

Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“

# Stellungnahme zum zweiten Fortschrittsbericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2017

Berlin · Münster · Stuttgart, Mai 2019

- Prof. Dr. Andreas Löschel (Vorsitzender)
- Prof. Dr. Georg Erdmann
- Prof. Dr. Frithjof Staiß
- Dr. Hans-Joachim Ziesing

## Zusammenfassung

**ENERGIE DER ZUKUNFT** 

Kommission zum Monitoring-Prozess

Prof. Dr. Andreas Löschel  
(Vorsitzender)

Prof. Dr. Georg Erdmann

Prof. Dr. Frithjof Staiß

Dr. Hans-Joachim Ziesing

## **Expertenkommission:**

### **Prof. Dr. Andreas Löschel (Vorsitzender)**

Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
Am Stadtgraben 9, 48143 Münster  
E-Mail: loeschel@uni-muenster.de  
Telefon: +49 251-83-25004

### **Prof. Dr. Georg Erdmann**

Technische Universität Berlin, Fachgebiet Energiesysteme  
Einsteinufer 25 (TA8), 10587 Berlin  
E-Mail: georg.erdmann@tu-berlin.de  
Telefon: +49 30-314-24656  
Fax: +49 30-314-26908

### **Prof. Dr. Frithjof Staiß**

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung  
Baden-Württemberg (ZSW)  
Meitnerstr. 1, 70563 Stuttgart  
E-Mail: frithjof.staiss@zsw-bw.de  
Telefon: +49 711-7870-210  
Fax: +49 711-7870-100

### **Dr. Hans-Joachim Ziesing**

AG Energiebilanzen e.V. (AGEB)  
Mohrenstraße 58, 10117 Berlin  
E-Mail: hziesing@t-online.de  
Telefon: +49 30-8913987

**Dieses Gutachten beruht auch auf der sachkundigen und engagierten Arbeit unserer wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter:**

Westfälische Wilhelms-Universität Münster

**Oliver Kaltenegger, Laura Klockenbusch**

Technische Universität Berlin, Fachgebiet Energiesysteme

**Lisa Marina Koch, Dr. Fernando Oster, David Schröder**

Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V. (IKEM)

**Lars Dittmar**

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

**Maike Schmidt, Anna-Lena Fuchs, Henning Jachmann, Tobias Kelm,  
Jochen Metzger, Thomas Nieder**

Ecologic Institut gemeinnützige GmbH

**Eike Karola Velten, Amely Gundlach**

## Vorwort

Die vorliegende Stellungnahme der Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“ kommentiert den zweiten Fortschrittsbericht zur Energiewende der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2017 (dieser entspricht gleichzeitig dem siebten Monitoring-Bericht). Der Monitoring-Prozess dient der Überprüfung des Fortschritts bei der Erreichung der Ziele „für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ des Energiekonzepts der Bundesregierung vom September 2010 und des Umsetzungsstandes der entsprechenden Maßnahmen, um bei Bedarf nachsteuern zu können. Dazu bestellte die Bundesregierung im Oktober 2011 eine unabhängige Expertenkommission mit vier Energiewissenschaftlern, welche die von den Ministerien zu erstellenden jährlichen Monitoring-Berichte bzw. dreijährlichen Fortschrittsberichte begutachten und kommentieren soll. Die Monitoring-Berichte liefern im Schwerpunkt einen faktenbasierten Überblick zur Energiewende, während die Fortschrittsberichte eine umfangreichere Analysekomponente enthalten und ggf. Maßnahmen vorschlagen, um Hemmnisse bei der Zielerreichung zu überwinden.

Der zweite Fortschrittsbericht zur Energiewende und die dazugehörige Stellungnahme entsprechen nicht dem ursprünglich beschlossenen Turnus (Bundestagsdrucksache 18/6781). Danach wäre bereits bis zum 15. Dezember 2017 der zweite Fortschrittsbericht (einschließlich sechster Monitoring-Bericht) und bis zum 15. Dezember 2018 der siebte Monitoring-Bericht dem Bundeskabinett vorzulegen gewesen. Allerdings kam es im Herbst 2017 zu ungewöhnlich zeitaufwendigen Koalitionsverhandlungen, die auch den Monitoring-Prozess verzögerten. Da ein Fortschrittsbericht neben der Dokumentation des Stands der Umsetzung der Energiewende auch einen Ausblick für die weitere Entwicklung und gegebenenfalls weitreichende Maßnahmen vorschlagen soll, entschied sich die Bundesregierung dazu, zunächst einen sechsten Monitoring-Bericht (ohne Fortschrittsbericht) und erst in der aktuellen Runde den Fortschrittsbericht (einschließlich siebten Monitoring-Bericht) vorzulegen.

Die vorliegende Stellungnahme der Expertenkommission bezieht sich weitgehend auf den Entwurf des zweiten Fortschrittsberichts, der am 16. April 2019 – vor der Ressortabstimmung – vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) zur Verfügung gestellt wurde. Soweit zeitlich möglich, wurden auch Änderungen des Fortschrittsberichts im Kontext der Ressortabstimmung berücksichtigt. Die Statistiken in der Stellungnahme (u. a. in der Energiewende-Ampel) spiegeln den Datenstand zum 06.05.2019 wider.

Im Rahmen des Monitoring-Prozesses fanden Treffen (Dezember 2018 und Januar 2019) mit Vertretern des BMWi, der Bundesnetzagentur (BNetzA) und des Umweltbundesamtes (UBA) statt. In diesen Treffen wurden insbesondere die klima- und energiebezogenen Zielsetzungen für 2030 diskutiert und den Fragen der Expertenkommission Raum gegeben. Der Informationsaustausch wurde in diesem Jahr flankiert durch die umfangreiche Bereitstellung aktueller Studien und Informationen im Auftrag der Bundesregierung. Zu nennen sind hier Diskussionen und Ergebnisse im Rahmen der Nationalen Energie- und Klimapläne, zum NAPE-Monitoring sowie der Vorhaben „Makroökonomische Wirkungen und Verteilungseffekte der Energiewende“, „Evaluierung des Energieeffizienzfonds“ und „Aktualisierung der Zielarchitekturstudie“. Im August 2018 war der Vorsitzende der Expertenkommission als Sachverständiger bei der Kommission „Wachstum, Beschäftigung, Strukturwandel“ und im November 2018 zur Anhörung beim Ausschuss für Wirtschaft und Energie des Deutschen Bundestages geladen. Unser Dank gilt allen Gesprächspartnern, insbesondere unseren Ansprechpartnern aus den Ministerien und den Bundesbehörden, für die konstruktive Zusammenarbeit.

Die während des Monitoring-Prozesses aufgeworfenen Fragen und angeregten Themen werden in der vorliegenden Stellungnahme aufgegriffen. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf dem Vorschlag zu einer „Energiepreisreform“ (vgl. gleichnamiges Kapitel), die zeitnah den aufkommensneutralen Ersatz der Umlagen auf Elektrizität durch einen CO<sub>2</sub>-bezogenen Zuschlag auf fossile Energieträger vorsieht. Damit sollen Anreize für klima-

freundliche Investitionen in Sektorkopplung, Speicher, Flexibilitätsoptionen und neue Elektrizitätsanwendungen geschaffen werden – die jetzt vordringlichen Schritte zur Reduktion von Treibhausgasemissionen. Zukunftsgerichtet widmet die Expertenkommission auch jeweils ein eigenständiges Kapitel der „Perspektive bis zum Jahr 2030“ und der „Perspektive jenseits 2030“, in deren Rahmen die Expertenkommission u. a. der Diskussion zur Fortschreibung des Energiekonzepts der Bundesregierung für das Jahr 2030 und zu möglichen langfristigen Entwicklungspfaden einen Impuls geben möchte. In der vorliegenden Stellungnahme wird auch das Thema Akzeptanz in der Bevölkerung herausgehoben betrachtet – es ist in den Unterkapiteln „Monitoring der Akzeptanz der Energiewende“ und „Ansätze zur Beseitigung von Reformhemmnissen“ aufgegangen. Hinsichtlich des letztgenannten Unterkapitels gilt besonderer Dank Prof. Dr. Friedrich Heinemann (ZEW Mannheim), der seine Expertise zur Politökonomie von Reformen in einem gemeinsamen Workshop mit der Expertenkommission einbrachte (Januar 2019).

Die vorliegende Stellungnahme hätte die Expertenkommission nicht ohne den herausragenden Einsatz ihrer wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erstellen können. Ein ganz herzlicher Dank geht deshalb an Oliver Kaltenecker und Laura Klockenbusch von der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, Lars Dittmar, Lisa Marina Koch, David Schröder und Dr. Fernando Oster vom Fachgebiet Energiesysteme der TU Berlin, Maïke Schmidt und Anna-Lena Fuchs vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart, sowie Eike Karola Velten und Amely Gundlach vom Ecologic Institut, Berlin.

Fehler und Mängel dieser Stellungnahme gehen allein zu Lasten der Unterzeichner.

Berlin, Münster, Stuttgart, 6. Juni 2019

Georg Erdmann

Andreas Löschel

Frithjof Staiß

Hans-Joachim Ziesing

## Inhalt

Vorwort .....	i
Inhalt .....	iii
Zusammenfassung der Stellungnahme .....	Z-1
Stand der Energiewende.....	Z-1
Perspektive bis zum Jahr 2030.....	Z-11
Perspektive jenseits 2030 .....	Z-12
Treibhausgasemissionen.....	Z-14
Erneuerbare Stromerzeugung .....	Z-16
Energieeffizienz.....	Z-17
Gebäude.....	Z-19
Verkehr .....	Z-20
Elektrische Netze .....	Z-22
Versorgungssicherheit Elektrizität .....	Z-23
Energiepreise und Energiekosten .....	Z-24
Energiepreisreform .....	Z-25
Literaturverzeichnis .....	Z-29
Verzeichnisse: Abbildungen und Tabellen.....	Z-33
Abbildungen.....	Z-33
Tabellen .....	Z-33



## Zusammenfassung der Stellungnahme

### Stellungnahme zum zweiten Fortschrittsbericht der Bundesregierung

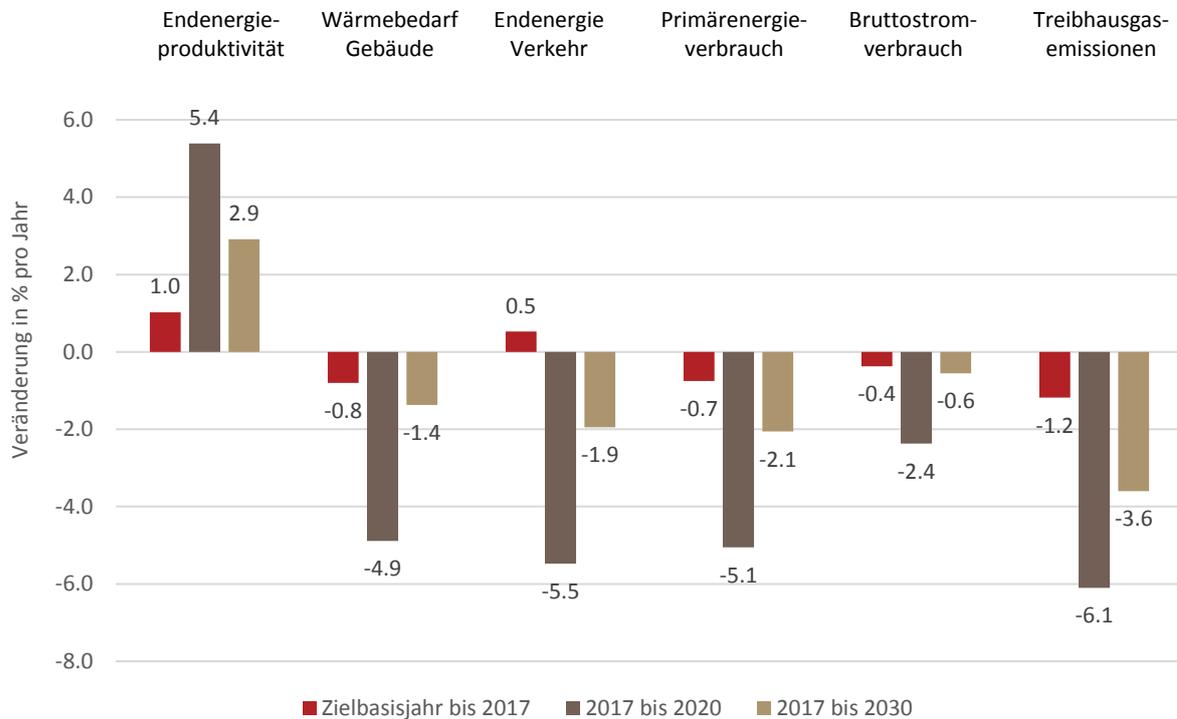
#### Stand der Energiewende

1. Die Bundesregierung hat sich mit dem Energiekonzept vom September 2010 und dem Kernenergieausstieg vom August 2011 eine Langfriststrategie der Energiepolitik gegeben. Zur Dokumentation der Umsetzung des Energiekonzepts sowie der dabei erzielten Fortschritte veröffentlicht die Bundesregierung jährlich einen faktenbasierten Monitoring-Bericht und zudem alle drei Jahre einen Fortschrittsbericht mit einer vertieften Analyse der Entwicklungen und Maßnahmen sowie einen Ausblick. Seit 2011 steht der Bundesregierung in diesem Prozess eine unabhängige Kommission aus vier Energieexperten beratend zur Seite. Die Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“ legt jährliche Stellungnahmen zum Fortschritt der Energiewende vor, die den Berichten der Bundesregierung beigelegt und dem Bundeskabinett sowie dem Bundestag zugeleitet werden.
2. Die vorliegende Stellungnahme der Expertenkommission bezieht sich weitgehend auf den Entwurf des zweiten Fortschrittsberichts, der am 16. April 2019 – vor der Ressortabstimmung – vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) zur Verfügung gestellt wurde. Soweit zeitlich möglich, wurden auch Änderungen des Fortschrittsberichts im Kontext der Ressortabstimmung berücksichtigt. Die Statistiken in der Stellungnahme (u. a. in der Energiewende-Ampel) spiegeln den Datenstand zum 06.05.2019 wider. Der zweite Fortschrittsbericht wäre eine gute Gelegenheit gewesen, den Koalitionsvertrag aus dem Frühjahr 2018 und den Klimaschutzplan der Bundesregierung mit Blick auf die Energiewende zu konkretisieren – auch im Zuge der Erstellung des Nationalen Energie- und Klimaplan (NECP) für die Europäische Kommission. Denn Fortschrittsberichte sollen im Unterschied zu Monitoring-Berichten nicht nur den „Stand bei der Umsetzung wesentlicher Maßnahmen“ beschreiben, sondern auch „bewerten“ und dabei ggf. „Ursachen und Hemmnisse“ bei Fehlentwicklungen untersuchen, um auf dieser Basis „Maßnahmen oder darauf gerichtete Prozesse“ vorzuschlagen, „um Hemmnisse zu beseitigen und die Ziele zu erreichen“ (Kapitel 1 in BMWi, 2019f). Der vorliegende Fortschrittsbericht gleicht aus Sicht der Expertenkommission eher einem Monitoring-Bericht. Die am Ende der jeweiligen Oberkapitel hinzugefügten Unterkapitel „Ausblick“ und „Schlussfolgerungen“ sind angesichts der zu erwartenden Zielverfehlungen in wesentlichen Bereichen der Energiewende in ihren Vorschlägen nicht überzeugend. Konkrete relevante Maßnahmen(bündel), wie im Kontext des ersten Fortschrittsberichts aus dem Jahr 2014 der Nationale Aktionsplan Energieeffizienz oder das Aktionsprogramm Klimaschutz 2020, werden nicht in Aussicht gestellt. Insofern greift der Fortschrittsbericht zu kurz, wenn die für eine erfolgreiche Energiewende zeitnah erforderlichen Weichen insbesondere für das Zieljahr 2030 gestellt werden sollen. Die Expertenkommission widmet vor diesem Hintergrund der Perspektive bis 2030 in der vorliegenden Stellungnahme ein eigenes Kapitel (vgl. Kapitel 3).
3. Unabhängig davon begrüßt die Expertenkommission, dass die Bundesregierung sich im Rahmen des zweiten Fortschrittsberichts mit wichtigen Empfehlungen in der vorangegangenen Stellungnahme der Expertenkommission zum sechsten Monitoring-Bericht (EWK, 2018) auseinandergesetzt hat. Dazu zählt das Thema „Akzeptanz der Energiewende“ (blaue Boxen in verschiedenen Kapiteln (BMWi, 2019f) und in dieser Stellungnahme insbesondere in Kapitel 1). Darüber hinaus hat sich die Bundesregierung auch mit den Vorschlägen der Expertenkommission zur Reform der Entgelte, Steuern, Abgaben und Umlagen auf Energie beschäftigt (vgl. Kapitel 10 in EWK, 2018). In diesem Zusammenhang verweist der zweite Fortschrittsbericht auf das von der Expertenkommission favorisierte Leitinstrument der Energiewende, der allgemeinen CO<sub>2</sub>-Bepreisung (vgl. blaue Box in Kapitel 3.2 in BMWi, 2019f). Diese und weitere während des Monitoring-Prozesses angeregten Themen

werden in der vorliegenden Stellungnahme aufgegriffen. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf dem Vorschlag zu einer „Energiepreisreform“ (vgl. Kapitel 12), die zeitnah den aufkommensneutralen Ersatz der Umlagen auf Elektrizität durch einen CO<sub>2</sub>-bezogenen Zuschlag auf fossile Energieträger vorsieht. Damit sollen Anreize für klimafreundliche Investitionen in Sektorkopplung, Speicher, Flexibilitätsoptionen und neue Elektrizitätsanwendungen geschaffen werden – die jetzt vordringlichen Schritte zur Reduktion von Treibhausgas-emissionen (THG-Emissionen). Zukunftsgerichtet widmet die Expertenkommission auch jeweils ein eigenständiges Kapitel der „Perspektive bis zum Jahr 2030“ und der „Perspektive jenseits 2030“, in deren Rahmen die Expertenkommission u. a. der Diskussion zur Fortschreibung des Energiekonzepts der Bundesregierung für das Jahr 2030 und zu möglichen langfristigen Entwicklungspfaden einen Impuls geben möchte. In der vorliegenden Stellungnahme ebenfalls herausgehoben betrachtet wird das Thema Akzeptanz in der Bevölkerung, das in den Kapitel 1.4 zum Monitoring der Akzeptanz der Energiewende und Kapitel 1.3 über Ansätze zur Beseitigung von Reformhemmnissen aufgegangen ist.

4. Wie in den Vorjahren zeigt sich der Expertenkommission bei einer näheren Analyse zum Stand der Energiewende ein gemischtes Bild. An der negativen Bewertung der Zielerreichung bei den THG-Emissionen, bei der Verbesserung der Energieeffizienz und in diesem Kontext bei der Energieeinsparung insbesondere im Verkehrs- und Gebäudereich sowie bei der Primärenergie hat sich gegenüber den früheren Kommentaren praktisch nichts geändert. So sind die THG-Emissionen von 1990 bis 2017 im Jahresdurchschnitt lediglich um 1,2 % bzw. insgesamt um nur 27,5 % gesunken. Um noch das Ziel für 2020 (- 40 % gegenüber 1990) zu erreichen, müssten sie im verbleibenden Dreijahreszeitraum pro Jahr um 6,1 % reduziert werden. Ähnliche Relationen zwischen der Zielsetzung und den bisher realisierten Veränderungen zeigen sich bei der Endenergieproduktivität, die nach dem Energiekonzept von 2008 an um 2,1 % jährlich gesteigert werden sollte, tatsächlich aber von 2008 bis 2017 nur rund 1 % erreicht hat; das Ziel für 2020 setzte eine jährliche Zunahme um 5,4 % voraus. Besonders negativ sieht die Situation im Verkehrssektor aus: Während der Energieverbrauch im Jahresdurchschnitt von 2005 bis 2017 um 0,5 % gestiegen ist, müsste er von 2017 bis 2020 um 5,5 % pro Jahr reduziert werden, um zu dem für 2020 im Vergleich zu 2005 um 10 % niedrigeren Verbrauch zu gelangen. Ähnliche Relationen zeigen sich auch bei der Entwicklung des Gebäudewärmebedarfs sowie des Primärenergie- und Bruttostromverbrauchs (vgl. Abbildung Z-1). Gemessen an den von der Bundesregierung verfolgten Zielen besteht somit in diesen Bereichen ein erheblicher Handlungsbedarf. In dieser Auffassung sieht sich die Expertenkommission durch ähnlich lautende Bewertungen der Bundesregierung bestätigt. Allerdings hätte sie sich gewünscht, dass die Bundesregierung daraus die entsprechenden Konsequenzen zieht und konkrete Maßnahmen vorschlägt, um auf den Zielpfad zu gelangen.

5. Die Expertenkommission erkennt aber nicht, dass sich zumindest der Ausbau der erneuerbaren Energien weiterhin auf einem guten Weg befindet, insbesondere getrieben durch die Entwicklungsdynamik der erneuerbaren Stromerzeugung. Dies ist für die Expertenkommission ein Beleg dafür, dass bei einem entsprechenden Willen zur Umsetzung großangelegter Maßnahmen (wie das EEG) durchaus mehrere Ziele des Energiekonzeptes erreichbar sind. Hier ist zur Weiterentwicklung der Energiewende zuvorderst an eine Energiepreisreform zu denken. Die Reform der Entgelte, Steuern, Abgaben und Umlagen auf Energie ist notwendig, aber schwierig. Schließlich bedarf das Preissystem für Energie einer klareren Zielausrichtung, um die Kosten für die Erreichung der Klimaschutzziele niedrig zu halten, und einer Verschlankung der Strompreise, um die Potentiale der Sektorkopplung erschließen zu können. Die Finanzierung der Energiepreisreform kann mit einer weitgehend einheitlichen Bepreisung der Emission von CO<sub>2</sub> gelingen (vgl. Kapitel 12).

**Abbildung Z-1: Aktuelle und perspektivisch notwendige Veränderungen bei einzelnen Energiewendezielen**

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf AGEb (2018a); BDEW (2019b); Destatis (2019g)

### Die Energiewende-Ampel

6. Wie schon in den früheren Berichten nutzt die Expertenkommission für ihre Einschätzung des Standes der Energiewende eine Energiewende-Ampel. Diese liefert eine belastbare Darstellung mit Hilfe von sieben Leitindikatoren und diversen ergänzenden Indikatoren. Die Farben dieser Ampel geben an, ob die Zielerreichung zum Jahr 2020 – bzw. zum Jahr 2022 für den Ausstieg aus der Kernenergie – wahrscheinlich (grün) oder unwahrscheinlich (rot) ist. In gelber Farbe werden Indikatoren für Ziele gekennzeichnet, deren Erreichbarkeit aus heutiger Sicht nicht sichergestellt ist. Nachstehende Tabelle Z-1 enthält eine Gesamtschau für alle Indikatoren sowie Tabelle Z-2 eine Detailbetrachtung je Indikator.

7. Die Gesamtschau lässt erkennen, dass die Ampel in den Dimensionen Klimaschutz und Energieeffizienz auf „rot“ steht, wobei dies bei der Energieeffizienz auch für die drei Indikatoren Reduktion des Primärenergieverbrauchs und des Endenergieverbrauchs im Verkehr sowie für die Steigerung der Endenergieproduktivität gilt. Die angestrebte Reduktion des Wärmebedarfs im Gebäudesektor erscheint noch nicht gesichert. Eindeutige grüne Bereiche zeigen sich in Bezug auf den Ausstieg aus der Kernenergie und den Ausbau der erneuerbaren Energie, bei der sich diese Bewertung hauptsächlich auf die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergie- sowie am Bruttostromverbrauch bezieht. Negativ bewertet wird dagegen die Zielerreichung bei der Erhöhung des Anteils im Verkehr, und als unsicher gilt dies für den Anteil am Wärmeverbrauch.

8. Unsicherheiten im Hinblick auf die Zielerreichung sieht die Expertenkommission für die Dimensionen Preiswürdigkeit, Versorgungssicherheit und Akzeptanz. Allerdings trifft dies nicht auf alle der diesen Dimensionen zugeordneten Indikatoren zu. So liegen mit Blick auf die Preiswürdigkeit die drei Indikatoren für die

Letztverbraucherausgaben (Strom, Wärmedienstleistungen und Straßenverkehr) nach Auffassung der Expertenkommission im grünen Bereich, während die Entwicklung der Stromstückkosten in der Industrie und die Energiekostenbelastung der Haushalte ungünstiger bewertet wird.

9. Bei der Versorgungssicherheit sind nach wie vor nur sehr geringe Ausfälle zu verzeichnen, jedoch zeigen sich erhebliche Defizite beim Ausbau der Stromnetze. Noch können die kritischen Netzsituationen durch kostenintensive Systemdienstleistungen wie Engpassmanagementmaßnahmen behoben werden. Ohne ein entschlosseneres Vorankommen beim Netzausbau gefährdet die Bundesregierung aber die Ziele beim Ausbau erneuerbarer Stromerzeugungsanlagen und riskiert perspektivisch versorgungskritische Situationen.

10. Nicht eindeutig zu bewerten ist die Akzeptanz: Zwar gibt es eine eindeutige generelle Zustimmung zu den Zielen der Energiewende, doch ist die Zustimmung hinsichtlich der Umsetzung der Energiewende sowie bei der persönlichen Betroffenheit durch energiewendeorientierte Maßnahmen kaum gegeben. Insbesondere bei der Umsetzung der Energiewende hat sich die Einschätzung seit der letzten Stellungnahme verschlechtert.

11. Beim Abgleich der Einschätzungen der Expertenkommission mit den Einschätzungen der Bundesregierung kann festgestellt werden, dass die Bundesregierung insbesondere die Reduktion der THG-Emissionen sehr viel positiver einschätzt als die Expertenkommission (Ampelfarbe „rot“). Eine relativ gute Übereinstimmung zwischen der Einschätzung der Bundesregierung und der Expertenkommission gibt es bei den restlichen quantitativen Zielen der Energiewende. Sowohl bei der Erhöhung des Anteils Erneuerbarer am Bruttoendenergieverbrauch (Ziel: 18 % bis 2020) als auch bei der Erhöhung des Anteils Erneuerbarer am Bruttostromverbrauch (Ziel: mindestens 35 % bis 2020) vergibt die Bundesregierung fünf Punkte und auch die Expertenkommission sieht die Zielerreichung in diesen Bereichen als wahrscheinlich an („grün“). Eine unwahrscheinliche Zielerreichung („rot“) sieht die Expertenkommission in den Bereichen der Reduktion des Primärenergieverbrauchs (Ziel: Reduktion um 20 % gegenüber 2008 bis 2020), der Endenergieproduktivität (Ziel: Steigerung um 2,1 % pro Jahr 2008-2050) bzw. der Erhöhung des Anteils Erneuerbarer im Verkehr (Ziel: 10 % im Jahr 2020). Auch die Bundesregierung vergibt lediglich zwei bzw. einen Punkt. Dazwischen liegt die Einschätzung für die Reduktion des Wärmebedarfs im Gebäudesektor (Ziel: Reduktion des Wärmebedarfs um 20 % gegenüber 2008 bis 2020). Für dieses Ziel vergibt die Bundesregierung drei Punkte und die Expertenkommission die Ampelfarbe „gelb“.

**Tabelle Z-1: Zusammenfassende Gesamteinschätzung der Expertenkommission zum Stand der Energiewende zur Zielerreichung 2020/2022**

Dimension	Indikator	
Klimaschutz	Reduktion der Treibhausgasemissionen (Leitindikator bzw. Oberziel)	●
Kernenergieausstieg	Kernkraftwerke in Leistungsbetrieb (Leitindikator bzw. Oberziel)	●
Erneuerbare Energien	Erhöhung des Anteils Erneuerbarer am Bruttoendenergieverbrauch (Leitindikator)	●
	Erhöhung des Anteils Erneuerbarer am Bruttostromverbrauch	●
	Erhöhung des Anteils Erneuerbarer am Wärmeverbrauch	●
	Erhöhung des Anteils Erneuerbarer im Verkehr	●
Energieeffizienz	Reduktion des Primärenergieverbrauchs (Leitindikator)	●
	Endenergieproduktivität	●
	Reduktion des Wärmebedarfs im Gebäudesektor	●
	Reduktion des Endenergieverbrauchs im Verkehr	●
Versorgungssicherheit	Ausbau der Übertragungsnetze (Leitindikator)	●
	Engpassmanagementmaßnahmen	●
	System Average Interruption Duration Index – SAIDI Strom und SAIDI Gas	●
Preiswürdigkeit	Letztverbraucherausgaben für Elektrizität am Bruttoinlandsprodukt (Leitindikator)	●
	Letztverbraucherausgaben für Wärmedienstleistungen	●
	Letztverbraucherausgaben im Straßenverkehr	●
	Elektrizitätsstückkosten der Industrie im internationalen Vergleich	●
	Energiekostenbelastung der Haushalte	●
Akzeptanz	Generelle Zustimmung zu den Zielen der Energiewende (Leitindikator)	●
	Zustimmung hinsichtlich der Umsetzung der Energiewende	●
	Zustimmung auf Grundlage persönlicher Betroffenheit	●
Zielerfüllung: ● wahrscheinlich ● nicht sichergestellt ● unwahrscheinlich		

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle Z-2: Detaillierte Betrachtung der einzelnen Indikatoren

Klimaschutz	<p>Reduktion der Treibhausgasemissionen (Leitindikator bzw. Oberziel) <span style="color: red;">●</span></p> <p><u>Messgröße:</u> Die gesamten ausgestoßenen Treibhausgasemissionen [Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente]  <u>Zielsetzung:</u> Reduktion der Treibhausgasemissionen um mind. 40 % ggü. 1990 bis 2020 / 55 % bis 2030 [Energiekonzept 2010] sowie Reduktion um 14 % ggü. 2005 bis 2020 / 38 % bis 2030 in den Nicht-EU-ETS-Sektoren [EU-Lastenteilungsentscheidung 2009; EU-Klimaschutzverordnung 2018]  <u>Beurteilungskriterien:</u> Prognoseintervalle und Experteneinschätzung  <u>Status quo 2017:</u> 907 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente</p>	
	<p>Kernkraftwerke in Leistungsbetrieb (Leitindikator bzw. Oberziel) <span style="color: green;">●</span></p> <p><u>Messgröße:</u> Anzahl der Kernkraftwerke in Leistungsbetrieb [Anzahl der Anlagen]  <u>Zielsetzung:</u> Spätestens mit Ablauf des 31.12.2017: 7 Anlagen; 31.12.2019: 6 Anlagen; 31.12.2021: 3 Anlagen; 31.12.2022: 0 Anlagen [Dreizehntes Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes (13. AtGÄndG) 2011]  <u>Beurteilungskriterien:</u> Experteneinschätzung  <u>Status quo Mai 2019:</u> 7 Anlagen</p>	
Erneuerbare Energien	<p>Erhöhung des Anteils Erneuerbarer am Bruttoendenergieverbrauch (Leitindikator) <span style="color: green;">●</span></p> <p><u>Messgröße:</u> Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch inkl. Eigenverbrauch für Strom- und Wärmeerzeugung sowie Transport- und Leitungsverluste (sogenannter Bruttoendenergieverbrauch) [%]  <u>Zielsetzung:</u> Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch auf 18 % bis 2020 und 30 % bis 2030 [Energiekonzept 2010]  <u>Beurteilungskriterien:</u> Prognoseintervalle und Experteneinschätzung  <u>Status quo 2018:</u> 16,7 %  <u>Hinweis:</u> Ampelfarbe „grün“ verlangt Übererfüllung bei „Erhöhung des Anteils Erneuerbarer am Bruttostromverbrauch“.</p>	
	<p>Erhöhung des Anteils Erneuerbarer am Bruttostromverbrauch <span style="color: green;">●</span></p> <p><u>Messgröße:</u> Anteil erneuerbarer Energien an der Bruttostromerzeugung einschließlich Stromaustauschsaldo mit dem Ausland (sogenannter Bruttostromverbrauch) [%]  <u>Zielsetzung:</u> Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch auf mindestens 35 % bis 2020 und auf mindestens 50 % bis 2030 [Energiekonzept 2010]  <u>Beurteilungskriterien:</u> Prognoseintervalle und Experteneinschätzung  <u>Status quo 2018:</u> 37,8 %</p>	

Fortsetzung

Erneuerbare Energien	Erhöhung des Anteils Erneuerbarer am Wärmeverbrauch <span style="float: right;">●</span>	
	<p><u>Messgröße:</u> Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme, Klimakälte und Prozesskälte [%]</p> <p><u>Zielsetzung:</u> Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch auf 14 % bis 2020 [Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (EeWärmeG) 2008]</p> <p><u>Beurteilungskriterien:</u> Prognoseintervalle und Experteneinschätzung</p> <p><u>Status quo 2018:</u> 13,9 %</p> <p><u>Hinweis:</u> Ampelfarbe „gelb“, da es 2012-2017 einen Rückgang um 0,9 Prozentpunkte gab.</p>	
	Erhöhung des Anteils Erneuerbarer im Verkehr <span style="float: right;">●</span>	
	<p><u>Messgröße:</u> Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch im Verkehrssektor [%]</p> <p><u>Zielsetzung:</u> Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien im Verkehrsbereich auf 10 % bis 2020 [EU-Richtlinie 2009/28/EG]</p> <p><u>Beurteilungskriterien:</u> Prognoseintervalle und Experteneinschätzung</p> <p><u>Status quo 2018:</u> 5,6 %</p>	
Energieeffizienz	Reduktion des Primärenergieverbrauchs (Leitindikator) <span style="float: right;">●</span>	
	<p><u>Messgröße:</u> Primärenergieverbrauch [Petajoule (PJ)]</p> <p><u>Zielsetzung:</u> Reduktion des Primärenergieverbrauchs um 20 % ggü. 2008 bis 2020 [Energiekonzept 2010]</p> <p><u>Beurteilungskriterien:</u> Prognoseintervalle und Experteneinschätzung</p> <p><u>Status quo 2017:</u> 13.594 PJ</p>	
	Endenergieproduktivität <span style="float: right;">●</span>	
<p><u>Messgröße:</u> Durchschnittliche Endenergieproduktivität pro Jahr im Zeitraum 2008 bis zum aktuellen Berichtsjahr definiert als reales Bruttoinlandsprodukt dividiert durch Endenergieverbrauch [EUR / Gigajoule]</p> <p><u>Zielsetzung:</u> Durchschnittliche Endenergieproduktivität von 2,1 % pro Jahr im Zeitraum 2008-2050 [Energiekonzept 2010]</p> <p><u>Beurteilungskriterien:</u> Prognoseintervalle und Experteneinschätzung</p> <p><u>Status quo 2017:</u> 314 Euro / Gigajoule</p>		

Fortsetzung

Energieeffizienz	<p><b>Reduktion des Wärmebedarfs im Gebäudesektor</b> <span style="float: right;">●</span></p> <p><u>Messgröße:</u> Endenergieverbrauch für Raumwärme, Warmwasser, Raumkühlung und Beleuchtung in den Sektoren Industrie, GHD und Haushalte [PJ]  <u>Zielsetzung:</u> Reduktion des Wärmebedarfs im Gebäudesektor um 20 % gegenüber 2008 bis 2020 [Energiekonzept 2010]  <u>Beurteilungskriterien:</u> Prognoseintervalle und Experteneinschätzung  <u>Status quo 2017:</u> 3.351 PJ (temperaturbereinigt)</p>	
	<p><b>Reduktion des Endenergieverbrauchs im Verkehr</b> <span style="float: right;">●</span></p> <p><u>Messgröße:</u> Endenergieverbrauch im Verkehrssektor [PJ]  <u>Zielsetzung:</u> Reduktion des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor um 10 % gegenüber 2005 bis 2020 [Energiekonzept 2010]  <u>Beurteilungskriterien:</u> Prognoseintervalle und Experteneinschätzung  <u>Status quo 2017:</u> 2.755 PJ</p>	
Versorgungssicherheit	<p><b>Ausbau der Übertragungsnetze (Leitindikator)</b> <span style="float: right;">●</span></p> <p><u>Messgröße:</u> Abweichung zwischen Plan und Ist beim Übertragungsnetzausbau (EnLAG- und BBPIG-Vorhaben) [km]  <u>Aussage:</u> Die Abweichung ist ein Maß für die netzseitige Versorgungssicherheit, wobei zunehmende Abweichungen eine (zukünftige) Gefährdung der Versorgungssicherheit andeuten.  <u>Beurteilungskriterien:</u> Experteneinschätzung  <u>Status quo 2018:</u> Abweichung 2.400 Kilometer (bisher 1.050 Kilometer realisiert, ursprünglicher Planwert 3.450 Kilometer)  <u>Hinweis:</u> Ampelfarbe „rot“ ergibt sich aus der Einschätzung der fortgesetzten zukünftigen Verzögerungen</p>	
	<p><b>Engpassmanagementmaßnahmen</b> <span style="float: right;">●</span></p> <p><u>Messgröße:</u> Summe der erforderlichen Einspeisereduzierungen an konventioneller und erneuerbarer Erzeugungsleistung zur Behebung von Netzengpässen [GWh pro Jahr]  <u>Aussage:</u> Die Unzulänglichkeit der Netzinfrastruktur spiegelt sich in der erforderlichen Einspeisereduzierung wider.  <u>Beurteilungskriterien:</u> Experteneinschätzung  <u>Status quo 2017:</u> 15.700 GWh pro Jahr</p>	
	<p><b>System Average Interruption Duration Index – SAIDI Strom und SAIDI Gas</b> <span style="float: right;">●</span></p> <p><u>Messgröße:</u> Durchschnittlicher Ausfall der Strom- bzw. Gasversorgung pro Jahr und Kunde [Minuten]  <u>Aussage:</u> SAIDI Strom ist ein Maß für die Stromversorgungssicherheit, SAIDI Gas für die Gasversorgungssicherheit; SAIDI Strom und SAIDI Gas berücksichtigen weder geplante Unterbrechungen noch Unterbrechungen aufgrund höherer Gewalt; SAIDI Strom misst lediglich Ausfälle, die länger als 3 Minuten dauern, SAIDI Gas erhebt alle Gasversorgungsunterbrechungen vollständig.  <u>Beurteilungskriterien:</u> Experteneinschätzung  <u>Status quo 2017:</u> 15,1 Minuten für Strom und 1,0 Minuten für Gas</p>	

Fortsetzung

Preiswürdigkeit	Letztverbraucherausgaben für Elektrizität am Bruttoinlandsprodukt (Leitindikator) <span style="float: right;">●</span>		
	<p><u>Messgrößen der Preiswürdigkeit:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(Aggregierte) Letztverbraucherausgaben für Elektrizität (bzw. für Wärmedienstleistungen und Kraftstoffe im Straßenverkehr) dividiert durch Bruttoinlandsprodukt [%]</li> <li>Elektrizitätsstückkosten der Industrie definiert als Kosten für Elektrizität dividiert durch Wertschöpfung [%]</li> </ul> <p><u>Aussage:</u> Die Indikatoren messen die Belastung durch Energiekosten.  <u>Beurteilungskriterien:</u> Experteneinschätzung  <u>Status quo 2017:</u> 2,1 % (Letztverbraucherausgaben für Elektrizität am Bruttoinlandsprodukt)</p>		
	Letztverbraucher- ausgaben für Wärmedienstleis- tungen <span style="float: right;">●</span>	Letztverbraucher- ausgaben im Straßenverkehr <span style="float: right;">●</span>	Elektrizitätsstück- kosten der Industrie im intern. Vergleich <span style="float: right;">●</span>
	Energiekostenbelastung der Haushalte <span style="float: right;">●</span>		
<p><u>Messgröße:</u> Anteil der Energieausgaben privater Haushalte (ohne Kraftstoffe) an ihren gesamten Konsumausgaben [%]  <u>Aussage:</u> Der Indikator zeigt die Energiekostenbelastung der Haushalte und macht auf potentielle soziale Auswirkungen der Energiewende aufmerksam; die Belastung einkommensschwacher Haushalte wird der Belastung durchschnittlicher Haushalte gegenübergestellt.  <u>Beurteilungskriterien:</u> Experteneinschätzung  <u>Status quo 2017:</u> 8,1 % (einkommensschwache Haushalte) und 5,7 % (durchschnittlicher Haushalt)</p>			
Akzeptanz	Generelle Zustimmung zu den Zielen der Energiewende (Leitindikator) <span style="float: right;">●</span>		
	<p><u>Messgröße:</u> Anteil der Bevölkerung, die der/die Energiewende zustimmt/ablehnt hinsichtlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ihrer generellen Ziele</li> <li>ihrer Umsetzung und</li> <li>auf Grundlage persönlicher Betroffenheit [Prozent]</li> </ul> <p><u>Aussage:</u> Der Indikator ist ein Maß für die Akzeptanz der Energiewende und zeigt die Unterstützung für das Gemeinschaftsprojekt in der Gesellschaft  <u>Beurteilungskriterien:</u> Experteneinschätzung auf Basis des Sozialen Nachhaltigkeitsbarometers</p>		
	Zustimmung hinsichtlich der Umsetzung der Energiewende <span style="float: right;">●</span>	Zustimmung auf Grundlage persönlicher Betroffenheit <span style="float: right;">●</span>	

12. Nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes (2018) stand das Jahr 2018 „ganz im Zeichen des Klimawandels“. Der Rekordsommer 2018 zeigte sehr plastisch, welche möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf Deutschland und weite Teile Europas in Zukunft (verstärkt) zukommen können. Die Sommerhitze, die mit „Heißzeit“ zum Wort des Jahres 2018 wurde (GfDS, 2018), hatte für die Energiewirtschaft und andere Bereiche der Volkswirtschaft signifikante negative Folgen. Teilweise mussten Kohle-, Gas- und Kernkraftwerke ihre Leistung reduzieren. Dies ein anschaulicher Fall dafür, welche Implikationen statistisch nicht voneinander unabhängige Ausfälle für die Versorgungssicherheit haben können. Allein die direkten Schäden in der deutschen Landwirtschaft beliefen sich auf mehrere Mrd. Euro. Schätzungen bezüglich der ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels gehen bei einer Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur um zum Beispiel 2,5°C von einem Verlust am weltweiten Bruttoinlandsprodukt von 1,3 % aus. Für die EU wird ein Verlust von 0,2 % geschätzt. In diesem Kontext wiederholt die Expertenkommission ihre Empfehlung aus den Vorjahren, die Anstrengungen sowohl zur Reduktion von THG-Emissionen als auch bei den Anpassungen an die Folgen des Klimawandels deutlich zu verstärken. Die notwendigen Maßnahmen sind auch (allein) aus nationalem Interesse sinnvoll und sollten sukzessive eine Anpassung der Bepreisung von CO<sub>2</sub> an die Schäden des Klimawandels enthalten.

13. Die Expertenkommission beschäftigt sich in diesem Jahr eingehender mit der Analyse von Reformhindernissen, die dem Erfolg der Energiewende entgegenstehen, und zeigt Ansatzpunkte zu deren Überwindung auf. Ein wesentliches Element ist dabei der Aufbau bzw. das Zurückgewinnen von Vertrauen in die (Energiewende-)Politik, um die in der Bevölkerung durch viele Umfragen dokumentierte Wahrnehmung einer Diskrepanz zwischen politischen Versprechungen und den Realitäten der Energiewende zu beseitigen. Ein Ansatzpunkt sind vorbildhafte Beispiele. Konkret empfiehlt die Expertenkommission die Einrichtung eines „Energiewende-Bürgerforums“. Daneben existiert eine Reihe weiterer Möglichkeiten zur Verbesserung der Akzeptanz, u. a. durch zielgerichtete Informations- und Kommunikationsangebote, die Stärkung des Fairnessprinzips, die Schaffung von Orientierung und die Vermittlung einer positiven Risiko-Nutzen-Bilanz.

14. Ein solides Monitoring der Akzeptanz der Energiewende wird immer wichtiger. Denn die abnehmende Zustimmung zu vielen Energiewendeprojekten erschwert erkennbar z. B. den Ausbau der erneuerbaren Stromversorgung und damit die Zielerreichung in der Perspektive bis 2030 bzw. 2050. Eine umfangreiche, regelmäßig durchgeführte Akzeptanz-Erhebung liegt mit dem sogenannten „Sozialen Nachhaltigkeitsbarometer der Energiewende“ vor. Auf der eher allgemeinen Ebene der Energiewendeziele zeigt das Barometer nach wie vor hohe Zustimmungswerte, allerdings wird in der Bevölkerung die Umsetzung der Energiewende zunehmend kritisch gesehen. Dies gilt insbesondere im Fall einer tatsächlichen oder subjektiv wahrgenommenen negativen persönlichen Betroffenheit. Hier ist gegenzusteuern. Mit der vorliegenden Stellungnahme gibt die Expertenkommission dazu einige Hinweise.

15. Die Akzeptanz und politische Durchsetzbarkeit von Maßnahmen der Energiewende hängt auch von den damit verbundenen ökonomischen Verteilungswirkungen ab. Ohne Frage hat die Energiewende im Stromsektor bislang einkommensschwache Haushalte überdurchschnittlich belastet. Im Industriesektor ergeben sich Verteilungswirkungen u. a. durch die Entlastungsregelungen für energieintensive Unternehmen bei energiebezogenen Umlagen und Abgaben. Zukünftige Energiewende-Maßnahmen sollten deshalb sehr viel stärker auch auf ihre Verteilungswirkungen hin analysiert werden. Die von der Expertenkommission vorgeschlagene aufkommensneutrale Energiepreisreform (vgl. Kapitel 12) kann unerwünschte Effekte zumindest teilweise mindern.

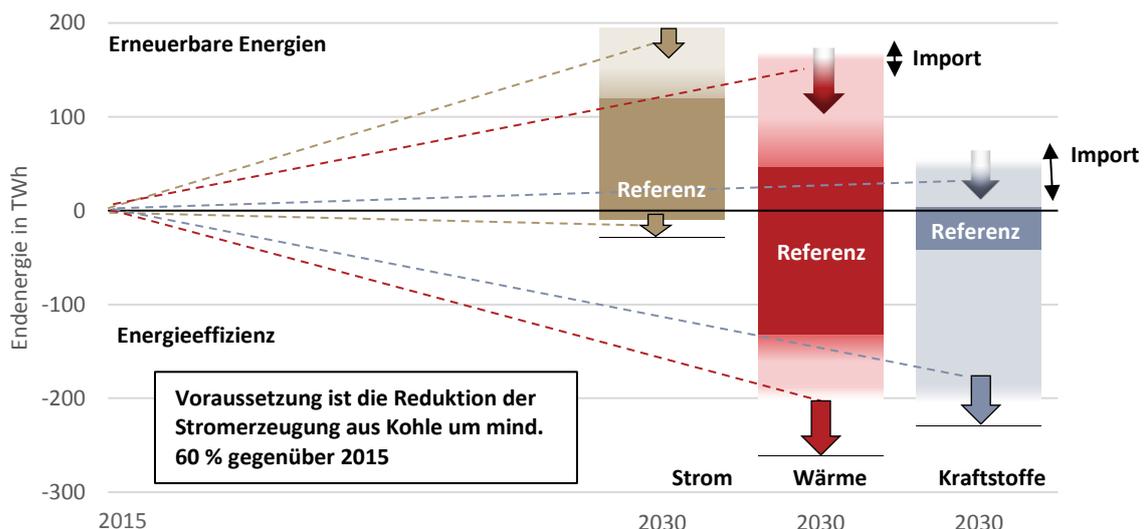
### Perspektive bis zum Jahr 2030

16. Nach dem vollzogenen Ausstieg aus der Kernenergie wird ab dem Jahr 2023 das Klimaschutzziel zum alleinigen quantitativen Oberziel des Energiekonzepts. Die Treibhausgasminderung muss in der nächsten Dekade deutlich gesteigert werden. Eine Reduktion um mindestens 55 % gegenüber 1990 bedeutet gegenüber dem Berichtsjahr 2017, dass in den kommenden 13 Jahren das erreicht werden muss, was in den vergangenen 27 Jahren einschließlich des Wiedervereinigungseffekts umgesetzt wurde.

17. Die Expertenkommission möchte der Diskussion zur Fortschreibung des Energiekonzepts der Bundesregierung für das Jahr 2030 einen Impuls geben, indem sie Orientierungswerte für ein denkbares quantitatives Zieltabelleau herausarbeitet. Dies existiert zurzeit noch nicht und scheint auch vor dem Hintergrund der EU-Klimaschutzverordnung geboten, wonach nationale Zielverfehlungen beim Klimaschutz im Verkehr und Wärmesektor zu hohen Strafzahlungen führen können.

18. Aufgrund der Vielzahl von Akteuren und Randbedingungen dürften hohe Effizienzfortschritte in der kurzen Zeit schwieriger zu erreichen sein als eine Ausweitung des regenerativen Energieangebots. Die Expertenkommission empfiehlt, auch den vermehrten Import von regenerativen (strombasierten) gasförmigen oder flüssigen Kraft- und Brennstoffen (z. B. regenerativ erzeugtes Methan oder die Einspeisung von Wasserstoff in das Erdgasnetz) in den Blick zu nehmen. Der Import regenerativer Energieträger stellt eine zusätzliche Option zur inländischen Substitution fossiler Energieträger dar, selbst wenn dies in vielen Fällen vielleicht nur als die zweitbeste Lösung anzusehen ist. Die erforderliche Veränderung des Endenergieverbrauchs durch Energieeffizienz und erneuerbare Energien bis zum Jahr 2030 einschließlich des Imports von regenerativen Brenn- und Kraftstoffen sind in Abbildung Z-2 dargestellt. Diese zeigt insbesondere die Einschätzung zu den Flexibilitäten (Pfeile) sowie die Referenzentwicklung nach dem Entwurf des NECP der Bundesregierung nach den Handlungsfeldern Strom, Wärme und Kraftstoffe.

**Abbildung Z-2: Erforderliche Veränderung des Endenergieverbrauchs durch Energieeffizienz und erneuerbare Energien bis zum Jahr 2030 einschließlich des Imports von regenerativen Brenn- und Kraftstoffen, Einschätzung zu den Flexibilitäten (Pfeile) sowie Referenzentwicklung im NECP**



Zuordnung nach Handlungsfeldern Strom, Wärme, Kraftstoffe. Der Einsatz von (erneuerbarem) Strom im Verkehr (Elektromobilität) und zur Wärmebereitstellung (Wärmepumpen, Power-to-Heat) wird unter dem Handlungsfeld Strom abgebildet. Quelle: Eigene Abschätzung auf Basis von Prognos *et al.* (n.v.); BMWi (2019c); Öko-Institut *et al.* (2019). Brennstoffeinsatz in Industriewärme- und Kraftwerken zur Wärmeerzeugung ist nicht ausgewiesen und wurde durch eigene Schätzungen ergänzt.

19. Als eine von mehreren Varianten lassen sich für die Fortschreibung des Energiekonzepts bis 2030 – unter der Maßgabe, dass eine Reduktion der THG-Emissionen um mindestens 55 % gegenüber 1990 erreicht werden soll – folgende Ziele ableiten:

- Die Verstromung von Kohle sollte um mindestens 60 % reduziert werden.
- Im Nicht-ETS-Sektor sollte das Ziel der EU-Klimaschutzverordnung von -38 % ggü. 2005 ergänzt werden.
- Das für 2020 bestehende Ziel von 18 % für den Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch sollte auf mindestens 32 % entsprechend der EU- Zielsetzung angehoben werden.
- Das Ziel für die regenerative Stromerzeugung sollte mindestens dem im Koalitionsvertrag der Bundesregierung vorgesehenen Anteil von 65 % am Bruttostromverbrauch entsprechen.
- Das für 2020 bestehende Ziel von 14 % für den Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme sollte fortgeschrieben und auf 30-35 % angehoben werden.
- Das für 2020 bestehende EU-Ziel zur Erhöhung des Anteils regenerativer Energieträger am Endenergieverbrauch des Verkehrs in Höhe von 10 % sollte auf 20 % angehoben werden. Dabei sollte die Möglichkeit der Mehrfachanrechnung für bestimmte Energieträger entfallen.
- Das für 2020 bestehende Ziel zur Reduktion des Primärenergieverbrauchs sollte im Bereich von 30 % gegenüber dem Basisjahr 2008 fortgeschrieben und um eine Minderung des Endenergieverbrauchs um etwa 20 % gegenüber 2008 ergänzt werden.
- Trotz der zunehmenden Bedeutung neuer Stromanwendungen sollte durch Einsparungen beim „klassischen“ Stromverbrauch ein Anstieg des Stromverbrauchs vermieden werden. Die bestehende Zielsetzung (2020) zur Senkung des Bruttostromverbrauchs gegenüber dem Basisjahr 2008 um 10 % sollte für 2030 beibehalten werden.
- Das für 2020 bestehende Ziel zur Senkung des Wärmebedarfs (bzw. Endenergieverbrauch) für Gebäude gegenüber dem Basisjahr 2008 sollte sich künftig auf den gesamten Endenergieverbrauch für Wärme (inkl. Prozesswärme) beziehen und für 2030 im Bereich von 20-25 % angesiedelt werden (ohne Stromeinsatz für Wärme).
- Das für 2020 bestehende Ziel zur Senkung des Endenergieverbrauchs im Verkehr um 10 % gegenüber dem Basisjahr 2005 sollte fortgeschrieben und im Bereich von 25 % verortet werden.

Die Expertenkommission empfiehlt der Bundesregierung, diese Überlegungen für die anstehende Fortschreibung des Energiekonzepts zu berücksichtigen.

### **Perspektive jenseits 2030**

20. Für Deutschland bedeutet ein mit dem „2°C-Ziel“ kompatibles nationales Klimaschutzziel eine Treibhausgasreduktion von 95 % gegenüber 1990. Dafür ist sowohl zwischen 2018 und 2030 als auch zwischen 2030 und 2050 eine Reduktion von jährlich ca. 25 Mio. t CO<sub>2</sub> zu erreichen. Zum Vergleich: in den Jahren 2010-2018 wurden die Emissionen um jährlich ca. 10 Mio. t CO<sub>2</sub> reduziert.

21. Für ein von Photovoltaik und Windkraft dominiertes erneuerbares Stromsystem wird es notwendig sein, dass der Gesetzgeber Bedingungen für die nötigen Ausbaukorridore und den Netzausbau schafft, aber auch für Flexibilitätsoptionen wie Demand Side Management oder Speicher. Im Fortschrittsbericht der Bundesregierung sind die Ausführungen zur Rolle von Erdgas trotz der immensen Bedeutung dieses Energieträgers spärlich und lassen keine kohärente Strategie für die zukünftige Nutzung von gasförmigen (regenerativen) Energieträgern erkennen.

22. Eine Anpassung des Ambitionsniveaus von mindestens -80 % auf -95 % wird in vorliegenden Szenarien im Wesentlichen durch eine umfassendere Nutzung synthetischer (strombasierter) regenerativer Kraft- und Brennstoffe erreicht. Darüber hinaus werden in der Industrie neue Verfahren zur Vermeidung von Prozessemissionen benötigt, z. B. durch den Einsatz von grünem Wasserstoff zur Stahlherstellung. Auch Carbon Capture and Utilization (CCU)-Technologien werden aus heutiger Sicht eine erforderliche Ergänzung darstellen. Für das Jahr 2050 sehen auch die analysierten Energiewendeszenarien das große Potential bzw. die Notwendigkeit der Sektorkopplungstechnologien für die Erreichung der Klimaschutzziele (vgl. Tabelle Z-3). Eine sehr weitgehende Defossilisierung wird eventuell nicht allein mit der direkten Nutzung regenerativer Energien bzw. in Verbindung mit Power-to-X-Technologien möglich sein. Deshalb empfiehlt die Expertenkommission, ein breiteres Portfolio in den Blick zu nehmen. Im Gebäudesektor und in der Landwirtschaft sollte die Bundesregierung auch wenig diskutierte Optionen wie innovative Wärmedämmung oder methanhemmende Futtermittelzusätze in Betracht ziehen.

**Tabelle Z-3: Ausgewählte Sektorkopplungstechnologien im Jahr 2050**

Merkmal	BCG/Prognos – REF	BCG/Prognos – 80 %	BCG/Prognos – 95 %	ewi – REV 95 %	ewi – EV 95 %	frontier economics S&S 95 %	frontier economics S&GG 95 %
Wärmepumpen [Mio. Stück]	4	14	16	13	6	17	7
E-Pkw und E-LNF [Mio. Stück]	14+1	26+2	33+2	33+2	33+2	keine exakten Angaben	
LKW-Oberleitung [km]	0	4.000	8.000	keine exakten Angaben			
Synthetische Kraftstoffe [TWh]	0	0	268	170-177	188-207	467 (PtL)	622 (PtL und grünes Gas)
Synthetische Brenn- und Kraftstoffe [TWh]	0	0	383	448	634	keine exakten Angaben ( <i>et al.</i> 100 % Import von PtL für Flug- und Schiffsverkehr)	
Import synthetischer Kraftstoffe [TWh]	0	0	340	402	585		

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf BCG/Prognos (2018), ewi (2017) und frontier economics *et al.* (2017)

23. Zu Recht betont der Fortschrittsbericht der Bundesregierung die Bedeutung der Energieforschung als „Schlüsselfunktion für eine erfolgreiche Energiewende“. Deshalb empfiehlt die Expertenkommission für künftige Berichte eine umfassendere Evaluierung der Wirkungen des Innovationssystems auf die Energiewende (und ggf. *vice versa*) und der damit einhergehenden Folgen für die Wirtschaft. Parallel zu den staatlichen Ausgaben für Forschung und Entwicklung sollten auch die Ausgaben der Privatwirtschaft betrachtet werden, die um etwa den Faktor 10 höher sind. Denn der Fortschrittsbericht verweist ebenfalls zurecht darauf, dass die öffentliche Forschungsförderung u. a. dazu dient, die Innovationsaktivitäten der deutschen Wirtschaft zu unterstützen.

24. Die Expertenkommission begrüßt die Stärkung der systemischen Forschung einschließlich gesellschaftlicher Dimensionen sowie die Unterstützung des Technologietransfers in die Praxis über Reallabore. Die bislang fehlende politische Richtungsentscheidung zu einer Reform der Energiepreise lässt die Marktperspektive für viele

Anwendungen jedoch weitgehend offen (siehe auch Kapitel 12 zur Energiepreisreform). Somit besteht die Gefahr, dass Reallabore ins Leere laufen und Innovationspotenziale nicht gehoben werden. Von hoher Relevanz sind dabei sämtliche Power-to-X-Technologien, für die seitens der Wirtschaft eine Marktperspektive gefordert wird. Während andere Länder hier bereits sehr dezidierte Strategien implementiert haben, stagniert die Entwicklung in Deutschland auf der Ebene von Demonstrationsvorhaben. Für dieses, aber auch für andere relevanten Technologiefelder (z. B. Digitalisierung) der Energiewende, empfiehlt die Expertenkommission, auch die Position Deutschlands im internationalen Innovationswettbewerb intensiver zu analysieren.

## Treibhausgasemissionen

25. Die Entwicklung der THG-Emissionen befindet sich nach wie vor nicht auf Kurs. Das konnte auch der leichte Rückgang der Emissionen im Jahr 2017 um 0,5 % und die nach ersten Schätzungen kräftige Reduktion um 4,5 % im Jahr 2018 nicht ändern. Die Expertenkommission weist schon seit Jahren auf die Gefahr einer beträchtlichen Zielverfehlung für das Jahr 2020 hin. Inzwischen anerkennt dies auch die Bundesregierung und stellt folgerichtig einen erheblichen Handlungsbedarf fest. Gleichzeitig will sie alle Anstrengungen darauf richten, das 2030-Ziel von –55 % zu gewährleisten.

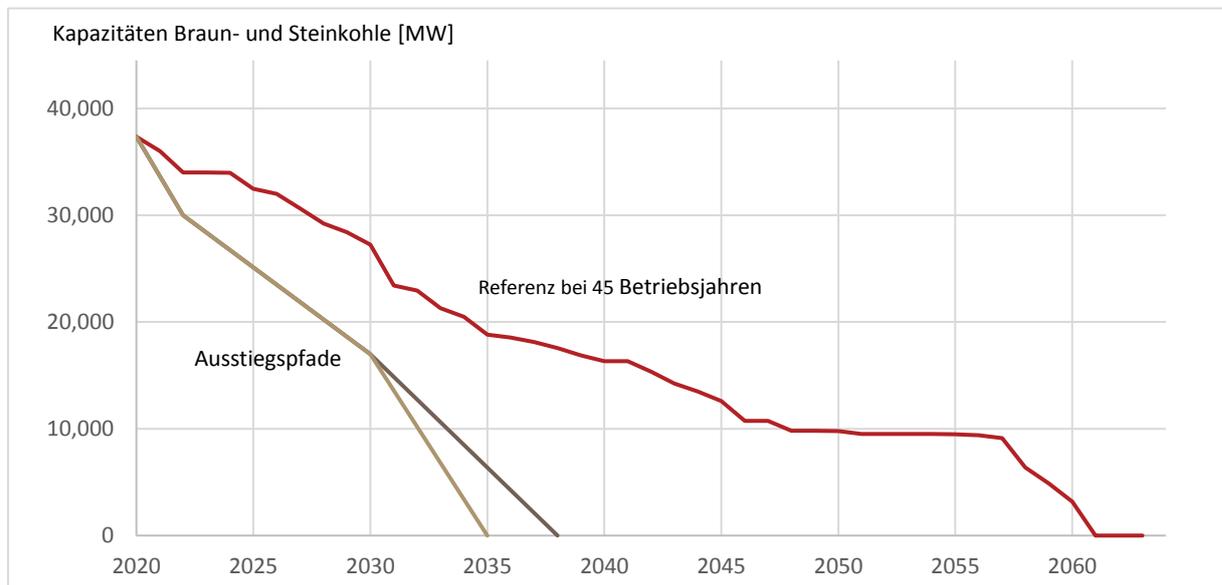
26. Die Expertenkommission begrüßt ausdrücklich die Absicht der Bundesregierung, ihre Klimaschutzpolitik an den ambitionierten Zielen des Pariser Klimaabkommens zu orientieren. Sowohl auf mittlere als auch längerfristige Sicht kann dies aber nur mit einer grundlegenden Neuorientierung der Energie- und Klimaschutzpolitik gelingen. Dazu ist eine Überprüfung der bestehenden, schier unübersehbaren Vielzahl kleinteiliger Maßnahmen ebenso erforderlich wie die zieladäquate Dimensionierung von Maßnahmen. Das betrifft sämtliche Sektoren, nicht zuletzt aber auch den Verkehrs- und Gebäudebereich. Aus Sicht der Expertenkommission sollte die Bundesregierung deshalb auf eine umfassende Energiepreisreform setzen.

27. Dem zweiten Fortschrittsbericht fehlt es weitgehend an konkreten neuen Maßnahmen und Umsetzungshinweisen. Das gilt nicht zuletzt für die Umsetzung der Empfehlungen der Kommission „Wachstum, Strukturwandel, Beschäftigung“ (sog. Kohlekommission). Ungeachtet einiger kritischer Hinweise zu diesen Empfehlungen ist das Emissionsziel für 2030 ohne die vorgeschlagene Stilllegung der Kohlekraftwerke zusammen mit der Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien auf mindestens 65 % des Stromverbrauchs in keinem Fall zu erreichen. Die Expertenkommission hält eine gesetzliche Festlegung im Hinblick auf die zu ergreifenden Maßnahmen für notwendig. Hierzu stellt der vorliegende Entwurf eines Klimaschutzgesetzes eine Grundlage dar.

28. Ende Januar 2019 hat die Kommission „Wachstum, Strukturwandel, Beschäftigung“ ihren Abschlussbericht vorgelegt (KWSB, 2019). Der Schlussbericht beinhaltet unter anderem Empfehlungen für den deutschen Ausstieg aus der Stein- und Braunkohleverstromung (vgl. Abbildung Z-3). Die in Abbildung Z-3 ebenfalls eingezeichnete Referenzentwicklung unterstellt eine 45-jährige reguläre Laufzeit von Stein- und Braunkohlekraftwerken. Dieser Wert liegt geringfügig unter den historisch beobachtbaren Laufzeiten von durchschnittlich 48 Jahren, wird aber durch die Annahme plausibel, dass die meisten Kohlekraftwerke nach dem regulären Betriebsende auf Verlangen der Bundesnetzagentur (BNetzA) noch für wenige Jahre in Sicherheitsbereitschaft gehalten werden müssen, um Risiken bei der Versorgungssicherheit abzufedern. Bei den politisch motivierten Stilllegungen bis zum Jahr 2030 wird eine Laufzeitverkürzung von bis zu 10 Jahren verlangt. Bei den ab 2030 stillzulegenden Kapazitäten soll es zu einer Laufzeitverkürzung von bis zu 25 Jahren kommen, wovon insbesondere die heute noch jüngeren Kraftwerke mit einer mit einer Gesamtkapazität von etwa 10 Gigawatt (GW) betroffen wären. Ohne Frage dürfte dies Entschädigungsansprüche z. B. der Kraftwerksbetreiber gegenüber dem Staat nach sich ziehen. Die Expertenkommission empfiehlt der Bundesregierung, sich schon heute der Frage zuzuwenden, in wie weit die heute noch vergleichsweise jungen Kraftwerksblöcke durch geeignete Umbauten nach

Beendigung der Nutzung als Kohlekraftwerk anderweitig industriell nutzbar gemacht werden könnten und plädiert für die Initiierung entsprechender F&E-Projekte.

**Abbildung Z-3: Kohleausstiegspfade: Referenzentwicklung und Ausstiegsempfehlungen der „Kohlekommission“**



Quelle: Eigene Darstellung basierend auf BNetzA (2019c) und KWSB (2019)

29. Grundsätzlich positiv bewertet die Expertenkommission die Tatsache, dass es trotz der sehr heterogenen Interessenlage in der Kohlekommission gelungen ist, ein gemeinsames Ergebnis vorzulegen. Die Expertenkommission sieht sich allerdings nicht in der Lage, hier den gesamten Komplex der von der Kohlekommission behandelten Fragen zu kommentieren, zumal auch noch abzuwarten bleibt, in welchem Umfang die Empfehlungen der Kohlekommission von der Bundesregierung umgesetzt werden. Sie möchte aber einige kritische Aspekte im Hinblick auf die von der Kohlekommission vorgeschlagenen Umsetzungsstrategien hervorheben. Dazu gehört etwa der Eindruck, dass der dort gefundene Kompromiss durchaus den Erwartungen der politökonomischen Theorie entspricht, wonach Verhandlungen im politischen Raum im Ergebnis häufig zu Lasten Dritter gehen (z. B. in diesem Fall zu Lasten der Steuerzahlenden).

30. Die Expertenkommission begrüßt grundsätzlich die Empfehlung der Kohlekommission auf Durchführung eines Monitoring- und Evaluierungsprozesses (vgl. dort Kapitel 6). Sie hält auch die Forderung nach einem „unabhängigen Expertengremium“ für richtig. Die Expertenkommission hat allerdings erhebliche Bedenken gegen die Anregung, dass „das Expertenwissen der Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ weiterhin zu nutzen“ sei. Dies gilt vor allem dann, wenn die Anregung so zu verstehen ist, dass Mitglieder der Kohlekommission auch Mitglieder der vorgeschlagenen Monitoring-Kommission werden sollen. Dies widerspricht zentral einer effektiven und guten „Governance-Struktur“. Diese Anregung der Kohlekommission sollte deshalb von der Bundesregierung nicht aufgegriffen werden.

31. Die Maßnahmen zum Klimaschutz in den Sektoren Verkehr und Gebäude müssen auf die EU-Ziele für den Nicht-ETS-Bereich abgestimmt werden. Die Emissionen liegen hier seit 2016 über dem entsprechenden Zielpfad. Bis 2020 wird Deutschland daher Emissionsberechtigungen von anderen EU-Ländern kaufen müssen, um seiner Verpflichtung unter der Lastenteilungsentscheidung nachzukommen. Die voraussichtlich entstehenden jährlichen Kosten liegen je nach unterstelltem Zertifikatspreis und Emissionsentwicklung bei durchschnittlich rund 30

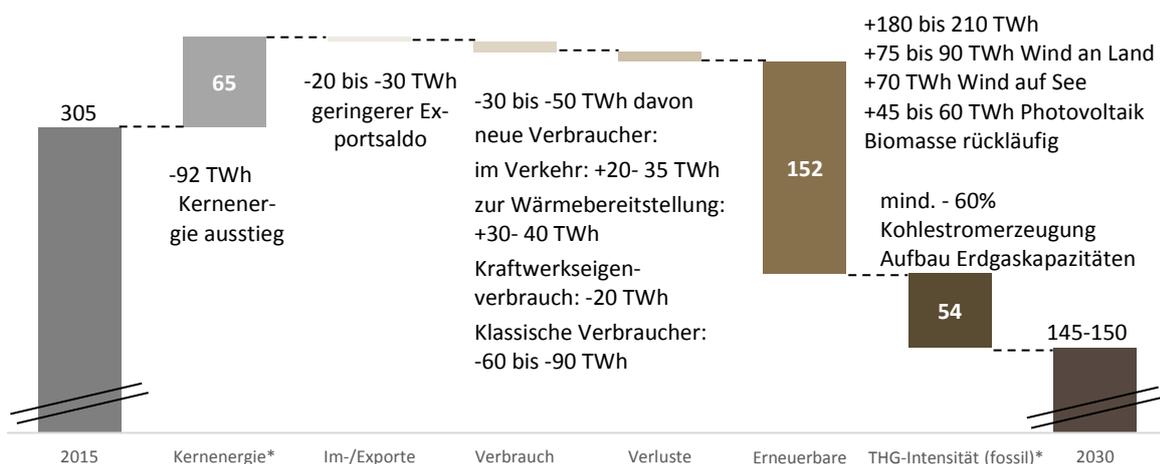
bis 500 Mio. Euro für den Zeitraum 2018-2020. Für die Folgeperiode 2021 bis 2030 wird die Abweichung vom Zielpfad voraussichtlich wesentlich signifikanter ausfallen, wenn weitere Maßnahmen ausbleiben. Bei einer Emissionsreduktion von 1 % pro Jahr ergibt sich ein kumuliertes Defizit von 684 Mio. Zertifikaten; bei dem ambitionierten Szenario mit zusätzlichen Maßnahmen aus dem Projektionsbericht der Bundesregierung beläuft sich das Defizit immerhin noch auf 176 Mio. Zertifikate. Je nach Emissionsprojektion und unterstelltem Zertifikatspreis (bis zu 100 Euro) könnten somit Kosten in der Größenordnung von Null bis zu 9 Mrd. Euro pro Jahr auf Deutschland zukommen.

32. Schließlich möchte die Expertenkommission darauf hinweisen, dass die energiebedingten Emissionen in der Industrie in der Periode von 2005 bis 2017 mit einem Plus von 17,5 % sogar stärker gestiegen sind als im Verkehr (+4,2 %). Insoweit sieht die Expertenkommission mit Blick auf die künftigen Emissionsziele auch bei der Industrie noch einen - über den Emissionshandel hinaus - deutlichen Handlungsbedarf.

### Erneuerbare Stromerzeugung

33. Der Ausbau der erneuerbaren Energien ist insgesamt weiterhin auf einem guten Weg: ihr Anteil am Bruttoendenergieverbrauch nahm auch in den Jahren 2017 und 2018 auf 15,9 % bzw. 16,7 % deutlich zu. Ursächlich hierfür war die hohe Ausbaudynamik bei der erneuerbaren Stromerzeugung, vornehmlich der Windenergienutzung an Land. So wurde das Mindestziel der Bundesregierung für einen Stromverbrauchsanteil von 35 % für das Jahr 2020 bereits 2017 mit 36 % übertroffen und im Jahr 2018 wurden fast 38 % erreicht. Vom Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung zur Substitution der fossilen Stromerzeugung geht auch die stärkste Minderungswirkung auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stromerzeugung bis zum Jahr 2030 aus. Dies wird in Abbildung Z-4 deutlich, welche die wesentlichen Einflussfaktoren auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stromerzeugung aus Sicht der Expertenkommission quantifiziert.

**Abbildung Z-4: Entwicklung und Wirkung der wesentlichen Einflussfaktoren auf die Emissionen der Stromerzeugung im Jahr 2030 gegenüber 2015 in Mio. t CO<sub>2</sub>**



\*Da die Stromerzeugung aus Kernenergie emissionsfrei ist, führt der Wegfall des Atomstroms zu einem Anstieg der Emissionen gegenüber 2015. Mit der Reduktion der Kohleverstromung geht der Aufbau von Erdgaskapazitäten einher, die in Teilen die Stromerzeugung übernehmen. Dabei weisen diese deutlich geringere spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen aufgrund höherer Wirkungsgrade und des deutlich niedrigeren Emissionsfaktors von Erdgas im Vergleich zu Kohle auf, so dass die THG-Intensität der fossilen Stromerzeugung abnimmt und zur Emissionsminderung beiträgt.

Abbildung dient zur Veranschaulichung der Größenordnungen.

Quelle: Eigene Abschätzung auf Basis von AGE (2018b), Agora (2018d), Öko-Institut und ifeu (2018), NEP 2030 (2019a), UBA (2019a), Öko-Institut (2019), Öko-Institut *et al.* (2019).

34. Das für 2020 seitens der EU für Deutschland vorgegebene Ziel von 18 % am Bruttoendenergieverbrauch erscheint erreichbar, kann jedoch keineswegs als gesichert angesehen werden, weil die bisher treibende Kraft der regenerativen Stromerzeugung schwächer wird. So wurde im Rahmen der Ausschreibungen für die Windenergie an Land das Volumen wiederholt nicht ausgeschöpft und die Anzahl der genehmigten Standorte lässt für die nahe Zukunft keine Verbesserung erwarten. Weil eine Kompensation unter dem derzeitigen Regime weder innerhalb des Stromsektors durch andere Technologien möglich ist, noch aus dem Wärme- oder dem Verkehrssektor erwartet werden kann, sind zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen, um das Ziel zu erreichen.

35. Auch für das Jahr 2030 sind zeitnah wichtige Weichen zu stellen; beispielsweise um die im Koalitionsvertrag verankerte Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch auf 65 % umzusetzen. Mit großer Sorge hat die Expertenkommission zur Kenntnis genommen, dass das 65%-Ziel nicht als explizites Ziel für 2030 im Fortschrittsbericht Eingang gefunden hat, sondern in Tabelle 2.1 (Zieltableau) nur als Fußnote mit Bezug zum Koalitionsvertrag erwähnt wird. Sofern Investitionen in erneuerbare Energien außerhalb des EEG ausbleiben, ist eine Anpassung der Zubaukorridore im EEG unerlässlich. Für das 65 %-Ziel wird ein jährlicher Bruttozubau von rund 4 bis 4,5 Gigawatt (GW) für Photovoltaik sowie von rund 4 GW für Windenergieanlagen an Land benötigt. Zudem müsste die Kapazität der Offshore-Windenergie um bis zu 5 GW erhöht werden. Entsprechende Investitionen werden nur in einem stabilen wirtschaftlichen Umfeld getätigt. Dies ist daher schnellstmöglich zu definieren. Hierzu zählt nicht zuletzt die Abschaffung des bestehenden 52 GW-Deckels für die Photovoltaik.

36. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist das Thema Flächenverfügbarkeit. Um das 65 %-Ziel zu erreichen, bedarf es einer transparenten, vorausschauenden und ausgewogenen Raumplanung. Die Expertenkommission sieht deshalb in der Aufhebung der Außenbereichsprivilegierung einen falschen Weg, weil damit jegliche Verpflichtung, der Windenergie weiterhin „substanziell Raum zu verschaffen“, entfallen würde. Vordringliches Ziel muss es daher sein, die Konzentrationszonenplanung zukünftig robuster, das heißt vor allem rechtssicherer, zu gestalten. Im Bereich der Photovoltaikanlagen ist davon auszugehen, dass zumindest Teile des weiteren Zubaus durch Freiflächenanlagen erfolgen müssen. Hieraus ergibt sich ein Handlungsbedarf hinsichtlich der zulässigen Flächenkulisse, wenn der Ausbau kosteneffizient realisiert werden soll.

37. Mehr und immer größere Anlagen ziehen jedoch Nutzungs- und Interessenskonflikte nach sich. Dies gilt insbesondere für die Nutzung der Windenergie an Land. Anspruchsvolle Ausbauziele lassen sich daher nur erreichen, wenn betroffene Anwohner und Kommunen besser eingebunden und an der Energiewende beteiligt werden. Bisherige Partizipationsmodelle für die Bevölkerung wie aktuell das Mieterstrommodell oder Bürgerwindparks waren bislang nicht in ausreichendem Maße erfolgreich. Hier sollte an der Entwicklung weiterer Optionen gearbeitet werden.

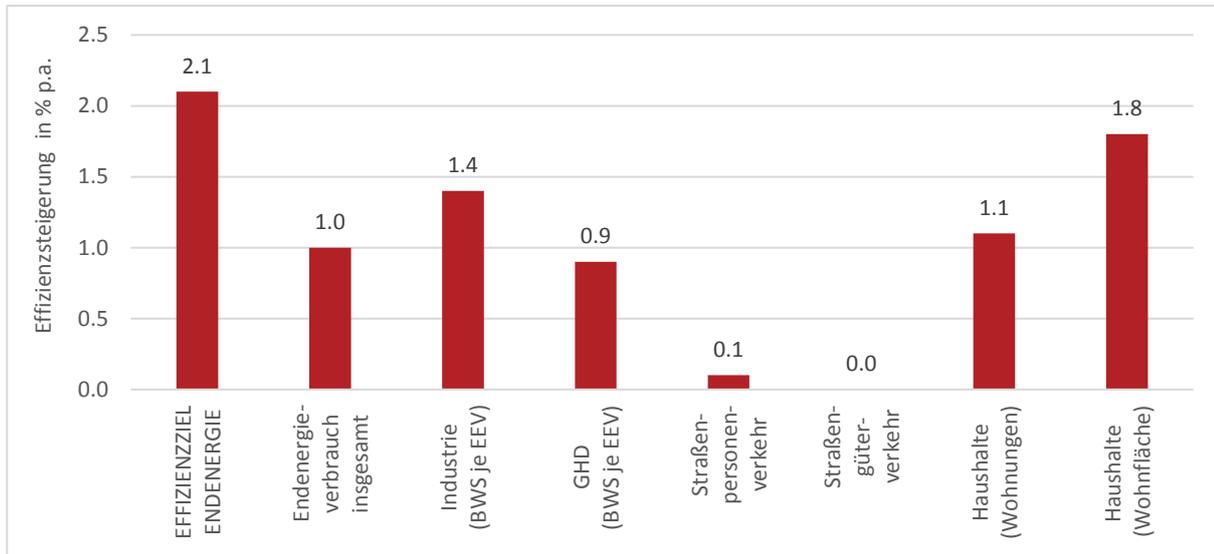
38. Die Expertenkommission beobachtet die dynamischen Entwicklungen auf dem Markt für sogenannte Power Purchase Agreements (PPAs) mit großem Interesse und rät der Bundesregierung, die Aufforderungen der europäischen Erneuerbaren-Energien-Richtlinie zum Anlass zu nehmen, die Wirkung solcher Vermarktungsmodelle unter anderem im Rahmen des EEG auf die Ausbauziele und Kosten zu prüfen. Im Zuge dessen wäre ebenfalls zu untersuchen, ob und unter welchen Bedingungen auch in Deutschland die Weitergabe von Herkunftsnachweisen für Neuanlagen mit einer Förderung vereinbar und dem Ausbau zuträglich ist.

## **Energieeffizienz**

39. Die bisherigen Monitoring-Berichte der Bundesregierung sowie die Kommentierungen der Expertenkommission haben regelmäßig die zu geringen Fortschritte bei der Endenergieeffizienz beklagt und mehr Anreize gefordert. Der nunmehr vorliegende zweite Fortschrittsbericht folgt erneut diesem Muster. Die angestrebte Steigerung der Endenergieproduktivität um jahresdurchschnittlich 2,1 % wird deutlich verfehlt (vgl. Abbildung Z-5).

Sie nahm im Durchschnitt der Jahre 2008 bis 2017 lediglich um rund 1 % zu, im Jahr 2017 ist sie sogar im Vergleich zum Vorjahr um 0,9 % gesunken. Für 2018 sprechen immerhin Anzeichen dafür, dass es erstmals zu einer spürbaren Verbesserung gekommen sein könnte.

**Abbildung Z-5: Entwicklung der Energieeffizienz in einzelnen Endenergieverbrauchssektoren vom Zielbasisjahr 2008 bis 2017**



Quellen: Eigene Darstellung auf Basis von AGEb (2018a), Destatis (2019g) und BMVI (2018).

40. Bis 2020 wird das Ziel nicht mehr erreicht werden können. Um bis 2030 auf den Zielpfad zu gelangen, müsste die Zunahme der Endenergieproduktivität noch annähernd um den Faktor 3 gesteigert werden. Eine derartige Entwicklung setzt eine deutliche Verminderung des Endenergieverbrauchs voraus, die aus Sicht der Expertenkommission mit den bisher umgesetzten Maßnahmen kaum zu realisieren sein wird. Bisher ist nur bei den privaten Haushalten eine leicht rückläufige Entwicklung des Endenergieverbrauchs festzustellen, während er in der Industrie praktisch stagniert und im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen sowie vor allem im Verkehr eher steigende Tendenzen aufweist.

41. Im Verkehr sind dafür vor allem die steigenden Verkehrsleistungen sowie die strukturellen Veränderungen im Fahrzeugbestand verantwortlich, die durch die Verbesserungen der Energieeffizienz nicht ausgeglichen werden konnten. Bei auch künftig zunehmenden Verkehrsleistungen, wie sie der Bundesverkehrswegeplan unterstellt, müsste die Energieeffizienz drastisch erhöht werden, um einen wirklich sinkenden Energieverbrauch und niedrigere THG-Emissionen zu erreichen. Aus Sicht der Expertenkommission wird auch politisch zu entscheiden sein, ob man weiterhin im Wesentlichen nur auf Effizienz und Kraftstoffsubstitution setzen oder zusätzlich auch verkehrsvermindernde Maßnahmen in den Fokus nehmen will (siehe auch Kapitel 8).

42. Die notwendige Steigerung der Energieeffizienz setzt auch die Überprüfung der Maßnahmen des Nationalen Aktionsplans Energieeffizienz (NAPE) voraus, deren Wirkungen entsprechend dem zweiten Fortschrittsbericht äußerst begrenzt waren. Bei der bevorstehenden Überarbeitung des nationalen Energie- und Klimaplanes sollte aus Sicht der Expertenkommission die Gelegenheit genutzt werden, eher größer dimensionierte Förderprogramme aufzulegen. Dies schließt nicht nur direkte Investitionszuschüsse ein, sondern auch eine breite steuerliche Entlastung für energiesparende und klimaschonende Investitionen.

## Gebäude

43. Das Energieeinsparziel für den Gebäudesektor wird bis 2020 mit großer Wahrscheinlichkeit verfehlt, zumal der Endenergiebedarf der Gebäude in den Jahren 2016 und 2017 gestiegen ist. Sowohl in Wohngebäuden als auch im GHD-Sektor sind die seit 2008 erreichten Reduzierungen des Endenergiebedarfs für Raumwärme, Warmwasserzubereitung sowie Prozesswärme und Kälte im GHD-Sektor nicht zielkonform. Von 2008 bis 2017 ist zum Beispiel der Endenergiebedarf der Gebäude im Durchschnitt nur um 0,7 % pro Jahr (Ursprungswerte) bzw. 0,8 % pro Jahr (bereinigt) gesunken. Zur Zielerreichung müsste die Reduktion auf 5 % pro Jahr etwa verfünffacht werden. Dies bedeutet, dass die Erreichung des 2020-Ziels nicht mehr realistisch erscheint

44. Die Entwicklung des Anteils der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte verläuft unzureichend, auch wenn sie auf den ersten Blick scheinbar auf dem Zielpfad liegt: mit einem Anteil von 13,4 % im Jahr 2017 und 13,9 % im Jahr 2018 scheint das Ziel von 14 % im Jahr 2020 formal erreichbar. Da jedoch Änderungen in der Berechnungssystematik nicht durch Anpassungen der Zielsetzung flankiert wurden, sind die ausgewiesenen Anteile mit dem ursprünglich intendierten Ziel nicht vergleichbar. Das Ziel hätte nach einer ersten Abschätzung auf 18-20 % angehoben werden müssen. Somit entsteht eine deutliche Diskrepanz von 4-6 %-Punkten.

45. Die Effizienzstrategie Gebäude ist gegenüber den Einsparzielen des Energiekonzepts der Bundesregierung zu wenig ambitioniert, setzt aber einen guten Rahmen für die Zielerreichung bis 2030. Es fehlt aber ein entsprechendes Maßnahmenpaket, um die Entwicklung auf den Zielpfad zu bringen. Aus Sicht der Expertenkommission sollten für den gesamte Wärmebedarf (inklusive der industriellen Prozesswärme) die Zielwerte aus Abbildung Z-6 angestrebt werden, die sich zwischen einem stark auf Effizienz und einem stark auf erneuerbare Energien fokussierten Pfad einfinden.

**Abbildung Z-6: Entwicklung und Wirkung der wesentlichen Einflussfaktoren auf die Emissionen zur Wärmebereitstellung in privaten Haushalten, GHD und Industrie im Jahr 2030 ggü. 2015 in Mio. t CO<sub>2</sub>**

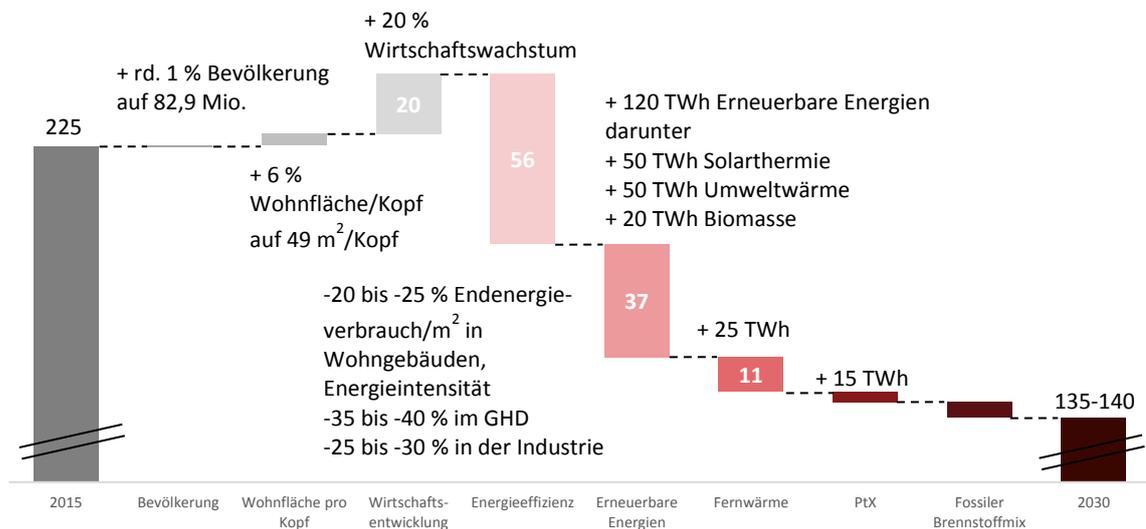


Abbildung dient zur Veranschaulichung der Größenordnungen. Einschließlich Prozesswärme in der Industrie.  
Quelle: Eigene Abschätzung auf Basis von Prognos *et al.* (nicht veröffentlicht), BMWi (2015), Agora (2017), BCG und Prognos (2018), dena (2018), Öko-Institut *et al.* (2019).

46. Die im Berichtszeitraum implementierten Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und zu Erhöhung des Anteils Erneuerbaren Energien im Gebäudesektor beschränken sich im Wesentlichen auf Förder-, Informations- und Forschungsprogramme sowie auf eine veränderte Nachweisführung für die Einhaltung rechtlicher Standards. Auf eine Verschärfung des Ordnungsrechts im Kontext des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) wurde verzichtet und auch die angekündigte steuerliche Absetzbarkeit von energetischen Sanierungen wurde bislang nicht umgesetzt. Zusätzlich erschwert die starke Auslastung des Baugewerbes die Modernisierung des Gebäudebestands.

47. Für einige der bestehenden Maßnahmen gibt der Fortschrittsbericht erreichte Endenergieeinsparungen in einzelnen Jahren an; diese sind aber hinsichtlich ihrer Berechnungsgrundlage schwer nachvollziehbar. Auch fehlen Informationen darüber, inwieweit diese Maßnahmen komplementär sind oder Überlappungen bestehen. Die Expertenkommission empfiehlt eine nachvollziehbare Darstellung der Annahmen zu den einzelnen Evaluierungen.

48. Der Fortschrittsbericht nennt keine weiteren Maßnahmen im Gebäudebereich, sondern verweist auf einen internen Prozess zur Erstellung einer neuen Effizienzstrategie. Ohne Frage sind dringend neuen Maßnahmen erforderlich, um die energetische Instandsetzung voranzubringen, doch muss dies sowohl für Gebäudeeigentümer als auch für Mieter attraktiver werden. Die Expertenkommission empfiehlt auch die Einführung einer sektorübergreifenden CO<sub>2</sub>-Bepreisung, um die Rahmenbedingungen für energieeffiziente Technologien und die Energieversorgung mit Erneuerbaren zu verbessern (vgl. Kapitel Energiepreise).

## Verkehr

49. Trotz der Zielformulierung im Energiekonzept der Bundesregierung aus dem Jahr 2010 wurde seither keine Reduktion des Energieverbrauchs oder der Treibhausgase im Verkehr erzielt, im Gegenteil: Der Endenergieverbrauch des Verkehrs ist im Jahr 2017 um 2,4 % gegenüber dem Vorjahr gestiegen. Dies ist der fünfte Anstieg in Folge. Laut Klimaschutzplan 2050 soll der Verkehrssektor aber bis zum Jahr 2030 seine Emissionen auf 98 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq. (Äquivalente) senken. Im Vergleich zu den Emissionen im Jahr 2017 von 168 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq. besteht somit ein Reduktionsbedarf von 70 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq. bzw. ca. 42 %.

50. Der Koalitionsvertrag stellt zwar fest, dass die deutsche Verkehrspolitik dem Klimaschutzplan 2050 und dem Pariser Klimaschutzabkommen verpflichtet ist, konkrete Pläne zur Umsetzung stehen bisher aber noch immer aus. Alle bisherigen Anzeichen sprechen vielmehr dafür, dass die für 2020 angestrebten Energiewendeziele im Verkehrsbereich noch nicht einmal im Jahr 2030 erreicht sein werden.

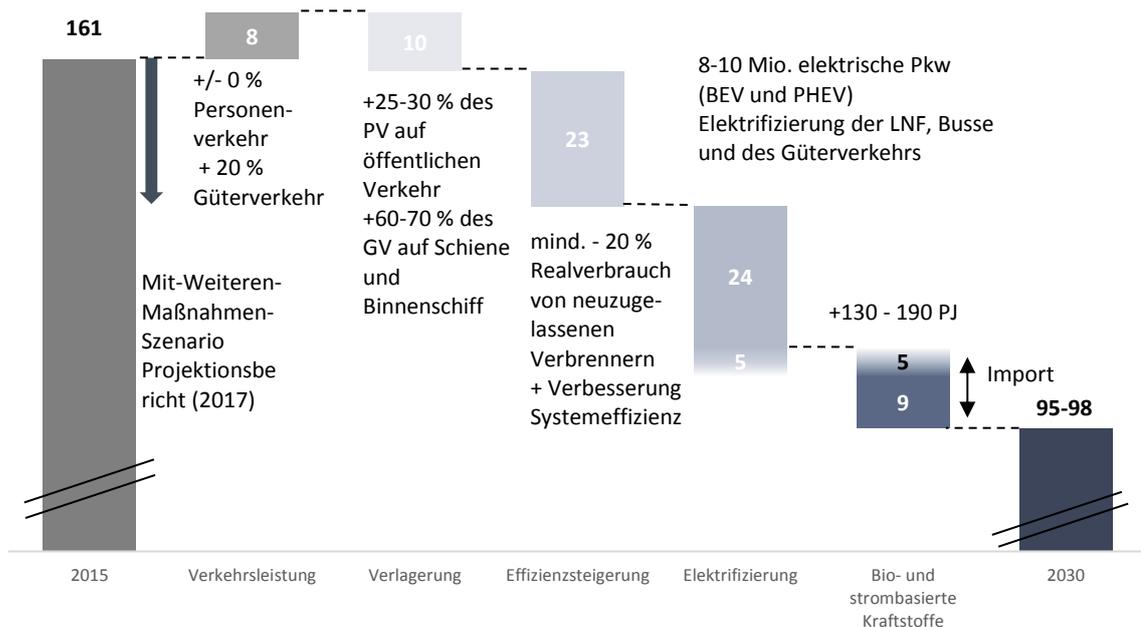
51. Die Nationale Plattform Zukunft der Mobilität zeigt in ihrem im März 2019 vorgelegten Zwischenbericht der Arbeitsgruppe „Klimaschutz im Verkehr“ viele Möglichkeiten zugunsten eines klimaverträglicheren Verkehrs auf und gibt Hinweise zur Instrumentierung, die für die Verwirklichung der 2030er-Ziele – oder zumindest deren Approximation – geeignet erscheinen. Allerdings setzt dies eine unverzügliche Umsetzung der Maßnahmen voraus. Die Expertenkommission bewertet die Vorschläge als eine gute Grundlage für eine klimagerechte Verkehrspolitik. Darüber hinaus müssten allerdings noch weitere Maßnahmen umgesetzt werden. Dazu zählt etwa die Einführung eines bepreisten Zugangs zu bestimmten Bereichen von Städten. Eine solche „City-Maut“ könnte nicht nur zur Emissionsminderung und parallel dazu zur Verkehrsentlastung führen, sondern auch andere negative externe Effekte wie Stau, Lärm und Luftschadstoffe internalisieren. Damit würden die volkswirtschaftlichen Kosten der Fahrzeugnutzung verursachergerecht zugeordnet werden können.

52. Mit der Fortschreibung der CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge sowie deren Einführung für schwere Nutzfahrzeuge (Lkw und Busse) wird der europäische Rahmen für Neufahrzeuge bis zum Jahr 2030 gesetzt. Die EU-Vorgaben lassen sich durch Effizienzsteigerungen und den Einsatz elektrischer Antriebe

erfüllen. Es werden aber weitere Anstrengungen zur Verkehrsvermeidung und Verkehrsverlagerung auf klimafreundlichere Verkehrsträger nötig sein. So wird die Verbreitung elektrischer Antriebe maßgeblich von dem Ausbau der Ladeinfrastruktur abhängen. Dabei geht es nicht nur um die Verbesserung der öffentlichen Ladeinfrastruktur, sondern auch darum, bestehende rechtliche Hürden für die Installation von Ladevorrichtungen im privaten Bereich schnellstmöglich abzubauen.

53. Auch der Einsatz von CO<sub>2</sub>-neutralen, strombasierten flüssigen oder gasförmigen Kraftstoffen (eFuels) kann einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Obwohl der Einsatz von strombasierten Kraftstoffen im Vergleich zur direkten Elektrifizierung mit hohen Umwandlungsverlusten und derzeit hohen Kosten behaftet ist, ist deren Nutzung in Betracht zu ziehen, insbesondere für Teile des Schwerlast- und Eisenbahnverkehrs sowie – mangels absehbarer Alternativen – auch für den Luft- und Schiffsverkehr. Dabei ist aus heutiger Sicht überwiegend von einem Import regenerativer Kraftstoffe auszugehen. Die Expertenkommission empfiehlt der Bundesregierung, zeitnah eine Roadmap für strombasierte Kraftstoffe zu definieren und dabei auch klare Regelungen für deren Markteinführung zu erarbeiten. Wie eine mögliche Option zur Zielerreichung 2030 im Verkehr aussehen könnte stellt Abbildung Z-7 dar.

**Abbildung Z-7: Entwicklung und Wirkung der wesentlichen Einflussfaktoren<sup>1</sup> auf die Emissionen im Verkehr im Jahr 2030 gegenüber 2015 in Mio. t CO<sub>2</sub>**



Abkürzungen: PV: Personenverkehr, GV: Güterverkehr, BEV: Battery Electric Vehicle, PHEV: Plugin Hybrid Electric Vehicle. Abbildung dient zur Veranschaulichung der Größenordnungen.

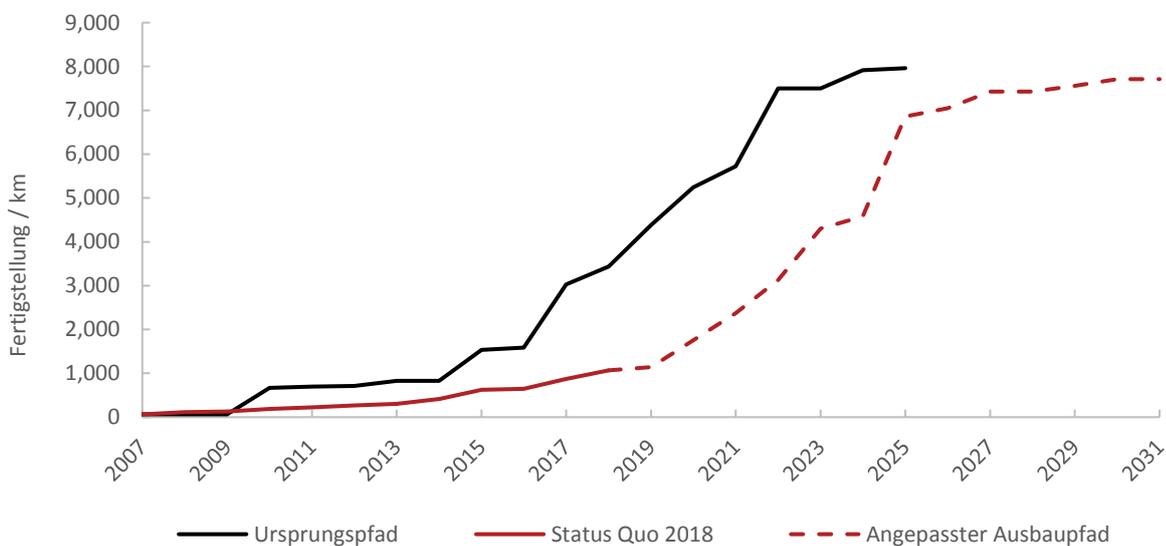
Quelle: Eigene Abschätzung auf Basis von BMUB (2017), dena (2018), BCG und Prognos (2019), NPM (2019), Öko-Institut et al. (2019) und weiteren Untersuchungen.

<sup>1</sup> Abweichend zur Vorgehensweise im Bereich Strom und Wärme erfolgte im Verkehr mangels Studienangaben und Überschneidung der Einflussfaktoren (Effizienz und Elektrifizierung) keine Komponentenerlegung entsprechend Öko-Institut und ifeu (2018) sondern eine Abschätzung der THG-Minderung basierend auf BCG und Prognos (2019), NPM (2019).

## Elektrische Netze

54. Das Gesetz zum Ausbau von Energieleitungen (EnLAG) von 2009 und das Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG) von 2013 verankern die wichtigsten Netzausbauvorhaben für ein funktionierendes Stromübertragungssystem (vgl. Abbildung Z-8). Trotz steigender Investitionen in die Übertragungsnetzinfrastruktur und dem verstärkten Engagement des BMWi bleibt der Netzausbau weiterhin hinter den gesetzlichen Anforderungen und den entsprechenden Ausbauvorhaben zurück. Aus Sicht der Expertenkommission lässt der Fortschrittsbericht das Ausmaß der Verzögerung nur unzureichend erkennen. Ende 2018 waren insgesamt erst 1.050 der ursprünglich für diesen Zeitpunkt geplanten 3.450 Kilometer der EnLAG- und BBPlG-Vorhaben fertiggestellt. Mit jedem weiteren Berichtsjahr werden die Fertigstellungstermine weiter nach hinten geschoben.

**Abbildung Z-8: Ursprungspfad und angepasster Ausbaupfad des Netzausbaus nach EnLAG und BBPlG (Stand Dezember 2018)**



Quellen: Eigene Darstellung auf Basis von dena (2010), BNetzA (2012, 2019f), BNetzA/BKartA (2014b, 2015).

55. Die Berechnungen der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) in den Netzentwicklungsplänen für 2030 deuten bereits darauf hin, dass die Erhöhung des Ausbauziels für erneuerbare Energien auf 65 % und eine deutlichere Reduktion der Kohlekapazitäten nicht ohne einen zusätzlichen HGÜ-Ausbau und damit merklich höhere Kosten auskommen wird. Die ÜNB-Szenarien beruhen zudem auf der Annahme neuer markt- und netzbasierter Flexibilitäten. Momentan ist nicht absehbar, ob diese rechtzeitig und in erforderlichem Umfang realisierbar sind. Hier sind noch enorme Anstrengungen erforderlich. Aus Sicht der Expertenkommission ist dazu auch eine grundlegende Umgestaltung der elektrizitätsbezogenen Abgaben und Umlagen und eine Reform der Netzentgeltsystematik erforderlich.

56. Die novellierte EU-Strombinnenmarkt-Verordnung sieht vor, dass Mitgliedstaaten ab 2020 mindestens 70 % der Nettoübertragungskapazität für den europäischen Handel zur Verfügung stellen müssen. Von diesem Wert ist das deutsche Übertragungsnetz momentan weit entfernt. Misslingt es, die innerdeutschen Netzengpässe mithilfe eines Maßnahmenkatalogs bis 2025 zu beseitigen, kann die EU-Kommission die Aufspaltung der einheitlichen deutschen Gebotszone durchsetzen. Die Expertenkommission fordert die Bundesregierung auf, die Absichten der EU-Kommission ernst zu nehmen und sich gegebenenfalls auf eine künftige Auftrennung der Gebotszone vorzubereiten.

57. Die Verzögerungen beim Übertragungsnetzausbau äußern sich auch in dem erneut gestiegenen Umfang an Engpassmanagement – auch über das Niveau des bisherigen Rekordjahres 2015 hinaus. Fast jeder vierzigsten Kilowattstunde Bruttostromerzeugung steht mittlerweile eine abgeregelte Kilowattstunde Erzeugungsleistung gegenüber. Die abgeregelte Energiemenge der erneuerbaren Erzeuger hat 2017 knapp 3 % der EEG-Einspeisung erreicht. Es wurden erstmals auch nennenswert Offshore-Anlagen abgeregelt. Durch den weiteren Offshore-Ausbau dürfte sich dies Problem weiter verstärken. Elektrizitätskunden werden von den Netzbetreibern oder über die EEG-Umlage für die abgeregelte Elektrizität zur Kasse gebeten, ohne die bezahlte Elektrizität beziehen zu können.

58. Auch bei den Verteilernetzen sind – dem Fortschrittsbericht zufolge – neue Herausforderungen und steigende Investitionen zu erwarten. Gründe hierfür seien die zunehmende Einspeisung erneuerbarer Erzeuger im Verteilnetz und die Elektromobilität. Konkrete Zahlen werden von der Bundesregierung aber nicht genannt. Für einen Fortschrittsbericht würde man Schätzungen zur technischen Machbarkeit und den damit verbundenen Kosten erwarten. Um die Akzeptanz des Netzausbaus im Übertragungs- und Verteilernetz nicht weiter zu gefährden, sollte die Bundesregierung möglichst schnell realistische Realisierungszeitrahmen und Kostenschätzungen für die kommende Dekade vorlegen.

### **Versorgungssicherheit Elektrizität**

59. Mit dem Energy-only-Markt liegt die Verantwortlichkeit für die Versorgungssicherheit im Kern bei den Bilanzkreisverantwortlichen. Nach Auffassung der Expertenkommission kann dieses dezentrale Marktdesign allerdings nur unter einer anreizkompatiblen Ausgestaltung der Bilanzkreisbewirtschaftung funktionieren. Lässt sich die Verpflichtung zur Bilanzkreistreue mit entsprechender Sanktionierung bei Fehlverhalten implementieren, führt dies zu einer angemessenen Bepreisung von Flexibilitätsoptionen und schafft damit langfristig Versorgungssicherheit. Die Expertenkommission hatte bereits mehrfach angemahnt, dass der Bilanzkreismechanismus in seiner bisherigen Ausgestaltung jedoch nicht genügend Anreize bietet. Im vergangenen Jahr wurde für die Ausschreibungen auf den Regelenergiemärkten ein Mischpreisverfahren eingeführt. Das neue Verfahren erweist sich aber als ein Schritt in die falsche Richtung, denn seither nehmen die Bilanzkreisabweichungen tendenziell wieder zu. Die Expertenkommission empfiehlt eine Stärkung der Anreize zur Bilanzkreistreue, beispielsweise durch die Berücksichtigung der Vorhaltekosten für Regelleistung im Ausgleichsenergiepreis.

60. Der Anteil von Erzeugungskapazitäten außerhalb des eigentlichen Strommarktes steigt weiterhin stetig. Neben der unlängst vergrößerten Netzreserve, der Sicherheitsbereitschaft und der Kapazitätsreserve planen die Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) in ihrem jüngsten Netzentwicklungsplan unter dem Stichwort „Netzbooster-Pilotanlagen“ 900 MW Batteriespeicherkapazitäten. Damit wird ein weiterer signifikanter Anteil von Erzeugungskapazitäten außerhalb des Strommarktes über die Netzentgelte finanziert. Dies widerspricht grundsätzlich den Forderungen des Europäischen Strombinnenmarkts nach Entflechtung zwischen Stromerzeugung und Netzgeschäft.

61. Mit der neuen Plattform SMARD leistet die Bundesnetzagentur einen Beitrag zur erhöhten Datenverfügbarkeit und Datentransparenz im Energiemarkt. Insbesondere die Verfügbarkeit der Daten unter der weitreichenden Lizenz CC BY 4.0 ist positiv zu beurteilen. Gleichzeitig rät die Expertenkommission zur inhaltlichen und technischen Weiterentwicklung der Plattform, um nachhaltige Geschäftsmodelle, fundierte politische Empfehlungen und entsprechende Forschungsarbeiten zu ermöglichen.

62. Die Bundesregierung hat bis dato immer noch keinen Versorgungssicherheitsstandard definiert, obwohl dies Teil der Anforderungen im Rahmen der beihilferechtlichen Genehmigung der Kapazitätsreserve war.

Deutschland hat zugesagt, einen Versorgungssicherheitsstandard bereits bei der Dimensionierung der Kapazitätsreserve für den ersten Erbringungszeitraum anzuwenden. In diesem Kontext ist festzuhalten, dass der Bericht zum Monitoring der Versorgungssicherheit gemäß § 63 EnWG noch immer nicht veröffentlicht wurde. Laut EnWG hätte dieser Bericht bereits im Juli 2018 erscheinen müssen. Aus Sicht der Expertenkommission hinterlässt die Bundesregierung hier ein „Bewertungsvakuum“, welches den Raum für Spekulationen öffnet und zu Verunsicherung führt. Entsprechend empfiehlt die Expertenkommission diesen Missstand schnellstmöglich zu beheben.

63. Die aktuellen Versorgungssicherheitsanalysen des Verbands Europäischer Übertragungsnetzbetreiber (ENTSO-E) untersuchen in einem Szenario für das Jahr 2025 die Auswirkungen eines verstärkten Rückbaus fossiler Erzeugungskapazitäten in Europa. Dieses Szenario entspricht für Deutschland in etwa den Empfehlungen der Kohlekommission für den Kohleausstieg. Dem ENTSO-E-Bericht zufolge ergibt sich für Deutschland eine Last-Unterdeckungserwartung (LOLE) von 3,3 Stunden pro Jahr, was in etwa dem in Frankreich angestrebten Versorgungssicherheitsniveau entspricht. Mit der geplanten Kapazitätsreserve, die in den Berechnungen der ENTSO-E nicht berücksichtigt wurde, scheinen die Empfehlungen der Kohlekommission mittelfristig ohne Verwerfungen auf dem Strommarkt umsetzbar (vgl. Tabelle Z-4). Die Analysen zeigen aber auch, dass ein deutscher Kohleausstieg vor allem Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit in den Nachbarländern hat, insbesondere auf Belgien und Frankreich. Vor diesem Hintergrund empfiehlt die Expertenkommission, den Kohleausstieg in enger Konsultation mit den Nachbarn zu planen.

**Tabelle Z-4: Ausgewählte Ergebnisse zur Versorgungssicherheit für die Länder der „Penta-Region“**

	Sicherheitsstandard [h/a]	MAF (2018)			Reduktion der konv. Leistung im low carbon Szenario
		base case		low carbon	
		2020	2025	2025	
Loss of Load Expectation [h/a]					[GW]
Belgien	3*	0,1	2,0	12,3	0,0
Frankreich	3	2,0	2,1	6,1	0,0
Österreich		0,0	0,0	0,7	0,6
Schweiz		0,0	0,0	0,9	0,0
Deutschland		0,0	0,0	3,3	8,3
Niederlande	4	0,0	0,2	5,2	1,1
Braunkohle		16,6	11,4	Nv	
Steinkohle		23,2	20,9	Nv	
Gesamt		39,9	32,3	24,0	9,9

\* 3 h/a LOLE und 95-Perzentil <20 h

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von MAF (2018)

### Energiepreise und Energiekosten

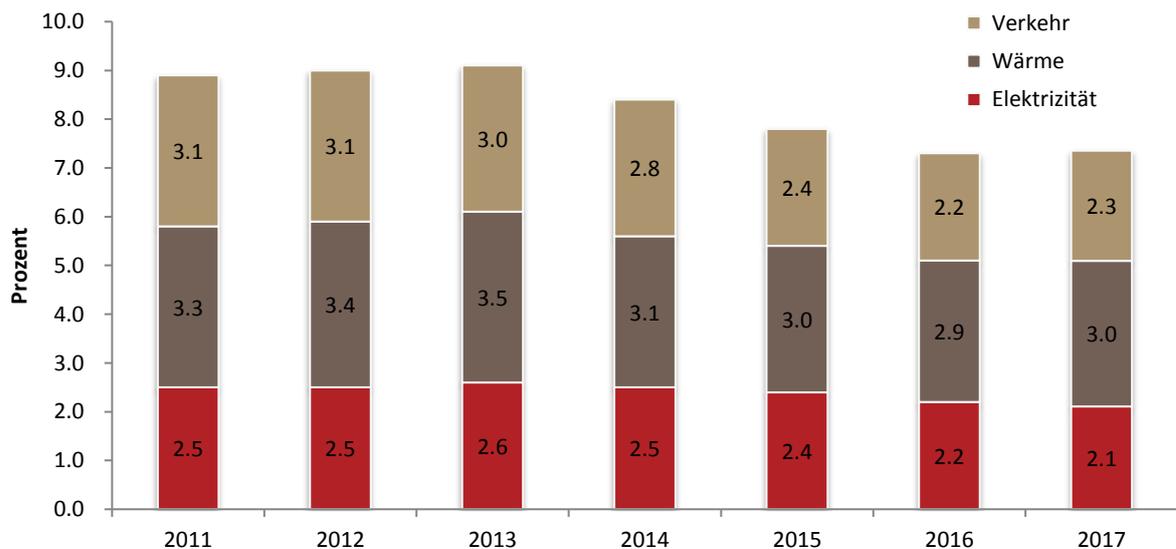
64. Seit dem Jahr 2013 sinkt der Anteil der Letztverbraucherausgaben für Elektrizität am BIP kontinuierlich. Im Berichtsjahr 2017 lag der Anteil bei 2,1 % und damit auf dem niedrigsten Wert seit 2010. Angesichts dieser Entwicklung steht die Energiewende-Ampel nach Einschätzung Expertenkommission in diesem Bereich auf grün.

65. Die Ausgaben für Wärmedienstleistungen sind im Jahr 2017 um 10 % auf ca. 98 Mrd. Euro gestiegen. Die höheren Ausgaben sind vor allem mit leicht gestiegenen Preisen und Effizienzausgaben zu begründen. Gemessen

am Bruttoinlandsprodukt hat sich die relative Kostenbelastung von 2016 auf 2017 von 2,9 % auf 3,0 % erhöht. Das entspricht in etwa dem Niveau von 2014 und 2015. Die Expertenkommission weist erneut darauf hin, dass die Aussagekraft der hier dargestellten Ergebnisse zu den Ausgaben für Wärmedienstleistungen unter Datenunsicherheiten leidet. Insbesondere gilt dies für die Datenlage bzgl. der Mehrkosten von energetischen Effizienzmaßnahmen. Die Expertenkommission empfiehlt der Bundesregierung deshalb, die Bestimmung der Mehrkosten für energetische Effizienzmaßnahmen auf Basis jährlicher Verkaufszahlen der wichtigsten Effizienztechnologien zu erheben. Die Expertenkommission hat in einer ersten vorläufigen Zusammenstellung hierzu 10 Kerntechnologien identifiziert. Dazu gehören etwa die Fassaden- und Kellerdecken-Dämmung, Verglasung, Solarthermie und Wärmepumpen.

66. Im Jahr 2017 hatten die Letztverbraucher im Straßenverkehrsbereich ca. 5 Mrd. Euro höhere Ausgaben im Vergleich zum Vorjahr. Die Ursachen liegen wie schon in den Vorjahren in exogenen Faktoren begründet, allen voran in einem gestiegenen Ölpreis. Gemessen am Bruttoinlandsprodukt liegt die relative Kostenbelastung bei 2,3 %, entsprechend 0,1 Prozentpunkte über dem Vorjahreswert. Wegen der Unsicherheit darüber, wie die Politik den im Verkehr bestehenden Handlungsdruck angehen wird, ist eine perspektivische Abschätzung der Entwicklung schwierig. Abbildung Z-9 zeigt die Letztverbraucherausgaben gemessen am Bruttoinlandsprodukt für Elektrizität, Wärmedienstleistungen und Straßenverkehr.

**Abbildung Z-9: Anteil der Letztverbraucherausgaben am Bruttoinlandsprodukt**



Quelle: Vgl. Kapitel 11

## Energiepreisreform

67. Im Sinne eines politisch realisierbaren Konzepts empfiehlt die Expertenkommission zeitnah den aufkommensneutralen Ersatz der Umlagen auf Elektrizität durch einen CO<sub>2</sub>-bezogenen Zuschlag auf fossile Energieträger. Eine denkbare Ausgestaltung der Energiepreisreform ist der Wegfall der EEG- und KWKG-Umlage (Umfang von 24,4 und 1,3 Mrd. Euro in 2017) bei Refinanzierung durch einen CO<sub>2</sub>-bezogenen Steuerzuschlag auf fossile Energien. Dabei könnten die im Rahmen des Europäischen Emissionshandelssystems (ETS) bereits bezahlten CO<sub>2</sub>-Preise in Abzug gebracht werden (sofern der ETS-Preis unter dem nationalen CO<sub>2</sub>-Zuschlag liegt). Damit wird ein Finanzvolumen von aktuell jährlich ca. 2 x 25 = 50 Mrd. Euro bewegt, was zweifelsohne große Auswirkungen auf die Entwicklung der Energiewende und der THG-Emissionen haben wird.

68. Bei dem unterstellten Entlastungsvolumen beim Strompreis sowie unter Berücksichtigung der bereits im Rahmen des Emissionshandels bezahlten Preise und der finanziellen Folgen für den vermutlich erforderlichen Ersatz der besonderen Ausgleichsregelung würde ein CO<sub>2</sub>-Preis von ca. 50 Euro/t CO<sub>2</sub> die Refinanzierung sicherstellen. Zudem würde dieser CO<sub>2</sub>-Preis in das Band der unterschiedlichen Schätzungen für Klimafolgeschäden fallen (vgl. Kapitel 1).

69. Berechnungen der Expertenkommission und weiterer Autoren zeigen, dass Verteilungswirkungen bei den privaten Haushalten einer Reform nicht entgegenstehen, aber berücksichtigt werden sollten. Ein unterstellter CO<sub>2</sub>-Preis von 50 Euro/t CO<sub>2</sub> (bei gleichzeitiger Entlastung beim Strompreis) führt beim Durchschnittshaushalt zu einer Mehrbelastung von etwa 90 Euro pro Jahr oder 2,8 % bezogen auf die Energiekosten bzw. 0,2 % bezogen auf das Nettoeinkommen (vgl. Tabelle Z-5). Bei nicht hoch-energieintensiven Industrien führen diese Preise zu geringen Wirkungen und wären teilweise sogar entlastend. Nichtsdestotrotz müsste sich die Politik um einzelne Härtefälle kümmern. Das gilt insbesondere für die Belange bestimmter Haushalte („unsanierte Pendler“) und der exportorientierten Industrie. Hinsichtlich der Industrierabatte bei der EEG-Umlage könnte es der Akzeptanz dienen, wenn diese künftig über den Bundeshaushalt und nicht über höhere Energiesteuerzuschläge der nicht-begünstigten Marktteilnehmer finanziert würden.

70. Die Energiepreisreform kann schrittweise eingeführt werden. Die CO<sub>2</sub>-Steuerzuschläge sind in regelmäßigen Zeitintervallen zu überprüfen und hinsichtlich der Erreichung der Klimaziele anzupassen. Der Vorschlag etabliert die CO<sub>2</sub>-Bepreisung als Leitinstrument der Energiewende. Er steht außerdem einer späteren Ausweitung des EU-Emissionshandels nicht entgegen.

71. Diese Energiepreisreform schafft Anreize für klimafreundliche Investitionen in Sektorkopplung, Speicher, Flexibilitätsoptionen und neue Elektrizitätsanwendungen – die jetzt vordringlichen Schritte zur Reduktion von THG-Emissionen. Die Energiepreisreform würde die Wettbewerbsfähigkeit fossiler Energien schmälern, die Chancen für die erneuerbaren Energien verbessern und Perspektiven für neue Geschäftsmodelle schaffen, die nicht von den – in der Vergangenheit häufig erratischen – staatlichen Förder- und Detailregulierungen abhängen. Mit einer aufkommensneutralen Reform würde die ins Stocken geratene Energiewende revitalisiert, ohne den Staatshaushalt oder die Energieletztverbraucher insgesamt höheren finanziellen Belastungen auszusetzen.

Die Expertenkommission ergänzt ihren Vorschlag mit Überlegungen zur Sicherung der Akzeptanz und zur konkreten Ausgestaltung der Energiepreisreform (vgl. auch Kapitel 1). Bestandteil dessen ist eine effektive Kommunikationsstrategie, die auf erprobte Beispiele verweist, Vertrauen schafft und Stakeholder involviert. Der Gesamtprozess der Energiepreisreform ist zu evaluieren und kontinuierlich weiterzuentwickeln.

**Tabelle Z-5: Haushalte: Wirkung eines CO<sub>2</sub>-Preises von 50 Euro/t CO<sub>2</sub> bei gleichzeitiger Entlastung beim Strompreis (Berechnungen als Anteil am Nettoeinkommen)**

Strom	Verkehr		Wärme					
			Gasheizung			Ölheizung		
			Niedriger Wärmebedarf	Durchschnitts-Haushalt	Hoher Wärmebedarf	Niedriger Wärmebedarf	Durchschnitts-Haushalt	Hoher Wärmebedarf
			Anteil am Nettoeinkommen [Prozent]					
3 und mehr-Personen-Haushalt	Pkw Benzin	Wenig-Fahrer	-0,2	-0,1	0,1	-0,1	-0,1	0,2
		Durchschnitts-Fahrer	-0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,3
		Viel-Fahrer	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,7
	Pkw Diesel	Wenig-Fahrer	-0,2	-0,1	0,1	-0,1	-0,1	0,2
		Durchschnitts-Fahrer	-0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,3
		Viel-Fahrer	0,3	0,4	0,6	0,4	0,4	0,7
Durchschnitts-Haushalt	Pkw Benzin	Wenig-Fahrer	0,0	0,1	0,4	0,1	0,2	0,6
		Durchschnitts-Fahrer	0,1	0,2	0,5	0,2	0,3	0,8
		Viel-Fahrer	0,8	0,9	1,2	0,9	1,0	1,4
	Pkw Diesel	Wenig-Fahrer	0,0	0,1	0,4	0,1	0,2	0,6
		Durchschnitts-Fahrer	0,1	0,2	0,5	0,3	0,3	0,8
		Viel-Fahrer	0,8	0,9	1,2	0,9	1,0	1,4
1-Personen-Haushalt	Pkw Benzin	Wenig-Fahrer	0,2	0,4	0,9	0,4	0,6	1,3
		Durchschnitts-Fahrer	0,5	0,6	1,2	0,7	0,8	1,5
		Viel-Fahrer	1,5	1,7	2,2	1,7	1,9	2,6
	Pkw Diesel	Wenig-Fahrer	0,2	0,4	0,9	0,5	0,6	1,3
		Durchschnitts-Fahrer	0,5	0,7	1,2	0,7	0,9	1,5
		Viel-Fahrer	1,6	1,8	2,3	1,8	1,9	2,6

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von ADAC (2019), AGEb (2019b), BDEW (2019a), BMWi (2019d), Destatis (2019f, 2019e, 2019b), Heizspiegel (2019), KBA (2019b), UBA (2019a, 2019c).



## Literaturverzeichnis

- ADAC (2019). ADAC Autokosten. Abgerufen am 21. Mai 2019 von <https://www.adac-autokosten.de/Einstellungen.aspx>.
- AGEB (2018a). Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2017. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.
- AGEB (2018b). Stromerzeugung nach Energieträgern (Strommix) von 1990 bis 2018 (in TWh) in Deutschland, Dezember 2018. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. Abgerufen am 4. Mai 2019 von <https://ag-energiebilanzen.de/28-0-Zusatzinformationen.html>.
- AGEB (2019). Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2016. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. Abgerufen am 21. Mai 2019 von <http://www.ag-energiebilanzen.de>.
- Agora (2017). Energiewende 2030: The Big Picture. Berlin: Agora Energiewende.
- Agora (2018). Stromnetze für 65 Prozent Erneuerbare bis 2030 - Zwölf Maßnahmen für den synchronen Ausbau von Netzen und Erneuerbaren Energien. Berlin: Agora Energiewende. Abgerufen am 21. Mai 2019 von [https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2018/Stromnetze\\_fuer\\_Erneuerbare\\_Energien/Agora-Energiewende\\_Synchronisierung\\_Netze-EE\\_Netzausbau\\_WEB.pdf](https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2018/Stromnetze_fuer_Erneuerbare_Energien/Agora-Energiewende_Synchronisierung_Netze-EE_Netzausbau_WEB.pdf).
- BCG und Prognos (2018). Klimapfade für Deutschland. Boston, Berlin: Boston Consulting Group GmbH, Prognos AG. Abgerufen am 24. Januar 2019 von <https://bdi.eu/publikation/news/klimapfade-fuer-deutschland/>.
- BCG und Prognos (2019). Analyse Klimapfade Verkehr 2030. Boston, Berlin: Boston Consulting Group, Prognos AG.
- BDEW (2019a). BDEW-Strompreisanalyse Januar 2019. Haushalte und Industrie. Berlin: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. Abgerufen am 23. April 2019 von [https://www.bdew.de/media/documents/190115\\_BDEW-Strompreisanalyse\\_Januar-2019.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/190115_BDEW-Strompreisanalyse_Januar-2019.pdf).
- BDEW (2019b). Bruttostromerzeugung in Deutschland - Vorjahresvergleich. Berlin: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. Abgerufen am 29. April 2019 von [https://www.bdew.de/media/documents/Bruttostromerz\\_D\\_Vgl\\_VJ\\_online\\_o\\_jaehrlich\\_Ki\\_29032019.pdf](https://www.bdew.de/media/documents/Bruttostromerz_D_Vgl_VJ_online_o_jaehrlich_Ki_29032019.pdf).
- BMUB (2017). Projektionsbericht 2017 für Deutschland - gemäß Verordnung (EU) Nr. 525/2013. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Abgerufen am 31. Januar 2019 von [http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art04-13-14\\_lcds\\_pams\\_projections/projections/envwqc4\\_g/170426\\_PB\\_2017\\_-\\_final.pdf](http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art04-13-14_lcds_pams_projections/projections/envwqc4_g/170426_PB_2017_-_final.pdf).
- BMVI (2018). Verkehr in Zahlen 2018/2019. Berlin, Bonn: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Abgerufen am 30. April 2019 von [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/verkehr-in-zahlen\\_2019-pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/verkehr-in-zahlen_2019-pdf.pdf?__blob=publicationFile).
- BMWi (2015). Energieeffizienzstrategie Gebäude. Berlin, Bonn: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Abgerufen am 9. April 2019 von [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-gebaeude.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=25](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-gebaeude.pdf?__blob=publicationFile&v=25).
- BMWi (2019a). Entwurf des integrierten nationalen Energie- und Klimaplans. Berlin, Bonn: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Abgerufen am 8. Januar 2019 von [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwurf-des-integrierten-nationalen-energie-und-klimaplans.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/E/entwurf-des-integrierten-nationalen-energie-und-klimaplans.pdf?__blob=publicationFile&v=4).

Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“

- BMWi (2019b). Gesamtausgabe der Energiedaten - Datensammlung des BMWi. Berlin, Bonn: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Abgerufen am 30. April 2019 von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html>.
- BMWi (2019c). Zweiter Fortschrittsbericht zur Energiewende - Berichtsjahr 2017. Berlin, Bonn: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
- BNetzA (2012). Bestätigung Netzentwicklungsplan Strom 2012. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen. Abgerufen am 13. April 2019 von [https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/paragraphs-files/NEP\\_2022\\_Bestaetigung.pdf](https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/paragraphs-files/NEP_2022_Bestaetigung.pdf).
- BNetzA (2019a). Kraftwerksliste der Bundesnetzagentur. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen. Abgerufen am 30. April 2019 von [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen\\_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/Kraftwerksliste\\_2019\\_1.html;jsessionid=EB105C281B38690C2008EB67976CF929?nn=320094](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/Kraftwerksliste_2019_1.html;jsessionid=EB105C281B38690C2008EB67976CF929?nn=320094).
- BNetzA (2019b). Monitoring des Stromnetzausbaus. EnLAG / BBPIG / Netzoptimierungsmonitoring / Offshore-Anbindungen. Viertes Quartal 2018. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen. Abgerufen am 30. April 2019 von <https://www.netzausbau.de/SharedDocs/Downloads/DE/Vorhaben/Gesamtbericht.pdf>.
- BNetzA/BKartA (2014). Monitoringbericht 2014. Stand: 14. November 2014. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen und Bundeskartellamt. Abgerufen am 6. Mai 2019 von [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2014/Monitoringbericht\\_2014\\_BF.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2014/Monitoringbericht_2014_BF.pdf?__blob=publicationFile&v=4).
- BNetzA/BKartA (2015). Monitoringbericht 2015. Stand: 10. November 2015. Korrektur: 21. März 2016. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen und Bundeskartellamt. Abgerufen am 6. Mai 2019 von [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2015/Monitoringbericht\\_2015\\_BA.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2015/Monitoringbericht_2015_BA.pdf?__blob=publicationFile&v=4).
- dena (2010). dena-Netzstudie II. Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015 – 2020 mit Ausblick 2025. Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH. Abgerufen am 9. Mai 2019 von [https://www.dena.de/fileadmin/user\\_upload/Download/Dokumente/Studien\\_\\_\\_Umfragen/Endbericht\\_dena-Netzstudie\\_II.PDF](https://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Download/Dokumente/Studien___Umfragen/Endbericht_dena-Netzstudie_II.PDF).
- dena (2018). dena-Leitstudie. Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Berlin: Deutsche Energie-Agentur GmbH. Abgerufen am 8. März 2019 von <https://www.dena.de/themen-projekte/projekte/energiesysteme/dena-leitstudie-integrierte-energie-wende/>.
- Destatis (2019a). Fahrleistungen und Kraftstoffverbrauch der privaten Haushalte mit Personenkraftwagen. Abgerufen am 21. Mai 2019 von <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Materialfluesse-Energiefluesse/Tabellen/fahrleistungen-haushalte.html>.
- Destatis (2019b). Genesis-Online Datenbank. Privathaushalte: Bundesländer, Jahre. Tabelle 12211-0113. Abgerufen am 21. Mai 2019 von <https://www-genesis.destatis.de>.

- Destatis (2019c). Stromverbrauch der privaten Haushalte nach Haushaltsgrößenklassen. Abgerufen am 21. Mai 2019 von <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Materialfluesse-Energiefluesse/Tabellen/stromverbrauch-haushalte.html>.
- Destatis (2019d). Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung. Inlandsproduktberechnung. Erste Jahresergebnisse. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Abgerufen am 4. Juni 2019 von [https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/\\_inhalt.html#sprg233858](https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/_inhalt.html#sprg233858).
- Deutscher Wetterdienst (2018). 2018 - ein außergewöhnliches Wetterjahr mit vielen Rekorden. Pressemitteilung vom 28.12.2018. Offenbach: Deutscher Wetterdienst. Abgerufen am 10. Januar 2019 von [https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2018/20181228\\_deutschlandwetter\\_jahr2018\\_news.html;jsessionid=3693397E411C0CF022B397B526D11999.live21062](https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2018/20181228_deutschlandwetter_jahr2018_news.html;jsessionid=3693397E411C0CF022B397B526D11999.live21062).
- ewi (2017). Energiemarkt 2030 und 2050 – Der Beitrag von Gas- und Wärmeinfrastruktur zu einer effizienten CO<sub>2</sub>-Minderung. Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln gGmbH (EWI). Abgerufen am 24. Januar 2019 von [https://www.ewi.research-scenarios.de/cms/wp-content/uploads/2017/11/ewi\\_ERS\\_Energiemarkt\\_2030\\_2050.pdf](https://www.ewi.research-scenarios.de/cms/wp-content/uploads/2017/11/ewi_ERS_Energiemarkt_2030_2050.pdf).
- EWK (2018). Stellungnahme zum sechsten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2016. Berlin, Münster, Stuttgart: Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“.
- Frontier Economics, IAEW, 4Management und EMCEL (2017). Der Wert der Gasinfrastruktur für die Energiewende in Deutschland - Eine modellbasierte Analyse. Eine Studie im Auftrag der Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber (FNB Gas e.V.). London: Frontier Economics Ltd. Abgerufen am 24. Januar 2019 von <https://www.frontier-economics.com/media/2260/der-wert-der-gasinfrastruktur.pdf>.
- GfdS (2018). GfdS wählt „Heißzeit“ zum Wort des Jahres 2018. Gesellschaft für deutsche Sprache e.V. Abgerufen am 10. Januar 2019 von <https://gfds.de/wort-des-jahres-2018/>.
- Heizspiegel (2019). Heizkosten pro Quadratmeter im Vergleich. Abgerufen am 21. Mai 2019 von <https://www.heizspiegel.de/heizkosten-pruefen/heizkosten-pro-m2-vergleich/>.
- KBA (2019). Verkehr in Kilometern der deutschen Kraftfahrzeuge im Jahr 2017. Abgerufen am 21. Mai 2019 von [https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/verkehr\\_in\\_kilometern\\_node.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/verkehr_in_kilometern_node.html).
- KWSB (2019). Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“. Abschlussbericht. Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“. Abgerufen am 21. Mai 2019 von [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/A/abschlussbericht-kommission-wachstum-strukturwandel-und-beschaeftigung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/A/abschlussbericht-kommission-wachstum-strukturwandel-und-beschaeftigung.pdf?__blob=publicationFile&v=4).
- MAF (2018). Mid-term adequacy forecast 2018. European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E).
- NEP 2030 (2019). Netzentwicklungsplan Strom 2030 (2019). Erster Entwurf der Übertragungsnetzbetreiber. Stand: 04. Februar 2019. Berlin, Dortmund, Bayreuth, Stuttgart: 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH. Abgerufen am 13. Mai 2019 von [https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/paragraphs-files/NEP\\_2030\\_V2019\\_1\\_Entwurf\\_Teil1\\_1.pdf](https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/paragraphs-files/NEP_2030_V2019_1_Entwurf_Teil1_1.pdf).
- NPM (2019). Wege zur Erreichung der Klimaziele 2030 im Verkehrssektor - Zwischenbericht 03/2019. Nationale Plattform zur Zukunft der Mobilität.
- Öko-Institut (2019). Die Deutsche Kohle-Verstromung bis 2030. Freiburg: Öko-Institut e.V. Abgerufen am 15. März 2019 von <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Deutsche-Kohleverstromung-bis-2030.pdf>.

Öko-Institut, ISI, Prognos, M-Five, IREES und FiBL (2019). Folgenabschätzung zu den ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Folgewirkungen der Sektorziele für 2030 des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung. Freiburg, Karlsruhe, Berlin, Frankfurt: Öko-Institut e.V., Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Prognos AG, REES GmbH, FiBL, M-FIVE GmbH. Abgerufen am 4. Januar 2019 von <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Folgenabschaetzung-Klimaschutzplan-2050-Endbericht.pdf>.

Öko-Institut und ifeu (2018). Komponentenerlegung energiebedingter Treibhausgasemissionen mit Fokus auf dem Ausbau erneuerbarer Energien Teilbericht 3: Dekomposition der energiebedingten THG-Emissionen Deutschlands. Freiburg; Heidelberg: Öko-Institut e.V., ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH.

Prognos, ISI, GWS und iinas (nicht veröffentlicht). Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgenabschätzungen 2030. Berlin, Köln, Osnabrück: Prognos AG, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH, Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien.

UBA (2019a). Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2018. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, S. 29. Abgerufen am 20. Mai 2019 von [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-04-10\\_cc\\_10-2019\\_strommix\\_2019.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-04-10_cc_10-2019_strommix_2019.pdf).

UBA (2019b). Kohlendioxid-Emissionsfaktoren für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen. Umweltbundesamt. Abgerufen am 21. Mai 2019 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen>.

## Verzeichnisse: Abbildungen und Tabellen

### Abbildungen

Abbildung Z-1: Aktuelle und perspektivisch notwendige Veränderungen bei einzelnen Energiewendezielen... Z-3	
Abbildung Z-2: Erforderliche Veränderung des Endenergieverbrauchs durch Energieeffizienz und erneuerbare Energien bis zum Jahr 2030 einschließlich des Imports von regenerativen Brenn- und Kraftstoffen, Einschätzung zu den Flexibilitäten (Pfeile) sowie Referenzentwicklung im NECP Z-11	
Abbildung Z-3: Kohleausstiegspfade: Referenzentwicklung und Ausstiegsempfehlungen der „Kohlekommission“ .....	Z-15
Abbildung Z-4: Entwicklung und Wirkung der wesentlichen Einflussfaktoren auf die Emissionen der Stromerzeugung im Jahr 2030 gegenüber 2015 in Mio. t CO <sub>2</sub> .....	Z-16
Abbildung Z-5: Entwicklung der Energieeffizienz in einzelnen Endenergieverbrauchssektoren vom Zielbasisjahr 2008 bis 2017.....	Z-18
Abbildung Z-6: Entwicklung und Wirkung der wesentlichen Einflussfaktoren auf die Emissionen zur Wärmebereitstellung in privaten Haushalten, GHD und Industrie im Jahr 2030 ggü. 2015 in Mio. t CO <sub>2</sub> .....	Z-19
Abbildung Z-7: Entwicklung und Wirkung der wesentlichen Einflussfaktoren auf die Emissionen im Verkehr im Jahr 2030 gegenüber 2015 in Mio. t CO <sub>2</sub> .....	Z-21
Abbildung Z-8: Ursprungspfad und angepasster Ausbaupfad des Netzausbaus nach EnLAG und BBPIG (Stand Dezember 2018) .....	Z-22
Abbildung Z-9: Anteil der Letztverbraucher Ausgaben am Bruttoinlandsprodukt.....	Z-25

### Tabellen

Tabelle Z-1: Zusammenfassende Gesamteinschätzung der Expertenkommission zum Stand der Energiewende zur Zielerreichung 2020/2022 .....	Z-5
Tabelle Z-2: Detaillierte Betrachtung der einzelnen Indikatoren .....	Z-6
Tabelle Z-3: Ausgewählte Sektorkopplungstechnologien im Jahr 2050 .....	Z-13
Tabelle Z-4: Ausgewählte Ergebnisse zur Versorgungssicherheit für die Länder der „Penta-Region“ .....	Z-24
Tabelle Z-5: Haushalte: Wirkung eines CO <sub>2</sub> -Preises von 50 Euro/t CO <sub>2</sub> bei gleichzeitiger Entlastung beim Strompreis (Berechnungen als Anteil am Nettoeinkommen) .....	Z-27