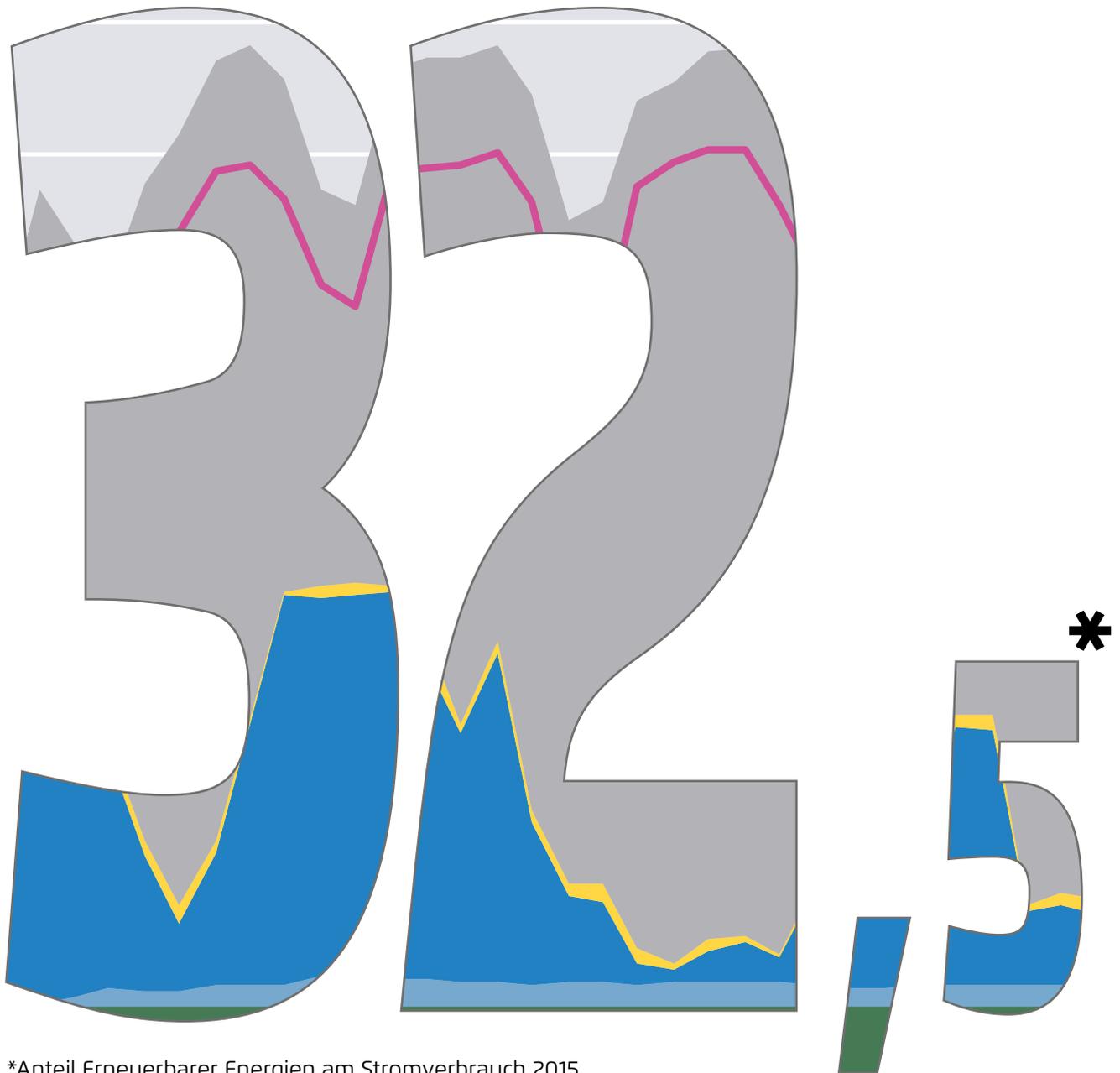

Die Energiewende im Stromsektor: Stand der Dinge 2015

Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen
sowie Ausblick auf 2016

ANALYSE

Agora
Energiewende



Die Energiewende im Stromsektor: Stand der Dinge 2015

IMPRESSUM

ANALYSE

Die Energiewende im Stromsektor:
Stand der Dinge 2015

Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen
sowie Ausblick auf 2016

DURCHFÜHRUNG DER ANALYSE

Agora Energiewende
Rosenstraße 2 | 10178 Berlin

Patrick Graichen

Mara Marthe Kleiner

Christoph Podewils

Kontakt:

maramarthe.kleiner@agora-energiewende.de

Satz: UKEX GRAPHIC, Ettlingen
Titelbild: Eigene Illustration

088/01-A-2016/DE

Veröffentlichung: Januar 2016

Bitte zitieren als:

Agora Energiewende (2016): *Die Energiewende im
Stromsektor: Stand der Dinge 2015. Rückblick auf die
wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2016.*

www.agora-energiewende.de

Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,

Deutschland hat im Jahr 2015 einen wichtigen Schritt in der Energiewende getan: Knapp ein Drittel des verbrauchten Stroms haben wir aus Erneuerbaren Energien gewonnen. Die Erneuerbaren, allen voran Wind- und Sonnenenergie, sind damit unangefochten die Nummer 1 im Strommix und bilden die neuen Leittechnologien des Stromsystems.

Mit dieser Analyse wollen wir Ihnen, wie schon 2015, einen Blick auf das vergangene Jahr in der Energiewirtschaft ermöglichen, und durch Zeitreihen einordnen, wo die Energiewende im Stromsektor im Zeitablauf steht.

Neben diesem Stand der Dinge in der deutschen Energiewende planen wir, in der ersten Jahreshälfte 2016 auch einen europäischen Jahresrückblick zu veröffentlichen, denn nicht nur in Deutschland basiert die Stromversorgung zunehmend auf Erneuerbaren Energien, sondern auch in der Europäischen Union.

Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre!

Ihr
Dr. Patrick Graichen
Direktor Agora Energiewende

Die wesentlichen Entwicklungen 2015 auf einen Blick

1

Erneuerbare Energien sind auf Rekordkurs. Im Jahr 2015 hat die Stromproduktion aus Windenergie um 50 Prozent zugelegt, Erneuerbare Energien erzeugten 2015 mehr Strom als jemals ein anderer Energieträger in Deutschland. Sie decken inzwischen fast ein Drittel (32,5 Prozent) des inländischen Stromverbrauchs und dominieren das Stromsystem.

2

Der Kohlestromexport erreicht ein Allzeithoch. Trotz der stark gestiegenen Stromproduktion aus Erneuerbaren Energien blieb die Stromproduktion aus Stein- und Braunkohle weitgehend konstant. Sie ging aber zunehmend in den Export, dieser erreichte mit physikalischen Stromflüssen von per Saldo 50 Terawattstunden ein Allzeithoch. Gemessen an den Handelsflüssen werden saldiert sogar mehr als 60 Terawattstunden netto exportiert, das sind 50 Prozent mehr als im Vorjahr oder etwa zehn Prozent der Stromproduktion.

3

Die Dekarbonisierung des Energiesystems stagniert. Die CO₂-Emissionen des deutschen Kraftwerksparks lagen 2015 aufgrund der konstanten Kohleverstromung in etwa auf Vorjahresniveau, die gesamten energiebedingten Treibhausgasemissionen stiegen witterungsbedingt leicht an. Ohne eine konsistente Dekarbonisierungsstrategie für Strom, Wärme und Verkehr wird Deutschland seine Klimaschutzziele nicht erreichen können.

4

Die Börsenstrompreise sind weiter in freiem Fall. Deutschland hatte 2015 mit 31,60 Euro pro Megawattstunde nach Skandinavien die zweitniedrigsten Börsenstrompreise in Europa, am Terminmarkt wird Strom für die nächsten Jahre schon für unter 30 Euro gehandelt. Die Haushaltsstrompreise dürften 2016 wegen gestiegener Abgaben und Umlagen dennoch leicht steigen und das Niveau von 2014 wieder erreichen.

Das Stromjahr 2015 in zehn Punkten

- 1. Erneuerbare Energien:** 2015 war ein Jahr der Superlative. So hat die Windenergie einen Rekordzuwachs von 50 Prozent erlebt, die Erneuerbaren Energien wurden mit 30 Prozent Anteil an der Stromerzeugung die mit Abstand dominierende Energiequelle. Sie decken inzwischen 32,5 Prozent des Stromverbrauchs.
- 2. Stromverbrauch:** Der Stromverbrauch ist 2015 witterungsbedingt leicht gegenüber dem Vorjahr gestiegen, während die Wirtschaft um etwa 1,7 Prozent wuchs. Die Entkopplung von Stromverbrauch und Wachstum erfolgt jedoch nicht schnell genug: Während gemäß Energiekonzept der Bundesregierung bis 2020 der Stromverbrauch um 10 Prozent gegenüber 2008 sinken soll, lag der Rückgang 2015 nur bei minus 3,4 Prozent.
- 3. Konventionelle Energien:** Kern- und Gaskraftwerke produzierten etwas weniger Strom als im Vorjahr, die Verstromung von Braun- und Steinkohle blieb hingegen annähernd konstant. Da die Erneuerbaren Energien immer stärker den inländischen Strombedarf decken, drängt deutscher Kohlestrom zusehends in den Export.
- 4. Klimaschutz:** Die CO₂-Bilanz des Stromsektors hat sich aufgrund der nach wie vor hohen Kohleverstromung gegenüber dem Vorjahr kaum verändert. Die Gesamttreibhausgasemissionen Deutschlands sind sogar leicht gestiegen und liegen 2015 bei -26 Prozent gegenüber 1990. Die Erreichung des 2020er-Klimaziels Deutschlands wird daher immer schwerer.
- 5. Stromexport:** Die Stromexporte haben 2015 erneut deutlich zugelegt. Die physikalischen Stromflüsse erreichten mit per Saldo 50 Terawattstunden ein Allzeithoch. Dieses entspricht per Saldo rund acht Prozent der Stromproduktion. Gemessen an den Handelsflüssen wurden saldiert 61 Terawattstunden exportiert, 50 Prozent mehr als im Vorjahr. Vor allem die Niederlande, Österreich und Frankreich beziehen Strom aus Deutschland. Der Grund: Deutschland hat nach Skandinavien die zweitniedrigsten Börsenstrompreise Europas.
- 6. Strompreise:** Die Strompreise an der Börse sind 2015 weiter gefallen. Sie lagen am Spotmarkt bei durchschnittlich 31,60 Euro pro Megawattstunde. Am Terminmarkt sanken die Preise noch weiter: In der zweiten Jahreshälfte 2015 kostete Strom für die Jahre 2016 bis 2019 weniger als 30 Euro/Megawattstunde.
- 7. Flexibilität:** 2015 zeichnet ein gemischtes Bild bei der Flexibilität des Stromsystems. Während die Zahl der Stunden mit negativen Strompreisen sich auf 126 beinahe verdoppelte (2014: 64 Stunden), sank zugleich der durchschnittliche negative Strompreis 2015 auf 9 Euro pro Megawattstunde (2014: minus 15,55 Euro).
- 8. Rekordtage:** Der Tag mit dem zeitweise höchsten Anteil Erneuerbarer Energien war der 23. August, an dem von 13 bis 14 Uhr 83,2 Prozent des Stromverbrauchs mit Erneuerbaren Energien gedeckt wurde. Die Bewährungsprobe hatte das Stromsystem während der partiellen Sonnenfinsternis am 20. März 2015: Hierbei kam das Stromsystem mit sehr starken Schwankungen der bundesweiten Solarstromproduktion hervorragend zurecht.
- 9. Stimmung:** Die Bevölkerung unterstützt die Energiewende weiterhin mit großer Mehrheit, 90 Prozent der Menschen halten die Energiewende für „wichtig“ oder „sehr wichtig“. Als tragende Energieträger werden Sonnenenergie (85 Prozent) und Windkraft (77 Prozent) gewünscht, Kernenergie und Kohle favorisieren demgegenüber nur acht beziehungsweise fünf Prozent.
- 10. Ausblick auf 2016:** Im Bereich der Erzeugung wird der Anteil der Kernenergie leicht zurückgehen, die Erneuerbaren Energien werden voraussichtlich aufgrund des Zubaus von Windkraftanlagen weiter zulegen. Bei den Strompreisen ist trotz der gesunkenen Börsenpreise aufgrund gestiegener Abgaben und Umlagen eine leichte Erhöhung auf das Niveau von 2014 zu erwarten.

10 points on the 2015 power market

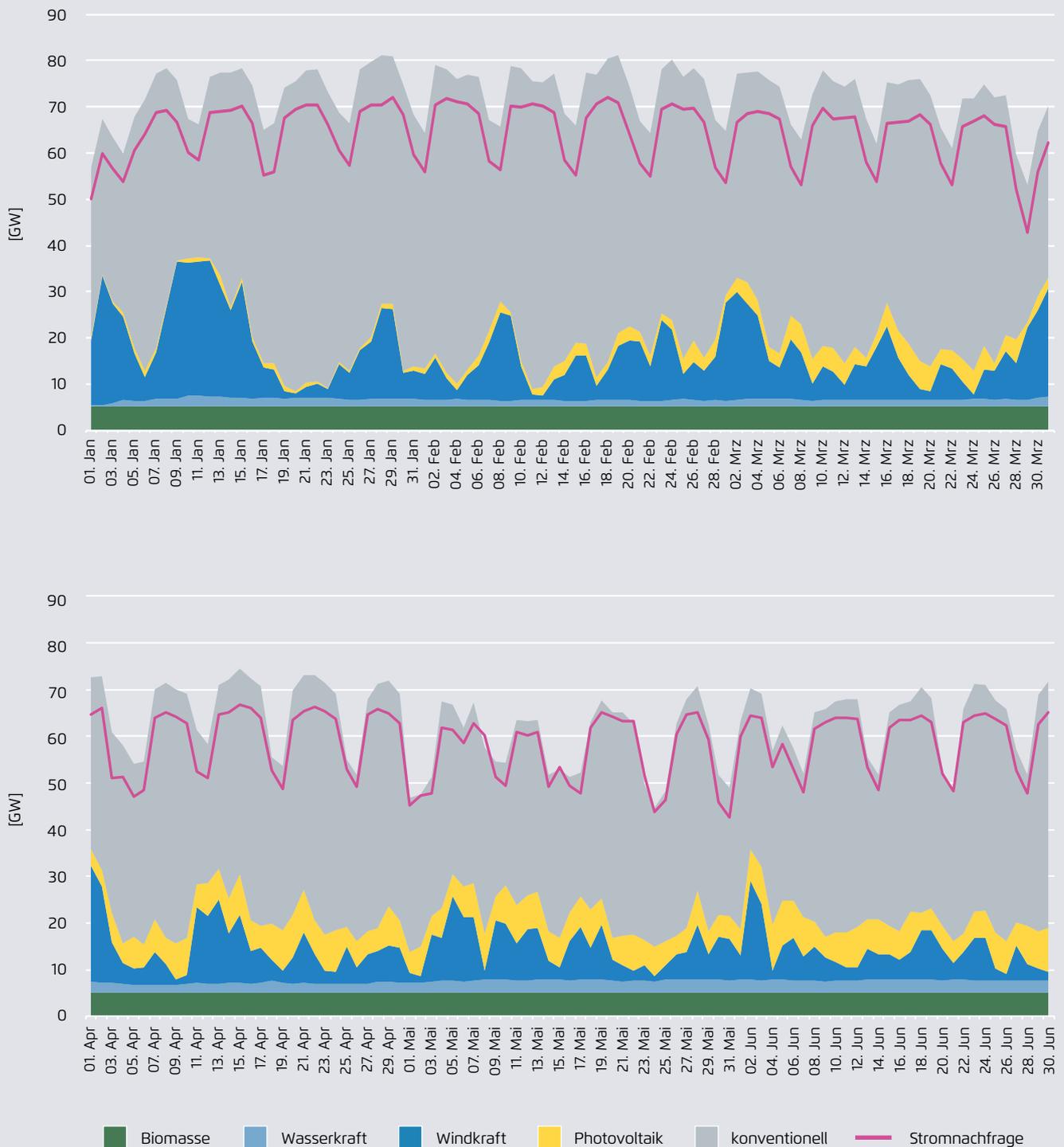
- 1. Renewable energy:** 2015 was a year of superlatives. Wind energy saw record growth of 50 percent, renewables were by far the dominant energy source with a 30 percent share of production. They now cover 32.5 percent of power consumption.
- 2. Power usage:** Electricity usage rose slightly in 2015 due to weather conditions compared to 2014, while the economy grew by 1.7 percent. However, the decoupling of power usage and growth is not happening fast enough: While the federal government's energy concept envisions a decline in power usage of 10 percent by 2020 over 2008, usage was only down 3.4 percent in 2015.
- 3. Conventional energy:** Nuclear and gas power plants produced somewhat less power than in the previous year, electricity from lignite and hard coal remained nearly constant. Because renewables are covering ever more of the domestic power needs, German coal power is being increasingly exported.
- 4. Climate protection:** The CO₂ balance of the power sector hardly changed compared to the previous year. Total greenhouse gas emissions in Germany even rose slightly and were 26 percent below those of 1990 in 2015. It is thus becoming more and more difficult for Germany to reach its 2020 climate targets.
- 5. Power exports:** Power exports rose considerably in 2015. Physical power flows reached an all-time high at 50 terawatt-hours on balance. This was on balance around eight percent of all power production. Measured by trade flows, net exports amounted to around 61 terawatt-hours, 50 percent more than in the previous year. The Netherlands, Austria and France are the main power importers from Germany. The reason: Germany has the second-lowest market power price in Europe after Scandinavia.
- 6. Power prices:** Market power prices fell again in 2015. They were around 31.60 euros per megawatt-hour. On the futures market, prices decreased even further: In the second half of 2015, power for the years 2016 and 2017 traded at less than 30 euros per megawatt-hour.
- 7. Flexibility:** There was a mixed picture of the flexibility of the power system in 2015. While the number of hours with negative power prices nearly doubled to around 126 (2014: 64 hours), the average negative power price sank to around nine euros per megawatt-hour (2014: minus 15.55 euros).
- 8. Record days:** On 23 August, the share of renewables reached its highest level: Between 1pm and 2pm, 83.2 percent of all power demand were covered by renewables. The litmus test for the power system came on 20 March, during the partial eclipse of the sun: The power system dealt extremely well with the sharp fluctuations in nationwide solar power production.
- 9. Popular sentiment:** A large majority of the population supports the energy transition: 90 percent of all citizens consider the Energiewende as "important" or "very important". Solar (85 percent) and wind (77 percent) power are the most popular choices to be the main pillar of the energy system, while only 5 percent of the population favour nuclear and coal power.
- 10. Outlook 2016:** In production, the share of nuclear energy will decline slightly, while renewables will continue to expand, due to the continued build-up in wind power plants. Despite the decline in market power prices, household power prices are likely to rise slightly due to higher levies and fees, nearing the 2014 level.

Inhalt

Das Stromjahr 2015 in zehn Punkten	3
10 points on the 2015 power market	4
Der Stromsektor 2015 auf einen Blick	6
1 Stromerzeugung	9
2 Stromverbrauch	11
3 Entwicklung der Erneuerbaren Energien	13
4 Entwicklung der konventionellen Energieträger	17
5 Stromhandel und europäischer Preisvergleich	21
6 Preisentwicklung in Deutschland	25
7 Spotmarkt, negative Strompreise und Flexibilität	29
8 Treibhausgasemissionen	31
9 Stimmung der Bevölkerung zur Energiewende	33
10 Kennzeichnende Tage zur Charakterisierung des deutschen Stromsystems	35
11 Ausblick 2016	41
12 Referenzen	42

Der Stromsektor 2015 auf einen Blick

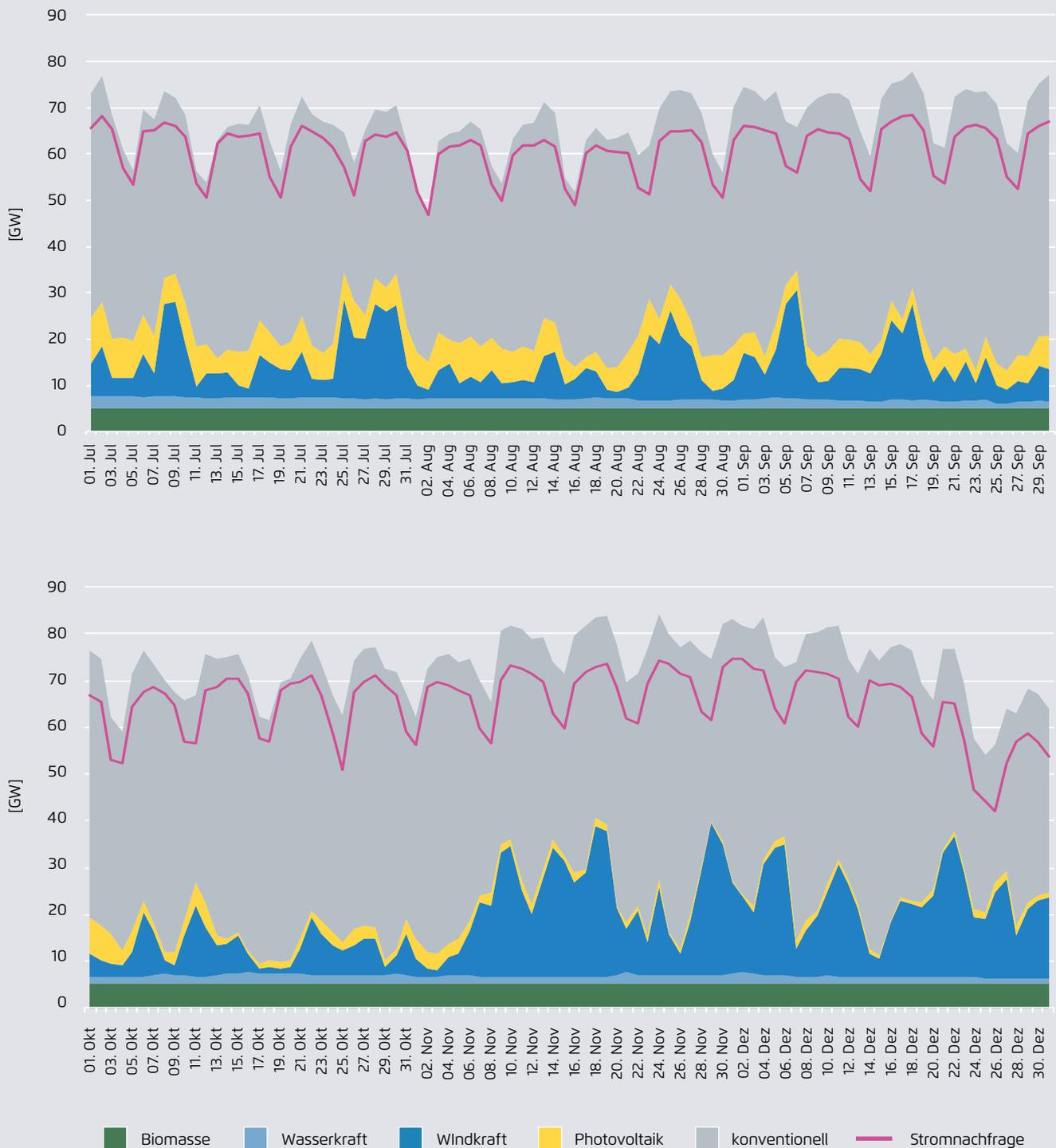
Nettostromerzeugung und -nachfrage im ersten und zweiten Quartal 2015



Agora Energiewende 2015

Der Stromsektor 2015 auf einen Blick

Nettostromerzeugung und -nachfrage im dritten und vierten Quartal 2015



1. Stromerzeugung

Im Jahr 2015 haben die Erneuerbaren Energien endgültig die zentrale Rolle im Stromsystem eingenommen. Mit einem Anteil von 30 Prozent an der Bruttostromerzeugung sind sie mit Abstand die dominierende Technologie zur Stromerzeugung (vier Prozentpunkte mehr als im Vorjahr) geworden und haben die Stromerzeugung aus Braunkohle mit einem Anteil von 24 Prozent deutlich abgehängt. Die Steinkohle bleibt mit gut 18 Prozent der dritt wichtigste Energieträger, gefolgt von Kernenergie (14 Prozent) und Erdgas (knapp 9 Prozent, vgl. Abbildung 1).

Eine Analyse der absoluten Zahlen zeigt, dass in Deutschland im Jahr 2015 mit 647,1 Terawattstunden mehr Strom produziert wurde als jemals zuvor in der Geschichte der Bundesrepublik. Gegenüber 2014 ist die Stromerzeugung um etwa drei Prozent (19,3 Terawattstunden) angestiegen. Das bisherige Allzeithoch wurde im Jahr 2008 verzeichnet; es lag bei 640,7 Terawattstunden. Da der Stromverbrauch

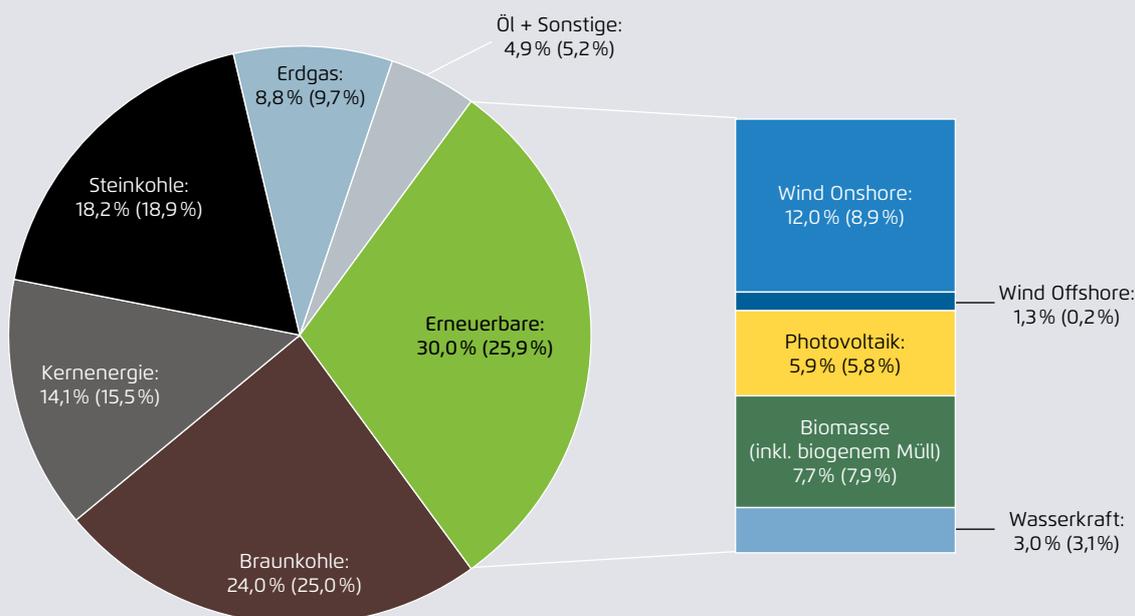
mit fünf Terawattstunden nur leicht gestiegen ist, folgte aus der gestiegenen Stromproduktion ein deutlich höherer Stromexport als im Vorjahr.

Ein Vergleich der langjährigen Entwicklung der Energieträger (vgl. Abbildung 2) macht deutlich, dass die Erneuerbaren Energien im Jahr 2015 mit 194 Terawattstunden mehr Strom produziert haben als jemals ein anderer Energieträger vorher in der Geschichte. Das Maximum der Kernenergie fällt ins Jahr 2001, das Maximum der Braunkohle lag im Jahr 1990. In beiden Fällen betrug es 171 Terawattstunden.

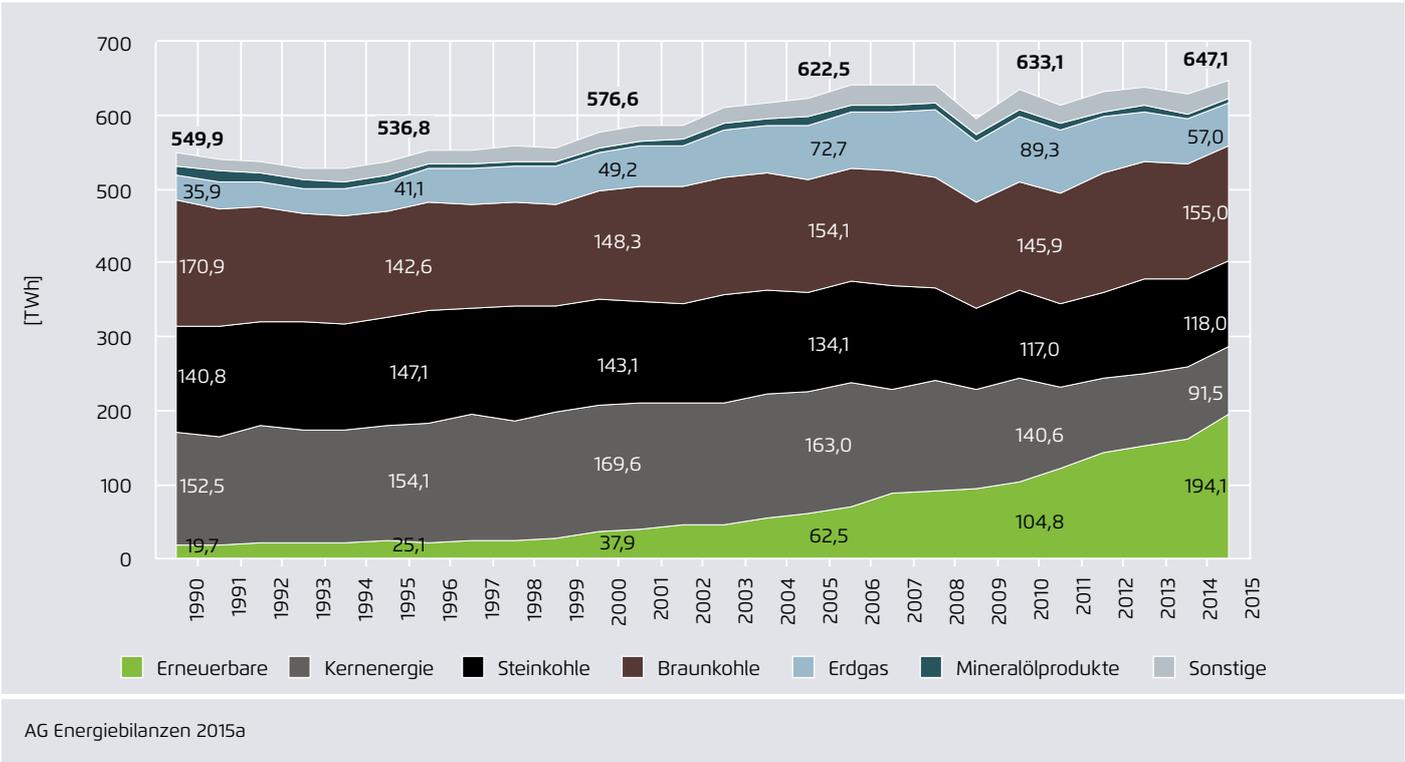
Der Vergleich der Stromproduktionsdaten mit den Vorjahreswerten zeigt, dass die Erneuerbaren Energien 2015 um 31,6 Terawattstunden gegenüber 2014 zugelegt haben. Dies ist der höchste Zuwachs, den je ein Energieträger seit 1990 hatte. Demgegenüber produzierten Kern- (minus 5,6 Terawattstunden) und Erdgaskraftwerke (minus 4,1 Terawatt-

Erneuerbare Energien produzieren 30 Prozent des deutschen Stroms: Strommix des Jahres 2015
(Werte für 2014 in Klammern)

Abbildung 1



Entwicklung der Stromproduktion: Erneuerbare produzieren 2015 mehr als die Kernenergie in ihren Höchstzeiten **Abbildung 2**

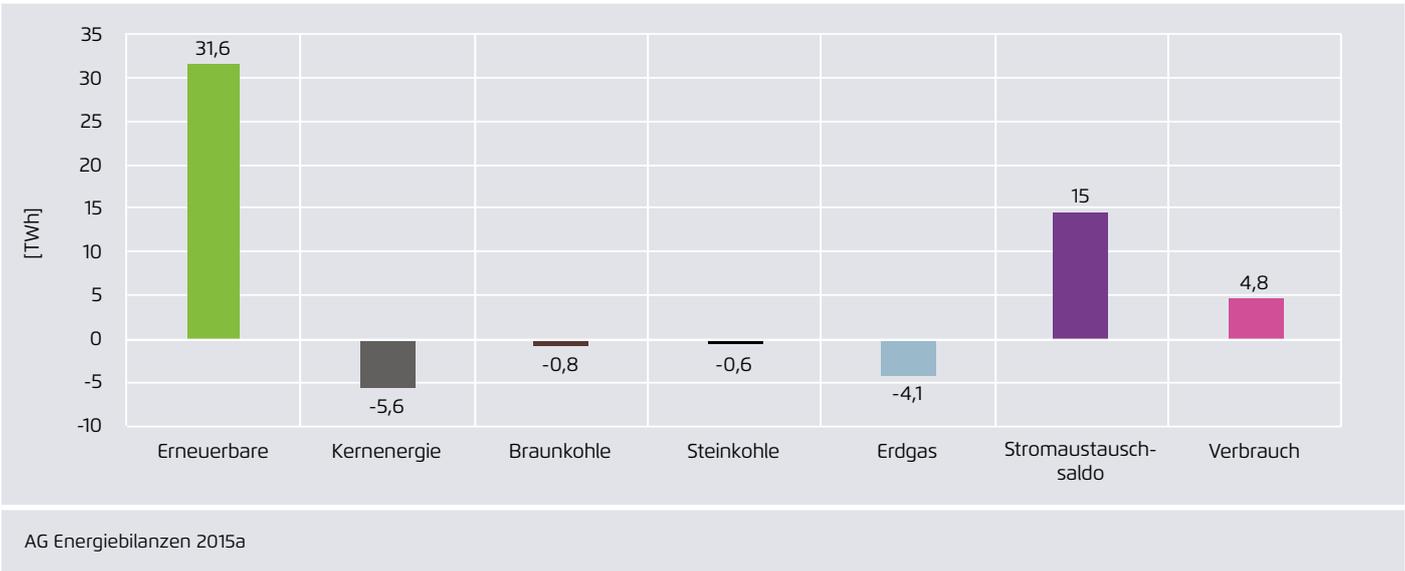


AG Energiebilanzen 2015a

stunden) weniger Strom als im Vorjahr, während die Verstromung von Braun- und Steinkohle in etwa konstant auf dem Niveau von 2014 verblieb. Der Stromverbrauch stieg

leicht um 4,8 Terawattstunden. Der Stromaustauschsaldo legte mit 15 Terawattstunden deutlich zu – auch dies der größte Zuwachs seit 1990.

Veränderungen von 2014 zu 2015: Erneuerbare mit Rekordzuwachs, Kernenergie und Erdgas verzeichnen leichten Rückgang, Kohle bleibt konstant und drängt in den Stromexport **Abbildung 3**



AG Energiebilanzen 2015a

2. Stromverbrauch

Der Stromverbrauch ist 2015 aufgrund des etwas kälteren Winters leicht angestiegen und lag bei 597 Terawattstunden. Damit wurden 4,8 Terawattstunden mehr verbraucht als im Vorjahr (+ 0,8 Prozent), wobei dies vor allem auf die etwas kälteren Wintermonate Anfang 2015 im Vergleich zu den Vorjahresmonaten zurückzuführen ist. Temperaturbereinigt liegt der Stromverbrauch 2015 unter dem Niveau des Jahres 2014. Der Trend zum sinkenden Stromverbrauch aufgrund steigender Energieeffizienz setzt sich damit fort. So lag der Stromverbrauch im Jahr 2015 um 21,2 Terawattstunden niedriger als im Jahr 2008, dem Basisjahr für das Stromeffizienzziel des Energiekonzepts.

Um das Stromeffizienzziel des Energiekonzepts – eine Verringerung des Stromverbrauchs im Jahr 2020 um zehn Prozent gegenüber 2008 – zu erreichen, ist es jedoch notwendig, dass energieeffiziente Geräte den Markt mit einer deutlich höheren Geschwindigkeit durchdringen als bis-

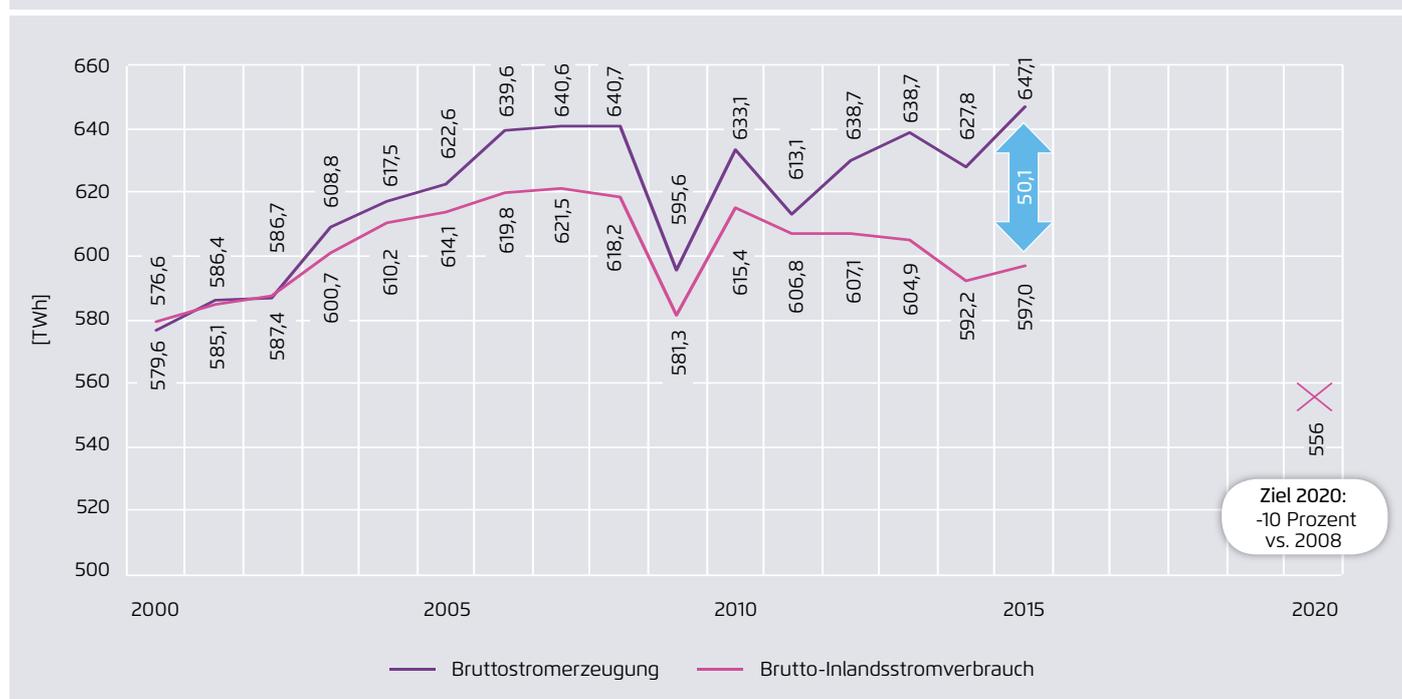
lang. So ist der Stromverbrauch im Durchschnitt der Jahre 2008 bis 2015 um drei Terawattstunden pro Jahr gesunken, der 2015 erreichte Rückgang beträgt somit 3,4 Prozent. In den kommenden fünf Jahren wird es daher nötig sein, den Stromverbrauch jährlich um etwa 8 Terawattstunden zu vermindern; nur dann wird der Stromverbrauch des Jahres 2020 zielgemäß um 62 Terawattstunden unter dem Verbrauch von 2008 liegen.

Deutlich wird auch, dass die Entwicklungen von Verbrauch und Erzeugung immer stärker unabhängig voneinander verlaufen, und die Schere dazwischen immer weiter geöffnet wird. Aufgrund dessen konnten 50,1 Terawattstunden Strom im Jahr 2015 ins Ausland fließen.¹

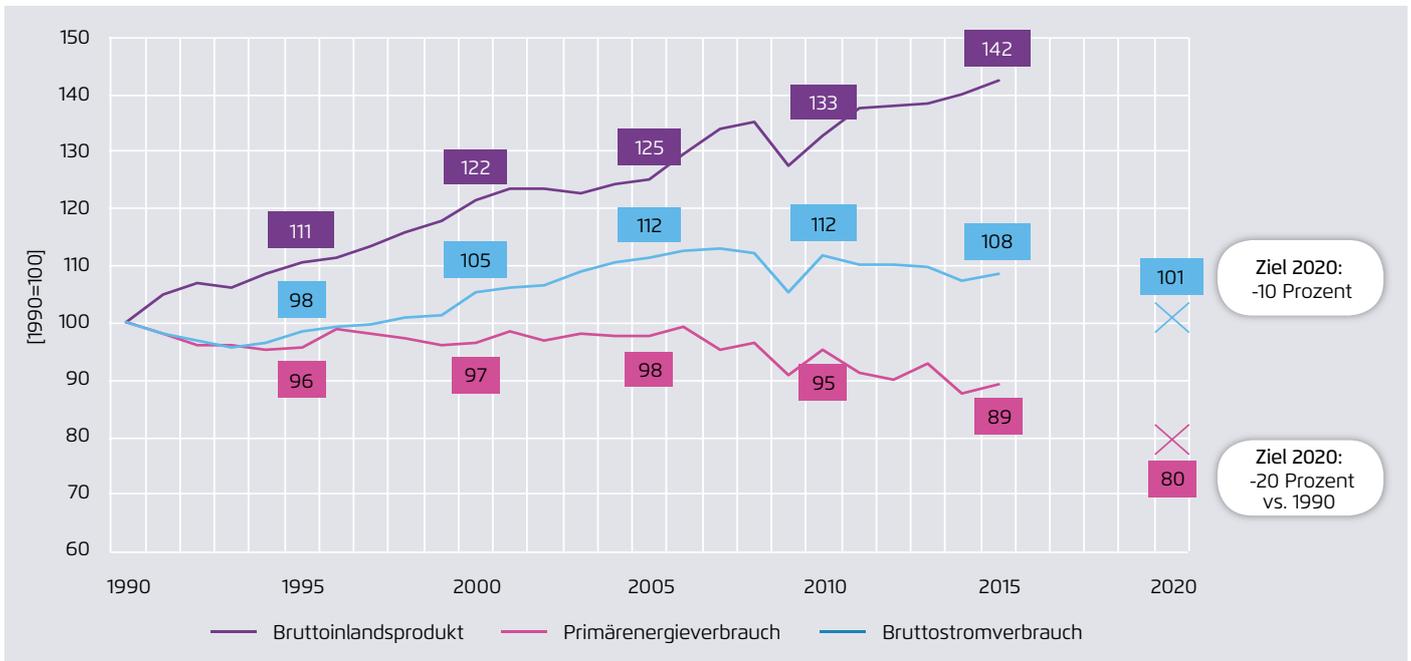
1 Diese Stromflüsse bilden die physikalischen Stromflüsse ab. Im Kapitel 5 werden die Handelsflüsse diskutiert.

Stromverbrauch und -produktion 2000-2015 und Effizienzziel 2020

Abbildung 4



Während die Wirtschaft kontinuierlich wächst, sinken seit 2007 sowohl Primärenergieverbrauch und Stromverbrauch: Bruttoinlandsprodukt, Primärenergieverbrauch und Stromverbrauch 1990-2015 indexiert (1990=100) Abbildung 5



AG Energiebilanzen 2015a, Statistisches Bundesamt 2015a, eigene Berechnungen

Auch das Jahr 2015 zeigte die zunehmende Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Stromverbrauch: Während das Bruttoinlandsprodukt um etwa 1,7 Prozent stieg, legte der Stromverbrauch nur um 0,8 Prozent zu. Im Unterschied dazu stieg 2015 der allgemeine Primärenergieverbrauch etwa ebenso stark wie das Bruttoinlandsprodukt. Ursache hierfür ist vermutlich in erster Linie die kältere Witterung des Jahres 2015, temperaturbereinigt dürfte daher auch

hier eine Entkopplung des allgemeinen Energieverbrauchs vom Wirtschaftswachstum zu beobachten sein. Nichtsdestotrotz zeigt sich auch beim allgemeinen Energieverbrauch wie schon beim Stromverbrauch, dass der Trend zur Energieeinsparung nicht schnell genug verläuft, um das im Energiekonzept für 2020 festgelegte Ziel sicher zu erreichen.

3. Entwicklung der Erneuerbaren Energien

Der Anteil Erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch ist im vergangenen Jahr deutlich gestiegen: 32,5 Prozent des in Deutschland verbrauchten Stroms stammten aus regenerativen Quellen. Damit ist deren Anteil an der Stromversorgung im vergangenen Jahr um fünf Prozentpunkte gestiegen. Das Ziel der Bundesregierung, im Jahr 2025 zwischen 40 und 45 Prozent des Bruttostromverbrauchs durch Erneuerbare Energien zu decken, ist damit deutlich näher gerückt.

Die Stromproduktion Erneuerbarer Energien hat sich seit 1990 fast verzehnfacht – von seinerzeit 19,7 Terawattstunden auf 194,1 Terawattstunden im Jahr 2015. Gegenüber 2014 betrug der Zuwachs 31,6 Terawattstunden. Der größte Treiber ist mit einem Plus von 28,7 Terawattstunden die Windenergie (22 Terawattstunden Onshore-, 6,7 Terawattstunden Offshore-Windenergie). Die Stromproduktion aus Photovoltaik lag aufgrund eines guten Sonnenjahres bei

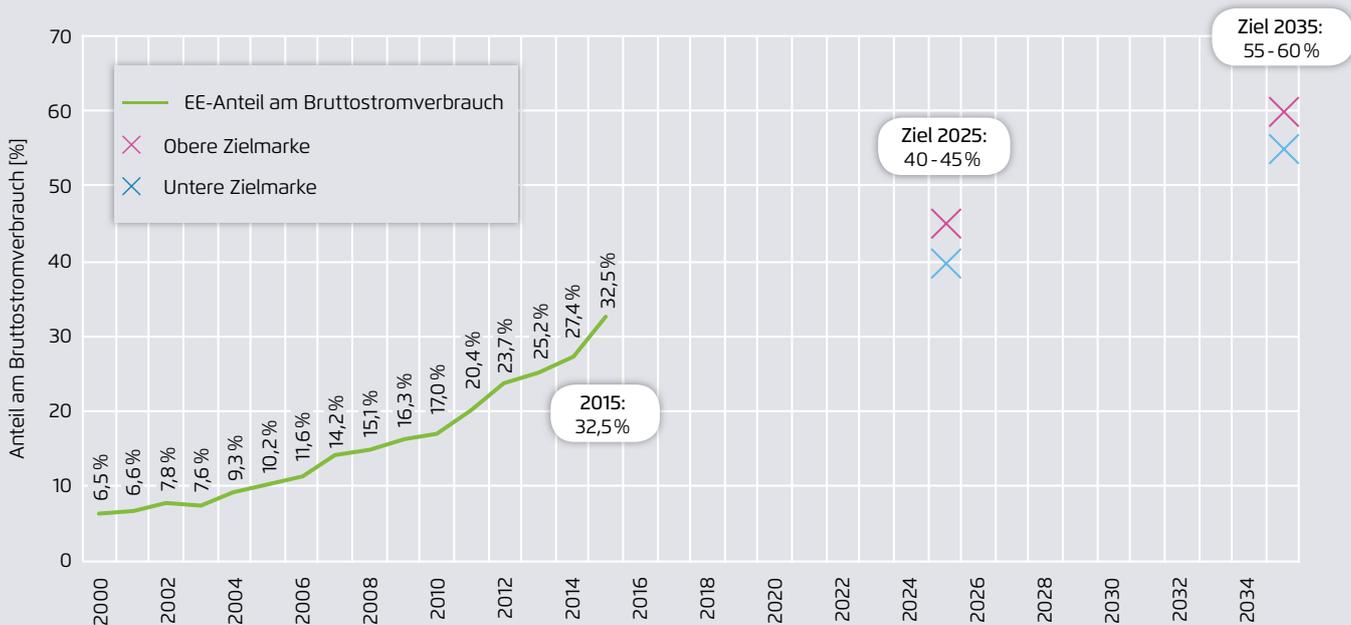
38,5 Terawattstunden (+2,4 Terawattstunden), Biomassestrom hat leicht zugelegt auf insgesamt 49,9 Terawattstunden. Wasserkraft lag mit 19,5 Terawattstunden auf einem ähnlichen Niveau wie im Vorjahr.

Besonders bemerkenswert ist die Windstromproduktion im vergangenen Jahr: Es wurden 86 Terawattstunden Windenergie erzeugt, davon 77,9 Terawattstunden an Land und 8,1 Terawattstunden von Offshore-Anlagen auf See. Hierfür sind vor allem zwei Effekte ursächlich:

- Zum einen war 2015 ein relativ gutes Windjahr, in dem deutlich mehr Wind wehte als 2014. Nachdem die letzten Jahre von einem eher schlechten Windangebot geprägt waren, dürfte 2015 wieder ein leicht überdurchschnittliches Windjahr gewesen sein.
- Zum anderen lieferten die vielen neu zugebauten Windräder des Jahres 2014 im Jahr 2015 erstmals eine volle

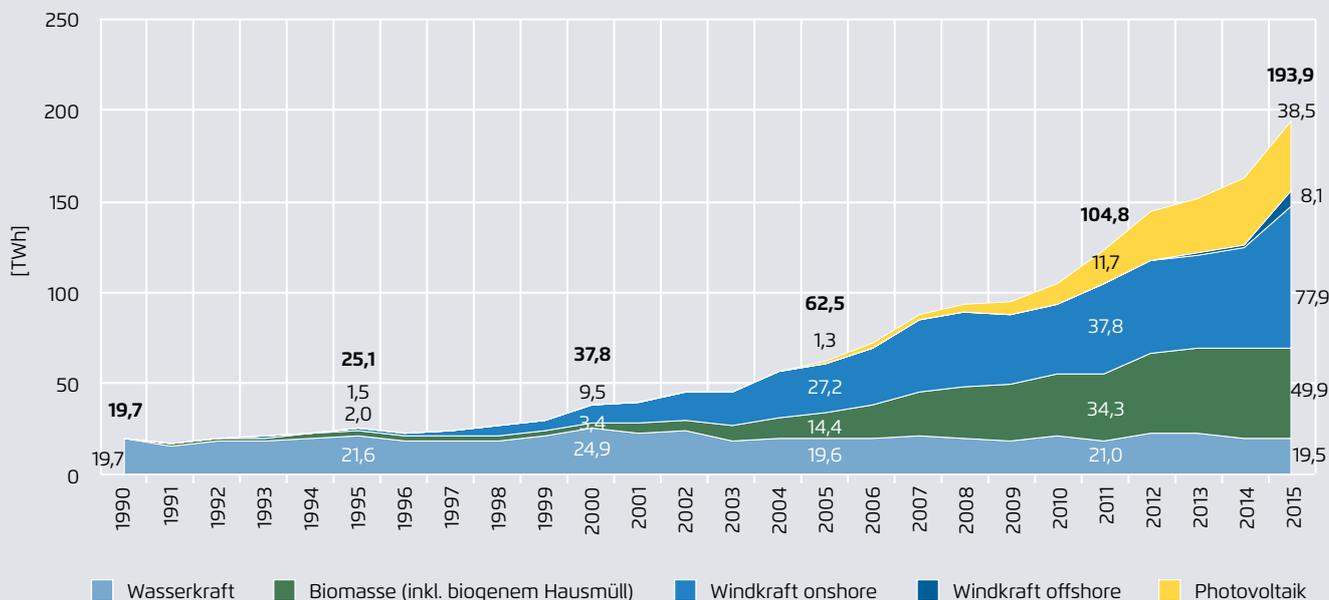
Erneuerbare Energien produzierten 2015 knapp ein Drittel des Stromverbrauchs: Anteil Erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch 2000-2015.

Abbildung 6



Die Stromproduktion aus Erneuerbaren Energien hat sich seit 1990 fast verzehnfacht:
Entwicklung Erneuerbarer Energien 1990-2015

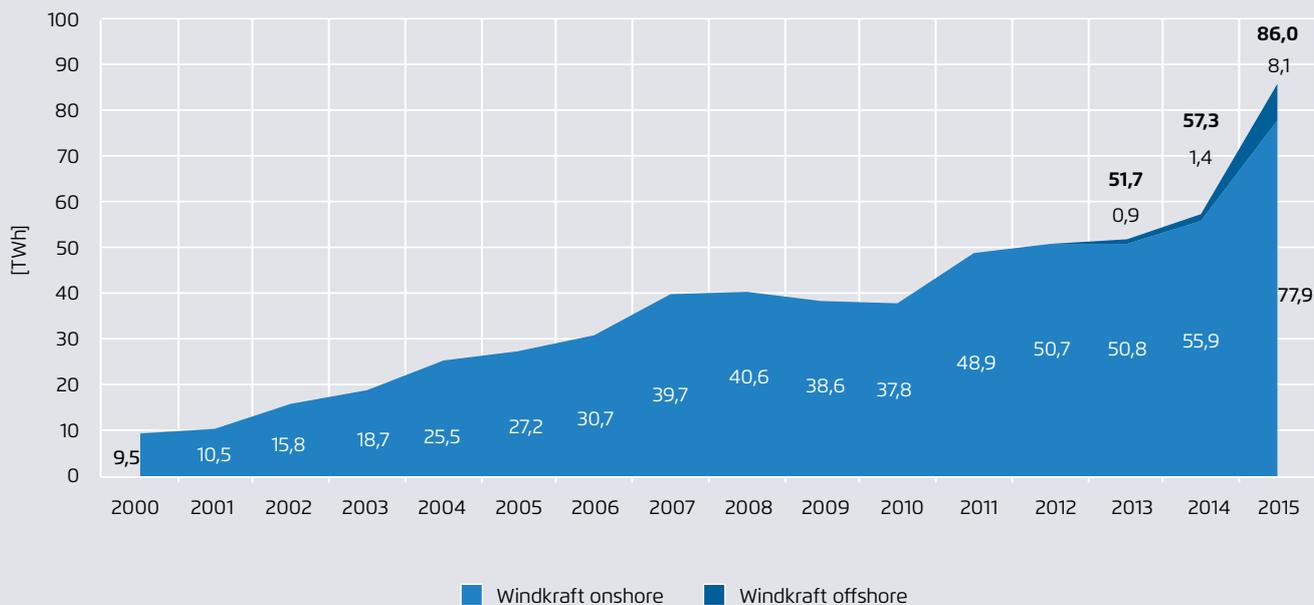
Abbildung 7



AG Energiebilanzen 2015a

Die Windstromerzeugung stieg im letzten Jahr um 50 Prozent: Windstromproduktion 2000-2015

Abbildung 8



AG Energiebilanzen 2015a

Jahresstromproduktion. Sie wurden ergänzt durch den Anlagenzubau in den ersten Monaten des Jahres 2015, der im windreichen Herbst bereits voll im Einsatz war. So wurden 2014 etwa 4,4 Gigawatt Windkraftleistung an Land und 1,4 Gigawatt Windkraftleistung auf See errichtet, in den ersten drei Quartalen 2015 kamen 2,5 Gigawatt Windkraftleistung an Land und der Anschluss von Off-shore-Windparks mit einer Leistung von rund 2,25 Gigawatt hinzu.

Beide Effekte zusammen führten dazu, dass die Windstromproduktion um 50 Prozent gegenüber dem Vorjahr angewachsen ist – eine Rekordsteigerung.

2015 war auch das Jahr, in dem in Deutschland erstmals die Höhe der Einspeisevergütung von einigen Erneuerbare-Energien-Anlagen über Ausschreibungen ermittelt wurde. Entsprechend des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2014 stellte die Bundesnetzagentur eine Photovoltaikleistung von insgesamt 500 Megawatt zur Auktion. In einer ersten Ausschreibungsrunde wurden am 1. April 150 Megawatt versteigert, der mittlere Zuschlagswert lag bei 9,17 Cent/Kilowattstunde. In der zweiten Runde am 1. August lag der einheitliche Zuschlagswert bei 8,49 Cent/Kilowattstunde, hier wurden ebenfalls 150 Megawatt versteigert. Die Ergebnisse der dritten Ausschreibungsrunde von 200 Megawatt am 1. Dezember lagen noch niedriger, nämlich bei 8,00 Cent/Kilowattstunde.

4. Entwicklung der konventionellen Energieträger

Nachdem in den vergangenen Jahren die Stromerzeugung aus Braun- und Steinkohle leicht zurückgegangen war, stagnierte sie 2015 mit 118 Terawattstunden (Steinkohle) und 155 Terawattstunden (Braunkohle) annähernd auf Vorjahresniveau. Hier liegt die Quelle für die stark gewachsenen Produktionsüberschüsse, die den Stromexport 2015 getrieben haben. Hätte der Stromexport auf dem Niveau von 2014 verharrt (auch dieses war schon ein Rekord), so hätte angesichts des starken Zuwachses bei der Stromproduktion aus Erneuerbaren Energien und dem nur geringfügig angestiegenem Stromverbrauch die Kohleverstromung um 14,6 Terawattstunden reduziert werden können (entsprechend 5,35 Prozent der Gesamtproduktion der Braun- und Steinkohlekraftwerke).

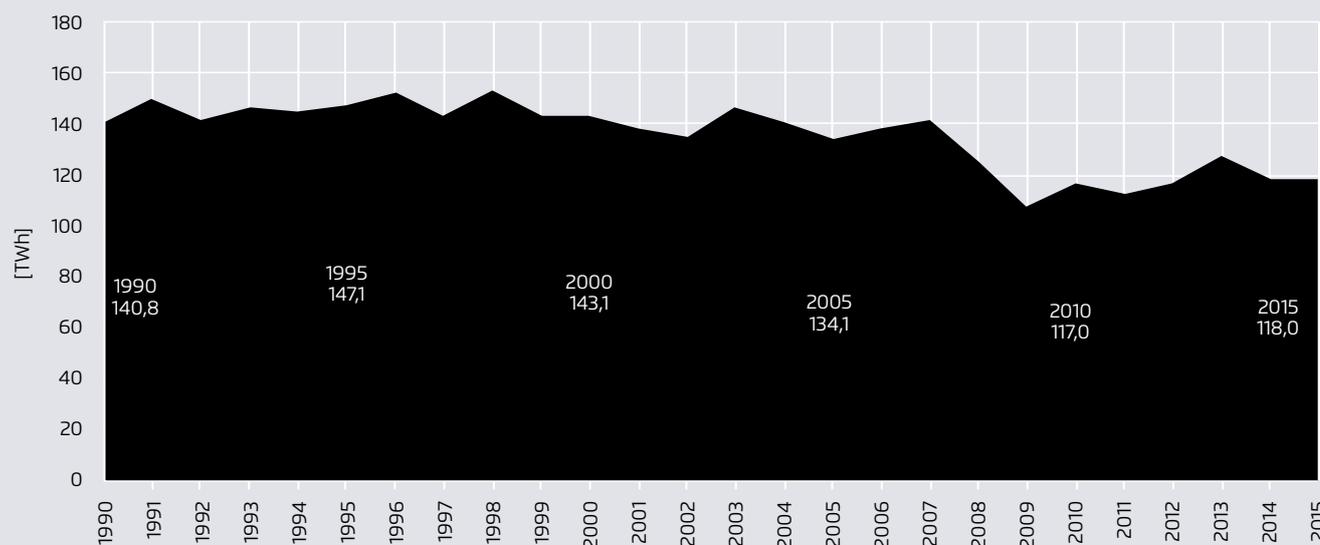
Die Stromproduktion aus Kernenergie ging im vergangenen Jahr um 5,6 Terawattstunden zurück. Der Grund dafür liegt vor allem in der vorzeitigen Abschaltung des Kernkraft-

werks Grafenrheinfeld am 27. Juni 2015. Laut Atomgesetz hätte es noch bis zum 31. Dezember 2015 weiterbetrieben werden können. Der Betreiber E.ON hatte das Kernkraftwerk jedoch bereits zur Jahresmitte abgeschaltet, um zu vermeiden, die für neue Brennelemente fällige Brennelementesteuer entrichten zu müssen. Damit sind weitere 1.345 Megawatt Kernenergie aus dem deutschen Strommix ausgeschieden. Aufgrund der unterjährigen Abschaltung wird der volle Effekt der Stilllegung auf die Stromerzeugung erst 2016 deutlich werden.

Das Jahr 2015 war das fünfte Jahr in Folge, in dem die Stromproduktion aus Erdgas deutlich zurückging: Es wurden 57 Terawattstunden Strom aus Erdgas generiert, vier Terawattstunden weniger als im Vorjahr (61,1 Terawattstunden) und ein Drittel weniger als noch 2010 (89,1 Terawattstunden).

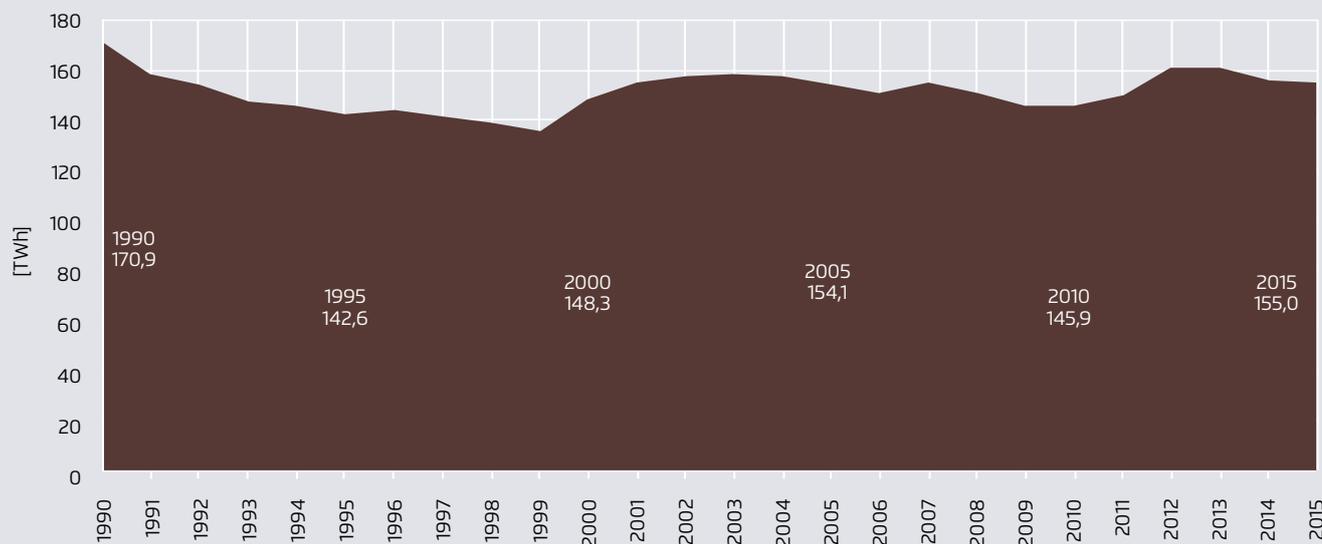
Die Steinkohle verbleibt 2015 auf Vorjahresniveau: Stromproduktion aus Steinkohle 1990-2015

Abbildung 9



Braunkohle verharrt 2015 auf weiterhin hohem Niveau: Stromproduktion aus Braunkohle 1990-2015

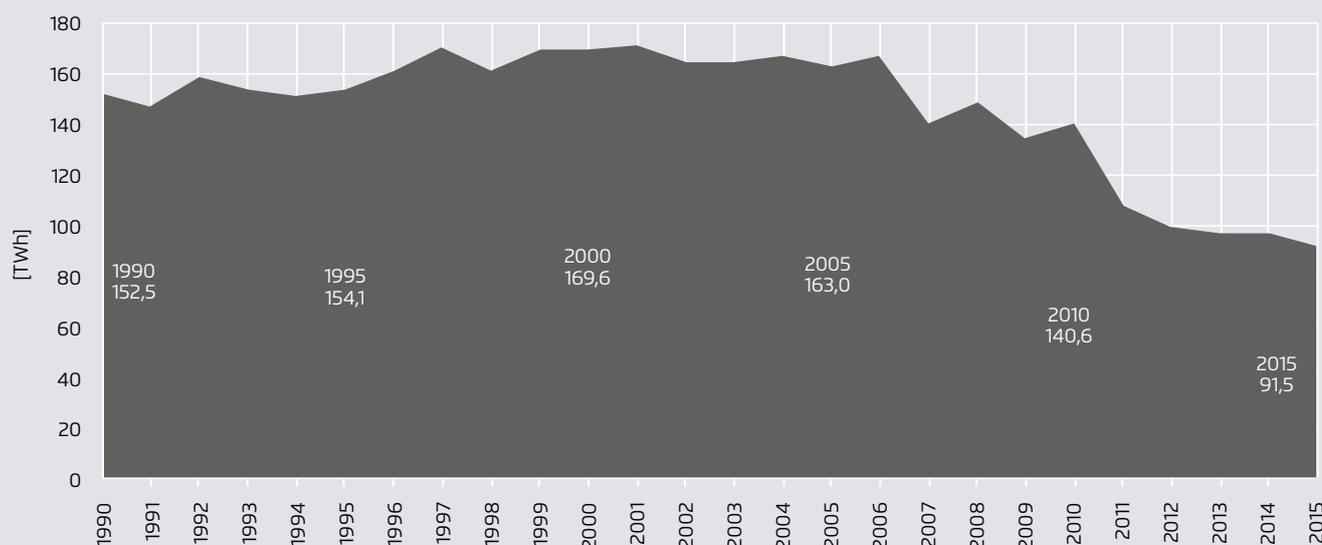
Abbildung 10



AG Energiebilanzen 2015a

Die Abschaltung des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld Ende Juni 2015 macht sich mit einer leicht gesunkenen Stromproduktion bemerkbar: Stromproduktion aus Kernenergie 1990-2015

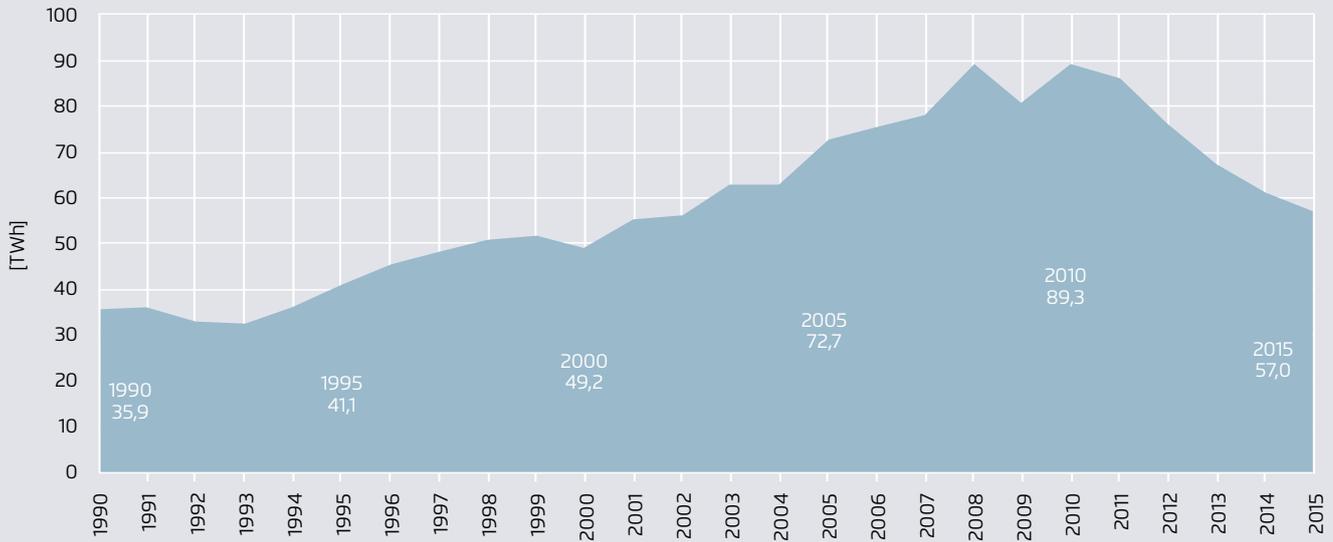
Abbildung 11



AG Energiebilanzen 2015a

Erdgas wird weiter aus dem Strommix verdrängt: Stromproduktion aus Erdgas 1990-2015

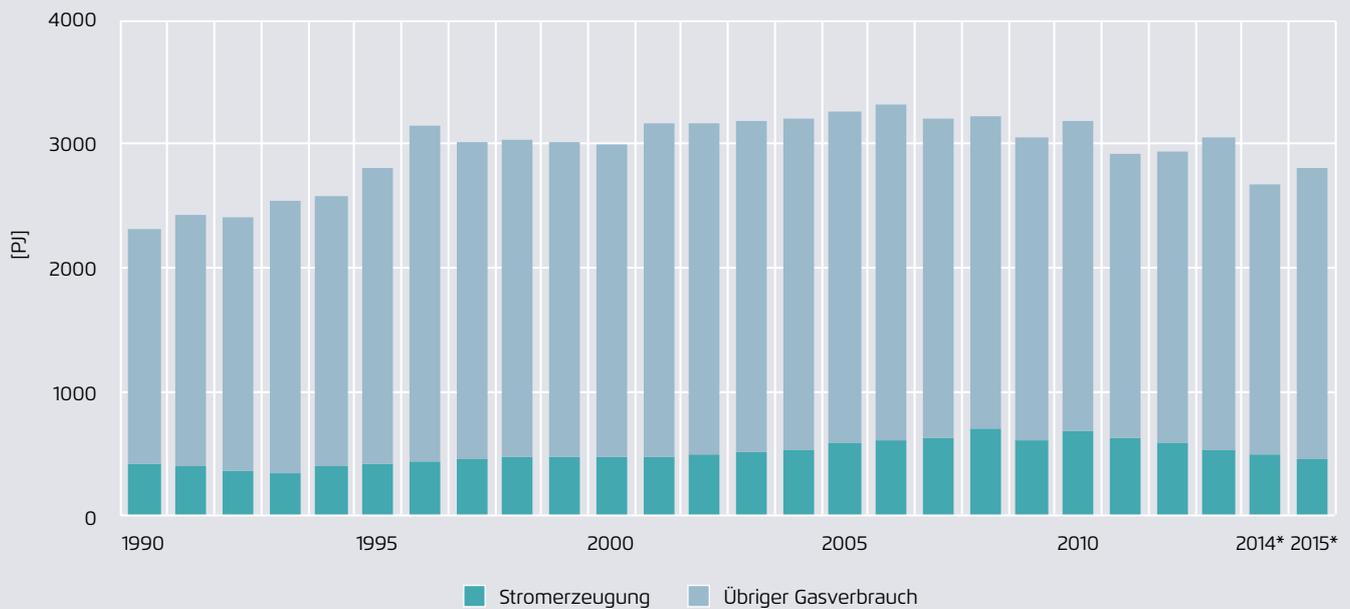
Abbildung 12



AG Energiebilanzen 2015a

Trotz geringerer Gasstromproduktion stieg der Gasverbrauch insgesamt 2015 aufgrund des kälteren Winters leicht an: Primärenergieverbrauch von Gas 1990-2015

Abbildung 13



AG Energiebilanzen 2015b, *eigene Berechnungen auf Basis von AG Energiebilanzen 2015a

Betrachtet man den Gasverbrauch über alle Sektoren, so zeigt sich, dass trotz des rückläufigen Verbrauchs in der Stromwirtschaft der Gasverbrauch aufgrund des kälteren Winters 2015 insgesamt gegenüber 2014 leicht angestiegen ist. Gleichwohl fällt der Gasverbrauch im langjährigen Vergleich gering aus - 2015 markiert den zweitniedrigsten Gasverbrauch seit 1995. Der Anteil des Gasverbrauchs, der für die Stromerzeugung verwendet wird, ist dabei mit rund 18 Prozent klein; er unterlag in den vergangenen Jahren einer abnehmenden Entwicklung.

5. Stromhandel und europäischer Preisvergleich

Deutschland ist wie schon in den Vorjahren Stromexport-Europameister und hat überdies einen neuen Exportrekord aufgestellt. So wurden 97,8 Terawattstunden Strom 2015 ins Ausland verkauft und 36,9 Terawattstunden aus dem Ausland gekauft. Der Exportsaldo – auf Basis der Handelsflüsse – beträgt somit 60,9 Terawattstunden. Der bisherige Rekordsaldo von 2014 mit 40,3 Terawattstunden wurde damit im Jahr 2015 nochmals um 50 Prozent gesteigert.² Per Saldo exportierte Deutschland damit im Jahr 2015 rund zehn Prozent des hierzulande produzierten Stroms. Der physikalische Stromaustausch-Saldo lag etwa 10 Terawattstunden unter dem Handelssaldo (Ursachen hierfür können etwa Kettenhandelsverträge von Strom im europäischen Binnenmarkt, Ringflüsse zwischen den verschiedenen europäischen Netzgebieten sowie Redispatch-Maßnahmen der Netzbetrei-

ber sein), erreicht aber mit 50 Terawattstunden ebenfalls ein neues Allzeithoch (2014: 36 Terawattstunden)

Zugleich stieg die an einzelnen Tagen erreichte maximale Exportleistung im Jahr 2015 auf etwa 17 Gigawatt an. Im Vorjahr hatte die maximale Exportleistung noch bei rund 10 Gigawatt gelegen. Die maximale Importleistung ist mit 16 Gigawatt vergleichbar groß. Allerdings verringerte sich die Zahl der Stunden, an denen Deutschland Nettoimporteur von Strom war, deutlich: von 1.181 Stunden im Jahr 2014 auf 415 im Jahr 2015.

Deutschland verkauft insofern 10 Prozent der Stromproduktion ins Ausland (Handelssaldo) beziehungsweise produziert 8 Prozent Strom mehr Strom, als es verbraucht (physikalischer Saldo). Diese Differenz zwischen Erzeugung und Verbrauch ist in den vergangenen Jahren konstant angestiegen – während das Stromaustauschsaldo im Jahr 2000 noch ungefähr ausgeglichen war, öffnet sich die Schere zwischen Stromerzeugung und Stromverbrauch seither immer weiter.

² In diesem Kapitel werden die kommerziellen Stromhandelsflüsse dargestellt, da diese mit Blick auf die Marktakteure die relevanten Größen sind.

Deutschland hat 2015 mit 60,91 Terawattstunden erneut einen Nettostrom-Exportrekord aufgestellt – fast 10 Prozent des in Deutschland erzeugten Stroms werden per Saldo ins Ausland verkauft

Abbildung 14



Eigene Berechnungen auf Basis von ENTSO-E 2015. Es werden kommerzielle Stromhandelsflüsse dargestellt, keine physikalischen Stromflüsse.

Der bedeutendste Handelspartner für Strom aus Deutschland war Österreich, mit dem traditionell aufgrund der Nutzung der Pumpspeicher ein täglicher Stromhandel besteht. Übers Jahr gesehen bezog Österreich jedoch netto deutlich mehr Strom aus Deutschland als umgekehrt (Export nach Österreich: 44,9 Terawattstunden, Import aus Österreich 13,6 Terawattstunden). Demgegenüber sind die Niederlande ein reines Importland für deutschen Strom – sie kauften aufgrund der niedrigeren Strompreise in Deutschland mehr als 16,6 Terawattstunden, lieferten jedoch fast nichts. Dritt-wichtigster Abnehmer von Strom war Frankreich, das 13,3 Terawattstunden aus Deutschland importierte und etwa 3,8 Terawattstunden an Deutschland lieferte.

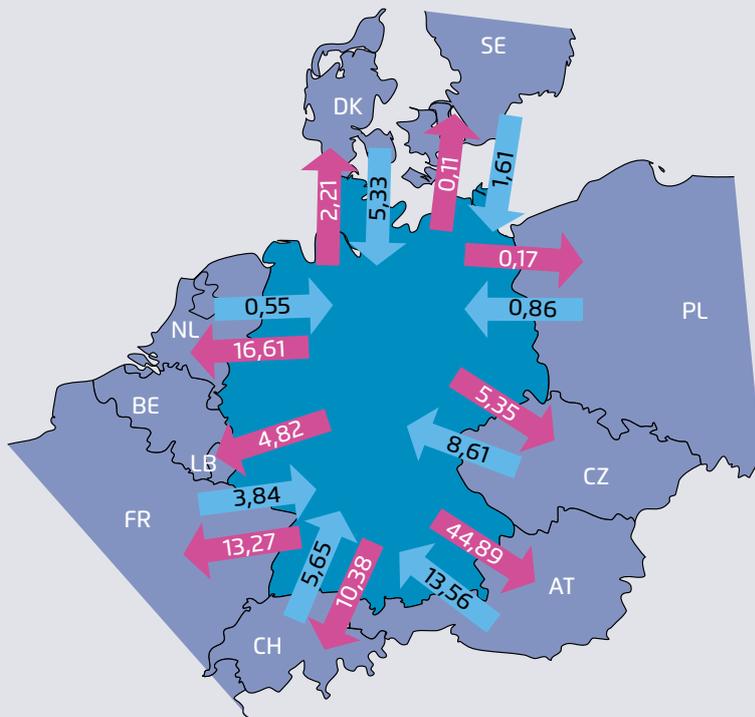
Umgekehrt importiert Deutschland traditionell Strom aus Tschechien (2015: Importe in Höhe von 8,6 Terawattstunden

bei Exporten von 5,4 Terawattstunden) sowie aus Schweden (2015: Importe in Höhe von 1,6 Terawattstunden bei Exporten von 0,1 Terawattstunden).

Verschoben haben sich die Verhältnisse gegenüber dem Vorjahr im Stromhandel mit der Schweiz und mit Dänemark. Während die Schweiz 2014 noch Nettoexporteur nach Deutschland war, ist sie 2015 zum Nettoimporteur geworden: Deutschland exportierte 10,4 Terawattstunden und importierte 5,7 Terawattstunden aus der Schweiz. Die Stromhandelsbilanz zwischen Deutschland und Dänemark wiederum war 2014 noch in etwa ausgeglichen, im Jahr 2015 allerdings avancierte Dänemark deutlich zum Exporteur nach Deutschland: 5,3 Terawattstunden wurden nach Deutschland ausgeführt, wohingegen Dänemark im Gegenzug nur 2,1 Terawattstunden einfuhrte.

Der Stromhandel mit dem Ausland ist sehr rege – vor allem nach Österreich und in die Niederlande wird viel Strom exportiert

Abbildung 15



Exporte: 97,8 TWh (2014: 76,5 TWh)
 Importe: 36,9 TWh (2014: 41,1 TWh)
 Saldo: 60,9 TWh (2014: 35,1 TWh)
 Stromhandel in TWh

Eigene Berechnungen auf Basis von ENTSO-E 2015. Es werden kommerzielle Stromhandelsflüsse dargestellt, keine physikalischen Stromflüsse.

Diese Entwicklung wurde insbesondere durch zwei Faktoren begünstigt:

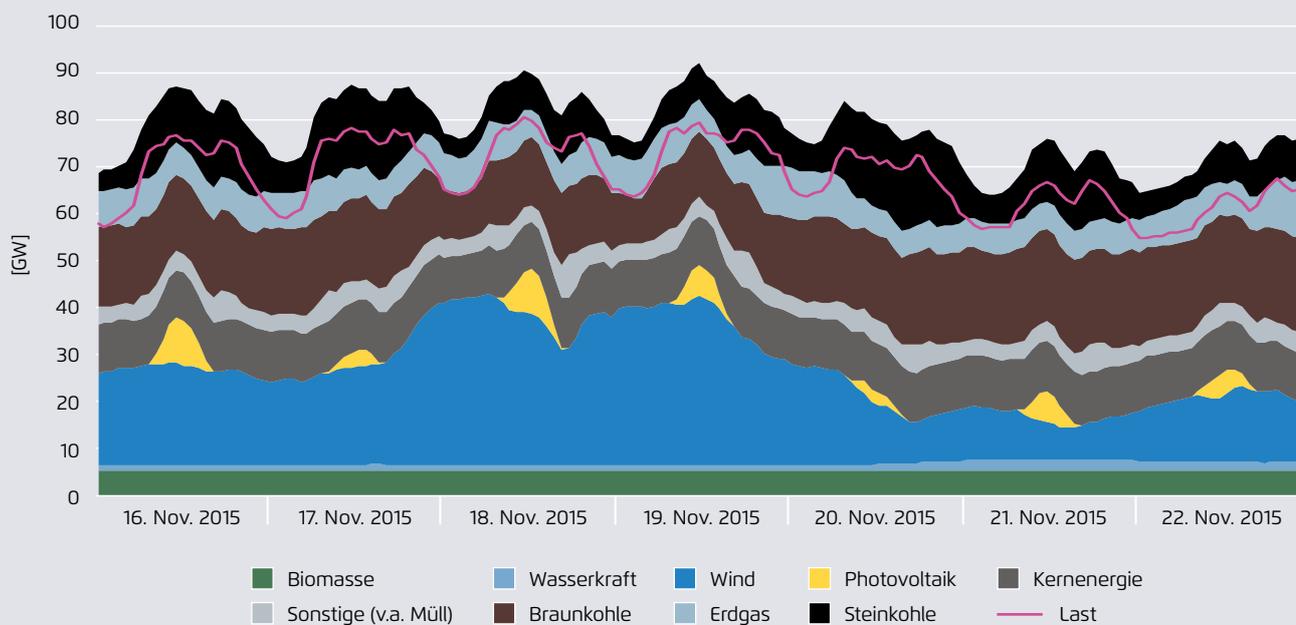
- Nach mehrjähriger Vorbereitung wurde am 20. Mai 2015 im Handel in der zentralwesteuropäischen Region (Benelux, Frankreich, Schweiz, Österreich und Deutschland) die lastflussbasierte Methode zur Bemessung der Grenzkuppelkapazitäten aktiviert. Dieses Verfahren optimiert die für den Stromhandel verfügbaren Leitungskapazitäten, wodurch die Potenziale zum Stromaustausch in der CWE-Region gestiegen sind.
- Die gestiegene Produktion aus Erneuerbaren Energien hat in Deutschland Kohlestrom verdrängt, der – angesichts der weiterhin niedrigen Börsenstrompreise in Deutschland – von ausländischen Abnehmern gekauft wurde. Da die Erneuerbaren Energien in der *Merit Order*

der Strombörse zuerst den Zuschlag erhalten und die anderen konventionellen Energien entweder Must-Run-Anlagen sind (Gas-Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen bzw. Müllkraftwerke) oder niedrigere Grenzkosten haben (Kernenergie, Braunkohle), ist der aus Deutschland exportierte Strom fast immer Strom aus Steinkohlekraftwerken (vgl. Abbildung 15). Damit bleibt die Produktion von CO₂-intensivem Kohlestrom auch europaweit auf hohem Niveau – trotz ausreichend klimafreundlicheren Gaskapazitäten sowohl in Deutschland als auch in Nachbarländern wie Niederlande oder Österreich.

Ursache für die hohen Stromexporte von Deutschland zu seinen Nachbarn sind die Strompreisunterschiede zwischen den Ländern. Die deutsch-österreichische Preiszone hat nach Skandinavien mit seinen traditionell niedrigen

Typische Stromproduktion in einer Novemberwoche 2015 – ein großer Teil der Steinkohlestromproduktion wird exportiert

Abbildung 16



Agora Energiewende 2015b. (www.agora-energiewende.de/agorameter).

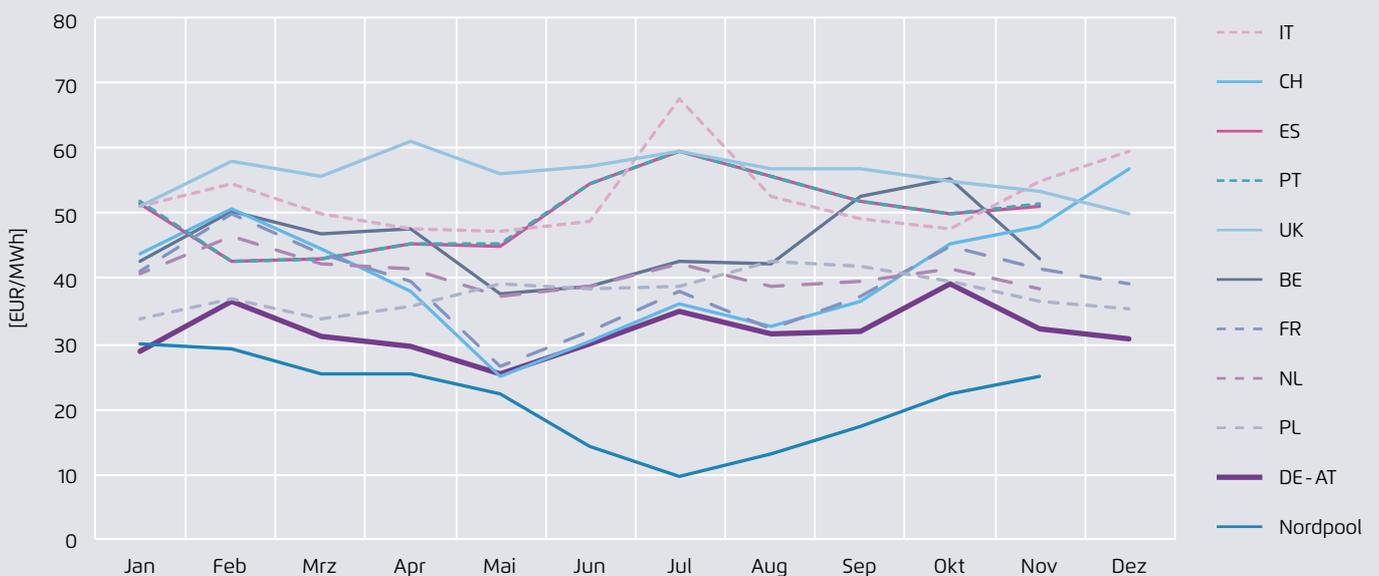
Hinweis: Produzierter Strom oberhalb der Nachfragekurve wird exportiert. Da Erneuerbare Energien in der *Merit Order* der Kraftwerke an erster Stelle stehen, Kernkraft und Braunkohle zu sehr niedrigen Grenzkosten produzieren und die Stromproduktion aus Gas-KWK und Müllverbrennungsanlagen überwiegend unabhängig vom Strompreis erfolgt, stammt der „Überschuss-Strom“, der in die Nachbarländer exportiert wird, überwiegend aus Steinkohlekraftwerken.

Strompreisen (21 Euro im Schnitt 2015) die zweitniedrigsten Strompreise in Europa – so lagen die Preise in Deutschland und Österreich im Schnitt im Jahr 2015 bei etwa 31,60 Euro pro Megawattstunde. Demgegenüber betrugen sie 2015 in Polen, Frankreich, Schweiz und in den Niederlanden etwa 40 Euro pro Megawattstunde und in Spanien, Portugal, Italien und Großbritannien lagen sie im Schnitt bei 50 Euro pro Megawattstunde und mehr (vgl. Abbildung 17).

Ursache für die höheren Strompreisniveaus in diesen Ländern ist ein höherer Anteil von Gaskraftwerken beziehungsweise im Fall von Spitzenreiter Großbritannien (56 Euro pro Megawattstunde) der CO₂-Mindestpreis von 18 Pfund (circa 24 Euro) pro Tonne CO₂, der von britischen Kraftwerksbetreibern zusätzlich zum EU-Emissionshandelspreis zu entrichten ist, sodass britische Kraftwerke derzeit pro ausgestoßener Tonne CO₂ Kosten von etwa 32 Euro zu tragen haben.

Deutschland hat nach Skandinavien die niedrigsten Strompreise in Europa: Börsenstrompreise 2015 (Day-Ahead Base) im europäischen Vergleich

Abbildung 17



EPEX Spot 2015, BELPEX 2015, OMEL 2015, GME 2015, Nordpool 2015, APX Power 2015, PolPX 2015, Quandl 2015, eigene Berechnungen

6. Preisentwicklung in Deutschland

Der Rückgang der Großhandelsstrompreise seit 2011 hat sich im vergangenen Jahr fortgesetzt. Sowohl am Termin- als auch am Spotmarkt sind die Preise an der Leipziger Strombörse erneut gesunken, wobei sich dies in den Terminmärkten für Strom in den Jahren 2016 und danach noch deutlicher bemerkbar machte als für den täglich gehandelten Strom im Jahr 2015 selbst.

Der für die Strombeschaffung der Vertriebe relevante Preis für eine Stromlieferung im Jahr 2016 (1-Jahres-Future) ist im Laufe des Jahres 2015 kontinuierlich gesunken und lag im Mittel bei rund 31 Euro pro Megawattstunde, das entspricht einem Rückgang von etwa 12 Prozent. Seit 2011 ist

dieser rollierende Jahresfuture um 25 Euro die Megawattstunde gefallen – fast auf die Hälfte des Niveaus des Jahres 2011, das bei 56 Euro pro Megawattstunde lag.

Besonders drastisch ist der Verfall der Preise auf langfristige Sicht: Die Preise für Stromlieferungen in den Jahren 2017 bis 2019 lagen zum Ende des Handelsjahres zum Teil weit unter 30 Euro (vgl. Abbildung 19). Daraus lässt sich auf die Erwartung der Händler für den Strommarkt der kommenden Jahre schließen; demnach werden die kommenden Jahre nach Ansicht der Händler weiter von einem großen Stromangebot bei niedrigen Erzeugungskosten und verhältnismäßig moderater Stromnachfrage geprägt sein.

Der Strompreis an der Börse ist auch 2015 weiter gefallen: Rollierender Jahresfuture 2007-2015

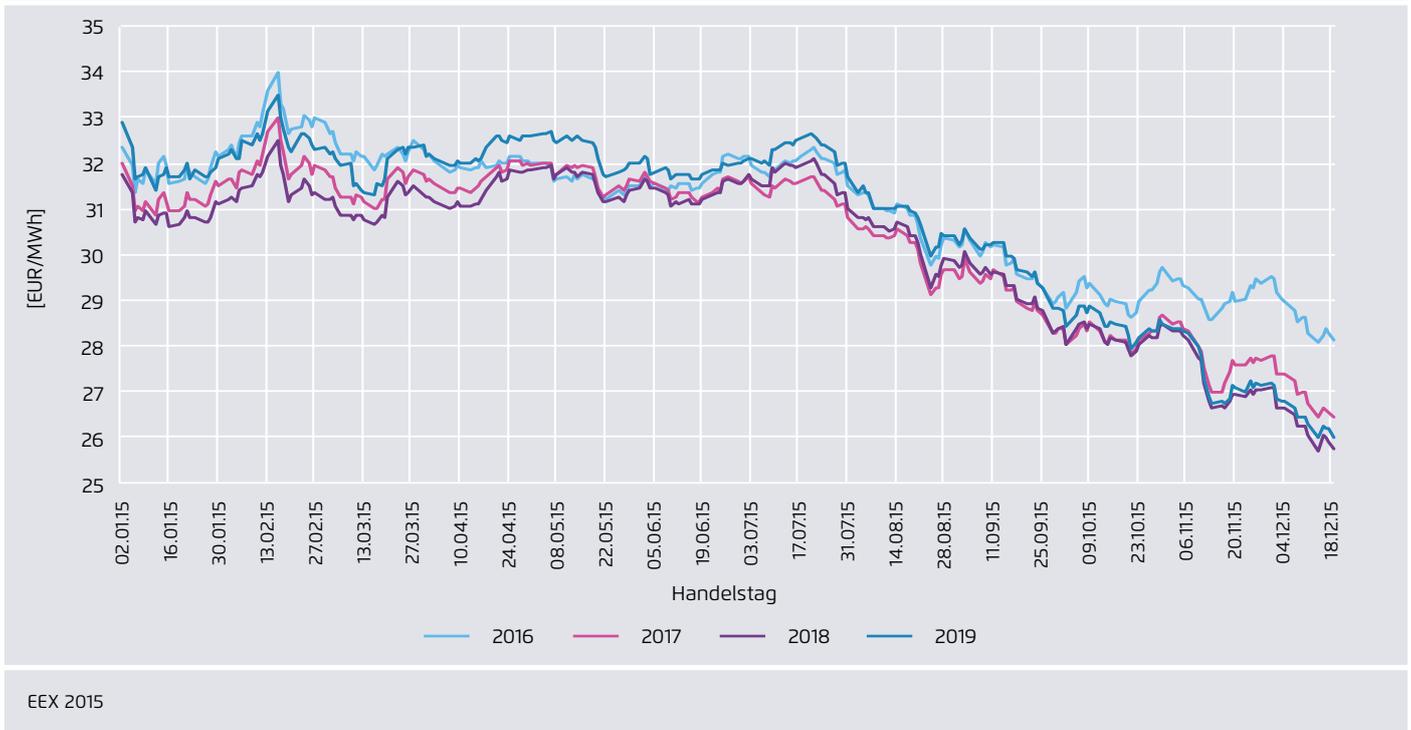
Abbildung 18



EEX 2015

Bis ins Jahr 2019 kann Strom für unter 30 Euro pro Megawattstunde eingekauft werden: Future-Preise im Handelsjahr 2015 für die Jahre 2016-2019

Abbildung 19



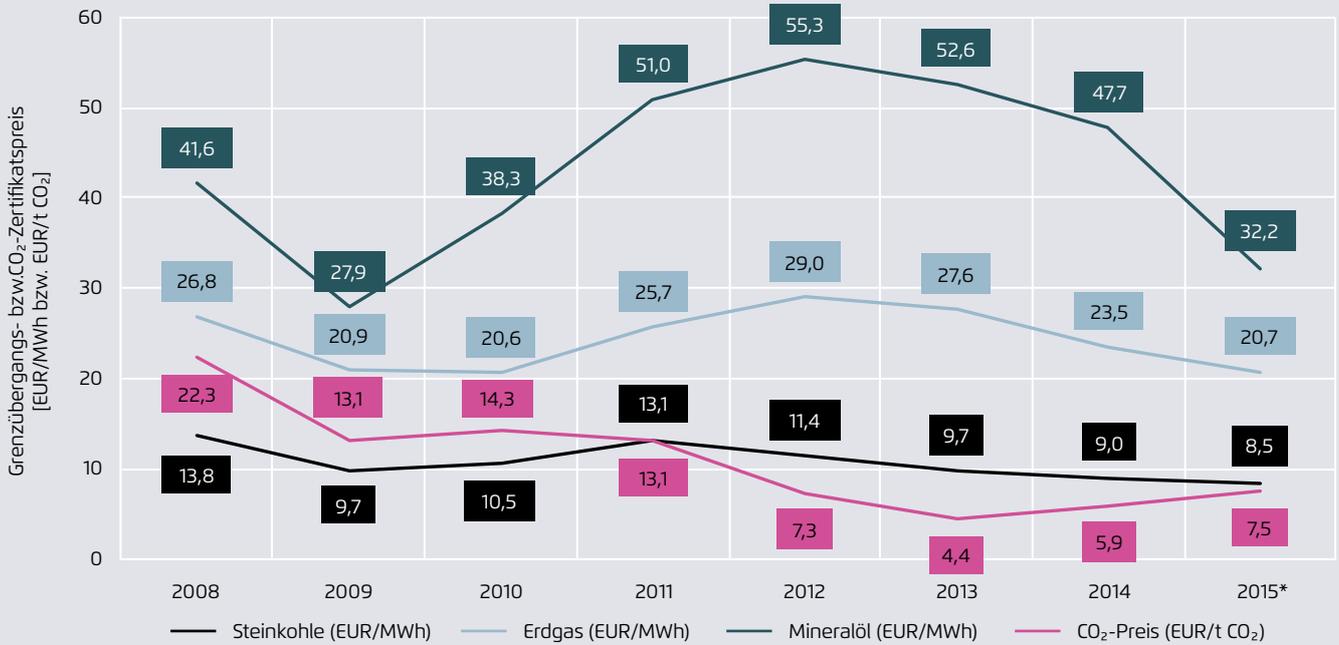
Die für die Erzeugungskosten wichtigen Grenzübergangspreise für Steinkohle, Erdgas und Mineralöl sind im vergangenen Jahr wie schon 2014 gesunken, wohingegen der CO₂-Zertifikatspreis 2015 wieder leicht zugelegt. Er lag im Mittel bei etwa 7,50 Euro pro Tonne CO₂.

Diese Preiskonstellation wirkte sich leicht auf die Grenzkosten von Stein- und Braunkohlekraftwerke aus – sie stiegen ein wenig an. Umgekehrt sanken die Grenzkosten von Erdgaskraftwerke ein wenig, da diese weniger von den Preisen für Emissionsrechte abhängig sind und gleichzeitig von den gesunkenen Grenzübergangspreisen für Gas profitieren konnten. Gleichwohl liegen die Grenzkosten von neuen Gas- im Vergleich zu alten Steinkohlekraftwerken noch etwa sieben Euro pro Megawattstunde auseinander, so dass sich an der durch die Grenzkosten determinierten Einsatzreihenfolge der Kraftwerke nichts geändert hat: Alte Steinkohlekraftwerke kommen vor neuen Gaskraftwerken zum Zug.

Die gesunkenen Preise und Preiserwartungen spiegeln sich auch in den Beschaffungskosten der Stromvertriebe wider – sie gehen zurück. Trotz leicht steigender EEG-Umlage sinkt daher die Summe aus EEG-Umlage und Beschaffungskosten im Jahr 2016 (vgl. Abbildung 22). Gleichzeitig steigen jedoch KWKG- und sonstige Umlagen, zudem erhöhen sich auch die Netznutzungsentgelte in vielen Vertriebsgebieten. Insgesamt dürften im Durchschnitt für die Privathaushalte im Jahr 2016 die Strompreise daher leicht steigen und wieder das Niveau von 2014 erreichen (vgl. Abbildung 23).

Rohstoffpreise sinken 2015 deutlich, CO₂-Preise steigen leicht: Grenzübergangspreise für Erdgas, Steinkohle und Mineralöl und Zertifikatspreis für CO₂

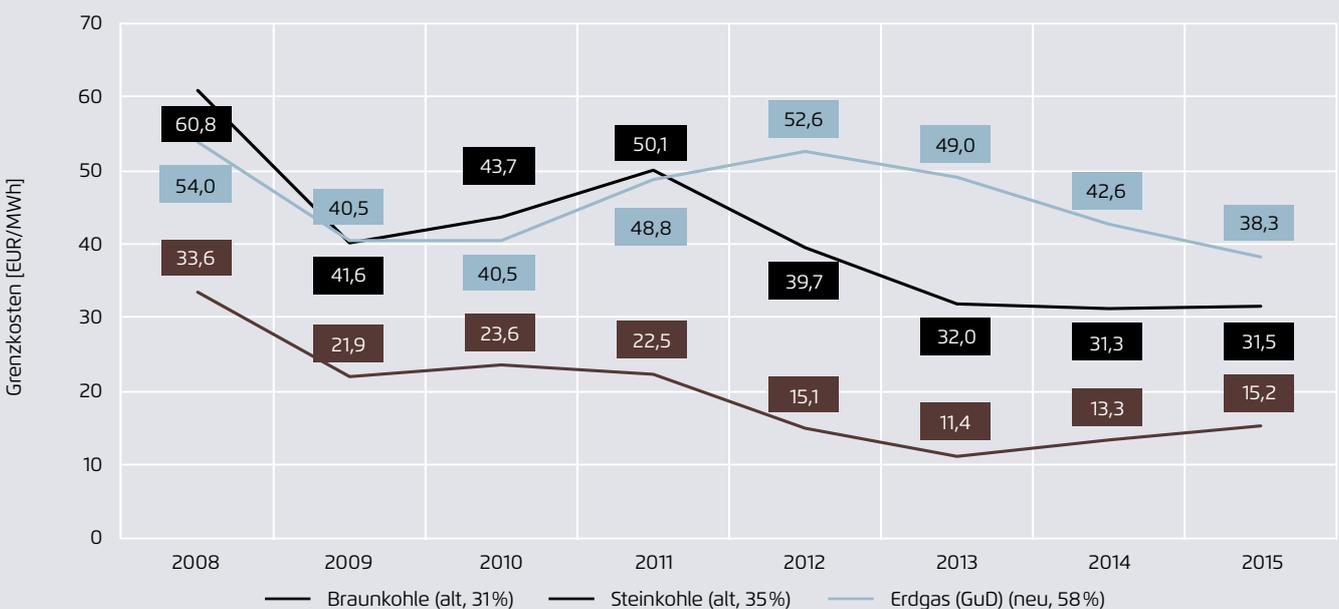
Abbildung 20



BAFA 2015a, BAFA 2015b, BAFA 2015c, EEA 2015, DEHSt 2015, eigene Berechnungen

Trotz der gesunkenen Grenzübergangspreise für Erdgas und der leicht gestiegenen CO₂-Preise sind neue Gaskraftwerke nicht konkurrenzfähig gegenüber alten Kohlekraftwerken: Grenzkosten für neue Erdgas-, alte Braunkohle- und alte Steinkohlekraftwerke

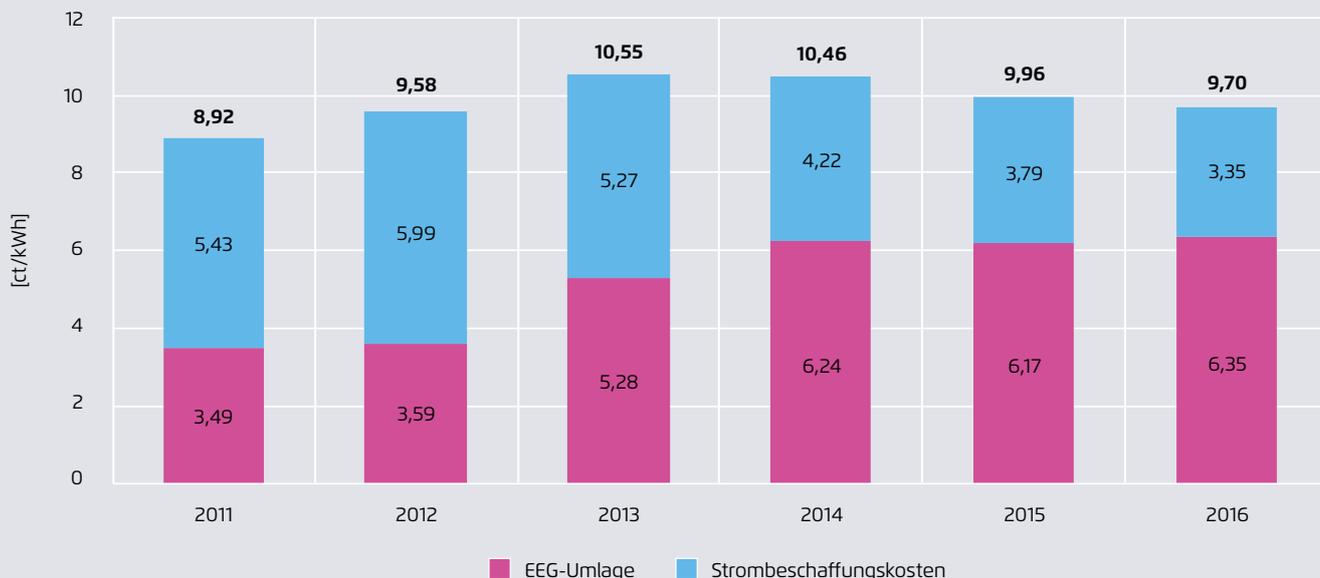
Abbildung 21



BAFA 2015b, BAFA 2015c, DEHSt 2015, EEA 2015, Lazard 2015, Statistisches Bundesamt 2015b, UBA 2015a, eigene Berechnungen

Die Summe aus Strombeschaffung und EEG-Umlage bleibt auch 2016 unter 10 Cent pro Kilowattstunde: Strombeschaffungskosten (70 Prozent Ein-Jahres-Future (Base), 30 Prozent Ein-Jahres-Future (Peak)) und EEG-Umlage 2011-2016

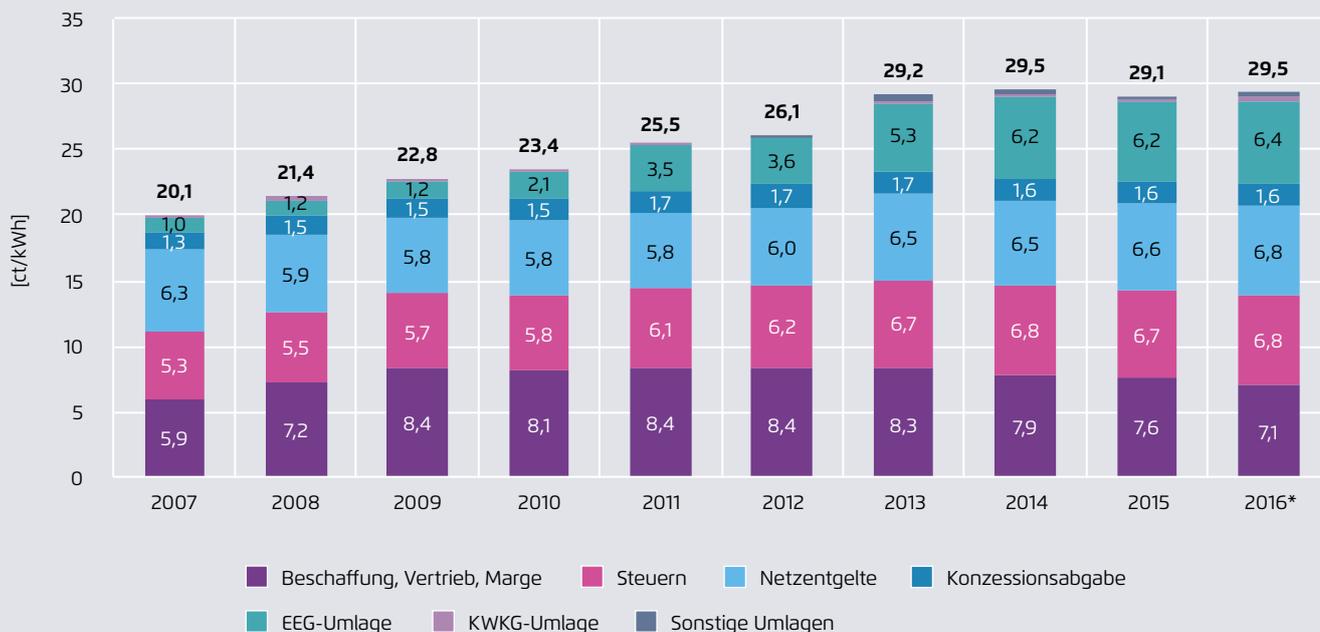
Abbildung 22



EEX 2015, Übertragungsnetzbetreiber 2015

Die Haushaltsstrompreise steigen 2016 wieder leicht auf das Niveau 2014: Haushaltsstrompreise 2007-2016

Abbildung 23



BNetzA 2015, * eigene Schätzung

7. Spotmarkt, negative Strompreise und Flexibilität

Die stündlich gehandelten Preise am Spotmarkt der EPEX (*Day-ahead*) lagen im Jahr 2015 bei durchschnittlich 31,60 Euro pro Megawattstunde und damit auf einem sehr niedrigen Niveau. Gegenüber dem Vorjahr sind die Preise am Spotmarkt damit nochmals um 3,40 Euro je Megawattstunde gesunken.

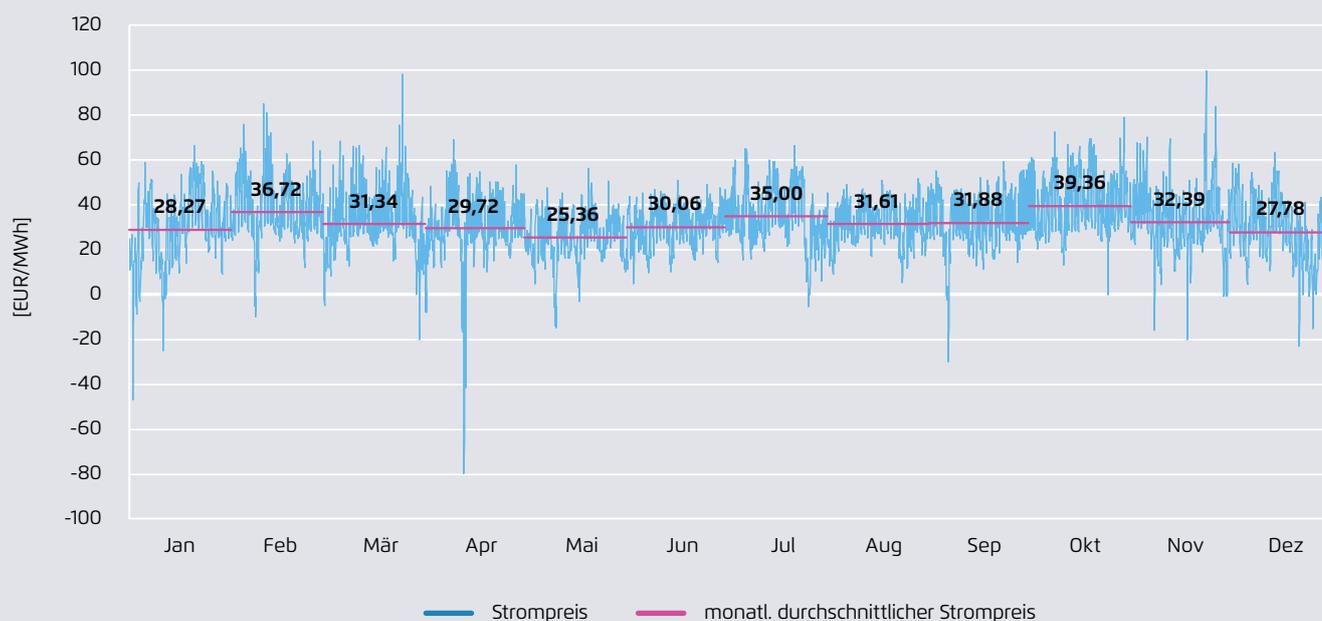
In Stunden, an denen eine niedrige Nachfrage, eine hohe Stromproduktion aus Erneuerbaren Energien und eine mangelnde Flexibilität von konventionellen Kraftwerken aufeinander treffen, treten negative Strompreise auf. Dies bedeutet, dass Abnehmer von Strom Zahlungen dafür erhalten, dass sie dann Strom beziehen. Die Anzahl solcher Stunden und die absolute Höhe der negativen Preise sind Indikatoren für die (mangelnde) Flexibilität des Stromsystems, da es in diesen Stunden eigentlich betriebs- und volkswirtschaftlich sinnvoll wäre, die Stromproduktion aus konventionellen Kraftwerken zu reduzieren. Verschiedene

Hemmnisse (unter anderem An- und Abfahrkosten bei Braunkohle- und Kernkraftwerken, mangelnde Wärmespeicher bei KWK-Anlagen, Design des Regelleistungsmarktes) verhindern jedoch, dass dies immer geschieht.

In Summe ist die Zahl der Stunden mit negativen Strompreisen nach wie vor recht niedrig. Im Jahr 2015 waren an insgesamt 126 Stunden negative Strompreise zu verzeichnen, das entspricht 1,4 Prozent der Stunden des Jahres. In den beiden Vorjahren waren 64 Stunden mit negativen Strompreisen zu verzeichnen (0,7 Prozent der Jahresstunden). Es handelt sich also um einen starken Zuwachs auf niedrigem Niveau. Demgegenüber weisen die Werte der negativen Strompreise eine stark sinkende Tendenz auf. Während im Jahr 2012 der Durchschnitt der 56 Stunden mit negativen Preisen bei minus 60,51 Euro pro Megawattstunde lag, waren es 2015 nur minus 9 Euro.

Die Spotmarktpreise der EPEX lagen durchschnittlich 31,60 Euro/MWh, 3,40 Euro unter Vorjahresniveau

Abbildung 24



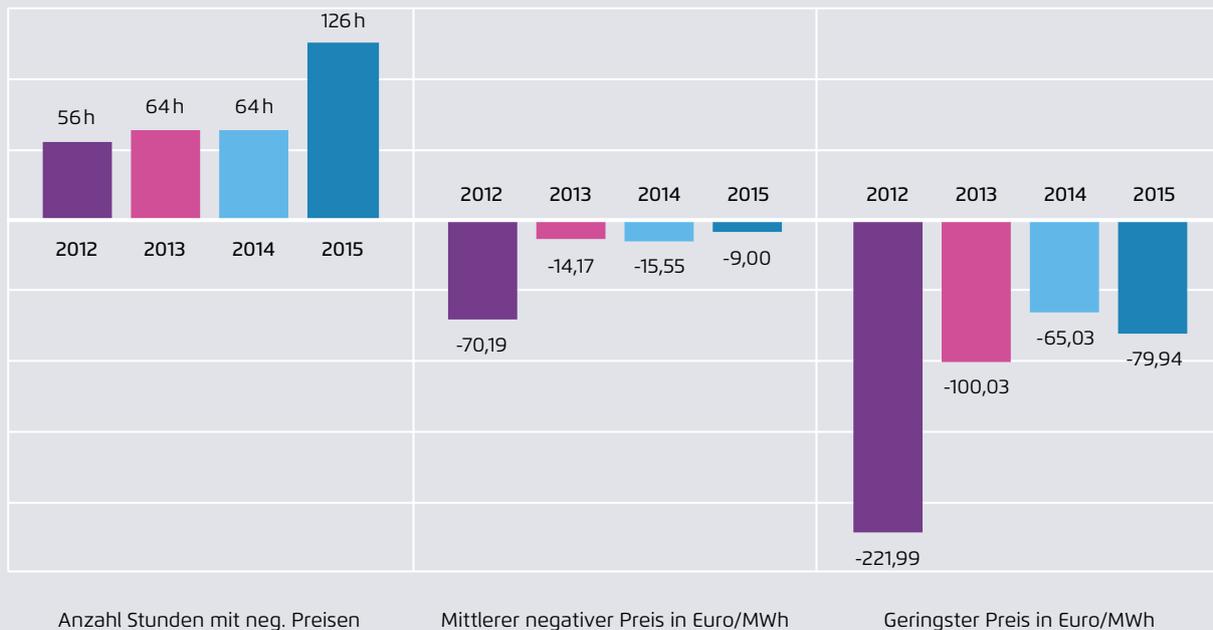
EPEX 2015

Die beiden Entwicklungen zeichnen also ein gemischtes Bild hinsichtlich der Flexibilität des Stromsystems. Einerseits steigt angesichts der stark gewachsenen Produktion von Wind- und Solaranlagen bei einem sich gleichzeitig langsam flexibilisierenden Stromsystem die Zahl der Stunden mit negativen Preisen. Andererseits sinkt das Preisniveau negativer Stunden deutlich, was darauf hinweist, dass immer mehr Marktteilnehmer versuchen, stark negative Preise zu vermeiden, also im Rahmen ihrer Möglichkeiten flexibel reagieren. Mit steigenden Anteilen von Wind- und

Solarenergie wird sich die Flexibilitätsherausforderung weiter vergrößern, sodass sowohl auf Seiten der Kraftwerksbetreiber als auch auf Seiten der Regulierung weitere Anstrengungen nötig sein werden. Dies ist deswegen besonders relevant, als dass ab dem 01. Januar 2016 §24 des EEG 2014 gilt, wonach Neuanlagen größer als 500 Kilowatt (Windenergieanlagen größer als 3 Megawatt) in Zeiträumen mit negativen Preisen keine Vergütung erhalten, wenn diese sechs Stunden oder länger andauern. Im Jahr 2015 gab es sieben solcher Zeiträume mit insgesamt 56 Stunden.

Stunden mit negativen Strompreisen, mittlerer negativer Preis sowie geringster Preis 2012-2015

Abbildung 25



8. Treibhausgasemissionen

Da im Jahr 2015 ein kälterer Winter als 2014 zu verzeichnen war, sind die deutschen Treibhausgasemissionen aufgrund des gestiegenen Heizenergieverbrauchs leicht angestiegen. Nach einer ersten Schätzung wurden im Jahr 2015 925 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente Treibhausgase ausgestoßen, fünf Millionen Tonnen mehr als 2014. Die Emissionen Deutschlands sind damit im Jahr 2015 wieder auf dem Niveau von 2011 angelangt, das heißt bei einer Reduktion der Treibhausgasemissionen um 26 Prozent unter das Niveau von 1990. Ziel der Bundesregierung ist es, die Emissionen bis 2020 um 40 Prozent zu senken.

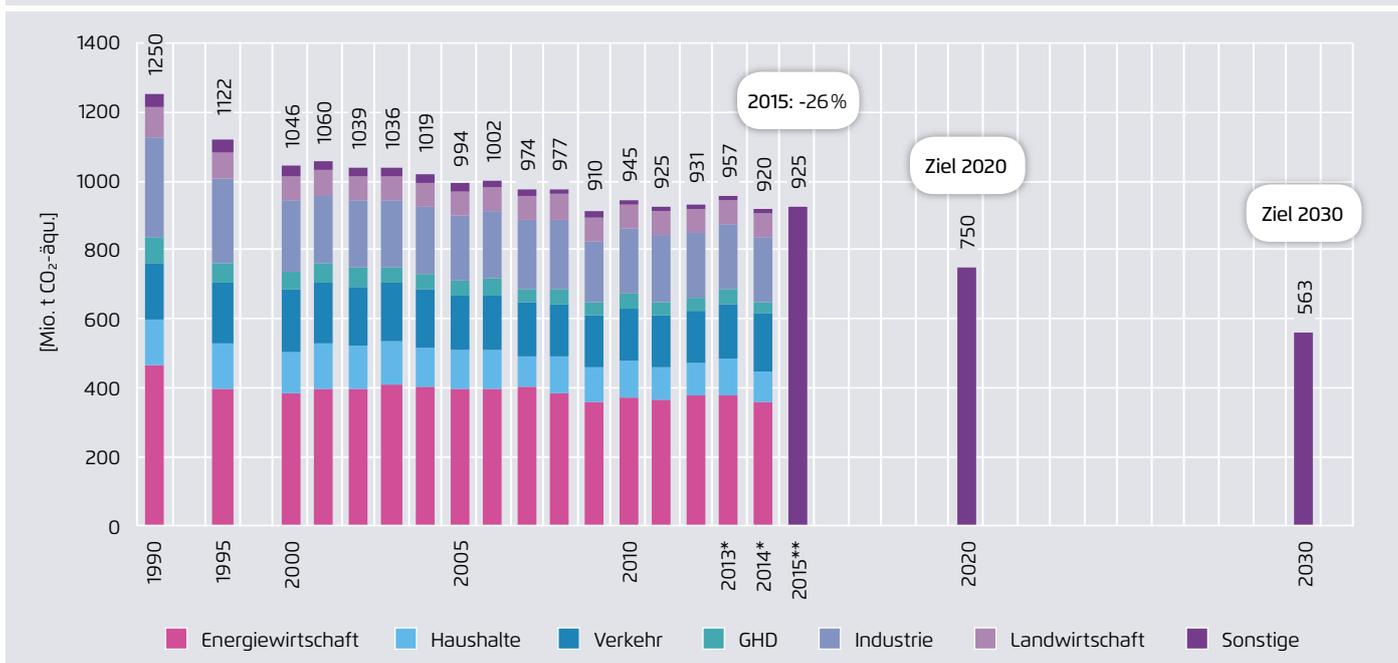
Da rund 40 Prozent der gesamten Treibhausgasemissionen Deutschlands auf die Energiewirtschaft entfallen, spielen die CO₂-Emissionen des Stromsektors eine besondere Rolle, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Diese Emissionen sind nach einer ersten Schätzung im Jahr 2015 um 5 Millio-

nen Tonnen leicht zurückgegangen. Sie liegen mit 313 Millionen Tonnen ebenfalls wieder auf dem Niveau des Jahres 2011.

Dass die Emissionen des Stromsektors trotz der seit 2011 deutlich gestiegenen Stromproduktion aus CO₂-freien Energieträgern (+55 Terawattstunden Nettoeffekt aus Erneuerbaren-Zubau und Kernenergie-Abschaltung) und des seither erfolgten Nachfragerückgangs (-10 Terawattstunden) nicht gesunken sind, liegt an der seither gestiegenen Stromerzeugung aus Stein- und Braunkohle (+11 Terawattstunden), die zunehmend auch für den Export erfolgt (+44 Terawattstunden Nettoexportsaldo). Insgesamt verursachte die Braunkohleverstromung mehr als 150 Millionen Tonnen CO₂ und die Steinkohleverstromung fast 100 Millionen Tonnen CO₂.

Die Treibhausgasemissionen steigen 2015 wieder leicht an: Treibhausgasemissionen nach Sektor 1990-2015 sowie Reduktionsziele für 2020 und 2030

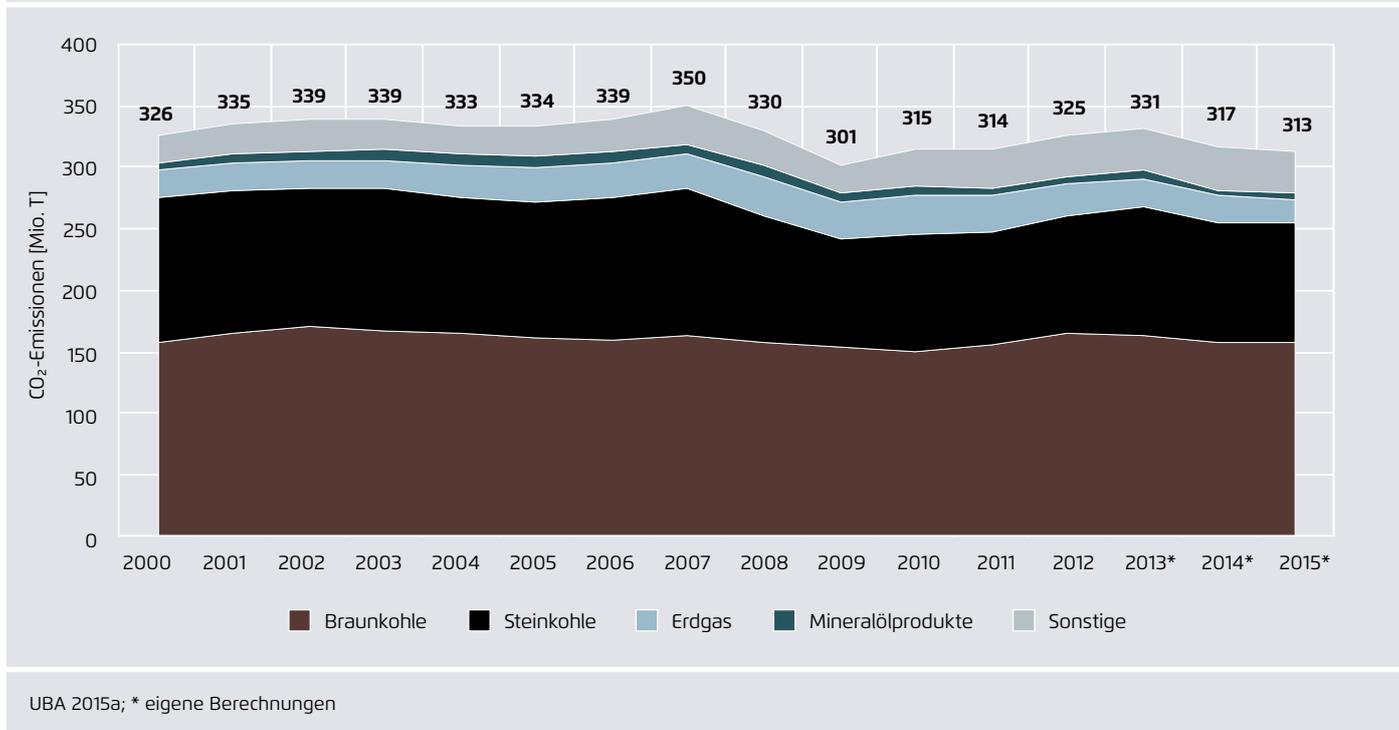
Abbildung 26



UBA 2015b, * eigene Berechnungen, ** eigene Schätzung

Die CO₂-Emissionen des Stromsektors liegen 2015 wieder auf dem Niveau von 2011: CO₂-Emissionen des Stromsektors 2000-2015 nach Energieträgern

Abbildung 27



Um das deutsche Klimaschutzziel für 2020 zu erreichen, müssen in Deutschland die jährlichen Treibhausgasemissionen bis dahin um 500 Millionen Tonnen gegenüber 1990 reduziert werden (entsprechend 40 Prozent). Bis 2015 betrug die Reduktion 325 Millionen Tonnen. Bis 2020 müssen dementsprechend noch weitere 175 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente reduziert werden. Dies ist ohne eine deutliche Reduktion der Treibhausgasemissionen in allen energierelevanten Bereichen – Strom, Wärme und Verkehr – nicht erreichbar. Hierfür wird eine konsistente Dekarbonisierungsstrategie benötigt.

9. Stimmung der Bevölkerung zur Energiewende

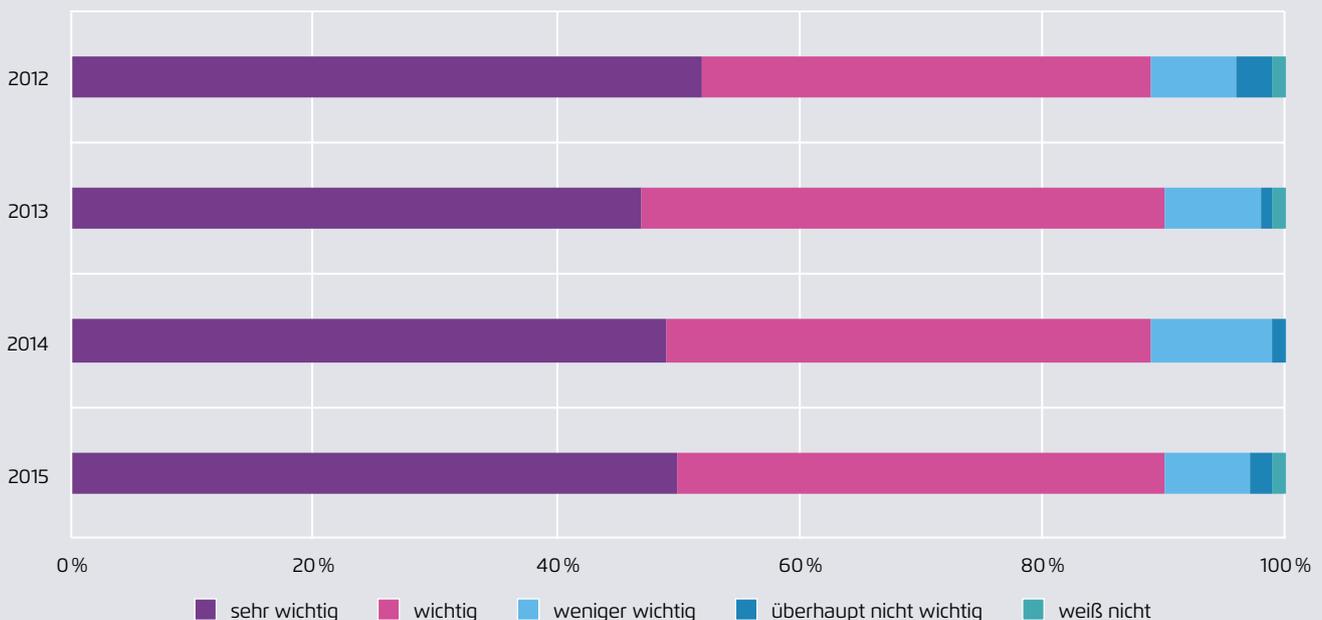
Die Zustimmung zur Energiewende lag 2015 weiterhin auf einem sehr hohen Niveau: 90 Prozent der Bevölkerung halten die Energiewende laut dem jährlichen Energiemonitor, den die Forschungsgruppe Wahlen im Auftrag des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft erhebt, für wichtig oder sehr wichtig (Abbildung 28). Dieser Wert ist sehr konstant seit 2012, wobei etwa 50 Prozent der Befragten die Energiewende für „sehr wichtig“ und 40 Prozent der Befragten sie für „wichtig“ halten.

In einer Umfrage des Allensbach-Instituts im Auftrag des Bundespresseamts dazu, welche Energieträger in den

nächsten Jahrzehnten eine wichtige Rolle in der Energiewirtschaft spielen sollen, liegen die Erneuerbaren Energien weit vorne, mit Zustimmungsraten von 85 Prozent für Sonnenenergie und 77 Prozent für Windenergie. Einziger konventioneller Energieträger mit einer nennenswerten Zustimmung ist das Erdgas (22 Prozent). Nur 5 Prozent der Befragten wünschen sich, dass die Energieversorgung in 20 bis 30 Jahren durch Kohle gesichert wird. Die Kohleverstromung erhält damit noch weniger Zustimmung als die Stromerzeugung mit Kernkraftwerken (8 Prozent Zustimmung).

Seit 2012 genießt die Energiewende eine stabile 90-Prozent-Zustimmung in der Bevölkerung: Bedeutung der Energiewende 2012-2015

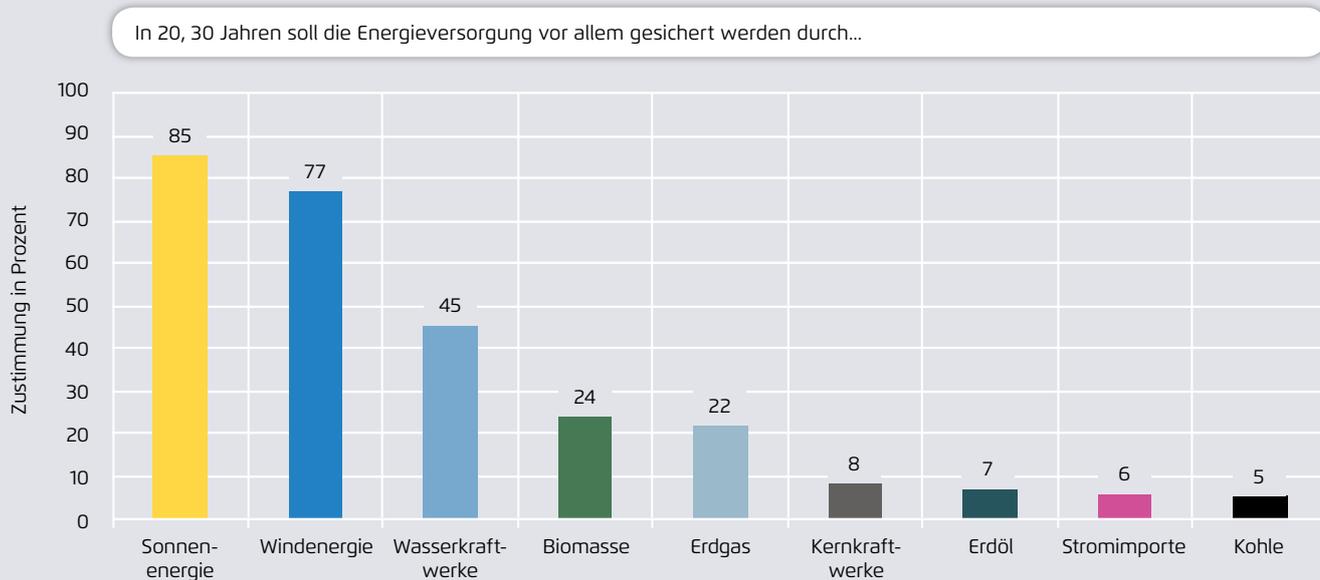
Abbildung 28



BDEW Energiemonitor 2012, 2013, 2014, 2015

Sonne und Wind genießen hohe Zustimmung, die Kohle die niedrigste: Meinung der Bevölkerung zu wichtigen Energiequellen der Zukunft

Abbildung 29



Bundespresseamt 2015, zitiert nach zeit.de und phasenpruefer.de

10 Kennzeichnende Tage zur Charakterisierung des deutschen Stromsystems

20. März 2015: Partielle Sonnenfinsternis stellt das Stromsystem auf die Probe

Am 20. März 2015 trat in Deutschland eine partielle Sonnenfinsternis auf. An diesem Tag hat sich zwischen 9:30 und 12:00 Uhr der Mond auf seiner Umlaufbahn zwischen Erde und Sonne geschoben und Deutschland einen erheblichen Teil des Tageslichts genommen.³ Rund eine Stunde lang wurde es dunkler, ehe sich der Tag langsam wieder aufhellte. Da der 20. März ein sehr sonniger Tag war, wurde die Solarstromerzeugung durch die Sonnenfinsternis deutlich beeinträchtigt.

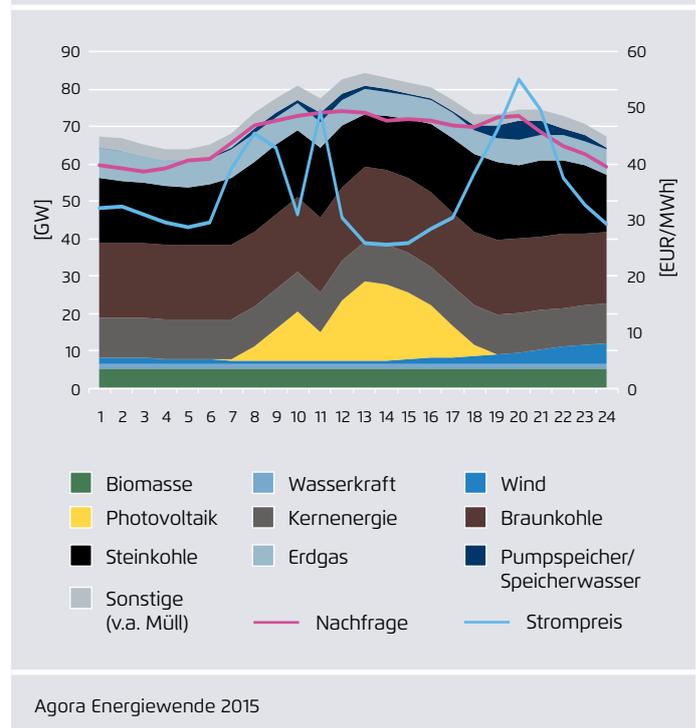
Abbildung 30 zeigt den Verlauf der stündlichen Strom-einspeisung von Photovoltaik-Anlagen am Tag der Sonnenfinsternis sowie am Tag zuvor, der ein sehr ähnliches Sonnenprofil hatte. Während an beiden Tagen die durchschnittliche stündliche Erzeugung zwischen 9 und 10 Uhr 13 Gigawatt betrug, lag sie am 20. März zwischen 10 und 11 Uhr bei nur 8 Gigawatt, um dann rasch auf 16 Gigawatt (Mittelwert 11 bis 12 Uhr) und 21 Gigawatt (Mittelwert 12 bis 13 Uhr) anzusteigen. Damit hatte sie wieder das Niveau des 19. März erreicht, denn außerhalb der Zeiten der Sonnenfinsternis waren die Solar-Einspeiseverhältnisse an beiden Tagen fast identisch.

Die binnen kurzer Zeit wegfallende Solarleistung wurde ganz überwiegend über die Mechanismen des europäischen Strommarktes – im vortägigen und innertägigen Handel – kompensiert. Infolgedessen sprangen Pumpspeicherkraftwerke ein, zudem reduzierte Deutschland seine Stromexporte während der Sonnenfinsternis – allerdings wurde auch währenddessen noch Strom ins Ausland verkauft. Die von den Übertragungsnetzbetreibern als Systemverantwortliche kontrahierte Regelleistung wurde hingegen nur in

³ Der Mond hat bis zu 82 Prozent der Sonne verdeckt (50Hertz et al, 2015).

Stromproduktion aus Solarenergie am 20. März 2015

Abbildung 30



gewöhnlichem Maße abgerufen⁴, die eigens für diesen Tag überdimensionierte Reserve wurde nicht in Anspruch genommen.

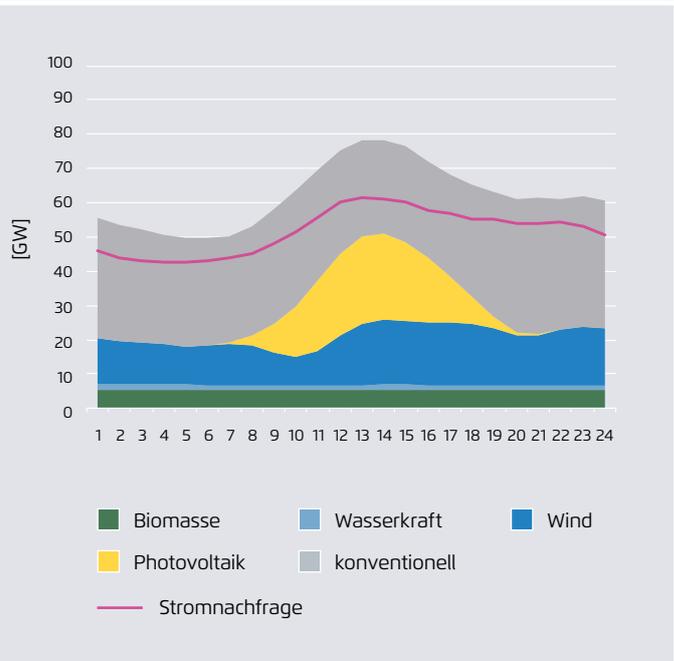
Grundlage für den reibungslosen Verlauf der Sonnenfinsternis für das Stromsystem war eine präzise Solarprognose, auf deren Grundlage die Solarstrommengen im vortägigen Handel treffsicher angeboten worden waren. Der Tag der Sonnenfinsternis kann damit als erfolgreicher Test für das Jahr 2030 angesehen werden, denn in 15 Jahren werden Rampen wie zur Sonnenfinsternis regelmäßig auftreten.

⁴ Fraunhofer IWES (2015)

23. August 2015: Maximale Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien

Am 23. August 2015 erreichte die Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien um 13 Uhr ein Allzeithoch: 50,8 Gigawatt und damit gut 83 Prozent des Stromverbrauchs stammten an diesem Dienstag vor allem aus Windkraft- (18,9 Gigawatt) und Photovoltaikanlagen (25,1 Gigawatt). Gleichwohl lag der Exportsaldo zu dieser Zeit mit 16,9 Gigawatt recht hoch. Die Preise an der Strombörse notierten mit 10,04 Euro pro Megawattstunde positiv.

Maximaler Erneuerbaren-Anteil von 83,2 Prozent am 23. August 2015 um 13 Uhr **Abbildung 31**

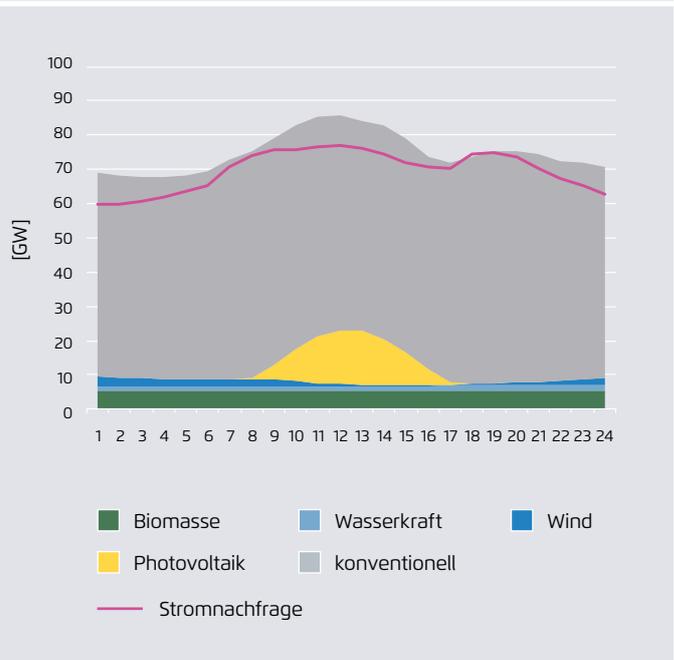


Agora Energiewende 2015

3. November 2015: Minimale Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien

Um 17 Uhr erreichte die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien am 3. November 2015 ihr Minimum für 2015 mit einer Gesamtleistung von 7,3 Gigawatt. Der Erneuerbaren-Anteil zu dieser Zeit lag bei weniger als zehn Prozent, da die Windstromproduktion auf das sehr niedrige Niveau von 0,5 Gigawatt fiel. Am selben Tag um 14 Uhr wurde auch das geringste Niveau der Windstromeinspeisung mit 0,2 Gigawatt gemessen.

Minimale Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien am 3. November um 17 Uhr **Abbildung 32**

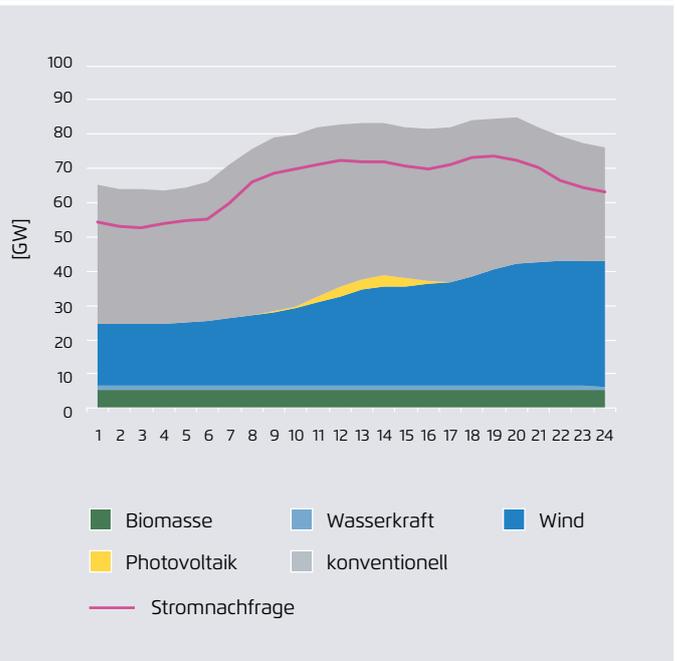


Agora Energiewende 2015

21. Dezember 2015: Maximale Windeinspeisung

Um 23 Uhr am 21. Dezember 2015 erreichte die Produktion von Windstrom ihr Maximum: Die deutschen Windkraftwerke speisten mit einer Leistung von 36,7 Gigawatt Strom ein. Damit waren die deutschen Windkraftanlagen – gemessen an ihrer Nennleistung von 40,6 Gigawatt zum Jahresende – zu diesem Zeitpunkt zu 91,5 Prozent ausgelastet.

Maximale Windstromeinspeisung am 21. Dezember um 23 Uhr: 36,7 Gigawatt Abbildung 33

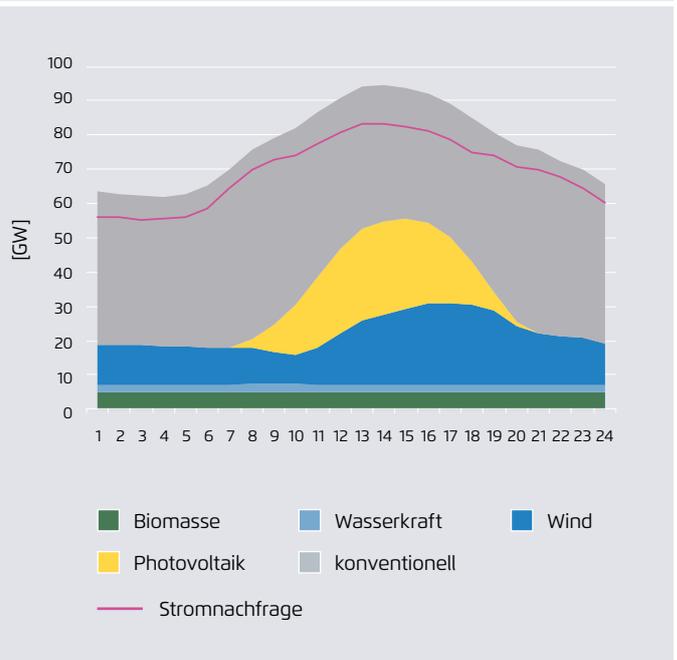


Agora Energiewende 2015

21. April 2015: Maximale Solareinspeisung

Um 13 Uhr erreichte die Leistung aller deutschen Solarstromanlagen am 21. April 2015 28,5 Gigawatt. Bei einer zu diesem Zeitpunkt installierten Nennleistung von etwa 39 Gigawatt (Jahresende: circa 39,6 Gigawatt) entspricht das einer Auslastung von 73 Prozent.

Maximale Solarstromeinspeisung am 21. April um 13 Uhr: 28,5 Gigawatt Abbildung 34



Agora Energiewende 2015

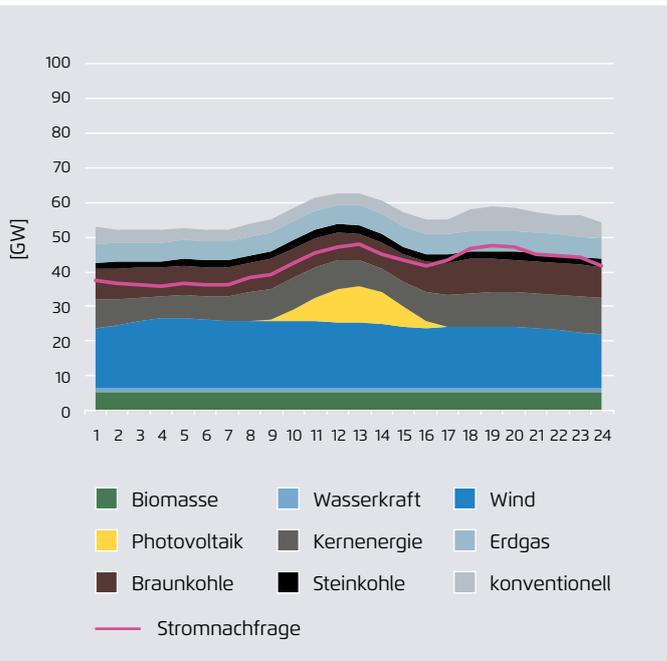
26. Dezember 2015: Minimaler Stromverbrauch und ein möglicher 100-Prozent-Wind-Tag

Um 3 Uhr morgens erreichte die Last am Zweiten Weihnachtstag ihr Jahresminimum. Nur noch 36 Gigawatt wurden verbraucht. Die Windkraft lieferte mit einer Leistung von 20,1 Gigawatt zu diesem Zeitpunkt mehr als die Hälfte des Strombedarfs. Hätte der Wind in dieser Weihnachtsnacht so stark geweht wie fünf Tage zuvor am 21. Dezember, dann hätte Deutschland erstmals in seiner Geschichte 100 Prozent seines Stroms aus Windkraft bezogen. Bemerkenswert an diesem Stromtag ist die Flexibilität konventioneller Kraftwerke: Die Braunkohlekraftwerke drosselten ihre Leistung auf 8,2 Gigawatt (Maximalleistung: 20,7 Gigawatt), die Leistung der Kernkraftwerke wurde innerhalb weniger Stunden von 10,5 auf 6,5 Gigawatt reduziert (Maximalleistung nach Stilllegung des Kernkraftwerkes Grafenrheinfeld: 11 Gigawatt) und die Steinkohleverstromung erreichte 1,9 Gigawatt (Maximalleistung: 22,2 Gigawatt). Hingegen verharrte die Leistung von Erdgaskraftwerken in diesen Stunden und Tagen konstant auf einem Niveau von etwa 5,4 Gigawatt. Dies dürfte zu einem großen Anteil Wärmelieferverpflichtungen von KWK-Anlagen auf Erdgas-Basis geschuldet sein.

15. April 2015: Jahreshöchstlast

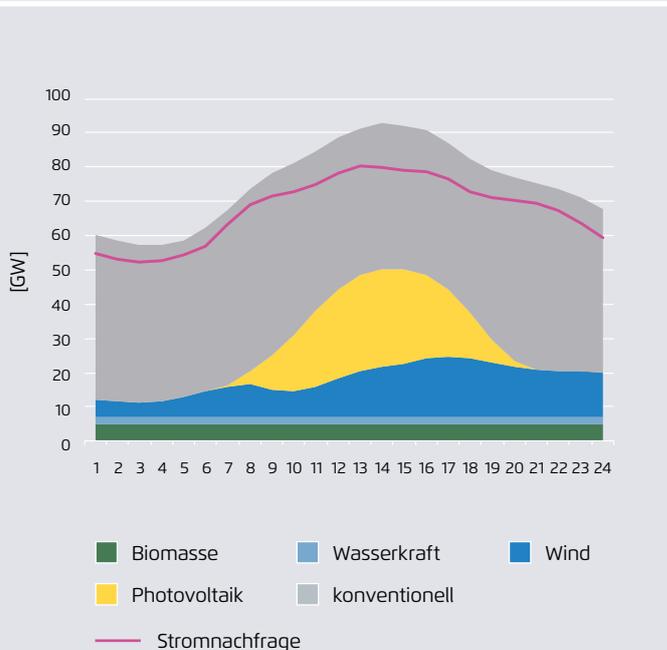
Die Jahreshöchstlast wurde am 15. April 2015 um 13 Uhr erreicht. Zu diesem Zeitpunkt wurden 83,2 Gigawatt des produzierten Stroms verbraucht. Dabei lag die Solarstromproduktion bei 27,6 Gigawatt und die Windstromproduktion bei 20,2 Gigawatt. Insgesamt wurden zu dieser Stunde 66 Prozent des verbrauchten Stroms durch Erneuerbare Energien gedeckt. Die verbleibenden 34 Prozent sowie der Export (11,5 Gigawatt) von wurden durch 10,3 Gigawatt Kernenergie, 13,8 Gigawatt Braunkohlestrom, 7,1 Gigawatt Strom aus Steinkohle, 5,4 Gigawatt Strom aus Erdgas sowie 3,2 Gigawatt sonstiger Stromerzeugung produziert.

Minimaler Stromverbrauch und viel Strom aus Erneuerbaren Energien Abbildung 35



Agora Energiewende 2015

Tag der Jahreshöchstlast Abbildung 36



Agora Energiewende 2015

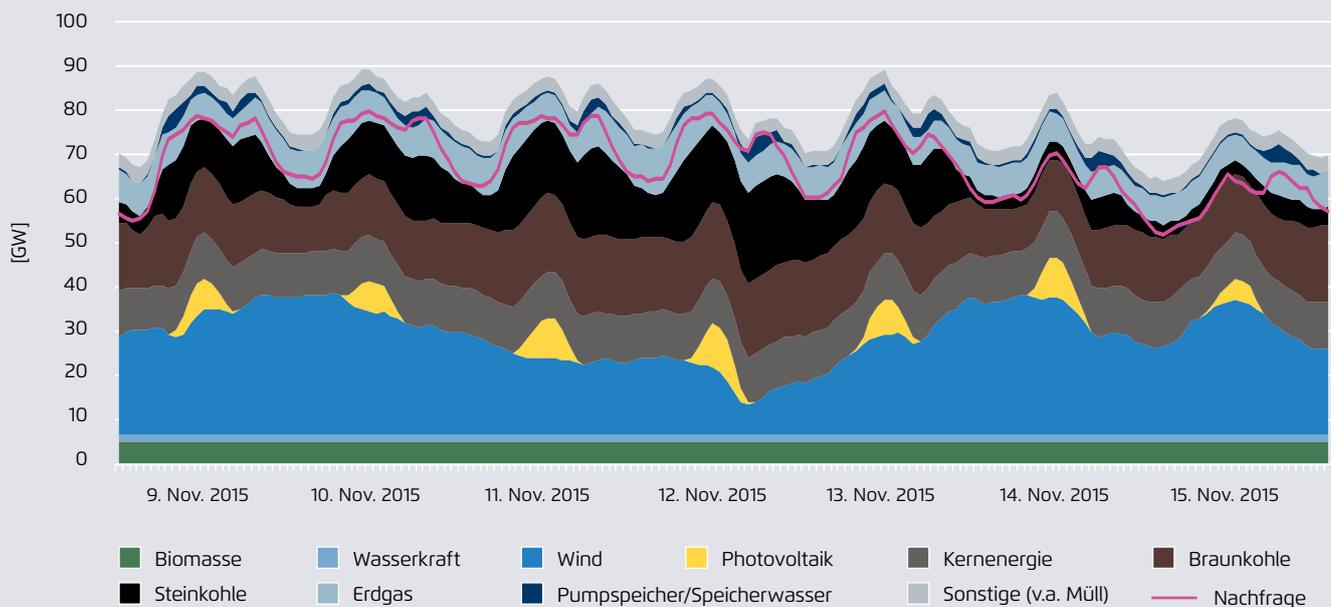
Kalenderwoche 46: Flexible Reaktion der fossilen Kraftwerke auf Windstrom

Die Tage vom 9. November bis 15. November 2015 sind gekennzeichnet von lang anhaltendem, starkem Wind, der allerdings einmal zur Wochenmitte am 12. November deutlich abflaut. Über den Zeitraum von mehreren Tagen werden kontinuierlich Windleistungen von mehr als 20 Gigawatt gehalten, in der Spitze sogar bis zu 31 Gigawatt. In der Wochenmitte fällt die Windleistung kurzzeitig auf 6,7 Gigawatt ab. Flexibilität in der Stromerzeugung wird im gesamten Zeitraum weitgehend von Steinkohlekraftwerken geliefert – ihre Leistung variiert zwischen 3,7 und 27,6 Gigawatt. Braunkohlekraftwerke modulieren in einem Bereich von 9,6

und 17,5 Gigawatt. Die eigentlich ebenfalls flexiblen Gaskraftwerke kommen – bis auf die Gas-KWK-Anlagen, die Wärmelieferverpflichtungen haben – kaum zum Zuge und produzieren auf einem Niveau zwischen 5,7 und 10,8 Gigawatt. Im gesamten Zeitraum wird Strom zu positiven Preisen gehandelt. Diese erreichen während des Abflauens des Windes am 12. November mit 69,49 Euro pro Megawattstunde ein Maximum in dessen Folge der Export von Strom kurzfristig einbricht – gleichwohl mit einem Exportsaldo von 2,4 Gigawatt noch nennenswert ist. Unmittelbar nach dem Wieder-Anziehen der Windleistung schnellert der Export wieder auf Werte von mehr als 7,5 Gigawatt, gleichzeitig fallen die Strompreise in ein Band von etwa 10 bis 40 Euro pro Megawattstunde zurück.

Kalenderwoche 46 mit viel Windstrom und flexiblen thermischen Kraftwerken

Abbildung 37



11 Ausblick 2016

Im Jahr 2016 wird sich das Stromsystem weiter verändern, außerdem stehen energiepolitische Entscheidungen auf der Tagesordnung. Im Stromsystem sind folgende Entwicklungen dabei schon zu Jahresanfang absehbar:

- Sehr wahrscheinlich ist ein weiteres Wachstum des Anteils Erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung, vor allem bei der Windstromerzeugung auf See. Die Grundlagen dafür wurden bereits 2015 mit der Inbetriebnahme mehrerer großer Offshore-Parks gelegt. Diese Parks werden angesichts ihrer hohen Volllaststunden einen deutlichen Effekt erzielen. Zudem könnte der in den vergangenen Jahren rückläufige Trend beim Ausbau der Photovoltaik langsam wieder ins Positive drehen: Zum Jahreswechsel 2016 wurde erstmals seit ihrer Einführung die Einspeisevergütung für Solarstrom nicht gesenkt, gleichzeitig sinken die globalen Modulpreise weiter.
- Umgekehrt wird die Stromproduktion aus konventionellen Kraftwerken weiter abnehmen. Hierzu trägt insbesondere die Stilllegung des Kernkraftwerks Grafenrheinfeld bei, die erst zur Jahresmitte 2015 erfolgte und die sich somit erstmals 2016 voll auf eine Jahresstromproduktion auswirkt. Ob hingegen die Kohlekraftwerke auch 2016 weiter auf dem Niveau des Jahres 2015 verbleiben oder ihre Stromproduktion ebenfalls zurückgehen wird, dürfte in erster Linie von den Exportmöglichkeiten des Jahres 2015 abhängen.
- Zur Sicherung des Stromnetzes dürften zwei Effekte beitragen: Zum einen die Inbetriebnahme eines Teils der „Thüringer Strombrücke“. Sie verbindet die Regelzone von 50 Hertz in Ostdeutschland mit der Regelzone von Tennet in Bayern und reduziert den innerdeutschen Netzengpass. Zudem soll zwischen dem deutschen und polnischen Übertragungsnetz der erste Phasenschieber – ein Betriebsmittel, das die Ringflüsse von Windstrom aus Norddeutschland nach Süddeutschland über Polen und Tschechien verhindern kann – in Betrieb genommen werden. Hierdurch könnte der Stromhandel zwischen Deutschland und Polen wieder steigen, der 2015 fast zum Erliegen gekommen war.

- Erneuerbare Energien übernehmen zunehmend mehr Systemverantwortung: Seit Mitte Dezember 2015 sind die Rahmenbedingungen klar, unter denen – zunächst einige – Windparks sich an der Bereitstellung von Regelleistung beteiligen können. Diese wurde bisher ausschließlich von fossilen Kraftwerken, Speicheranlagen sowie Wasserkraft- und Biogaskraftwerken geliefert.

Auch im Bereich der Energiepolitik wird es 2016 zwei entscheidende Entwicklungen geben:

- Im Jahr 2016 soll das Erneuerbare-Energien-Gesetz novelliert werden. Die Planungen der Bundesregierung sehen vor, erstmals Ausschreibungen für die Vergütung von Windkraftanlagen an Land einzuführen und in Verbindung damit eine Steuerung für die zugebauten Leistungen zu etablieren. Zentrale Diskussionspunkte werden mögliche Ausnahmeregelungen für kleinere Akteure (Stichwort Bürgerenergie) beziehungsweise kleine Anlagen sowie die Ausschreibungsmengen für Windanlagen an Land sein.
- Die Debatte über die Dekarbonisierung des Stromsystems geht weiter: Die Bundesregierung will gemäß Koalitionsvertrag und im Lichte des Klimaschutzabkommens von Paris bis Sommer 2016 einen Klimaschutzplan 2050 vorlegen. Dieser soll die bestehenden mittel- und langfristigen Klimaschutzziele Deutschlands (Minderung der Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 um 55 Prozent bis 2030, um 70 Prozent bis 2040 und um 80 bis 95 Prozent bis 2050) konkretisieren. Für 2030 soll ein Klimaschutzaktionsplan mit konkreten Maßnahmen vorgelegt werden. Hierzu wird eine konsistente Dekarbonisierungsstrategie für alle Sektoren – Strom, Wärme und Verkehr – notwendig sein.

12 Referenzen

50Hertz (2015): Sonnenfinsternis am 20. März stellt elektrisches System in Europa vor große Herausforderung. Abgerufen unter <http://www.50hertz.com/de/Medien/News/Details/newsId/16214/title/Sonnenfinsternis-am-20-Maerz-stellt-elektrisches-System-in-Europa-vor-gro%C3%9Fe-Herausforderung>

AG Energiebilanzen (2015a): Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern. Stand: 11.12.2015

AG Energiebilanzen (2015b): Primärenergieverbrauch in Deutschland. Abgerufen unter <http://www.ag-energiebilanzen.de/6-0-Primaerenergieverbrauch.html>

Agora Energiewende (2015): Agorameter. Abrufbar unter www.agora-energiewende.de

APX Power (2015): Market Results. Abgerufen unter <http://www.apxgroup.com/market-results/apx-power-nl/dashboard/> und <http://www.apxgroup.com/market-results/apx-power-uk/dashboard/>

BAFA (2015a): Amtliche Mineralölstatistiken. Abgerufen unter http://www.bafa.de/bafa/de/energie/mineraloel_rohoel/amtliche_mineraloelstatistiken/index.html

BAFA (2015b): Aufkommen und Export von Erdgas sowie die Entwicklung der Grenzübergangspreise ab 1991. Abgerufen unter http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erdgas/ausgewaehlte_statistiken/index.html

BAFA (2015c): Drittlandskohlepreis. Abgerufen unter <http://www.bafa.de/bafa/de/energie/steinkohle/drittlandskohlepreis/>

BDEW (2012): BDEW-Energiemonitor Juni 2012 – Fokus Energiewende: Das Meinungsbild der Bevölkerung

BDEW (2013): BDEW-Energiemonitor 2013: Das Meinungsbild der Bevölkerung

BDEW (2014): BDEW-Energiemonitor 2014: Das Meinungsbild der Bevölkerung

BDEW (2015): Der BDEW-Energiemonitor 2015: Das Meinungsbild der Bevölkerung

BELPEX (2015): Market Results. Abgerufen unter <http://www.belpex.be/market-results/the-market-today/dashboard/>

BNetzA (2015): Monitoringbericht 2015. Abgerufen unter http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/DatenaustauschundMonitoring/Monitoring/Monitoringberichte/Monitoring_Berichte_node.html

Bundesnetzagentur (2015): Veröffentlichung Anlagenregister August 2014 bis November 2015. Abgerufen unter http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/ErneuerbareEnergien/Anlagenregister/VOeFF_Anlagenregister/2015_11_Veroeff_AnReg.xls?sessionId=9DA7EB17D140C016AE809F3BC17F6631?__blob=publicationFile&v=1

Bundespresseamt (2015): Ergebnisse aus der Meinungsforschung. Einstellungen der Bundesbürger zu Energie- und Klimapolitik. Zitiert nach Phasenprüfer.info <http://phasenpruefer.info/buerger-wollen-kohle-aus/> und [zeit.de http://www.zeit.de/wirtschaft/2015-09/energie-allensbach-umfrage-kohle-atomkraft](http://www.zeit.de/wirtschaft/2015-09/energie-allensbach-umfrage-kohle-atomkraft)

DEHSt (2015): Berichte zum Emissionshandel. Abgerufen unter http://www.dehst.de/DE/Emissionshandel/Versteigerung/Berichte/Berichte_node.html?sessionId=018D0F5C0B36D14B64406939E6BC0CB72_cid331

EEX (2015): Transparenzdaten. Verfügbar unter www.eex-transparency.com

EPEX Spot (2015): Market Data

Fraunhofer IWES (2015): Auswertung des Effekts der Sonnenfinsternis vom 20.03.2015 auf das deutsche Energieversorgungssystem

GME (2015): Results of the Electricity Market. Abgerufen unter <http://www.mercatoelettrico.org/En/Default.aspx>

Lazard (2015): Potentielle Auswirkungen des "Nationalen Klimaschutzbeitrags" auf die Braunkohlewirtschaft

Nordpool (2015): Market Data. Abgerufen unter <http://www.nordpoolspot.com/Market-data1/Elspot/Area-Prices/ALL1/Monthly/?view=table>

OMEL (2015): Market Data. Abgerufen unter <http://www.omel.es/files/flash/ResultadosMercado.swf>

POLPX (2015): Day-Ahead Market. Abgerufen unter <http://wyniki.tge.pl/en/>

Quandl (2015): Currency Exchange Rates GBP vs. EUR. Abgerufen unter <https://www.quandl.com/data/CURRFX/GBPEUR-Currency-Exchange-Rates-GBP-vs-EUR>

Statistisches Bundesamt (2015a): Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung. Lange Reihen. Abgerufen unter <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/VGR/VolkswirtschaftlicheGesamtrechnungen.html>

Statistisches Bundesamt (2015b): Preise. Daten zur Energiepreisentwicklung

Tennet (2015): Pilotprojekt bietet Windparks Teilnahme am Regelenergiemarkt. Abgerufen unter <http://www.tennet.eu/de/news-presse/article/pilotprojekt-bietet-windparks-teilnahme-am-regelenergiemarkt.html>

UBA (2015a): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2014. Abgerufen unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-kohlendioxid-1>

UBA (2015b): UBA-Emissionsdaten 2014 zeigen Trendwende beim Klimaschutz. Abgerufen unter <https://www.umweltbundesamt.de/presse/presseinformationen/uba-emissionsdaten-2014-zeigen-trendwende-beim>

ÜNB (2015): netztransparenz.de. Verfügbar unter www.netztransparenz.de

Publikationen von Agora Energiewende

AUF DEUTSCH

12 Thesen zur Energiewende

Ein Diskussionsbeitrag zu den wichtigsten Herausforderungen im Strommarkt (Lang- und Kurzfassung)

Aktionsplan Lastmanagement

Endbericht einer Studie von Connect Energy Economics

Auf dem Weg zum neuen Strommarktdesign: Kann der Energy-only-Markt 2.0 auf Kapazitätsmechanismen verzichten?

Dokumentation der Stellungnahmen der Referenten für die Diskussionsveranstaltung am 17. September 2014

Ausschreibungen für Erneuerbare Energien

Welche Fragen sind zu prüfen?

Das deutsche Energiewende-Paradox. Ursachen und Herausforderungen

Eine Analyse des Stromsystems von 2010 bis 2030 in Bezug auf Erneuerbare Energien, Kohle, Gas, Kernkraft und CO₂-Emissionen

Die Energiewende im Stromsektor: Stand der Dinge 2014

Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2015

Die Entwicklung der EEG-Kosten bis 2035

Wie der Erneuerbaren-Ausbau entlang der langfristigen Ziele der Energiewende wirkt

Die Rolle des Emissionshandels in der Energiewende

Perspektiven und Grenzen der aktuellen Reformvorschläge

Die Rolle der Kraft-Wärme-Kopplung in der Energiewende

Status quo, Perspektiven und Weichenstellungen für einen sich wandelnden Strom- und Wärmemarkt

Der Spotmarktpreis als Index für eine dynamische EEG-Umlage

Vorschlag für eine verbesserte Integration Erneuerbarer Energien durch Flexibilisierung der Nachfrage

Die Sonnenfinsternis 2015: Vorschau auf das Stromsystem 2030

Herausforderung für die Stromversorgung in System mit hohen Anteilen an Wind- und Solarenergie

Effekte regional verteilter sowie Ost-/West-ausgerichteter Solarstromanlagen

Eine Abschätzung systemischer und ökonomischer Effekte verschiedener Zubauszenarien der Photovoltaik

Ein Kraftwerkspark im Einklang mit den Klimazielen

Handlungslücke, Maßnahmen und Verteilungseffekte bis 2020

Ein robustes Stromnetz für die Zukunft

Methodenvorschlag zur Planung – Kurzfassung einer Studie von BET Aachen

Erneuerbare-Energien-Gesetz 3.0

Konzept einer strukturellen EEG-Reform auf dem Weg zu einem neuen Strommarktdesign

Energieeffizienz als Geschäftsmodell

Ein marktorientiertes Integrationsmodell für Artikel 7 der europäischen Energieeffizienzrichtlinie

Kapazitätsmarkt oder Strategische Reserve: Was ist der nächste Schritt?

Eine Übersicht über die in der Diskussion befindlichen Modelle zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit in Deutschland

Klimafreundliche Stromerzeugung: Welche Option ist am günstigsten?

Stromerzeugungskosten neuer Wind- und Solaranlagen sowie neuer CCS- und Kernkraftwerke auf Basis der Förderkonditionen in Großbritannien und Deutschland

Publikationen von Agora Energiewende

[Kostenoptimaler Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland](#)

Ein Vergleich möglicher Strategien für den Ausbau von Wind- und Solarenergie in Deutschland bis 2033

[Negative Strompreise: Ursache und Wirkungen](#)

Eine Analyse der aktuellen Entwicklungen – und ein Vorschlag für ein Flexibilitätsgesetz

[Netzentgelte in Deutschland](#)

Herausforderungen und Handlungsoptionen

[Positive Effekte von Energieeffizienz auf den deutschen Stromsektor](#)

Endbericht einer Studie von der Prognos AG und dem Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft (IAEW)

[Power-to-Heat zur Integration von ansonsten abgeregeltem Strom aus Erneuerbaren Energien](#)

Handlungsvorschläge basierend auf einer Analyse von Potenzialen und energiewirtschaftlichen Effekten

[Stromexport und Klimaschutz in der Energiewende](#)

Analyse der Wechselwirkungen von Stromhandel und Emissionsentwicklung im fortgeschrittenen europäischen Strommarkt

[Stromspeicher für die Energiewende](#)

Untersuchung zum Bedarf an neuen Stromspeichern in Deutschland für den Erzeugungsausgleich, Systemdienstleistungen und im Verteilnetz

[Transparenzdefizite der Netzregulierung](#)

Bestandsaufnahme und Handlungsoptionen

AUF ENGLISCH

[12 Insights on Germany's Energiewende](#)

An Discussion Paper Exploring Key Challenges for the Power Sector

[A radically simplified EEG 2.0 in 2014](#)

Concept for a two-step process 2014-2017

[Benefits of Energy Efficiency on the German Power Sector](#)

Final report of a study conducted by Prognos AG and IAEW

[Comparing Electricity Prices for Industry](#)

An elusive task – illustrated by the German case

[Comparing the Cost of Low-Carbon Technologies: What is the Cheapest Option?](#)

An analysis of new wind, solar, nuclear and CCS based on current support schemes in the UK and Germany

[Cost Optimal Expansion of Renewables in Germany](#)

A comparison of strategies for expanding wind and solar power in Germany

[Increased Integration of the Nordic and German Electricity Systems](#)

Modelling and Assessment of Economic and Climate Effects of Enhanced Electrical Interconnection and the Additional Deployment of Renewable Energies

[Power Market Operations and System Reliability](#)

A contribution to the market design debate in the Pentilateral Energy Forum

[The Danish Experience with Integrating Variable Renewable Energy](#)

Lessons learned and options for improvement

[Understanding the Energiewende](#)

FAQ on the ongoing transition of the German power system

Alle Publikationen finden Sie auf unserer Internetseite: www.agora-energiewende.de

Wie gelingt uns die Energiewende?

Welche konkreten Gesetze, Vorgaben und Maßnahmen sind notwendig, um die Energiewende zum Erfolg zu führen? Agora Energiewende will helfen, den Boden zu bereiten, damit Deutschland in den kommenden Jahren die Weichen richtig stellt. Wir verstehen uns als Denk- und Politiklabor, in dessen Mittelpunkt der Dialog mit den relevanten energiepolitischen Akteuren steht.



Agora Energiewende

Rosenstraße 2 | 10178 Berlin

T +49 (0)30 284 49 01-00

F +49 (0)30 284 49 01-29

www.agora-energiewende.de

info@agora-energiewende.de

