

Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“

Stellungnahme zum achten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für die Berichtsjahre 2018 und 2019

Berlin · Münster · Nürnberg · Stuttgart, Februar 2021

- Prof. Dr. Andreas Löschel (Vorsitzender)
- Prof.in Dr. Veronika Grimm
- Prof.in Dr. Barbara Lenz
- Prof. Dr. Frithjof Staiß

Zusammenfassung

ENERGIE DER ZUKUNFT

Kommission zum Monitoring-Prozess

Prof. Dr. Andreas Löschel
(Vorsitzender)

Prof.in Dr. Veronika Grimm

Prof.in Dr. Barbara Lenz

Prof. Dr. Frithjof Staiß

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.in Dr. Veronika Grimm

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lange Gasse 20, 90403 Nürnberg
E-Mail: veronika.grimm@fau.de
Telefon: +49 911-5302-224
Fax: +49 911-5302-168

Prof.in Dr. Barbara Lenz

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
Institut für Verkehrsforschung
Rudower Chaussee 7, 12489 Berlin
E-Mail: barbara.lenz@dlr.de
Telefon: +49 30 67055-206
Fax: +49 30 67055-283

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

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

Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Dr. Oliver Kaltenecker, Marvin Gleue, Madeline Werthschulte, Gerald Zunker

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Dr. Christian Sölch, Sandra Kretschmer, Philipp Runge

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Stefan Seum, Moritz Bergfeld

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

Maike Schmidt, Henning Jachmann, Tobias Kelm, Jochen Metzger, Thomas Nieder

Vorwort

Die vorliegende Stellungnahme der Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“ kommentiert den achten Monitoring-Bericht zur Energiewende der Bundesregierung für die Berichtsjahre 2018 und 2019. Die Stellungnahme bezieht sich auf den Entwurf des achten Monitoring-Berichts, welcher der Expertenkommission im Dezember 2020 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) in einer vorläufigen Fassung zur Verfügung gestellt wurde. Soweit zeitlich möglich, wurden auch Änderungen des achten Monitoring-Berichts im Kontext der Ressortabstimmung berücksichtigt. Die vorliegende Stellungnahme basiert auf dem am 18. Dezember 2020 für die Expertenkommission verfügbaren Informations- und Datenstand.

Der Monitoring-Prozess dient der Überprüfung des Fortschritts bei der Erreichung der Ziele „für eine umwelt-schonende, 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 Mitgliedern, 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 von der Bundesregierung am 03. Februar 2021 veröffentlichte achte Monitoring-Bericht umfasst die Berichtsjahre 2018 und 2019. Der Monitoring-Bericht für das Berichtsjahr 2018 ist damit im Prinzip entfallen, ein Umstand, der sich aus den verschiedenen Verzögerungen in den Vorjahren erklärt. Die Expertenkommission hat deshalb im Sommer 2020 eine Stellungnahme zu den zentralen Handlungsfeldern der deutschen Energiewende im europäischen Kontext unter dem Titel „Klimaschutz vorantreiben, Wohlstand stärken“ vorgelegt. Damit wird auch bereits umfassend die Diskussion im aktuell vorgelegten Monitoring-Bericht zur Energiewende im europäischen und internationalen Kontext adressiert. Diese gesonderte Stellungnahme vom Sommer 2020 wird der vorliegenden Stellungnahme als Anhang beigelegt.

Das abgelaufene Jahr 2020 war geprägt durch die Corona-Pandemie, deren Auswirkungen auch das Energiesystem betreffen. Zwar bezieht sich die Expertenkommission in dieser Stellungnahme ebenso wie die Bundesregierung in ihrem achten Monitoring-Bericht prinzipiell auf die Berichtsjahre 2018 und 2019, so dass die besonderen Auswirkungen der Corona-Pandemie noch nicht in den Daten enthalten sind. Aufgrund der besonderen Auswirkungen der Pandemie auf die Erreichbarkeit der Energiewendeziele, die vom Energiekonzept 2010 in der Regel auch für das Zieljahr 2020 formuliert wurden, berücksichtigt die Expertenkommission jedoch bei ihren Einschätzungen zur Zielerreichung – wo sinnvoll – ebenfalls aktuellste Entwicklungen, sei es durch überschlägige quantitative Abschätzungen oder qualitative Erwägungen.

Infolge der Corona-Pandemie fanden im Jahr 2020 weniger Treffen und Interaktionen der Expertenkommission mit Vertretern des Bundeswirtschaftsministeriums (BMWi) statt. Auch gab es nicht den im Rahmen des Monitoring-Prozesses sonst üblichen Austausch mit anderen Bundesministerien. Im Rahmen der Treffen, die mit dem BMWi realisiert werden konnten, wurden nicht nur die energiewirtschaftlichen Entwicklungen des Monitoring-Berichts in den Jahren 2018 und 2019 besprochen, sondern auch die klima- und energiebezogenen Zielsetzungen mit Blick auf das Jahr 2030 diskutiert. Die dabei aufgeworfenen Fragen und angeregten Themen werden in der vorliegenden Stellungnahme aufgegriffen.

Einen besonderen Schwerpunkt in der vorliegenden Stellungnahme bildet daher die Perspektive bis zum Jahr 2030. Die Energie- und Klimaziele für das Jahr 2030 nach dem Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) und dem Integrierten Nationalen Energie- und Klimaplan (NECP) sind im Licht eines ambitionierteren Klimaschutzziels auf europäischer Ebene neu zu definieren bzw. zu bewerten (vgl. Kapitel 2; die Kapitelnummerierung bezieht sich auf die Langfassung der Stellungnahme, vgl. auch Lesehilfe unten). Mit Blick auf die im Jahr 2020 veröffentlichte Nationale Wasserstoffstrategie wird auch das Thema „globale Schlüsseltechnologien für Wasserstoff und synthetische Energieträger“ diskutiert. Regenerativer Wasserstoff und synthetische Energieträger werden eine zentrale Bedeutung für das Erreichen der Klimaneutralität bis zum Jahr 2050 haben (vgl. Kapitel 11). Da die Energiewende im Verkehrssektor seit Jahren stagniert, wird dieser Sektor in diesem Jahr mit besonderer Tiefe analysiert. Dabei werden sowohl die Angebots- als auch die Nachfrageseite beleuchtet und Handlungsempfehlungen ausgesprochen (vgl. Kapitel 9). Wie der achte Monitoring-Bericht betont auch die Expertenkommission die hohe Bedeutung der Digitalisierung für das Energiesystem der Zukunft. In diesem Zusammenhang ist gerade die relativ neue Technologie der „Blockchain“ passfähig, die weitreichende Chancen im Rahmen einer zunehmend digitalisierten Wirtschaft bietet, insbesondere für die Erschließung von Effizienzpotentialen und zur Steigerung der Transparenz (vgl. Kapitel 12). Im Hinblick auf den Klimaschutzplan der Bundesregierung und das Langfristziel der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2050 ist es wichtig, aktuelle und zukünftige energie- und klimapolitische Instrumente und Maßnahmen bereits vor ihrer Implementierung hinreichend zu evaluieren. Die Expertenkommission möchte der Bundesregierung mit ihrem Kriterienraster ein geeignetes Instrument an die Hand geben (vgl. Kapitel 13).

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 Dr. Oliver Kaltenecker, Marvin Gleue, Madeline Werthschulte und Gerald Zunker von der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (WWU), Dr. Christian Sölch, Sandra Kretschmer und Philipp Runge von der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), Stefan Seum und Moritz Bergfeld vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Berlin sowie Maïke Schmidt, Henning Jachmann, Tobias Kelm, Jochen Metzger und Thomas Nieder vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart.

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

Berlin, Münster, Nürnberg, Stuttgart, 03. Februar 2021

Veronika Grimm

Barbara Lenz

Andreas Löschel

Frithjof Staiß

Inhalt

Vorwort	i
Inhalt	iii
Lesehilfe zur Stellungnahme zum achten Monitoring-Bericht der Bundesregierung.....	iv
Zusammenfassung der Stellungnahme	1
Stand der Energiewende.....	1
Perspektive bis zum Jahr 2030.....	15
Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien.....	19
Netzinfrastruktur	22
Versorgungssicherheit	24
Energieeffizienz.....	26
Verkehr	28
Energiepreise und Energiekosten	31
Globale Schlüsseltechnologien für Wasserstoff und synthetische Energieträger	34
Blockchain als Element der Digitalisierung der Energiewende.....	36
Kriterienraster auf dem Weg zur Klimaneutralität	38
Literaturverzeichnis	41

Lesehilfe zur Stellungnahme zum achten Monitoring-Bericht der Bundesregierung

Der achte Monitoring-Bericht der Bundesregierung und die Stellungnahme der Expertenkommission weichen im Aufbau und in der Benennung der Kapitel voneinander ab. Zur besseren Übersicht stellt die Tabelle L-1 gegenüber, wo die jeweilige Kommentierung zu den Inhalten des achten Monitoring-Berichts in der Stellungnahme der Expertenkommission (im Schwerpunkt) zu finden ist.

Tabelle L-1: Lesehilfe zur Stellungnahme der Expertenkommission

Inhalte des achten Monitoring-Berichts	Kommentierung in der Stellungnahme (Schwerpunkte)
Zentrale Botschaften des achten Monitoring-Berichts	Zusammenfassung der Stellungnahme
Einleitung	Kapitel 1: Stand der Energiewende
Ziele der Energiewende und Indikatoren für das Monitoring	Kapitel 1: Stand der Energiewende
Energiewende im europäischen und internationalen Kontext	Kapitel 2: Perspektive bis zum Jahr 2030 Kapitel 3: Klimapolitische Instrumente zur Erreichung der 2030-Ziele Vgl. EWK (2020) insgesamt
Erneuerbare Energien	Kapitel 4: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien – Aktuelle Entwicklungen Kapitel 5: Zukunftsorientierte Weiterentwicklung des Förderregimes für die erneuerbare Stromerzeugung Kapitel 8: Energieeffizienz
Energieverbrauch und Energieeffizienz	Kapitel 8: Energieeffizienz
Gebäude und Wärmewende	Kapitel 8: Energieeffizienz
Verkehr	Kapitel 9: Verkehr
Treibhausgasemissionen	Kapitel 2: Perspektive bis zum Jahr 2030
Kraftwerke und Versorgungssicherheit	Kapitel 7: Versorgungssicherheit Kapitel 13: Kriterienraster auf dem Weg zur Klimaneutralität
Bezahlbare Energie und faire Wettbewerbsbedingungen	Kapitel 10: Energiepreise und Energiekosten
Umweltverträglichkeit der Energieversorgung	Kapitel 13: Kriterienraster auf dem Weg zur Klimaneutralität
Netzinfrastruktur	Kapitel 6: Netzinfrastruktur
Sektorkopplung und Digitalisierung der Energiewende	Kapitel 12: Blockchain als Element der Digitalisierung der Energiewende
Energieforschung und Innovationen	Kapitel 11: Globale Schlüsseltechnologien für Wasserstoff und synthetische Energieträger
Investitionen, Wachstum und Beschäftigung	Kapitel 7 in EWK (2020): Industrielle Transformation durch klimaneutrale Produktion beschleunigen Kapitel 10 in EWK (2020): Privates Kapital stärker für Green Finance aktivieren
Maßnahmenübersicht	Zusammenfassung der Stellungnahme
Die Referenz „EWK (2020)“ bezieht sich auf die im Sommer 2020 von der Expertenkommission vorgelegte Stellungnahme zu den zentralen Handlungsfeldern der deutschen Energiewende im europäischen Kontext unter dem Titel „Klimaschutz vorantreiben, Wohlstand stärken“. Sie ist der aktuellen Stellungnahme als Anhang beigelegt. EWK = Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“ („Energiewendekommission“)	

Quelle: Eigene Darstellung

Zusammenfassung der Stellungnahme

Stellungnahme zum achten Monitoring-Bericht der Bundesregierung

Stand der Energiewende

1. Das Energiekonzept vom September 2010, die Beschlüsse zum Kernenergieausstieg vom August 2011, das Klimaschutzgesetz vom Dezember 2019 und die Beschlüsse zum Kohleausstieg vom Januar 2020 bilden die Langfriststrategie der Energiepolitik der Bundesregierung. Im Sommer 2020 sind zudem das Zukunftspaket und die Wasserstoffstrategie beschlossen worden. Die Bundesregierung bekennt sich darin zur Treibhausgasneutralität. Das Bekenntnis spiegelt sich auch im achten Monitoring-Bericht wider: „Die Bundesregierung verfolgt das Ziel, die deutsche Wirtschaft weltweit zur energieeffizientesten Volkswirtschaft zu formen [...], um bis zum Jahr 2050 die Treibhausgasneutralität zu erreichen“ (vgl. Kapitel 5.4 in BMWi, 2021).
2. Zur Dokumentation des Fortschritts bei der Umsetzung des Energiekonzepts veröffentlicht die Bundesregierung jährlich einen faktenbasierten Monitoring-Bericht und zudem alle drei Jahre einen Fortschrittsbericht mit einer vertieften Analyse der Entwicklungen und Maßnahmen sowie einem Ausblick. In diesem Jahr veröffentlicht die Bundesregierung ihren mittlerweile achten Monitoring-Bericht. Seit 2011 steht der Bundesregierung in diesem Prozess eine unabhängige Kommission aus vier Expertinnen und Experten beratend zur Seite. Die Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“ legt ihrerseits jährliche Stellungnahmen zum Fortschritt der Energiewende vor, die den Berichten der Bundesregierung beigelegt und dem Kabinett sowie dem Bundestag zugeleitet werden. Die vorliegende Stellungnahme der Expertenkommission bezieht sich auf den Entwurf des achten Monitoring-Berichts, der der Expertenkommission am 09. Dezember 2020 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) zur Verfügung gestellt wurde.
3. Der von der Bundesregierung vorgelegte achte Monitoring-Bericht bezieht sich auf die Berichtsjahre 2018 und 2019 und wurde am 03. Februar 2021 veröffentlicht. Der Monitoring-Bericht für das Berichtsjahr 2018 ist damit entfallen, ein Umstand, der sich aus den verschiedenen Verzögerungen in den Vorjahren erklärt. Die Expertenkommission hat deshalb im Sommer 2020 eine Stellungnahme zu den zentralen Handlungsfeldern der deutschen Energiewende im europäischen Kontext unter dem Titel „Klimaschutz vorantreiben, Wohlstand stärken“ vorgelegt (EWK, 2020). Darin wird auch bereits umfassend die Diskussion im Monitoring-Bericht zur Energiewende im europäischen und internationalen Kontext (vgl. Kapitel 3 in EWK, 2020) adressiert. Diese gesonderte Stellungnahme vom Sommer 2020 wird der vorliegenden Stellungnahme im Anhang beigelegt. Die Expertenkommission nimmt darin direkt Bezug zu einer der zentralen Botschaften des Monitoring-Berichts: „Die Energiewende ist kein nationaler Alleingang. Sie ist vielmehr eingebettet in die europäische Energiepolitik und findet weltweit statt. Eine erfolgreiche Energiewende muss daher auch global und ganzheitlich gedacht werden“ (vgl. „Zentrale Botschaften des 8. Monitoring-Berichts“ in BMWi, 2021).
4. Die Expertenkommission stellt ihre Einschätzung des Standes der Energiewende anhand einer Energiewende-Ampel dar. Wie die Bundesregierung in ihrem achten Monitoring-Bericht bezieht sich auch die Expertenkommission in dieser Stellungnahme prinzipiell auf die Berichtsjahre 2018 und 2019. Damit sind sowohl im achten Monitoring-Bericht als auch in der hier vorliegenden Stellungnahme die besonderen Auswirkungen der Corona-Pandemie noch nicht in den Daten enthalten. Dennoch berücksichtigt die Expertenkommission bei ihren Einschätzungen zur Zielerreichung – wo sinnvoll – auch aktuellste Entwicklungen, sei es durch überschlägige quantitative Abschätzungen oder qualitative Erwägungen. Werden allein die Berichtsjahre 2018 und 2019 betrachtet, so kann nicht von einem tatsächlichen Erreichen des Klimaschutzziels 2020 ausgegangen werden. Die unvorhersehbaren, abrupten Veränderungen auf den Energiemärkten durch die Corona-Pandemie zusammen

mit dem Anstieg der CO₂-Preise seit Ende 2018 werden zahlenmäßig zwar wahrscheinlich zum Erreichen des Klimaziels 2020 führen, ohne dass damit aber die Energiewendeziele in allen Sektoren erfüllt werden (vgl. Energiewende-Ampel Tabelle Z-2 und Tabelle Z-3).

Entwicklungen im Jahr 2020

5. Ein quantitatives Beispiel für die Entwicklungen im Jahr 2020 soll hinsichtlich der Leitindikatoren „Reduktion des Primärenergieverbrauchs“ und „Reduktion der Treibhausgasemissionen“ (insbesondere unter Berücksichtigung des Stromsektors) gegeben werden (vgl. Tabelle Z-1). Der konjunkturelle Einbruch infolge der Lockdowns reduzierte den Primärenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen stark, so dass – im Vergleich zu den Vorjahren – die Erreichbarkeit der 2020-Energiewendeziele der Bundesregierung deutlich näher rückte:

- Sowohl für den Primärenergieverbrauch als auch für die Bruttostromerzeugung stehen die Werte für 2020 zumindest vorläufig fest. Mit 11.691 PJ lag der Primärenergieverbrauch im Jahr 2020 um 8,7 % niedriger als im Vorjahr. Der entsprechende Wert bei der Bruttostromerzeugung lag mit 564 TWh um 6,5 % unter dem Vorjahr. Zudem wurden 2020 lediglich 21 TWh Strom (im Saldo) ins Ausland exportiert, 2019 lag der Exportüberschuss noch bei 35 TWh.
- Die CO₂-Emissionen der Stromwirtschaft (d. h. die CO₂-Emissionen aller Stromerzeugungsanlagen einschließlich der Anlagen in der Industrie) sind 2020 nach vorläufigen Berechnungen deutlich um 16 % auf 188 Mio. t CO₂ gesunken. Der Rückgang bei den Stromexporten 2019-2020 bedeutet gleichzeitig, dass weniger bei der Stromerzeugung entstehende Emissionen indirekt über die Stromflüsse in das Ausland „exportiert“ wurden.
- Auch für die Treibhausgasemissionen in Deutschland gibt es erste vorläufige Schätzungen: Mit einem Rückgang von 82 Mio. t CO₂-Äq. erreichte der Ausstoß klimawirksamer Gase im Jahr 2020 etwa 722 Mio. t CO₂-Äq. Dies entspricht einem Rückgang um 10 % gegenüber dem Vorjahr (vgl. drittletzte Zeile, Tabelle Z-1). Das 2020-Ziel bei den Treibhausgasemissionen (Zielwert von 751 Mt CO₂-Äq. bzw. eine Reduktion um mindestens 40 % im Jahr 2020 gegenüber 1990) wird erreicht.

Tabelle Z-1: Abschätzung energiewirtschaftlicher Größen für das Jahr 2020

Merkmale	2018	2019	2020	Ziel 2020	
Primärenergieverbrauch [PJ]	13.129	12.779	11.691	11.504	
darunter Braunkohle	1.481	1.161	950	Kein Ziel	
Steinkohle	1.428	1.095	894		
Erdgas	3.099	3.200	3.091		
Mineralölprodukte [inkl. Internationalem Flugverkehr]	4.452	4.511	3.966		
Sonstige	2.670	2.812	2.790		
Bruttostromerzeugung [TWh]	636	604	564		
darunter Braunkohle	146	114	90		
Steinkohle	83	57	45		
Erdgas	83	91	90		
Mineralölprodukte	5	5	6		
Sonstige	320	336	333		
Stromexport [TWh]	51	35	21		
Treibhausgasemissionen insgesamt [Mt CO ₂ -Äq.] [ohne internationalen Flugverkehr]	858	804	722		751
Rückgang gegenüber 1990 [%]	31	36	43		40
darunter aus Stromerzeugung	269	225	188	Kein Ziel	

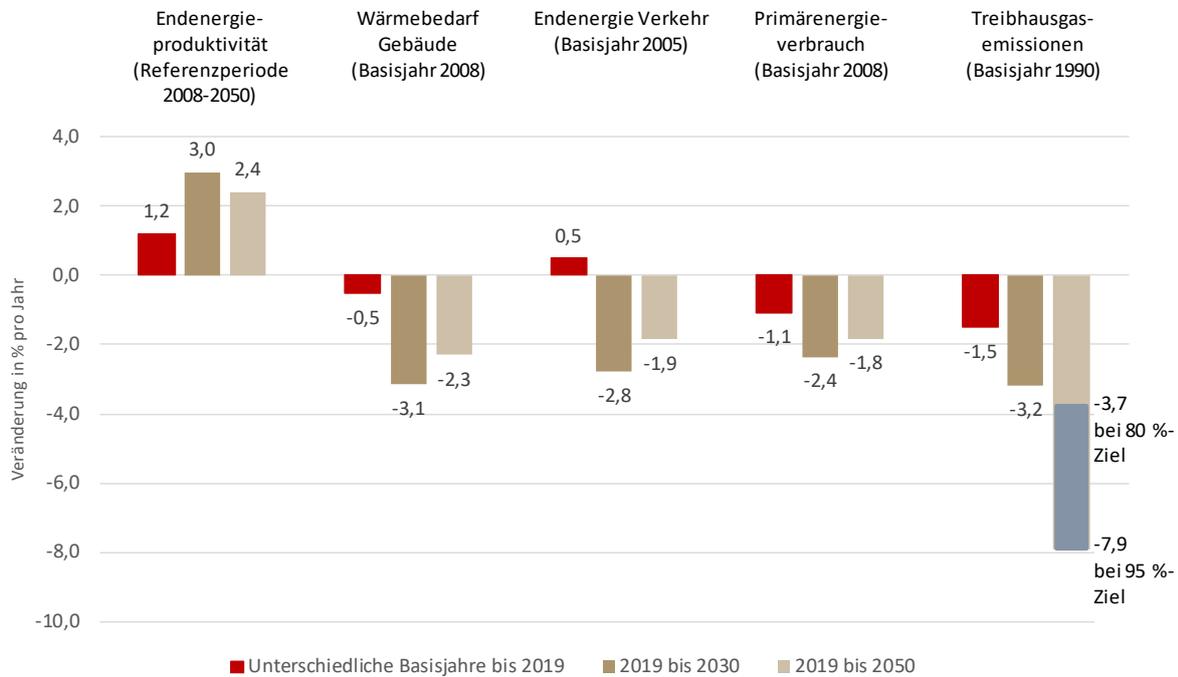
Quellen: Eigene Darstellung auf Basis von AG Energiebilanzen (2020), Agora Energiewende (2021), BDEW (2020), BMU (2020)

Aktuelle und perspektivisch notwendige Veränderungen

6. Die Abbildung Z-1 zeigt aktuelle und perspektivisch notwendige Veränderungen bzw. erforderliche Anstrengungen bei ausgewählten Energiewendezielen. Die Abbildung basiert auf ausgewählten Zielsetzungen aus dem Zieltabelleau des achten Monitoring-Berichts der Bundesregierung (vgl. Kapitel 2 in BMWi, 2021). Die dargestellten Veränderungen beziehen sich auf den aktuellen Stand des Energiekonzepts bezüglich der Ziele 2030 und 2050. Wo eigenständige Zielsetzungen für das Jahr 2030 fehlen, wurde eine lineare Interpolation der bestehenden Zielsetzungen zwischen den Jahren 2020 und 2050 verwendet (für die Berechnungen im Einzelnen vgl. Langfassung der Stellungnahme).

7. Allerdings sind die Zielsetzungen (bzw. auch die Zwischenziele auf Basis der linearen Interpolation) miteinander nicht vollständig kompatibel. So berücksichtigen die Zielsetzungen z. B. nicht vollständig die aktuellen und zu erwartenden Beschlüsse, etwa im Kontext des von der EU-Kommission vorgeschlagenen verschärften Klimaschutzziels für das Jahr 2030 auf Basis des europäischen Green Deal (Reduktion der CO₂-Emissionen in der EU bis 2030 um mindestens 55 % statt lediglich um 40 % ggü. 1990). Dies wird Auswirkungen sowohl für die Sektoren innerhalb als auch außerhalb des Europäischen Emissionshandels (EU ETS) haben (vgl. Kapitel 2). Das Zieltabelleau für das Jahr 2030 sollte entsprechend rasch vollständig und konsistent entwickelt werden. Die Expertenkommission nimmt hierzu in den einzelnen Kapiteln Abschätzungen vor und unterbreitet Vorschläge.

Abbildung Z-1: Aktuelle und perspektivisch notwendige Veränderungen bei ausgewählten Energiewendezielen auf Basis des achten Monitoring-Berichts



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Daten der Energiewende-Ampel und eigener Abschätzungen. Die Darstellung bezieht sich auf das Berichtsjahr 2019, ohne Berücksichtigung ggf. vorläufiger Daten für 2020.

Die Energiewende-Ampel

8. Die Expertenkommission stellt ihre Einschätzung des Standes der Energiewende anhand einer Energiewende-Ampel dar. 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. Bei der Zuordnung zu den drei Kategorien verwendet die Expertenkommission das statistische Konzept von Prognoseintervallen. Liegt der politisch gesetzte Zielwert für das Jahr 2020 innerhalb des jeweiligen Prognoseintervalls, so ist eine Zielerreichung bei Trendfortschreibung zumindest aus statistischer Sicht wahrscheinlich. Bei einer zu erwartenden Zielübererfüllung bzw. Zielverfehlung liegen die Werte entsprechend außerhalb des Intervalls. Kürzlich implementierte bzw. wirksame Maßnahmen, die sich noch nicht in den Vergangenheitsdaten widerspiegeln, werden durch Experteneinschätzungen berücksichtigt, sofern noch keine belastbaren quantitativen Wirkungsanalysen verfügbar sind. Damit kombiniert die Energiewende-Ampel die Stärken einer objektiven, statistisch-faktenbasierten Methode mit der Expertise der Expertenkommission. Darüber hinaus werden weitere wichtige Dimensionen für das Gelingen der Energiewende betrachtet.

9. Die Energiewende-Ampel fokussiert sich auf die Ziele für die Energiewende im Jahr 2020 und zieht damit eine Zwischenbilanz auf Basis des Energiekonzepts aus dem Jahr 2010. Wie oben erwähnt, lässt die Expertenkommission die Entwicklungen aufgrund der Corona-Pandemie im für die Energiewende-Ziele bedeutsamen

Zieljahr 2020 bei ihrer Beurteilung mit einfließen. Anders als in den Vorjahren berücksichtigt die Expertenkommission in ihrer Energiewende-Ampel dieses Mal nicht die Ziele für 2030. Dies liegt zum einen daran, dass die mittel- bis langfristigen Auswirkungen der Corona-Pandemie noch nicht absehbar sind. Viel bedeutsamer ist jedoch, dass die Bundesregierung für viele Indikatoren, wie oben diskutiert, noch keine 2030-Ziele festgelegt hat bzw. ggf. ein Anpassungsbedarf zehn Jahre nach dem Energiekonzept 2010 besteht. Die Expertenkommission widmet sich dazu in einem eigenen Kapitel (vgl. Kapitel 2) insbesondere den Auswirkungen eines zu erwartenden ambitionierteren Klimaschutzziels für die EU.

10. Die Gesamtschau – vgl. Tabelle Z-2 für die kompakte Darstellung und Tabelle Z-3 für eine Detailbetrachtung je Indikator – lässt erkennen, dass die Ampel lediglich im Bereich Energieeffizienz auf „rot“ steht, wobei dies sowohl hinsichtlich des Leitindikators der Reduktion des Primärenergieverbrauchs als auch für die ergänzenden Indikatoren Endenergieproduktivität und Reduktion des Endenergieverbrauchs im Verkehr gilt. Diese Einschätzung beruht auf der erwarteten Langfristentwicklung jenseits der Corona-Pandemie. Eindeutig grüne Bereiche zeigen sich in Bezug auf den Ausstieg aus der Kernenergie (gemessen an der Abschaltung von Kernkraftwerken gemäß Ausstiegspfad) und den Ausbau der erneuerbaren Energien, bei der sich die Bewertung hauptsächlich durch die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergie- sowie am Bruttostromverbrauch ergibt. Über den Zeitraum der Energiewendeampel hinaus stellt es dennoch eine Herausforderung dar, den Ausbau weiter in derselben Geschwindigkeit voranzutreiben bzw. den Ausbau sogar noch deutlich zu beschleunigen. So könnten die Ausbauziele zu niedrig gesteckt sein, wenn man z. B. auf den zukünftigen Strombedarf durch die Elektrifizierung der Sektoren Verkehr und Wärme und den Bedarf für die Wasserstoffproduktion blickt. Innerhalb des Bereichs erneuerbarer Energien negativ bewertet wird die Zielerreichung bezüglich der Erhöhung des Anteils im Verkehr. Als unsicher gilt die Zielerreichung für den Anteil am Wärmeverbrauch.

11. Wie in der vorangegangenen Stellungnahme sieht die Expertenkommission Unsicherheiten im Hinblick auf die Zielerreichung in den Dimensionen Preiswürdigkeit, Versorgungssicherheit und Akzeptanz. Diese Unsicherheiten werden in der Zukunft mit dem Bekenntnis zur Klimaneutralität stark zunehmen. Eine raschere Defossilisierung dürfte nicht nur mit höheren Belastungen einhergehen, sondern auch zu neuen Herausforderungen für die Versorgungssicherheit und die Akzeptanz der Energiewende führen. Bei einem Blick zurück im Rahmen des Monitorings zeigt sich ein differenziertes Bild für einzelne Indikatoren. So liegen bzgl. der Preiswürdigkeit die drei Indikatoren für die Letztverbraucherausgaben (Strom, Wärmedienstleistungen und Straßenverkehr) nach Auffassung der Expertenkommission augenblicklich im grünen Bereich. Auch wenn Deutschland die höchsten Strompreise in Europa hat, ergibt sich für den Anteil der Letztverbraucherausgaben für Strom an der Wirtschaftsleistung (BIP) ein weiterhin relativ niedriger Wert. Dabei ist eine große Heterogenität etwa zwischen einzelnen Sektoren zu beachten: die Belastungen hinsichtlich der Entwicklung der Stromstückkosten in der Industrie und der Energiekostenbelastung der Haushalte sind durchaus beachtlich und es wird entsprechend die gelbe Ampelfarbe vergeben. Bei der Versorgungssicherheit bleiben die erheblichen Defizite beim Ausbau der Stromnetze bestehen. Sollte die Bundesregierung den Netzausbau nicht entschlossen angehen bzw. die regionale Flexibilität nicht erhöhen, sind perspektivisch die Versorgungssicherheit sowie die Ziele beim Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugungsanlagen gefährdet. Es gilt daher, genau im Blick zu behalten, an welchen Stellen kostenintensive Engpassmanagement-Maßnahmen zielführend sind und wo der Fokus darauf gelegt werden muss, die Netzinfrastruktur rasch zu stärken oder weiter auszubauen. Die Ausfälle in der Strom- und Gasversorgung bewegen sich wie in den Vorjahren auf geringem Niveau. Nicht eindeutig ist das Bild bei der Akzeptanz. Auf der eher allgemeinen Ebene der Energiewendeziele gibt es nach wie vor hohe Zustimmungswerte. Die Umsetzung der Energiewende wird hingegen zunehmend kritisch gesehen. Dies gilt auch im Fall einer tatsächlichen oder subjektiv wahrgenommenen negativen persönlichen Betroffenheit. Um die Akzeptanz bei der Bevölkerung nicht zu verlieren, muss die Bundesregierung an dieser Stelle gegensteuern.

12. Beim Abgleich der Einschätzungen der Expertenkommission mit den Einschätzungen der Bundesregierung in ihrem Monitoring-Bericht kann festgestellt werden, dass diese sich im Vergleich zu früheren Berichtsjahren eher angeglichen haben. Dies ist im Wesentlichen auf die unerwartet starke Reduktion der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) aufgrund der pandemiebedingten Einschränkungen zurückzuführen. In den vergangenen Jahren hatte die Bundesregierung die Reduktion der THG-Emissionen (Ziel: Reduktion um 40 % gegenüber 1990 bis 2020) mit drei von fünf möglichen Punkten in ihrem System (vgl. Kapitel 2.2 in BMWi, 2021) sehr viel positiver eingeschätzt als die Expertenkommission, die bislang die rote Ampelfarbe vergab. In diesem Jahr vergibt die Expertenkommission die Ampelfarbe „gelb“, die Bundesregierung bleibt bei der Vergabe von drei Punkten. Eine größere Abweichung ergibt sich jedoch weiterhin bei der Endenergieproduktivität (Ziel: Steigerung um 2,1 % pro Jahr 2008-2050). Hier vergibt die Expertenkommission weiterhin, wie auch im Vorjahr, die Ampelfarbe rot, während die Bundesregierung drei Punkte (im Vorjahr 2 Punkte) vergibt. Eine relativ gute Übereinstimmung zwischen der Einschätzung der Bundesregierung und der der Expertenkommission gibt es bei den restlichen quantitativen Zielen der Energiewende. Sowohl bei der Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch (Ziel: 18 % bis 2020) als auch bei der Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien 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 im Bereich des Anteils erneuerbarer Energien im Verkehr (Ziel: 10 % im Jahr 2020). Auch die Bundesregierung vergibt hier lediglich einen Punkt. Demgegenüber scheint die Erreichung des Ziels bei der Reduktion des Primärenergieverbrauchs (Ziel: Reduktion um 20 % gegenüber 2008 bis 2020) möglich, dies aber allein auf Grund der Coronabedingten Sonderentwicklung des Jahres 2020. Die Expertenkommission vergibt deshalb die rote Ampelfarbe, die Bundesregierung auf Basis der Werte für das Jahr 2019 lediglich zwei Punkte. Dazwischen liegt die Einschätzung für die Reduktion des Wärmebedarfs im Gebäudesektor (Ziel: Reduktion des Wärmebedarfs um 20 % gegenüber dem Jahr 2008 bis zum Jahr 2020). Für dieses Ziel vergibt die Bundesregierung drei Punkte und die Expertenkommission die Ampelfarbe „gelb“. Bei dem Ziel der Reduktion des Endenergieverbrauchs im Verkehr vergibt die Bundesregierung keine Einschätzung, die Expertenkommission vergibt die Ampelfarbe „rot“.

Tabelle Z-2: Zusammenfassende Gesamteinschätzung der Expertenkommission zum Stand der Energiewende zur Zielerreichung 2020

Dimension	Indikator	
Klimaschutz	Reduktion der Treibhausgasemissionen (Leitindikator bzw. Oberziel)	●
Kernenergieausstieg	Abschaltung von Kernkraftwerken gemäß Ausstiegspfad (Leitindikator bzw. Oberziel)	●
Erneuerbare Energien	Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch (Leitindikator)	●
	Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch	●
	Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte	●
	Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien im Verkehr	●
Energieeffizienz	Reduktion des Primärenergieverbrauchs (Leitindikator)	●
	Endenergieproduktivität	●
	Reduktion des Wärmebedarfs im Gebäudesektor	●
	Reduktion des Endenergieverbrauchs im Verkehr	●
Versorgungssicherheit	Ausbau der Übertragungsnetze (Leitindikator)	●
	Umfang der erforderlichen 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 EU-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-3: Detaillierte Betrachtung der einzelnen Indikatoren

Klima- schutz	<p>Reduktion der Treibhausgasemissionen (Leitindikator bzw. Oberziel) ●</p> <p><u>Messgröße:</u> Die gesamten ausgestoßenen Treibhausgasemissionen [Mio. t CO₂-Äq.] <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 2019:</u> 805 Mio. t CO₂-Äq.</p>	
	<p>Abschaltung von Kernkraftwerken gemäß Ausstiegspfad (Leitindikator bzw. Oberziel) ●</p> <p><u>Messgröße:</u> Anzahl der Kernkraftwerke in Leistungsbetrieb [Anzahl der Anlagen] <u>Zielsetzung:</u> Spätestens mit Ablauf des 31.12.2017: nur noch 7 Anlagen in Leistungsbetrieb; 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 November 2019:</u> 6 Anlagen</p>	
Erneuer- bare Energien	<p>Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch (Leitindikator) ●</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 2019:</u> 17,5 % <u>Hinweis:</u> Ampelfarbe „grün“ verlangt Übererfüllung bei „Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch“.</p>	
	<p>Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch ●</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 2019:</u> 42,1 %</p>	

Fortsetzung

Erneuerbare Energien	<p>Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte ●</p> <p><u>Messgröße:</u> Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme, Klimakälte und Prozesskälte [%] <u>Zielsetzung:</u> Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch auf 14 % bis 2020 [Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (EEWärmeG) 2008] <u>Beurteilungskriterien:</u> Prognoseintervalle und Experteneinschätzung <u>Status quo 2019:</u> 14,5 % <u>Hinweis:</u> Ampelfarbe „gelb“, da Dynamik im Wärmebereich fehlt.</p>	
	<p>Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien im Verkehr ●</p> <p><u>Messgröße:</u> Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch im Verkehrssektor [%] <u>Zielsetzung:</u> Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien im Verkehrsbereich auf 10 % bis 2020 [EU-Richtlinie 2009/28/EG]. Das Ziel ist verbindlich und zusätzlich zum 18 % Endenergieverbrauchssziel einzuhalten <u>Beurteilungskriterien:</u> Prognoseintervalle und Experteneinschätzung <u>Status quo 2019:</u> 5,6 %</p>	
Energieeffizienz	<p>Reduktion des Primärenergieverbrauchs (Leitindikator) ●</p> <p><u>Messgröße:</u> Primärenergieverbrauch [PJ] <u>Zielsetzung:</u> Reduktion des Primärenergieverbrauchs um 20 % ggü. 2008 bis 2020 [Energiekonzept 2010] <u>Beurteilungskriterien:</u> Prognoseintervalle und Experteneinschätzung <u>Status quo 2019:</u> 12.779 PJ</p>	
	<p>Endenergieproduktivität ●</p> <p><u>Messgröße:</u> Durchschnittliche Endenergieproduktivität pro Jahr im Zeitraum 2008 bis zum aktuellen Berichtsjahr definiert als reales Bruttoinlandsprodukt dividiert durch Endenergieverbrauch [EUR / Gigajoule] <u>Zielsetzung:</u> Durchschnittliche Endenergieproduktivität von 2,1 % pro Jahr im Zeitraum 2008-2050 [Energiekonzept 2010] <u>Beurteilungskriterien:</u> Prognoseintervalle und Experteneinschätzung <u>Status quo 2018:</u> 349 Euro / Gigajoule</p>	

Fortsetzung

Energieeffizienz	<p>Reduktion des Wärmebedarfs im Gebäudesektor ●</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> 3.115 PJ</p>	
	<p>Reduktion des Endenergieverbrauchs im Verkehr ●</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 2019:</u> 2.770 PJ</p>	
Versorgungssicherheit	<p>Ausbau der Übertragungsnetze (Leitindikator) ●</p> <p><u>Messgröße:</u> Abweichung der Gesamtinbetriebnahme zwischen Plan (im jeweils ersten Berichtsjahr des Netzausbaumonitoring) 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 2019:</u> Abweichung 1.331 Kilometer (bisher Gesamtinbetriebnahme von Vorhaben mit Länge von 648 Kilometern, Planwert (2013 für EnLAG und 2016 für BBPIG) 1.979 Kilometer) <u>Hinweis:</u> Ampelfarbe „rot“ ergibt sich aus der Einschätzung, dass Verzögerungen sich auch zukünftig fortsetzen werden.</p>	
	<p>Umfang der erforderlichen Engpassmanagementmaßnahmen ●</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 2019:</u> 13.440 GWh pro Jahr</p>	

Fortsetzung

Versorgungssicherheit	System Average Interruption Duration Index – SAIDI Strom und SAIDI Gas ●		
	<p><u>Messgröße:</u> Durchschnittlicher Ausfall der Strom- bzw. Gasversorgung pro Jahr und Kunde [Minuten]</p> <p><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.</p> <p><u>Beurteilungskriterien:</u> Experteneinschätzung</p> <p><u>Status quo 2019:</u> 13,9 Minuten für Strom und 0,5 Minuten für Gas</p>		
Preiswürdigkeit	Letztverbraucherenausgaben für Elektrizität am Bruttoinlandsprodukt (Leitindikator) ●		
	<p><u>Messgrößen der Preiswürdigkeit:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> (Aggregierte) Letztverbraucherenausgaben für Elektrizität (bzw. für Wärmedienstleistungen und Kraftstoffe im Straßenverkehr) dividiert durch Bruttoinlandsprodukt [%] Elektrizitätsstückkosten der Industrie definiert als Kosten für Elektrizität dividiert durch Wertschöpfung [%] <p><u>Aussage:</u> Die Indikatoren messen die Belastung durch Energiekosten.</p> <p><u>Beurteilungskriterien:</u> Experteneinschätzung</p> <p><u>Status quo 2019:</u> 2,2 % (Letztverbraucherenausgaben für Elektrizität am Bruttoinlandsprodukt)</p>		
	Letztverbraucherenausgaben für Wärmedienstleistungen ●	Letztverbraucherenausgaben im Straßenverkehr ●	Elektrizitätsstückkosten der Industrie im EU-Vergleich ●
	Energiekostenbelastung der Haushalte ●		
<p><u>Messgröße:</u> Anteil der Energieausgaben privater Haushalte (ohne Kraftstoffe) an ihren gesamten Konsumausgaben [%]</p> <p><u>Aussage:</u> Der Indikator zeigt die Energiekostenbelastung der Haushalte und macht auf potentielle soziale Auswirkungen der Energiewende aufmerksam; die Belastung einkommenschwacher Haushalte wird der Belastung durchschnittlicher Haushalte gegenübergestellt.</p> <p><u>Beurteilungskriterien:</u> Experteneinschätzung</p> <p><u>Status quo 2018:</u> 9,1 % (einkommenschwache Haushalte) und 5,4 % (durchschnittlicher Haushalt)</p>			

Fortsetzung

Akzeptanz	Generelle Zustimmung zu den Zielen der Energiewende (Leitindikator) 
	<u>Messgröße:</u> Anteil der Bevölkerung, der der Energiewende zustimmt/die Energiewende ablehnt hinsichtlich: (i) ihrer generellen Ziele, (ii) ihrer Umsetzung und (iii) auf Grundlage persönlicher Betroffenheit [Prozent] <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 (IASS, 2020)
	Zustimmung hinsichtlich der Umsetzung der Energiewende 
	Zustimmung auf Grundlage persönlicher Betroffenheit 

Quelle: Eigene Darstellung

13. Die Energiewende-Ampel weist in der Regel Indikatorenwerte bis einschließlich des Berichtsjahres 2019 aus, auch wenn, wie oben beschrieben, die Expertenkommission aktuellere Werte berücksichtigt und zusätzliche quantitative Abschätzungen vornimmt, um die Zielerreichung der Indikatoren bis 2020 bestmöglich einzuschätzen. Im Jahr 2020 ergaben sich zudem zahlreiche themenspezifische sowie politische Entwicklungen, gerade mit Blick auf den europäischen Energiewende-Rahmen, welche die Expertenkommission in einer gesonderten Stellungnahme im Sommer 2020 berücksichtigte (vgl. EWK, 2020). Die wichtigsten Ergebnisse und Empfehlungen der Kommentierung zentraler Handlungsfelder der deutschen Energiewende im europäischen Kontext vom Sommer 2020 finden sich in Box Z-1. Die Gesamtfassung der Sommer-Stellungnahme ist der vorliegenden Stellungnahme angefügt. Die in der Sommer-Stellungnahme angesprochenen Handlungsfelder besitzen besondere Relevanz auch für die Zielerreichung der deutschen Energiewende bis zum Jahr 2030. Um die Perspektive bis zum Jahr 2030 geht es im folgenden Abschnitt.

Box Z-1: Ergebnisse und Empfehlungen der Kommentierung zentraler Handlungsfelder der deutschen Energiewende im europäischen Kontext vom Sommer 2020 (vgl. EWK, 2020)

Europäische Wertschöpfung stärken und internationale Einbettung sichern

Die Transformation hin zu einem nachhaltigen Wirtschaftssystem erfordert es, strategisch bedeutsame klimaneutrale Wertschöpfungsketten aufzubauen, kritische Abhängigkeiten durch Diversifizierung zu vermeiden, europäische Märkte zu stärken, internationale Kooperationen zu schließen und die Wettbewerbsfähigkeit europäischer Unternehmen zu sichern.

CO₂-basierte Energiepreisreform rasch angehen und richtig gestalten

Eine CO₂-basierte Energiepreisreform setzt Impulse für die Konjunktur, indem sie bei richtiger Ausgestaltung Haushalte und Unternehmen entlastet und die Transformation der Industrie vorantreibt. Auf nationaler Ebene sollte ein ambitionierter CO₂-Preispfad angestrebt werden sowie eine umfassende Ausrichtung des derzeit existierenden komplexen Energiepreissystems auf tatsächliche externe Effekte in allen Sektoren. Durch den vorgeschlagenen Wegfall der Umlagen für erneuerbare Energien und Kraft-Wärme-Kopplung sowie die Reduzierung der Stromsteuer werden Strompreise in Deutschland – trotz höherer CO₂-Preise – netto reduziert. Zusätzlich ist zu bedenken, dass die durch die Corona-Krise gesunkenen Strom-, Öl- und Gaspreise zusätzliche Handlungsspielräume eröffnen. Höhere Ambitionen im Klimaschutz auf europäischer Ebene erfordern neben einem Nachschärfen der CO₂-Bepreisung im EU ETS eine Reform der EU-Energiesteuerrichtlinie sowie ggf. die Einführung von Grenzausgleichen.

Zertifizierung auf den Green Deal ausrichten

Um wirksamen internationalen Klimaschutz zu ermöglichen, werden klare Zertifizierungsstandards benötigt, deren maßgeblicher Bewertungsmaßstab der CO₂-Ausstoß ist. Sie ermöglichen erst die Umsetzung der Sektorkopplung mit dem Ziel der Defossilisierung von Verkehr, Gebäuden und Industrie, liefern Entscheidungsgrundlagen für Investitionen von Unternehmen sowie Finanzmarktakteuren und schaffen die Voraussetzungen für den Aufbau klimaneutraler internationaler Wertschöpfungsketten.

Effizient aus der Kohle aussteigen und marktliche Signale stärken

Der in Deutschland beschlossene Kohleausstieg ist auf Basis der Beschlüsse zum europäischen Green Deal nachzubessern. Der Kohleausstieg müsste deutlich rascher und weitgehend durch marktliche CO₂-Preissignale erfolgen. Auf Kompensationszahlungen an Unternehmen sollte möglichst verzichtet werden. Freiwerdende EU ETS-Zertifikate sind idealerweise vollständig aus dem Markt zu nehmen. Der Wandel hin zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft in Europa muss zudem sozialverträglich ausgestaltet werden.

Erneuerbare Energien beschleunigt ausbauen

Die Umsetzung der langfristigen Klimaziele und des Green Deals erfordern eine deutliche Erhöhung der Ausbauziele für erneuerbare Energien. Da ausreichend Erzeugungspotenziale vorhanden wären, geht es vorrangig um Impulse für eine gesteigerte Ausbaudynamik. Gerade hierfür sind in der Umsetzung europäische Lösungen zu stärken, um nationale Aktivitäten besser zu ergänzen. Damit ergeben sich zugleich zusätzliche Wertschöpfungspotenziale, nicht nur durch den Ausbau, sondern auch durch die Nutzung der erneuerbaren Energien.

Globale Schlüsseltechnologien für Wasserstoff und synthetische Energieträger entwickeln

Regenerativer Wasserstoff und synthetische Energieträger spielen eine Schlüsselrolle für das Erreichen der Klimaneutralität bis zum Jahr 2050. Anwendungen liegen im Verkehrssektor, bei der Speicherung von Strom, in der Industrie (gerade auch als Rohstoff) und im Wärmesektor. Um Wasserstoff und synthetische Energieträger in großem Maßstab einsetzen zu können, ist die Transformation und Ergänzung bestehender Infrastrukturen, Liefer- und Wertschöpfungsketten notwendig. Eine zentrale Voraussetzung ist der schnelle Hochlauf der industriellen Produktion von Schlüsselkomponenten. Auf internationaler Ebene ist auf bestehende, aber auch auf neue Energiepartnerschaften zu setzen.

Industrielle Transformation durch klimaneutrale Produktion beschleunigen

Die klimaneutrale Produktion ist ein zentrales Handlungsfeld für die Umsetzung des Green Deals, sowohl im direkten Einflussbereich der Unternehmen, beim Einkauf von Energieträgern sowie entlang der gesamten produktbezogenen Wertschöpfung auf der Beschaffungsseite und der Absatzseite. Eigeninitiativen von Unternehmen sollten durch den entsprechenden regulatorischen Rahmen unterstützt und verstärkt werden. Beim Aufbau der Wertschöpfungsketten einer Wasserstoffwirtschaft bestehen beispielsweise sehr gute Chancen für die deutsche ebenso wie für die europäische Industrie, eine führende Position auf dem Weltmarkt einzunehmen.

Infrastrukturen koordiniert ausbauen

Infrastrukturen müssen für den Transport, die Verteilung und die Speicherung von Wasserstoff und synthetischen Energieträgern angepasst und ausgebaut werden. Zudem werden Speicher mit verschiedenen Volumina benötigt, um eine zeitliche Unabhängigkeit von Erzeugung und Verbrauch insbesondere im Bereich der Stromversorgung zu ermöglichen. Auch ist ein schneller und auf europäischer Ebene langfristig koordinierter Ausbau der Stromnetze erforderlich, um diese an den Anforderungen des zukünftigen Energiesystems auszurichten und die Ausbauziele bei den erneuerbaren Energien erreichen zu können. Im Verkehr ist der europaweite Ausbau von Tankinfrastrukturen für erneuerbare Kraftstoffe und Ladeinfrastruktur entlang des transeuropäischen Verkehrsnetzes zu entwickeln.

Energieeffizienz systemisch denken

Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz sind eine wichtige Säule zur Defossilisierung im Gebäude- und Verkehrssektor und können bei den betroffenen Endverbrauchern langfristig steigende Kostenbelastungen vermeiden. Im Gebäudesektor sind nationale und europäische Rahmenbedingungen hinsichtlich ihrer Preissignale im Wärmesektor weiterzuentwickeln, die zu einem europaweit klimaneutralen Gebäudebestand in 2050 führen. Im Straßenverkehr bedarf es über aktuelle Regelungen von Flottengrenzwerten hinaus einer Roadmap für einen klimaneutralen Verkehr, damit Unternehmen Planungssicherheit bei der Antriebswende erhalten. Darüber hinaus ergeben sich Energieeffizienzpotenziale durch Verlagerung und Vermeidung von Verkehr.

Privates Kapital stärker für Green Finance aktivieren

Der europäische Green Deal sieht ambitioniertere Energie- und Klimaziele vor, wodurch sich der jährliche Investitionsbedarf für Klimaschutzaktivitäten erhöhen wird. Die Investitions- und Finanzmittel der öffentlichen Hand können und sollen lediglich eine Grundlage schaffen. Um die Ziele erreichen zu können, ist deshalb das hierfür erforderliche Kapital privatwirtschaftlicher Investoren stärker zu aktivieren, etwa durch die Ausweitung der Berichtspflichten von Unternehmen und Finanzmarktakteuren im Sinne der EU-Taxonomie. Eine rasche und konsequente Umsetzung des europäischen Green Deals kann darüber hinaus ein starkes Signal an den Finanzmarkt senden und erforderliche, konsistente und langfristige Rahmenbedingungen schaffen.

Governance der Energieunion kohärent ausgestalten

Entscheidend für den Erfolg einer umfassenden Transformation ist ein gutes Zusammenspiel der verschiedenen Governance-Strukturen auf den Ebenen von EU, Mitgliedsstaaten, Regionen und Kommunen. Es empfehlen sich EU-weite, marktliche Mechanismen, um eine einfache Koordinierung über die Dimensionen der Energieunion, Regionen, Sektoren und Technologien zu erreichen. Zudem müssen Konflikte zwischen einzelnen Instrumenten aufgelöst und Pendanten von europäischen und nationalen Vorschriften aufeinander abgestimmt werden.

Perspektive bis zum Jahr 2030

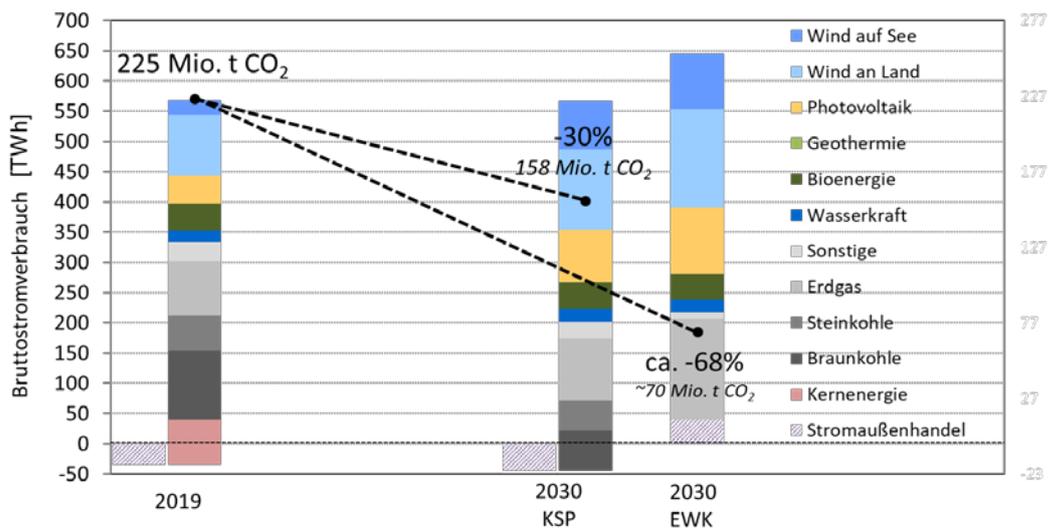
14. Die Erreichbarkeit der Energie- und Klimaziele für das Jahr 2030 nach dem Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) und dem Integrierten Nationalen Energie- und Klimaplan (NECP) ist nach dem Beschluss des Europäischen Rates vom 11.12.2020 (EU-Rat, 2020) im Licht eines ambitionierteren Klimaschutzziels auf europäischer Ebene zu betrachten. Die Expertenkommission ordnet im Folgenden den aktuellen Sachstand ein und bewertet mögliche Auswirkungen auf die Treibhausgasminderung in Deutschland und die wichtigsten Energiesektoren. Hierzu geht die vorliegende Stellungnahme davon aus, dass der Beschluss des Europäischen Rates umgesetzt wird, der eine Minderung der Treibhausgasemissionen für die Europäische Union im Jahr 2030 gegenüber 1990 um mindestens 55 % netto (Emissionen und Abbau von Treibhausgasen) statt bisher um 40 % vorsieht (das Europäische Parlament hat sich im Oktober 2020 für eine Minderung um 60 % gegenüber 1990 ausgesprochen, vgl. EU-Parlament, 2020). Anhand der im Impact Assessment der Kommission (EU Kommission, 2020) beschriebenen Realisierungspfade wird davon ausgegangen, dass die Struktur des Europäischen Emissionshandelssystems weitgehend unverändert bleibt, die Emissionsobergrenze jedoch deutlich schneller abgesenkt wird und somit gegenüber dem Basisjahr 2005 eine Minderung um 65 % erreicht wird (bisher 55 %). Damit könnte ein Anstieg der Zertifikatspreise auf ein Niveau von etwa 50 Euro/t CO₂ verbunden sein. Für die der Effort Sharing Regulation unterliegenden Sektoren wird unter Beibehaltung der bestehenden Aufteilung zwischen den Mitgliedsstaaten von einer Fortschreibung des europäischen Minderungsziels auf -39 % (nach dem Impact Assessment bisher -32 %) gegenüber dem Jahr 2005 ausgegangen. Daraus lässt sich für Deutschland ein Emissionsbudget von etwa 440 Mio. t CO₂-Äq. abschätzen, wenn die Minderung aus dem Emissionshandel und der Effort Sharing Regulation proportional fortgeschrieben werden. Dies entspricht einer Treibhausgasminderung ggü. 1990 um 65 %. Aus Sicht der Expertenkommission ist dieses Ziel erreichbar, obwohl es bedeutet, zusätzlich etwa einhundert Millionen Tonnen CO₂ gegenüber der bisherigen Zielsetzung in Deutschland zu vermeiden. Grundvoraussetzung dafür ist das marktgetriebene Ausphasen der Kohleverstromung bis zum Jahr 2030, welches diese Reduktion weitgehend ergeben würde. Dessen ungeachtet muss in den Bereichen Gebäude, Verkehr und Industrie das hohe Ambitionsniveau des Klimaschutzgesetzes zumindest aufrechterhalten werden, um über 2030 hinaus das Erreichen der Klimaziele zu sichern. Der Nationale Energie- und Klimaplan muss entsprechend nachgebessert werden. Dies erfordert zeitnahe Entscheidungen über den regulatorischen Rahmen, etwa zur Energiepreisreform oder zur Setzung energetischer Standards, sowie komplementäre Maßnahmen wie etwa zum Infrastrukturausbau, so dass eine hohe Planungssicherheit bei Investoren hergestellt wird.

15. In der Elektrizitätswirtschaft müsste der Ersatz der entsprechenden Strommengen durch den Kohleausstieg über die Nutzung von Erdgas, einen stärkeren Ausbau der erneuerbaren Energien sowie ggf. über Stromimporte erfolgen. Welche Beiträge hierüber jeweils geleistet werden müssten, hängt maßgeblich davon ab, wie sich die Stromnachfrage entwickeln wird. Die Expertenkommission teilt an diesem Punkt – unabhängig vom Klimaschutzziel – nicht die Auffassung der Bundesregierung, dass die Stromnachfrage konstant gehalten werden kann, weil Effizienzfortschritte durch erwartbare starke Wachstumstrends in den Bereichen Elektromobilität, Sektorenkopplung im Wärmemarkt, Industrie und durch den Markthochlauf im Bereich des grünen Wasserstoffs voraussichtlich überkompensiert werden. In der Summe ist eher davon auszugehen, dass der Strombedarf um etwa 10 % ansteigen wird. Damit verbunden ist auch ein erhöhtes Anforderungsniveau für das 65 %-Ziel der Bundesregierung zur regenerativen Stromerzeugung, was eine über die aktuelle Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes deutlich hinausgehende Anpassung erfordert (vgl. Kapitel 4).

16. Abbildung Z-2 zeigt einerseits eine Struktur des Bruttostromverbrauchs nach den Politikscenarien IX (2020) unter Berücksichtigung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung (KSP). Im Vergleich dazu ist eine von mehreren möglichen Entwicklungen des Bruttostromverbrauchs und der CO₂-Emissionen bis

zum Jahr 2030 aus Sicht der Expertenkommission dargestellt. Der in dem EWK-Szenario (EWK = Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“ - „Energiewendekommission“) unterstellte Ausstieg aus der Kohleverstromung bis 2030 bewirkt eine zusätzliche Minderung um etwa 80 Mio. t CO₂, wobei berücksichtigt ist, dass der Einsatz von Erdgas steigt. Der Anteil der erneuerbaren Energien bewegt sich in einer Größenordnung von etwa zwei Dritteln und somit im Bereich des 65 %-Ziels der Bundesregierung, dies allerdings aufgrund des erwartbaren Anstiegs des Stromverbrauchs auf höherem absolutem Niveau (ca. 430 TWh). Im Zuge des Kohleausstiegs dürfte der Netto-Stromexport deutlich zurückgehen, und es könnte je nach Marktentwicklung bis 2030 auch zu einem nennenswerten Netto-Stromimport kommen. Um eine damit verbundene, unerwünschte Verlagerung von Emissionen ins Ausland zu vermeiden und andererseits die stärkere Verstromung von Erdgas mit Blick auf die längerfristig angestrebte Klimaneutralität in Grenzen zu halten, wäre ein stärkerer Ausbau der erneuerbaren Energien zielführend. Aus Sicht der Expertenkommission dürfte dies aufgrund von Flächenrestriktionen, Akzeptanzproblemen und des mehrjährigen Vorlaufs bei großen Projekten im Inland nicht wahrscheinlich sein. Deshalb wäre hier über die Etablierung länderübergreifender Vorhaben auf europäischer Ebene nachzudenken.

Abbildung Z-2: Mögliche Entwicklungen des Bruttostromverbrauchs und der CO₂-Emissionen im Elektrizitätssektor bis zum Jahr 2030



Hinweise: Der Bruttostromverbrauch ergibt sich aus der Summe der Bruttostromerzeugung und dem Stromsaldo mit dem Ausland (unabhängig vom Erzeugungsmix): pos. Wert = Nettostromimport, neg. Werte = Nettostromexport (für 2019 und 2030 KSP gesondert dargestellt). Für die Bilanzierung der Emissionen gilt das so genannte Territorialprinzip. Demnach werden Deutschland die Emissionen aller ortsfesten Anlagen in Deutschland zugerechnet.

KSP = Szenario mit Maßnahmen des Klimaschutzprogramms 2030 nach Politikenszenarien IX (2020); in Prognos (2020) ähnliche Erzeugungsstruktur, allerdings deutlich geringerer Stromexport (-18 TWh ggü. -45 TWh)

EWK = Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“ (Energiewendekommission)

Daten 2019: BDEW (2020)

17. Für den Sektor Industrie wird erwartet, dass die Treibhausgasminderung nach dem Klimaschutzgesetz erreicht oder sogar übertroffen werden kann, sofern es insbesondere in der energieintensiven Grundstoffindustrie gelingt, im Zuge anstehender Ersatzinvestitionen eine Umstellung auf CO₂-arme bzw. CO₂-freie Prozesse einschließlich des grünen Wasserstoffs herbeizuführen. Weil dieser Sektor in besonderem Maß durch kapitalintensive und sehr langlebige Investitionsgüter geprägt ist, ist ein Erfolg nicht zuletzt zur Vermeidung von

Lock-in-Effekten auf dem Weg zur Klimaneutralität von großer Bedeutung. Im Verarbeitenden Gewerbe wird der Trend zur klimaneutralen Produktion deutlich an Dynamik gewinnen, wobei neben Effizienzmaßnahmen von einer nennenswerten Verlagerung der Prozesswärmebereitstellung von fossilen Energieträgern auf Elektrizität auszugehen ist. Getrieben wird diese Entwicklung auch durch das Brennstoffemissionshandelsgesetz, v. a. dann, wenn die Investoren für den Zeithorizont jenseits des Jahres 2025 weiter steigende CO₂-Preise für Brennstoffe antizipieren.

18. Für den Sektor Gebäude ist das Ziel des Klimaschutzgesetzes ambitioniert und aus Sicht der Expertenkommission voraussichtlich nur dann erreichbar, wenn auf der Nachfrageseite die im Grundsatz sinnvollen Maßnahmen des Klimaschutzprogramms 2030 und des Nationalen Energie- und Klimaplan zur energetischen Sanierung von Gebäuden sowohl in Bezug auf die Quantität (Sanierungsrate) als auch die Qualität (Sanierungstiefe) weiterentwickelt werden. Darüber hinaus wird empfohlen, einen stärkeren Fokus auf die Angebotsseite zu legen, d. h. auf die Bereitstellung von (leitungsgebundener) regenerativer Wärme insbesondere in Nah- und Fernwärmenetzen. Denn aufgrund der Vielzahl von Akteuren und Randbedingungen dürften hohe Effizienzfortschritte in der kurzen Frist schwieriger zu erreichen sein als eine Ausweitung des regenerativen Energieangebots. Deshalb ist es wichtig, Kommunen, Wärmenetzbetreiber usw. stärker in den Blick zu nehmen, die über entsprechende Hebel auf der Umsetzungsseite verfügen. Einen Ansatz dafür kann u. a. eine verbindliche Wärmeplanung auf kommunaler Ebene darstellen.

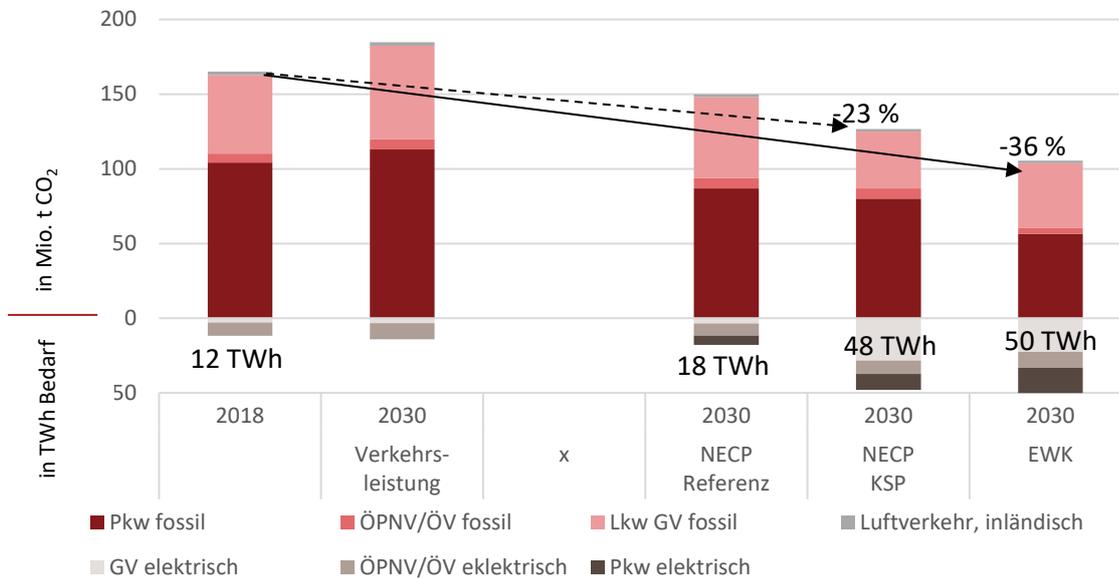
19. Für den Sektor Verkehr würden die ohnehin schon signifikanten Herausforderungen mit einer Verschärfung der THG-Minderungsziele durch die EU weiter wachsen: Bereits im Szenario „mit Klimaschutzprogramm“ des Nationalen Energie- und Klimaplan würde im Verkehr das Ziel für 2030 nicht erreicht. Vor diesem Hintergrund erscheint es dringend geraten, den Schwerpunkt nicht nur auf technologische Maßnahmen, sondern auch auf die Verhaltensbeeinflussung zu legen und damit Verkehrsvermeidung und -verlagerung künftig deutlich stärker zu adressieren. Auf der Technologieseite ist festzustellen, dass die Elektromobilität auch dank umfangreicher Förderung einen ersten deutlichen Schub erfahren hat. Um den erforderlichen Beitrag zu den THG-Minderungszielen tatsächlich leisten zu können, müssen sich Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb mit Auslaufen der Fördermaßnahmen jedoch in der Konkurrenz zu konventionellen Fahrzeugen am Markt durchsetzen. Ein Schlüsselement wird der flächendeckende Ausbau der Ladeinfrastruktur sein, nicht nur in Deutschland, sondern auch im europäischen Ausland. Dies gilt insbesondere für das Vorhandensein von Schnellademöglichkeiten entlang des Fernstraßennetzes.

20. Eine weitere besondere Herausforderung stellen Treibhausgasreduzierungen im Güterverkehr dar, zumal auch hier ein wesentlicher Beitrag zur THG-Reduzierung neben der Verlagerung aus der Umstellung der Fahrzeugflotte auf neue Technologien resultieren wird. Aus heutiger Sicht stehen Batterieantriebe, Wasserstoffantriebe und Oberleitungsantriebe als mögliche Optionen zur Verfügung. Sowohl Verlagerungsoptionen wie auch technologische Lösungen müssen im europäischen Markt der Güterverkehre Bestand haben, was nicht zuletzt für die anstehenden Entscheidungen zum Ausbau von Infrastrukturen von besonderer Relevanz ist.

21. In Abbildung Z-3 dargestellt sind die CO₂-Emissionen und der Strombedarf für das Jahr 2019 sowie drei Szenarien für 2030: das Referenzszenario und das Szenario „mit Klimaschutzprogramm“ nach dem NECP (KSP; Prognos, 2020) sowie die Abschätzung aus den Empfehlungen der Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“ (nachfolgend „Energiewendekommission“ oder kurz „EWK“), die eine stärkere Verlagerung von Pkw- und Lkw-Verkehren auf die Schiene unterstellt. Gleichzeitig nehmen Pkw-Fahrleistungen und Lkw-Fahrleistungen ab. Im Pkw-Bestand wird von 10 Mio. Elektrofahrzeugen ausgegangen. Im Straßengüterverkehr wird eine moderate Durchdringung mit alternativen Antrieben sowie die Nutzung von alternativen Kraftstoffen angenommen (Wasserstoff, Oberleitung, synthetische Kraftstoffe). Der Strombedarf nach EWK erhöht sich auf

etwa 50 TWh für den Verkehr. Die im NECP ausgewiesene Lücke zu dem im Klimaschutzgesetz ausgewiesenen Zielwert für den Verkehr 2030 würde sich von 30 Mio. t CO₂ auf 9 Mio. t CO₂ verkleinern.

Abbildung Z-3: Mögliche Entwicklungen von CO₂-Emissionen und Strombedarf im Verkehr



Quelle: NECP, Prognos (2020), BMVI (2019), AGEB (2020), eigene Berechnungen

22. Mit der beschriebenen Verschärfung der klimapolitischen Ziele auf Grundlage des europäischen Green Deals steigt die Notwendigkeit für eine rasche Intensivierung und Erweiterung von Politikmaßnahmen. Um die Zielvorgaben zum Ende dieses Jahrzehnts zu erreichen und zudem das langfristige Ziel der weitgehenden Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2050 nicht zu gefährden, ist der Einsatz eines klugen Instrumentenmixes auf europäischer und nationaler Ebene vonnöten. Hierbei stellt die Governance-Verordnung der EU die rechtliche Grundlage für die Ausgestaltung der nationalen Energie- und Klimapläne dar. Bei der Umsetzung dieser nationalen Pläne sollte v. a. darauf geachtet werden, dass diese kohärent ausgestaltet sind und Zielkonflikte vermieden werden. Notwendig ist auch eine Neuorientierung der europäischen Klimagovernance bestehend aus Zielsetzungen für die (erweiterten) Sektoren des Emissionshandels und den Zielen auf Ebene der Mitgliedsstaaten im Rahmen der Effort Sharing Regulation. Dies betrifft insbesondere deren Weiterentwicklung (inklusive Ausgleichsmechanismus), das Zusammenspiel von marktlichen Instrumenten wie CO₂-Preisen und ordnungsrechtlichen Maßnahmen etwa in den Bereichen Industrie, Gebäude und Verkehr und gemeinsame europäische Initiativen etwa zum Ausbau der erneuerbaren Energien. Daraus dürften sich Konfliktlinien mit der bisherigen Langfriststrategie im Sinne des Klimaschutzgesetzes ergeben.

23. Aus Sicht der Expertenkommission ist insbesondere eine CO₂-preisbasierte Energiepreisreform als Leitinstrument für eine wirkungsvolle Klimapolitik der geeignete Rahmen zur Erreichung der langfristigen Ziele. Wichtig ist hierbei insbesondere die Integration des Brennstoffemissionshandels in den EU ETS, welche mit komplementären Maßnahmen flankiert werden sollte. Dabei ist v. a. auf ein sinnvolles Zusammenspiel zwischen dem EU ETS und anderen klimapolitischen Instrumenten sowie auf die Berücksichtigung von Verteilungswirkungen und einer gerechten Transformation zu achten. In Anbetracht der Corona-Pandemie sind auf die kurze Frist insbesondere sogenannte „No-regret“-Maßnahmen zu beachten. Diese sollten möglichst rasch umgesetzt werden und Investitionsprogramme, die der Abfederung der wirtschaftlichen Folgen durch die Corona-Pandemie dienen, sollten – soweit möglich und sinnvoll – auch Nachhaltigkeitskriterien genügen.

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

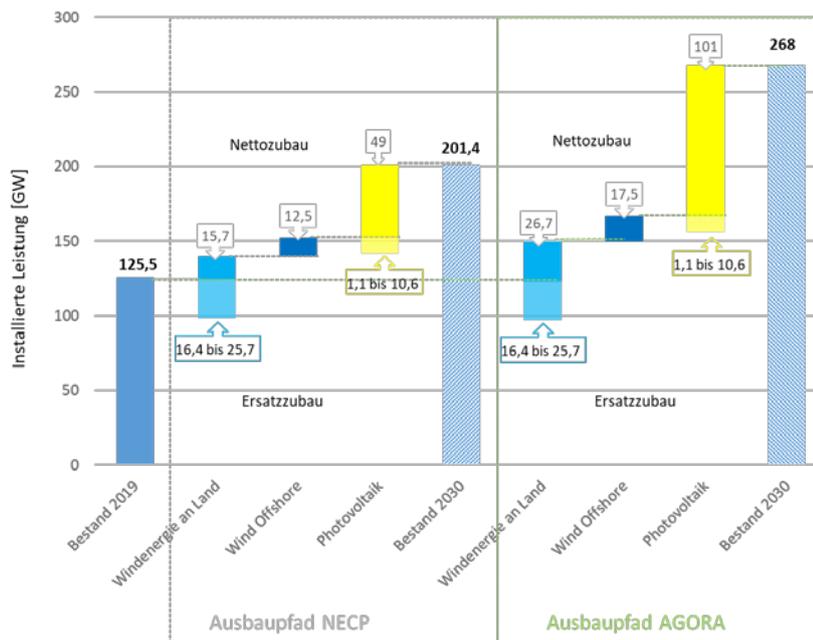
24. Als wesentlichen Baustein zum Erreichen der Klimaschutzziele 2030 auf europäischer und nationaler Ebene ebenso wie zum europäischen Ziel für den Anteil der erneuerbaren Energien 2030 sieht die Bundesregierung einen Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch bis zum Jahr 2030 von 65 % vor. Mit der Novellierung des Erneuerbaren Energien Gesetzes (EEG 2021) liegen Zielgrößen vor, die – sofern die Annahmen des NECP bezüglich des nicht weiter ansteigenden Bruttostromverbrauchs eintreffen – das Erreichen des 65 %-Ziels ermöglichen. Fraglich bleibt jedoch, ob mit dem EEG 2021 die geeigneten Rahmenbedingungen gesetzt werden, um diese Zielwerte auch in der Praxis zu erreichen. Dies betrifft zunächst den Ausbau der Photovoltaik, denn durch den durch Vorzieheffekte begünstigten Anstieg der Zubauraten in den Jahren 2019 und 2020 auf Grund des inzwischen aufgehobenen „52 GW-Deckels“, ist innerhalb von zwei Jahren die Vergütung für Neuanlagen stark zurückgegangen. Diesem Rückgang standen keine gleichwertigen Kostensenkungen bei der Anlagentechnologie gegenüber, so dass die wirtschaftliche Attraktivität von Dachanlagen stark gesunken ist. Die Höhe ihres Beitrags zur Zielerreichung ist aus heutiger Sicht demnach mit hohen Unsicherheiten behaftet. Anders im Freiflächensegment: Hier besteht innerhalb der EEG-Ausschreibungen ein hohes Angebots- und damit Wettbewerbsniveau. Deshalb ist die Erhöhung der Ausschreibungsvolumina samt moderater Verbesserungen im EEG 2021 wie die Erhöhung der maximal förderfähigen Anlagengröße oder die Verbreiterung der Flächenkulisse für Anlagen entlang von Autobahnen und Schienenwegen zu begrüßen. Zudem zeichnet sich eine erhöhte Zubaudynamik außerhalb des EEG und somit unabhängig von einem Fördersystem ab. Hier ist im Blick zu behalten, ob die Steuerungsmöglichkeiten auf kommunaler und regionalplanerischer Ebene ausreichen, um die Dimensionierung von Solarparks so zu steuern, dass die Akzeptanz vor Ort erhalten bleibt.

25. Noch wesentlich größere Herausforderungen für die Zielerreichung bestehen beim weiteren Ausbau der Windenergie an Land. Bei den Genehmigungsvolumina zeichnet sich zwar eine Erholung ab, entscheidend für die Wiederbelebung des Marktes ist jedoch die Beschleunigung der Genehmigungsverfahren und die Beseitigung weiterer Hürden. Besonders die Klärung von möglichen Problemlagen im Zusammenhang mit dem Natur- und Artenschutz sowie mit der Flugsicherung ist notwendig. Zudem werden Genehmigungen immer häufiger beklagt. Da hierbei verschiedene föderale Ebenen betroffen sind, ist der im EEG 2021 angelegte Kooperationsmechanismus zwischen Bund und Ländern, in dessen Rahmen erstmals eine regelmäßige, bundesweite Erfassung von für die Windenergie nutzbaren Flächen erfolgen soll, ein wichtiger Schritt ebenso wie die Möglichkeit der stärkeren finanziellen Teilhabe der Kommunen an den Erträgen. Da flexible Abstandsregelungen helfen, die Akzeptanz für die Windenergie an Land zu erhalten, empfiehlt die Expertenkommission den Bundesländern, auf eine Festlegung pauschaler Abstandsregelungen zu verzichten. Im Bereich der Offshore-Windenergie wurde und wird diskutiert, wie Zuschläge vergeben werden sollen, wenn alle Bieter Gebote von Null abgeben. Diese übernehmen dann Marktpreisrisiken, es liegt aber kein klares Differenzierungskriterium für die Zuschlagserteilung vor. Hier wurde in der Novellierung des Windenergie-auf-See-Gesetzes das Losverfahren festgelegt und damit keine der beiden im Fokus der Diskussion stehenden Optionen, Contracts for Difference (CfD) oder zweite Gebotskomponente, umgesetzt. Absehbar wird das Verfahren jedoch auf ein eindeutiges Differenzierungskriterium umgestellt werden müssen, wobei letztlich zwischen der Effektivität bei der Erreichung der Ausbauziele und der höheren Kosteneffizienz auf der Erzeugungsseite abzuwägen sein wird. Die Expertenkommission spricht sich indes klar für die Einführung einer zweiten Gebotskomponente aus. Es ist nicht Aufgabe der Politik, Marktrisiken zu eliminieren, sondern die Rahmenbedingungen so zu setzen, dass keine regulatorischen Risiken entstehen und die Marktrisiken für die Marktteilnehmer kalkulierbar bleiben. Für den weiteren Ausbau der Offshore-Windenergie erscheinen Contracts for Difference in diesem Sinne nicht zielführend.

26. Da bereits die Regelungen im Kontext des EEG 2021 teilweise für die gesetzten Ziele nicht ausreichend erscheinen, ist für die „Ambitionierung“ der Klimaschutzziele auf europäischer Ebene (Zielwert -55 %) bis 2030

zwingend nachzusteuern. Abbildung Z-4 stellt den im Nationalen Energie- und Klimaplan (NECP) angestrebten Kapazitätsausbau dem für das Erreichen eines ambitionierteren Klimaziels ausgewiesenen Ausbaupfad aus der Studie „Klimaneutrales Deutschland“ (Agora Energiewende, 2020) gegenüber. Dabei wird insbesondere bei der Windenergie an Land deutlich, welche zusätzlichen Ausbauerfordernisse durch den Ersatz alter Anlagen entstehen. Für Windenergie an Land sind dies ca. 16,4 GW, wenn von 25 Jahren Betriebsdauer ausgegangen werden kann bzw. 25,7 GW bei 20 Jahren. Ein Nachsteuern der Ziele betrifft dabei nicht nur den Ausbau in den Sparten Photovoltaik, Windenergie an Land und Offshore-Wind, die unter Berücksichtigung eines deutlich höheren Stromverbrauchswerts entgegen den Annahmen des NECP neu festgelegt werden müssen, sondern auch mögliche Mechanismen zur Stärkung der europäischen Kooperation. Da im europäischen Kontext ausreichend Erzeugungspotenziale vorhanden wären, geht es vorrangig um Impulse für eine gesteigerte Ausbaudynamik. Hier sind europäische Lösungen zu stärken, um nationale Aktivitäten besser zu ergänzen. Es gilt, verstärkt Optionen zu schaffen, die es Regionen mit besonders günstigen Bedingungen und vergleichsweise wenig Vorbehalten gegenüber Windenergie- und Photovoltaikfreiflächenanlagen ermöglichen, von einem wesentlich stärkeren Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung zu profitieren. Hierfür bedarf es einer Weiterentwicklung des bestehenden Regelwerks: Finanzierungsmechanismen, Fördermechanismen und insbesondere die Anrechenbarkeit der im europäischen Ausland getätigten Investitionen in erneuerbare Energieanlagen auf die nationalen Zielsetzungen einzelner Mitgliedstaaten sind zu klären. Eine Einbeziehung internationaler Ausbauoptionen darf dabei jedoch keinesfalls die Ambitionen des inländischen Ausbaus schwächen.

Abbildung Z-4: Vergleich der Ausbaupfade der erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten (Brutto- und Nettozubau) im NECP und Agora Energiewende (2020)



Quellen: NECP, Agora Energiewende (2020)

27. Mit den Innovationsausschreibungen zielt die Bundesregierung darauf ab neben einer technologieneutralen Ausgestaltung neue Preisgestaltungsmechanismen und Ausschreibungsmodalitäten zu erproben, die zu mehr Wettbewerb und mehr Netz- und Systemdienlichkeit führen sollen. Die erste erfolgte Ausschreibungsrunde hat ergeben, dass Photovoltaikanlagen und Photovoltaikanlagen mit Speicher die Innovationsausschreibungen

dominierten. Da erst eine Ausschreibungsrunde erfolgt ist und auf dieser Basis noch keine Schlüsse gezogen werden können, empfiehlt die Expertenkommission, die zentralen Elemente der Innovationsausschreibungen (fixe Markprämie, endogene Mengenrationierung, Anforderungen an Netz- und Systemdienlichkeit) nach der Durchführung weiterer Ausschreibungsrunden zeitnah zu evaluieren.

28. Die regionale Steuerung des EE-Ausbaus erfolgte bislang (EEG 2017) vorrangig über das „Netzausbaubereich“ und das Referenzertragsmodell für die Windenergie an Land. Im EEG 2021 ist zudem vorgesehen, die sogenannte Südquote als steuerndes Element einzuführen, welches das „Netzausbaubereich“ ersetzen und einen besser mit dem Netzausbau synchronisierten Erneuerbaren-Ausbau erreichen soll. Es bleibt offen, ob sich die Problematik der regionalen Steuerung des Zubaus durch das im EEG 2021 angepasste Referenzertragsmodell und die Südquote lösen lässt. So stehen dem Ausbau im Süden Deutschlands derzeit v. a. genehmigungsrechtliche Hürden und restriktive Abstandsregeln (10 H-Regelung in Bayern) im Weg. Zudem ist eine Weiterentwicklung der regionalen Steuerung wünschenswert, durch die Netzausbau- und -bewirtschaftungskosten bei der Allokationsentscheidung berücksichtigt werden. Dadurch würden Windenergiestandorte unter Umständen dichter an Lastzentren heranrücken. Hierfür ist das Instrument des Referenzertragsmodells nicht zielführend, da es lediglich erzeugungsschwächere Standorte begünstigt, die Netzsituation aber außen vorlässt. Jedoch kann eine Standortauswahl, die die Netzsituation berücksichtigt und in großen Teilen den Zubau verbrauchsnahe in Süddeutschland voranbringt, zu substantiellen Effizienzgewinnen führen. Hierfür bedürfte es aber einer regional differenzierten Förderung für EE-Anlagen, z. B. durch ein regional differenziertes, erzeugerseitiges Netzentgelt für EE-Anlagen oder ein kombinatorisches Auktionsverfahren, das eine standortbezogene Differenzierung der Zuschlagspreise ermöglicht und so die Standortwahl ohne Einschränkung des Wettbewerbs verbessert. Beides würde etwaige Wettbewerbsprobleme im Rahmen des Ausschreibungssystems vermeiden und gleichzeitig den Zubau von Anlagen effizient steuern. Sollte der Regulierer zukünftig neben dem Netzausbau auch zielgerichtet über regionale Fördermechanismen für den EE-Ausbau entscheiden, so ist eine koordinierte Betrachtung der Mechanismen zur Förderung erneuerbarer Energien mit dem Netzausbau anzustreben, insbesondere mittel- und langfristige.

29. Außerhalb des EEG wächst die Bedeutung von Power Purchase Agreements (PPA). Während diese bei der Windenergie vorrangig beim Weiterbetrieb von Anlagen nach dem Auslaufen der EEG-Förderdauer relevant sind, stellen sie bei Photovoltaik-Großanlagen außerhalb der EEG-Förderung häufig das zentrale Finanzierungsinstrument dar. Mit PPAs entwickelt sich ein Instrument für die Marktintegration von erneuerbaren Energien außerhalb der EEG-Förderung. Dies sollte durch eine Weiterentwicklung der Rahmenbedingungen unterstützt werden, so dass ein schrittweiser Übergang zum vollständigen Verzicht auf die EEG-Förderung ermöglicht wird. Von besonderer Bedeutung ist hierbei ein verlässlich hoher CO₂-Preis durch verbindliche, ambitionierte Klimaschutzziele.

30. Entscheidend für das Erreichen der Ausbauziele - unabhängig vom Ambitionsniveau - ist die gesellschaftliche Akzeptanz von Erneuerbare-Energien-Anlagen, insbesondere von Windenergieanlagen an Land. Diese ist in Deutschland grundsätzlich hoch. Der überwiegende Teil der Bevölkerung bildet dabei eine schweigende Mehrheit, während nur wenige aktiven Widerstand gegen Erneuerbare-Energien-Projekte leisten. Um Akzeptanz bei lokaler Betroffenheit dauerhaft zu gewährleisten und die schweigende Mehrheit akzeptanzsteigernd zu aktivieren, müssen Vertrauen und Transparenz zwischen den beteiligten Akteuren hergestellt werden. Dies bedarf ausreichender Verfahrens- und Verteilungsgerechtigkeit. Anwohner sollten dafür frühzeitig in entsprechende Planungs- und Genehmigungsverfahren einbezogen werden, um ihnen ein Gefühl der Selbstwirksamkeit im Entscheidungsprozess zu vermitteln (Verfahrensgerechtigkeit). Finanzielle Beteiligungsmöglichkeiten, wie erstmals im EEG 2021 vorgeschlagen, stellen gleichzeitig sicher, dass Anwohner vom wirtschaftlichen Nutzen der Anlage vor Ort profitieren können (Verteilungsgerechtigkeit).

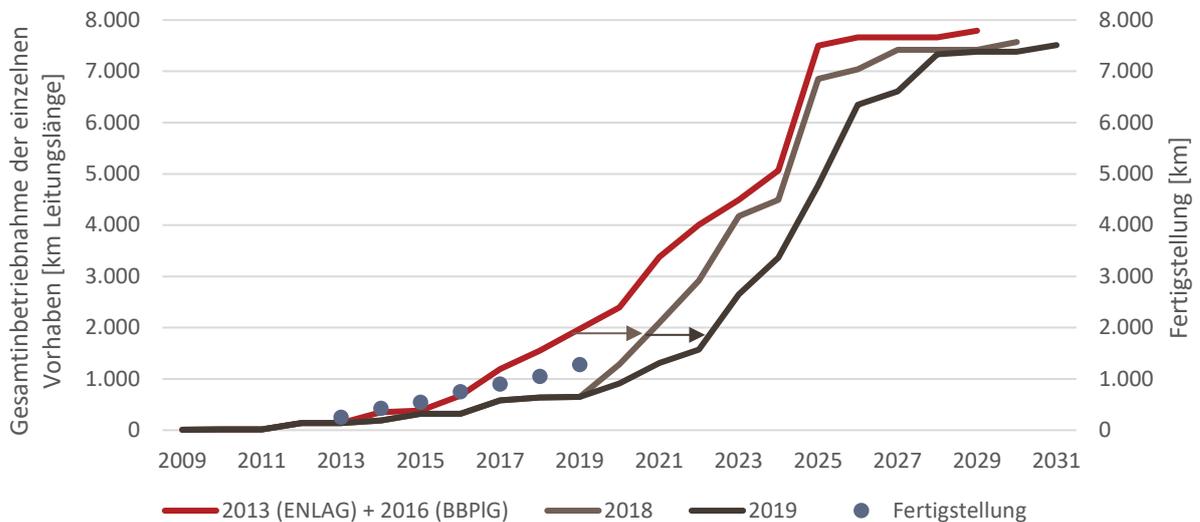
Netzinfrasturktur

31. Für ein funktionierendes Energiesystem spielt die Netzinfrasturktur eine zentrale Rolle. Diese liegt in der Verantwortlichkeit der Netzbetreiber, die der Regulierung durch die Bundesnetzagentur (BNetzA) unterliegen. Zu den zentralen Aufgaben gehören neben dem sicheren Netzbetrieb auch die Wartung und Optimierung des Bestandsnetzes sowie der zusätzliche Netzausbau, um die Netzinfrasturktur auf ein klimaneutrales Deutschland im Jahr 2050 auszurichten.

32. Wie im Monitoring-Bericht dargestellt, ist die Zuverlässigkeit der Netzinfrasturktur in Deutschland im Hinblick auf Netzstabilität und -qualität weiterhin auf einem sehr hohen Niveau. Allerdings stellen die absehbaren Entwicklungen der kommenden Jahre den Ausbau und sicheren Betrieb der Netze vor große Herausforderungen, wie u. a. der Atomausstieg bis 2022, der Kohleausstieg bis spätestens 2038, der weiter voranschreitende EE-Ausbau (insb. Wind Offshore), die gesetzlich vorgeschriebene Erhöhung der EU-Handelskapazitäten und die Zunahme transeuropäischer Transitflüsse. Vor diesem Hintergrund ist ein kontinuierliches Monitoring der Auswirkungen auf Mengen und Kosten des Engpassmanagements von großer Bedeutung, da diese als Indikator für die Netzüberlastung gelten und über das Netzentgelt von den Endkunden bezahlt werden. Zukünftig können Engpassmanagementmaßnahmen wie Redispatch oder Einspeisemanagement aber auch im Rahmen der Flexibilisierung des Energiesystems herangezogen werden, z. B. wenn deren Einsatz zu geringeren erwarteten Kosten führt als der ansonsten notwendige Netzausbau. Daher empfiehlt die Expertenkommission die Entwicklung eines aussagekräftigeren Indikators für die Funktionsfähigkeit der Netzinfrasturktur, wie z. B. einen Indikator, der die Abweichungen von der Normspannung erfasst, die noch nicht zu einem Totalausfall der Versorgung führen.

33. Im April 2019 wurde das Gesetz zur Beschleunigung des Energieleitungsausbaus (NABEG) novelliert, welches durch die deutliche Verkürzung der behördlichen Verfahren zu einem schnelleren Netzausbau führen soll. Die Auswertung des Netzausbaumonitorings zeigt allerdings, dass sich die geplante Gesamtinbetriebnahme der gesetzlich vorgeschriebenen Leitungsvorhaben nach dem Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) und dem Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG) auch 2019 weiter verzögert hat (vgl. Abbildung Z-5). Vor diesem Hintergrund ist zu begrüßen, dass das BMWi ein vorausschauendes Controlling beim Netzausbau für alle Leitungsvorhaben eingeführt hat, welches Beschleunigungspotentiale heben und rechtzeitig Maßnahmen ergreifen soll, um weitere Verzögerungen beim Netzausbau zu vermeiden. Eine regelmäßige und transparente Veröffentlichung des Stands bei den im Controlling festgesetzten Meilensteinen wird empfohlen.

Abbildung Z-5: Realisierter Netzausbau und sukzessive Anpassung der Zielpfade der Gesamteinbetriebnahme nach EnLAG und BBPIG



Anmerkung: Stand des Ausbaus und der Zielpfade jeweils zum Ende des Kalenderjahres. 2013 (2016) fand das erste Netzausbau monitoring für die Vorhaben nach ENLAG (BBPIG) statt. Im realisierten Netzausbau (Sekundärachse) sind auch fertiggestellte Teilabschnitte einzelner Leitungen ausgewiesen, die noch nicht notwendigerweise in Betrieb sind.
Quellen: Eigene Darstellung auf Basis von BNetzA (2013, 2017, 2019, 2020)

34. Um die Netzausbaukosten zu senken und die Akzeptanz zu steigern, setzt die Bundesregierung vermehrt auf die Potentiale zur Optimierung des Bestandsnetzes, wie es aktuell z. B. schon bei den Ad-Hoc-Maßnahmen (u. a. Phasenschiebertransformatoren (PSTs), Netz-Booster oder das Freileitungsmonitoring) im Netzentwicklungsplan (NEP) vorgesehen ist. Für eine effiziente Nutzung solcher Netzoptimierungsmaßnahmen ist eine Überarbeitung der Anreizregulierungsverordnung (ARegV) notwendig, um für die Netzbetreiber eine Anrechenbarkeit der Maßnahmen zur Refinanzierung durch die Netzentgelte zu ermöglichen und somit Anreize zu schaffen, dass solche Optionen auch zum Einsatz kommen.

35. Ende 2019 wurde der NEP 2019-2030 für das Zieljahr 2030 von der BNetzA bestätigt, der erstmals die Realisierung des 65 %-Anteils der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch bis 2030 voraussetzt und dafür den erforderlichen Ausbau des Übertragungsnetzes identifiziert, der in den Bundesbedarfsplan aufgenommen werden soll. Anfang 2020 startete mit der Veröffentlichung des Szenariorahmenentwurfs der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) für den NEP 2021-2035 und dessen Genehmigung durch die BNetzA der siebte Durchgang der Bedarfsermittlung. Dieser fokussiert auf das Zieljahr 2035 und unterstellt eine deutlich ambitioniertere Entwicklung der Energiewende, die u. a. auch den Green Deal und die deutsche Wasserstoffstrategie berücksichtigt. Die Expertenkommission empfiehlt, die Verschärfung der Klimaschutzziele für Deutschland und deren Auswirkungen auch kurz- bis mittelfristig noch einmal zu evaluieren und durch Aufnahme eines Zwischenjahrs 2030 in den NEP 2021-2035 eine Kongruenz der Zeithorizonte herzustellen. Dabei wäre ein Szenario mit schnellerem marktgetriebenem Ausstieg aus der Kohleverstromung bis zum Jahr 2030 zu berücksichtigen.

36. Neben der Umstellung auf Redispatch 2.0 (d. h. die Einbindung von EE- und KWK-Anlagen ab einer Leistung von 100 kW in den Redispatch-Prozess) zum 1. Oktober 2021 steht mit der gesetzlich vorgeschriebenen Erhöhung der für den Stromhandel verfügbaren grenzüberschreitenden Leitungskapazitäten auf 70 % bis 2025 aktuell ein wichtiger Prozess an, welcher im Monitoring-Bericht der Bundesregierung nur unzureichend berücksichtigt wurde. Insbesondere die Umsetzung der Maßnahmen aus dem „Aktionsplan Gebotszone“ zur Erreichung

des verbindlichen Zielpfades zur Steigerung der internationalen Handelskapazitäten kann in den kommenden Jahren weitreichende Auswirkungen auf den Netzbetrieb haben und erfordert eine große Kraftanstrengung aller beteiligten Akteure. Bei Nichterreichung droht gemäß der EU-Verordnung über den Elektrizitätsbinnenmarkt (EU 2019/943) eine Aufteilung der deutschen Gebotszone, was es nach Ansicht der Expertenkommission zu verhindern gilt. Dennoch sind auch für den aktuellen Strommarkt 2.0 mit einer Gebotszone und einem zentral von den ÜNB organisierten Redispatch 2.0 zunehmende Ineffizienzen (z. B. fehlende regionale Anreize) und Kosten zu erwarten, die durch Netzausbau allein nur teilweise zu beheben sind. Statt einer starren Aufteilung in Gebotszonen sollte alternativ verstärkt auf regionale marktorientierte Anreize für Flexibilität gesetzt werden. Hierzu sind schon viele Ansätze in Erprobung, z. B. im Förderprogramm „Schaufenster intelligente Energie“ (SINTEG), die zeigen, dass Potenzial für regionale Flexibilität vorhanden ist. Die Expertenkommission empfiehlt zu prüfen, wie dieses Potenzial genutzt werden kann und durch eine Weiterentwicklung des regulatorischen Rahmens die Wirtschaftlichkeit von Investitionen in regionale Flexibilität dauerhaft gewährleistet werden kann.

37. Mit Blick auf das Ziel der Klimaneutralität im Jahr 2050 ist ein schneller und auf europäischer Ebene langfristig koordinierter Ausbau der Stromnetze erforderlich, um diese an den Anforderungen des zukünftigen Energiesystems auszurichten und die Ausbauziele bei den erneuerbaren Energien erreichen zu können. Zudem werden Speicher mit verschiedenen Volumina benötigt, um eine zeitliche Unabhängigkeit von Erzeugung und Verbrauch insbesondere im Bereich der Stromversorgung zu ermöglichen und damit die Netze zu entlasten sowie die Kosten der Netzsystemdienstleistungen zu reduzieren. Neben den Stromnetzen müssen allerdings auch die Infrastrukturen für den Transport, die Verteilung und die Speicherung von Wasserstoff und synthetischen Energieträgern frühzeitig angepasst und ausgebaut werden (als „No-regret“ Maßnahme, vgl. Kapitel 3), wobei aus Effizienzgründen zunächst – wo möglich – eine Umrüstung bestehender Infrastrukturen (insb. Gasnetze) anzustreben ist.

Versorgungssicherheit

38. Bei der „Versorgungssicherheit Strom“ müssen Netze und Erzeugungskapazitäten sowie deren Zusammenspiel betrachtet werden. Deshalb sind die aktuelle und zukünftig zu erwartende Versorgungssicherheit sowie die Reservemechanismen und Regelleistungsmärkte als wichtige Instrumente zu deren Sicherstellung zu bewerten. Wie im Monitoring-Bericht dargestellt, ist die Versorgungssicherheit in den Jahren 2018 und 2019 auch im internationalen Vergleich weiterhin sehr hoch, was u. a. auf die aktuell noch verfügbaren Kapazitäten bei der konventionellen Stromerzeugung zurückzuführen ist. Das wird sich zukünftig durch den gesetzlich geregelten Atom- und Kohleausstieg allerdings ändern. Daher ist in den kommenden Jahren insbesondere ein vorausschauendes Monitoring der Versorgungssicherheit unerlässlich. Der aktuelle Monitoring-Bericht bewertet die Versorgungssicherheit auf Basis des SAIDI_{EnWG}-Strom („System Average Interruption Duration Index“), der die Vergangenheit betrachtet und ungeplante Unterbrechungen von mehr als drei Minuten berücksichtigt. Allerdings können auch Versorgungsausfälle unter drei Minuten zu volkswirtschaftlichen Schäden führen. Die Expertenkommission regt, wie schon in den vergangenen Jahren, an, auch andere Indikatoren heranzuziehen, wie z. B. den Indikator der „Loss of Load Expectation“ (LOLE). Mit der Abkehr von konventionellen Energieträgern können (synthetisches) Gas und Wasserstoff eine immer wichtigere Rolle für die Versorgungssicherheit spielen und sollten in eine vorausschauende Betrachtung im Monitoring-Bericht der Bundesregierung Eingang finden.

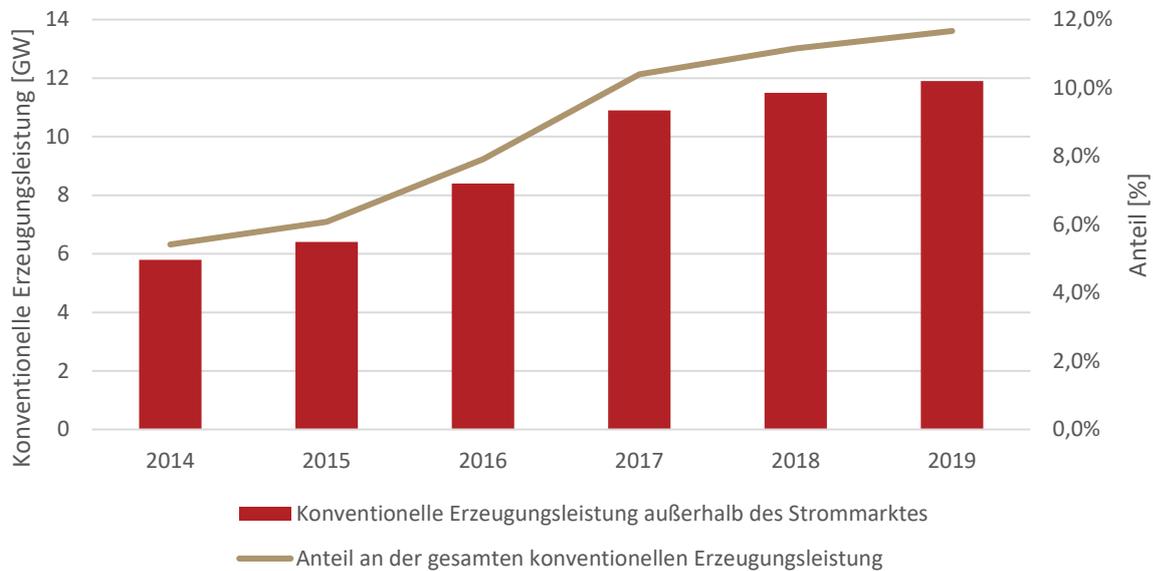
39. Als Grundlage für den Monitoring-Bericht zur Versorgungssicherheit hat das BMWi eine Studie in Auftrag gegeben, die den Zeitraum bis 2030 in den Blick nimmt und verschiedene Szenarien bzgl. Versorgungssicherheit betrachtet. Diese Analyse kam zu dem Ergebnis, dass die Versorgungssicherheit auch zukünftig, basierend auf der Anfang 2019 erwarteten Entwicklung der Energiewende, zu jeder Zeit gegeben ist. Allerdings wurde noch nicht die Verschärfung der Klimaziele berücksichtigt, die durch den Green Deal auch auf Deutschland zukommen

dürften. Daher empfiehlt die Expertenkommission der Bundesregierung, vor diesem Hintergrund zeitnah weitere Untersuchungen zu veranlassen.

40. Einen wichtigen Beitrag zur Versorgungssicherheit in allen analysierten Szenarien der oben genannten Studie leistet der Ausgleichseffekt aus dem engen Austausch mit den Nachbarländern innerhalb des europäischen Strom-Binnenmarkts. Durch die Möglichkeit des internationalen Stromhandels ist in Summe deutlich weniger Kapazität nötig, als wenn jedes Land autark seine Versorgungssicherheit gewährleisten müsste. Dies unterstreicht die Bedeutung des Strom-Binnenmarktes und der Gesamtbetrachtung im europäischen Kontext. Gerade Extremwittersituationen, die auch heute schon durch den Klimawandel zunehmen, können zu einer hohen Gleichzeitigkeit ungewünschter Effekte innerhalb größerer Regionen in Europa führen. Vor diesem Hintergrund begrüßt die Expertenkommission den engen Austausch der Bundesregierung mit den Nachbarn im Rahmen des Pentilateralen Forums. Der Monitoring-Bericht der Bundesregierung geht hier allerdings nicht näher auf die aktuellen Entwicklungen ein. In ihrem letzten Bericht hat die Expertenkommission die Ergebnisse des „Mid-term Adequacy Forecast“ (MAF) 2018 zur Beurteilung der Versorgungssicherheit herangezogen. Inzwischen wurden der MAF 2019 und der MAF 2020 sowie das 3. „Generation Adequacy Assessment“ des Pentilateralen Energieforums veröffentlicht. Alle drei Studien betrachten das Zieljahr 2025 und weisen in ihrem jeweiligen Grundscenario sehr niedrige LOLE-Werte für Deutschland und seine Nachbarstaaten aus, zeigen aber auch, dass Änderungen der Kapazitäten in einzelnen Ländern aufgrund nationaler Maßnahmen deutliche Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit der Nachbarstaaten haben können. Gemäß des im „Clean Energy Package“ ab 2021 vorgesehenen „European Resource Adequacy Assessment“ (ERAA) müssen die Datengrundlage, die Methodik und die Auswahl von zusätzlichen Szenarien zur Sensitivitätsanalyse allerdings noch weiterentwickelt werden, um eine vollumfängliche Beurteilung der Versorgungssicherheit auf europäischer Ebene gewährleisten zu können. Die Expertenkommission empfiehlt für zukünftige Monitoring-Berichte, die Entwicklungen und die Ergebnisse unterschiedlicher Studien auf europäischer Ebene in die Beurteilung der Versorgungssicherheit einzubeziehen.

41. Der Monitoring-Bericht legt dar, dass in den letzten Jahren zunehmend Reservekapazitäten von Seiten der Netzbetreiber beschafft wurden, welche die Funktionsweise des Strommarktes 2.0 sichern sollen. Diese werden über das Netzentgelt finanziert und belasten den Endverbraucher zusätzlich. Im Oktober 2020 kam nun die Kapazitätsreserve dazu, die eingesetzt wird, falls sich am Markt kein ausreichendes Angebot zur Deckung der Nachfrage einstellt. Dadurch steigt der Anteil der Kraftwerkskapazitäten im Verantwortungsbereich der ÜNB weiter, was im Grunde dem Prinzip eines „Energy Only“-Marktes und dem Unbundling-Gedanken widerspricht. Auch 2019 ist der Anteil der außerhalb des Marktes gebundenen Kraftwerkskapazitäten weiter gestiegen (vgl. Abbildung Z-6). Die Bundesregierung sollte sicherstellen, dass auch am Markt für privatwirtschaftliche Akteure genügend Anreize bestehen, bei knappen Kapazitäten am richtigen Ort zu investieren. Dafür kann es notwendig sein, über regional differenzierte Anreize nachzudenken. Außerdem ist eine freie Preisbildung am Stromgroßhandelsmarkt, ohne eine restriktive obere Preisschranke, für Investitionsanreize bedeutsam.

Abbildung Z-6: Übersicht über die außerhalb des Marktes gebundenen Kraftwerkskapazitäten



Quellen: Eigene Darstellung auf Basis von BNetzA/BKartA (2014, 2016a, 2016b, 2017, 2019, 2020)

42. Für die Systemsicherheit als wesentliches Element der Versorgungssicherheit spielen die Regelleistungsmärkte eine wichtige Rolle, mit deren Hilfe Abweichungen von der Netzfrequenz adressiert werden. Für einen effizient funktionierenden Markt ist insbesondere das Beschaffungsdesign wichtig, welches seit 2018 mehrfach umgestellt wurde. Die Expertenkommission empfiehlt, diese Entwicklungen zukünftig im Monitoring-Bericht zu diskutieren und zu bewerten. Gerade wenn das Beschaffungsdesign zu niedrigen Arbeitspreisen führt, kann das zu verzerrten Anreizen für die Bilanzkreistreue der Bilanzkreisverantwortlichen führen, was im Juni 2019 zu beobachten war. Die Implementierung einer Verpflichtung zur Bilanzkreistreue, z. B. durch Sanktionierung bei Fehlverhalten, ist von entscheidender Bedeutung, da dies zu einer angemessenen Bepreisung von Flexibilitätsoptionen führt und damit langfristig Versorgungssicherheit schafft. Im November 2020 wurde in Deutschland der Regelarbeitsmarkt eingeführt, sodass nun eine separate Beschaffung von Regelleistung (am Vortag) und Regelarbeit (bis 60 Minuten vor dem Realisierungszeitpunkt) erfolgt. Vor diesem Hintergrund erachtet die Expertenkommission ein enges Monitoring der weiteren Entwicklungen für notwendig, um bei Fehlentwicklungen rechtzeitig reagieren zu können. Das Marktdesign für die Beschaffung und den Einsatz der Regelleistung sollte so ausgestaltet sein, dass Bilanzkreisverantwortliche einen Anreiz haben, ihren Bilanzkreis vor dem Erfüllungszeitpunkt so gut wie möglich auszugleichen, z. B. über den Intraday-Markt oder durch Verbesserung ihrer Prognose-Tools.

Energieeffizienz

43. Die bisherigen Monitoring-Berichte der Bundesregierung haben regelmäßig die zu geringen Fortschritte bei der Endenergieeffizienz offengelegt und die Expertenkommission hat in ihren Kommentierungen ebenso regelmäßig diesen Missstand beklagt und mehr Anreize gefordert, um die Entwicklung in die gewünschte Richtung zu lenken. Die im Energiekonzept der Bundesregierung angestrebte Steigerung der Endenergieproduktivität um jahresdurchschnittlich 2,1 % wird weiterhin deutlich verfehlt, wie Abbildung Z-7 verdeutlicht. Sie nahm im Durchschnitt der Jahre 2008 bis 2019 lediglich um rund 1,3 % (bereinigt 1,2 %) zu. Um die Lücke zur Zielerreichung im

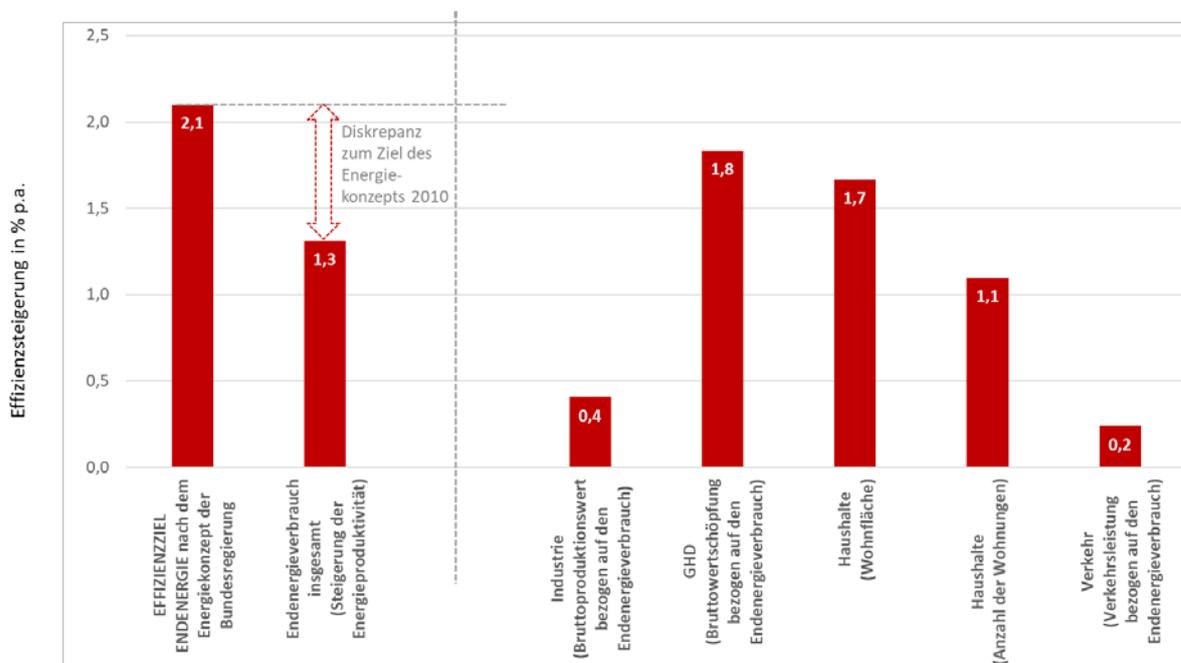
Jahr 2020 zu schließen, wäre vom Jahr 2019 zum Jahr 2020 eine Steigerung um rund 6 % erforderlich gewesen. Dies erscheint selbst vor dem Hintergrund der Corona-Pandemie kaum möglich.

44. 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 und beschlossenen Maßnahmen nach dem NECP 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 v. a. im Verkehr eher steigende Tendenzen aufweist (vgl. auch Kapitel 9).

45. In den vergangenen zehn Jahren ist der witterungsbereinigte Energieverbrauch im Gebäudebereich (nach der Definition des Bundeswirtschaftsministeriums) zwar um 6,6 % zurückgegangen, im Jahr 2019 wurde den Daten zufolge jedoch wieder 0,5 % mehr Energie benötigt als im Jahr zuvor. Ähnlich wie beim gesamten Endenergieverbrauch kann auch in der Sparte, die auf Gebäude entfällt, kaum von einer Effizienzsteigerung gesprochen werden. Vor diesem Hintergrund ist es umso bemerkenswerter, dass der NAPE 2.0 weder für den Energieverbrauch im Gebäudebereich insgesamt, noch für die Subsektoren Haushalte, GHD oder Industrie oder Anwendungsbereiche eigene Effizienzziele enthält.

46. Abbildung Z-7 verdeutlicht die Entwicklung der Energieeffizienz in den einzelnen Endenergieverbrauchssektoren, ausgedrückt als jährliche Steigerung gegenüber dem Zielbasisjahr 2008. Hier wird die erhebliche Abweichung insbesondere von dem im Energiekonzept der Bundesregierung 2010 formulierten Ziel der Endenergieproduktivitätssteigerung von jährlich 2,1 % deutlich. Auch in den Einzelsektoren werden die Zielsetzungen entweder nicht erreicht oder sie tragen in zu geringem Maße zur Erreichung des Gesamtziels bei.

Abbildung Z-7: Entwicklung der Energieeffizienz in einzelnen Endenergieverbrauchssektoren vom Zielbasisjahr 2008 bis 2019



Quellen: Eigene Darstellung auf Basis von AGEB (2020a, 2020b), Destatis (2020)

Verkehr

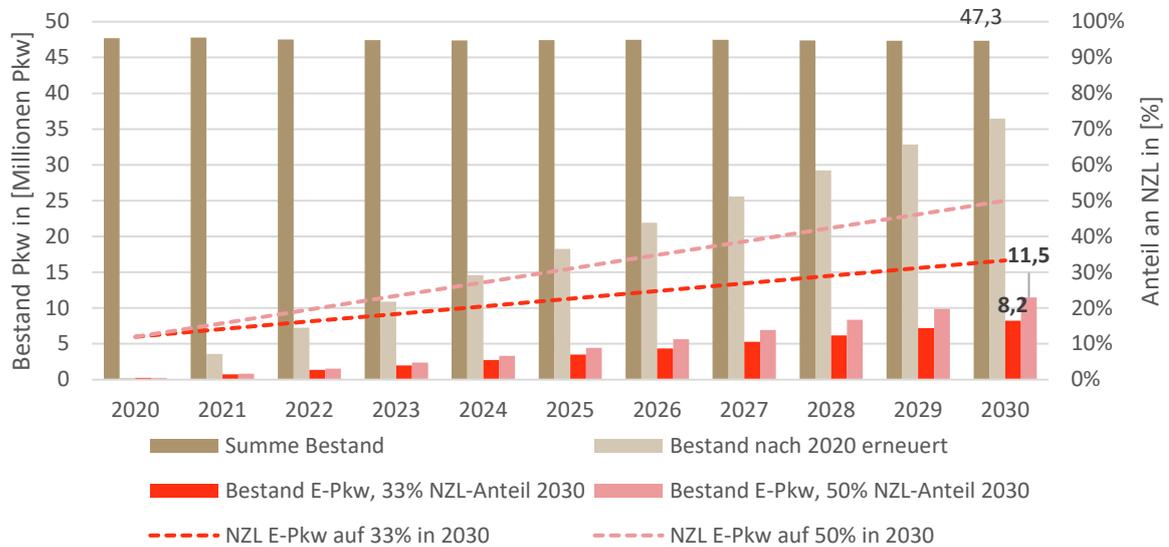
47. Endenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen im Verkehr sind über die letzten Jahre praktisch unverändert geblieben. Im Jahr 2019 lagen die Emissionen bei 163 Mio. t CO₂. Grund dafür sind die gestiegene Verkehrsleistung im Personen- und Güterverkehr sowie der anhaltende Trend zu immer größeren und schwereren Fahrzeugen im motorisierten Individualverkehr. Diese Effekte führen zu einem Anstieg der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor, der durch Effizienzsteigerungen und den Einsatz von Biokraftstoffen nicht abgefangen wird. Vielmehr sind die Erfolge sowohl bei der Steigerung der spezifischen Effizienz der Fahrzeuge als auch bei der Verlagerung von der Straße auf die Schiene und damit vom fossilen Kraftstoff hin zum Strom überkompensiert worden.

48. Die Veränderungen im Verkehrsbereich erfolgen nur langsam. Ursachen dafür sind lange Entwicklungszeiten für Technologien, langer Verbleib vorhandener Technologien im Markt, lange Entwicklungs- und Vorlaufzeiten für den Aufbau von langlebigen Infrastrukturen und die Persistenz von Verhaltensweisen seitens der Verkehrsteilnehmer. Mittel- und langfristige Trends spielen deshalb für die Abschätzung des Beitrags des Verkehrs zum Klimaziel der Bundesregierung eine wichtige Rolle. Umso bedeutsamer ist frühzeitiges und zügiges Handeln für den Klimaschutz, verbunden mit Entscheidungen, an denen sich Bürgerinnen und Bürger ebenso wie Unternehmen im Hinblick auf Technologien, Preise und Steuerungsmaßnahmen beizeiten orientieren können.

49. Treiber des kontinuierlichen Wachstums der Nachfrage nach Mobilität und Transportleistungen sind demografische und sozio-ökonomische Entwicklungen – Bevölkerungszunahme, veränderte Altersstrukturen, wachsende Zahlen bei den Erwerbstätigen, steigende Haushaltseinkommen –, aber auch Verhaltensänderungen. Im Personenverkehr wächst die Nachfrage moderat, aber kontinuierlich. Dabei bleibt der Pkw wichtigstes Verkehrsmittel im Mobilitätsalltag, auch wenn die Anzahl der Wege mit dem Fahrrad und dem ÖPNV zugenommen hat. Besondere Bedeutung haben das Wachstum der Metropolregionen und die damit verbundenen Pendelverkehre hinsichtlich der Zunahme an Pkw-Fahrleistung. Der Anteil der Haushalte mit Pkw liegt relativ stabil bei knapp 80 %, jedoch wächst die Zahl der Pkw in diesen Haushalten. Die Erwartung, dass der Pkw-Besitz durch Konzepte wie Carsharing und andere neue Mobilitätsdienstleistungen überflüssig wird, trifft nur auf Teilgruppen der Gesellschaft v. a. im urbanen Raum zu.

50. Neuzulassungen von Pkw mit Elektroantrieb in Höhe von 7-10 Mio. Fahrzeugen bis zum Jahr 2030 stellen ein ambitioniertes Ziel dar. Die Expertenkommission sieht die gesetzten Maßnahmen der Bundesregierung im Rahmen des Klimaschutzprogrammes 2030 als zweckdienlich an, um die Initialisierung des E-Fahrzeug-Marktes voranzubringen. In dieser Phase müssen Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb in der Konkurrenz zu konventionellen Fahrzeugen allerdings Akzeptanz bei den Kunden finden und sich am Markt durchsetzen, um das gesetzte Ziel tatsächlich zu erreichen. Die Maßnahmen könnten in ihrer Wirkmächtigkeit durch eine Verteuerung von fossilem Kraftstoff unterstützt werden. Die derzeit festgelegten Zertifikatspreise im Brennstoffemissionshandelsgesetz liefern hierzu aber keinen ausreichenden Anreiz. Abbildung Z-8 zeigt mögliche Diffusionsszenarien, in denen unterschiedliche Neuzulassungsanteile in ihrer Auswirkung auf den Bestand abgebildet werden.

Abbildung Z-8: Mögliche Entwicklungen bei der Diffusion von E-Pkw



Hinweis: Diffusion von E-Pkw basierend auf angenommenen Neuzulassungsanteilen von BEV und PHEV, die in 2030 33 % bzw. 50 % der gesamten Neuzulassungen (NZL) erreichen.

Quelle: Datenbasis KBA (2020), eigene Berechnung der Flottenentwicklung

51. Die erwartete Entwicklung der Fahrzeugflotten wird für die Erreichung der Klimaziele im Verkehr nicht ausreichend sein; im Personenverkehr ist daher darüber hinaus eine Verlagerung vom motorisierten Individualverkehr (MIV) auf den öffentlichen Verkehr notwendig. Die Erhöhung der Mittel des Bundes im Rahmen der Regionalisierungsmittel und des Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetzes (GVFG) lassen eine deutliche angebotsseitige Stärkung des Umweltverbundes erwarten, auch wenn angesichts langer Planungs- und Umsetzungszeiträume fraglich ist, in welchem Umfang die THG-Minderungseffekte bis zum Jahr 2030 schon ausgeschöpft werden können. Im Nahverkehr kann dies unter sehr optimistischen Annahmen zu einem Wachstum im ÖPNV von 33 % bei einem Minus des MIV von 12 % gegenüber der Referenzentwicklung 2030 führen. Eine darüberhinausgehende Verlagerung ist mittelfristig nicht umsetzbar, da das Wachstum v. a. zu den Hauptverkehrszeiten erfolgen müsste, die bereits jetzt in vielen Städten und Regionen einer Überlast unterliegen bzw. vor der Corona-Pandemie davon geprägt waren. Im Personenfernverkehr hält die Expertenkommission eine stärkere Verlagerung auf die Schiene in der Größenordnung von etwa 20 % gegenüber der Referenzentwicklung 2030 (+40 % gegenüber 2015) für möglich. Dies würde mit einer Abnahme der Pkw-Fahrleistung von 5-10 % einhergehen. Notwendig ist in jedem Fall eine Kombination aus „Push&Pull“-Maßnahmen, die auf kommunaler und Länderebene initiiert und umgesetzt werden, aber oft eines gesetzlichen Rahmens auf Bundesebene bedürfen. Vor diesem Hintergrund sind aus Sicht der Expertenkommission ergänzende Entwicklungen zu begrüßen wie bspw. die Tatsache, dass das Verkehrsministerium nunmehr die grundsätzliche Möglichkeit erhalten hat, Infrastrukturprojekte der Länder und Kommunen vor Ort zu fördern.

52. Im Güterverkehr auf der Straße wird – nicht zuletzt angesichts des weiteren Wachstums – der größere Anteil der THG-Minderung aus dem Antriebswechsel resultieren. Für die Lkw im Fernverkehr hält die Expertenkommission die getroffenen Maßnahmen und Ziele von 30 % elektrischer Fahrleistung aus dem NECP für sehr ambitioniert. Einerseits ist die Marktreife von elektrischen und anderen alternativen Antrieben im Fernverkehr noch nicht erreicht. Andererseits operieren die Akteure der Güterfernverkehre in einem kompetitiven Marktumfeld und müssen sich kostenseitig an einer Leistungserbringung mittels Diesel-betriebener Lkw messen. Vor

diesem Hintergrund bietet das „Gesamtkonzept Klimafreundliche Nutzfahrzeuge“ im Dreiklang von alternativen Antrieben, Lade- und Tankinfrastruktur sowie CO₂-gespreizte Maut einen Lösungsansatz, der allerdings einer konsequenten und zeitnahen Umsetzung bedarf – langfristig sollte angestrebt werden, den Verkehr in den Emissionshandel zu integrieren. Wie sich die alternativen Antriebe am Markt durchsetzen können, wird ganz entscheidend vom Auf- und Ausbau der Infrastrukturen in einem gesamteuropäischen Kontext abhängen. Eine grundsätzliche Wirkung auf die Akzeptanz alternativer Antriebe durch Logistikdienstleister ist von den jüngsten Entscheidungen auf EU-Ebene zur Flexibilisierung der Lkw-Maut zu erwarten, die den Mitgliedsstaaten eine Spreizung der Gebühren entsprechend dem CO₂-Ausstoß eines Lkw erlaubt.

53. Den notwendigen Aufbau von Infrastrukturen für die alternativen Energieträger Strom, Wasserstoff und Erdgas regelt auf europäischer Ebene die Richtlinie AFID (Alternative Fuels Infrastructure Directive) aus dem Jahr 2014. Neben dem Aufbau von Ladeinfrastruktur in der Fläche ist der Ausbau von Schnelllademöglichkeiten v. a. an Hauptverkehrsachsen erforderlich, um das Elektrofahrzeug auch für längere Strecken sowohl in Deutschland als auch in Europa tauglich zu machen. An den Standorten von öffentlichen Ladepunkten muss die künftige Skalierbarkeit des Netzanschlusses gewährleistet sein. Der Ausbau von Wasserstofftankinfrastruktur ist ebenfalls europäisch anzugehen. Hierbei ist besonders auf die Kompatibilität der Wasserstofftankinfrastruktur für Pkw und Lkw zu achten. Zur mittel- und langfristigen Hebung der Marktpotenziale von Brennstoffzellenfahrzeugen im Schwerlastverkehr ist eine länderübergreifende Wasserstofftankinfrastruktur entlang der europäischen Hauptverkehrsadern unverzichtbar, die effizient verschiedene Tanksysteme für unterschiedliche Nachfrager bzw. Fahrzeuge kombiniert.

54. Selbst unter sehr optimistischen Annahmen wird eine Lücke beim Klimaschutzziel der Bundesregierung für 2030 offenbleiben, wenn allein technologische Maßnahmen zum Einsatz kommen. Verkehrsvermeidung und Verkehrsverlagerung sind gebunden an Verhaltensänderungen und betreffen damit Gewohnheiten und Routinen der Menschen, aber auch gängige Prozesse im gewerblichen Kontext. Aus diesem Grund ist die Einführung von entsprechenden Steuerungsmaßnahmen in der Regel mit Widerständen verbunden, die durch eine partizipative Herangehensweise aufgefangen werden können. Nachfrageseitige Optionen sollten in den Monitoring-Berichten systematisch adressiert werden und insbesondere im Fortschrittsbericht entsprechende Maßnahmenvorschläge entwickelt werden. Ein großer Teil der Maßnahmen, die Verhaltensänderungen adressieren, werden auf kommunaler Ebene initiiert und umgesetzt, so beispielsweise die Bewirtschaftung von Parkraum oder der Ausbau von Fahrradinfrastrukturen. Die Expertenkommission unterstützt die wachsenden Bemühungen zu mehr Flexibilität im Zusammenspiel von Bund, Ländern und Kommunen bei der Umsetzung von Maßnahmen. Längst überfällig ist allerdings die Schaffung einer gesetzlichen Grundlage auf Bundesebene, die Kommunen die Erhebung von Straßenbenutzungsgebühren ermöglicht.

55. Die Verlagerung von Straßengüterverkehr auf die Schiene stellt ebenfalls eine Form der Elektrifizierung des Güterverkehrs dar. Die Weichen zur Erreichung des ambitionierten Ziels einer Steigerung im Schienengüterverkehr um 50 % bis 2030 (bezogen auf 2015) stellt der Masterplan Schienenverkehr. Dabei könnten verschiedene technische Maßnahmen das Verlagerungspotenzial weiter erhöhen, aber auch hier gilt, dass Wirkungen erst mittel- bis langfristig zu erwarten sind. Mittelfristig umsetzbares Verlagerungspotenzial entstünde mit dem Ausbau des kombinierten Verkehrs (KV), v. a. KV Straße und Schiene. Die Expertenkommission empfiehlt, hierfür zeitnah zusätzliche Prototypen in Feldtests zu entwickeln und zu testen. In einer längeren Perspektive und bei zusätzlichen Investitionen und begleitenden Maßnahmen könnte insgesamt sogar eine zusätzliche Verlagerung von 30 % der Straßengüterverkehre gegenüber dem Klimaschutzszenario 2030 möglich werden, was einen Anstieg der Transportleistung im Schienengüterverkehr um 80 % gegenüber 2015 bedeuten würde. Doch selbst diese Steigerung würde ein weiteres Ansteigen der Lkw-Güterverkehre nicht beenden; zur

vollständigen Kompensation des erwarteten Wachstums durch den Schienengüterverkehr wäre dessen Verdreifachung notwendig.

56. Alternative Antriebe im ÖPNV sind derzeit bei Bussen und im regionalen Schienenverkehr zu finden. Die Projekte zur Einführung von batterie-elektrischen und hybrid-elektrischen Bussen tragen insbesondere zur Verbesserung der lokalen Luftqualität bei. Bei der Förderung im Rahmen des Sofortprogramms Saubere Luft ist die Begrenzung auf die Teilförderung von Zusatzkosten der Busse kritisch zu sehen. Diese Begrenzung verhindert den Umstieg auf attraktive und saubere Fahrzeuge in Kommunen mit angespannter Haushaltslage. Hier sollten Möglichkeiten geschaffen werden, um den sauberen Bus im ÖPNV für alle Städte und Kreise zugänglich zu machen.

57. Mittel- und längerfristige Einflüsse der Corona-Pandemie auf das Verkehrsaufkommen und die Verkehrsleistung lassen sich derzeit nur sehr schwer abschätzen, zumal sich neue Verhaltensweisen und Routinen umso mehr verfestigen, je länger die Krisensituation anhält. Ein signifikanter Rückgang der Mobilität insgesamt war lediglich in Zeiten eines harten Lockdowns zu verzeichnen (RKI, 2020). Wesentliche mobilitätsrelevante Effekte, die im Verlauf der Pandemie zu erkennen waren, sind

- die vermehrte Nutzung von Individualverkehrsmitteln, insbesondere Pkw,
- die vermehrte Nutzung von Online-Shopping und damit Zunahme der Lieferverkehre,
- die Zunahme von Homeoffice ohne sichtbare Reduzierung des individuellen Verkehrsaufwandes.

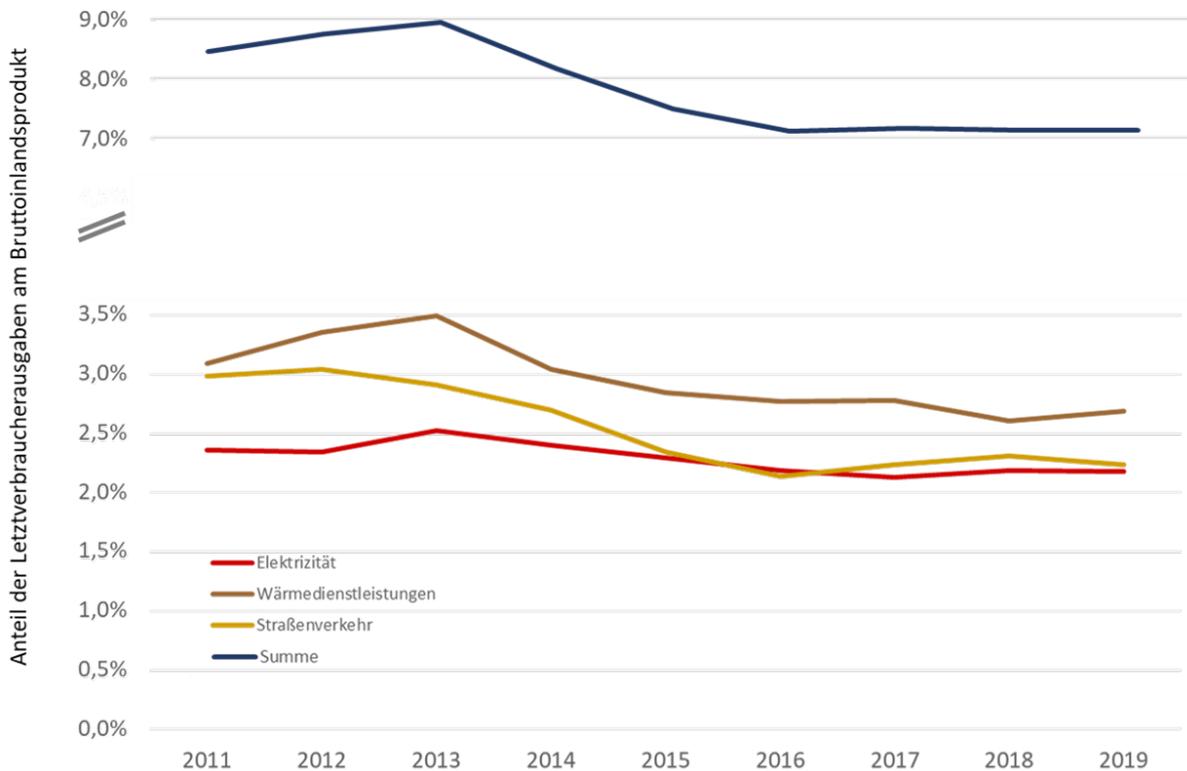
Dessen ungeachtet bleiben die im NECP genannten Maßnahmen relevant und werden durch die Corona-Pandemie nicht grundsätzlich infrage gestellt.

Energiepreise und Energiekosten

58. Der Monitoring-Bericht der Bundesregierung verwendet die Begriffe „Bezahlbarkeit“ und „Wettbewerbsfähigkeit“ als eine Dimension ihrer Energiepolitik bzw. des energiepolitischen Dreiecks. Die Begriffe werden seit Beginn des Monitoring-Prozesses gebraucht und finden sich auch im Energiekonzept 2010. Die Expertenkommission hat sich bereits in ihrer Stellungnahme zum Monitoring-Bericht 2015 für die Wahl einer anderen Begrifflichkeit, der „Preiswürdigkeit“, ausgesprochen. Denn im Grunde ist Energie nur dann nicht mehr „bezahlbar“, wenn es aufgrund zu hoher Preise keine Nachfrage mehr danach gibt. Dies kann also kein gutes Kriterium sein. Der Begriff „Preiswürdigkeit“ ist demgegenüber mehrdimensional und wird nicht allein am Preis bemessen, sondern auch an der Leistung (Preis-Leistungs-Verhältnis) oder alternativ auch an der Qualität.

59. Da die Energiekostenbelastung besser anhand gesamtwirtschaftlich aggregierter Zahlenwerke zu beurteilen ist als auf Basis sektoraler Energiepreise, hat die Expertenkommission die energiewirtschaftliche Gesamtrechnung mit den Einzelelementen für Strom, Wärme und Verkehr entwickelt. Sie nutzt diese auch, um die im Monitoring-Bericht der Bundesregierung dargestellten Energiepreisentwicklungen in den Gesamtkontext einzuordnen. Insgesamt betrachtet lagen die Letztverbraucherausgaben für Elektrizität, Wärmedienstleistungen und im Straßenverkehrsbereich bei rund 244 Mrd. Euro und damit 7,1 % des Bruttoinlandsprodukts. In den vergangenen Jahren lagen die auf das nominale Bruttoinlandsprodukt bezogenen Letztverbraucherausgaben für Energie für die einzelnen Teilbereiche Elektrizität, Wärmedienstleistungen sowie im Straßenverkehr jeweils in der Größenordnung zwischen 2 % und 3,5 % (vgl. Abbildung Z-9). Dabei lagen die Ausgaben im Wärmebereich stets über den Ausgaben im Elektrizitäts- und Verkehrsbereich. Die prozentuale Kostenbelastung ist seit 2016 relativ stabil.

Abbildung Z-9: Entwicklung des Anteils der Letztverbraucherausgaben am nominalen Bruttoinlandsprodukt



Quelle: Eigene Berechnungen, BIP: Destatis (2020c)

60. Ausgangspunkt für die Letztverbraucherausgaben für Elektrizität sind die vom Statistischen Bundesamt jährlich ermittelten Gesamterlöse aus dem Absatz von Elektrizität an Letztverbraucher. Diese Erlöse beinhalten neben den Arbeits- sowie Leistungs- und Verrechnungsentgelten auch Netznutzungsentgelte sowie Steuern und Abgaben (Stromsteuern, Konzessionsabgaben, EEG-Umlage etc.), nicht aber die Umsatzsteuer. Ebenfalls nicht enthalten sind die Ausgaben für die Eigenerzeugung von Elektrizität. Die zu berücksichtigenden Komponenten im Detail sind im Kapitel 10 dargestellt. Die Letztverbraucherausgaben für Elektrizität sind im Jahr 2019 im Vergleich zum Vorjahr um 2,2 % auf 74,9 Mrd. Euro gestiegen. Während die staatlich induzierten Elemente, die zu zwei Dritteln auf die EEG-Umlage entfallen, gesunken sind, waren insgesamt höhere Netzentgelte und Erzeugungskosten zu verzeichnen. Bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt ist die relative Kostenbelastung nahezu unverändert zum Vorjahr und liegt mit knapp 2,2 % auf dem Niveau der Jahre 2016 bis 2018.

61. Im Wärmesektor sind die Letztverbraucherausgaben im Jahr 2019 um rund 6 % auf insgesamt rund 92 Mrd. Euro gestiegen (ohne Strom). Rund drei Mrd. Euro sind den höheren Ausgaben für Effizienzmaßnahmen (energetische Gebäudesanierungen, innovative Heizungen) zuzurechnen, rund zwei Mrd. Euro entfallen auf höhere Ausgaben für Energieträger, die nunmehr rund 50 Mrd. Euro betragen. Der Anstieg der Ausgaben für Energieträger ist dem höheren Verbrauch und insbesondere den gestiegenen Preisen zuzurechnen. Die relative Kostenbelastung bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt beläuft sich auf rund 2,7 %. Die Expertenkommission weist jedoch darauf hin, dass die Ergebnisse Unschärfen aufweisen, da die Datenlage zu den energetischen Sanierungen weiterhin verbesserungswürdig ist (vgl. dazu die Empfehlungen in der Stellungnahme zum zweiten Fortschrittsbericht; EWK, 2019).

62. Im Straßenverkehrsbereich sind die Gesamtausgaben im Jahr 2019 um ein halbes Prozent auf rund 77 Mrd. Euro leicht gesunken. Die geringeren Energieträgerpreise haben das rund einprozentige Verbrauchswachstum überkompensiert. Bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt beläuft sich die Kostenbelastung auf rund 2,2 %.

63. Da sich die Gesamtausgaben tendenziell proportional zum nominalen Bruttoinlandsprodukt (BIP) entwickeln bzw. sogar eher sinken (vgl. Abbildung Z-9), kann die Bezahlbarkeit der Energie im Sinne der im Monitoring-Bericht der Bundesregierung verwendeten Begrifflichkeit kaum in Zweifel stehen. Ein Ausblick für die Zukunft ist allerdings nur mit hohen Unsicherheiten möglich. Denn einerseits werden im Zuge der Regelungen des Nationalen Brennstoffemissionshandelsgesetzes die Energieträger im Wärme- und Kraftstoffbereich ab 2021 verteuert. Dem gegenüber stehen aber beispielsweise Zuschüsse aus dem Bundeshaushalt auf das EEG-Konto in den Jahren 2021 und 2022. Es gilt die Entwicklung zu beobachten, um nicht-intendierte Nebenwirkungen zeitnah zu erkennen und gegensteuern zu können.

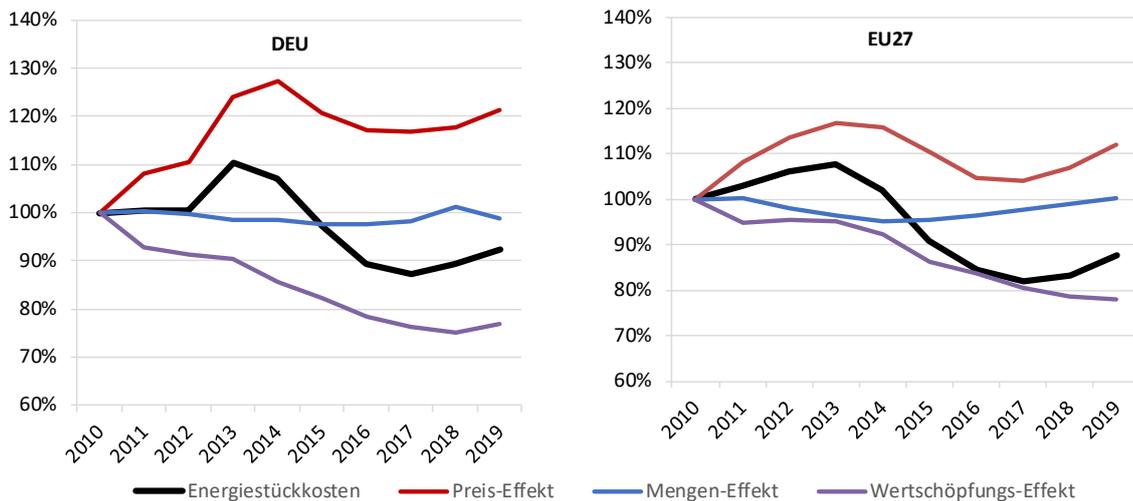
64. In der Industrie kann die Situation von der aggregierten Betrachtung der Letztverbraucher abweichen, was Auswirkungen auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit haben könnte. Deshalb werden die Energiestückkosten der Industrie gesondert untersucht. Dabei handelt es sich um den Anteil der Energiekosten an der sektoralen Bruttowertschöpfung. Gegenüber einer reinen Preisbetrachtung bieten die Energiestückkosten den Vorteil, weitere Einflussfaktoren der energiebezogenen Wettbewerbsfähigkeit zu berücksichtigen, insbesondere die Energieintensität. Auf dieser Basis können auch bedeutsame internationale Vergleiche angestellt werden. Die Energiestückkosten in Deutschland (7,6 % im Jahr 2019) liegen unter dem Niveau in Europa (8,1 %). Den größten Anteil an den gesamten Energiestückkosten im Jahr 2019 haben die Elektrizitätsstückkosten mit 5,4 % in Deutschland bzw. 5,5 % in der EU27. An zweiter Stelle folgt das Erdgas mit 1,0 % in Deutschland und 1,3 % in der EU27. Den dritten Rang nehmen die Mineralölprodukte ein mit 0,6 % in Deutschland und 0,8 % in der EU27. Die Expertenkommission entwickelt das Konzept der Energiestückkosten weiter und illustriert, wie die Energiestückkosten in ihre Mengen-, Preis- und Wertschöpfungseffekte zerlegt werden können.

65. Abbildung Z-10 zeigt für die Periode 2010-2019 den prozentualen Rückgang der Energiestückkosten über alle Energieträger für Deutschland (von 8,2 % im Jahr 2010 auf 7,6 % im Jahr 2019, dies entspricht einem Rückgang um 7,6 %) und Europa (von 9,3 % im Jahr 2010 auf 8,1 % im Jahr 2019, dies entspricht einem Rückgang um 12,4 %). Den größten absenkenden Effekt auf die Energiestückkosten über die Zeit hatte die Ausweitung der Produktion gemessen an der Wertschöpfung. Durch den Anstieg der Wertschöpfung wären ceteris paribus die Energiestückkosten in Deutschland um ca. 23 % und in Europa um 22 % gesunken (d. h. auch, die deutsche Industrie wuchs etwas kräftiger als der europäische Durchschnitt). Die für die Produktion aufgebrauchte Energiemenge blieb über den Zeitraum sowohl in Deutschland als auch in der EU27 relativ konstant (da gleichzeitig die Produktion ausgeweitet wurde, ergibt sich daher ein Anstieg bei der Energieeffizienz). Der größte Unterschied zwischen Deutschland und Europa liegt in der Entwicklung bei den Energiepreisen. Durch den Anstieg bei den Energiepreisen wären ceteris paribus die Energiestückkosten in Deutschland um 21 %, in Europa lediglich um 12 % gestiegen.

66. Auffällig ist der treibende Effekt bei den Strompreisen, der in Deutschland deutlich höher ausfällt als in Europa: ceteris paribus hätten die Strompreise die Energiestückkosten in Deutschland um 24 % erhöht, in Europa lediglich um 9 %. Dies unterstreicht den Vorschlag der Expertenkommission, das Energiepreissystem zu reformieren. Die Expertenkommission nimmt diese kritische Entwicklung zum Anlass, eine Fortschreibung der Stromwirtschaftlichen Gesamtrechnung bis 2030 vorzunehmen, ohne jedoch auf die Nutzung eines umfassenden energiewirtschaftlichen Simulationsmodells zurückgreifen zu können. Obwohl genaue Prognosen nicht möglich sind, können auf diese Weise zumindest grundsätzliche Entwicklungen verdeutlicht und beeinflussbare Kostenkomponenten identifiziert werden. Die EEG-Umlage könnte bei den angenommenen Ausbauraten nach EEG 2014

und Vergütungssätzen nach EEG 2017 bis 2030 sinken. Es sind v. a. die Netzentgelte, deren Anstieg im Blick behalten werden muss. Aufgrund des Ausbaus der Netzinfrastruktur (vgl. Kapitel 6) dürfte ein Anstieg der Netzentgelte zu erwarten sein, sowohl für die Haushalte als auch für die Industrie.

Abbildung Z-10: Multiplikative Dekomposition der Energiestückkosten in der deutschen und europäischen Industrie (2010-2019)



Hinweise: Die obigen Grafiken zeigen eine Abschätzung der Entwicklung des Energiestückkosten-Indikators in der deutschen und europäischen Industrie für den Zeitraum 2010-2019, indiziert auf das Basisjahr 2010 für einen besseren internationalen Vergleich (für DEU: 8,2 % in 2010=100 %; für EU27: 9,3 % in 2010=100 %). Die Dekomposition zerlegt den Indikator in seine Komponenten bzw. „Treiber“ (Energie-Preise und Energie-Mengen im Zähler sowie Wertschöpfung im Nenner; ebenfalls indiziert auf das Basisjahr 2010). Die Dekomposition ist „multiplikativ“, da die Werte der „Treiber“ als Produkt exakt den Wert des indizierten Energiestückkosten-Indikators ergeben. Der Effekt eines einzelnen „Treibers“ (z. B. Preis-Effekt) zeigt an, wie sich die Energiestückkosten verändert hätten, würden die anderen Komponenten (z. B. Mengen und Wertschöpfung) konstant gehalten werden.

Die EU27 bezieht sich hier auf die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union ohne Großbritannien (die Daten werden in der Eurostat-Datenbank unter Code „EU27_2020“ rückwirkend auch für die Vorjahre ausgewiesen). Die Abgrenzung schließt Kroatien mit ein.

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von BP (2018), Eurostat (2020a, 2020b, 2020c), IEA (2020)

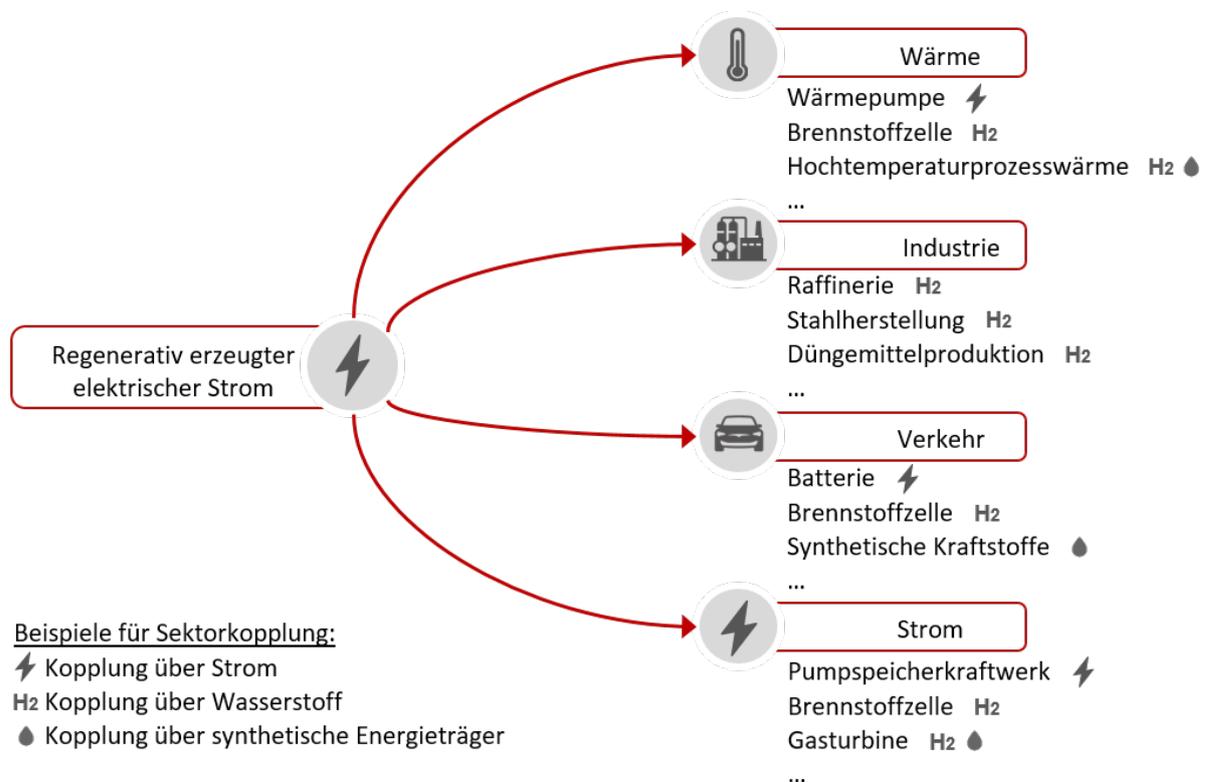
Globale Schlüsseltechnologien für Wasserstoff und synthetische Energieträger

67. Regenerativer Wasserstoff und synthetische Energieträger werden eine Schlüsselrolle für das Erreichen der Klimaneutralität bis zum Jahr 2050 spielen. Neben der EU, Deutschland und einigen deutschen Bundesländern haben im Jahr 2020 auch Finnland, Frankreich, Italien, die Niederlande, Norwegen, Portugal, Spanien und weitere Länder im internationalen Kontext Wasserstoffstrategien vorgelegt. Diese Strategien unterstreichen das ökonomische und ökologische Potential des Energieträgers und sollen dessen breite Nutzung vorbereiten.

68. Wasserstoff und synthetische Energieträger werden in einem integrierten Energiesystem einen wichtigen Baustein zur Sektorkopplung bilden. Erneuerbarer Strom kann eingesetzt werden, um Wasserstoff herzustellen, der in einer Vielzahl von Anwendungsbereichen zum Einsatz gebracht werden kann (vgl. auch Abbildung Z-11). In der kürzeren Perspektive bis 2030 wird Wasserstoff mit unterschiedlichem CO₂-Rucksack vorrangig in schwer zu defossilisierenden Segmenten eingesetzt werden, nicht zuletzt um die Technologiekosten zu senken. Im Stromsektor kann Wasserstoff genutzt werden, um Versorgungslücken in einem vollständig auf erneuerbaren

Energien beruhenden System auszugleichen (vgl. Kapitel 7). Im Verkehrssektor kann Wasserstoff längerfristig einen signifikanten Beitrag zur Defossilisierung leisten. Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe bieten sich aufgrund ihrer hohen Energiedichte dabei v. a. für Anwendungen an, die schlecht direkt elektrifizierbar sind, aber gleichzeitig eine hohe Antriebsleistung über eine längere Fahrtstrecke voraussetzen (z. B. Schwerlast-Lkw, Schiffe, Züge, Flugzeuge) (vgl. Kapitel 9). Darüber hinaus kann Wasserstoff im Gebäudebestand und in Innenstädten eine ergänzende Rolle bei der Gebäudewärme übernehmen (vgl. Kapitel 8). Neben den genannten und in der Stellungnahme behandelten Anwendungsfeldern wird die Bedeutung von grünem Wasserstoff, z. B. in der Stahlherstellung oder als Grundstoff in der chemischen Industrie, stark zunehmen.

Abbildung Z-11: Wasserstoff und synthetische Energieträger als entscheidendes Bindeglied bei der Defossilisierung verschiedener Sektoren mittels Nutzung erneuerbarer Energien



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von H2.B (2020)

69. Um die breite Nutzung von Wasserstoff und synthetischen Energieträgern zur Dekarbonisierung oder Defossilisierung zu ermöglichen, müssen häufig komplexe Wertschöpfungsketten (Erzeugung, Logistik, vielfältige Anwendungen) aufgebaut oder transformiert werden, an denen eine Vielzahl von Akteuren beteiligt sind. Die Attraktivität von Geschäftsmodellen entlang dieser Wertschöpfungsketten ist für einzelne Akteure nur dann gegeben, wenn gleichzeitig andere entlang der Wertschöpfungskette aktiv werden. Dieses Koordinationsproblem kann am besten durch marktorientierte Anreize adressiert werden, wird aber in einer Übergangszeit der Unterstützung durch den Staat bedürfen. Eine CO₂-orientierte Energiepreisreform, wie sie die Expertenkommission vorschlägt, gewinnt vor diesem Hintergrund umso mehr an Dringlichkeit. Gerade mit Blick auf Wasserstoff und synthetische Energieträger sind zusätzlich komplementäre Maßnahmen notwendig, die die Wirkung der preislichen Anreize verstärken. Dazu gehören der Aufbau einer Infrastruktur sowohl zur Verteilung des Wasserstoffs, als auch zur bedarfsgerechten Betankung von Fahrzeugen, was die Nutzung von Wasserstofftechnologien erst

ermöglicht bzw. attraktiver macht. Forschungsaktivitäten und der Technologietransfer sollten gestärkt werden, insbesondere auch mit Blick auf mittelständische Unternehmen. Letztlich ist darauf zu achten, die Ausbildung von Fachkräften an die zukünftigen Anforderungen und die entsprechenden Technologiekompetenzen anzupassen.

70. Die Produktion von erneuerbarem Wasserstoff in Deutschland ist von großer Bedeutung zur Stärkung der Technologiekompetenz entlang der gesamten Wertschöpfungskette bis hin zu den Anwendungen und somit essenziell für die Positionierung als Leitmarkt. Insbesondere im Bereich der industriellen Produktion von Schlüsselkomponenten einer Wasserstoffwirtschaft besitzen deutsche Unternehmen komparative Vorteile, die vor dem Hintergrund der internationalen Konkurrenz jedoch zeitnah in Produkte und Anwendungen umgesetzt werden sollten. In einer Übergangsphase ist daher der Einsatz von blauem und türkischem Wasserstoff denkbar, um den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft zu beschleunigen und Kostendegressionspotenziale frühzeitig zu heben. Langfristig sollte der Wasserstoff grün sein, gestrandete Investitionen sollten daher vermieden werden.

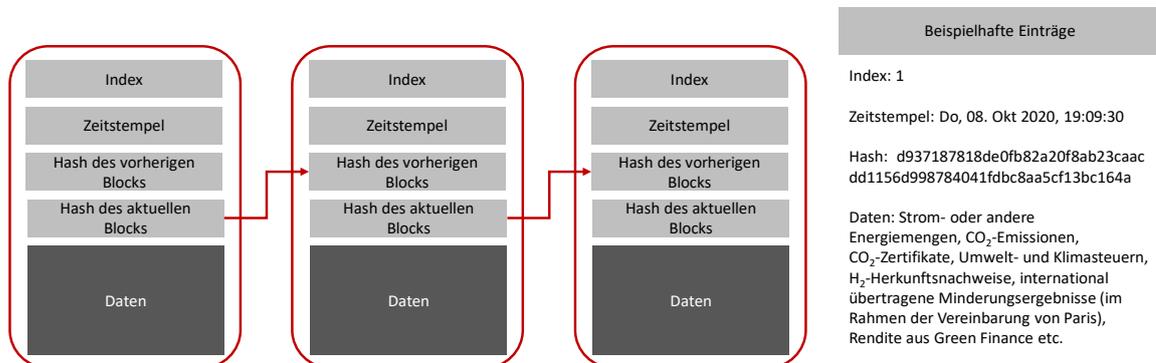
71. Deutschland wird langfristig den größten Teil seines Bedarfs an grünem Wasserstoff importieren. Dafür müssen frühzeitig stabile Partnerschaften auf Augenhöhe angestrebt werden, die neben technisch-ökonomischen Faktoren auch umweltbezogene und soziale Aspekte berücksichtigen. Um erneuerbare Energieträger weltweit handeln zu können, ist zudem ein weltweit gültiges Zertifizierungssystem für CO₂-neutralen und CO₂-armen Wasserstoff elementare Voraussetzung. Die Einhaltung ganzheitlicher Nachhaltigkeitskriterien, die konsequente Umsetzung und aufmerksame Begleitung der europäischen Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED II) sind zwingend notwendig. Die nationale Wasserstoffstrategie greift viele dieser Handlungsfelder erfreulicherweise bereits auf und bietet eine gute Grundlage für die nächsten Umsetzungsschritte.

Blockchain als Element der Digitalisierung der Energiewende

72. Der achte Monitoring-Bericht der Bundesregierung betont die Wichtigkeit der Digitalisierung der Energiewende: „Neben vielen zentralen Großverbrauchern und Stromerzeugern werden immer mehr dezentrale und volatile Erzeugungsanlagen, insbesondere Wind- und Photovoltaik-Anlagen, sowie Millionen von Verbrauchern im System aktiv sein. Damit ein derart heterogenes und zugleich komplexes Energiesystem auch funktioniert, ist die Vernetzung aller Akteure, d. h. der Letztverbraucher, der Erzeuger und der Versorger sowie der Netzbetreiber, von entscheidender Bedeutung. Realisiert werden kann dieses insbesondere durch eine Digitalisierung der Energiewende“ (vgl. Kapitel 13.3 in BMWi, 2021). Bereits in der Vergangenheit hat die Expertenkommission darauf hingewiesen, dass im Energiesystem der Zukunft physische und informatorische Flüsse zunehmend an Komplexität und Dezentralität gewinnen. Dazu ist gerade die relativ neue Technologie der „Blockchain“ passfähig. Die Blockchain bietet weitreichende Chancen im Rahmen einer zunehmend digitalen Wirtschaft, insbesondere für die Erschließung von Effizienzpotentialen und zur Steigerung der Transparenz. Erste Energiewende-relevante Projekte von innovativen Unternehmen auf internationaler Ebene sowie in Deutschland zeigen interessante Anwendungsfelder.

73. Unter einer Blockchain (vgl. Abbildung Z-1) ist ein dezentrales Kassenbuch (distributed ledger technology) zu verstehen, in dem Informationen je nach Anwendungsfall entweder für alle einsehbar (transparent) oder bei sensiblen Informationen auch vor unerwünschtem Einblick geschützt, sicher vor Manipulationen sowie dezentral fortgeschrieben werden können. Neben Block-Standardinformationen (z. B. Index des Blocks, Zeitstempel, Hashwerte) werden auch projektspezifische Daten geführt (z. B. Transaktionen, Eigentumsrechte oder Produkteigenschaften). Im Energiewendekontext ist u. a. an Strom- oder andere Energiemengen, CO₂-Emissionen/-Zertifikate (Mengen und Kosten), Luftschadstoffe, Umwelt- und Klimasteuern oder H₂-Herkunftsnachweise zu denken.

Abbildung Z-12: Struktur der Blockchain und potentiell darauf abgelegte klimarelevante Daten



Quelle: Eigene Darstellung

74. Neben positiven technischen Merkmalen bietet die Blockchain besondere ökonomische Vorteile, die sich die Energie- und Klimapolitik zu Nutze machen sollte. Aus ökonomischer Perspektive ist v. a. relevant, dass durch die Blockchain Transaktionskosten in dezentralen Systemen reduziert werden können. Insbesondere durch Smart Contracts ist die Blockchain in der Lage, die Transaktionskosten großer (dezentraler) Netzwerke zu reduzieren. Im Falle einer größeren Transparenz und Rückverfolgbarkeit der umweltbezogenen Effekte steigt auch der Druck, soziale Normen einzuhalten. Darüber hinaus ist es denkbar, dass sich durch die dezentrale Einbindung auch das Engagement auf Seiten der Endverbraucherinnen und -verbraucher erhöht, zum Klimaschutz aktiv beizutragen.

75. Als ein erstes interessantes Anwendungsgebiet identifiziert die Expertenkommission das Personal Carbon Trading. Dies ist ein Sammelbegriff für Emissionshandelssysteme, die nicht bei Firmen, sondern bei Individuen bzw. privaten Haushalten ansetzen, d. h. „downstream“ in der Lieferkette. Ein zweites Anwendungsgebiet ist das im europäischen Green Deal diskutierte CO₂-Grenzausgleichssystem. Die Europäische Kommission könnte eine Blockchainlösung in Erwägung ziehen, wenn es um die praktischen Aspekte des EU-Grenzausgleichsystems geht. Ein noch detaillierteres System wären Carbon Footprint Taxes (bzw. Carbon Added Taxes). Ein solcher Ansatz könnte analog zur Mehrwertsteuer mit Vorsteuerabzugsmethode ausgestaltet werden. In diesem Fall wären jedoch die auf jeder Produktionsstufe (aller Zwischenprodukte bis zum Endprodukt) emittierten CO₂-Emissionen die Bemessungsgrundlage der Steuer. Generell ist die Nachverfolgung von CO₂-Emissionen in Lieferketten eine wichtige Stellgröße der globalen Energiewende. Allein die 2.500 größten globalen Unternehmen verantworten 20 % der globalen Emissionen. Als weiteres Anwendungsfeld sind die CO₂-Marktmechanismen entsprechend der Klimaschutzvereinbarung von Paris (Artikel 6, Absatz 2) zu nennen. Die international übertragenen Minderungsergebnisse im Rahmen des Klimaschutzabkommens könnten in einem Blockchain-basierten System als digitale Assets gehandelt werden.

76. Damit sich die Blockchain zu einer tragfähigen Option für die Klimaregulierung entwickeln kann, sind geeignete Rahmenbedingungen erforderlich. Hinsichtlich der Software bedarf es der Neu- und Weiterentwicklung von Smart Contracts. Zudem sind geeignete Schnittstellen zu existierenden Systemen zu schaffen. Damit Klimaregulierung richtig funktionieren kann, müssen „korrekte“ (wahrheitsgemäße) Energiewende-Daten auf der Blockchain abgelegt werden. Die Blockchain schafft die Voraussetzungen für die Unabänderlichkeit, Transparenz (bei gleichzeitigem Schutz vor unerwünschter Offenlegung), Nachverfolgbarkeit, automatische Weiterverarbeitbarkeit und ggf. Dezentralität von Daten, vermag aber nicht die Korrektheit der Daten zu garantieren. Dazu sind weitere Mechanismen für die geeignete Bestimmung von klimarelevanten Eigenschaften von Produkten nötig,

wie deren CO₂-Bilanz und Herkunftsnachweise. Damit die Technologie in der Breite adaptiert wird und zur Energiewende substantiell beitragen kann, ist auch die Entwicklung eines entsprechenden regulatorischen Rahmens erforderlich. Weniger relevant – zumindest perspektivisch – erscheinen die Einwände, dass die Blockchain selbst technisch gar nicht in der Lage sei, die für die oben beschriebenen Projekte zu erwartenden Transaktionsvolumina oder die Komplexität von Lieferketten zu verarbeiten. Die Klimawirkungen der Blockchain selbst durch die dafür notwendige erhöhte Rechenleistung sollten im Auge behalten werden, dürften aber einer Anwendung nicht grundsätzlich im Wege stehen. Ggf. wäre das Design der Blockchain als Stellgröße anzupassen. Die Expertenkommission fasst damit die Rolle der Digitalisierung für die Energiewende weiter als die Bundesregierung, indem nicht nur das Energiesystem im engeren Sinne betrachtet wird, sondern auch Elemente der Klimaregulierung, die den Weg zur langfristigen Klimaneutralität unterstützen können.

Kriterienraster auf dem Weg zur Klimaneutralität

77. Im Hinblick auf den Klimaschutzplan der Bundesregierung und das Langfristziel der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2050 ist es wichtig, aktuelle und zukünftige energie- und klimapolitische Instrumente und Maßnahmen bereits vor ihrer Implementierung hinreichend zu evaluieren. Die Leitfrage muss dabei sein, inwiefern Instrumente und Maßnahmen einerseits einen tatsächlichen Beitrag zur Erreichung der Treibhausgasneutralität leisten können und andererseits weitere wichtige Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung beachten.

78. Die Bundesregierung bewertet in ihrem Monitoring-Bericht den Kohleausstieg als wirtschaftlich vernünftig. Allerdings reicht die Dynamik nicht aus, um ambitioniertere Klimaziele für das Jahr 2030 zu erreichen. Zudem ist die Umsetzung des Kohleausstiegs durch geringe Kosteneffizienz und hohe Gesamtkosten geprägt. Ein maßgeblicher Treiber sind die geplanten Entschädigungszahlungen von 4,35 Mrd. Euro an Kraftwerksbetreiber, die sowohl hinsichtlich ihres Umfangs als auch ihrer Notwendigkeit kritisch zu betrachten sind. Sie verzerren darüber hinaus die Verteilung der entstehenden Lasten. Bei Bürgerinnen und Bürgern in betroffenen Kohleregionen ist dies besonders kritisch, da ihre Erwartungen an den Kohleausstieg historisch bedingt ohnehin negativ geprägt sind. Im Gegensatz zum Kohleausstieg ist die CO₂-Bepreisung eine kosteneffiziente Maßnahme zur Senkung von CO₂-Emissionen.

79. Bei der Evaluierung kann ein vorab definiertes Kriterienraster zur Systematik, Nachvollziehbarkeit und Transparenz beitragen, um zukünftige Entscheidungen strukturiert vorzubereiten. Es bietet zudem die Möglichkeit, die Wechselwirkungen, d. h. die Synergien und Zielkonflikte zwischen einzelnen Kriterien, aber auch zwischen Maßnahmen aufzuzeigen sowie alternative Maßnahmen anhand ihrer individuellen Stärken und Schwächen zu vergleichen. Dabei ist sicherzustellen, dass die notwendige Evaluierung aktueller und zukünftiger energie- und klimapolitischer Instrumente und Maßnahmen deren Implementierung nicht unverhältnismäßig hinauszögert. In der Literatur gibt es bereits unterschiedliche Vorstöße zu Kriterienrastern für Instrumente und Maßnahmen. Drei maßgebliche Ansätze werden kurz vorgestellt, darunter der multikriterielle Bewertungsansatz des Kopernikus-Projekts ENavi, das „Feasibility Framework“ des Intergovernmental Panel on Climate Change sowie eine aktuelle Studie des German-Japanese Energy Transition Council zur „Wasserstoff-Gesellschaft“.

80. Die Expertenkommission subsumiert die bisherigen Vorstöße zu einem Kriterienraster für Instrumente und Maßnahmen, das die Bundesregierung auf dem Weg zur langfristigen Klimaneutralität unterstützen und eine ganzheitliche Beurteilung ermöglichen soll. Das Raster besteht aus insgesamt 14 Kriterien, die auf die Alternativen und den Status quo gleichermaßen angewendet werden sollten: Effektivität, Kosteneffizienz bzw. Gesamtkosten, zeitliche Aspekte, wirtschaftliche Planungssicherheit, Beitrag zur Wirtschaftsleistung, Resilienz,

Umwelt- und Ressourcenschonung, Schutz der menschlichen Gesundheit, Governance, Legalität, ethische Akzeptanz, Legitimität, Förderung des sozialen Zusammenhalts, Synergien und Zielkonflikte. Zu den einzelnen Kriterien werden wiederum unterschiedliche Aspekte und Indikatoren angeführt, die zur Bewertung herangezogen werden können. Um das Raster für die Bewertung von Instrumenten und Maßnahmen und seine Flexibilität genauer zu verdeutlichen, wendet die Expertenkommission es zum einen auf die nationale CO₂-Bepreisung und zum anderen auf den ordnungsrechtlichen Kohleausstieg beispielhaft an. Zur besseren Übersichtlichkeit werden die Ergebnisse tabellarisch festgehalten und zur optischen Unterstreichung der Bewertung werden die Farben der Energiewende-Ampel verwendet. Exemplarisch zeigt Tabelle Z-4 die Evaluierung der nationalen CO₂-Bepreisung nach dem Bundesemissionshandelsgesetz.

Tabelle Z-4: Evaluierung der nationalen CO₂-Bepreisung auf Basis des Kriterienrasters

Kriterium	Bewertung	
Effektivität	0	Zielerreichung bei aktueller Ausgestaltung unwahrscheinlich. Höherer und steilerer Preispfad ist notwendig. Konkret schlägt die Expertenkommission einen Einstiegspreis für CO ₂ von 50 Euro/t CO ₂ vor. Für die Sektoren des EU-Emissionshandels impliziert dies in Deutschland einen Mindestpreis für CO ₂ .
Kosteneffizienz / Gesamtkosten	+	Als marktliche Maßnahme ist die CO ₂ -Bepreisung effizient. Zudem generiert sie Einnahmen, die zur Refinanzierung einer CO ₂ -basierten Energiepreisreform genutzt werden können.
Zeitliche Aspekte	+	Die Maßnahme ist langfristig angelegt, vermindert regulatorische Unsicherheit und zielt auf die Klimaneutralität ab.
Wirtschaftliche Planungssicherheit	0	Liefert Planungssicherheit für Haushalte und Unternehmen bis 2026. Die Entwicklung nach 2026 bleibt jedoch unsicher.
Beitrag zur Wirtschaftsleistung	0	In der aktuellen Ausgestaltung ohne vergleichbare Regelungen in den anderen Mitgliedsstaaten und ohne außereuropäische Regelungen, wie z. B. ein Border Carbon Adjustment, besteht die Gefahr einer Abwanderung deutscher Unternehmen.
Resilienz	+	Verringert die Abhängigkeit von Importen fossiler Energieträger.
Umwelt- und Ressourcenschonung	0	Schont grundsätzlich Umwelt und Ressourcen. Integration der nationalen CO ₂ -Bepreisung in das EU ETS und Border Carbon Adjustment können zudem „Carbon Leakage“ reduzieren.
Schutz der menschlichen Gesundheit	+	Hat positiven Effekt auf die menschliche Gesundheit, u. a. weil die CO ₂ -Bepreisung zu einem verringerten Einsatz fossiler Energieträger führt und damit auch zu einer Reduktion von Luftschadstoffen etc.
Governance	+	Wirkt als marktliche Maßnahme über mehrere Sektoren- und Governance-Ebenen (regional und national) hinweg. Bei einem Übergang in das EU ETS wird dieser Aspekt noch verstärkt. Die frühzeitige Ausrichtung auf das EU ETS kann den Übergang beschleunigen.
Legalität	+	Verabschiedung des Brennstoffemissionshandelsgesetzes im Rahmen des Klimapakets.
Ethische Akzeptanz	0	Wirkt dank ausgleichender Maßnahmen progressiv. Eine Energiepreisreform, die die weitreichende Entlastung einkommensschwacher Haushalte sowie kleiner und mittelständischer Unternehmen umfasst, wurde bislang nicht umgesetzt.
Legitimität	0	Stimmt nicht mit dem individuellen Meinungsbild aller Akteure überein. Sie fürchten um zu starke Belastung oder Verlust der Wettbewerbsfähigkeit. Die Akzeptanz der Maßnahme könnte mittels einer klaren und transparenten Kommunikationsstrategie erhöht werden.
Förderung des sozialen Zusammenhalts	0	Eine zusätzliche Abfederung oder Umkehr sozialer Härten ist umsetzbar. Derartige Maßnahmen stehen einer CO ₂ -basierten Energiepreisreform nicht entgegen.
Synergien und Zielkonflikte	0	Die CO ₂ -Bepreisung überlappt sich mit den Flottengrenzwerten im Verkehrssektor, ist jedoch in Bezug auf CO ₂ die effizientere Maßnahme. Zudem reduziert sie Rebound-Effekte und bietet mehr Optionen zur Emissionsreduktion.

Quelle: Eigene Darstellung

81. Die Expertenkommission hat eine allgemeine CO₂-Bepreisung als Leitinstrument vorgeschlagen. Die tabellarische Zusammenfassung der Evaluierung der nationalen CO₂-Bepreisung (vgl. Tabelle Z-4) zeigt, dass dieses marktliche Instrument besonders kosteneffizient ist und sich für eine langfristige Ausrichtung der Energiewende anbietet. Dies gilt insbesondere dann, wenn die nationale CO₂-Bepreisung kohärent mit dem EU ETS ausgestaltet wird. Co-Benefits, wie die Reduktion der Abhängigkeit von Importen fossiler Energieträger und positive Effekte auf die menschliche Gesundheit, können realisiert werden. Dabei sollte nicht übersehen werden, dass das Instrument allein nicht ausreichen wird, die Klimaneutralität zu erreichen. Um den Marktakteuren größere Planungssicherheit zu geben, sollte der mittel- bis langfristige Rahmen konkretisiert werden. Die Verteilungseffekte der CO₂-Bepreisung sind aus Akzeptanzsicht im Blick zu behalten.

Literaturverzeichnis

Stand der Energiewende

- AG Energiebilanzen (2020). Energieverbrauch sinkt auf historisches Tief. Deutliche Auswirkungen der Corona-Pandemie / Anteil fossiler Energien sinkt. Abgerufen am 18. Dezember 2020 von <https://ag-energiebilanzen.de/22-0-Pressedienst.html>.
- Agora Energiewende (2021). Die Energiewende im Corona-Jahr: Stand der Dinge 2020 – Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2021. Abgerufen von https://static.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2021/2020_01_Jahresauswertung_2020/200_A-EW_Jahresauswertung_2020_WEB.pdf.
- BDEW (2020). Die Energieversorgung 2020. Jahresbericht. Abgerufen am 18. Dezember 2020 von https://www.bdew.de/media/documents/Jahresbericht_2020_20201218.pdf.
- BMU (2020). Treibhausgasemissionen gingen 2019 um 6,3 Prozent zurück. Pressemitteilung am 16. März 2020. Abgerufen am 10. Dezember von <https://www.bmu.de/pressemitteilung/treibhausgasemissionen-gingen-2019-um-63-prozent-zurueck/>.
- BMWi (2021). Achter Monitoring-Bericht zur Energiewende 2020. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Berlin.
- EWK (2020). Klimaschutz vorantreiben, Wohlstand stärken – Kommentierung zentraler Handlungsfelder der deutschen Energiewende im europäischen Kontext. Berlin, Münster, Nürnberg, Stuttgart. Abgerufen am 01. Dezember 2020 von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/monitoring-prozess.html>.

Perspektive bis zum Jahr 2030

- BDEW (2020). BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.: Die Energieversorgung 2020. Stand 17. Dezember 2020. Abgerufen von https://www.bdew.de/media/documents/Jahresbericht_2020_20201218.pdf.
- EU-Kommission (2020). Commission Staff Working Document SWD/2020/176: Impact Assessment Accompanying the document Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. "Stepping up Europe's 2030 climate ambition. Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people". Abgerufen am 14. Dezember 2020 von https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_20_1599.
- EU-Parlament (2020). EU-Klimagesetz: Parlament will Emissionen bis 2030 um 60 % reduzieren. Pressemitteilung vom 8. Oktober 2020. Abgerufen am 14. Dezember 2020 von <https://www.europarl.europa.eu/news/de/press-room/20201002IPR88431/eu-klimagesetz-parlament-will-emissionen-bis-2030-um-60-reduzieren>.
- EU-Rat (2020). Europäischer Rat, 10./11. Dezember 2020. Schlussfolgerungen. Brüssel. EUCO 22/20 CO EUR 17 CONCL 8. Abgerufen am 14. Dezember 2020 von <https://www.consilium.europa.eu/media/47346/1011-12-20-euco-conclusions-de.pdf>.
- Politiksznarien IX (2020). Harthan, R. O., Brugger, H., Steinbach, J. et al: Abschätzung der Treibhausgasminde- rungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung, Teilbericht des Projektes „THG-

Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019 („Politiksznarien IX“); Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit sowie des Umweltbundesamtes (Hrsg.). Öko-Institut, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien. Oktober 2020. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/abschaetzung_treibhausgasmindierungswirkung_klimaschutzprogramms2030_der_bundesregierung_final.pdf

Prognos (2020). Prognos, ISI, GWS, iinas: Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgenabschätzungen 2030/2050. Dokumentation von Referenzszenario und Szenario mit Klimaschutzprogramm 2030. Basel. Abgerufen am 14. Dezember 2020 von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/klimagutachten.html>.

Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

Agora Energiewende (2020). Prognos, Öko-Institut und Wuppertal-Institut. Klimaneutrales Deutschland. Abgerufen im Oktober 2020 von https://static.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2020/2020_10_KNDE/A-EW_192_KNDE_Zusammenfassung_DE_WEB.pdf.

NECP (2020). Integrierter Nationaler Energie- und Klimaplan. Juni 2020. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Berlin. Abgerufen am 21. Dezember 2020 von https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/l/integrierter-nationaler-energie-klimaplan.pdf?__blob=publicationFile&v=8.

Netzinfrasturktur

BNetzA (2013). EnLAG-Monitoring - Stand zum Ausbau von Energieleitungen nach dem Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) zum vierten Quartal 2013. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen. Abgerufen am 21. Oktober 2020 von <https://www.netzausbau.de/leitungsvorhaben/de.html>.

BNetzA (2017). BBPIG-Monitoring - Stand der Vorhaben aus dem Bundesbedarfsplangesetz (BBPIG) nach dem vierten Quartal 2016. Stand: Februar 2017. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen. Abgerufen am 21. Oktober 2020 von <https://www.netzausbau.de/leitungsvorhaben/de.html>.

BNetzA (2019). Monitoring des Stromnetzausbaus - Viertes Quartal 2018. Stand: Februar 2019. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen. Abgerufen am 21. Oktober 2020 von <https://www.netzausbau.de/leitungsvorhaben/de.html>.

BNetzA (2020). Monitoring des Stromnetzausbaus - Viertes Quartal 2019. Stand: April 2020. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen. Abgerufen am 21. Oktober 2020 von <https://www.netzausbau.de/leitungsvorhaben/de.html>.

Versorgungssicherheit

- BNetzA/BKartA (2014). Monitoringbericht 2014. Stand: 14. November 2014. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen und Bundeskartellamt. Abgerufen am 21. Oktober 2020 von https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2014/Monitoringbericht_2014_BF.pdf?__blob=publicationFile&v=4.
- BNetzA/BKartA (2016a). Monitoringbericht 2015. Stand: 10. November 2015. Korrektur: 21. März 2016. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen und Bundeskartellamt. Abgerufen am 21. Oktober 2020 von https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/Berichte/2015/Monitoringbericht_2015_BA.pdf?__blob=publicationFile&v=4.
- BNetzA/BKartA (2016b). Monitoringbericht 2016. Stand: 30. November 2016. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen und Bundeskartellamt. Abgerufen am 21. Oktober 2020 von https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/Monitoringbericht2016.pdf?__blob=publicationFile&v=2.
- BNetzA/BKartA (2017). Monitoringbericht 2017. Stand: 13. Dezember 2017. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen und Bundeskartellamt. Abgerufen am 21. Oktober 2020 von https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/Monitoringbericht2017.pdf?__blob=publicationFile&v=4.
- BNetzA/BKartA (2019). Monitoringbericht 2018. Stand: 29. Mai 2019. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen und Bundeskartellamt. Abgerufen am 21. Oktober 2020 von https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/Monitoringbericht2018.pdf?__blob=publicationFile&v=6.
- BNetzA/BKartA (2020). Monitoringbericht 2019. Stand: 13. Januar 2020. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen und Bundeskartellamt. Abgerufen am 21. Oktober 2020 von https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Berichte/2019/Monitoringbericht_Energie2019.pdf?__blob=publicationFile&v=6.

Energieeffizienz

- AGEB (2020a). AG Energiebilanzen e.V.: Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland, Daten für die Jahre von 1990 bis 2019, Stand September 2020. Abgerufen von <https://ag-energiebilanzen.de/10-0-Auswertungstabellen.html>.
- AGEB (2020b). AG Energiebilanzen e.V.: Temperatur- und lagerbestandsbereinigter Primärenergie- und Endenergieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern, Tabellen mit Ursprungswerten sowie bereinigten Angaben von 1990 bis 2019, Stand August 2020 (unveröffentlicht).
- Destatis (2020). Statistisches Bundesamt: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Inlandsproduktberechnung, Vierteljahresergebnisse, 2. Vierteljahr 2020, Stand August 2020. Abgerufen von https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/_inhalt.html;jsessionid=E765B70F0C7BA7EC3E02CAF962E38DB9.internet8722#sprg233858.

Verkehr

EWK (2016). Stellungnahme zum fünften Monitoring-Bericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2015. Abgerufen am 21. Dezember 2020 von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/monitoring-prozess.html>.

KBA (2020). Fahrzeuge. Bestand und Neuzulassungen. Abgerufen am 15. November 2020 von https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/fahrzeuge_node.html.

RKI (2020). Änderung der Mobilität verglichen mit 2019. Abgerufen am 27. Dezember 2020 von [Aktuelle Mobilität - Covid-19 Mobility Project \(covid-19-mobility.org\)](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/2020/11/19_mobility.html)

Energiepreise und Energiekosten

EWK (2019). Stellungnahme zum zweiten Fortschrittsbericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2017. Abgerufen am 21. Dezember 2020 von <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/monitoring-prozess.html>.

Destatis (2020c). Bruttoinlandsprodukt, Bruttonationaleinkommen, Volkseinkommen. Abgerufen am 25. Mai 2020 von <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/Tabellen/inlandsprodukt-volkseinkommen1925-pdf.html>.

Globale Schlüsseltechnologien für Wasserstoff und synthetische Energieträger

H2.B (2020). Positionspapier des Wasserstoffbündnis Bayern zur bayerischen Wasserstoffwirtschaft. Nürnberg, Mai 2020. Abgerufen am 28. Mai 2020 von https://h2.bayern/wp-content/uploads/2020/05/Positionspapier_Wasserstoffbueundnis_Bayern_052020_web.pdf.

Blockchain als Element der Digitalisierung der Energiewende

BMWi (2021). Achter Monitoring-Bericht zur Energiewende 2020. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Berlin.

