter Lösungen beim Betrieb der Stromnetze ist zunehmend eine intensive Koordination und Kooperation zwischen Übertragungsnetzbetreibern, Verteilernetzbetreibern und Marktakteuren erforderlich. Auf welcher Netzebene welche Systemdienstleistung zu erbringen ist, sollten die Netzbetreiber auf Basis gemeinsamer Kosten-Nutzen-Analysen, wie auch in den Europäischen Netzkodizes vorgesehen, entscheiden.

- **Die Verantwortungsbereiche der Netzbetreiber und der Marktakteure sind klar definiert**. Bis 2030 nimmt die Anzahl dezentraler Verbraucher und Erzeuger, deren Verhalten über die Netzebenen hinweg koordiniert werden muss, stetig zu. Zwischen den Übertragungs- und Verteilernetzbetreibern und den Marktakteuren werden deshalb geeignete Schnittstellen definiert, damit diese effizient kommunizieren und Daten austauschen können. Auch sind die Verantwortlichkeiten klar und einvernehmlich zu regeln. Die erforderlichen Prozesse und das Energieinformationsnetz zwischen Netzbetreibern und angeschlossenen Anlagen werden entsprechend weiterentwickelt. Die Erfassung, Verarbeitung und Weitergabe von Daten sollte möglichst effizient erfolgen. Dabei sind die Anforderungen des Datenschutzes und der Datensicherheit zu beachten.

- **Die Bedeutung dezentraler Erzeugungsanlagen und Flexibilitäten nimmt zu**. Es ist daher erforderlich, dass dezentrale Akteure – Erneuerbare-Energien-Anlagen, KWK-Anlagen, Speicher und Lasten – zunehmend Systemverantwortung übernehmen, Systemdienstleistungen erbringen und zur Stabilisierung und Entlastung der Stromnetze beitragen. Damit diese dezentralen Anlagen effizient genutzt und regionale kritische Netzsituationen beherrscht werden, ist unter anderem eine intelligente Vor-Ort-Steuerung notwendig. Intelligente Steuerungskonzepte müssen daher weiterentwickelt werden.

Abbildung 12: Systemdienstleistungen für einen stabilen Stromnetzbetrieb im Jahr 2030



Quelle: In Anlehnung an dena (2014a)

- **Anforderungen an die technischen Eigenschaften der Anlagen werden kontinuierlich weiterentwickelt.** Das Energiewirtschaftsgesetz sieht vor, dass die Branche die technischen Regelwerke erarbeitet. Dies hat sich bewährt und sollte beibehalten werden. Die europäischen Netzkodizes werden in Deutschland so ausgefüllt, dass ein stabiler Systembetrieb stets gewährleistet ist und die Umsetzung möglichst kosteneffizient erfolgt. Hierfür sollen volkswirtschaftliche Kriterien genutzt und die Eigenschaften der jeweiligen Anlagen berücksichtigt werden. Zudem sollten lokale Besonderheiten der Netzgebiete (unter anderem Kraftwerks- und Verbrauchsstruktur oder netztopologische Unterschiede) bei der Ausgestaltung der Anforderungen berücksichtigt werden. Auch sollten alle Alternativen mit ihren Vor- und Nachteilen sowie technischen und wirtschaftlichen Eigenschaften geprüft werden. Dabei wird auch festgelegt, in welchem Maß Systemdienstleistungen über verpflichtende Netzanschlussrichtlinien beschafft und welche Beiträge freiwillig erbracht werden – und ob innerhalb der technischen Mindestanforderungen eine Vergütung von Systemdienstleistungen notwendig ist. Technische Vorgaben und Prüfverfahren zum Nachweis technischer Eigenschaften der Anlagen sowie Ausschreibungs- und Präqualifikationsbedingungen werden kontinuierlich weiterentwickelt.

- **Für freiwillige Beiträge zur Systemstabilität werden die Anlagen angemessen vergütet**. Die Beschaffung solcher Systemdienstleistungen durch die Netzbetreiber sollte möglichst wettbewerbsorientiert und marktlich erfolgen. Teilweise wird vorgeschlagen, Systemdienstleistungen über regionale Plattformen zu beschaffen.

- **Auch in einem auf erneuerbaren Energien basierten Stromsystem werden Großstörungen sicher beherrscht**. Der Marktanteil der konventionellen Erzeugung in Deutschland sinkt kontinuierlich. Dadurch stehen nach 2030 in einigen Regionen Deutschlands nur noch wenige konventionelle Kraftwerke für die Sicherstellung der Systemstabilität zur Verfügung. In diesem Zusammenhang werden zur Beherrschung von Großstörungen (zum Beispiel „System-Splits“) gesamteuropäische Konzepte weiterentwickelt. Hierzu gehört mittelfristig insbesondere die Verfügbarkeit ausreichender Momentanreserve. Die Momentanreserve gleicht sehr kurzfristige Schwankungen im Netz aus. Sie wird bisher durch die in konventionellen Kraftwerken und manchen Verbrauchern verfügbaren rotierenden Massen bereitgestellt. Perspektivisch werden hierzu Alternativen entwickelt.

- **Die Konzepte zur Betriebsführung in kritischen Netzsituationen und zum Netzwiederaufbau werden weiterentwickelt**. Die zunehmend dezentrale Erzeugung und der europäische Strombinnenmarkt erfordern eine stärkere Koordination zwischen Verteilernetz- und Übertragungsnetzbetreibern. Eine Basis hierfür ist der europäische Netzkodex über den gestörten Netzbetrieb und den Netzwiederaufbau. Die etablierten Systemanalysen nach der Netzreserve-Verordnung sind auch zukünftig zwingend erforderlich. Sie sind ein Instrument für eine vorausschauende Betriebsplanung und für eine rechtzeitige Beschaffung von Reserven auch in Abhängigkeit des Netzausbaufortschritts.

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.

Aufgabe: Netzentgeltregulierung weiterentwickeln

- **Eine faire Verteilung der Netzkosten auf die Netznutzer gewährleisten und für Transparenz bei der Kostentragung sorgen**. Die Netzentgeltsystematik legt fest, wie die Kosten der Stromnetze auf deren Nutzer – Privathaushalte, Gewerbe- und Industriekunden, Kraftwerke und Speicher – verteilt werden. 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.

- **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.

Ergebnisse der Diskussion zu Trend 11

- **Die Energiewende verändert die Rahmenbedingungen für die Finanzierung der Stromnetze**. Der regulatorische Rahmen für die Netzfinanzierung ist historisch gewachsen. In ihren Grundprinzipien stammt die heutige Netzentgeltsystematik aus einer Zeit, in der große Kraftwerke den Strom auf den oberen Spannungsebenen eingespeist haben und dieser in die unteren Netzebenen zu den Verbrauchern transportiert wurde. Durch den Umbau der Stromversorgung im Rahmen der Energiewende ändern sich diese Rahmenbedingungen schrittweise: Der Anteil der Stromerzeugung aus fluktuierenden erneuerbaren Energien nimmt stetig zu und der Anteil der dezentralen Einspeisung in die Verteilernetze steigt. So ändert sich auch die Flussrichtung des Stroms in den Netzen schrittweise. Es ist daher sinnvoll, die Zahlungen für vermiedene Netzentgelte schrittweise auslaufen zu lassen.

- **Der regulatorische Rahmen der Netzfinanzierung hat zwei zentrale Ziele: ein netz- und marktdienliches Verhalten der Netznutzer zu unterstützen und die Kosten der Stromnetze fair und transparent zu verteilen**. Viele Beiträge aus der Konsultation teilen die in diesem Trend hervorgehobenen Aufgabenfelder bei der Weiterentwicklung der Netzentgeltregulierung. Erstens wird die Bedeutung der Netzentgeltsystematik für netz- und marktdienliches Verhalten in einem kosteneffizienten Energiesystem hervorgehoben, auch im Hinblick auf den Einsatz von Strom in den Sektoren Wärme und Verkehr (vgl. Trends 1 und 2). Als zweites zentrales Handlungsfeld wird die faire Verteilung der Kosten des Stromnetzes auf die Nutzer des Netzes genannt – wenngleich sehr unterschiedliche Vorstellungen bestehen, wie eine faire Verteilung konkret aussieht. Dies erklärt sich insbesondere aus den Verteilungseffekten, die jede Änderung des regulatorischen Rahmens mit sich bringt. Überlegungen zur Fortentwicklung der Netzentgeltsystematik fügen sich ein in die Debatte über ein Zielmodell für Abgaben, Umlagen und Entgelte, durch das die Kosten des Energiesystems insgesamt minimiert werden (vgl. Trends 1 und 2). Für die Entgeltsystematik ist es wichtig, vorab zu definieren, welche Kosten als Netzkosten über die Netznutzer zu verteilen sind.

Netzkosten fair und systemdienlich unter den Netznutzern verteilen

- **Die im Entwurf des Gesetzes zur Modernisierung der Netzentgeltstruktur vorgesehene Abschmelzung der vermiedenen Netzentgelte reduziert die regionale Spreizung der Netzentgelte**. Die Bundesregierung hat im Januar 2017 den Entwurf eines Gesetzes zur Modernisierung der Netzentgeltstruktur auf den Weg gebracht, der auf eine Stärkung der Kosten- und Verteilungsgerechtigkeit der Netzentgelte zielt. Die vorgesehene Abschmelzung der vermiedenen Netzentgelte mindert die regionale Spreizung der Netzentgelte.

- **Im Stromnetz entstehen Kosten durch den Transport von Strom sowie den Ausbau und die Vorhaltung der hierfür notwendigen Infrastruktur**. Über die Netzentgelte werden die Kosten für Ausbau und Vorhaltung der Netzinfrastruktur sowie für einen zuverlässigen und sicheren Netzbetrieb bezahlt. Das Stromnetz ermöglicht erstens den Bezug von Strom und erfüllt zweitens die Funktion des Vorhaltens von Kapazitäten für den Stromtransport.

- **Das BMWi schlägt vor, in Pilotausschreibungen des EEG zu erproben, inwieweit die Berücksichtigung von Netzkosten durch den Anschluss von Erzeugungsanlagen zu einem effizienten Zusammenspiel von Netzausbau und EE-Ausbau beitragen kann**. Das Netz wird derzeit so ausgebaut, dass die kostengünstigsten Wind- und Sonnenstandorte genutzt werden. Auch unter Berücksichtigung der Kosten für den Netzausbau werden so die langfristigen Kosten der Stromversorgung minimiert. Durch den Anschluss neuer Erzeugungsanlagen entstehen aber regional konzentriert Kosten für Netzausbau und -betrieb. Über die Berücksichtigung von Netzkosten durch den Anschluss von Erzeugungsanlagen können grundsätzlich Anreize für die Standortwahl oder Auslegung von Erzeugungsanlagen gesetzt werden. Es ist aber sicherzustellen, dass dies zu einer insgesamt effizienten Koordination von Netzausbau und EE-Ausbau beiträgt – insbesondere im Hinblick auf andere Regelungsinstrumente wie das EEG-Ausschreibungsdesign oder Flächenausweisungen. Das BMWi hat vorgeschlagen, im Pilotvorhaben zu gemeinsamen Ausschreibungen für Solaranlagen und Wind an Land im EEG die Berücksichtigung von Kosten des Ausbaus der Verteilernetze durch den Anschluss neuer EE-Anlagen zu erproben (Verteilernetzkomponente).

Bedeutung der Kosteneffizienz des gesamten Energiesystems und zunehmender Sektorkopplung

- **Netzentgelte bilden alle Kosten ab, die dem Übertragungs- bzw. Verteilernetzbetreiber für Betrieb, Unterhaltung sowie Ausbau der Netze entstehen**. Im Netz

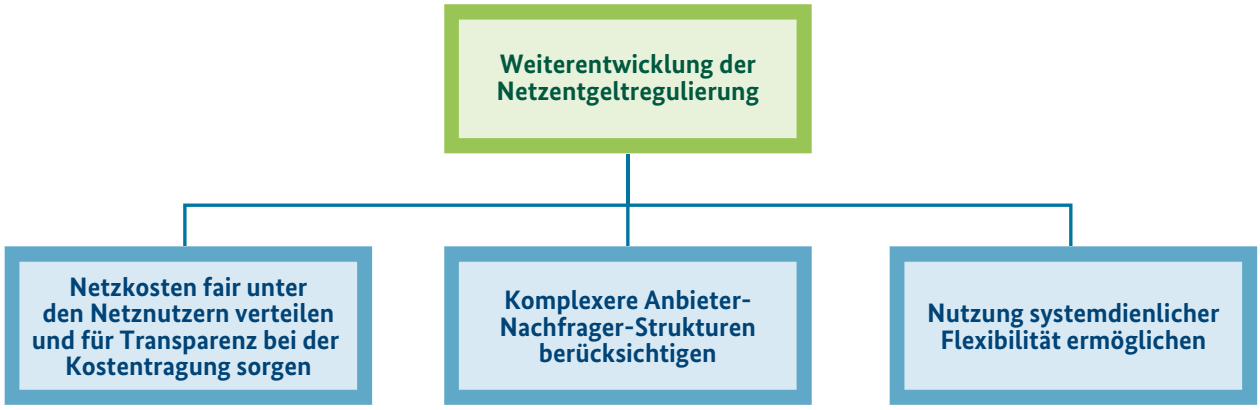
entstehen Kosten zum einen kurzfristig durch den Strombezug (z. B. Kosten zur Deckung der Leitungsverluste oder Kosten zum Ausgleich von Netzengpässen). Zum anderen müssen die langfristigen Kosten, etwa durch Investitionen in Netzausbau, refinanziert werden. Infolgedessen wird der Strombezug durch die Netzentgelte auch mit Kosten belastet, die über die kurzfristig entstehenden Kosten bei einem bereits vorhandenen und „freien" Netz hinausgehen.

- **Die Preissignale aus den Netzentgelten überlagern die Preissignale des Strommarkts**. Um die fluktuierende Einspeisung von Wind- und Sonnenstrom auszugleichen, müssen Netznutzer Verbrauch und Erzeugung künftig zunehmend flexibel anpassen können. Netzentgelte wirken für Verbraucher derzeit zusammen mit anderen Preissignalen des Strommarkts und beeinflussen die Anreize für die Bereitstellung von Flexibilität und auch für den Einsatz von Strom in anderen Sektoren mit. Beispielsweise kann der Einsatz von Strom im Wärmesektor selbst in Situationen mit negativen Marktpreisen aufgrund hoher Arbeitsentgelte für die Netznutzung und hoher Umlagen und Abgaben, die sich auf den Stromverbrauch beziehen, unwirtschaftlich sein. Auch kann zum Beispiel eine Erhöhung des Strombezugs im Fall von Industrieverbrauchern eine Steigerung des Leistungsentgelts zur Folge haben, auch wenn sich dadurch die für die Netzauslegung relevante Jahreshöchstlast nicht erhöht.
- **Wechselwirkungen zwischen der Finanzierung der Netze, der Effizienz des Strommarkts und der Sektorkopplung werden überprüft**. Das BMWi wird mit Unterstützung von Gutachtern prüfen, ob Netzkosten so refinanziert werden können, dass marktgetriebene Nutzung von Flexibilität und von Strom in anderen Sektoren angemessen ermöglicht wird. So wird in Diskussionsbeiträgen mitunter vorgeschlagen, die fixen Bestandteile der Netzentgelte zu stärken und die Entgelte stärker an die tatsächliche Kostenstruktur im Netz anzunähern. Dabei ist es unabdingbar, dass keine Anreize zu einem ineffizienten Ausbau der Netze gesetzt werden und der sichere und stabile Netzbetrieb gewährleistet bleibt. Im Zusammenspiel mit dem Strompreis und staatlich veranlassten Preisbestandteilen sollte darüber hinaus eine ineffiziente Nutzung von Strom vermieden werden (vgl. Trends 1 und 2).

Anreize zur Einbindung flexibler Erzeuger, Speicher und Verbraucher

- **Flexibilität kann im Stromsystem für verschiedene Zwecke eingesetzt werden**. Mit wachsenden Anteilen fluktuierender Stromerzeugung aus Wind und Sonne wird die Flexibilität von Erzeugern und Verbrauchern im Stromsystem immer wichtiger. Flexibilität kann dabei zum einen „marktdienlich" sein. Das heißt, dass beispielsweise Verbraucher dann zusätzlichen Strom nachfragen,

Abbildung 13: Anforderungen an die Weiterentwicklung der Netzentgeltregulierung



Quelle: Eigene Darstellung

wenn deutschlandweit ein großes Stromangebot zu niedrigen Börsenpreisen führt. Flexibilität kann zum anderen auch „netzdienlich“ sein. Das bedeutet, dass Erzeuger, Verbraucher oder Speicher durch ihr Verhalten dazu beitragen, temporäre Belastungen in den Übertragungs- oder Verteilernetzen zu vermeiden.

- **Der Ausgleich von Angebot und Nachfrage am Strommarkt und die Stabilisierung der Netze durch flexible Verbraucher und Erzeuger beeinflussen sich gegenseitig**. Der Börsenpreis für Strom spiegelt das Verhältnis von Stromerzeugung und -verbrauch aller Akteure im deutschen Strommarkt wider. So sinken beispielsweise die Preise, wenn viel Wind- und Sonnenstrom vorhanden ist. Fragt ein Verbraucher infolgedessen mehr Strom nach, kann dies unter Umständen Auswirkungen auf die Stabilität in den Stromnetzen vor Ort haben. Umgekehrt ist es wichtig, dass beim „netzdienlichen“ Einsatz flexibler Erzeuger und Verbraucher deren bilanzielle Abrechnung im Einklang mit dem Strommarkt erfolgt.

- **Netzentgelte können Anreize zu netzdienlichem Verhalten setzen**. Netzentgelte können flexibles Verhalten der Netznutzer belohnen. So ist es bereits heute möglich, steuerbaren Verbrauchern in der Niederspannung reduzierte Entgelte zu gewähren (§14a Energiewirtschaftsgesetz). Das BMWi untersucht, wie dieser Mechanismus weiterentwickelt werden kann, insbesondere im Hinblick auf neue Herausforderungen durch etwa gleichzeitig ladende Elektroautos (vgl. Trend 12).

Auswahl aktueller Studien

Fraunhofer ISI et al. (2017): Zukunftswerkstatt Erneuerbare Energien – Szenarien für die Entwicklung der Eigenversorgung mit Strom; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Consentec GmbH, Beiten Burkhardt Rechtsanwaltsgesellschaft mbH, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden Württemberg im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

Expertenkommission Energiewende-Monitoring (2016): Stellungnahme zum fünften Monitoring-Bericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2015; Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“

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

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.

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.

- **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.

Ergebnisse der Diskussion zu Trend 12

- **Das Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende setzt das Startsignal für Smart Grid, Smart Meter und Smart Home in Deutschland**. Stromverbraucher und schon heute über 1,5 Mio. Stromerzeuger werden über intelligente Messsysteme in einem „Smart Grid" kommunikativ vernetzt. Deutschland kann hiermit zum Vorreiter in den Bereichen Smart Grid, Smart Meter und Smart Home werden.

- **Mit diesem Infrastrukturprojekt können Investitionen von über 10 Mrd. Euro ausgelöst werden**. Das Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende gibt für die Kommunikation im intelligenten Netz einen verbindlichen Standard vor, der Datenschutz und Datensicherheit über den Einsatz der Technik verwirklicht („Privacy & IT-Security by Design"-Ansatz). Dieses Konzept kann zu einem Markenzeichen „Made in Germany" werden, schließlich eignet es sich als Modell für alle Bereiche der Digitalisierung von Smart Home bis zu Industrie 4.0.

- **Das Förderprogramm „Schaufenster intelligente Energie – Digitale Agenda für die Energiewende" (SINTEG) eröffnet den großflächigen Praxistest für die Energieversorgung der Zukunft**. Im Zentrum stehen die intelligente Vernetzung von Erzeugung und Verbrauch sowie der Einsatz innovativer Netztechnologien und -betriebskonzepte. Das Förderprogramm thematisiert damit zentrale Herausforderungen der Energiewende wie Systemintegration, Flexibilität, Versorgungssicherheit, Systemstabilität und Energieeffizienz sowie den Aufbau intelligenter Energienetze und Marktstrukturen. Die dort erprobten Lösungen sollen als Modell für eine breite Umsetzung dienen.

Regulatorische Weichenstellungen nach dem Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende

- **Die Diskussionsteilnehmer sehen im Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende eine verlässliche Grundlage für die nächste Phase der Energiewende**. Das Potenzial intelligenter Messsysteme sollte in Zukunft weiter ausgeschöpft werden. So sind herkömmliche Zähler zum Beispiel nicht in der Lage, das genaue Verbrauchsverhalten stundenweise zu visualisieren, und gingen in der Regel mit starren Tarifen einher. Mit intelligenten Messsystemen wird es möglich, Stromtarife variabel abzurechnen und marktgetriebene Lastverschiebungen zu honorieren. Neben der regulatorischen Erfassung von variablen Tarifen sind auch die spartenübergreifende Messung und Smart-Home-Anwendungen zukünftige Handlungsfelder.

- **Mehr Flexibilität im Verteilernetz schaffen**. Als Baustein für eine kosteneffiziente Energiewende soll der bestehende Mechanismus für Flexibilität im Verteilernetz auf Basis des §14a Energiewirtschaftsgesetz modernisiert und weiterentwickelt werden. Insbesondere sind dabei die Auswirkungen synchron reagierender Erzeuger und Verbraucher (z. B. gleichzeitig ladende Elektroautos) auf die Belastung der Stromnetze zu berücksichtigen. Ein Konzept soll im Jahr 2017 im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie entwickelt werden.

Freiräume und verlässliche Standards für die Digitalisierung der Energiewirtschaft

- **Das Potenzial der Digitalisierung der Energiewirtschaft ist noch nicht ausgeschöpft**. Die deutsche Energiewirtschaft lag 2015 bei der Digitalisierung verglichen mit anderen Branchen im Mittelfeld (Quelle: Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2015). Untersucht wurden die Nutzungsintensität digitaler Technologien und Dienste, die Ausrichtung der Unternehmen auf die Digitalisierung und der Einfluss der Digitalisierung auf den Geschäftserfolg.

- **Digitalisierung benötigt Standardisierungsstrategien**. Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) veröffentlicht eine Roadmap „Standardisierungsstrategie zur sektorübergreifenden Digitalisierung nach dem Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende". Durch den vom BMWi geleiteten Prozess wird eine Standardisierungsstrategie mit den Marktteilnehmern etabliert, die Innovationen ermöglicht und mit der eine sichere digitale Systemarchitektur für das intelligente Energienetz aufgebaut werden kann. In Zusammenarbeit mit anderen auf diesem Gebiet tätigen Organisationen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene erfolgt darüber hinaus ein konzeptioneller und strategischer Austausch im System Komitee „Smart Energy" der Deutschen Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE).

- **Digitalisierung der Energiewende bedeutet Offenheit für technische Innovationen und für die Weiterentwicklung des gesetzlichen Rahmens**. Im Rahmen des Förderprogramms SINTEG werden die für die Digitalisierung der Energiewende notwendigen Freiräume geschaffen. Dazu wird das BMWi eine Verordnung vorlegen, mit der Erfahrungen – auch im Hinblick auf die Umsetzung etwaiger neuer rechtlicher Maßnahmen – gesammelt werden können.

Neue Geschäftsmodelle in einer digitalisierten Energiewelt

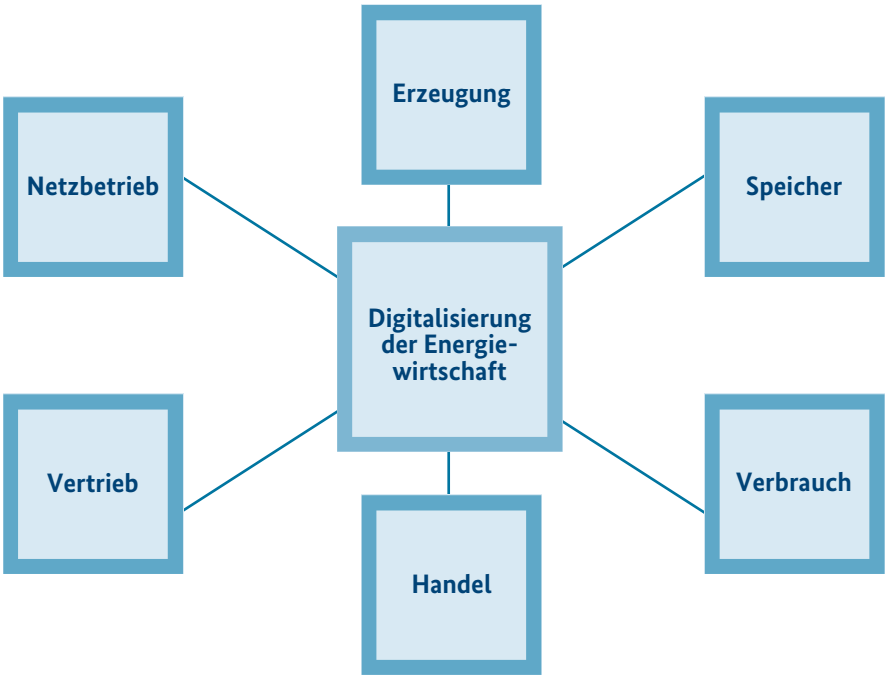
- **Die Digitalisierung betrifft alle Stufen der energiewirtschaftlichen Infrastruktur und ihrer Wertschöpfungskette.** Dazu gehören Erzeugung, Netze, Handel, Vertrieb, Messstellenbetrieb und Verbrauch.

- **Digitalisierung und dezentrale Energieversorgung bringen neue Akteure hervor. Unternehmen und Haushalte werden immer stärker zu aktiven Teilnehmern des Energiesystems**. Daten ermöglichen die Erschließung neuer Geschäftsfelder mit Mehrwert für den Kunden und die Systemeffizienz. Das intelligente Messsystem bietet als diskriminierungsfreie und sichere Kommunikationsplattform für Geschäftsmodelle „Datensouveränität by design". Für die Messung des Energieverbrauchs in Haushalten sind standardisierte, fernauslesbare Zähler bereits erhältlich.

- **Im Förderprogramm SINTEG werden neue Geschäftsmodelle im Praxisbetrieb getestet**. Dabei wird untersucht, welche Auswirkungen diese Geschäftsmodelle auf den Energiesektor haben und auch welchen Nutzen sie für die Energiewende bringen.

- **Ein „BMWi-Barometer" zur Digitalisierung der Energiewende begleitet den Digitalisierungsprozess**. Es wird die Weiterentwicklung von Zukunftsthemen wie „Sektorkopplung mit Wärme und Verkehr", „Blockchain" und „Smart Home" unterstützen.

Abbildung 14: Digitalisierung als Chance für die Energiewirtschaft



Quelle: Eigene Darstellung

Auswahl aktueller Studien

dena (2017): 15 Thesen auf dem Weg in eine digitale Energiewelt – Fazit der auf der dena-Dialogveranstaltung „Digitalisierung im Energiemarkt 2030" vorgetragenen Branchenmeinungen, abrufbar unter: https://www.dena.de/newsroom/meldungen/2017/15-thesen-fuer-eine-digitale-energiewelt/

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

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

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

www.bmwi.de