

Sachdokumentation:

Signatur: DS 2399

Permalink: www.sachdokumentation.ch/bestand/ds/2399



Nutzungsbestimmungen

Dieses elektronische Dokument wird vom Schweizerischen Sozialarchiv zur Verfügung gestellt. Es kann in der angebotenen Form für den Eigengebrauch reproduziert und genutzt werden (private Verwendung, inkl. Lehre und Forschung). Für das Einhalten der urheberrechtlichen Bestimmungen ist der/die Nutzer/in verantwortlich. Jede Verwendung muss mit einem Quellennachweis versehen sein.

Zitierweise für graue Literatur

Elektronische Broschüren und Flugschriften (DS) aus den Dossiers der Sachdokumentation des Sozialarchivs werden gemäss den üblichen Zitierrichtlinien für wissenschaftliche Literatur wenn möglich einzeln zitiert. Es ist jedoch sinnvoll, die verwendeten thematischen Dossiers ebenfalls zu zitieren. Anzugeben sind demnach die Signatur des einzelnen Dokuments sowie das zugehörige Dossier.

Zürich, Dezember 2019

«ENERGIEWENDE IM FAKTENCHECK»

Mythen und Fakten zu Deutschlands Energiewende

Eine Analyse | Nathalie Grün, Tonja Iten, Felix Nipkow



Schweizerische
Energie-Stiftung

Fondation Suisse
de l'Énergie

Sihlquai 67
8005 Zürich
Tel. 044 275 21 21

info@energiestiftung.ch
PC-Konto 80-3230-3



Inhalt

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
Abkürzungen	5
1. Einleitung	6
1.1. Energiewende: Eine globale Transformation steht an.....	6
1.2. Aspekte der Debatte.....	6
1.3. Ziele und Fortschritt.....	7
2. Mythen und Fakten zu Deutschlands Energiewende	10
2.1. HINTERGRUND.....	10
2.1.1. Zur Geschichte der deutschen Energiewende.....	10
2.1.2. Entwicklung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes.....	11
2.2. KOSTEN.....	14
2.2.1. Investition & Förderung.....	14
2.2.2. Strompreis.....	19
2.3. KLIMA, KOHLE & ATOM.....	23
2.3.1. Treibhausgasemissionen.....	23
2.3.2. Klimaziele.....	26
2.3.3. Atomausstieg & die Rolle der Importe.....	29
2.3.4. Atomausstieg & die Rolle der Kohle.....	31
2.3.5. Atomausstieg & Kohleausstieg: Ausblick.....	34
2.4. VERSORGUNGSSICHERHEIT.....	35
2.4.1. Erzeugung.....	36
2.4.2. Stromnetz & Stabilität.....	40
2.5. WIRTSCHAFT.....	43
2.5.1. Wachstum und Innovation.....	43
2.5.2. Firmen: Wettbewerbsfähigkeit.....	44
2.5.3. Beschäftigung.....	45
2.5.4. Wettbewerbsverzerrungen.....	48
2.6. GESELLSCHAFT.....	50
2.6.1. Energiearmut.....	50
2.6.2. Akzeptanz.....	51
2.6.3. Partizipation.....	53
3. Konklusion	56
4. Quellen	59

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Stromerzeugung Deutschlands im Jahr 2018*	9
Abbildung 2: Bruttostromerzeugung in Deutschland 1990 bis 2018 nach Energieträgern	9
Abbildung 3: Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch und Ziele des EEG 2000, EEG 2004, EEG 2008, EEG 2012, EEG 2014, EEG 2017 sowie dem Koalitionsvertrag 2018	12
Abbildung 4: Zusammensetzung des Strompreises für Haushalte, mit einem Jahresverbrauch zwischen 2'500 und 5'000 kWh zum 1. April 2018, in Prozent	20
Abbildung 5: Über alle Tarife mengengewichteter Elektrizitätspreis für Haushaltskunden für den Abnahmefall 3'500 kWh pro Jahr, 2006 bis 2018	21
Abbildung 6: Summe von Börsenstrompreis und EEG-Umlage, Modellierung bis 2035	22
Abbildung 7: Treibhausgasemissionen in Deutschland 1990 bis 2018 in Mio. t CO ₂ -Äquivalenten*	24
Abbildung 8: Einsparungen von Treibhausgas in Deutschland 2017, gegenüber 1990: 375 Millionen t CO ₂ -Äquivalente	25
Abbildung 9: Treibhausgasemissionen nach Sektoren, 1990 bis 2018	28
Abbildung 10: Stromaustauschsaldo Deutschlands 2000 bis 2018	30
Abbildung 11: Jährlicher Stromerzeugungsmix von 2000 bis 2018, in Prozent	32
Abbildung 12: CO ₂ -Emissionen der deutschen Stromerzeugung	32
Abbildung 13: Veränderungen in der Stromerzeugung von 2010 bis 2018	33
Abbildung 14: Monatliche Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2018	37
Abbildung 15: Differenz zwischen Prognose der Windenergie Day-ahead (rot) und der tatsächlich eingespeisten Menge Windstrom im Mai 2015, Nordostdeutschland	38
Abbildung 16: Entwicklung des SAIDI von 2006 bis 2017, Versorgungsstörungen in Minuten nach § 52 EnWG	42
Abbildung 17: Bruttoinlandsprodukt, Primärenergiekonsum und Stromverbrauch 1990 bis 2018	43
Abbildung 18: Stromgrosshandelspreise von Deutschland und den europäischen Nachbarstaaten (je Preiszone)	45
Abbildung 19: Entwicklung der Beschäftigung in der Energiewirtschaft von 2000 bis 2016, in Personen	46
Abbildung 20: Entwicklung der Beschäftigung im Bereich erneuerbare Energien von 2000 bis 2016, in Personen	47
Abbildung 21: Anteil an Haushalten, die Rechnungen für den Erwerb von Energieleistungen nicht begleichen können, 2007 bis 2015	51
Abbildung 22: Die Bevölkerung zur Wichtigkeit der Energiewende	52
Abbildung 23: Die deutsche Bevölkerung zur Frage, welche Energieträger vermehrt eingesetzt werden sollen.	53
Abbildung 24: Erneuerbare Energien in Bürgerhand: Eigentümerstrukturen der deutschlandweiten Anlagen erneuerbarer Stromproduktion	54
Abbildung 25: Gründungen von Energiegenossenschaften, kumuliert seit 2006	55

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ziele der deutschen Energiewende, festgehalten im Energiekonzept 2010 und EEG 2017	8
Tabelle 2: Ziele und Instrumente im EEG 2000, EEG 2004, EEG 2008, EEG 2012, EEG 2014, EEG 2017 sowie dem Koalitionsvertrag 2018	13
Tabelle 3: Übersicht der Klimaziele von Deutschland und der Europäischen Union	27

Autorinnen und Autor

Nathalie Grün

Die Umwelttechnikerin arbeitet in der kaufmännischen Betriebsführung von Photovoltaik-Anlagen bei re:cap global investors.

Tonja Iten

Die Volkswirtschaftlerin ist seit 2019 bei der Schweizerischen Energie-Stiftung als wissenschaftliche Mitarbeiterin tätig.

Felix Nipkow

Der studierte Geograph arbeitet seit 2011 bei der Schweizerischen Energie-Stiftung als Fachleiter erneuerbare Energien.

Abkürzungen

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.
BBPIG	Gesetz über den Bundesbedarfsplan
BDEW	Bundesverband für Energie- und Wasserwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EnLAG	Gesetz zum Ausbau der Energieleitungen
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
ETS	Emissions Trading System
EU	Europäische Union
EuGH	Europäischer Gerichtshof
EWG	Energy Watch Group
FÖS	Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunde
GWS	Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforchung
IEKP	Integriertes Energie- und Klimaprogramm
INDC	Intended Nationally Determined Contributions
kWh	Kilowattstunde
KWKG	Kraft-Wärme-Koppelungsgesetz
LUT	Lappeenranta University of Technology
NABEG	Gesetz zur Beschleunigung des Energieleitungsausbau
PV	Photovoltaik
SAIDI	System Average Interruption Duration Index
StromEinspG	Stromeinspeisungsgesetz 1991
Strommarktgesetz	Gesetz zur Weiterentwicklung des Strommarktes
TWh	Terawattstunde
UBA	Umweltbundesamt
ÜBN	Übertragungsnetzbetreiber

1. Einleitung

1.1. Energiewende: Eine globale Transformation steht an

Global laufen die Bemühungen zur Transformation weg vom bestehenden fossil-nuklearen Energiesystem hin zu einem nachhaltigen Energiesystem auf Basis erneuerbarer Energien. Dieser Wandel bringt technisch, wirtschaftlich und gesellschaftlich tiefgreifenden Veränderungen mit sich. Dekarbonisierung, Dezentralisierung und Digitalisierung sind die oft genannten Schlagworte, um den stattfindenden Umbau zu beschreiben.

Deutschland hat seine Vision der energiesystemischen Transformation unter dem Namen «Energiewende» konzipiert. Seit den 1990er-Jahren ist der Wandel von Deutschlands Energiesystem im Gange, weshalb das Land weltweit als Energiewende-Pionier bekannt ist. Ein Ausbau der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz sowie die Partizipation der Bürger stellen von Anfang wichtige Eckpfeiler dar. Vier politische Ziele stehen im Zentrum der deutschen Energiewende: Die Bekämpfung des Klimawandels durch eine Reduktion der Treibhausgasemissionen, der schrittweise Ausstieg aus der Atomenergie, die Verbesserung der Versorgungssicherheit (durch weniger fossile Importe) und die Erhaltung der wirtschaftlichen Wettbewerbs- und Entwicklungsfähigkeit.

Mit der Ankündigung, sich von fossilen und nuklearen Energieträgern zu verabschieden und diese durch erneuerbare Energien zu ersetzen, hat Deutschland viel internationale Aufmerksamkeit erregt. Neben Lob hat das Konzept der Energiewende auch Skepsis und insbesondere die konkrete politische Ausgestaltung viel Kritik geerntet. Die öffentliche Diskussion folgt oft dem Narrativ einer misslungenen Energiewende in Deutschland. Diese Aussagen sollen in der folgenden Analyse in Kontext gestellt und der Diskurs erweitert werden.

Die nachfolgenden Unterkapitel geben einen kurzen Überblick zu den behandelten Aspekten der Debatte (Kapitel 1.2) sowie zum aktuellen Stand der deutschen Energiewende (Kapitel 1.3). Kern des Papiers ist die kritische Beleuchtung von Behauptungen und Mythen, mit denen die deutsche Energiewende in der öffentlichen Diskussion oft konfrontiert wird, sowie eine Kontextualisierung und korrigierende Ergänzung mit einordnenden Fakten (Kapitel 2). Die deutsche Energiewende-Erfahrung hält sowohl positive als auch negative Lektionen bereit, Kapitel 2 geht darauf implizit ein. Die daraus zu ziehenden Handlungsanweisungen stehen aber nicht im Zentrum dieses Papiers. Kapitel 3 schliesst mit einer Konklusion.

1.2. Aspekte der Debatte

Die Debatte um Deutschlands Energiewende konzentriert sich auf vielerlei Aspekte. Die folgende Analyse soll einen Überblick über die meistthematisierten Punkte geben, erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Folgende Themen werden diskutiert:

- Der Themenblock **Hintergrund** beschäftigt sich mit der geschichtlichen Einbettung der deutschen Energiewende sowie der Entwicklung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG), welchem eine tragende Rolle zukommt.
- Zweitens werden die **Kosten** diskutiert: Welche Investitionen wurden getätigt? Wer trägt diese und was sind die Auswirkungen auf den Strompreis? Respektive, wieso ist der Strompreis in Deutschland im internationalen Vergleich hoch?
- Der dritte Block beschäftigt sich mit den verschiedenen **Zielen** der Energiewende: Wie sehen die Klimaziele aus und wie sind die Fortschritte einzuordnen und zu begründen? Welche Rolle spielen die erneuerbaren Energien, der Atomausstieg und der geplante Kohleausstieg beim Erreichen der verschiedenen Ziele?
- Viertens werden verschiedene Aussagen bezüglich der **Versorgungssicherheit** unter die Lupe genommen. Wie steht es um die Energieverfügbarkeit und das Stromnetz in Deutschland?
- Der fünfte Block widmet sich Themen der **Wirtschaft**: Welche Rolle spielen die erneuerbaren Energien für das Wirtschaftswachstum? Was sind die Auswirkungen auf die Firmen und Arbeitsplätze? Was hat es mit dem Vorwurf der Wettbewerbsverzerrung auf sich?
- Schliesslich werden Aspekte der **Gesellschaft** beleuchtet. Hat die Energiewende zu vermehrter Energiearmut in Deutschland geführt? Wie steht es um die Akzeptanz und Partizipation der Bevölkerung?

1.3. Ziele und Fortschritt

Mit der Energiewende hat Deutschland Ziele in allen Energiesektoren (Elektrizität, Transport, Wärme, Industrie) bis 2050 definiert, welche einerseits die Fortschritte im Bereich erneuerbare Energien und andererseits die Energieeffizienz betreffen. Die **Energieziele** sehen vor, bis 2050 den erneuerbaren Anteil am Gesamtenergieverbrauch auf mindestens 60% zu steigern (Tabelle 1).¹ Der **Energieverbrauch** soll gegenüber 2008 um 50% abnehmen. Die Entwicklungspfade hierzu hat die deutsche Bundesregierung 2010 in ihrer langfristigen Energiestrategie definiert.² Das sogenannte **Energiekonzept** (BMWi 2010), die Beschlüsse des Bundeskabinetts zum Atomausstieg 2011 und ergänzende Beschlüsse des Bundestages sowie europäische Vorgaben bilden den aktuellen Kompass für die deutsche Energiewende (BMWi 2018a, 2019d). Um die Dekarbonisierungsziele zu erreichen, kommt der schrittweisen Elektrifizierung der Sektoren, welche noch stark auf fossilen Brenn- und Treibstoffe beruhen (namentlich Transport, Industrie und Wärme/Kühlung) eine grosse Bedeutung zu. Entsprechend wichtig ist die nachhaltige Gestaltung des Stromsektors. Bis 2050 sollen mindestens 80% der Stromerzeugung auf erneuerbaren Energien beruhen und der Stromkonsum gegenüber 2008 um 25% reduziert werden.

¹ Bezüglich Klimaziele siehe Kapitel 2.3.2

² Definiert werden zudem eine Zielsanierungsrate für Gebäude, welche von 1% auf 2% jährlich verdoppelt werden soll, sowie ein Endenergieverbrauchsziel im Verkehrsbereich, welche eine 10% Reduktion bis 2020 und 40% bis 2050 vorsieht.

Tabelle 1: Ziele der deutschen Energiewende, festgehalten im Energiekonzept 2010, im EEG 2017 sowie im Koalitionsvertrag 2018

		Status quo		Ziele				
		2018	2020	2025	2030	2035	2040	2050
Treibhausgas-emissionen	Reduktion THG ggü. 1990	-30.8%	-40%		-55%		-70%	-80 – 95%
Atomausstieg	Gradueller Ausstieg bis 2022	10 abgestellt	Schrittweiser Ausstieg der restlichen 7 AKW bis 2022					
Erneuerbare Energien	% am Endenergieverbrauch	15.9% (2017)	18%		30%		45%	min. 60%
	% am Bruttostromverbrauch	38.01%		min. 50%* (40-45%)		min. 65%* (55-60%)		min. 80%
Energieeffizienz	Reduktion Primärenergieverbrauch ggü. 2008	-5.9% (2017)	-20%					-50%
	Reduktion Bruttostromverbrauch ggü. 2008	-3.9%*	-10%					-25%

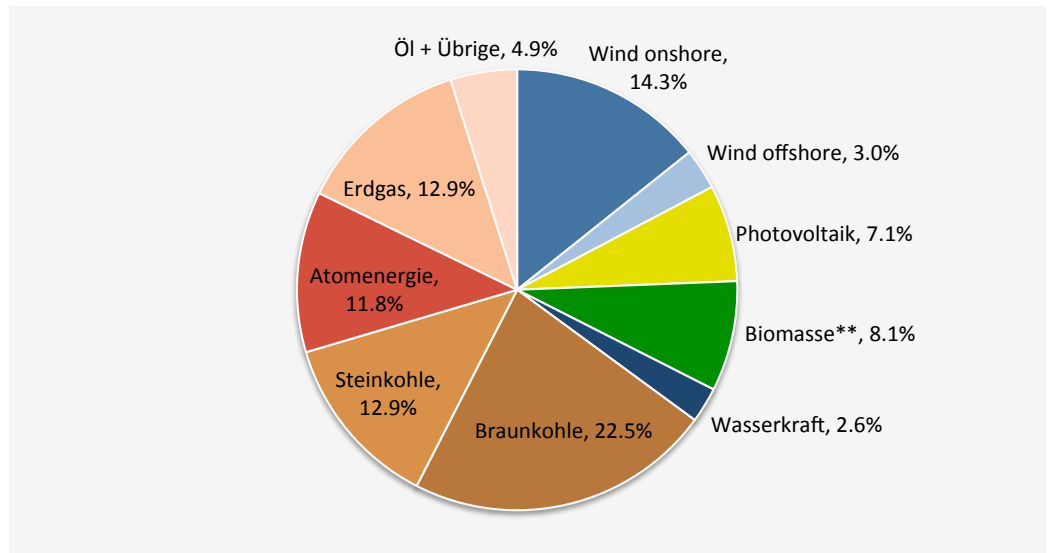
* Im Koalitionsvertrag 2018 wurden die Ziele für den Ausbau der Erneuerbaren gegenüber den Zielen im Energiekonzept 2010 und EEG 2017 erhöht.

Quelle: BMWi 2010, 2019c, 2019d, AGEB 2019a, 2019b, UBA 2019a. Eigene Darstellung.

Tabelle 1 zeigt, dass Deutschland bezüglich der **erneuerbaren Energien** weit fortgeschritten ist. Das Verbrauchsziel im Bereich Strom besagt, dass bis 2025 40 bis 45% des Verbrauchs mit erneuerbaren Energien gedeckt werden müssen, was Deutschland mit seinem heutigen Stand von 38.01% voraussichtlich erreichen wird (AGEB 2019a). Beim Endenergieverbrauch ist Deutschland mit 15.9% noch weiter vom 18%-Ziel bis 2020 entfernt (BMW 2019d). Weniger gut sieht es für die Zielerreichung bei der Effizienz aus. Laut dem Effizienzziel soll die Einsparung bis 2020 gegenüber 2008 minus 20% betragen, erreicht wurden bis 2017 jedoch bloss minus 5.9% (BMW 2019c). Beim Stromverbrauch wurde 2018 minus 3.9% erreicht (AGEB 2019b), das Ziel für 2020 beträgt jedoch minus 10%. Das Energiekonzept (2010) sah eine jährliche Steigerung der Energieproduktivität vor von durchschnittlich 2.1% bezogen auf den Endenergieverbrauch.

Abbildung 1 zeigt den **Stromerzeugungsmix** Deutschlands für das Jahr 2018. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung betrug 35.0%, was 226.4 TWh entspricht (AGEB 2019a). Die erneuerbaren Energieträger haben somit erstmals gleich viel Strom erzeugt wie Steinkohle und Braunkohle zusammen (Agora und Sandbag 2019). Die gesamte Stromproduktion Deutschlands 2018 betrug 646.8 TWh.

Abbildung 1: Stromerzeugung Deutschlands im Jahr 2018*



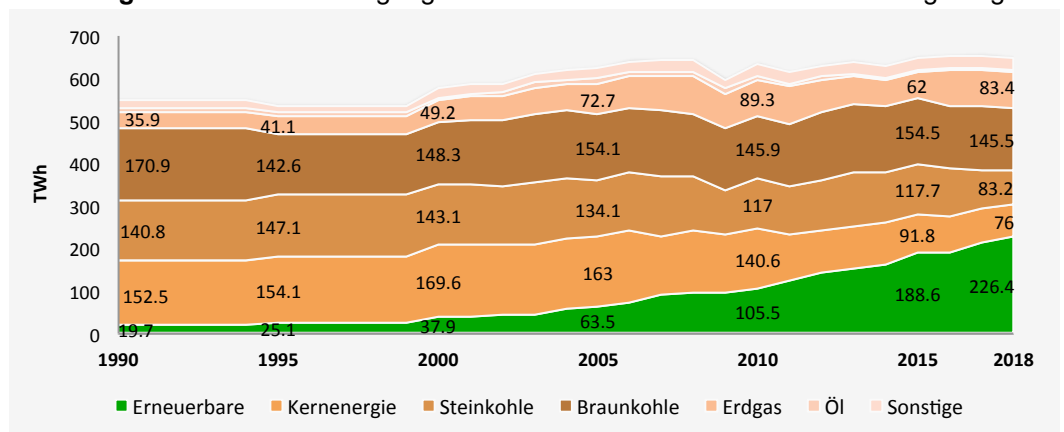
*vorläufige Angaben

** inklusive biogenem Hausmüll

Quelle: AG Energiebilanzen (2019a), Stand 06.03.2019. Eigene Darstellung.

Auf Abbildung 2 ist die Entwicklung der Bruttostromerzeugung seit 1990 zu sehen. Es zeigt sich, dass die Steinkohle einen historischen Tiefststand erreicht hat, während die Erneuerbaren einen neuen Rekord verzeichnen (Agora und Sandbag 2019). Traditionellerweise beruhte die deutsche Stromerzeugung vornehmlich auf Steinkohle, Braunkohle und Atomenergie. In den letzten 20 Jahren sind jedoch ein signifikanter Wandel und eine Diversifizierung sichtbar. Man sieht, dass sich die erneuerbaren Energien von einer Nischentechnologie mit 3.6%-Anteil zu einem wichtigen Pfeiler der Stromerzeugung mit einem Anteil von 35% entwickelt haben. Hierbei spielen die Wind- und Sonnenenergie sowie die Biomasse die Hauptrolle.

Abbildung 2: Bruttostromerzeugung in Deutschland 1990 bis 2018 nach Energieträgern



Quelle: AG Energiebilanzen (2019a). Eigene Darstellung.

2. Mythen und Fakten zu Deutschlands Energiewende

Das nachfolgende Kapitel gibt einen Überblick zu zentralen Aspekten in der Debatte um Deutschlands Energiewende. Einleitend beschäftigt sich Kapitel 2.1 mit dem geschichtlichen Hintergrund der transformativen Ereignisse im deutschen Energiesystem und der Entwicklung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes. Anschliessend werden verschiedene Themen aufgegriffen, jeweils die dominierenden Behauptungen präsentiert, mit Fakten in Kontext gestellt und schliesslich ein Fazit gezogen.

2.1. HINTERGRUND

2.1.1. Zur Geschichte der deutschen Energiewende

Die deutsche Energiewende hat ihre Ursprünge in den 1970er-Jahren: Die Ölkrise, der öffentliche Widerstand gegen die Atomenergie und die wachsende Bewegung für Umweltschutz und nachhaltige Entwicklung prägten die Zeit. Nach dem Unfall in Tschernobyl 1986 wurden keine neuen Atomkraftwerke mehr gebaut. Wie ein alternatives Energiesystem ohne nukleare oder fossile Energieträger aussehen sollte, war jedoch noch unklar. Gleichzeitig wurden die erneuerbaren Energien bereits gefördert: Einerseits durch Forschungsprogramme, angestossen durch die Carter Administration in den USA, andererseits führten erste Energieversorger in einzelnen Gemeinden eine Kompensationsgebühr für Photovoltaikstrom ein – der Vorgänger der späteren Einspeisevergütung.

Die erzielten Erfolge führten zur Einführung des Stromeinspeisungsgesetzes im Jahr 1991 zur Förderung der erneuerbaren Energien auf nationaler Ebene, welches einen entscheidenden Paradigmenwechsel darstellte: Erstens wurden den ökologischen Stromproduzenten bevorzugter Zugang zum Netz gewährt und die Energieversorger verpflichtet, Strom aus erneuerbaren Quellen einzuspeisen. Zweitens mussten diese den ökologischen Strom in der Höhe von 75 bis 90% der Kosten vergüten.³ So schaffte das Stromeinspeisungsgesetz die Basis für die Integration der Erneuerbaren ins deutsche Energiesystem (Hake et al. 2015). Wichtig für die nötigen strukturellen Änderungen war zudem die Liberalisierung der Energiemärkte Ende der 1990er, welche mit dem Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) umgesetzt wurde (Agora und IESR 2018).

Ab 1998 erfuhr die Energiewende eine dynamische Beschleunigung unter der rot-grünen Bundesregierung von Gerhard Schröder. Besondere Wichtigkeit hat das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), welches 2000 umgesetzt wurde und verbesserte Förderbedingungen für die erneuerbaren Energien vorsah. Dieses enthielt wiederum einen gesetzlichen Rechtsanspruch auf prioritäre Einspeisung ins Netz sowie eine Einspeisevergütung, welche die Investitionskosten gänzlich deckte. Die Vergütung wurde über einen Zuschlag auf den Strompreis via Umlage finanziert, somit trug verursachergerecht der Stromverbraucher die Kosten,

³ Für die meisten Technologien und Standorte, insbesondere die Photovoltaik, war die Vergütung somit noch bei weitem nicht kostendeckend.

es handelt sich also nicht um eine staatliche Beihilfe. Die Einspeisevergütung wurde über einen Zeitraum von 20 Jahren definiert, degressiv und technologie-spezifisch ausgestaltet.⁴ So gelang nach dem Ausbau der Windenergie in den 1990er-Jahren auch eine Steigerung von solaren Anlagen (Jacobsson und Lauber 2006). Das EEG sah zudem ein klar definiertes Ziel vor (siehe auch Abbildung 3). Im Jahr 2002 wurde schliesslich ein von der Bundesregierung und Atomkraftwerkbetreibern getragener, zeitlich gestaffelter Atomausstieg bis 2022 beschlossen, welcher später als der «erste Atomausstieg» bezeichnet wurde (Hake et al. 2016).

Unter der Grossen Koalition von den Unionsparteien und SPD unter der Führung von Angela Merkel ab 2005 kam es wiederum zu bedeutsamen Veränderungen in der Energiepolitik. Trotz vereinbartem Atomausstieg beschloss die Bundesregierung im 2010 eine deutliche Laufzeitverlängerung, womit der Ausstieg von 2022 auf unbestimmte Zeit verschoben wurde. In der Folge des Reaktorunfalls in Fukushima kam es jedoch zur erneuten Wende und zum «Zweiten Atomausstieg», der bis ins Jahr 2022 erfolgen wird. De facto kehrte man also zum Beschluss unter Rot-Grün zurück.

Fazit: Deutschlands Transition hin zu einem erneuerbaren Energiesystem hat seine Wurzeln in den 1970ern Jahren. Die ersten gesetzlichen Massnahmen auf nationaler Ebene wurden 1991 mit dem Stromeinspeisungsgesetz getroffen. Mit dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz und dem Instrument der Einspeisevergütung nahm die deutsche Energiewende ab 2000 Fahrt auf. Der «erste Atomausstieg» fand 2002 unter Gerhard Schröder statt und wurde nach mehreren Kehrtwenden im Jahr 2011 in Folge des Fukushima-Reaktorunfalls von der Bundesregierung unter Angela Merkel bestätigt.

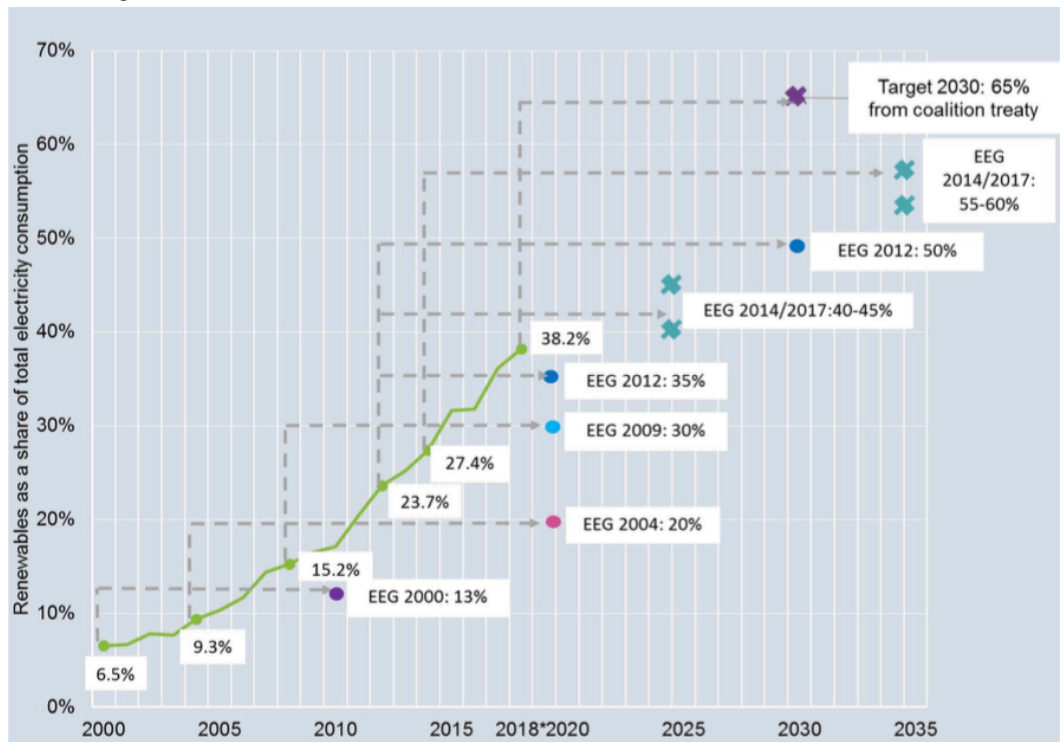
2.1.2. Entwicklung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ist zentraler Baustein der deutschen Energiewende. Nichtsdestotrotz, oder gerade deswegen, sind der Gesetzestext und insbesondere die definierten Förderinstrumente zur Umsetzung der Energiewende zahlreichen Kontroversen ausgesetzt. Seit der ersten Inkraftsetzung im Jahr 2000 hat das EEG bereits fünf Novellierungsphasen durchlaufen. Gleichzeitig verlief der Ausbau der erneuerbaren Energien stets schneller als projiziert. Mit jeder EEG-Revision wurden entsprechend die mittel- und langfristigen Ziele erhöht.

Abbildung 3 zeigt die jeweils definierten Ausbauziele (Anteil Erneuerbare am Bruttostromverbrauch) im Vergleich zum momentanen Stand.

⁴ Das bedeutet, eine Anlage bekommt über den gesamten Zeitraum von 20 Jahren die gleiche Vergütung pro kWh. Degressiv bezieht sich auf den Vergütungssatz, der über die Zeit, abhängig vom Datum der Inbetriebnahme der Anlage, abnimmt. Der Vergütungssatz hängt zudem von der verwendeten Stromerzeugungstechnologie ab.

Abbildung 3: Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch und Ziele des EEG 2000, EEG 2004, EEG 2008, EEG 2012, EEG 2014, EEG 2017 sowie dem Koalitionsvertrag 2018



Quelle: Agora Energiewende und Institute for Essential Services Reform (2018).

Auch die eingesetzten Förderinstrumente erfuhren einen Wandel. Die Einspeisevergütung wurde zunehmend durch marktnähere Instrumente ersetzt. Tabelle 2 bildet eine chronologische Entwicklung der Ziele und Instrumente ab. Ab der EEG 2009-Novelle wird sichtbar, wie die Gesetzgeber die Policy-Instrumente zunehmend «näher an den Markt» bringen wollten. Diese enthält Anreize, dass Erzeuger ihren Ökostrom direkt an der Börse vermarkten, statt Einspeisevergütungen zu beziehen.⁵ Im EEG 2014 wurde definiert, die Förderhöhe zunehmend über Ausschreibungen zu ermitteln. Im 2014 wurden hierzu PV-Pilotauktionen durchgeführt.⁶ Kernpunkt der Änderung in der letzten EEG-Novelle 2017 ist die Ausdehnung auf Ausschreibungen auch im Bereich Windenergie.

⁵ Zur Erläuterung: De facto erhalten diese Anlagen in Summe auch die volle Einspeisevergütung plus eine kleine Prämie, allerdings wird dieser Strom nun durch sie (oder einen Dienstleister) an der Börse vermarktet und sie erhalten einerseits diesen Marktwert plus die Ausgleichszahlung.

⁶ Kleine PV-Anlagen sind hiervon ausgenommen.

Tabelle 2: Ziele und Instrumente im EEG 2000, EEG 2004, EEG 2008, EEG 2012, EEG 2014, EEG 2017 sowie dem Koalitionsvertrag 2018

StromEinspG 1991 Ziel: kein Ausbauziel Instrumente: Einführung fixer Einspeisevergütungen für Erneuerbare; Netzzugang
EEG 2000 Ziel: installierte Leistung der Erneuerbaren bis 2010 verdoppeln Instrumente: fixe Einspeisevergütung mit degressiver Vergütungsstruktur; ⁷ Einspeisevorrang im Netzzugang
EEG 2004 Ziel: 20% Erneuerbare bis 2020 Anpassung Instrumente: Anpassung der Einspeisevergütung
EEG 2009 Ziel: 30% Erneuerbare bis 2020 Anpassung Instrumente: Anpassung der Einspeisevergütung: gleitende Degression für PV («atmender Deckel»); Regeln um Einspeisevolumen zu limitieren (für besseres Netzmanagement)
EEG 2012 Ziel: min. 35% Erneuerbare bis 2020, min. 50% bis 2030, min. 65% bis 2040, min. 80% bis 2050 Anpassung Instrumente: Anpassung der Einspeisevergütung: Einführung einer freiwilligen Marktprämie zur Förderung der Direktvermarktung + PV-Novelle im Juni 2012: Im EEG wird ein Gesamtausbauziel für die geförderte Photovoltaik in Höhe von 52 GW verankert.
EEG 2014 Ziel: 40-45% Erneuerbare bis 2025, ⁸ 55-60% bis 2035, min. 80% bis 2050 Anpassung Instrumente: Einführung einer verpflichtenden Direktvermarktung/Marktprämienmodell für Grossanlagen; technologiespezifische Maximal-Ausbauziele; Einführung von Ausschreibungen bis 2017, Pilot-Ausschreibungen für Solarenergie
EEG 2017 Ziel: 40-45% Erneuerbare bis 2025, 55-60% bis 2035, min. 80% bis 2050 Anpassung Instrumente: grundsätzliche Umstellung von Einspeisevergütungen auf Ausschreibungen (erleichternde Ausnahmen für Bürgerenergiegesellschaften)
Koalitionsvertrag 2018 Ziel: 65% Erneuerbare bis 2035

Quelle: Zusammenstellung von Agora und IESR (2018) und eigene Ergänzungen (BMW i 2012).

⁷ Der für eine Anlage gewährte Vergütungssatz bleibt über 20 Jahre konstant gleich hoch, abhängig vom Datum der Inbetriebnahme werden jedoch immer weiter sinkende Sätze bezahlt.

⁸ Mit der Definition von Maximalzielen wurde der Ausbau der erneuerbaren Energien erstmals nach oben gedeckelt.

Fazit: Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und insbesondere das darin definierte Instrument der Einspeisevergütung waren wegweisend für den erfolgreichen Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland. Das Einspeisevergütungsinstrument wurde im Anschluss von zahlreichen Ländern übernommen. Nach dem ersten Erlass des EEG im Jahr 2000 durchlief dieses zahlreiche Novellierungsphasen. Diese Anpassungen machten das Gesetz tendenziell immer marktnäher, führten aber auch zu weniger Sicherheit für Investoren. Dank den massiven Kostensenkungen der neuen erneuerbaren Stromerzeugungstechnologien wurden die gesetzten Ausbauziele stets übertroffen und in der Folge nach oben angepasst.

2.2. KOSTEN

2.2.1. Investition & Förderung

Behauptung: Die deutsche Energiewende beziehungsweise der Umbau des Energiesystems ist schlicht zu teuer.

Fakt ist: Transformationen erfordern Investitionen und Kapital. Der Hauptkritikpunkt an der Energiewende betrifft die Förderung der erneuerbaren Energie, welche über einen Aufschlag auf den Strompreis, die sogenannte **EEG-Umlage**, finanziert wird. Grundsätzlich scheinen mit der Kostenkritik zwei Fragen verbunden zu sein, so unterscheiden Gawel et al. (2012): Erstens, ist die Energiewende an sich überhaupt ökonomisch sinnvoll? Und zweitens, wird sie effizient, das heisst kostenminimal umgesetzt? Im Folgenden soll auf den erstgenannten Aspekt eingegangen werden.⁹

Die Bezeichnung «die Kosten der deutschen Energiewende» taucht in zahlreichen Debatten auf. Auf was sich der Kostenbegriff derweil bezieht, variiert erheblich und wird jeweils kaum definiert.

Die **EEG-Umlage** ist der am häufigsten verwendete Kostenindikator für den Ausbau der erneuerbaren Energien, welcher dann mit den «Kosten der Energiewende» gleichgesetzt wird. Hierbei wird auf die sogenannten **EEG-Differenzkosten** verwiesen. Dabei handelt es sich um die Differenz zwischen den EEG-Vergütungssätzen, welche die Übertragungsnetzbetreiber den Ökostromerzeugern zahlen, und den erzielten Erlösen aus dem Ökostromverkauf an der Börse. Diese Differenz entspricht dem EEG-Umlagebetrag, welchen die Stromkunden mittels der EEG-Umlage tragen (FÖS 2013). Für die Jahre 2000 bis 2018¹⁰ ergibt dies einen kumulierten Betrag von rund 197 Milliarden Franken (BMWi 2018d). Der jährliche Betrag ist in den letzten Jahren stark angestiegen, da die

⁹ Siehe auch Kapitel 2.5.4 *Wettbewerbsverzerrungen*, welches die ordnungspolitischen Kritikpunkte diskutiert. Die Kritik bezüglich der Verteilung der Kosten respektive der Verteilungswirkungen des EEG werden im nachfolgenden Kapitel 2.2.2. *Strompreis* thematisiert.

¹⁰ Prognose für das Jahr 2018

Menge an eingespeisten Strom stetig zunahm und gleichzeitig noch Altanlagen zu vergüten sind, welche hohe Vergütungssätze erhalten.¹¹ Die Höhe der EEG-Differenzkosten aber ist als Kostenindikator für die Mehrkosten des Erneuerbaren-Ausbaus nicht geeignet. Sie beziehen sich auf das EEG-Umlagekonto¹² und unterliegen diversen Einflüssen, wie den Börsenstrompreisen, welche wiederum von zahlreichen exogenen Faktoren abhängen, oder der Menge an eingespeistem Strom (FÖS 2013).

Zudem werden bei den angeblichen Energiewendekosten teilweise **Infrastrukturkosten** einberechnet oder ausgelassen. Diese beinhalten Mehrkosten, welche durch Netzausbau, Lastausgleich und Speicher sowie Reserve durch die Energiewende anfallen. Teilweise wird auch von Integrationskosten oder Zusatzinvestitionen gesprochen. In der Tat ist wichtig, neben den Stromgestehungskosten auch die Infrastrukturkosten miteinzubeziehen. Dabei ist jedoch genau zu berücksichtigen, welche Kosten wirklich der Energiewende zuzurechnen sind und welche Kosten unabhängig hiervon anfallen.¹³

Für eine korrekte Kostenbeurteilung sind nicht einzelne Gestehungskosten (inklusive Infrastrukturkosten) relevant, sondern der Kostenunterschied zwischen einem erneuerbaren Energiewende-Szenario und einer konventionellen fossil-nuklearen Energieversorgung. Dazu gehört, dass die durch die Energiewende **vermiedenen Kosten der konventionellen Energien** abzuziehen sind. Eine Studie im Auftrag des Bundesumweltministeriums (ehemals «Leitstudie», DLR, Fraunhofer IWES und IFNE 2012) verwendete hierzu den Begriff der **systemanalytischen Differenzkosten**.¹⁴

Zu den direkten, vermiedenen Kosten gehören erstens die **Importkosten** für fossil-nukleare Energieträger. GWS et al. (2018) untersuchte in einer Studie¹⁵

¹¹ Wichtig für heute anfallende Entscheide ist, dass die Differenzkosten resp. die EEG-Umlagen auch Altanlagen finanzieren, welche Anfang 2000er Jahr in Betrieb genommen wurde und sehr hohe Vergütungssätze erhalten, da die Technologien damals viel teuer waren. Diese Anlagen fallen jedoch in den kommenden Jahren nach Ablauf der 20-jährigen Vergütungsfrist weg. Auf diese Altlasten kann mit neuer EEG-Änderung kein Einfluss mehr genommen werden (Investitionsschutz). Für neu gebaute Anlagen nun sind die Differenzkosten deutlich niedriger. Wenn also eine im Oktober 2019 gebaute Solaranlage (bis 10 kWp) 10,18 ct/kWh erhält (höchster Satz) und an der Börse für 3,5c/kWh verkauft werden kann, so beträgt die Differenz nur noch etwa 6,7 c/kWh. Bei grösseren Anlagen, die an den Ausschreibungen teilnehmen, betrug der durchschnittliche Zuschlag im Juni 2019 5,47 ct./kWh. Dieser Wert ist nicht mehr weit vom Börsenstromniveau entfernt.

¹² Der EEG-Umlagebetrag wird jährlich festgelegt. Dafür muss geschätzt werden, wie viel erneuerbarer Strom zu welchen Vergütungen eingespeist wird und gleichzeitig, wie viel Strom konsumiert werden wird. Da dies nicht exakt zu prognostizieren ist und auch die Auszahlung saisonalen Schwankungen unterliegt, ist das Konto mal stärker, mal weniger gefüllt und muss allenfalls durch eine tiefere oder höhere Umlage ausgeglichen werden (Liquiditätsreserve).

¹³ Die Bundesnetzagentur ging bei einer Erhebung davon aus, dass 50% der veranschlagten Kosten für die Umsetzung des Netzentwicklungsplans auch ohne Energiewende anfallen würden (Gawel et al. 2012).

¹⁴ In der Analyse von DLR et al. (2012) bezeichnen die «Systemanalytischen Differenzkosten» die Stromgestehungskosten einer erneuerbaren Stromversorgung abzüglich der Stromgestehungskosten einer fossil-nuklearen Stromversorgung. (Um zu den volkswirtschaftlich relevanten Kosten zu gelangen, fehlt also der Einbezug der Integrationskosten sowie der Subventionen, inkl. der (vermiedenen) externen Umweltkosten, siehe folgende Seiten.

¹⁵ Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforchung GWS, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung DIW, Fraunhofer ISI, prognos (2018b). *Zur Berechnung der durch*

Deutschlands eingesparte Importkosten in den Jahren 2000 bis 2015. Dabei wurden die Energieimporte aus den entsprechenden Statistiken des Statistischen Bundesamts den notwendigen Energieimporten ohne erneuerbare Energien und ohne Effizienz gegenübergestellt. Hier zeigt sich, dass im genannten Zeitraum rund 17 Milliarden Euro eingespart wurde. Statt dass dieses Geld für den Import fossil-nuklearer Energieträger ausgegeben wurde, konnte es via Umlage in eine inländische erneuerbare Energieinfrastruktur investiert werden, welche eine Energieversorgung mit erhöhtem Eigenversorgungsgrad für die kommenden Jahrzehnte ermöglicht.

In Folge des Ausbaus erneuerbarer Energien ist Deutschland im Stromsektor selbst zu einem Exportland geworden. Seit dem Jahr 2003 ist Deutschland **Netto-Stromexporteur**. In den Jahren 2006 bis 2018 konnten so rund 18.4 Milliarden Euro eingenommen werden (Energy-charts 2019). Neben den finanziellen Einnahmen ist auch die reduzierte Importabhängigkeit und gewonnene Energie-souveränität bedeutsam.

Zu den vermiedenen Kosten gehören zweitens die **Subventionen** an das konventionelle Energiesystem. Für eine korrekte Kosten-Nutzen-Betrachtung sind diese einzubeziehen. Während die als «Subventionierung» bezeichnete Förderung der Erneuerbaren oft als unzulässig kritisiert wird, sind die **Subventionen an die fossil-nukleare Energiewirtschaft** weit weniger häufig Gegenstand der Kritik. Dies liegt auch daran, dass sie im Gegensatz zu den Erneuerbaren nicht transparent auf der Stromrechnung ausgewiesen werden. Sowohl die fossile als auch die Atomwirtschaft haben in Deutschland seit Mitte des 20. Jahrhunderts jedoch von massiven direkten und indirekten Subventionen profitiert. Problematisch ist auch hier, dass der Term Subvention sehr uneinheitlich verwendet wird. Im folgenden wird auf den Subventionsbegriff sowie die Zahlen des Umweltbundesamtes abgestützt (UBA 2016). Das UBA definiert Subventionen als Begünstigungen der öffentlichen Hand an Akteure, für die keine oder nur eine geringere als die marktübliche Gegenleistung erfolgt. Das UBA unterscheidet ferner zwischen budgetwirksamen, expliziten Subventionen (Finanzhilfen, Steuervergünstigungen, in Anspruch genommene Bürgschaften und Garantien) sowie nicht direkt budgetwirksamen, impliziten Subventionen (nicht in Anspruch genommene Bürgschaften/Garantien, gezielte Begünstigungen im Rahmen staatlicher Regulierung, staatliche Bereitstellung von Gütern, Leistungen und Rechten zu tieferen Preisen als Marktpreisen).

Zur fossilen Industrie: Der Steinkohlebergbau hat allein im Jahr 2012 1.3 Milliarden Euro an direkten Finanzhilfen erhalten, dazu kamen weitere Anpassungsgelder und Beihilfen, womit sich die expliziten Subventionen auf gesamthaft 1.7 Milliarden Euro beliefen. Bei der Braunkohlewirtschaft gehen die Begünstigungen nicht direkt aus dem Subventionsbericht hervor, weshalb diese schwieriger zu quantifizieren sind. Das UBA rechnet auch hier mit mindestens 304 Millionen Euro jährlich. Bezüglich der Atomenergie sind alleine die expliziten Subventionen enorm hoch. Die AutorInnen rechnen mit gut 82 Milliarden Euro Forschungsgelder in Deutschland, welche seit Beginn der Förderung bis 2010 in den Atomenergiebereich flossen. Hier handelt es sich allein um Gelder für die

den Ausbau erneuerbarer Energien und durch Energieeffizienz verminderten Importe fossiler Brenn- und Kraftstoffe. Methode und Ergebnisse für die Jahre 2000 bis 2015.

Forschungsunterstützung. Zahlreiche weitere, implizite Subventionen an die Atomwirtschaft¹⁶ kommen hinzu (UBA 2016).¹⁷ Eine Studie des FÖS (2017)¹⁸ addiert sämtliche staatliche Zuwendungen, welche die Energieträger im Zeitraum 1970 bis 2016 erhielten. Laut Studie profitierte am meisten die Steinkohle mit insgesamt 337 Milliarden Euro an staatlicher Förderung, gefolgt von der Atomenergie mit rund 237 Milliarden Euro. Die Fördersumme an die Erneuerbaren, welche erst ab Ende der 1990er Jahre nennenswert Förderung erhielten, wird auf 146 Milliarden Euro beziffert. Die Braunkohle schliesslich profitierte von 100 Milliarden Euro Förderung (FÖS 2017).

Auch die **unvollständige Internalisierung von Umweltkosten** zählt das UBA zu den impliziten Subventionen. Wenn man sämtliche Subventionen addiert und für ein einzelnes Jahr ausweist, erhält man folgende Zahl: Das UBA rechnet für das Jahr 2012 vor, dass gesamthaft rund 20.3 Milliarden Euro an umweltschädlichen Subventionen der Energiewirtschaft zufließen (UBA 2016).¹⁹

Diese externen Umweltkosten durch die konventionellen Energiesysteme werden nicht ausreichend eingepreist. Was die Klimakosten anbelangt, so werden diese über den ETS Zertifikatspreis nur zu einem geringen Teil internalisiert.²⁰ Dass die vernachlässigte Internalisierung externer Umweltkosten zu hohen volkswirtschaftlichen Kosten führt, wurde wiederholt gezeigt. Beispielsweise Nicholas Stern hat in seiner vielbeachteten Analyse gezeigt, dass die Kosten durch die Folgen des Klimawandels rund fünfmal höher liegen als die Vermeidungskosten (Stern 2008).

Zu den vermiedenen Kosten gehören drittens und besonders entscheidend also auch die vermiedenen externen Kosten. Sämtliche positive und negative externe Kosten sind in das Kosten-Nutzen-Kalkül aufzunehmen, um die tatsächlichen Nettokosten zweier Energiesysteme zu vergleichen.²¹

In verschiedene Studien wurden solche ganzheitlichen Kostenrechnungen durchgeführt. Insbesondere, wenn die externen Umweltkosten eingepreist werden, zeigen sämtliche Studien, dass ein erneuerbares Energiesystem weitaus günstiger kommt als ein auf konventionellen Energieträgern beruhendes Energiesystem:

- Das Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (2013) berechnet einen kumulierten Kostenvorteil der deutschen Energiewende bis 2030 von

¹⁶ Gewichtig ist hier insbesondere die unterlassene Versicherung der AKW, da kein Versicherer diese zu übernehmen bereit ist. Entsprechend übernehmen der Staat respektive die Bürger das Risiko. Im Gegensatz dazu hat jede Solar- und Windanlage für ihre Schäden selbst zu haften.

¹⁷ Die erneuerbaren Energien und Energieeffizienz erhielten seit dem Jahr 1974 hingegen bloss gut 6 Mrd. Euro für Forschungsförderung.

¹⁸ Siehe: FÖS (2017). *Was Strom wirklich kostet. Vergleich der staatlichen Förderungen und gesamtgesellschaftlichen Kosten von konventionellen und erneuerbaren Energien.*

¹⁹ Das Total der umweltschädlichen Subventionen für das Jahr 2012 beläuft sich gemäss UBA gar auf 57 Milliarden Euro. Grösster Subventionsempfänger ist der Verkehr mit 28,6 Milliarden Euro, gefolgt vom Energiebereich mit den genannten 20.3 Milliarden Euro.

²⁰ Der CO₂-Preis lag Mitte 2019 bei rund 28 Euro/tCO₂. Im Vergleich dazu: Das UBA beziffert die Klimaschadenskosten auf 180 Euro/tCO₂ (UBA 2019b).

²¹ Zu den positiven Externalitäten eines erneuerbaren Energiesystems gehören dabei nicht nur die vermiedenen externen Umweltkosten, sondern auch weitere vermiedene externe Kosten wie geringere Gesundheitskosten. Auf diese wird in den folgenden Betrachtungen nicht weiter eingegangen.

insgesamt 54 Milliarden Euro, jedoch ohne Einbezug von Integrationskosten.²²

- Eine Studie des Fraunhofer ISE (2015) untersuchte sektor- und energie-trägerübergreifend die System- und Kostenentwicklung hin zu einem klimakompatiblen deutschen Energiesystem. Sie konkludieren, dass bei höheren Preisen fossiler Energieträger die kumulativen Gesamtkosten für die Transformation gleich hohe Kosten aufweist wie ein Weiterbetrieb des heutigen Systems. Nach abgeschlossener Transformation seien die Gesamtkosten gleich gross. Diese Kostenanalyse basiert auf reinen Systemkosten und bezieht keine externen Kosten mit ein.²³
- Die Studie des Öko-Instituts (2017b) im Auftrag von Agora macht einen Kostenvergleich eines erneuerbaren Systems mit einem fossilen System für den Stromsektor. Ein erneuerbares Stromsystem kostet bis 2050 laut Berechnungen der Studie unter den meisten zu erwartenden Energie- und CO₂-Preisentwicklungen gleich viel oder weniger als ein fossiles Alternativsystem.²⁴
- Die Studie der Friedrich-Alexander Universität (FAU 2019) wirft einen Blick zurück und untersucht, wie die Strompreise der vergangenen Jahre ohne die Einspeisung aus neuen erneuerbaren Energien ausgesehen hätten. Die Studie konkludiert, dass ohne Wind und Photovoltaik die Grosshandelspreise von 2011 bis 2018 weitaus höher gelegen hätten, nämlich um 227.4 Milliarden Euro. Dem gegenüber betrug die kumulierten Kosten der EEG-Umlage im genannten Zeitraum 156.8 Milliarden Euro. Der Ausbau von Wind und Photovoltaik bescherte also Einsparungen in der Höhe von 70.6 Milliarden Euro.²⁵
- Hervorzuheben ist schliesslich die Studie der LUT und EWG (2019), welche erstmals ein globales 100% erneuerbares Energiesystem für alle Sektoren auf Stundenbasis modelliert, inklusive Kostenvergleich mit dem konventionellen Energiesystem. Das Simulationsresultat zeigt, dass ein erneuerbares System wirtschaftlicher ist als das konventionelle Energiesystem.²⁶

Abschliessend hierzu ist hinzuzufügen, dass die Rechnungen sehr sensitiv sind bezüglich der gewählten Parameter. Insbesondere, was die zu erwartenden Energie- und CO₂-Preise und externen Kosten betrifft.

Wenn also von den «Kosten der Energiewende» gesprochen wird, sind Angaben zu den blossen Investitionsausgaben für die Förderung der Erneuerbaren keine geeigneten Indikatoren. Entscheidend sind vielmehr die **Nettokosten aus**

²² Siehe: Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (2013). *Was die Energiewende wirklich kostet. Nettokosten des Ausbaus erneuerbarer Energien im Vergleich zur konventionellen Stromversorgung.*

²³ Siehe: Fraunhofer ISE (2015). *Was kostet die Energiewende? Wege zur Transformation des deutschen Energiesystems bis 2050.*

²⁴ Siehe: Öko-Institut (2017b). *Erneuerbare vs. Fossile Stromsysteme: ein Kostenvergleich. Stromwelten 2050 – Analyse von Erneuerbaren, kohle- und gasbasierten Elektrizitätssystemen.*

²⁵ Siehe: FAU (2019). *„Deutschland ohne erneuerbare Energien?“ – ein Update für die Jahre 2014 bis 2018. Stromkosten und Versorgungssicherheit ohne die Einspeisung Erneuerbarer Energien.*

²⁶ Siehe: LUT und EWG (2019). *Global Energy System based on 100% renewable Energy. Power, Heat, Transport and Desalination Sectors.*

volkswirtschaftlicher Perspektive, welche ein erneuerbares Energiesystem generiert, im Vergleich zum konventionellen Energiesystem.

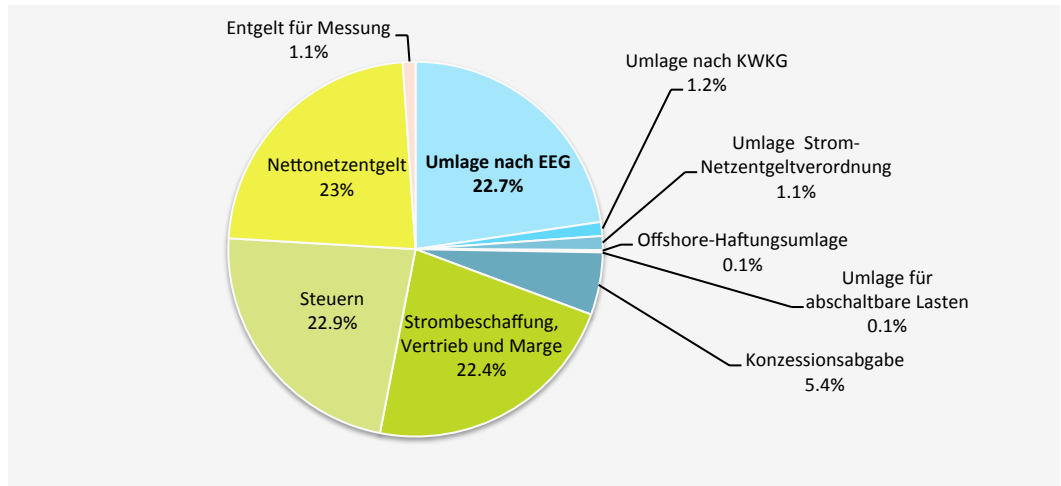
Fazit: Die Energiewende und der damit verbundene Umbau des Energiesystems erfordert Investitionen – ebenso wie dies ein konventionelles Energiesystem oder jede Infrastrukturmassnahme tut. Eine sachdienliche Kostenbewertung bedingt einen ganzheitlichen Vergleich aus volkswirtschaftlicher Perspektive: Was sind die Nettokosten, das heisst die Kosten zweier Systeme unter einer gesamtwirtschaftlichen Perspektive? Eine ganzheitliche Kostenbetrachtung berücksichtigt insbesondere die Vermeidung der externen (Umwelt-)Kosten, was die zentrale Motivation der Energiewende darstellt. Studienergebnisse zu solchen Kostenschätzungen sind mit Vorsicht zu genießen, da die Abschätzungen auf vielerlei Annahmen beruhen und hochsensitiv sind. Eine klare Tendenz ist jedoch sichtbar: Der Ersatz fossil-nuklearer Energieträger durch erneuerbare Energien führt unter dem Strich zu einer positiven volkswirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Bilanz. Je langfristiger zudem der Betrachtungszeitraum ausgelegt ist, desto höher steigt der Kostenvorteil eines erneuerbaren Energiesystems.

2.2.2. Strompreis

Behauptung: Der Ausbau von erneuerbaren Energien führt zu steigenden Strompreisen. Deutschland hat die höchsten Strompreise in ganz Europa.

Fakt ist: Der Strompreis in Deutschland ist in den letzten Jahren stark gestiegen, seit 2007 um rund 50%. Der Strompreis für einen deutschen Haushalt liegt durchschnittlich bei 30 Ct/kWh und somit im europäischen Vergleich an der Spitze. Um zu beurteilen, welchen Einfluss die erneuerbaren Energien auf den Strompreis genau haben, sind die einzelnen Strombestandteile getrennt zu betrachten. Abbildung 4 zeigt die Zusammensetzung des Strompreises für einen Haushalt im Jahr 2018. Die grössten Anteile machen die Strombeschaffung (Energiekosten), die Steuern, die Netzentgelte und die EEG-Umlage mit je knapp einem Viertel aus.

Abbildung 4: Zusammensetzung des Strompreises für Haushalte, mit einem Jahresverbrauch zwischen 2'500 und 5'000 kWh zum 1. April 2018, in Prozent



Quelle: Bundesnetzagentur (2019b) und Bundeskartellamt.

Es zeigt sich also, dass die Energiekosten inklusive Vertrieb und Marge mit 22.4% bloss einen geringen Anteil ausmachen und die EEG-Umlage einen verhältnismässig grossen Anteil am Strompreis aufweist. In Abbildung 5 wird ersichtlich, dass der Anstieg des Strompreises grösstenteils auf die steigende EEG-Umlage zurückzuführen ist, während die Kosten für die Strombeschaffung seit 2012 gar gesunken sind. Ein europaweiter Vergleich zeigt, dass die Energiebeschaffungskosten in Deutschland zu den tiefsten Europas gehören (Agora 2019a). Der Ausbau der erneuerbaren Energien trägt hier massgeblich zu den tiefen Energiebeschaffungskosten bei, da sie die Börsenstrompreise senken. Der Grund liegt in den tiefen Grenzkosten der erneuerbaren Energien, denn an der Börse wird der Strompreis durch die Kraftwerke bestimmt mit den tiefsten Grenzkosten, die noch ans Netz gehen, bekannt als Merit-Order-Effekt (FAU 2019).

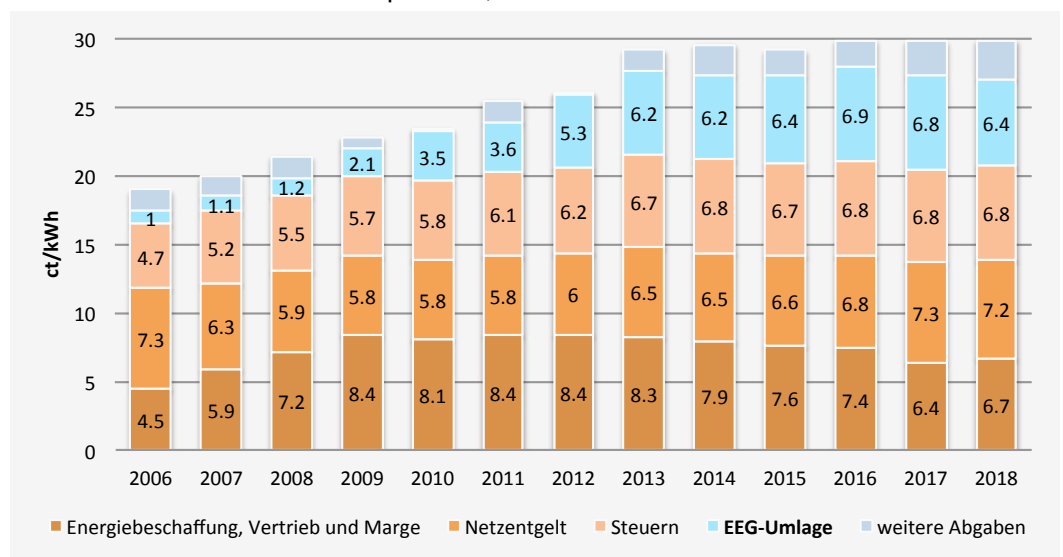
Entscheidend für die Entwicklung der EEG-Umlage war insbesondere die Verordnung zum EEG-Ausgleichsmechanismus, die zum EEG 2010 in Kraft trat. Diese änderte die Regelungen zur Vermarktung von erneuerbarem Strom und der EEG-Strom wurde nun komplett an der Strombörse gehandelt, was zu sinkenden Vermarktungserlösen und tieferen Börsenstrompreisen führte.²⁷ Die sinkenden Vermarktungserlöse wiederum hatten eine steigende EEG-Umlage zur Folge. Denn die festgelegte Vergütungszahlung, die die Übertragungsnetzbetreiber den Produzenten von erneuerbarem Strom bezahlen, bleibt konstant, die Übertragungsnetzbetreiber erhalten jedoch tiefere Erlöse an der Strombörse. Entsprechend steigt die sogenannte Deckungslücke,²⁸ welche durch die EEG-Umlage ausgeglichen wird (Energy Brainpool 2013a). Für den Endkunden ergeben sich daher gegenläufige Effekte: Durch den steigenden Anteil Erneuerbare

²⁷ Da die Menge an Strom mit geringen Grenzkosten am Strommarkt stieg, verdrängte diese den Strom aus konventionellen Erzeugungsanlagen mit höheren Grenzkosten (Merit-Order-Effekt).

²⁸ auch Differenzkosten genannt, siehe voriges Kapitel.

sinken die Energiebeschaffungskosten, dadurch steigt aber die Deckungslücke und entsprechend die EEG-Umlage – der Haupttreiber des Preisanstiegs für Stromendkunden. Der mit der Verordnung beschlossene Ausgleichsmechanismus gilt als wichtige Ursache für den rapiden Anstieg der EEG-Umlage (Energy Brainpool 2013b, Fraunhofer ISE 2014, Gawel et al. 2015).

Abbildung 5: Über alle Tarife mengengewichteter Elektrizitätspreis für Haushaltskunden für den Abnahmefall 3'500 kWh pro Jahr, 2006 bis 2018



Quelle: Bundesnetzagentur (2019b) und Bundeskartellamt. Eigene Darstellung.

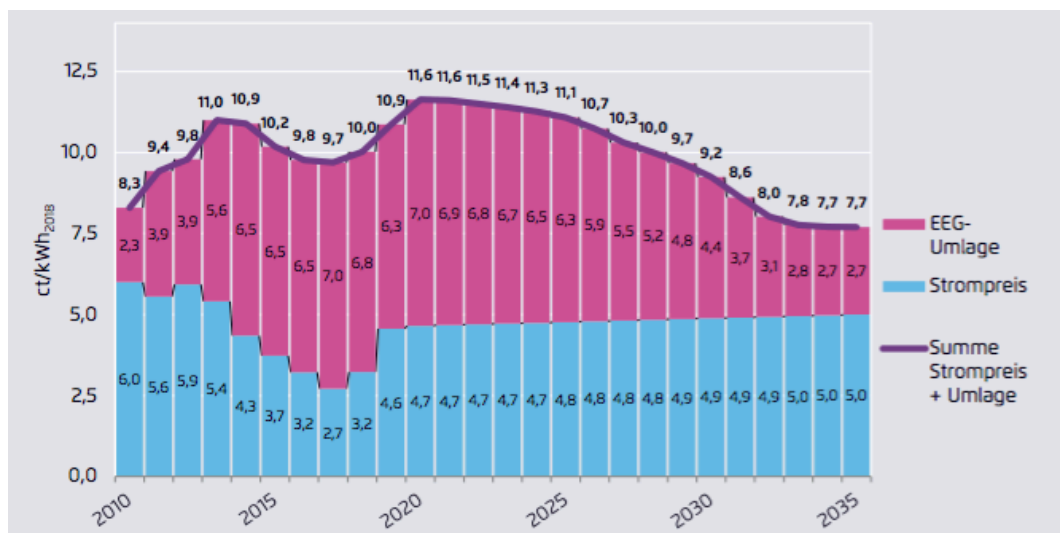
Ein zweiter wichtiger Faktor für den Anstieg der EEG-Umlage und entsprechend des Endkundenstrompreises brachte die EEG 2012-Novelle, welche die Sonderregelung für stromintensive Industrien erweiterte.²⁹ Diese Ausnahmeregelung sieht vor, dass Industriebetriebe mit hohem Stromverbrauch eine stark ermäßigte EEG-Umlage zahlen. Intention ist, die deutsche Industrie vor Wettbewerbsnachteilen zu schützen. Mit der Novellierung des EEG 2012 wurde der Anteil ausnahmberechtigter Unternehmen stark ausgeweitet. Die Grenze, um eine Ausnahmberechtigung zu erhalten, wurde von 10 GWh Jahresverbrauch auf 1 GWh Jahresverbrauch abgesenkt (siehe Fussnote 29). Dadurch wurde die Anzahl Kilowattstunden, auf welche die Kosten verteilt werden konnten, viel geringer, weshalb die EEG-Umlage pro kWh im Jahr 2013 plötzlich deutlich anstieg. So tragen zunehmend die privaten Haushalte und kleinere Betriebe die Hauptlast der Energiewende. Dass der ursprüngliche Ansatz im EEG einer kooperativen Finanzierung zunehmend verwässert wurde, hat wiederholt Kritik geerntet. So verbraucht die energieintensive Industrie inzwischen zwar 18% des Stroms, an der Finanzierung der Energiewende über die EEG-Umlage ist sie jedoch nur

²⁹ Stromverbrauch bis 1 GWh/a: volle EEG-Umlage wird gezahlt; Stromverbrauch zwischen 1 und 10 GWh/a; 10% der EEG-Umlage ist zu entrichten; Stromverbrauch zwischen 10 und 100 GWh/a; 1% der EEG-Umlage ist zu entrichten; Stromverbrauch über 100 GWh/a: EEG wird auf 0.05 Ct pro kWh begrenzt.

zu 0.3% beteiligt. Gleichzeitig profitiert sie von den tiefen Grosshandelsstrompreisen.

Die hohe EEG-Umlage ist schliesslich auch auf den frühen Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland zurückzuführen. Aus den Jahren, als die Stromerzeugungstechnologien noch vergleichsweise teuer waren, bleiben die Differenzkosten hoch. Dieses «historischen Kosten» müssen von den deutschen Stromkonsumenten getragen werden, bis die Vergütungsdauer von 20 Jahren abgelaufen ist. Als Pionier hat Deutschland in eine Technologie investiert, als sie noch sehr teuer war. Damit hat Deutschland jedoch auch massgeblich zur weltweiten Kostenreduktion und der Weiterentwicklung und –verbreitung beigetragen. Es ist damit zu rechnen, dass das Maximum des Kostenrucksacks durch die Förderung der Erneuerbaren in den nächsten Jahren erreicht wird. Schätzungen des Öko-Instituts prognostizieren dies für das Jahr 2020 (Agora 2019a, siehe Abbildung 6).

Abbildung 6: Summe von Börsenstrompreis und EEG-Umlage, Modellierung bis 2035



Quelle: Agora (2019a), basierend auf Rechnungen des Öko-Instituts (2018).

Neben der Höhe wurde auch die regressive Wirkung der EEG-Umlage kritisiert. In der Tat ist es so, dass der Konsum von Gütern mit tiefer Einkommenselastizität geringverdienende Bürger überproportional belastet und entsprechend regressiv wirkt. Es ist jedoch so, dass die Haushaltsausgaben für Strom bereits ohne EEG-Umlage denselben regressiven Charakter aufweisen (Gawel et al. 2012).

Hervorzuheben ist schlussendlich, dass die deutschen Haushalte aktuell zwar einen hohen Strompreistarif zahlen, da sie jedoch effizienter und weniger Energie konsumieren als die Haushalte in weiteren industrialisierten Ländern, ist das Total der jährlichen Stromrechnung vergleichbar mit beispielsweise den USA oder Japan. Ein Vergleich über die Zeit enthüllt zudem, dass der Anteil der

Stromausgaben am deutschen Haushaltseinkommen über die Zeit nur wenig schwankt. Während dieser Anteil in den 1980er-Jahren durchschnittlich 2.5% betrug, sank er in der Periode 1990 bis 2000 auf rund 2%. Inzwischen ist er wieder auf rund 2.5% gestiegen, also auf dem gleichen Niveau wie vor 40 Jahren (Agora 2019b).

Fazit: In der Tat gehören die Endkundenstrompreise in Deutschland zu den höchsten in Europa. Dies ist jedoch auf die Konstruktion der EEG-Umlage und der weit gefassten Ausnahmeregelung für Grosskunden zurückzuführen, durch welche der Ausbau erneuerbarer Energien alleine von den Privatkunden und kleinen Gewerbekunden finanziert wird. Ausserdem belasten die historischen Kosten die deutschen Stromrechnungen, denn Deutschland hat in die erneuerbaren Technologien investiert, als diese noch relativ teuer waren. Die hohen Strompreise sind also primär ein Ergebnis der Kostenverteilung. Die Strombeschaffungskosten selbst gehören im Gegensatz dazu zu den tiefsten in Europa. Dazu trägt der Ausbau der erneuerbaren Energien bei, welcher die Börsenstrompreise senkt. Bei einer Beurteilung der Strompreisentwicklung muss also genau analysiert werden, welches die relevanten Treiber sind.

2.3. KLIMA, KOHLE & ATOM

Die Energieproduktion ist entscheidend bezüglich Treibhausgasemissionen und Klimaschutz. Denn mehr als ein Drittel der Emissionen Deutschlands wird durch die Energiewirtschaft³⁰ verursacht (BMW 2019d). Danach folgen mit einigem Abstand die Sektoren Verkehr, Industrie und Haushalte.³¹ Der Stromsektor als Teil der Energiewirtschaft und dessen Klimabilanz wird dabei zunehmend wichtiger (Dekarbonisierung durch Elektrifizierung). Entsprechend kontrovers werden die Verbindung von Atomausstieg und Kohleverstromung diskutiert sowie die Klimaziele, der Ausbau der erneuerbaren Energien und die Auswirkungen all dessen auf die Entwicklung der Treibhausgasemissionen.

2.3.1. Treibhausgasemissionen

Behauptung: Trotz Milliardeninvestitionen in den Ausbau der Erneuerbaren sind die Treibhausgasemissionen Deutschlands kaum gesunken.

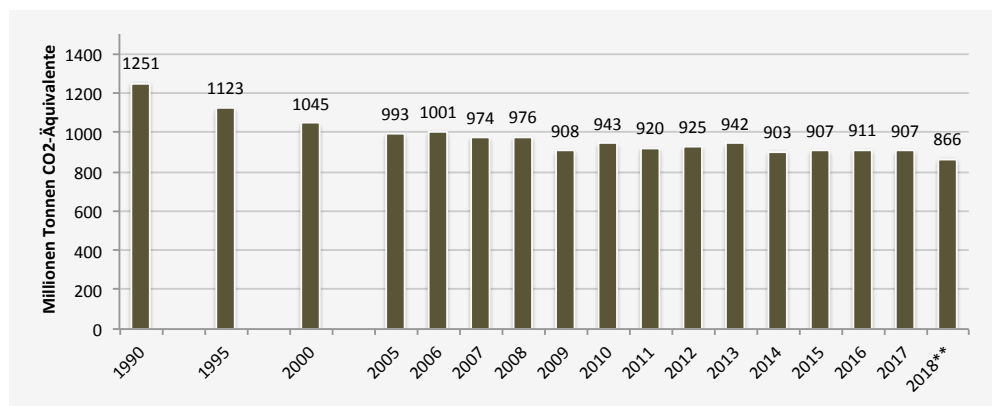
Fakt ist: Abbildung 7 zeigt den Emissionspfad Deutschlands von 1990 bis 2018. Die Treibhausgasemissionen sind in diesem Zeitraum um knapp einen Drittel gesunken. Eine Beurteilung, in welche Richtung sich die Treibhausgasemissionen Deutschlands bewegt haben, hängt vom Betrachtungszeitraum ab. Bei der

³⁰ Dazu gehören die öffentliche Strom- und Wärmeerzeugung, Raffinerien sowie Erzeuger von Festbrennstoffen.

³¹ Siehe Abbildung 9.

Annahme von 1990 als Basisjahr zeigt sich, dass die Treibhausgasemissionen Deutschlands von 1'251 auf 866 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente³² um 30.8% gesunken sind (Umweltbundesamt 2019). Die grössten Emissionsreduktionen sind anlässlich der Einführung des Stromeinspeisungsgesetzes 1990 sowie nachfolgend an die Einführung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes im Jahr 2000 zu sehen. Der Ausbau der erneuerbaren Energien scheint also massgeblich zur Treibhausgasreduktion beigetragen zu haben.

Abbildung 7: Treibhausgasemissionen in Deutschland 1990 bis 2018 in Mio. t CO₂-Äquivalenten*



* Alle Angaben ohne Berücksichtigung von Landnutzungsänderungen

** Schätzung

Quelle: UBA (2019a), Stand: 04.04.2019. Eigene Darstellung.

Eine Studie der Energy Watch Group³³ bestätigt dies und kommt zum Schluss, dass der Ausbau der erneuerbaren Energien bei der Emissionsreduktion die tragende Säule darstellt: Von 1990 bis 2017 haben die Erneuerbaren mit 47% zur Reduktion der Treibhausgasemissionen beigetragen. Weitere Ursachen liegen mit 26% am Strukturwandel im Osten nach der Wende,³⁴ an getroffenen Effizienzmassnahmen (17%) sowie dem Emissionshandel EU-ETS (10%).

Die Reduktion zum Basisjahr 1990 ist beträchtlich, jedoch ist seit 2010 in der Tat eine Stagnation sichtbar. Die Studie der Energy Watch Group (2018a) untersucht ebenso die Gründe hierfür und identifiziert zwei hauptsächliche Ursachen: Erstens nahmen die Stromexporte ins Ausland zu, was den Kohlekraftwerken neue Absatzmärkte ermöglichte.³⁵ Zweitens ist der jährliche Ausbau der

³² Die Zahlen beinhalten sämtliche CO₂-Emissionen sowie die weiteren Treibhausgase CH₄, N₂O und F-Gase. Treibhausgaswirkungen durch Landnutzungsänderungen sind nicht berücksichtigt.

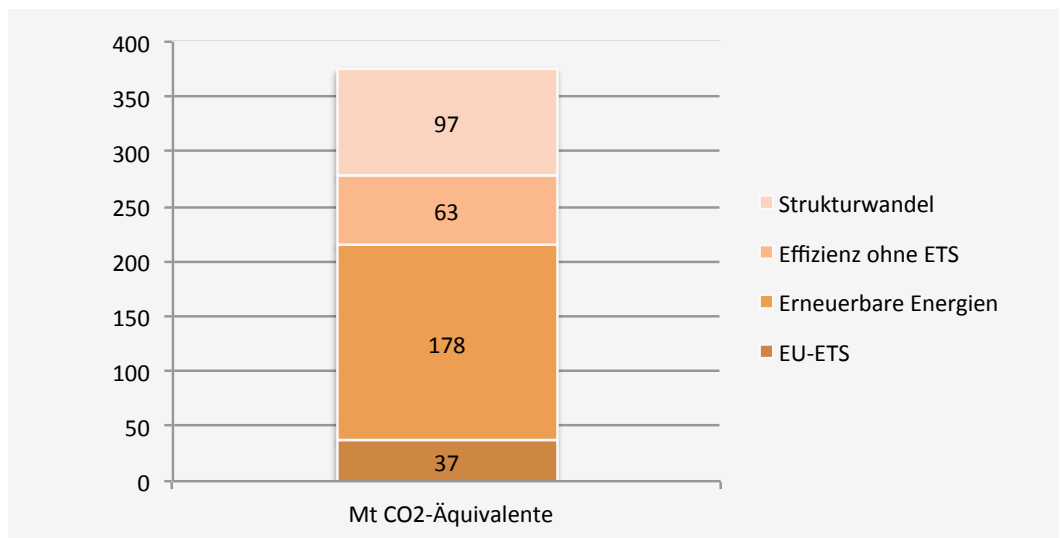
³³ Energy Watch Group (2018a): *Erneuerbare Energien – die tragende Säule für die CO₂-Emissionsreduktion in Deutschland*.

³⁴ Wiederholt wird behauptet, die Emissionsreduktionserfolge seien hauptsächlich auf den Mauerfall und die nachfolgende wirtschaftliche Umstrukturierung durch die Wiedervereinigung zurückzuführen. Während dies für die Emissionsreduktion bis 1995 teilweise zutrifft, ist der Reduktionstrend ab 1995 auf eine aktive Klimaschutzpolitik inklusive Ausbau der Erneuerbaren zurückzuführen. Die Studie von EWG (2018a) quantifiziert die Mechanismen.

³⁵ Siehe Kapitel 2.3.4 bezüglich der Rolle der Kohle und der internationalen Energiemärkte.

erneuerbaren Energien im genannten Zeitraum rückläufig. Die mangelnde Reduktion der Emissionen ist vornehmlich im Verkehrssektor sichtbar, welcher nicht auf erneuerbare Energien umgestiegen ist, sondern weiterhin hauptsächlich auf fossilen Brennstoffen beruht. Die Studienautoren ziehen die Konklusion, dass der politisch gewollt reduzierte Ausbau erneuerbarer Energien durch die EEG-Novellen ab 2012 einer der Hauptgründe für das Nichterreichen der deutschen Klimaschutzziele ist.³⁶

Abbildung 8: Einsparungen von Treibhausgas in Deutschland 2017, gegenüber 1990: 375 Millionen t CO₂-Äquivalente



Quelle: Energy Watch Group (2018a). Eigene Darstellung.

2018 war gegenüber dem Vorjahr wieder eine stärkere Reduktion der Treibhausgas-Emissionen sichtbar, namentlich um 4.5% (Umweltbundesamt, 2019). Laut Agora Energiewende (2019a) sind die Hauptgründe hierbei jedoch vornehmlich in der warmen Witterung und Produktionsrückgang einiger energieintensiven Industrien zu suchen. Dies hatte einen entscheidenden Einfluss auf einen sinkenden Verbrauch von fossiler Primärenergie. Zweitens ist die positive Entwicklung im Stromsektor hervorzuheben, in dem ebenfalls sinkende Treibhausgas-Emissionen zu beobachten sind.

Fazit: Die Emissionsreduktion seit 1990 verläuft nicht wegen, sondern trotz dem Ausbau der erneuerbaren Energien zu langsam – gemessen an den Klimazielen. Dennoch konnte seit 1990 eine Reduktion der Treibhausgasemissionen von beinahe 30,8 % erreicht werden. Den erneuerbaren Energien kam hierbei eine tragende Rolle zu.

³⁶ Siehe Kapitel 2.3.2. Klimaziele

2.3.2. Klimaziele

Behauptung: Deutschland wird seine Klimaziele verfehlen.

Fakt ist: Im Rahmen des **Kyoto-Protokolls** verpflichtete sich Deutschland, seine Treibhausgasemissionen 2008 bis 2012 um 21% gegenüber 1990 zu reduzieren. Dieses Ziel hat Deutschland bereits 2007 erreicht. Ende 2008 hatte Deutschland seine Treibhausgasemissionen um 22.2% gesenkt (UBA 2012). Im Anschluss hat die Bundesregierung 2007 das **Integrierte Energie- und Klimaprogramm (IEKP)** bekannt gegeben, welches eine 40%-Treibhausgasreduktion bis 2020 vorsieht. Dieses wurde 2009 im 17. Koalitionsvertrag festgehalten. Dabei handelt es sich jedoch um ein rein deklaratorisches Klimaziel. Die rechtsverbindlichen Verpflichtungen gegenüber der Europäischen Union, festgehalten im **2020 Climate & Energy Package**, besagen demgegenüber bloss eine viel geringere Reduktionspflicht bis 2020.

2010 wurde das **Energiekonzept** der Bundesregierung publiziert. Dieses bildet den aktuellen Kompass für die deutsche Energiewende und definiert den Pfad für die Zielerreichung bis 2050, sowohl hinsichtlich der Emissionsziele (80-95% Reduktion bis 2050) als auch der Energieziele (Tabelle 3, BMWi 2010). Diese Ziele wurden 2014 im **Aktionsprogramm Klimaschutz 2020** der Bundesregierung bekräftigt (BMU 2014). Anlässlich des Pariser Klimagipfels 2015 (COP21) gab Deutschland dieselben Klimaziele im Rahmen der Intended Nationally Determined Contributions (INDC) bekannt. 2016 hat Deutschland in seinem **Klimaschutzplan 2050** die im Pariser Klimaabkommen geforderte Langfriststrategie formuliert. Diese formuliert erstmals auch Zwischen- und Sektorziele, ebenso wurde das 40%-Treibhausgas-Reduktionsziel für 2020 bestätigt (BMU 2016). Die EU hat hierzu 2014 den **2030 Climate & Energy framework** angenommen, um die Verpflichtungen des Pariser Klimaabkommens umzusetzen.

Im **Koalitionsvertrag** der 19. Wahlperiode hält die neue Regierung 2018 zwar an den Klimazielen fest, relativiert jedoch das Reduktionsziel für 2020: Man wolle das Ziel 2020 so nahe und schnell wie möglich erreichen (CDU, CSU und SPD 2018). Im Oktober 2019 hat die deutsche Bundesregierung aufbauend auf dem Klimaschutzplan das Klimaschutzpaket beschlossen. Dieses besteht aus dem **Klimaschutzgesetz**, welches erstmals jährliche Sektorziele zur Treibhausgasreduktion festlegt, und dem **Klimaschutzprogramm 2030**, welches konkrete Massnahmen hierzu beschreibt. Zur Umsetzung werden weitere Gesetze erforderlich sein.

Tabelle 3: Übersicht der Klimaziele von Deutschland und der Europäischen Union

Entity / Jahr	Vertrag	Zielindikator	Stand	Ziele					
			2018	2008-12	2020	2030	2040	2050	
DE, 2002	Kyoto-Protokoll I,	THG-Emissionen*	-22.2% (2008)	-21%					
DE, 2007	Klimaziele IEKP	THG-Emissionen*	-30.8		-40%				-80 – 95%
EU, 2008	2020 Climate & Energy Package, (THG Ziel entspricht Kyoto II)	THG-Emissionen*	(-30.8)		-20%				
		Anteil Erneuerbare am Brutto-Endenergieverbrauch			20%				
		Energieeffizienz: Stromverbrauch			-20%				
DE, 2010	Klimaziele Energiekonzept	THG-Emissionen*	-30.8		-40%	-55%	-70%		-80 – 95%
EU, 2014	2030 Climate & Energy framework	THG-Emissionen*	(-30.8)			-40%			
		Anteil Erneuerbare am Endenergieverbrauch				32%**			
		Energieeffizienz: Stromverbrauch				-32.5%**			
DE, 2016	Klimaschutzplan 2050	THG-Emissionen*	-30.8			-55-56%			
		Energiewirtschaft	-30***			-61-62%			
		Gebäude	-37***			-66-67%			
		Transport	2***			-40-42%			
		Industrie	-29***			-49-51%			
		Landwirtschaft	-17***			-31-34%			
		Andere	-74***			-87%			
DE, 2018	19. Koalitionsvertrag	THG-Emissionen*	-30.8%		-40% soweit mgl	-55%	-70%		-80 – 95%
DE, 2019	Klimaschutzgesetz und Klimaschutzprogramm 2030	THG-Emissionen*	-30.8%			-55%****	*****		Bis -95%

* gegenüber 1990

** Zielanpassung durch den Europäischen Rat im Dezember 2018 von jeweils 27% auf 32% (Renewable Energy (RES) Directive) resp. 32.5% (Energy Efficiency Directive).

*** Stand 2017

****Die Ziele für die einzelnen Sektoren bleiben die gleichen wie im Klimaschutzplan 2050 festgelegt.

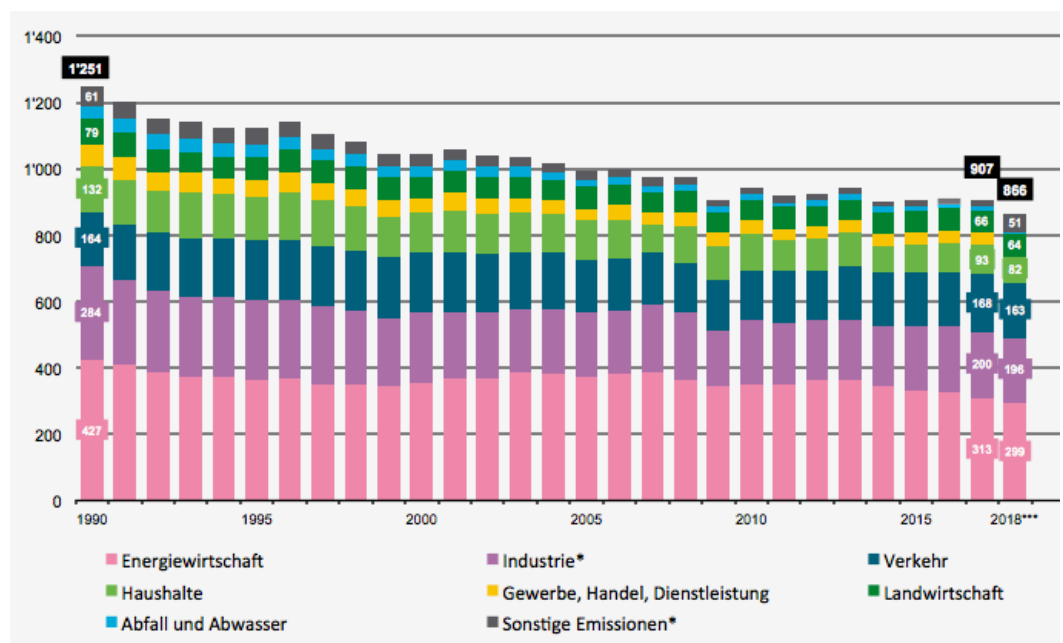
*****Das Zwischenziel für 2040 wurde gestrichen.

Quelle: BMWi 2010, 2019c, 2019d, AGEB 2019a, 2019b, UBA 2019a, BMU 2019a, 2019b. Eigene Darstellung.

Der Fortschritt der Klimaziele wird seit 2015 in jährlichen Klimaschutzberichten überprüft. Jedes Jahr wird zudem vom Umweltbundesamt ein Inventarbericht erstellt, der die deutschlandweiten Treibhausgasemissionen berechnet und aufzeigt (Pflichterfüllung durch Klimarahmenkonvention und Kyoto-Protokoll). 2011 hat die Bundesregierung zudem einen laufenden Monitoring-Prozess zur Energiewende beschlossen. Auf dieser Grundlage wird jährlich der **Monitoring-Bericht «Energie der Zukunft»** publiziert, erstellt durch das BMU und BMWi, das Kernstück des Energiewende-Monitorings. Alle drei Jahre erscheint zudem ein strategischer **Fortschrittsbericht** (BMWi 2018a, 2019d).

Während das Bundesumweltministerium im Jahr 2011 noch ein Erreichen seiner selbst gesetzten Klimaziele 2020 erwartete (BMU 2011), gab es 2013 bekannt, dass Deutschland diese wohl verfehlen werde (BMU 2013). Während die nachfolgenden Monitoring-Berichte dies noch offen liessen, sagt der letzte Fortschrittsbericht deutlicher, dass das Klimaziel 2020 nicht eingehalten werden kann (BMWi 2019d). Weitere Akteure stimmen dem überein (BMWi 2019d, Agora 2019a, Allianz SE 2017). Nach einer Studie des Öko-Instituts (2017a) für den Zweiten Fortschrittsbericht ist davon auszugehen, dass mit den bisher umgesetzten Massnahmen bis 2020 eine Treibhausgasemissionsreduktion von ca. 32% (ggü. 1990) erreicht werden wird (Öko-Institut 2017a, BMWi 2019d). Dies bedeutet eine Zielerreichungslücke von etwa 8%.

Abbildung 9: Treibhausgasemissionen nach Sektoren, 1990 bis 2018, in Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente



* Industrie: Energie- und prozessbedingte Emissionen der Industrie

*** Schätzung 2018

Quelle: BMWi (2019d) nach UBA. Adaptierte Darstellung.

Das BMU unter dem damaligen Bundesumweltminister Peter Altmaier benannte den nicht funktionierenden EU-Emissionshandel als primäre Ursache für ein allfälliges Nichterreichen der Klimaziele (BMU 2013). Ein Blick auf die Treibhausgasemissionen nach Sektoren (Abbildung 9) zeigt präziser, wo die Hauptursache für die mangelnde Reduktion der Treibhausgasemissionen auszumachen ist: Die Emissionsreduktionen im Industriesektor stagnieren, im Verkehrssektor ebenso. Die Emissionen in der Energiewirtschaft sind demgegenüber Jahr für Jahr zurückgegangen, machen aber noch immer den höchsten Anteil aus, was vornehmlich auf die anhaltende Kohleverstromung zurückzuführen ist (BMWi 2019d).

Gegenüber der Stagnation der Vorjahre gab es 2018 zwar wieder eine Treibhausgasreduktion, jedoch ist Deutschland noch nicht auf Kurs für die Klimaschutzziele 2030 (Agora 2019a). Im Stromsektor sind die Treibhausgasemissionen zwar gesunken, die Energiewirtschaft ist aber mit 299 Millionen Tonnen nach wie vor der grösste Emittent, hauptsächlich aufgrund der anhaltenden Braunkohleverstromung. Die Dekarbonisierung des Stromsektors ist für die künftige Erreichung der Klimaziele essentiell. Wichtig ist zudem die Senkung der Emissionen im Verkehrs-, Industrie- und Wärmesektor. Zentrale Instrumente hierzu werden das Klimaschutzgesetz sowie der Ausstieg aus der Kohleverstromung sein.³⁷

Fazit: Deutschland wird seine Klimaziele 2020 verfehlen. Dank dem Ausbau der Erneuerbaren konnten die Emissionen im Energiesektor massiv gesenkt werden, sind jedoch aufgrund der anhaltenden Kohleverstromung³⁸ nach wie vor zu hoch. Damit die Klimaziele 2030 erreicht werden, müssen einerseits die Emissionen in der Energiewirtschaft als grösste Emittentin, andererseits die Emissionen im Verkehrs-, Industrie- und Wärmesektor gesenkt werden, bei welchen die Reduktionsbemühungen in den letzten Jahren stagnierten.

2.3.3. Atomausstieg & die Rolle der Importe

Behauptung: Nach dem beschlossenen Atomausstieg 2011 musste die resultierende Stromlücke mit Importen von Atom- und Kohlestrom kompensiert werden. So wurden durch Kohlestromimporte die Emissionen bloss ins Ausland verlagert.

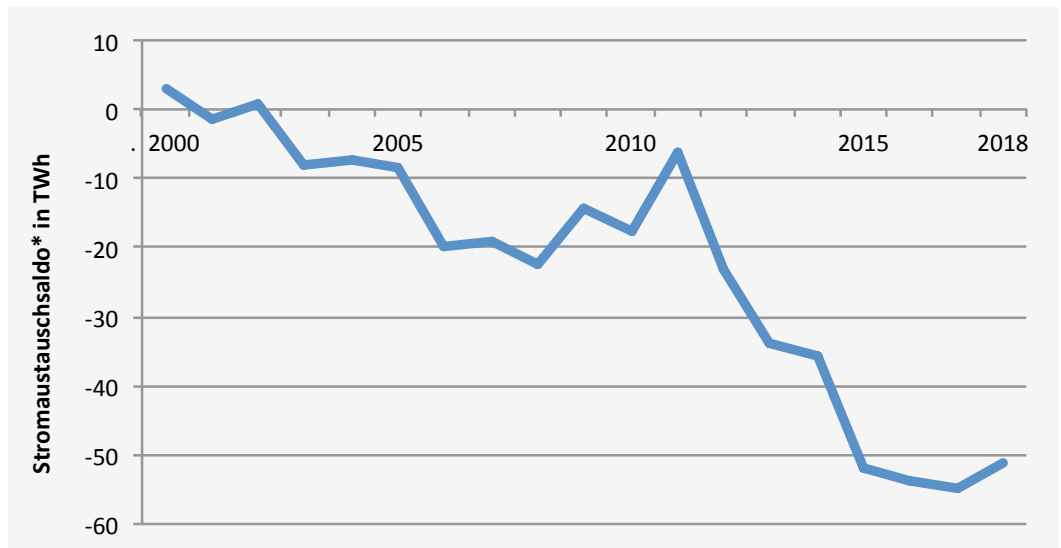
Fakt ist: Deutschland ist seit 2003 Nettoexporteur von Strom, was sich auch nach dem zweiten Atomausstieg im Jahr 2011 nicht änderte. Abbildung 10 zeigt den Stromaustauschsaldo Deutschlands mit dem Ausland. Seit 2003 haben die Exporte die Importe stets überstiegen. Ab 2011, nach dem definitiven Abschalten der ersten acht Atomkraftwerke, hat sich diese Tendenz gar beschleunigt. 2018 hat Deutschland 31.5 TWh importiert und 82.7 TWh exportiert, was einen

³⁷ Siehe Kapitel 2.3.5 Atomausstieg & Kohleausstieg: *Ausblick*

³⁸ Bezüglich der Rolle der Kohle, siehe Kapitel 2.3.4 Atomausstieg & die Rolle der Kohle

Exportsaldo von 51.2 TWh ergibt. Primäre Exportländer sind Österreich, die Niederland und Frankreich. Deutschland ist ein wichtiger Exporteur, da es tiefe Grosshandelsstrompreise aufweist (Agora 2019b).

Abbildung 10: Stromaustauschsaldo Deutschlands 2000 bis 2018



*Ein positiver Wert zeigt einen Nettostromimport, ein negativer Wert einen Nettostromexport an.

Quelle: AG Energiebilanzen (2019a). Eigene Darstellung.

Die Zunahme der deutschen Stromproduktion und entsprechend der Exporte ist auf den Ausbau der erneuerbaren Energien zurückzuführen. So hat zwischen 2010 und 2018 die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien um 120.9 TWh zugenommen, während die Atomstromproduktion bloss um 64.6 TWh sank (siehe Abbildung 13 im nachfolgenden Kapitel, Agora 2019b, AGEB 2019a). Der Atomausstieg machte also keine zusätzlichen Stromimporte nötig.

Fazit: Deutschland ist seit 2003 Stromnettoexporteur. Der Atomausstieg (minus 64.6 TWh) wurde nicht mit zusätzlichen Stromimporten, sondern einem Ausbau der Erneuerbaren (plus 120.9 TWh) mehr als kompensiert. Um den Strombedarf Deutschlands zu decken, waren also keine zusätzlichen Importe notwendig.

2.3.4. Atomausstieg & die Rolle der Kohle

Behauptungen:

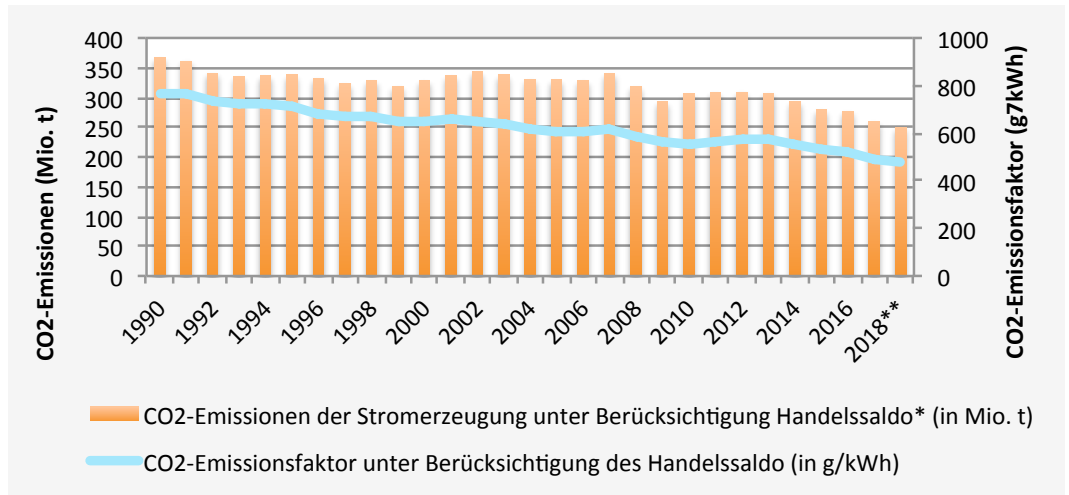
- a) Nach dem beschlossenen Atomausstieg 2011 und dem sukzessiven Abschalten von Atomkraftwerken wurde die resultierende Stromlücke mit einer erhöhten inländischen Kohlestromproduktion kompensiert.
- b) In der Folge sind auch die Treibhausgasemissionen gestiegen.
- c) Die Lücke konnte (und kann) mit erneuerbaren Energien nicht ausreichend gefüllt werden.
- d) Deutschland baut deshalb mehr Kohlekraftwerke.

a) Fakt ist: Die deutsche Kohlestromproduktion stieg zwar ab 2011, jedoch nur temporär bis 2013. Der Grund ist nicht auf die Abschaltung der acht Atomkraftwerke 2011 zurückzuführen, sondern vielmehr auf die Entwicklung der globalen Energiemärkte. So waren die Grosshandelsstrompreise in der genannten Periode sehr niedrig, ebenso die CO₂-Preise. Während die Kohlekraftwerke von tiefen CO₂-Preisen und tiefen Brennstoffkosten profitierten, waren die Gaskraftwerke mit hohen Gasbrennstoffpreisen konfrontiert und wurden in der Folge zunehmend unwirtschaftlich. Die zunehmende Brennstoffpreisdifferenz zwischen Gas und Kohle und der sinkende CO₂-Preis führten zu einem weiteren Auseinanderklaffen der Stromerzeugungskosten von Kohle- und Gaskraftwerken. Durch den sogenannten Merit-Order-Effekt, der an der Börse den Strompreis bestimmt, gehen stets diejenigen Kraftwerke mit den tiefsten Grenzkosten zuerst ans Netz. In der Folge wurden neue, vergleichsweise emissionsarme Gaskraftwerke durch die klimaschädlicheren, wettbewerbsstärkeren Kohlekraftwerke verdrängt. Die deutschen Kohlekraftwerke drängten sowohl die Gaskraftwerke innerhalb Deutschlands als auch in den Nachbarländern aus dem Markt (Agora 2014).³⁹

Abbildung 11 zeigt, wie sich die Anteile der verschiedenen Energieträger am Erzeugungsmix entwickelten. So stieg der Anteil von Erdgas bis 2010 kontinuierlich auf 14.1%, während er bis 2013 auf 10.6% sank. Dies entspricht einem Rückgang von 21.8 TWh (AGEB 2019a). Gleichzeitig stieg der Anteil an Braunkohle von 23% auf 25.2%, bei der Steinkohle von 18.3% auf 19.9%, was gesamthaft einer Zunahme von 25.3 TWh entspricht (Braunkohle plus 15 TWh, Steinkohle plus 10.3 TWh). Gleichzeitig stiegen die Stromexporte im genannten Zeitraum von 2010 bis 2013 um 16.1 TWh.

³⁹ Der Effekt, dass die deutsche Kohlestromproduktion die Gasstromproduktion im In- und Ausland (insbesondere in Österreich, Niederlande und Italien) verdrängte, war auch in den folgenden Jahren nach wie vor sichtbar (Agora 2017).

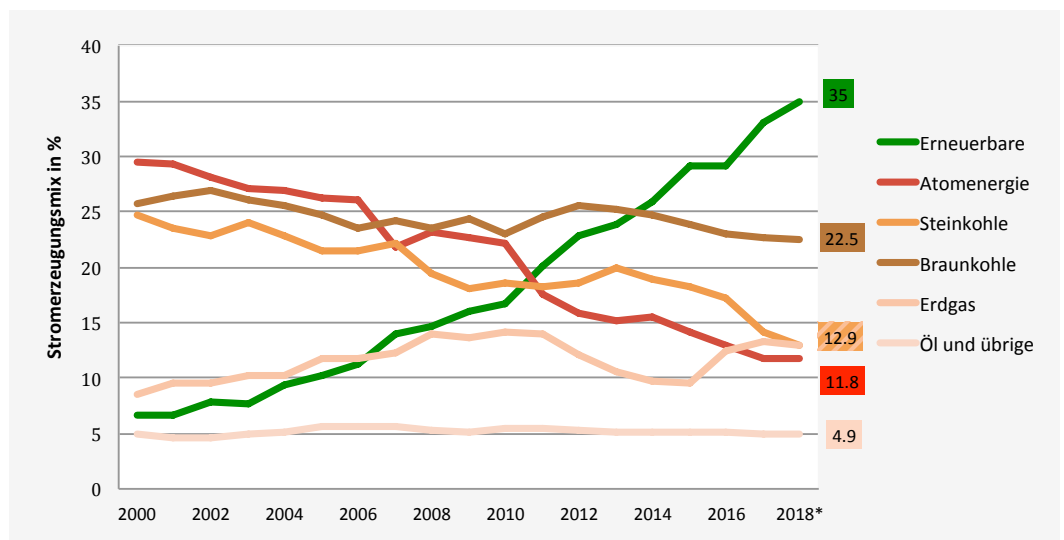
Abbildung 11: Jährlicher Stromerzeugungsmix von 2000 bis 2018, in Prozent
* vorläufige Angaben



Quelle: AG Energiebilanzen (2019a). Eigene Darstellung.

b) In der Folge der temporär erhöhten Kohlestromproduktion stiegen auch die Treibhausgasemissionen, sowohl im Stromsektor als auch in ganz Deutschland (siehe 2.3.1). Im Stromsektor stiegen die Emissionen gar seit 2009. Dieser Widerspruch der Emissionssteigerung trotz Ausbau der erneuerbaren Energien und gesteigerter Energieeffizienz ist unter dem Namen «Energiewende-Paradox» bekannt. Dieses ist jedoch wie oben ausgeführt durch die marktbedingt erhöhte Kohleverstromung zu erklären.

Abbildung 12: CO₂-Emissionen der deutschen Stromerzeugung



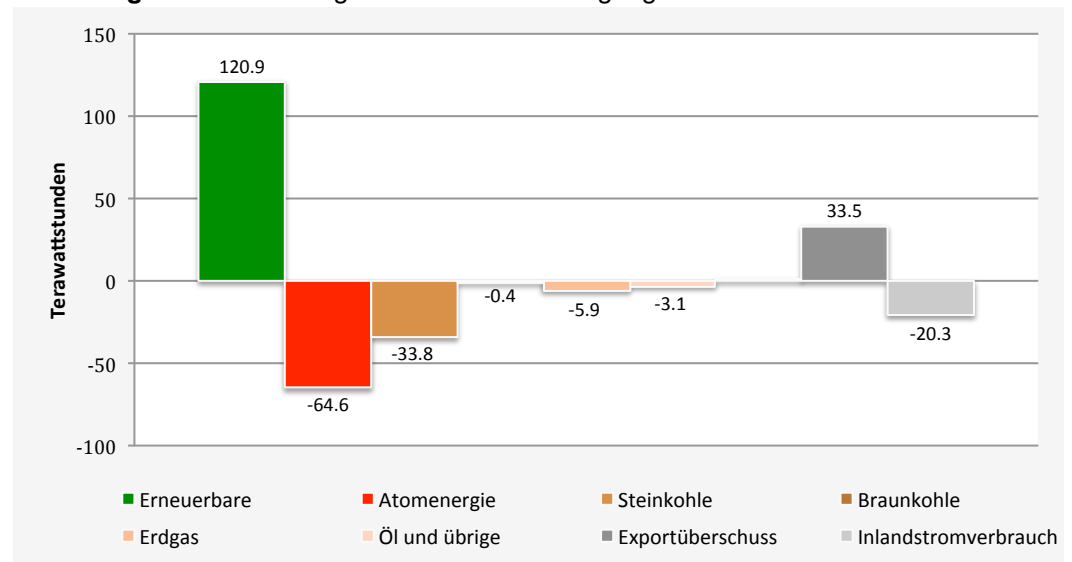
*Emissionen der Stromerzeugung abzüglich der Emissionen, die dem Stromhandelsaldo zugerechnet wurden

**geschätzt

Quelle: UBA (2019c). Eigene Darstellung.

c) Die Erzeugung von Atomstrom sank in derselben Zeitperiode (2010 bis 2013) um 43.3 TWh, während die Erneuerbaren Energien 47 TWh zusätzlich produzierten, folglich den Rückgang der Atomstromproduktion überkompensierten. Die Betrachtung eines längeren Zeitraums von 2010 bis 2018 zeigt ebenso, dass die zusätzliche Stromproduktion der erneuerbaren Energien den Wegfall der Atomenergie überkompensierte. Die Veränderungen der Stromproduktion nach Erzeugungsart sind in Abbildung 13 dargestellt. Auch ein Blick auf die längerfristigen Trends der deutschen Stromerzeugung zeigt, dass die sinkende Atomstromproduktion durch die zunehmende Stromerzeugung aus Erneuerbaren mehr als kompensiert wird.⁴⁰

Abbildung 13: Veränderungen in der Stromerzeugung von 2010 bis 2018



* vorläufige Angaben für 2018

Quelle: AG Energiebilanzen (2019a). Eigene Darstellung.

d) Seit 2011 wurden keine neuen Bewilligungen für Kohlekraftwerkpläne beantragt. Von den kurz zuvor angekündigten Plänen wurden die meisten gestoppt. Aktuell gibt es noch ein einziges Neubauprojekt eines Kohlekraftwerks: Datteln 4. Der Betreiber Uniper will dieses im Sommer 2020 ans Netz bringen (Reuters 2019). Ansonsten bestehen keine weiteren Pläne zum Bau von Kohlekraftwerken (Agora 2019b). Der nächste Schritt ist nun vielmehr der lange erwartete Kohleausstieg.

Fazit:

a) Die Kohlestromproduktion stieg zwar von 2011 bis 2014. Diese Tendenz war jedoch nur kurzfristig und vorübergehend und nicht auf die Schließung der Atomkraftwerke nach dem Reaktorunfall in Fukushima zurückzuführen. Der Grund lag viel mehr in den sinkenden CO₂-Preisen und der globalen

⁴⁰ Siehe Kapitel 1.3 Ziele und Fortschritt, Abbildung 2

Preisentwicklung der fossilen Brennstoffe. Dies verursachte einen Brennstoffwechsel der Kraftwerke weg von Gas hin zu Kohle (Merit-Order-Effekt). Die temporäre Zunahme der Kohleverstromung ging mit erhöhten Stromexporten einher.

b) Das resultierende Energiewende-Paradox, welches den Widerspruch von steigenden Treibhausgasemissionen und zunehmendem Anteil erneuerbaren Energien bezeichnet, ist auf diese Marktentwicklung zurückzuführen.

c) 2015 stoppte der deutsche Kohleaufwärtstrend. Der Atomausstieg seit 2010 (minus 64.4 TWh Atomstrom) wurde mit einem Ausbau der Erneuerbaren (plus 120.9 TWh Strom aus Erneuerbaren) mehr als kompensiert.

d) Mit Datteln 4 soll in Deutschland im 2020 ein Kohlekraftwerkneubau ans Netz, ansonsten sind keine weiteren Projekte in Bau oder in Planung.

2.3.5. Atomausstieg & Kohleausstieg: Ausblick

Behauptung: Der Atomausstieg bis 2022 und der Kohleausstieg bis 2038 werden zu steigenden Stromimporten und einem Anstieg der Strompreise führen.

Fakt ist: Das von der deutschen Bundesregierung festgelegte Klimaschutzziel für den Sektor Energiewirtschaft besagt, dass bis 2030 die Treibhausgasemissionen um 61 bis 62% reduziert werden müssen (Klimaschutzplan 2015). Angesichts der stagnierenden Reduktion der Treibhausgase (trotz rapidem Ausbau der erneuerbaren Energien) hat die Bundesregierung eine Kommission beauftragt, einen Kohleausstiegsplan zu formulieren. Denn bei der Energiewirtschaft macht die Kohleverstromung den Löwenanteil der Emissionen aus.⁴¹ Im Juni 2018 hat die Bundesregierung die Kommission «Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung», kurz Kohle-Kommission einberufen, um einen gesellschaftlich tragfähigen Kohleausstieg zu empfehlen, der die Einhaltung des Sektorziels 2030 für die Energiewirtschaft sicherstellt.⁴² Im Januar 2019 hat die Kommission hierzu ihren Abschlussbericht vorgelegt.⁴³ Die Kohle-Kommission empfiehlt unter anderem, bis spätestens 2038 alle Kohlekraftwerke zu schliessen.

In der Kohleausstiegsdiskussion insbesondere wurden zwei Befürchtungen häufig geäußert: Der Kohleausstieg führe zu einem Anstieg der Strompreise und steigenden Stromimporten aus dem Ausland. Dabei wird häufig übersehen, dass der aktuelle 19. Koalitionsvertrag noch weitere Massnahmen für den Stromsektor vorsieht. Konkret sollen die erneuerbaren Energien bis 2030 nicht bloss auf 50% bis 55%, sondern auf 65% des Stromverbrauchs ausgebaut werden. Agora

⁴¹ 2017 betrug der Anteil der Emissionen aus Kohle an den gesamten Emissionen aus der Energieversorgung 80% (Agora 2017).

⁴² Ziel war, gleichzeitig einen breiten gesellschaftlichen Konsens über die Gestaltung des energie- und klimapolitisch begründeten Strukturwandels in Deutschland herzustellen. Die Schaffung konkreter Perspektiven für neue, zukunftssichere Arbeitsplätze in den betroffenen, oft strukturschwachen Regionen stand hierbei im Vordergrund (BMWi 2019a).

⁴³ Siehe: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. *Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“. Abschlussbericht.* Berlin, Januar 2019.

und Aurora Energy Research (2018) haben in einer Studie⁴⁴ modelliert, was für energiewirtschaftliche Effekte eine kombinierte Umsetzung der Ausbau der Erneuerbaren auf 65% und ein schrittweiser Ausstieg aus der Kohleverstromung auf die Stromhandelsbilanz und die Strompreise haben.

Die Studie zeigt unter anderem zwei wichtige Resultate: Erstens kann der Ausbau der erneuerbaren Energien auf 65% die wegfallenden Kohlestrommengen bis 2030 beinahe vollständig kompensieren. Entsprechend bleibt Deutschland Nettostromexporteur. Wird der Kohleausstieg aber nicht mit einer Zielerhöhung bei den Erneuerbaren kombiniert, wird Deutschland laut der Simulation bis 2030 tatsächlich Nettostromimporteuer. Es käme zu einer Mehrproduktion von in- und ausländischem Gasstrom sowie ausländischem Kohlestrom. (Auf die ausländische Atomstromerzeugung, etwa in Frankreich, wird der Kohleausstieg keine unmittelbaren Auswirkungen haben, da diese bereits maximal ausgelastet sind.) Zweitens senkt ein 65%-Ausbau der Erneuerbaren die Börsenstrompreise stärker, als sie durch den Kohleausstieg ansteigen. Da der niedrigere Börsenstrompreis eine leicht höhere EEG-Umlage nach sich ziehen wird, zahlen nicht-privilegierte Haushalts- und Firmenkunden einen vergleichbaren Endkundenpreis. Für die Industrie und Gewerbekunden, die von der EEG-Umlage befreit sind oder sogar Strom direkt an der Börse beziehen können, kann ein schneller Ausbau der erneuerbaren Energien bei gleichzeitiger Senkung der Kohleverstromung finanziell vorteilhaft sein.

Fazit: Der aktuelle Koalitionsvertrag des 19. Bundestags sieht nicht nur den schrittweisen Kohleausstieg vor, sondern parallel dazu den Ausbau der erneuerbaren Energien. Entsprechend wurde das Ausbauziel der Erneuerbaren bis 2030 angehoben von 50 bis 55% auf 65% des Stromverbrauchs. So kann die wegfallende Menge von Kohlestrom beinahe vollständig kompensiert werden. In der Folge wären weder steigende Stromimporte noch steigende Strompreise zu erwarten.

2.4. VERSORGUNGSSICHERHEIT

Die Versorgungssicherheit spielt eine zentrale Rolle in der deutschen Energiewende. Das Ziel zur Versorgungssicherheit besagt, dass die Energienachfrage in Deutschland jederzeit effizient zu decken sei (BMWi 2018b). Zentral Aspekte hierzu sind die **Erzeugung** (es muss genügend Reserve vorhanden sein), das **Netz** (muss den Energietransport vom Ort des Erzeugers zum Verbraucher durch ausreichende Kapazität gewährleisten) sowie die **Netzstabilität** (Regelungsmechanismen müssen bei Schwankungen die Netzsicherheit gewährleisten). Der Fokus liegt in den folgenden Ausführungen auf der Stromversorgung, die Sektoren Wärme und Mobilität werden nicht betrachtet.

⁴⁴ Siehe: Agora Energiewende und Aurora Energy Research (2018). *65 Prozent Erneuerbare bis 2030 und ein schrittweiser Kohleausstieg. Auswirkungen der Vorgaben des Koalitionsvertrages auf Strompreise, CO₂-Emissionen und Stromhandel.*

2.4.1. Erzeugung

Behauptungen:

- a) Erneuerbare Energien können den deutschen Strombedarf nicht decken und bedrohen mit ihrem fluktuierenden Charakter die Versorgungssicherheit.
- b) Konventionelle Kraftwerke sind für die Versorgungssicherheit nötig.

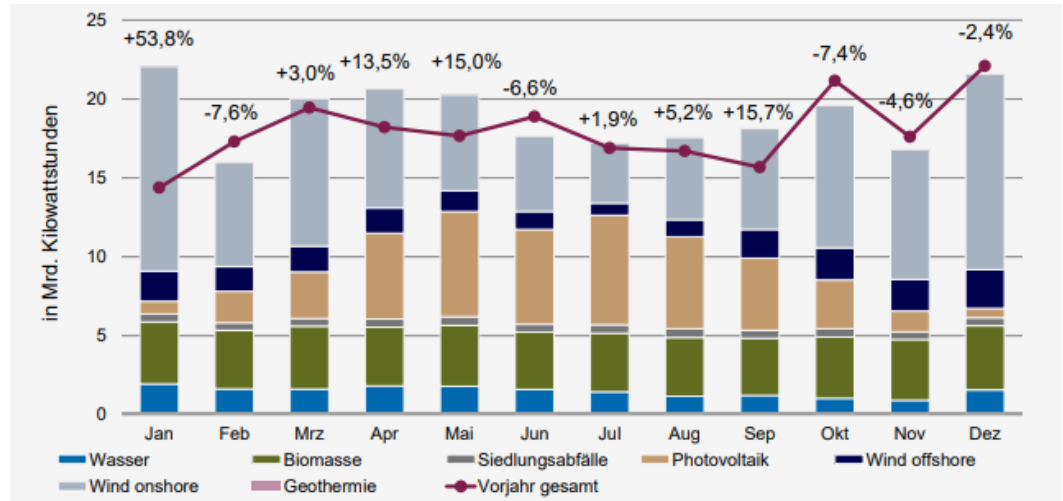
Fakt ist: Die Versorgungssicherheit wird neben zahlreichen technischen Mechanismen auf regulatorischer Ebene sichergestellt. Die Überwachung der Versorgungssicherheit ist sogar gesetzlich geregelt. Jährlich berichtet das BMWi dem Bundestag über die Fortschritte der Energiewende, alle zwei Jahre publiziert es einen Monitoringbericht zum Stand der Versorgungssicherheit. Dieser bewertet sowohl die aktuelle Versorgungssituation als auch die künftige Entwicklung.⁴⁵ Unter Versorgungssicherheit wird die angemessene Deckung des Strombedarfs verstanden, hierbei unterscheidet der Bericht drei entscheidende Aspekte: die vorhandene Stromerzeugung, die Möglichkeiten zum Stromtransport und die Verfügbarkeit von Energieträgern für die Stromerzeugung. Versorgungssicherheit ist laut Monitoring-Definition gewährleistet, sofern die «Nachfrage mit den verfügbaren Betriebsmitteln zur Bereitstellung und Verteilung von Elektrizität mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit gedeckt werden kann» (BMW 2019c). Bereits vorneweg: Der aktuelle Monitoringbericht vom Juni 2019 besagt, dass dieses Kriterium sowohl aktuell als auch perspektivisch eingehalten wird (BMW 2019c).

Ein erneuerbares, dezentraleres Energiesystem ist grundlegend anders zu gestalten als das zentral ausgerichtete, konventionelle Energiesystem. Neben dem Aus- und Umbau der Übertragungsnetze (siehe 2.4.2) sind ausreichende **Erzeugungskapazitäten**, die den bestehenden und zukünftigen Energieverbrauch abdecken, entscheidend. Der Ausstieg aus der Atomenergie und der Kohleverstromung muss entsprechend durch den Ausbau erneuerbarer Anlagen kompensiert werden. Die Ausbaupfade hierzu werden unter anderem im Energiekonzept (BMW 2010) und Klimaschutzplan 2050 (BMU2016) festgehalten. Der momentane Stand der Erzeugungskapazitäten wird in der Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur festgehalten. Seit 2011 befragt die Bundesnetzagentur die Kraftwerksbetreiber nach den Daten zur installierten Kraftwerkskapazität, geplanten Kraftwerksbauten und beabsichtigten Kraftwerksstilllegungen. Die Kraftwerksliste mit Stand März 2019 beinhaltete Stromerzeugungsanlagen mit einer Netto-Nennleistung von 214,2 GW, wovon mit 111,8 GW die Hälfte auf die erneuerbaren Energien entfällt (BMW 2019c).

Häufig wird argumentiert, dass erneuerbare Energien unflexibel und unzuverlässig sind, da die Sonne nicht immer scheint und der Wind nicht immer weht. Wenngleich dies zwar zutrifft, so zeigt die Energiebilanz der erneuerbaren Energien aus dem Jahr 2018 auch, dass sich die erneuerbaren Energien in der richtigen Kombination im Jahresverlauf gut ergänzen, insbesondere Sonne und Wind (siehe Abbildung 14).

⁴⁵ Die verwendete Methodik wird laufend weiterentwickelt und geprüft, ob weitere noch unbeachtete Risiken einzubeziehen sind. Das Monitoring dient als Frühwarnsystem, das politischen Handlungsbedarf rechtzeitig identifizieren soll.

Abbildung 14: Monatliche Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland 2018

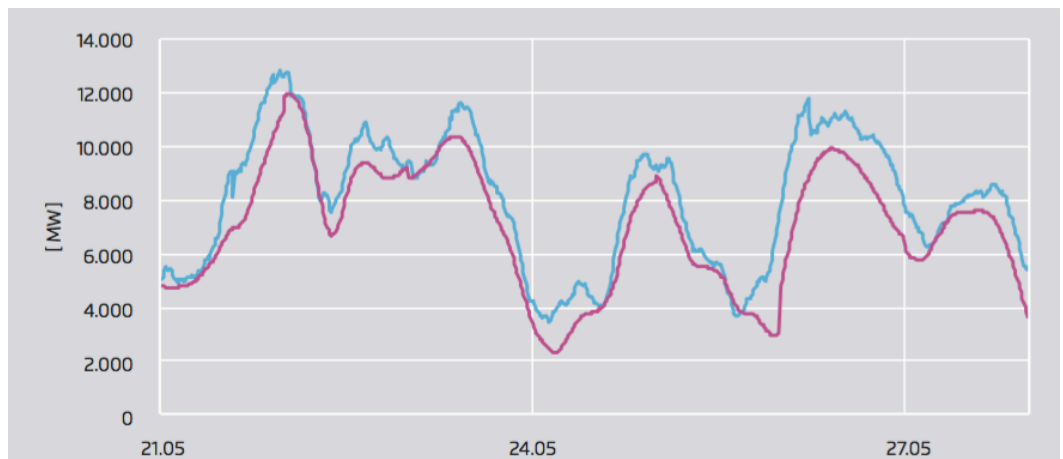


Quelle: BDEW (2017)

Ende 2018 betrug der Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch 38.2%. Die Anteile der variablen erneuerbaren Energien Sonne und Wind am Stromerzeugungsmix beliefen sich auf 24.6% (Agora 2019a). Für eine gesicherte Stromversorgung müssen flexibel regelbare Kraftwerke die variablen Energieerzeuger ergänzen, was konventionelle Kraftwerke (vor allem Steinkohle und Gas) abdecken. Bis anhin ist das technische Potenzial an flexibler Leistung viel höher als die tatsächliche Nachfrage an flexibler Leistung (Agora 2019b). Diese flexiblen Kraftwerke leisten momentan einen wertvollen Beitrag für die Systemstabilität. Künftig, mit dem Ausstieg von konventionellen Kraftwerken und dem steigenden Anteil Erneuerbare, werden weitere Flexibilitätsoptionen an Bedeutung gewinnen (wie Lastenmanagement, Ausbau des Netzes, Smart grids und Speicherlösungen, siehe weiter unten).

An dieser Stelle ist wichtig festzuhalten, dass variable Erzeugung nicht das Gleiche bedeutet wie unsichere Erzeugung. Die variable Erzeugung kann dank immer exakteren Wetterprognosen gut vorhergesagt werden, was sich positiv auf Erzeugungs- und Systemstabilität auswirkt. Abbildung 15 zeigt die Abweichung von Day-ahead Wetterprognosen und der tatsächlichen Einspeisung von Windkraft an einem bestimmten Tag.

Abbildung 15: Differenz zwischen Prognose der Windenergie Day-ahead (rot) und der tatsächlich eingespeisten Menge Windstrom im Mai 2015, Nordostdeutschland



Quelle: Agora (2019b).

Im Allgemeinen kann gesagt werden, dass das deutsche Stromsystem seine Stabilität durch diverse Mechanismen sicherzustellen vermag. Dazu gehören sowohl Massnahmen für die Versorgungssicherheit im Alltag wie auch in Extremsituationen.

An erster Stelle sei hier die **Kapazitätsreserve** erwähnt.⁴⁶ Wenn auf dem Grosshandelsmarkt kein ausreichendes Angebot zur Deckung der gesamten Nachfrage zur Verfügung steht, fahren die Übertragungsnetzbetreiber Leistungskapazitäten hoch, die sogenannte Kapazitätsreserve. Zur Bildung der Kapazitätsreserve werden bestehende Erzeugungsanlagen, Speicher oder Lasten ausserhalb des Strommarktes vorgehalten. Diese werden über ein wettbewerbliches Ausschreibungsverfahren beschafft und auf die Netzentgelte umgelegt.

Zweitens wird eine **Sicherheitsbereitschaft** aus Braunkohlekraftwerken gebildet. Acht Braunkohlekraftwerksblöcke werden hierbei schrittweise vorläufig stillgelegt und in die Sicherheitsbereitschaft überführt. Im Jahr 2023, nach jeweils vier Jahren Sicherheitsbereitschaft, werden diese endgültig stillgelegt und die Sicherheitsbereitschaft vollständig aufgelöst sein.⁴⁷

Schliesslich ist die Funktion von **Speichern** zu erwähnen. Heute spielen Speicher eine untergeordnete Rolle, den Speichersystemen kommen in mittlerer bis langer Frist grosse Bedeutung zu. Pumpspeicherkraftwerke, Batteriespeicher, Power-to-Gas, Speicherung im Erdgasnetz oder Biomasse sind Möglichkeiten, erneuerbare Energien zu speichern und bedarfsgerecht abzurufen.

⁴⁶ Die weiteren Instrumente Netzreserve, Redispatch, Einspeisemanagement, Netzausbau und Einbettung ins europäische Stromnetz werden im nachfolgenden Kapitel 2.4.2 *Strom und Netzstabilität* thematisiert.

⁴⁷ Dies hat in der Öffentlichkeit für viel Kritik gesorgt: Die Braunkohlekraftwerke würden bezahlt fürs Nichtstun. Siehe beispielsweise Die Zeit (2018).

Im europäischen Elektrizitätsbinnenmarkt kann Versorgungssicherheit nur grenzüberschreitend bewertet werden⁴⁸ und die starke Einbettung des deutschen Stromnetzes in den **europäischen Stromverbund** trägt ebenso zur Versorgungssicherheit bei. Ein häufig angeführtes Argument von Kritikern ist, dass zu bestimmten Zeiten in ganz Europa zeitgleich ein hoher Strombedarf zu erwarten ist (beispielsweise in einer kalten Winternacht), und dann kein Stromüberschuss aus anderen Ländern zu importieren ist. Zur Einschätzung der mittel- bis langfristigen Entwicklung an den Strommärkten im europäischen Kontext bis 2030 hat das BMWi eine Studie⁴⁹ in Auftrag gegeben (BMWi 2019c). Die komplexe Modellierung auf Stundenbasis der Angebotsseite sowie der Nachfrage⁵⁰ zeigt, dass der Schwellenwert stets eingehalten und die Versorgungssicherheit gewährleistet ist.⁵¹

Es zeigt sich zudem, dass im europäischen Binnenmarkt ein viel geringerer Bedarf an Erzeugungskapazität, Lastmanagement oder Speichern besteht, als bei einer getrennten Betrachtung der einzelnen Länder. Grund hierfür liegt in den grossräumigen Ausgleichseffekten. Dadurch kann Versorgungssicherheit zu geringeren Kosten und somit effizienter sichergestellt werden (r2b et al. 2019, BMWi 2019c).

Fazit:

- a) Zahlreiche Studien modellieren, wie eine Energieversorgung für Deutschland aussehen kann, die auf 100% erneuerbaren Energieträgern beruht. Dass eine 100% erneuerbare Energieversorgung für Deutschland machbar ist, ist breiter Konsens. Um die Erzeugung aus Erneuerbaren zu steigern, legt Deutschland die Ausbauziele im EEG fest. Bislang hat Deutschland diese Ausbauziele stets übertroffen.
- b) Als Ergänzung für die variablen erneuerbaren Energien sind träge konventionelle Kraftwerke nicht geeignet. Der Schlüssel liegt nicht in der Grundlast, sondern es braucht flexible, rasch einsetzbare Kraftwerke und Speicher. Ein vermehrter Einsatz von einheimischen, erneuerbaren Energiequellen mindert die Importabhängigkeit und erhöht die Energie(versorgungs)sicherheit.

⁴⁸ Entsprechend regelt das EnWG, dass das Monitoring der Versorgungssicherheit die europäischen Strommärkte und Deutschland als Teil des Elektrizitätsbinnenmarktes berücksichtigen muss.

⁴⁹ r2b energy consulting GmbH, Consentec GmbH, Fraunhofer ISI, TEP Energy GmbH (2019). *Versorgungssicherheit in Deutschland und seinen Nachbarländern: Länderübergreifendes Monitoring und Bewertung*. Im Auftrag des BMWi, Köln, Januar 2019.

⁵⁰ Die separate Modellierung der Stromnachfrage berücksichtigt auch neue Stromverbraucher wie Wärmepumpen oder Elektromobilität, die sich aus der Sektorkopplung ergeben.

⁵¹ Im Einklang mit der Vorgehensweise der EU wurde die sogenannte Lastausgleichswahrscheinlichkeit als der am besten geeignete Indikator bestimmt. Das Gutachten ermittelte weiter eine Lastausgleichswahrscheinlichkeit von 99.94% als effizientes Niveau, was folglich den einzuhaltenden Schwellenwert bestimmt. Für Deutschland und sämtliche angrenzenden Länder lag die Lastausgleichswahrscheinlichkeit für die Jahre 2023, 2025 und 2030 über dem Schwellenwert, für Deutschland gar stets bei 100%. Neben dem Referenzszenario wurde auch eine Sensitivität zur Einhaltung der Klimaziele gerechnet, auch im Klimaszenario liegt die Lastausgleichswahrscheinlichkeit für Deutschland stets bei 100%

2.4.2. Stromnetz & Stabilität

Behauptung: Der Ausbau der erneuerbaren Energien gefährdet die Netzstabilität des deutschen Stromsystems. Das Risiko von Blackouts nimmt mit dem steigenden Anteil erneuerbarer Energien zu.

Fakt ist: Das Netz muss den Transport der Energie vom Erzeuger zum Verbraucher gewährleisten. Durch die Veränderung des Charakters des Erzeugungsprofils, erstens von grossen zentralen Kraftwerken zu einer vermehrt dezentralen Erzeugung, zweitens hin zu einer steigenden Bedeutung des nördlichen Windstroms, sind eine Optimierung, verbesserte Auslastung und Ausbau der Netze erforderlich (BMWi 2019c). Regelungsmechanismen sind nötig, welche bei Schwankungen in Erzeugung und Verbrauch die Netzsicherheit sicherstellen. Dies ist bei einem zentralen konventionellen Energiesystem ebenso nötig wie bei einem dezentralen, erneuerbaren Energiesystem, wobei gute Regelungsmechanismen durch die variable Einspeisung von einigen erneuerbaren Energieträgern besonders gefordert sind.

Um die Systemstabilität der Netze und somit der Versorgungssicherheit sicherzustellen, sieht das Netzengpassmanagement verschiedene Massnahmen vor. Die Netzbetreiber sind gesetzlich ermächtigt und verpflichtet, diese Massnahmen zu ergreifen, um die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Elektrizitätssystems aufrecht zu erhalten (Bundesnetzagentur 2019g, BMWi 2019c).

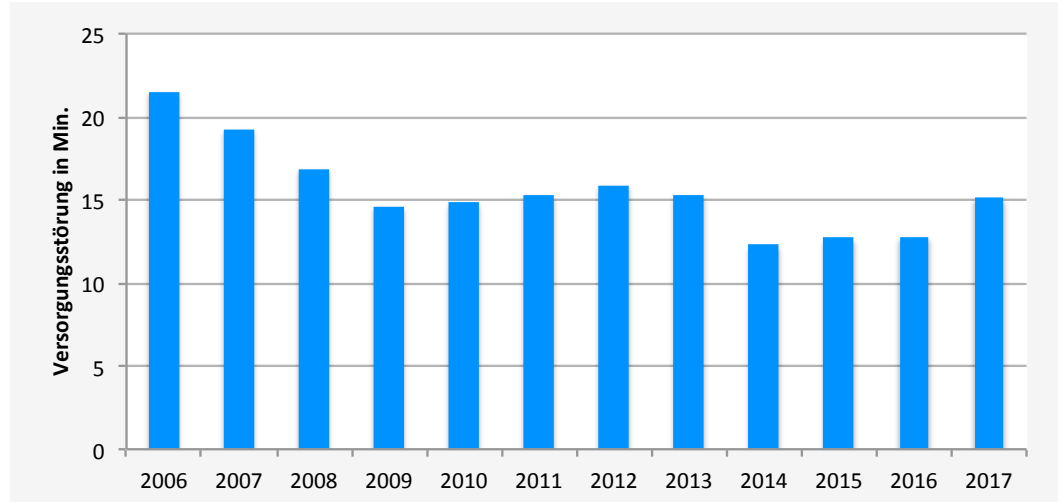
- Im Rahmen von **Redispatch**-Massnahmen wird die Stromeinspeisung von Kraftwerken nach vertraglicher Vereinbarung oder nach einem gesetzlichen Schuldverhältnis mit dem Netzbetreiber gedrosselt oder erhöht.
- Weiter wird jedes Jahr im Winterhalbjahr die **Netzreserve** gebildet. Hierbei werden Kraftwerkskapazitäten für zusätzliche Redispatch-Eingriffe nach vertraglicher Vereinbarung vorgehalten. Wenn im Winter die Leistung der nördlichen Windparks aufgrund von Netzengpässen nicht zu den grossen südlichen Verbraucherzentren geleitet werden kann und gedrosselt werden muss, fahren die Übertragungsnetzbetreiber im Süden Kraftwerksanlagen mit gleicher Leistung hoch. Diese Kraftwerkskapazitäten für Redispatch Eingriffe gehen über den gewöhnlichen Redispatch hinaus und dienen ausschliesslich der Stabilisierung des Stromnetzes, werden also nicht wegen mangelnder Erzeugungskapazitäten benötigt. Die Kosten hierzu werden erstattet und die Betriebsbereitschaftskosten dieser Anlagen werden auf die Netzentgelte umgelegt.
- Wenn das Netz nicht in der Lage ist, die gesamte Leistung der erneuerbaren Energien- oder KWK-Anlagen aufzunehmen, kann zudem die Einspeisung über das sogenannte **Einspeisemanagement** reduziert werden. Die Erzeuger werden dabei für den entgangenen Umsatz entschädigt.
- Schliesslich gibt es die Möglichkeit der sogenannten **Anpassungsmassnahmen**. Im Rahmen dessen müssen Stromeinspeisung und/oder Stromabnahme auf Verlangen des Netzbetreibers angepasst werden, sofern andere Massnahmen nicht ausreichen. Dies geschieht ohne Entschädigung (Bundesnetzagentur 2019g, BMWi 2019c).

Eine zügige **Erhöhung der Übertragungskapazitäten** ist daher essentiell, um Bedarf und Kosten für die Netz- und Systemsicherheitsmassnahmen klein zu halten (Bundesnetzagentur 2019e). Um den Netzausbau voranzutreiben, wurden mehrere Gesetze beschlossen wie das Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG 2009) und das Bundesbedarfsplangesetz (BBPIG 2013). Um die Dauer der Planungs- und Genehmigungsverfahren für länderübergreifende und grenzüberschreitende Höchstspannungsleitungen zu reduzieren, wurde zudem das Netzausbaubeschleunigungsgesetz (NABEG 2011) verabschiedet. Bei den geplanten Ausbauprojekten kommt es dennoch zu zahlreichen Verzögerungen. Ende 2018 waren die Vorhaben aus dem EnLAG mit 800 fertiggestellten von 1'770 geplanten Kilometern zu 45% realisiert (Bundesnetzagentur 2019c). Beim BBPIG lag die Realisierungsquote der 5'900 geplanten Trassenkilometern bei bloss 300 fertiggestellten Kilometern (Bundesnetzagentur 2019c).

Was den aktuellen Stand der Versorgungssicherheit bezüglich Systemstabilität anbelangt, so sind bisher kaum Probleme zu verzeichnen. Bislang gab es in Deutschland keine Blackouts, die auf die Energiewende zurückzuführen sind. Die Unterbrechungsdauer der Stromversorgung befindet sich seit Jahren auf einem konstant niedrigen Niveau. Der sogenannte SAIDI Index⁵² gibt die durchschnittliche Versorgungsunterbrechungsdauer je angeschlossenem Letztverbraucher auf der Verteilnetzebene an (BMWi 2019c). Dieser lag im Jahr 2017 bei 15 Minuten und damit deutlich tiefer als noch im Jahr 2006. Im europäischen Vergleich belegt Deutschland damit einen der Spitzenplätze (Council of European Energy Regulators 2018). Die deutsche Bundesnetzagentur sieht auch für das Jahr 2017 keinen «Einfluss der Energiewende und der damit einhergehenden steigenden dezentralen Erzeugungsleistung auf die Versorgungsqualität» (Bundesnetzagentur 2019b). Entgegen der Vorurteile, dass die Erneuerbaren das Stromnetz instabiler machen, war also in Deutschland in den letzten Jahren der gegensätzliche Trend zu beobachten (siehe Abbildung 16). Auch europaweit ist kein Zusammenhang zwischen dem Anteil erneuerbarer Energien und Stromausfällen feststellbar (Next Kraftwerke GmbH 2019).

⁵² Es gibt keinen einzelnen Indikator zur Messung der Zuverlässigkeit und Qualität des Stromsystems. Agora empfiehlt hierzu den SAIDI: Obwohl dieser ausschliesslich die Stromunterbrechungsdauer angibt, taugt er als guter Proxy für die Gesamtqualität des Stromsystems (Agora 2019c).

Abbildung 16: Entwicklung des SAIDI von 2006 bis 2017, Versorgungsstörungen in Minuten nach § 52 EnWG



Quelle: Bundesnetzagentur (2019b). Eigene Darstellung.

Eine Studie zur Systemstabilität im deutschen Übertragungsnetz der RWTH Aachen im Auftrag der Bundesnetzagentur (2016) hat ergeben, dass trotz zurückgehender konventioneller Einspeisung die notwendigen Kriterien zur Aufrechterhaltung der Systemstabilität bis zum Jahr 2023 erfüllt werden können.⁵³ Der aktuelle BMWi-Monitoringbericht zur Versorgungssicherheit kommt ebenso zum Schluss, dass sowohl bezüglich Bereitstellung als auch Verteilung von Elektrizität die Versorgungssicherheit aktuell und perspektivisch eingehalten wird (BMWi 2019).

Fazit: Die dezentrale und schwankende Einspeisung durch erneuerbare Energien stellt die Stromnetze und -systeme vor neue Herausforderungen. Mit sorgfältiger Planung und den richtigen Massnahmen können diese erfolgreich an die neuen Energieträger adaptiert werden. Die deutsche Bundesnetzagentur sieht auch für das Jahr 2017 keine negativen Auswirkungen «der Energiewende und der damit einhergehenden steigenden dezentralen Erzeugungsleistung auf die Versorgungsqualität». Der europäische Vergleich zeigt: Die deutsche Stromversorgung gehört mit zu den stabilsten und zuverlässigsten Europas.

⁵³ Institut für Hochspannungstechnik RWTH Aachen University. *Studie zu Aspekten der elektrischen Systemstabilität im deutschen Übertragungsnetz bis 2023*. Im Auftrag der Bundesnetzagentur, Aachen, Juni 2016.

2.5. WIRTSCHAFT

2.5.1. Wachstum und Innovation

Behauptung: Der Ausbau der erneuerbaren Energien verschlechtert die wirtschaftliche Prosperität.

Fakt ist: Seit den 1990ern hat Deutschland einen wesentlichen Anteil des Bruttoinlandprodukts in sein Stromversorgungssystem investiert. Seit 2008 betrug dieser Anteil jährlich rund 2.3 bis 2.5% des Bruttoinlandprodukts (Agora 2019b). Noch vor einigen Jahren wurden die erneuerbaren Energien als Gefahr für wirtschaftliche Prosperität und Wachstum angesehen, da mit steigenden Energiekosten und unzureichender Versorgungssicherheit gerechnet wurde. Bis anhin wurden solche Befürchtungen falsifiziert. Im Falle Deutschlands hat die Förderung der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz Investitionen, Beschäftigung und Wachstum im kohlenstoffarmen Sektor stimuliert. Dank steigender Energieeffizienz konnten zudem Wirtschaftswachstum und Energiebedarf entkoppelt werden, wie Abbildung 17 zeigt.

Abbildung 17: Bruttoinlandprodukt, Primärenergiekonsum und Stromverbrauch von Deutschland 1990 bis 2018

Daten: BMWi (2019b), Eurostat (2019).

Fazit: Der Ausbau der Erneuerbaren hat dem Wirtschaftswachstum keinen Abbruch getan, sondern zu diesem beigetragen. Gleichzeitig gelang es Deutschland dank mehr Energieeffizienz, Wirtschaftswachstum und Energiebedarf zu entkoppeln.

2.5.2. Firmen: Wettbewerbsfähigkeit

Behauptung: Die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie wird durch die steigenden Strompreise, bedingt durch den Ausbau der Erneuerbaren sowie Atom- und Kohleausstieg, beeinträchtigt.

Fakt ist: Der Strompreis in Deutschland setzt sich vornehmlich aus den Energiekosten, Steuern und Abgaben/Umlagen zusammen, wobei die viel diskutierte Strompreiserhöhung der letzten Jahre vornehmlich auf die gestiegenen Abgaben zurückzuführen ist.⁵⁴ Um die nationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie zu bewahren und einem Abfluss der Industrie ins Ausland zuvorzukommen, wurden energieintensive Unternehmen von der Umlage befreit, welche für die Förderung der erneuerbaren Energien auf den Stromkonsum erhoben wurde. So zahlen diese also nur bereits durch den Wegfall der EEG-Umlage knapp einen Drittel weniger als die Haushaltskunden und Gewerbekunden. Aus dem gleichen Grunde muss die energieintensive Industrie keine CO₂-Strompreiskompensation zahlen (Deutsche Emissionshandelsstelle 2019).

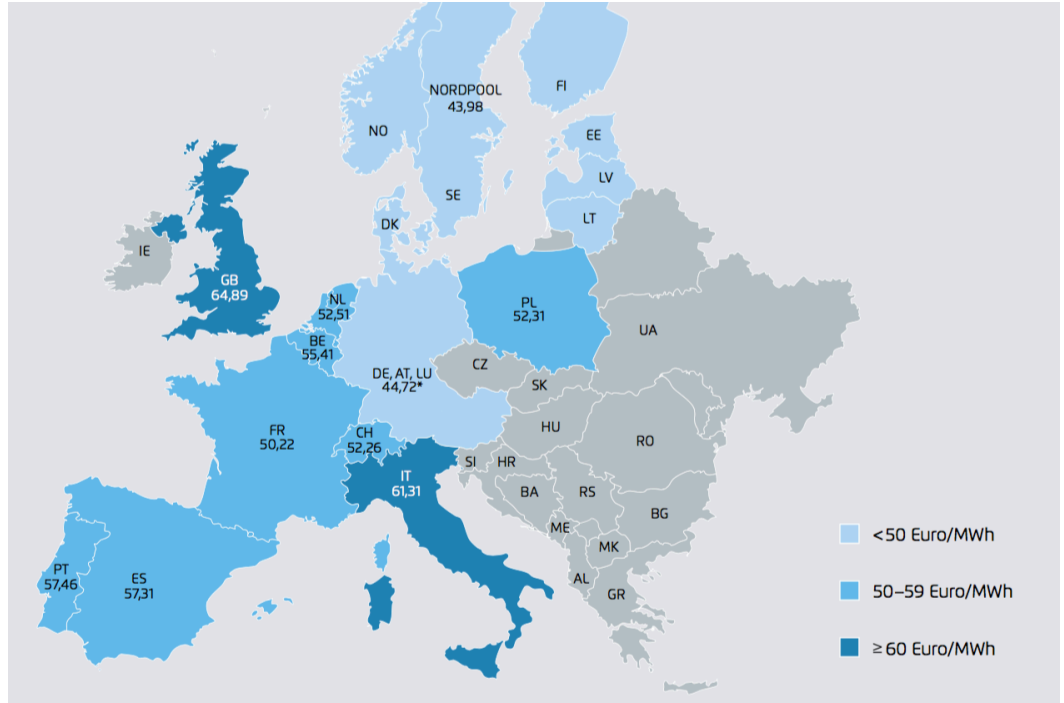
Zudem verfügt Deutschland über die zweittiefsten Stromgrosshandelspreise in Europa (Agora 2019a).⁵⁵ Dies ist vor allem auf den Ausbau der erneuerbaren Energien zurückzuführen und deren strompreissenkenden Merit-Order-Effekt.

Die energieintensive deutsche Industrie ist also nicht benachteiligt, sondern profitiert von der Energiewende und dem deutschen Ausbau der erneuerbaren Energien. In Zukunft wird entscheidend sein, wie der Fortbestand der aktuellen zahlreichen Ausnahmeregelungen bei den Strompreisbestandteilen, inklusive der EEG-Umlage, nach 2020 aussehen wird. Viele dieser Ausnahmeregelungen sind an die europäischen Beihilfe-Regeln der EU-Kommission gebunden. Die aktuell gültigen Beihilfe-Leitlinien der EU-Kommission, sowohl bezüglich EEG als auch die CO₂-Strompreiskompensation, sind bis 2020 befristet und müssen neu verhandelt werden. Das Ergebnis dieser Verhandlungen wird für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie entscheidend sein, nicht der Atom- oder Kohleausstieg (Agora und Aurora 2018).

⁵⁴ Siehe Kapitel 0 *Strompreis*

⁵⁵ Die tiefsten Börsenstrompreise treten an der skandinavischen Strombörse Nordpool auf.

Abbildung 18: Stromgrosshandelspreise von Deutschland und den europäischen Nachbarstaaten (je Preiszone)



Quelle: Agora (2019a).

Fazit: Dank dem massiven Ausbau von erneuerbaren Energien profitieren die Unternehmen von sinkenden Börsenstrompreisen. Deutschland hat die zweit-tiefsten Börsenstrompreise in ganz Europa. Energieintensive Branchen werden in Deutschland zudem von der EEG-Umlage befreit und erhalten CO₂-Strompreiskompensationen, profitieren also doppelt von den tiefen Strompreisen.

2.5.3. Beschäftigung

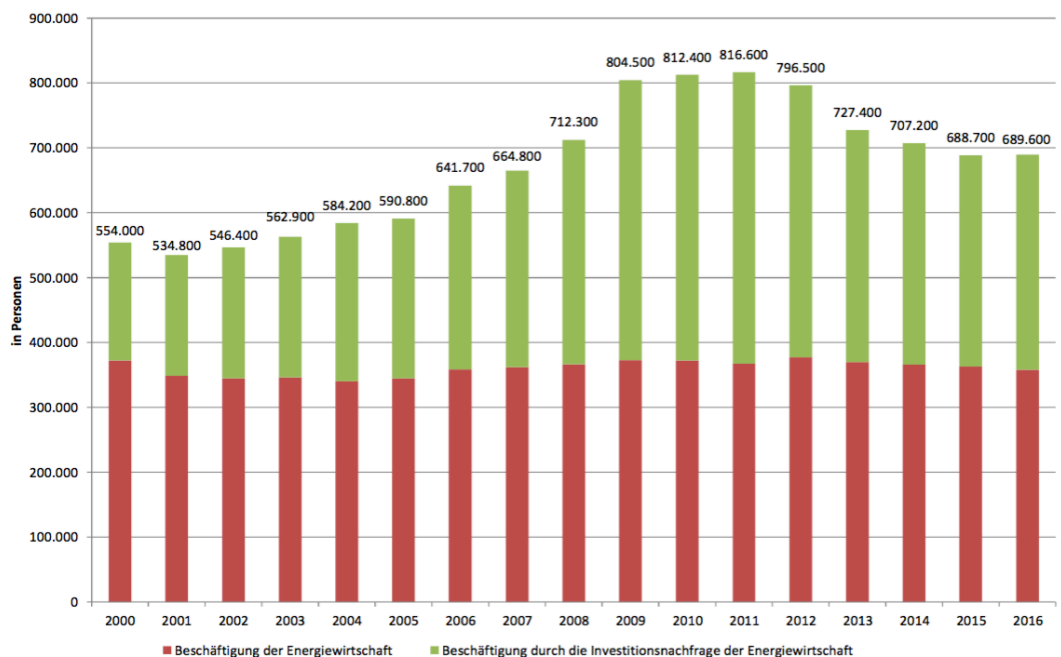
Behauptung: Die Verabschiedung der konventionellen Energiewirtschaft kostet Zehntausende Arbeitsplätze. Der Jobmotor durch Erneuerbare fällt aus, es wurden weitaus weniger Jobs geschaffen als erwartet.

Fakt ist: Die Transformation hin zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft beinhaltet einen signifikanten Strukturwandel im Arbeitsmarkt. Während Kritiker der Energiewende auf den Beschäftigungsrückgang in der konventionellen Energiewirtschaft hinweisen, welcher oft in strukturschwachen Regionen stattfindet, heben die Befürworter die Chancen und Zahlen der neu geschaffenen Jobs im Bereich erneuerbare Energien hervor. Tatsächlich hat die Energiewende eine Grosszahl an Jobs in einer Vielzahl an Bereichen hervorgebracht, beispielsweise in der

Solar-, Wind- oder Speicherindustrie. Bei der Beschäftigungsdiskussion wird derweil mit vielen, teilweise weit auseinanderliegenden Zahlen argumentiert.

Die Studie von GWS (2018a)⁵⁶ in Auftrag gegeben vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie untersucht erstmals in einheitlicher Form ökonomische Indikatoren der Energiewende für sämtliche Bereiche der Energiewirtschaft von 2000 bis 2016. Ein Blick auf die Beschäftigung der gesamten Energiewirtschaft in Abbildung 19 zeigt, dass die Anzahl der Beschäftigten von rund 554'000 im Jahr 2000 auf etwa 816'000 im Jahr 2011 stieg. Der Grund für diese Entwicklung liegt vornehmlich auf dem damaligen Ausbau der Erneuerbaren, insbesondere der Photovoltaik. Der anschließende Rückgang bis 2015 betrifft vornehmlich jene Sektoren, welche Investitionsgüter für die erneuerbare Energiewirtschaft bereitstellen. 2016 waren knapp die Hälfte der 690'000 Beschäftigten in der Energiewirtschaft im erneuerbaren Bereich tätig.

Abbildung 19: Entwicklung der Beschäftigung in der Energiewirtschaft von 2000 bis 2016, in Personen



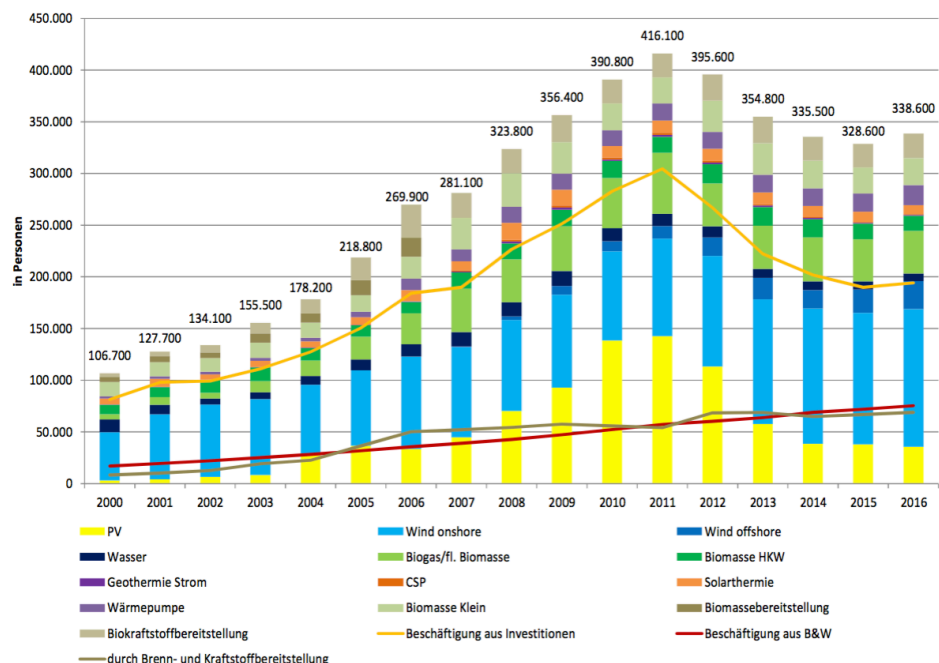
Quelle: GWS (2018a).

Abbildung 20 zeigt den Verlauf der Beschäftigung im Bereich erneuerbare Energien. Augenfällig ist der starke Anstieg insbesondere der Photovoltaikbranche bis 2011, ausgelöst durch die hohe Anzahl Investitionen, und der anschließende rapide Rückgang. Dies ist auf die deutlichen Überkapazitäten auf dem

⁵⁶ Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforchung GWS, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung DIW (2018a): *Ökonomische Indikatoren des Energiesystems. Methode, Abgrenzung und Ergebnisse für den Zeitraum 2000 – 2016.*

globalen Photovoltaikmarkt damals zurückzuführen. In der Folge kam es 2012 zur Konsolidierung der deutschen Photovoltaikbranche. Die Beschäftigung durch Betrieb und Wartung sowie durch Brenn- und Kraftstoffaufbereitung, welche einen deutlich stabilisierenden Einfluss ausüben, war demgegenüber konstant und kontinuierlich steigend. 2016 konnte nach vier Jahren rückläufiger Beschäftigung erstmals wieder ein Zuwachs verzeichnet werden. Im Jahr 2016 bildet in der erneuerbaren Energien-Branche die Windenergie onshore das wichtigste Rückgrat mit rund 133'000 Beschäftigten. An zweiter Stelle folgt Biogas mit 41'100 Beschäftigten, gefolgt von der Photovoltaik mit 35'000 Beschäftigten.

Abbildung 20: Entwicklung der Beschäftigung im Bereich erneuerbare Energien von 2000 bis 2016, in Personen



Quelle: GWS (2018a).

Alles in allem zeigt die Erhebung, dass die Anzahl Beschäftigter in der Energiewirtschaft seit 2000 zugenommen hat, wobei der Grund in der Einführung der Erneuerbaren liegt. Ebenfalls ist ersichtlich, dass es eine Verschiebung weg von den konventionellen hin zu den erneuerbaren Energien gegeben hat. Während 2000 gut 15% der Beschäftigung in der Energiewirtschaft im erneuerbaren Bereich anzusiedeln war, stieg diese Zahl bis 2016 auf knapp 50%.

Diese Tendenz wird sich erwartungsgemäss in Zukunft fortsetzen. Eine Studie der Energy Watch Group zu 100% erneuerbarer Energieversorgung in Europa⁵⁷ untersucht unter anderem die zukünftige Beschäftigungssituation. Diese

⁵⁷ Energy Watch Group (2018b). *Global Energy System based on 100% Renewable Energy. Energy Transition in Europe across Power, Heat, Transport and Desalination Sectors.*

berechnet, dass ein 100% erneuerbares europäisches Stromsystem bis 2050 rund 3 bis 3.5 Millionen Arbeitnehmer beschäftigen wird, im Vergleich zu rund 2 Millionen heute. Der Zuwachs von 1.5 Millionen Arbeitsplätze im Bereich Erneuerbare wird gemäss Studie den Beschäftigungsverlust in der fossilen Wirtschaft überkompensieren (EWG 2018b).

Fazit: Die durch die Energiewende ausgelösten Transformationsprozesse in der Energiewirtschaft bewirken einen Strukturwandel und eine Jobverschiebung weg von der konventionellen hin zur erneuerbaren Energiewirtschaft. Dies bedeutet nicht, dass es insgesamt weniger Arbeitsplätze in der Wirtschaft gibt. Im Gegenteil: Da die Wertschöpfung zunehmend vor Ort stattfindet, ist mit einer steigenden Anzahl Arbeitsplätze in der Energiewirtschaft und einer Stärkung der lokalen Wirtschaft zu rechnen.

2.5.4. Wettbewerbsverzerrungen

Behauptung: Die Umsetzung der Energiewende mittels des Erneuerbare-Energien-Gesetzes, namentlich die Förderung der Erneuerbaren, führen zu ineffizienten Markteingriffen. Statt eine markt – und wettbewerbsorientierte Strompolitik fortzusetzen, zieht eine Intervention die nächste nach sich. Die Folge sind Investitionsruinen und neue, auslastungsschwache Reservekraftwerke, welche nicht für den Markt sondern bloss zur Netzstabilisierung produzieren.

Fakt ist: Energie- und Strommarkt stellen alles andere als einen freien, liberalisierten Markt dar, sondern weisen zahlreiche Verzerrungen auf. So bestehen gerade die konventionellen Energieträger am Markt bloss (noch), weil deren externen Kosten nicht internalisiert und dadurch indirekt oder teilweise auch direkt subventioniert sind.⁵⁸ Es ist daher keineswegs so, dass sich die aus volkswirtschaftlicher Sicht sinnvollste Technologie von alleine am Markt durchsetzt. Vielmehr ist die zentralisierte Energiesysteminfrastruktur und der dazugehörige Regulierungsrahmen Resultat der vergangenen Jahrzehnte. Diese hat das System auf kontinuierlich verfügbare Energieträger optimiert, durch technologiepolitische Interventionen gesteuert sowie durch massive Subventionen in fossile und nukleare Energieträger gestützt (Gawel et al. 2012). Dadurch entstand der sogenannte Carbon lock-in, gekennzeichnet durch technologische und institutionelle zunehmende Skalenerträge (Unruh 2000). Um diese Pfadabhängigkeiten zu überwinden, schafft eine Förderung von neuen Technologien keine Wettbewerbsverzerrung zwischen den Energieträgern, sondern erst eine Angleichung der Bedingungen (Gawel et al. 2012).

Bezüglich der ordnungspolitischen Umsetzung der Förderung kam zudem die Kritik auf, anstelle technologiepolitischer Eingriffe, wie sie das EEG vorsieht, wäre besser auf wettbewerbsorientierte, technologieoffene Instrumente wie den Emissionshandel zu setzen. Bei dieser Argumentation wird vergessen, dass bei

⁵⁸ Siehe Kapitel 2.2.1 Investition & Förderung

der Energiewende nicht ausschliesslich die Problematik des Kohlendioxidaustosses angegangen werden soll. Zweitens ist zu beachten, dass sich ein komplexer Pfadwechsel des gesamten Energiesystems nicht allein durch marginale Preisveränderungen (durch eine CO₂-Bepreisung via ETS) herbeiführen lässt (Gawel et al. 2012). Drittens zeigen verschiedene Analysen, dass lenkende Märkte wie Emissionshandelssysteme, die ein unerwünschtes (oder auch erwünschtes) Gut in Form von bspw. Zertifikaten verknappen, zwar marktnah, in ihrer Umsetzung jedoch relativ komplex sind. Um effektiv zu sein, muss die Marktentwicklung korrekt prognostiziert werden. Ansonsten besteht die Gefahr einer zu geringen oder zu starken Wirkung. Um letztgenanntem vorzubeugen, werden tendenziell wirkungskonservative und somit wirkungsschwache Märkte etabliert.

Wichtig ist bei der Diskussion um Förderung zudem, dass es sich beim erfolgreichen Erneuerbaren-Förderinstrument der Einspeisevergütung um keine Subvention handelt, sondern um staatskassenneutral und verursachergerecht getragene Kosten. Die Diskussion um Einspeisevergütungen kam immer wieder auf. In Folge des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes im Jahr 2000 war es insbesondere Karel Van Miert, der damalige EU Wettbewerbskommissar, welche die Einspeisevergütungen als illegal bezeichnete. Der damalige deutsche Energieversorger Preussen-Elektra (heute E.On Energie) trug das Anliegen in der Folge bis vor den Europäischen Gerichtshof. Der EuGH entschied 2001, dass es sich bei den Einspeisevergütungen um keine Staatsbeihilfen handle und diese entsprechend nicht illegal seien. Da Einspeisevergütungen für alle offen sind, ebenso für die grossen Stromkonzerne, würden keine Marktakteure diskriminiert und daher der Markt nicht verzerrt. Zudem handle es sich nicht um Subventionen, da keine bestimmte Firma Staatsgelder beanspruche und die Kosten nicht von den Steuerzahlen getragen würden, sondern staatskassenneutral und verursachergerecht von den KonsumentInnen.

Trotzdem ist die deutsche Bundesregierung (auf Druck von der EU-Kommission) von den Einspeisevergütungen abgekommen und hat den Wechsel auf Ausschreibungen eingeführt. Ein erneuter Richtspruch des EuGH im März 2019 hat indes das EuGH-Urteil von 2001 bestätigt: Einspeisevergütungen sind nach europäischem Recht nicht als Beihilfe einzustufen, es handelt sich also um keine (illegale) Subvention. Zukünftige Novellierungen des EEG können dieses Urteil berücksichtigen.

Fazit: Die Transformation in ein neues (Energie)system macht eine Förderung der neuen Technologien nötig. Entsprechend werden die erneuerbaren Energien im EEG gefördert. Dies erfolgt jedoch nicht über staatskostenbelastende Subventionen, sondern durch eine vom Stromverbraucher getragene, verbrauchsabhängige Umlagegebühr. Der Energie- und Strommarkt war stets von zahlreichen Verzerrungen, Monopolen und Subventionen geprägt und insbesondere die konventionellen fossilen und nuklearen Energieträger haben in grossem Ausmass von direkten und indirekten Subventionen profitiert.

2.6. GESELLSCHAFT

Der letzte Themenblock beschäftigt sich mit sozialen Dimensionen der Energiewende. Denn die Energiewende mit ihrem dezentralen Charakter hängt massgeblich von der Akzeptanz und Partizipation der BürgerInnen ab.

2.6.1. Energiearmut

Behauptung: Die steigenden Strompreise stellen für viele deutsche Stromkunden ein Problem dar, das Kriterium der Sozialverträglichkeit bleibt bei der deutschen Energiewende auf der Strecke.

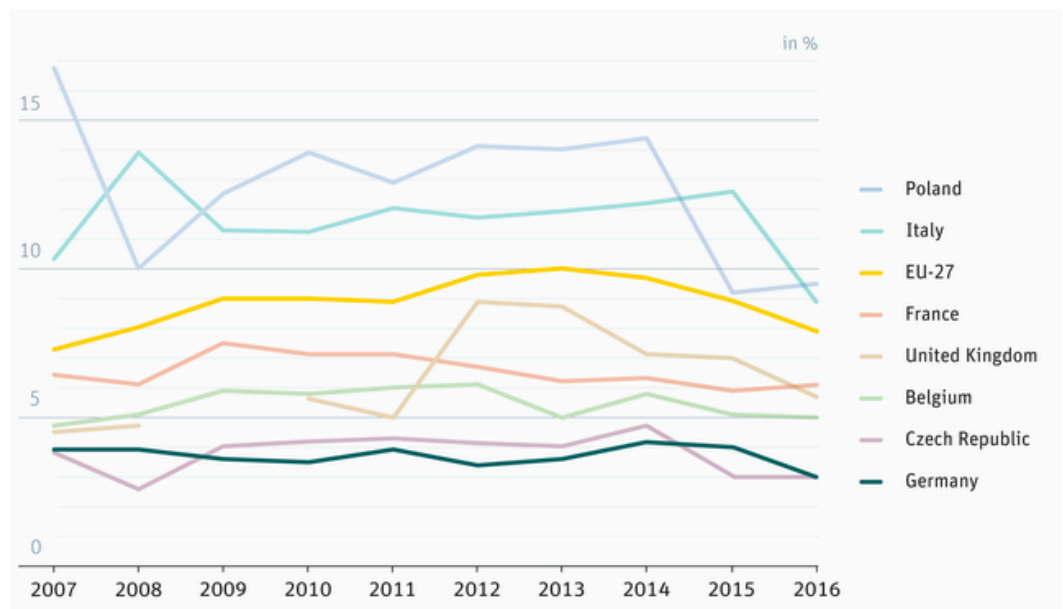
Fakt ist: Aufgrund der Gestaltung des Strompreises und der EEG-Umlage ist der Preis für Strom für die «normalen» Stromkunden, die von keinen Ausnahmeregelungen profitieren, stark gestiegen.⁵⁹ Die Unzufriedenheit bezüglich der Kostenverteilung zeigt sich auch in Umfragen: Obwohl die BürgerInnen die Energiewende unterstützen, sind viele mit der konkreten Umsetzung unzufrieden, wobei an erster Stelle die Finanzierung steht.⁶⁰

Dies hat aber nicht zu einer verstärkten Energiearmut in Deutschland geführt. Abbildung 21 zeigt den Anteil an der Bevölkerung in ausgewählten EU-Ländern, welche nicht in der Lage waren, energieverwandte Rechnungen zu bezahlen, über die Zeit. Dabei zeigt sich, dass der Anteil in Deutschland seit 2007 mit weniger als 5% stets sehr tief lag und 2016 gar ein neues Minimum erreichte. Im Vergleich mit den anderen Ländern wird ebenfalls ersichtlich, dass die Energiearmut in anderen Ländern erheblich höher ist. Der Grund liegt darin, dass das Phänomen der Energiearmut nicht primär auf die Energiepreise, sondern ebenso den Sozialstaat und soziale Praxis zurückzuführen ist. Die Sozialpolitik ist also der entscheidende Faktor, um Energiearmut zu verhindern.

⁵⁹ Siehe Kapitel 2.2.2. *Strompreis*

⁶⁰ Siehe Kapitel 2.6.2. *Akzeptanz*

Abbildung 21: Anteil an Haushalten, die Rechnungen für den Erwerb von Energieleistungen nicht begleichen können, 2007 bis 2015



Quelle: energytransition.org (2019), basierend auf Eurostat.

Fazit: Trotz gestiegenen Strompreisen ist die Energiearmut in Deutschland in den letzten Jahren gesunken. Energiearmut hängt mehr mit der Ausgestaltung des Sozialstaates als mit den Energiepreisen zusammen. Die Sozialpolitik muss hierauf Antworten finden.

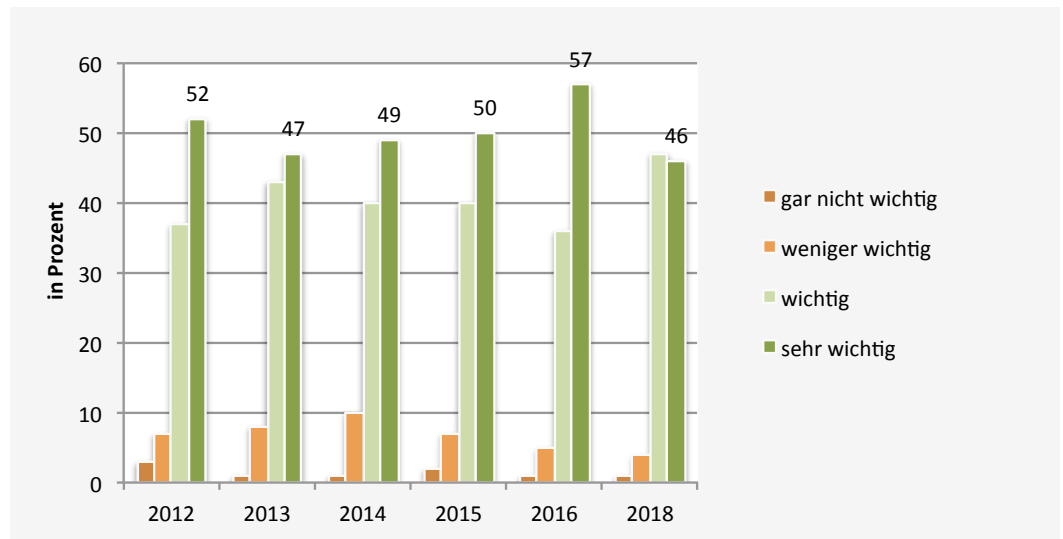
2.6.2. Akzeptanz

Behauptung: Die Energiewende in Deutschland trifft auf Widerstand und kämpft mit einer schwindenden Akzeptanz seitens der Bevölkerung.

Fakt ist: Die Ziele der Energiewende, namentlich die Transformation weg vom fossil-nuklearen Energiesystem hin zu einem dezentralen, auf erneuerbaren Energien basierenden Energiesystem, genießt in der deutschen Bevölkerung breite Unterstützung. Die jährliche Umfrage des Bundesverbandes für Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) zeigt, dass im Jahr 2018 93% der Bevölkerung die Anliegen der Energiewende als «wichtig» oder «sehr wichtig einstufen».⁶¹ Die Zustimmungsrate blieb dabei in den letzten Jahren konstant hoch, die Ablehnungsrate hat sich gar von 11% (2014) auf 5% (2018) reduziert (siehe Abbildung 22).

⁶¹ Seit 2011 führt der BDEW jährlich eine repräsentative Befragung der Bevölkerung mit konstanten Fragen durch. 2017 wurde keine Umfrage durchgeführt.

Abbildung 22: Die Bevölkerung zur Wichtigkeit der Energiewende

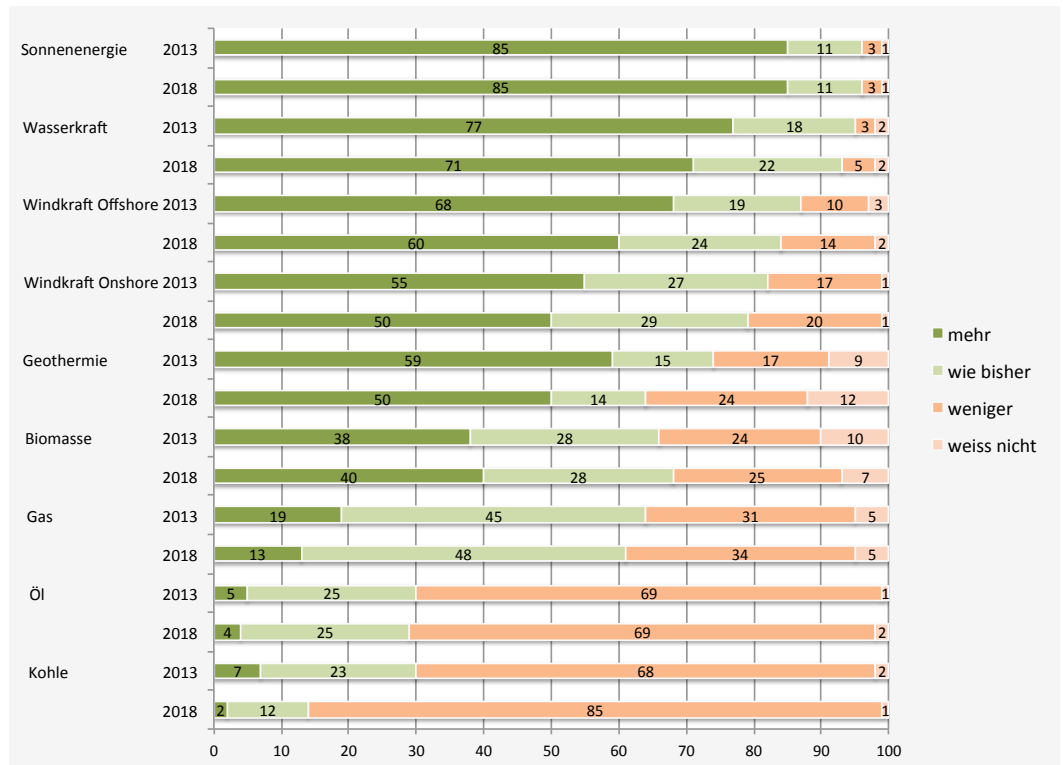


Quelle: Agora (2019a), beruhend auf dem Energiewendemonitor des BDEW 2018. Eigene Darstellung.

Ein anderes Bild zeigt sich bezüglich Umsetzung und Fortschritt der Energiewende: Eine Mehrheit von 64% ist der Meinung, dass die Energiewende «nicht gut» (58%) oder «gar nicht gut» (6%) voranschreitet. Hier ist zudem eine steigende Tendenz sichtbar. Als grösste Probleme werden die «Kosten und Finanzierung» (25%), die «politische Uneinigkeit» (19%) sowie der «zögerliche Netzausbau» (15%) erkannt. 58% halten zudem den Ausbau der erneuerbaren Energien für zu langsam.

Entsprechend geniessen die erneuerbaren Energien, insbesondere die Sonnenenergie, hohe Unterstützung. 85% der Bevölkerung sind der Meinung, dass die Solartechnologie vermehrt eingesetzt werden sollte. 71% bejahen dies bezüglich der Wassernutzung für energetische Zwecke, die Zahlen betragen 60% bei der Offshore Windnutzung, reduzieren sich auf 50% bei der Onshore Windenergie. Augenfällig ist jedoch, dass hier die Zustimmung über die letzten Jahre abnahm, mit Ausnahme der Solarenergie. Dies geht aber nicht mit einer höheren Präferenz der fossilen Energieträger einher, im Gegenteil: Es wünschen sich stetig mehr Personen einen geringeren Einsatz von Kohle, Öl und Gas (Abbildung 23).

Abbildung 23: Die deutsche Bevölkerung zur Frage, welche Energieträger vermehrt eingesetzt werden sollen (in Prozent).



Quelle: Agora (2019a), beruhend auf dem Energiewendemonitor des BDEW 2018.

Gründe für die hohe Akzeptanz sind unter anderem auf die dezentralen, partizipativen Gestaltungsmöglichkeiten der Energiewende zurückzuführen (siehe Kapitel 2.6.3). Dies ermöglicht eine regionale Wertschöpfung, Arbeitsplätze entstehen lokal, Gewinne werden vor Ort generiert und abgeschöpft. Die BürgerInnen können selbst in die Energiewende investieren und die lokale Wirtschaft kann stark profitieren.

Fazit: 93% der deutschen Bevölkerung unterstützen die Energiewende und erachtet diese als wichtig bis sehr wichtig. Zweifel bestehen hingegen bezüglich der konkreten Umsetzung der Energiewende, welche bloss eine Zustimmungsrate von 35% aufweist. Namentlich betrifft dies die Finanzierung und Kosten, politische Uneinigkeit und die Netze. Zudem werden die Fortschritte als zu langsam angesehen.

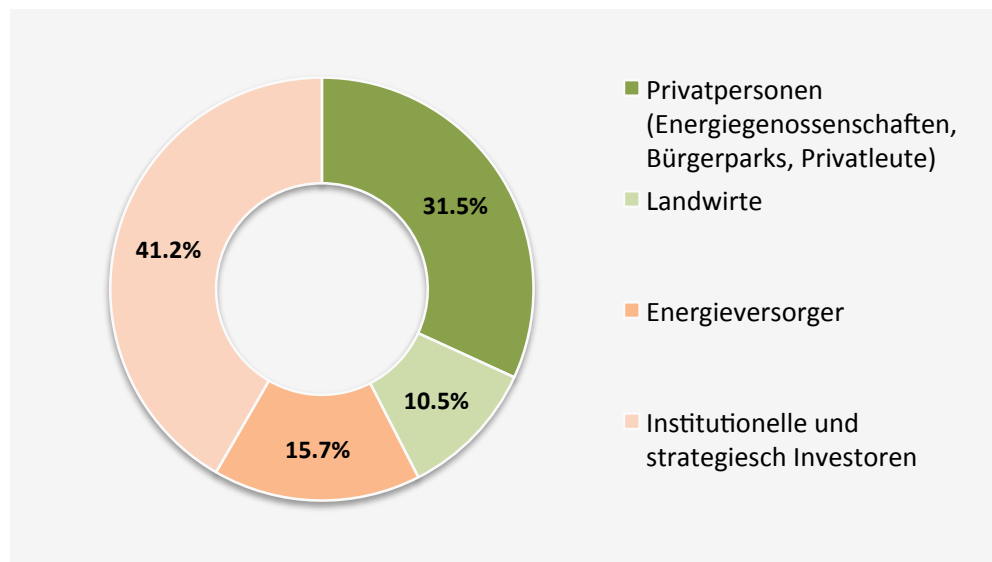
2.6.3. Partizipation

Behauptung: In den Medien wird die deutsche Energiewende oft pointiert negativ portraitiert und verkürzt dargestellt. Dies täuscht über das grosse Engagement seitens der Bevölkerung hinweg.

Fakt ist: Die hohe Akzeptanz seitens der Bevölkerung für die Energiewende geht Hand in Hand mit der Möglichkeit zur aktiven Partizipation und Engagement. Bürgerenergie und Energiedemokratie sind die oft genannten Schlagworte. Der dezentrale Charakter der erneuerbaren Energien bietet jedem interessierten Bürger die Möglichkeit, selbst am Umbau der Energieversorgung teilzunehmen. Dies kann durch die Installation eigener Anlagen oder Beteiligung an gemeinsamen Projekten erfolgen. In zahlreichen Bürgergruppen, Gemeinderäten oder lokalen Wirtschaftsunternehmen haben sich Personen zusammengeschlossen, um Projekte erneuerbarer Energien gemeinschaftlich umzusetzen (Agentur für Erneuerbare Energien und DRGV 2013). Das EEG verwendet hier den Begriff «Bürgerenergiegesellschaft».

Die Möglichkeiten zur Partizipation und Dezentralisierung hat die Eigentümerverhältnisse von Energieinfrastrukturen stark geprägt. Abbildung 24 zeigt die Verteilung der Eigentümer an erneuerbaren Stromerzeugungsinfrastrukturen. Es zeigt sich, dass der Grossteil der erneuerbaren Anlagen in Bürgerhand ist, nämlich gesamthaft 42%. Bei knapp einem Drittel handelt es sich hierbei um Energie-Genossenschaften, Bürgerenergieparks oder Privatleute, gut 10% sind Landwirte. Die Energieversorger besitzen derweil bloss 15.7% der installierten Kapazität an erneuerbarer Stromproduktion, die restlichen 41% fallen auf Banken/Fonds, Projektierer und Gewerbe (AEE, 2018).

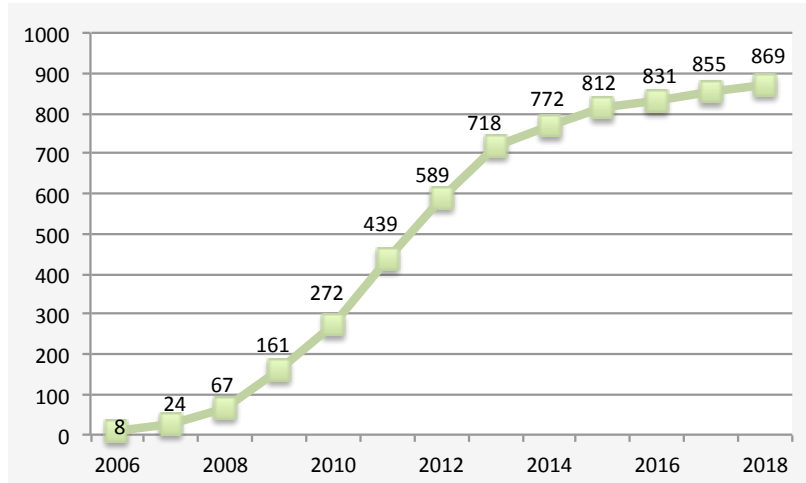
Abbildung 24: Erneuerbare Energien in Bürgerhand: Eigentümerstrukturen der deutschlandweiten Anlagen erneuerbarer Stromproduktion



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien e. V. (2018). Eigene Darstellung.

Besonders beliebt ist die Organisationsform der Energiegenossenschaften. Seit 2006 wurden unter dem Dach des Deutschen Genossenschafts- und Raiffeisenverbands 869 Energiegenossenschaften gegründet, die heute rund 183'000 Mitglieder vereinen (DGRV, 2019b).

Abbildung 25: Gründungen von Energiegenossenschaften, kumuliert seit 2006



Quelle: Deutscher Genossenschafts- und Raiffeisenverband e.V. (2019a).

Abbildung 25 zeigt den kumulierten Verlauf von Gründungen von Energiegenossenschaften. Dabei wird jedoch auch ersichtlich, dass es seit 2014 zu einer Abflachung bei Neugründungen gekommen ist. Dies hat einerseits mit dem verstärkten Fokus auf Offshore Windenergieanlagen zu tun, andererseits mit den EEG-Novellen, welche einen zunehmenden Wechsel von Einspeisevergütungen zu Ausschreibungen mit sich zogen. Bei Ausschreibungen für Offshore Windenergieanlagen und grosse PV-Anlagen kommen Genossenschaften jedoch kaum zum Zug. Dies liegt zum einen an den erheblichen administrativen Hürden, vor allem aber am hohen wirtschaftlichen Risiko. Im Gegenzug zu grossen Projektierungsunternehmen können Energiegenossenschaften und Privatpersonen das Risiko nicht über weitere Projekte ausgleichen (DRGV 2019b). In Folge der sinkenden Beteiligungsmöglichkeiten hat auch die Akteursvielfalt abgenommen. Das EEG 2017 hat dies und die Bedeutung der kleinen Akteure für die Zukunft der Energiewende berücksichtigt und will das Ausschreibungssystem für kleine Projekte zugänglicher machen.

Fazit: Im Rahmen des EEG 2000 hat sich das deutsche Energiesystem zunehmend dezentralisiert. Die dadurch ermöglichten Partizipations- und Investitionsmöglichkeiten der BürgerInnen bilden die Basis für Akzeptanz und Engagement beim Ausbau der Erneuerbaren und der Energiewende. In der Ausgestaltung der Policy-Instrumente sollte diesem Umstand Rechnung getragen werden.

3. Konklusion

Deutschlands energiesystemischer Übergang weg vom konventionellen fossil-nuklearen hin zu einem erneuerbaren Energiesystem ist Gegenstand einer ausgedehnten Kontroverse. Dabei wird häufig ein negatives Bild der deutschen Energiewende transportiert. Dies trägt den grossen Erfolgen ungenügend Rechnung, welche die deutsche Energiepolitik insbesondere mit dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) zu verbuchen hat. In den ersten zehn Jahren des EEG, von 2001 bis 2011, steigerte sich der Stromanteil aus erneuerbaren Quellen von 6% auf über 20%. Dadurch wurde der deutsche Atomausstieg nach der Reaktor-katastrophe 2011 in Fukushima überhaupt möglich.

Das vorliegende Analysepapier hat zum Ziel, Fakten zusammenzustellen, um das Image der deutschen Energiewende ins richtige Licht zu rücken. Im Folgenden ein Überblick hierzu:

- **Die Leistung der Erneuerbaren:** Die erneuerbaren Energien steuern inzwischen 38% zur Deckung des deutschen Strombedarfs bei (Stand 2018). Die erneuerbaren Quellen tragen somit substantiell zur Versorgungssicherheit bei. Mitte der 1990er-Jahre belief sich der Anteil der Erneuerbaren noch auf weniger als 5%.
- **Kosten:** Ein sauberes, erneuerbares und dezentrales Energiesystem kommt der Gesellschaft weitaus günstiger zu stehen als ein umweltschädigendes fossil-nukleares Energiesystem. Dies berechnen und veranschaulichen zahlreiche Studien. In der Kostendiskussion werden oft Zahlen verwendet, welche einer gesamtheitlichen Kostenbetrachtung nicht genügen. Um eine korrekte Kostenbewertung vorzunehmen, sind die volkswirtschaftlichen Nettokosten relevant.
- **Strompreis:** Dank dem Ausbau und dem Überangebot an erneuerbaren Energien sanken die Grosshandelspreise massiv, Deutschland weist die zweittiefsten Strombörsenpreise Europas auf. In den letzten sieben Jahren sparten deutsche Stromkunden dadurch 70.6 Milliarden Euro ein. Dass demgegenüber die Endkundenpreisen für deutsche Privat- und Gewerbekunden in den letzten Jahren signifikant anstiegen, ist auf die Konstruktion der EEG-Umlage zurückzuführen: Durch die grosszügige Ausnahmeregelung für grosse Industriekunden muss die Kostenlast der Energiewende alleine von den kleineren Stromkonsumenten getragen werden. Ein internationaler sowie zeitlicher Vergleich zeigt jedoch, dass die Haushaltsausgaben für Strom mit einem Anteil von 2.5% sehr moderat sind.
- **Treibhausgasemissionen und Klimaschutz:** Seit 1990 sind die Treibhausgasemissionen Deutschlands um rund 385 Millionen Tonnen oder über 30% gesunken. Dies ist vornehmlich auf den Ausbau der erneuerbaren Energien und die Reduktion klimaschädlicher Energieträger zurückzuführen. Dass die Emissionsreduktion (im Vergleich zu den Zielen) zu langsam verläuft, ist also nicht wegen, sondern trotz dem Ausbau der Erneuerbaren der Fall. Die Klimaziele 2020 wird Deutschland verfehlen. Sofern die im jüngsten Koalitionsvertrag 2018 festgelegten Ausbauziele mit den entsprechenden Instrumenten umgesetzt werden, können die Klimaziele 2030 erreicht werden. Hierzu müssen einerseits die Emissionen

in der Energiewirtschaft als grösste Emittentin, andererseits die Emissionen im Verkehrssektor-, Industrie- und Wärmesektor gesenkt werden.

- **Atomausstieg:** Nach dem Atomausstiegbeschluss 2011, als die ersten AKW vom Netz genommen wurde, resultierte keine «Stromlücke», die mit Atom- oder Kohlestromimporten hätte gedeckt werden müssen. Deutschland ist seit 2003 bis heute Stromnettoexporteur. Der Wegfall von Atomstrom seit 2011 (minus 64.4 TWh) wurde mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien (plus 120.9 TWh) mehr als kompensiert. Dass die «Stromlücke» mit einer vermehrten inländischen Kohleverstromung gedeckt wurde, stimmt ebenfalls nicht. Zwar nahm die Kohlestromproduktion kurzfristig von 2011 bis 2014 zu, dies war jedoch nur temporär der Fall und nicht auf AKW-Schliessungen, sondern den Energiemarkt zurückzuführen: Tiefe CO₂-Preise und die Entwicklung der Primärenergiepreise verursachten einen Brennstoffwechsel weg von Gas- hin zu Kohlekraftwerken. Dies ging mit erhöhten Stromexporten einher. In der Folge kam es trotz steigendem Anteil erneuerbarer Energien zu steigenden Treibhausgasemissionen (sog. Energiewende-Paradox).
- **Kohleausstieg:** Falls das Ziel für den Ausbau der erneuerbaren Energien entsprechend dem Koalitionsvertrag 2018 (65% erneuerbar des Stromverbrauchs bis 2030) erreicht wird, sind trotz Kohleausstieg weder steigende Strompreise noch steigende Stromimporte zu befürchten.
- **Versorgungssicherheit und Netze:** Zahlreiche Studien modellieren, wie eine 100% erneuerbare Energieversorgung für Deutschland aussehen kann. Mit einer einheimischen, erneuerbaren Energieversorgung wird die Importabhängigkeit gemindert und die Energiesicherheit erhöht. Heute gehört die deutsche Stromversorgung zu den stabilsten Europas. Zeitliche und internationale Vergleiche zeigen auf, dass bislang kein Zusammenhang zwischen einem steigenden Anteil erneuerbarer Energien und der Versorgungssicherheit besteht. Die deutsche Bundesnetzagentur stellt fest, dass bisher keine negativen Auswirkungen der Energiewende inklusive ihres steigenden dezentralen Erzeugungscharakter auf die Versorgungsqualität zu beobachten waren. Das Bundes-Monitoring beurteilt die Versorgungssicherheit sowohl aktuell als auch perspektivisch als gegeben.
- **Wirtschaftswachstum:** Der Ausbau der Erneuerbaren hat weder in Deutschland noch europaweit zu einer Verlangsamung des Wachstums geführt. Deutschland gelang es, dank Effizienzmassnahmen seinen Energie- und Stromverbrauch vom Wirtschaftswachstum zu entkoppeln. Die dezentrale Energiewende stärkt zudem die lokale Wirtschaft. Bezüglich Jobs ist zu sagen: Das neue, dezentrale Energiesystem stellt mehr Arbeitsplätze zur Verfügung als das konventionelle, auf Grosskraftwerke ausgerichtete System. Ebenso geniessen die Unternehmen Vorteile: Dank den tiefen Strombörsenpreisen und den ihnen gewährten Ausnahmeregelungen profitiert die deutsche Industrie vom Ausbau der erneuerbaren Energien. Die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen war von Beginn an ein festgeschriebenes Ziel der deutschen Energiewende.
- **Gesellschaft:** Die Energiewende ist den deutschen BürgerInnen ein bedeutendes Anliegen. Davon zeugen einerseits die hohen Zustimmungsraten, andererseits die grosse Partizipationsfreudigkeit vieler Teile der Gesellschaft.

Die kritische Diskussion, die zeitgleich zum erfolgreichen Ausbau der erneuerbaren Energien einsetzte, mündete unter anderem in den EEG-Novellen seit 2012. In der Folge hat die Dynamik der deutschen Energiewende in den letzten Jahren deutlich abgenommen: Der jährliche Ausbau von Photovoltaik, Biomasse und Wind halbierte sich von 10,8 GW im Jahr 2012 auf bloss 5,4 GW im Jahr 2018 (FAU 2019).

Damit Deutschland seine Ausbauziele erreicht, müssen die Ausbauraten rasch wieder ansteigen. Die Policy-Instrumente müssen diesen Anforderungen Rechnung tragen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass nicht nur in Deutschland, sondern in ganz Europa grosse fossile sowie nukleare Stromerzeugungskapazitäten in den nächsten Jahren vom Netz gehen. Der entstehende Strombedarf muss mit einem beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien kompensiert werden. Deutschland kann seine Klimaziele nur so erreichen.

Schliesslich ist die Bedeutung Deutschlands in seiner Rolle als Energiewende-Vorreiter hervorzuheben. Das EEG diente weltweit als Vorbild für den Ausbau der erneuerbaren Energien. In beinahe 100 Ländern oder Bundesländern weltweit sind durch das EEG inspirierte Gesetze in Kraft (REN 2015). Das EEG und Deutschlands Investitionen in die erneuerbaren Technologien, als diese noch relativ teuer waren, haben massgeblich dazu beigetragen, dass die Lernkurven von Stromerzeugungstechnologien aus Photovoltaik und Wind so steil nach oben und die Kostenkurven so steil nach unten zeigen. Erneuerbare Energien werden nicht mehr bloss als Energiequellen für wohlhabende Länder betrachtet – weltweit wird massiv in die erneuerbaren Energien investiert. Seit Jahren übersteigen die internationalen Investitionen in erneuerbare diejenigen in konventionelle Energien, wie die Internationale Energieagentur feststellt.

4. Quellen

Agentur für Erneuerbare Energien e.V. AEE (2018). *Bürgerenergie bleibt Schlüssel für erfolgreiche Energiewende*. Pressemitteilung, 1. Februar 2018.
Verfügbar unter: <https://www.unendlich-viel-energie.de/buergerenergie-bleibt-schluessel-fuer-erfolgreiche-energiewende> (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Agentur für Erneuerbare Energien e.V. und Deutscher Genossenschafts- und Raiffeisenverein (2013). *Energiegenossenschaften. Bürger, Kommunen und lokale Wirtschaft in guter Gesellschaft*. Berlin, April 2013.
Verfügbar unter: [https://dgrv.de/webde.nsf/272e312c8017e736c1256e31005cedff/dbc67594818be17dc1257c1d004fc167/\\$FILE/Brosch%C3%BCre%20Energiegenossenschaften.pdf](https://dgrv.de/webde.nsf/272e312c8017e736c1256e31005cedff/dbc67594818be17dc1257c1d004fc167/$FILE/Brosch%C3%BCre%20Energiegenossenschaften.pdf) (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Agora Energiewende (2014). *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*. Berlin, April 2014.
Verfügbar unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2014/Energiewende-Paradox/Analyse_Energiewende_Paradox_web.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Agora Energiewende (2017). *Kohleausstieg, Stromimporte und –exporte sowie Versorgungssicherheit*. Berlin, November 2017.
Verfügbar unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2015/Kohlekonsens/Agora_Kurzanalyse-Kohleausstieg-und-Versorgungssicherheit_10112017.pdf (letzter Zugriff: 05.08.2019).

Agora Energiewende (2019a). *Die Energiewende im Stromsektor: Stand der Dinge 2018. Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2019*. Berlin, Januar 2019.
Verfügbar unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2018/Jahresauswertung_2018/125_Agora-JAW-2018_WEB.pdf (letzter Zugriff: 02.07.2019).

Agora Energiewende (2019b). *La Energiewende en síntesis. 10 preguntas y respuestas sobre la transición energética alemana*. Berlin, Febrero de 2019.
Verfügbar unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2017/Energiewende_in_a_nutshell/152_La-Energiewende-en-sintesis_MW-K2.pdf (letzter Zugriff: 02.07.2019).

Agora Energiewende (2019c). *A word on grids. How Electricity Grids Can Help Integrate Variable Renewable Energy*. Berlin, Februar 2019.
Verfügbar unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2018/A_word_on/A-Word-On-Grid_agora-energiewende_WEB.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Agora Energiewende und Aurora Energy Research (2018). *65 Prozent Erneuerbare bis 2030 und ein schrittweiser Kohleausstieg. Auswirkungen der Vorgaben des Koalitionsvertrags auf Strompreise, CO₂-Emissionen und Stromhandel*. Berlin, Oktober 2018.

Verfügbar unter: <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/65-prozent-erneuerbare-bis-2030-und-ein-schrittweiser-kohleausstieg/> (letzter Zugriff: 02.07.2019).

Agora Energiewende und Institute for Essential Services Reform IESR (2018). *Energy Transition in a Nutshell: 8 Q & A on the German Energy Transition and Its Relevance for Indonesia*. November 2018.

Verfügbar unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Partnerpublikationen/2018/IESR_Energiewende_in_a_Nutshell/2019-03-18_IESR_Research_Energy_Transition_in_a_Nutshell.pdf (letzter Zugriff: 02.07.2019).

Agora Energiewende and Sandbag (2019). *The European Power Sector in 2018. Up-to-date analyses on the electricity transition*. Berlin / London, January 2019.

Verfügbar unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2018/EU-Jahresauswertung_2019/Agora-Energiewende_European-Power-Sector-2018_WEB.pdf (letzter Zugriff: 02.07.2019).

Allianz Climate Solutions GmbH (2017). *Allianz Climate and Energy Monitor 2017. Assessing the needs and attractiveness of low-carbon investments in G20 countries*. München, Juni 2019.

Verfügbar unter: <https://www.allianz.com/de/nachhaltigkeit/artikel/allianz-climate-and-energy-monitor.html> (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2019a). *Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern*. März 2019.

Verfügbar unter: https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&file-Name=20181214_brd_stromerzeugung1990-2018.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2019b). *Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2018*. Berlin, Februar 2019.

Verfügbar unter: https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&file-Name=ageb_jahresbericht2018_20190326_dt.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. BDEW (2019). *Erfolgsgeschichte Energiewende in der Energiewirtschaft. Stand, Bilanz und Ausblick*.

Verfügbar unter: https://www.bdew.de/media/documents/Awh_20190517_Erfolgsgeschichte-Energiewirtschaft.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit BMU (2007). *Das Integrierte Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung. Dezember 2007*.

Verfügbar unter: https://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund_meseberg.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit BMU (2011). *Deutschland bei Klimaschutz-Zielen 2020 auf Kurs*. Pressemitteilung, 02.12.2011.

Verfügbar unter: <https://www.bmu.de/pressemitteilung/deutschland-bei-klimaschutz-zielen-2020-auf-kurs/> (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit BMU (2013). *Altmaier: Deutschland beim Klimaschutz auf gutem Weg, aber nicht mit dem nötigen Tempo*. Pressemitteilung, 15.03.2019.

Verfügbar unter: https://www.bmu.de/pressemitteilung/altmaier-deutschland-beim-klimaschutz-auf-gutem-weg-aber-nicht-mit-dem-noetigen-tempo/?tx_ttnews%25255BbackPid%25255D=1 (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit BMU (2014). *Aktionsprogramm Klimaschutz 2020. Kabinettsbeschluss vom 3. Dezember 2014*. Berlin, Dezember 2014.

Verfügbar unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Aktionsprogramm_Klimaschutz/aktionsprogramm_klimaschutz_2020_broschuere_bf.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit BMU (2016). *Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung*. Berlin, November 2016

Verfügbar unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit BMU (2019a). *Entwurf eines Gesetzes zur Einführung eines Bundes-Klimaschutzgesetzes und zur Änderung weiterer Vorschriften*. (online)

Verfügbar unter: <https://www.bmu.de/gesetz/entwurf-eines-gesetzes-zur-einfuehrung-eines-bundes-klimaschutzgesetzes-und-zur-aenderung-weiterer-vor/> (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2019b). *Klimaschutzprogramm 2030 zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050*. (online)

Verfügbar unter: <https://www.bmu.de/download/klimaschutzprogramm-2030-zur-umsetzung-des-klimaschutzplans-2050/>

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi (2010). *Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung*. Berlin, 28.10.2010.

Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/energiekonzept-2010.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi (2012). Informationsportal Erneuerbare Energien. *Die wichtigsten Änderungen der EEG-Novelle zur Photovoltaik 2012*. Juni, 2012.

Verfügbar unter: <https://www.erneuerbare->

[energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/die wichtigsten aenderungen der eeg novelle zur photovoltaik 2012.pdf?__blob=publicationFile&v=1](https://www.energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/die_wichtigsten_aenderungen_der_eeg_novelle_zur_photovoltaik_2012.pdf?__blob=publicationFile&v=1) (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi (2018a). *Gesetzeskarte für das Energieversorgungssystem. Karte zentraler Strategien, Gesetze und Verordnungen*. Berlin, März 2018.

Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/gesetzeskarte.pdf?__blob=publicationFile&v=40 (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi (2018b). *Sechster Monitoring-Bericht zur Energiewende. Berichtsjahr 2016*. Berlin, Juni 2018.

Verfügbar unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/sechster-monitoring-bericht-zur-energiewende.html> (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi (2018c). *Energieeffizienz in Zahlen. Entwicklungen in Trends und Deutschland 2018*. Berlin, August 2018.

Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-zahlen-2018.pdf?__blob=publicationFile&v=14 (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi (2018d). *EEG in Zahlen: Vergütungen, Differenzkosten und EEG-Umlage 2000 bis 2019. Stand: 15. Oktober 2018*.

Verfügbar unter: https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/eeg-in-zahlen-pdf.pdf?__blob=publicationFile (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi (2019a). *Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung. Abschlussbericht*. Berlin, Januar 2019.

Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/abschlussbericht-kommission-wachstum-strukturwandel-und-beschaeftigung.pdf?__blob=publicationFile&v=4 (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi (2019b). *Gesamtausgabe der Energiedaten – Datensammlung des BMWi*. Berlin, 22.01.2019.

Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Binaer/Energiedaten/energiedaten-gesamt-xls.xlsx?__blob=publicationFile&v=95 (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi (2019c). *Monitoringbericht zur Versorgungssicherheit im Bereich der leitungsgebundenen Versorgung*. Berlin, Juni 2019.

Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/monitoringbericht-versorgungssicherheit-2019.pdf?__blob=publicationFile&v=18 (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi (2019d). *Zweiter Fortschrittsbericht zur Energiewende. Die Energie der Zukunft. Berichtsjahr 2017*. Berlin, Juli 2019.

Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/fortschrittsbericht-monitoring-energiewende.pdf?__blob=publicationFile&v=14 (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesnetzagentur (2017). *Fragen & Antworten zum Netzausbau*. Oktober 2017.

Verfügbar unter: https://www.netzausbau.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/FAQ.pdf?__blob=publicationFile (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesnetzagentur (2019a). *Informationen zu Strom- und Gaspreisen für Haushaltskunden*. (online)

Verfügbar unter: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Verbraucher/PreiseRechnTarife/preiseundRechnungen-node.html> (zuletzt besucht: 17.07.2019).

Bundesnetzagentur (2019b) und Bundeskartellamt. *Monitoringbericht 2018*. Mai 2019.

Verfügbar unter: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2018/Monitoringbericht_Energie2018.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesnetzagentur (2019c). *EnLAG-Monitoring. Stand des Stromnetz-Ausbaus nach dem ersten Quartal 2019*. Bonn, 2019

Verfügbar unter:

Deutsche Emissionshandelsstelle (2019). *Strompreiskompensation, Hintergrund*. Verfügbar unter: https://www.dehst.de/SPK/DE/startseite/SPK_verstehen/hintergrund/hintergrund_node.html;jsessionid=3F031D24F1354812A33A12CB6D30FCE0.2_cid331 (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesnetzagentur (2019d). *Stand Netzausbau. Stand der Vorhaben aus dem BBPIG und EnLAG nach dem ersten Quartal 2019*. (online)

Verfügbar unter: https://www.netzausbau.de/SharedDocs/Downloads/DE/Vorhaben/Gesamt-Karte.pdf?__blob=publicationFile (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesnetzagentur (2019e). *Stromnetze zukunftssicher gestalten*. (online)

Verfügbar unter: https://www.netzausbau.de/cln_122/home/de.html (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesnetzagentur (2019f). *Versorgungssicherheit*. (online)

Verfügbar unter:

https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/versorgungssicherheit-node.html;jsessionid=6CE3992EF2D68D0B9DCDC10777995A38 (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Bundesnetzagentur (2019g). *Netz- und Systemsicherheit*. (online)
Verfügbar unter: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Netz_Systemsicherheit/Netz_Systemsicherheit_node.html (letzter Zugriff: 11.11.2019).

CDU, CSU und SPD (2018). *Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD, 19. Legislaturperiode. Ein neuer Aufbruch für Europa*. Berlin, 12. März 2018.
Verfügbar unter: https://www.cdu.de/system/tdf/media/dokumente/koalitionsvertrag_2018.pdf?file=1 (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Council of European Energy Regulators (2018). *CEER Benchmarking Report 6.1 on the Continuity of Electricity and Gas Supply*. Brüssel, Juli 2018.
Verfügbar unter: <https://www.ceer.eu/documents/104400/-/-/963153e6-2f42-78eb-22a4-06f1552dd34c> (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Deutscher Genossenschafts- und Raiffeisenverband e.V. (2019a). *Energiegenossenschaften 2018. Umfrageergebnisse*. (online)
Verfügbar unter: https://www.genossenschaften.de/sites/default/files/20190715_DGRV_Umfrage_Energiegenossenschaften_2019_0.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Deutscher Genossenschafts- und Raiffeisenverband e.V. (2019b). *DGRV-Jahresumfrage Energiegenossenschaften*. (online)
Verfügbar unter: <https://www.genossenschaften.de/dgrv-jahresumfrage-energiegenossenschaften-positives-gesch-fts-klima-wird-durch-schwierigere>

DLR, Fraunhofer IWES und IFNE (2012). *Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global*. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin, März 2012.
Verfügbar unter: https://www.dlr.de/tt/desktopdefault.aspx/tabid-2885/4422_read-15254/ (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Energy Brainpool (2013a). *Zusammenhang von Strombörsenpreisen und Endkundenpreisen*. Im Auftrag der Agora Energiewende. Berlin, März 2013.
Verfügbar unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2013/Zusammenhang-Stromboersen-Preise-Endkundenpreise/Agora_Studie_Stromboersen-Endkundenpreise_EnergyBrainpool_V1-1-28032013.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Energy Brainpool (2013b). *Warum steigt die EEG-Umlage in 2014?* Im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis90/Die Grünen. Berlin, August 2013.
Verfügbar unter: https://www.energybrainpool.com/fileadmin/download/Studien/Studie_2013-08-21_EEG-Umlage_2014_EnergyBrainpool.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Energy Transition (2019). *Energy Poverty*. (online)
Verfügbar unter: <http://wiki.energytransition.org/wiki/energy-poverty/> (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Energy Watch Group (2018a), *Erneuerbare Energien – die tragende Säule für die CO₂-Emissionsreduktion in Deutschland*, Berlin, September 2018.
Verfügbar unter: http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/2018/10/EWG_EEdietragendeSaeule.pdf (letzter Zugriff: 02.07.2019).

Energy Watch Group (2018b). *Global Energy System based on 100% Renewable Energy. Energy Transition in Europe across Power, Heat, Transport and Desalination Sectors*. Eine Studie der LUT University und Energy Watch Group, Lappeenranta und Berlin, Dezember 2018.
Verfügbar unter: http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/2018/12/EWG-LUT_Full-Study_Energy-Transition-Europe.pdf (letzter Zugriff: 02.07.2019).

Eurostat (2019). *GDP and main components*. (online)
Verfügbar unter: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (letzter Zugriff: 02.07.2019).

Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft e.V. (2013). *Was die Energiewende wirklich kostet. Nettokosten des Ausbaus erneuerbarer Energien im Vergleich zur konventionellen Stromerzeugung*. Im Auftrag von Greenpeace Energy eG, September 2013.
Verfügbar unter: https://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/publikationen/Studien/Studie_Was_die_Energiewende_wirklich_kostet.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft e.V. (2017). *Was Strom wirklich kostet. Vergleich der staatlichen Förderungen und gesamtgesellschaftlichen Kosten von konventionellen und erneuerbaren Energien*. Im Auftrag von Greenpeace Energy eG, Oktober 2017.
Verfügbar unter: [http://www.foes.de/pdf/2017-10-Was Strom wirklich kostet_kurz.pdf](http://www.foes.de/pdf/2017-10-Was_Strom_wirklich_kostet_kurz.pdf) (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Fraunhofer ISE (2014). *Kurzstudie zur historischen Entwicklung der EEG-Umlage*. Freiburg, Juli 2014.
Verfügbar unter: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/ISE_Kurzstudie_EEG_Umlage_2014_07_14.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Fraunhofer ISE (2015). *Was kostet die Energiewende? Wege zur Transformation des deutschen Energiesystems bis 2050*. Freiburg, November 2015.
Verfügbar unter: [https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/Forschungsfelder/Energie-Rohstoffe/Fraunhofer-ISE_Transformation-Energiesystem-Deutschland_final_19_11%20\(1\).pdf](https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/Forschungsfelder/Energie-Rohstoffe/Fraunhofer-ISE_Transformation-Energiesystem-Deutschland_final_19_11%20(1).pdf) (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Fraunhofer ISI und Ecofys (2015). *Strommärkte im internationalen Vergleich*. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Juni 2015.

Verfügbar unter: [https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/Forschungsfelder/Energie-Rohstoffe/Fraunhofer-ISE_Transformation-Energiesystem-Deutschland_final_19_11%20\(1\).pdf](https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/de/Forschungsfelder/Energie-Rohstoffe/Fraunhofer-ISE_Transformation-Energiesystem-Deutschland_final_19_11%20(1).pdf) (letzter Zugriff: 11.11.2019).

https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/2015/Industries-trompreise_Strommaerkte.pdf

Fraunhofer ISE (2019). *Energy-Charts*. (online)

Verfügbar unter: https://www.energy-charts.de/trade.htm?year=all&period=annual&source=sum_value# (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg FAU (2019). „*Deutschland ohne erneuerbare Energien?*“ – ein Update für die Jahre 2014 bis 2018. *Stromkosten und Versorgungssicherheit ohne die Einspeisung Erneuerbarer Energien*. Im Auftrag der EWS Elektrizitätswerke Schönau eG, Nürnberg, Oktober 2019. Verfügbar unter: https://www.evt.tf.fau.de/files/2019/10/FAU_Strompreisstudie-2019_Download.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Gawel E., Korte K., Lehmann P. und Strunz S. (2012). *The German Energy Transition – Is It Really Scandalous?* (2015). GAIA 21(4): 278-283, Leipzig, 2012.

Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/298449378_The_German_Energy_Transition_-_Is_It_Really_Scandalous_False_Alarm_Neither_Command_Economy_Nor_Cost_Tsunami_Are_Imminent (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Gawel E., Korte K. und Tews K. (2015). *Distributional Challenges of Sustainability Policies – The Case of the German Energy Transition*. Sustainability, 7, Basel, 2015.

Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/287406216_Distributional_Challenges_of_Sustainability_Policies-The_Case_of_the_German_Energy_Transition (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforchung GWS, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung DIW (2018a). *Ökonomische Indikatoren des Energiesystems. Methode, Abgrenzung und Ergebnisse für den Zeitraum 2000 – 2016*. Im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft und Energie, Februar 2018.

Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/oe-konomische-indikatoren-und-energiewirtschaftliche-gesamtrechnung.pdf?__blob=publicationFile&v=16 (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforchung GWS, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung DIW, Fraunhofer ISI, prognos (2018b). *Zur Berechnung der durch den Ausbau erneuerbarer Energien und durch Energieeffizienz verminderten Importe fossiler Brenn- und Kraftstoffe. Methode und Ergebnisse für die Jahre 2000 bis 2015*. Osnabrück, Juni 2018. Verfügbar unter:

<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/184703/1/gws-researchreport18-3.pdf> (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Hake J.-F., Fischer W., Venghaus S. und Weckenbrock C. (2015). *The German Energiewende – History and status quo*. Energy, Volume 92, Part 3, 2015.
Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544215004594> (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Institut für Hochspannungstechnik RWTH Aachen University. *Studie zu Aspekten der elektrischen Systemstabilität im deutschen Übertragungsnetz bis 2023*. Im Auftrag der Bundesnetzagentur, Aachen, Juni 2016.
Verfügbar unter: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/System- u Netzsicherheit/Gutachten_IFHT_RWTH_Systemstabilitaet_2015.pdf;jsessionid=6B647EA3B3B9E330BB4DB3CF3A602ED3?__blob=publicationFile&v=1 (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Jacobsson S. und Lauber V. (2006). *The politics and policy of energy system transformation – explaining the German diffusion of renewable energy technology*. Energy Policy, Volume 34, Issue 3, 2006.
Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421504002393> (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Lappeenranta University of Technology und Energy Watch Group (2019). *Global Energy System based on 100% Renewable Energy. Power, Heat, Transport and Desalination Sectors*. Lappeenranta und Berlin, März 2019.
http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG_LUT_100RE_All_Sectors_Global_Report_2019.pdf (letzter Zugriff: 02.07.2019).

Next Kraftwerke GmbH (2019). *Wissen. Was ist der SAIDI?* (online)
Verfügbar unter: <https://www.next-kraftwerke.de/wissen/saidi-index> (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Öko-Institut (2017a). *Überprüfung der Emissionsminderung 2020 im Projektionsbericht 2017. Arbeiten im Projekt „Wissenschaftliche Unterstützung: Erstellung und Begleitung des Klimaschutzplans 2050“*. Oktober 2017.
Verfügbar unter: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Memo-Ueberpruefung-Emissionsminderung-2020.pdf> (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Öko-Institut (2017b). *Erneuerbare vs. Fossile Stromsysteme: ein Kostenvergleich. Stromwelten 2050 – Analyse von Erneuerbaren, kohle- und gasbasierten Elektrizitätssystemen*. Im Auftrag der Agora Energiewende, Januar 2017.
Verfügbar unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2016/Stromwelten_2050/Gesamtkosten_Stromwelten_2050_WEB.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Öko-Institut (2018). *EEG-Rechner. Berechnungs- und Szenarienmodell zur Ermittlung der EEG-Umlage*. Im Auftrag der Agora Energiewende, November

2018.

Verfügbar unter: <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/eeg-rechner-fuer-excel/> (letzter Zugriff: 11.11.2019).

r2b energy consulting GmbH, Consentec GmbH, Fraunhofer ISI, TEP Energy GmbH (2019). *Versorgungssicherheit in Deutschland und seinen Nachbarländern: Länderübergreifendes Monitoring und Bewertung*. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Köln, Januar 2019.

Verfügbar unter: https://www.r2b-energy.com/uploads/media/BMWi_VS-Monitoring_Ber1_deu_20190520_03.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century REN21 (2015). *Renewables 2015 Global Status Report*. Paris 2015.

Verfügbar unter: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2015_KeyFindings_ENGLISH.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Reuters (2019). *Regierungskreise – Kraftwerk Datteln geht trotz Kohleausstieg ans Netz*. Berlin/Frankfurt, 30. Oktober 2019.

Verfügbar unter: <https://de.reuters.com/article/deutschland-kohle-datteln-id-DEKBN1X91MJ> (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Stern N. (2008). *The Stern Review: The Economics of Climate Change. Executive Summary*. 2018.

Verfügbar unter:

http://news.bbc.co.uk/2/shared/bsp/hi/pdfs/30_10_06_exec_sum.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Umweltbundesamt (2012). *Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2010. Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2012*. Dessau-Rosslau, Juni 2012.

Verfügbar unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4292.pdf> (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Umweltbundesamt (2016). *Umweltschädliche Subventionen in Deutschland. Aktualisierte Ausgabe 2016*. Berlin, Dezember 2016.

Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba_fachbroschuere_umweltschaedliche-subventionen_bf.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Umweltbundesamt (2019a) und Bundesamt für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. *Klimabilanz 2018: 4,5 Prozent weniger Treibhausgasemissionen*. Pressemitteilung, 02.04.2019.

Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/klimabilanz-2018-45-prozent-weniger> und <https://www.umweltbundesamt.de/galerie/grafiken-tabellen-zur-klimabilanz-2018> (letzter Zugriff: 01.07.2019).

Umweltbundesamt (2019b). *Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten. Kostensätze, Stand 02/2019*. Desslau-Rosslau, Februar 2019.
Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-02-11_methodenkonvention-3-0_kostensaetze_korr.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Umweltbundesamt (2019c). *Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990-2018*. Desslau-Rosslau, April 2019.
Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-04-10_cc_10-2019_strommix_2019.pdf (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Unruh G. C. (2000). *Understanding carbon lock-in*. Energy Policy Vol. 28 Issue 12, Oktober 2000.
Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421500000707> (letzter Zugriff: 11.11.2019).

Zeit Online (2018). *Kohlekraftwerke. Viel Geld fürs Nichtstun*. Hamburg, 21. März 2018.
Verfügbar unter: <https://www.zeit.de/2018/13/kohlekraftwerke-abgeschaltet-niedersachsen-gelder-regierung-energiewende> (letzter Zugriff: 11.11.2019).