



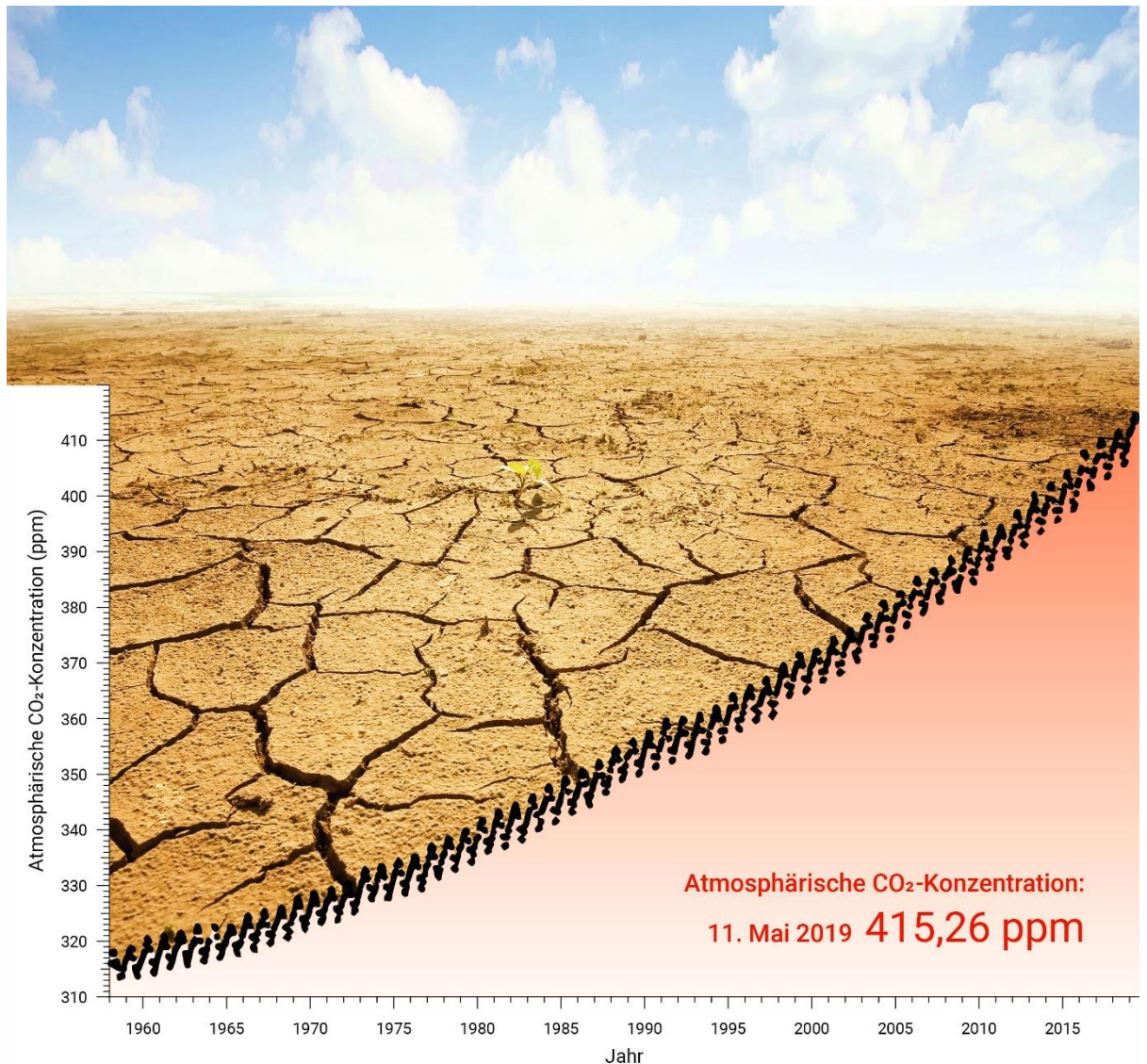
**Leopoldina**  
Nationale Akademie  
der Wissenschaften

**VORABDRUCK - unkorrigiert**

*Juli 2019 | Ad hoc-Stellungnahme*

## **Klimaziele 2030:**

### **Wege zu einer nachhaltigen Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen**



## **Impressum**

### **Herausgeber**

Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V.  
– Nationale Akademie der Wissenschaften –  
Jägerberg 1  
06108 Halle (Saale)

### **Redaktion**

Dr. Kathrin Happe, Dr. Christian Anton, Johannes Mengel, Stefanie Windhausen  
Kontakt: [politikberatung@leopoldina.org](mailto:politikberatung@leopoldina.org)

Vorabdruck – Juli 2019

## Inhalt

Vorwort .....	4
Mitwirkende in der Arbeitsgruppe.....	5
Zusammenfassung .....	6
1 Ausgangslage und Diagnose.....	10
Das Erd- und Klimasystem verändert sich dramatisch.....	10
Die Tragödie der Klima-Langzeitziele .....	10
Gute Klimapolitik eint .....	11
Das große Ganze in den Blick nehmen.....	11
Eine systemische Herausforderung.....	12
Konsequentes, transparentes und zügiges Handeln.....	12
Verlässliche Rahmenbedingungen schaffen .....	14
2 Der Umbau: ökonomisch effizient und sozial ausgewogen .....	15
Ein Preis für CO <sub>2</sub> .....	15
Ein CO <sub>2</sub> -Preis muss durch weitere klimapolitische Instrumente ergänzt werden .....	15
Pragmatische Umsetzung möglichst marktwirtschaftlicher Lösungen.....	16
Abfedern von unerwünschten Verteilungswirkungen für Privathaushalte .....	16
Abfedern von unerwünschten Verteilungswirkungen für Unternehmen.....	17
Die Bevölkerung muss zum Erfolg beitragen können .....	17
Auf Forschung, Entwicklung und Dialog setzen .....	18
3 Das Energiesystem in Deutschland und Europa.....	19
Deutschland ist Teil eines europaweiten, komplexen Energiesystems .....	19
Zentral-dezentral: kein Widerspruch .....	19
Stoffliche Energieträger der Zukunft.....	20
Eine Mobilitätswende schnell einleiten .....	20
Die richtigen Investitionen in Gebäudetechnik tätigen .....	22
Klimaschutz ist Gesundheitsschutz .....	22
Was ist jetzt zu tun bei der Energieversorgung? .....	22
4 Klimaziele 2030: Instrumente und Maßnahmen für den sofortigen Klimaschutz .....	24
Empfehlungen .....	24
Anhang .....	27
Weiterführende Literatur.....	27
Arbeitsweise und Dank .....	29

## Vorwort

In gut 30 Jahren soll die Europäische Union treibhausgasneutral sein und die Nettoemissionen auf Null gesenkt werden, um die globale Erderwärmung langfristig auf deutlich unter 2 Grad Celsius zu begrenzen. Mit diesem erklärten Ziel beanspruchte die Europäische Kommission auf der UN-Klimakonferenz 2018 eine Führungsrolle der EU im Klimaschutz. Deutschland und die Europäische Union haben das Pariser Klimaabkommen ratifiziert und müssen ihren Beitrag dazu leisten. Schon in ihrer Stellungnahme von Dezember 2018 empfehlen die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften acatech und die Union der deutschen Akademien der Wissenschaften eine Vorreiterallianz Deutschlands mit anderen Ländern, um einen länderübergreifenden Mindestpreis für CO<sub>2</sub>-Emissionen einzuführen. Ein ausreichend hoher und in allen Sektoren geltender CO<sub>2</sub>-Preis würde finanzielle Anreize für emissionsarme Technologien setzen und wäre ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu einem treibhausgasneutralen Europa. Bisher scheitert er jedoch an fehlenden politischen Mehrheiten.

Effektiven Klimaschutz zu erreichen betrifft dabei praktisch alle Sektoren und gehört zu den Aufgaben einer verantwortungsvollen Umwelt-, Verkehrs-, Energie- und Gesundheitspolitik. Im Fokus der aktuellen Debatte stehen Forderungen vor allem der jungen Generation für eine nachhaltige Zukunft gegenüber Ängsten um die Kosten von Klimaschutzmaßnahmen und um eine weitere Spaltung der Gesellschaft. Dabei kommt die Betrachtung der Kosten von Klimawandelfolgen zu kurz. Diese steigen schon heute an durch die zunehmenden Extremwetterlagen, Dürren, Ernteaufschläge und Waldschäden, werden aber vor allem kommende Generationen betreffen. Nicht zuletzt die Schülerstreiks machen darauf aufmerksam, dass unser Verhalten heute in einem besorgniserregenden Maße die Zukunft aller Menschen beeinträchtigt und die Vielfalt von Natur und Arten bedroht.

Vor diesem Hintergrund hat das Präsidium der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina im Juni 2019 eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe beauftragt, sich im Rahmen der wissenschaftsbasierten Beratung von Politik und Öffentlichkeit mit Maßnahmen für die Einhaltung der Klimaziele 2030 in Deutschland auseinanderzusetzen. Die Politik hat im Juli 2019 eine Reihe von wirtschaftswissenschaftlichen Gutachten zur CO<sub>2</sub>-Bepreisung erhalten, die der Arbeitsgruppe ebenfalls zur Verfügung standen. Im September soll eine Entscheidung fallen, welche Maßnahmen die Regierung wählt, um die Klimaziele noch zu erreichen.

Die vorliegende Ad-hoc-Stellungnahme stellt die Ergebnisse der Beratungen in der interdisziplinären Arbeitsgruppe vor. Sie umfasst Informationen zur gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Debatte um die Dringlichkeit von Klimaschutz als auch Empfehlungen für die Umsetzung von Maßnahmen wie einem CO<sub>2</sub>-Preis und weiteren Innovationen, die schnell und sozial ausgewogen wirken können.

Herzlich danken wir allen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die sich als Mitglieder der Arbeitsgruppe mit großem persönlichen Einsatz engagiert haben. Die Leopoldina versteht diese Ad-hoc-Stellungnahme nach der Stellungnahme „Saubere Luft“ als einen weiteren Beitrag zur laufenden Debatte und beabsichtigt, sich verstärkt übergreifenden wissenschaftlichen Fragen der Gestaltung nachhaltiger Entwicklung von Klima-, Umwelt- und Naturschutz zu widmen.



Jörg Hacker  
Präsident

## Mitwirkende in der Arbeitsgruppe

**Prof. Dr. Antje Boetius (Sprecherin)** Direktorin des Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, Mitglied der Leopoldina, Vorsitzende des Lenkungs Ausschusses „Wissenschaft im Dialog“.

**Prof. Dr. Ottmar Edenhofer** Direktor des Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Direktor des Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change, Mitglied der Leopoldina.

**Prof. Dr. Bärbel Friedrich** ehem. Vize-Präsidentin der Leopoldina.

**Prof. Dr. Gerald Haug (Sprecher)** Direktor der Abteilung Klimageochemie und Wissenschaftliches Mitglied am Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz, Professor für Klimageologie an der ETH Zürich, Mitglied der Leopoldina.

**Prof. Dr. Frauke Kraas** Professorin für Stadt- und Kulturgeographie am Geographischen Institut der Universität Köln, Mitglied der Leopoldina.

**Prof. Dr. Wolfgang Marquardt** Vorstandsvorsitzender des Forschungszentrum Jülich, Vize-Präsident der Helmholtz Gemeinschaft, Mitglied der Leopoldina.

**Prof. Dr.-Ing. Jürgen Lehold** ehem. Leiter der Konzernforschung der Volkswagen Aktiengesellschaft.

**Prof. Dr. Martin J. Lohse** Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin in der Helmholtz-Gemeinschaft, Mitglied der Leopoldina.

**Prof. Dr. Jürgen Renn** Direktor am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Mitglied der Leopoldina.

**Prof. Dr. Frank Rösler** Mitglied des Präsidiums der Leopoldina, Sekretar der Klasse IV Geistes-, Sozial- und Verhaltenswissenschaften, Senior-Professor für Biologische Psychologie und Neuropsychologie an der Universität Hamburg.

**Prof. Dr. Robert Schlögl** Direktor des Fritz-Haber-Instituts der Max-Planck-Gesellschaft und Gründungsdirektor des Max-Planck-Instituts für Chemische Energiekonversion in Mülheim an der Ruhr, 2013-2018 Vorsitzender des Akademien-Projekts Energiesysteme der Zukunft, Mitglied der Leopoldina.

**Prof. Dr. Ferdi Schüth** Direktor am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung Mülheim/Ruhr, Vize-Präsident der Max-Planck-Gesellschaft, Mitglied der Leopoldina.

**Prof. Dr. Christoph M. Schmidt** Präsident des RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung in Essen, Vorsitzender des Sachverständigenrates zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, stellvertretender Vorsitzender des Direktoriums des Akademien-Projektes Energiesysteme der Zukunft.

**Prof. Dr. Thomas Stocker** Leiter Abteilung Klima und Umweltphysik, Universität Bern, von 2008-2015 Co-Vorsitzender der Arbeitsgruppe I des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Mitglied der Leopoldina.

### Gutachter

**Prof. Dr.-Ing. Harald Bradke**, Leiter des Competence Centers Energietechnologien und Energiesysteme, Fraunhofer ISI, Mitglied im Direktorium des Fraunhofer Cluster of Excellence "Integrated Energy Systems".

## Zusammenfassung

Im Pariser Klimaabkommen von 2015 hat die Weltgemeinschaft vereinbart, die vom Menschen verursachte globale Erwärmung der Erde auf weniger als 2°C zu beschränken, um die daraus entstehenden Schäden für Menschheit und Natur abzumildern. Dieses Ziel ist nur noch zu erreichen, wenn sofort sowohl nationale wie auch internationale Vereinbarungen eingehalten werden. Schäden durch Abschmelzen von Schnee und Eis, Anstieg des Meeresspiegels, Ausweitung von Trockenzonen, Extremwetter und steigender Verlust von Artenvielfalt und Lebensräumen an Land und im Meer können nur noch durch erhebliche und bereits in den kommenden zehn Jahren wirksame Anstrengungen begrenzt werden. Ansonsten werden große Regionen der Erde nicht mehr bewohnbar sein, selbst wenn sich einzelne Regionen als „Klimagewinner“ verstehen. Bei uns und weltweit wächst zudem der Generationenkonflikt darüber, dass wir heute die Lebensgrundlagen unserer Kinder und Kindeskiner aufbrauchen. Nicht zuletzt werden die Kosten des Klimawandels weiter dramatisch ansteigen. Nur mit einer entschlossenen und zügig umgesetzten Klimapolitik – national, mit den zentralen europäischen Partnern und durch weltweite Kooperation kann es gelingen, die sich bereits abzeichnenden katastrophalen Auswirkungen des Klimawandels zu mindern.

### **Deutschland verfehlt die Klimaschutzverpflichtungen**

Die Mitgliedstaaten der Europäischen Union haben konkrete und rechtlich verbindliche Emissionsreduktionsziele für 2020 und 2030 vereinbart und für die Bereiche Verkehr und Gebäude länderspezifische Zielvorgaben definiert. Nach heutigem Stand wird Deutschland diese Ziele weder für 2020 noch für 2030 erreichen. Deutschland muss nun schnell wirkende Maßnahmen einleiten, nicht nur, um hohe finanzielle Belastungen für die Gesellschaft infolge der Nicht-Einhaltung der Ziele zu vermeiden. Deutschland muss stattdessen ein Klimaschutzpaket verabschieden, welches ethisch begründet und sozial verträglich ist und Innovationen fördert. Bisher hat die Bundesregierung im Klimaschutzplan 2050 Reduktionsziele für einzelne Sektoren definiert. Demnach soll der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Deutschland bis spätestens 2030 für alle Sektoren zusammen um mindestens 55% gegenüber 1990 sinken. Um dieses Ziel zu erreichen, braucht die nationale Klimapolitik jetzt eine **konsequentere, transparentere und zügigere Umsetzungsstrategie**. Sie muss der Bevölkerung, den Unternehmen und den politisch handelnden in den Ländern und Kommunen insgesamt Planungssicherheit geben und schnell Weichen stellen, um den immer teureren und immer weniger sozial-ausgewogenen „Business as usual“-Pfad zu verlassen und auf den Pfad einer nachhaltigen Entwicklung zu gelangen.

### **Chancen für einen grundlegenden wissenschaftsbasierten Erneuerungsprozess**

Die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina fordert deshalb nachdrücklich **einen unmittelbaren Transformationsschub**. Es bedarf sofortiger Maßnahmen, um die Klimaziele 2030 zu erreichen. Diese Maßnahmen sollten drei grundsätzliche Ziele anstreben: Erstens sollten die auf europäischer Ebene verbindlich vereinbarten Zielwerte für die CO<sub>2</sub>-Emissionen wirksam erreicht werden; zweitens sollte dies in sozial ausgewogener Weise erfolgen und drittens sollte dies zu den geringstmöglichen volkswirtschaftlichen Kosten geschehen. Um dies zu erreichen, sollte es zunehmend unattraktiv werden, CO<sub>2</sub>-Emissionen zu verursachen – CO<sub>2</sub>-sparendes Verhalten sollte hingegen belohnt werden.

Mit dieser Ad-hoc-Stellungnahme untermauert die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina entscheidende wissenschaftlich fundierte Leitplanken und richtet ihr Augenmerk dabei insbesondere auf umsetzbare Maßnahmen, die bereits zwischen 2020 und 2030 ihre Wirkung entfalten können. Es geht um eine **sektor-übergreifende Wende** im Bereich der Energieerzeugung und -nutzung, welche ohne einen adäquaten CO<sub>2</sub>-Preis nicht gelingen kann. Darüber hinaus müssen weitere mittel- bis langfristige Maßnahmen beispielsweise in den Bereichen Landnutzung, Ernährung, Küstenschutz, Schutz der Artenvielfalt, Widerstandskraft von Öko- und Sozialsystemen sowie auch demographische und öffentlichkeitspolitische Aspekte ergänzt werden, die in dieser Stellungnahme nicht berücksichtigt werden.

Die Politik muss der Bevölkerung die Konsequenzen und Alternativen von Maßnahmen umfassend und klar vermitteln – vor allem auch die Chancen und Vorteile des Klimaschutzes gegenüber den durch Klimawandel verursachten Schäden, die sprunghaft ansteigen werden. Bei einem „Business as usual“-Pfad dürften allein die Kosten der Nicht-Einhaltung der verbindlichen europäischen Klimaziele für Deutschland bei bis zu 62 Milliarden Euro bis 2030 liegen.

Mit der rasch wachsenden Unterstützung durch die Bevölkerung hat die Politik heute die **einmalige Chance**, die politischen und gesellschaftlichen Weichenstellungen für die nachhaltige Transformation in die Wege zu leiten und so die Lebensqualität für jetzige und zukünftige Generationen zu erhalten. Der Umbau des Systems der Energieversorgung und -nutzung ist ein gesamtgesellschaftliches Projekt, zu dem alle Bevölkerungsgruppen beitragen können und müssen. National nachhaltige und glaubwürdige Klimapolitik ist ein wesentlicher Schritt, um eine stärkere Position in der internationalen Zusammenarbeit einzunehmen und um gemeinsam den sich abzeichnenden ökologischen und zivilisatorischen Systemkollaps zu verhindern.

Deutschland hat in der Vergangenheit zahlreiche Innovationen international vorangetrieben. Die dafür notwendigen Investitionen und die daraus resultierenden Produkte und Verfahren haben manches Mal die Grundlage für die hohe Lebensqualität und den Wohlstand in Deutschland gelegt. Klimaorientierte Innovationen leisten jetzt schon einen wichtigen Beitrag zur Wertschöpfung der Wirtschaft und somit auch zum Wohlstand in Deutschland. Vor dem Hintergrund kommender **wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Erneuerungsprozesse**, sollte eine verantwortliche Politik daher umgehend verlässliche Rahmenbedingungen schaffen, die klimafreundliche Innovationen attraktiver machen und so die Nutzung fossiler Energieträger zurückdrängen. Arbeitsplätze und eine prosperierende Industrie werden nicht durch Protektion veralteter Technologien und Wirtschaftsstrukturen erhalten oder geschaffen.

## **Maßnahmen**

Neue Expertengutachten stimmen darin überein: Das **wichtigste Leitinstrument für einen effektiven Klimaschutz ist ein einheitlicher und sektor-übergreifender Preis für Treibhausgasemissionen**. Diese Forderung unterstützt die Leopoldina. Die Politik muss dieses Signal rasch setzen, als Kernelement eines mutigen Klimaschutzgesetzes. Sie muss zudem im Sinne der Wirksamkeit, der Kosteneffizienz und der sozial ausgewogenen Ausgestaltung der Klimapolitik einen zu Beginn schon erheblich höheren CO<sub>2</sub>-Preis ermöglichen im Vergleich zum aktuellen Preis im europäischen Emissionshandel, der momentan bei rund 25 Euro/t CO<sub>2</sub> liegt. Zudem muss sie es politisch ausgestalten, wenn der Preis in den kommenden Jahren von diesem Punkt aus noch stark steigen wird. Das gilt gleichermaßen für den Umsetzungsweg eines Emis-

sionshandels, bei dem sich der Preis ohne weiteres Zutun der Politik am Markt für Emissionszertifikate ergibt, wie bei dem einer CO<sub>2</sub>-Steuer, bei dem die Steuersätze regelmäßig an den Grad der Zielverfehlung angepasst werden müssen. Im Falle einer Steuer müssen diese Anpassungen umso stärker ausfallen, je weniger der politische Mut für einen hohen Einstiegspreis vorhanden ist. In jedem Fall muss das Instrument des CO<sub>2</sub>-Preises als unverrückbare klimapolitische Strategie erkennbar sein.

Ein **CO<sub>2</sub>-Preis alleine reicht jedoch nicht aus**, um eine umfassende Verhaltensänderung zu erreichen: Er muss durch weitere klimapolitische Instrumente und Maßnahmen ergänzt werden. **Die Einnahmen aus dem CO<sub>2</sub>-Preis müssen transparent reinvestiert werden**: in den sozialen Ausgleich in Form einer „Klimadividende“, in die relative Absenkung des Strompreises, in Klimaschutz und Anpassungen im Bereich von Infrastrukturen sowie in Allgemeingüter. Das übergreifende Ziel all dieser Weichenstellungen ist der Anreiz für klimaschützendes Wirtschaften und Verhalten. Klimaschützendes Verhalten kann, wenn es klug für den sozialen Ausgleich verwendet wird, sogar zu einem unmittelbaren finanziellen Gewinn für Konsumentinnen und Konsumenten führen, vor allem bei niedrigeren Einkommensgruppen. Wohlhabende Bürgerinnen und Bürger produzieren meist mehr CO<sub>2</sub> und werden daher einen entsprechend höheren Anteil am Umbau der Infrastrukturen und der Gesellschaft leisten. Schlussendlich wird die gesamte Bevölkerung von modernen und besseren Infrastrukturen profitieren.

Ein wirksamer CO<sub>2</sub>-Preis wird einen früheren Kohleausstieg wahrscheinlicher machen. Das ist in Deutschland bei entsprechenden **Investitionen in erneuerbare Energien, in ein modernes Stromnetz und in Speichertechnologien** (Power to Gas, Power to Heat, Batterien, Power to Liquid) technisch möglich; vor allem dann, wenn dies gemeinsam mit den europäischen Partnern umgesetzt wird. Die Transformation des Energiesystems wird eine teilweise **Dezentralisierung** mit sich bringen. Beispiele hierfür sind: die lokale Gewinnung von erneuerbarem Strom und dessen Speicherung in Batteriesystemen. Nicht zuletzt ist eine **intelligente Vernetzung** der dezentralen Teilsysteme untereinander erforderlich, um die Qualität des Gesamtsystems aufrecht zu erhalten.

Alle Klimaschutzmaßnahmen und Instrumente müssen so gestaltet sein, dass sie ein **entwicklungsoffenes Energiesystem** ermöglichen. Dabei sollte die Bundesregierung vornehmlich den Rahmen schaffen, in dem sich verschiedene klimafreundliche Technologien durchsetzen können und keine Einzeltechnologie direkt bevorzugen. Um dies zu erreichen, sollte der Umbau der Energieversorgung europäisch konzipiert werden. Aufgrund der unterschiedlichen Wetter- und Klimabedingungen ist die europäische Integration und der Technologiemix ein bedeutender Vorteil für die Stabilität der Energieversorgung.

Unterschiedliche Sektorziele (Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Landwirtschaft, Gebäude) sollten in eine **systemweite Gesamtbetrachtung der Emissionen** überführt werden. Das erhöht den Handlungsspielraum und ist auch volkswirtschaftlich sinnvoll. Gleichzeitig müssen alle klimaschädlichen Subventionen abgeschafft werden. Hierfür ist ein konsequenter Umbau des Steuersystems auf nachhaltige Ziele notwendig. Ebenso sind langfristig angelegte Infrastrukturinvestitionen notwendig, die es der gesamten Bevölkerung ermöglicht, klimafreundliche Mobilität, Wohnen und Ernährung zu nutzen.

Der **Verkehr** trägt rund 20 % zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen bei, Tendenz steigend. Das betrifft vor allem den Güter- und Personenverkehr, aber auch die Mobilität im Freizeitbereich und den Schiffs- und Flugverkehr. Schnelle CO<sub>2</sub>-Einsparungen im Verkehrswesen können nur durch eine



**massive Elektrifizierung** erreicht werden. Der öffentliche Personennahverkehr, der Schienenfernverkehr und der Gütertransport auf der Schiene müssen dafür erheblich ausgebaut und qualitativ verbessert werden. Da Bahn und ÖPNV vorwiegend im Eigentum der öffentlichen Hand sind, könnte diese politische Entscheidung schnell umgesetzt werden. Eine Priorisierung von ÖPNV, Fahrrad- und Fußverkehr in den Städten hat zudem direkte positive Auswirkungen auf Gesundheit, Flächenverbrauch und allgemeine Lebensqualität.

**Intelligente Mobilitätssysteme** sind die Antwort auf private PKW. Damit lässt sich der Energie- und Ressourcenaufwand für individuelle Mobilität drastisch reduzieren. Im motorisierten Straßenverkehr **ist eine Umstellung auf stark hybridisierte und batterieelektrische Fahrzeuge geboten**. Dazu müssen eine Reihe von Maßnahmen zügig getroffen werden: der Ausbau einer Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge, die Umstellung des urbanen Liefer- und ÖPNV-Verkehrs auf Elektrofahrzeuge, die Bevorzugung dieser Fahrzeuge auf Parkplätzen und durch reservierte Fahrspuren. Diese und andere Maßnahmen haben sich in anderen Ländern schon bewährt. Vor allem in Städten sollten zudem vernetzte, **sichere Fahrradinfrastrukturen** massiv ausgebaut werden.

Die aktuellen **Transportkosten berücksichtigen den Umweltverbrauch nicht hinreichend**. Sie führen daher häufig zu einer starken Verlagerung von Produktion in ferne Länder und somit zu steigenden Logistikleistungen. Der internationale Flug- und Schiffsverkehr muss daher über entsprechende Abkommen mit einem CO<sub>2</sub>-Preis belegt werden, um die Gütermengen und Transportwege zu verringern. Der weltweite Verkehr in internationalen Logistikketten muss reduziert werden, z.B. durch Förderung **regionaler Produktionsverbände**. Um Logistikketten mittelfristig CO<sub>2</sub>-neutral zu gestalten, kann überschüssige Wind- und Photovoltaik-Elektrizität genutzt werden, um möglichst durch Power to Liquid- bzw. Power to Gas-Verfahren emissionsarme Treibstoffe zu gewinnen.

Eine in diesem Sinn konsequent betriebene Klimapolitik wird zahlreiche positive Auswirkungen haben: Sie wird national helfen, Klimaschutz, Umweltschutz, Gesundheit und Gemeinwohl zu verbessern. Sie wird den wachsenden Generationenkonflikt mildern. Sie ist der richtige Schritt für eine gemeinsame europäische, nachhaltige Entwicklung, um im internationalen Verbund auch weltweite Veränderungen zu erreichen. Sie wird die Lebensqualität verbessern, indem sie weniger schädliche Formen von Mobilität und Produktion entwickelt. Und sie wird den Wohlstand durch Innovationen sichern.

# 1 Ausgangslage und Diagnose

## Das Erd- und Klimasystem verändert sich dramatisch

Die Veränderungen der Atmosphäre und des Ozeans seit Mitte des 20. Jahrhunderts sind dramatisch. Die globale Erwärmung der Lufttemperatur seit 1900 beträgt an der Oberfläche mehr als 1°C, und im Ozean ist sie weltweit messbar bis in 2 km Tiefe. Diese Veränderungen werden verursacht durch den Anstieg der Treibhausgase (Erwärmung von ca. 1,4°C) und von gesundheitsschädlichen Aerosolen, die eine Abkühlung von ca. 0,4°C verursachen. Diese Stoffe gelangen als Abfall aus der Verbrennung von Kohle, Öl, und Erdgas in die Atmosphäre. Die derzeit erreichte Konzentration von atmosphärischem CO<sub>2</sub> von 415 ppm (gemessen auf der Insel Mauna Loa auf Hawaii, USA, siehe Titelbild) gab es letztmals vor 3 Millionen Jahren, in der Pliozänen Warmzeit. Damals war die globale Durchschnittstemperatur 2-3°C wärmer, Grönland und die Westantarktis hatten keine oder bedeutend weniger Eisbedeckung. Der Meeresspiegel lag etwa 20 Meter höher. Als Konsequenz waren die Klima- und Niederschlagszonen verschoben und die Strömungen im Ozean fundamental anders.

Der Ozean nimmt heute 90% der vom Menschen verursachten Wärme und 25% des CO<sub>2</sub> auf. Die Erwärmung lässt das polare Eis schmelzen – mit weitreichenden Folgen für die Meere und Meeresbewohner. Das globale Sterben der Korallenriffe wird ebenfalls von der Ozeanerwärmung sowie durch die CO<sub>2</sub>-Versauerung des Ozeans erzeugt. Zu diesen direkten Effekten kommen indirekte Effekte, da der Treibhauseffekt sich selbst verstärkt: Die gefrorenen Böden der Arktis werden weiter auftauen und zusätzlich erhebliche Mengen an Treibhausgasen freisetzen. Es wird mehr Waldbrände und Dürren geben. Beides senkt die Fähigkeit der Pflanzen, Kohlenstoff zu speichern. Schon jetzt ist der Klimawandel eine der größten Bedrohungen für die Artenvielfalt auf dem Planeten. Auf dem „Business as usual“-Pfad steht der vollständige Verlust von Korallenriffen als Lebensraum bevor.

Aus der Erdgeschichte wissen wir, dass im Klimasystem Kipp-Punkte existieren, bei denen abrupte und unumkehrbare Prozesse eintreten können. Das Schmelzen des Grönländischen Eisschildes mit dem entsprechenden Anstieg des Meeresspiegels würde z. B. bei einer Erwärmung von über 2°C massiv beschleunigt werden. Um all dies zu vermeiden, können und müssen jetzt noch die Bedingungen geschaffen werden, um die globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Netto-Null abzusenken.

Das erfordert den Ausstieg aus fossilen Energieträgern und hierbei den Baustopp von neuen Kohlekraftwerken sowie die Schließung bestehender Anlagen. Dann bestünde für das Erreichen des 2-Grad-Ziels von Paris noch eine kleine Chance. Dieses Ziel ist jedoch ernsthaft gefährdet, da die globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen in den letzten zwei Jahren wieder angestiegen sind. Viele weitere Kohlekraftwerke sind weltweit in Planung, die zusätzlich mehr als insgesamt 650 Gigatonnen CO<sub>2</sub> ausstoßen werden – das ist ein wesentlicher Anteil des verbleibenden globalen CO<sub>2</sub>-Budgets. So können die international vereinbarten Klimaziele nicht erreicht werden.

## Die Tragödie der Klima-Langzeitziele

Seit mehr als 40 Jahren warnt die Wissenschaft, seit mittlerweile 30 Jahren gibt es internationale Verabredungen: Trotzdem gehen die globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht zurück. Im Gegenteil: Seit 1988, dem Jahr der ersten Klimakonferenz und der Gründung des Weltklimarates IPCC,

sind die Emissionen aus fossilen Energieträgern um 75% angestiegen. Auch das Pariser Klimaabkommen von 2015 schaffte noch keine Trendwende. Nach Schätzungen des IPCC kann die Atmosphäre nur noch deutlich weniger als 1000 Gigatonnen CO<sub>2</sub> insgesamt aufnehmen, bevor unumkehrbare Schäden wie der Verlust der Korallenriffe weltweit, schneller Verlust an Eismasse und Meeresspiegelanstieg und zunehmendes Artensterben eintreten. Dies begründet den Bedarf für sofortige Klimaschutz-Maßnahmen wie auch der langfristigen Anpassung, um die Erderwärmung über 2°C zu vermeiden.

Wir erleben dabei eine „Tragödie der Langzeitziele“. Täglich wächst die Kluft zwischen der sich abzeichnenden existentiellen Bedrohung durch den Klimawandel und immer wieder aufgeschobenem politischen Handeln. Die Protestbewegung „Fridays for Future“ zeigt, dass inzwischen eine ganze Generation mehr und mehr von Ungeduld und Unverständnis über das Versagen von Politik und Gesellschaft erfasst wird. Sie fordert mit Nachdruck, die Klimakrise ernsthaft anzugehen und das längst Überfällige zu tun.

Die bisherige Klimapolitik ist in mehrfacher Hinsicht sozial unausgewogen: Erstens hat sie die Wirkungen auf Geringverdiener, die ohnehin weniger CO<sub>2</sub> ausstoßen, nicht im Blick gehabt diese Bevölkerungsgruppe wurde bislang überproportional finanziell belastet. Zweitens werden Klimaprobleme immer noch zu stark auf kommende Generationen abgewälzt und drittens leiden Länder mit dem geringsten pro Kopf CO<sub>2</sub>-Ausstoß stärker unter den Folgen des Klimawandels. Hinzu tritt die Befürchtung Einiger, dass ihre Freiheit durch die Einführung von Verboten eingeschränkt werde. Ein klimapolitischer Neuaufbruch muss diese Aspekte aufgreifen.

Jegliches Nichtstun bzw. Verharren auf dem „Business as usual“-Pfad führt zu hohen Kosten. Die Natur und die Lebensvielfalt werden sicher Schaden nehmen. In vielen Gegenden der Erde werden Menschen aufgrund von Dürre, Fluten und andere Katastrophen, die durch den Klimawandel verstärkt werden, gezwungen, ihren Lebensraum zu verlassen; mit nicht steuerbaren Folgekosten und einem Verlust an Gemeinwohl und Wohlstand. Hinzu kommen die Anpassungskosten, die steigen, je länger wir warten.

### Gute Klimapolitik eint

Klimapolitik darf keine Stillstandspolitik sein. Sie muss möglicherweise bestehende Ängste vor der notwendigen Veränderung überwinden. Sie darf nicht spalten, sondern muss einen und gesellschaftliches Handeln bündeln. Unter welchen Bedingungen zukünftige Generationen leben werden, hängt davon ab, was heute in die Wege geleitet wird: wenn jetzt politisch und gesellschaftlich die Weichen auf Nachhaltigkeit gestellt werden, dann ist ein entwicklungsoffenes Ökosystem mit unterschiedlichen klimafreundlichen Technologien erreichbar.

### Das große Ganze in den Blick nehmen

Klimapolitik stellt sich heute in Deutschland als ein Bündel von Einzelmaßnahmen dar: einige zusätzliche Regelungen, Steuern und Verbote, gepaart mit dem ökologischen Wohlverhalten der Gutwilligen. Es gehört zur Aufgabe der Wissenschaft, die Notwendigkeit einer umfassenden und beherzten Gesamterneuerung des Energiesystems und des Umgangs mit natürlichen Ressourcen klar auszusprechen. Eine solche Erneuerung sollte in aller Konsequenz auf das Ziel der Nachhaltigkeit ausgerichtet sein. Dabei geht es kurzfristig darum, eindeutige Signale für Maßnahmen großer Reichweite in die verschiedenen Sektoren zu senden, um die bereits vereinbarten Klimaziele zu erreichen und hohe Kosten der Nicht-Einhaltung zu vermeiden.

## Eine systemische Herausforderung

Die Versorgung der Gesellschaft mit Energie ist eine Grundvoraussetzung für ihr Handeln. Dementsprechend tief verflochten sind die Handlungsoptionen ihrer Mitglieder mit der Verfügbarkeit von Energie zur richtigen Zeit und am richtigen Ort. Dies wird national durch ein System von ökonomischen und regulatorischen Randbedingungen gesteuert. Es wirkt auf ein komplexes technisches System ein, das stoffliche Energieträger und elektrischen Strom miteinander verbindet. Da weder Deutschland noch Europa in ihrer Energieversorgung autark sind, ist nationale Gesamtsystem durch Wechselwirkungen mit internationalen Entwicklungen auf allen Ebenen (technisch, regulatorisch, ökonomisch, gesellschaftlich) verknüpft.

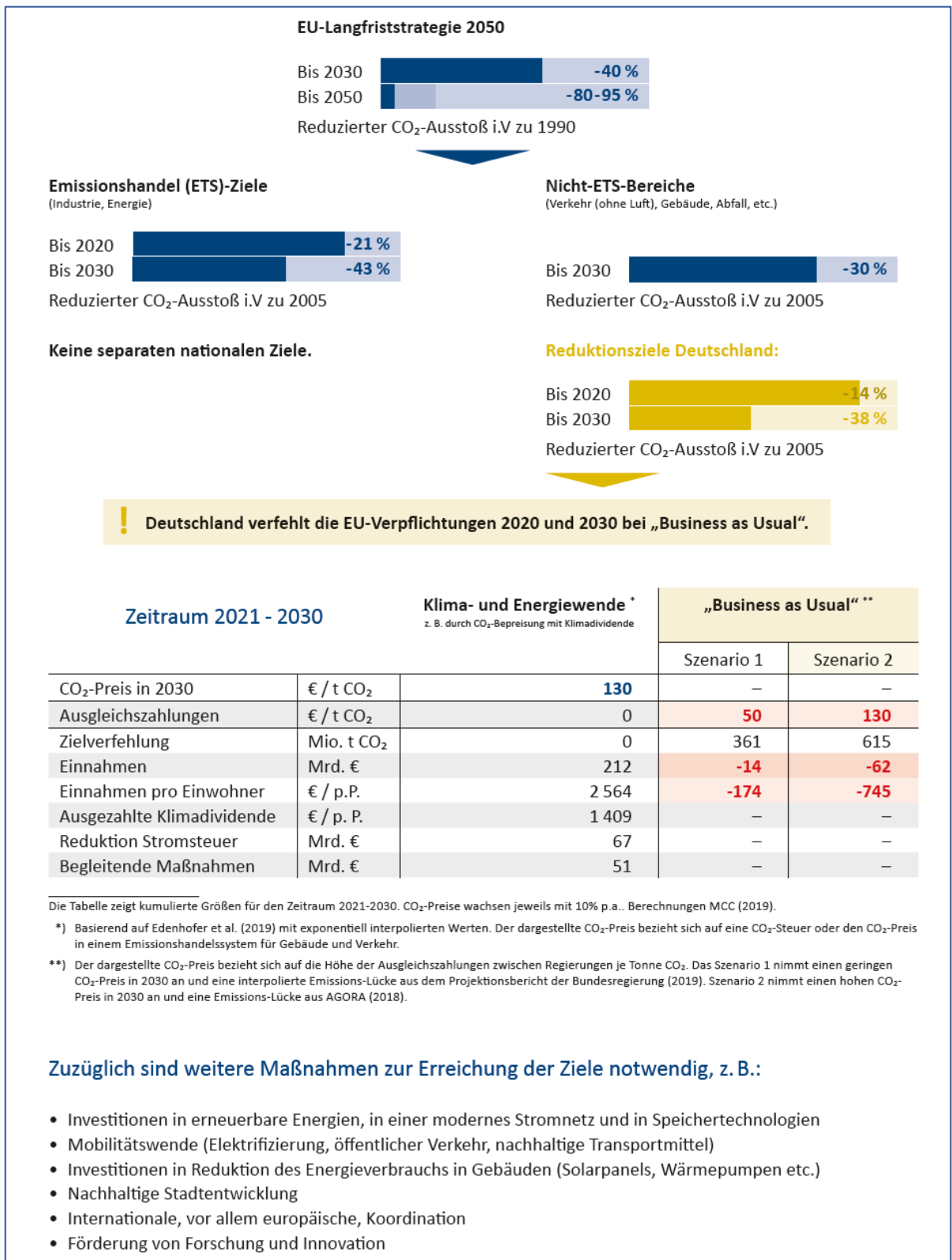
Die Vielzahl der in Deutschland begonnenen und noch geplanten Einzelmaßnahmen unterstellt, dass die Energieversorgung in den verschiedenen Sektoren unabhängig gesteuert werden kann. Wirksame Maßnahmen sollten aber so angelegt sein, dass ihre Effekte in der gewünschten Weise und möglichst synergetisch auf das gesamte System wirken. Die Komplexität reduziert sich erheblich, wenn die Maßnahmen möglichst gleichartig in allen Sektoren gelten und wenn diese offen in der Wahl der Technologien sind. Die Nachhaltigkeit eines erneuerten Energiesystems mit den technischen Attributen einer Kreislaufwirtschaft und den gesellschaftlichen Attributen der Zugänglichkeit zu regenerativer Energie bei gerecht verteilten Lasten sollte das grundlegende Konzept aller Maßnahmen sein.

## Konsequentes, transparentes und zügiges Handeln

Klimapolitik braucht Glaubwürdigkeit. Diese entsteht aus konsequentem, transparentem und zügigem Handeln mit Blick auf ein verbindlich festgelegtes Ziel. Klimapolitik muss für alle nachvollziehbar sein und spürbar werden. Zu einer transparenten Klimapolitik gehört auch, offen zu kommunizieren, dass eine Klima- und Energiewende nicht zum Nulltarif zu haben ist, dass aber die gesellschaftlichen Kosten des „Business as usual“ bei weitem die Investitionen in Vermeidungsmaßnahmen übersteigen. Offenzulegen sind, welche Risiken und Verluste an Natur, Gemeinwohl und Lebensqualität der „Business as usual“-Pfad in sich birgt. Ihn mit den derzeit noch vergleichsweise moderaten Anstrengungen für die Erreichung der aktuellen und zukünftigen Klimaziele zu kontrastieren, ist gleichermaßen die Aufgabe der Wissenschaft wie staatlicher Institutionen.

Aus technologischer Sicht sind bereits jetzt alle Voraussetzungen vorhanden, um ein klimaneutrales Energiesystem zu schaffen. Aus ethischer Sicht gibt es keine Alternative, da eine aufgeklärte, moderne Wissensgesellschaft dem mündigen Umgang mit den Lebensgrundlagen kommender Generationen verpflichtet ist, einschließlich gesunder Ökosysteme. Auch aus volkswirtschaftlicher Sicht ist zu bedenken, dass wir schon jetzt die Ziele bis 2020 verfehlen und von 2021 bis 2030 eine jährliche Minderung um 25 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> erreichen müssen. Sollte Deutschland seine jährlichen Klimaziele nicht erreichen, entstehen aufgrund der europäisch verbindlich vereinbarten Lastenteilungsverordnung hohe Belastungen für den Bundeshaushalt, die aktuellen Schätzungen zufolge bis zu bis zu 62 Milliarden Euro bis 2030 betragen können (s. Box).

## Box: Rechenbeispiel Reduktionsziele



## Verlässliche Rahmenbedingungen schaffen

Die Energie- und Klimawende benötigt Freiräume für technologische Kreativität und Investitionssicherheit. Investitionen werden meist mit einem langen Zeithorizont getätigt und verlangen deshalb Planungssicherheit. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ist inzwischen eine Bremse für den Ausbau von erneuerbaren Energien geworden. Es muss reformiert oder abgeschafft werden. Dringend erforderlich sind jetzt mehr Dynamik und technologischer Wettbewerb. Dieser Wettbewerb der Ideen darf nicht auf Deutschland beschränkt sein. Die Weltgemeinschaft wird die globale Klimakrise nur bewältigen können, wenn international eine schnelle Verringerung von CO<sub>2</sub>-Emissionen gelingt.

Volkswirtschaftliche Ressourcen müssen weltweit für den Klimaschutz und die Klimaanpassung aufgewendet werden, und zwar bevor weiter steigende Emission von Treibhausgasen zu erheblichen Klimaschäden führt, die teurer sind als ihre Vermeidung. Diese Schäden schwächen Wirtschaft und Gesellschaft – zum Beispiel durch sinkende Ernteerträge in der Landwirtschaft, Schäden an Infrastrukturen oder die Umsiedlung von Menschen, die ihren Lebensraum verlieren. Eine verbesserte Risikoabschätzung, welche die nicht-linearen, chaotischen Prozesse des Erd- und Klimasystems sowie des menschlichen Verhaltens berücksichtigt ist notwendig, u.a. um die Kosten und Schäden des Klimawandels besser abschätzen zu können.

Verlässliche Rahmenbedingungen bedeutet: (a) Anreize für den Nachhaltigkeitspfad zu setzen, z.B. durch ein klimagerechteres Steuersystem, das CO<sub>2</sub>-Emissionen und Umweltkosten stärker einpreist; (b) langfristige Investitionen in Infrastrukturen für die Anpassung zu tätigen, z.B. in die Resilienz des Energiesystems und der Land- und Forstwirtschaft gegenüber Hitzewellen und Trockenheit, die Reduktion der Emission von Treibhausgasen oder den Umbau des Verkehrssystems, um Transporte stärker auf die Schiene zu verlagern und den Fahrradverkehr konsequent fördert.

## 2 Der Umbau: ökonomisch effizient und sozial ausgewogen

Die Transformation des nationalen und europäischen Energiesystems ist ein gewaltiges Investitionsvorhaben, das nur zusammen mit der Bevölkerung verwirklicht werden kann. Um diesen Wandel effizient und sozial ausgewogen zu gestalten, muss er dem klaren und eindeutigen Ziel folgen, durch Emissionsverringerung und -vermeidung Klima- und Umweltschäden zu mindern. Nicht nur das Ziel muss der Bevölkerung vermittelt werden, sondern auch die Wege und die Dringlichkeit des Handelns.

Die Transformation des Energiesystems wird sich nicht ohne staatliche Weichenstellungen und den Beitrag der Zivilgesellschaft vollziehen. Die Bevölkerung muss durch Verhaltensänderungen in Richtung größerer Nachhaltigkeit zum Erfolg beitragen können. Um dies möglichst kosteneffizient und sozial ausgewogen zu leisten, sollte der Staat technologie- und dialogoffen den Rahmen für zielführendes dezentrales Handeln setzen.

Unterschiedliche Sektorziele (Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Landwirtschaft, Gebäude) sollten so schnell wie möglich in eine systemweite Gesamtbetrachtung der Emissionen überführt werden, um die Reduktion der Gesamtemissionen und damit den gemeinschaftlichen Beitrag zum Klimaschutz in den Mittelpunkt zu stellen.

### Ein Preis für CO<sub>2</sub>

Das wichtigste Koordinationssignal für einen effektiven Klimaschutz ist ein einheitlicher und wirksamer Preis für Treibhausgasemissionen. Die Politik muss dieses Signal rasch setzen, als Kernelement eines mutigen Klimaschutzpakets. Sie muss es zudem im Sinne der Ziele der Wirksamkeit, der Kosteneffizienz und der sozial ausgewogenen Ausgestaltung der Klimapolitik durchhalten, wenn dieser CO<sub>2</sub>-Preis aller Voraussicht nach schon zu Beginn erheblich höher sein wird als der aktuelle Preis im europäischen Emissionshandel, der momentan bei rund 25 Euro/t CO<sub>2</sub> liegt. Zudem muss sie es politisch ausgestalten, wenn der Preis in den kommenden Jahren von diesem Punkt noch stark steigen wird.

Diese harte Randbedingung für die Glaubwürdigkeit klimapolitischen Handelns gilt gleichermaßen für den Umsetzungsweg eines Emissionshandels, bei dem sich der Preis ohne weiteres Zutun der Politik am Markt für Emissionszertifikate ergibt, wie bei dem einer CO<sub>2</sub>-Steuer, bei dem die Steuersätze regelmäßig an den Grad der Zielverfehlung angepasst werden müssen. Im Falle einer Steuer müssen diese Anpassungen umso stärker ausfallen, je weniger der politische Mut für einen hohen Einstiegspreis vorhanden ist. In jedem Fall muss das Instrument des CO<sub>2</sub>-Preises als unverrückbare klimapolitische Strategie erkennbar sein.

Ein Rechenbeispiel: Bei einem angenommenen CO<sub>2</sub>-Preis von 25 Euro/t CO<sub>2</sub> würden Autokraftstoffe um ca. 6 Cent/Liter teurer werden. Bei der Bereitstellung von Kohlestrom wird ca. 1 kg CO<sub>2</sub>/kWh emittiert (hier gibt es eine relativ große Spannweite abhängig vom Wirkungsgrad der Kraftwerke und der Qualität der Kohle), das entspricht derzeit etwa 2,5 Cent/kWh.

### Ein CO<sub>2</sub>-Preis muss durch weitere klimapolitische Instrumente ergänzt werden

Ein sektor-übergreifender einheitlicher CO<sub>2</sub>-Preis sollte das Leitinstrument der Klimapolitik in Deutschland und Europa werden. Die dynamische Anreizwirkung eines CO<sub>2</sub>-Preises kann allerdings durch Markt- oder Politikversagen geschwächt werden. Daher sollte ein CO<sub>2</sub>-Preis durch sektor-spezifische komplementäre Politikinstrumente und Maßnahmen ergänzt werden,

die solches Versagen gezielt korrigieren, etwa Investitionen in Infrastruktur, Einführung von Effizienzstandards etc.

## Pragmatische Umsetzung möglichst marktwirtschaftlicher Lösungen

Um langfristig in Europa die Transformation durch einen einheitlichen Preis für Treibhausgasemissionen voranzutreiben, ließe sich auf dem bestehenden europäischen Handelssystem für Emissionen – dem ETS – aufbauen. Das ETS deckt momentan etwas weniger als die Hälfte der Treibhausgasemissionen in Europa ab, indem es Teilen der Industrie und der Elektrizitätswirtschaft auferlegt, bei der Ablagerung von Emissionen in der Atmosphäre entsprechende Eigentumsrechte an diesem Deponieraum vorzuweisen.

Diese Zertifikate erzielen auf dem Zertifikatemarkt einen Preis, der somit den Preis für Treibhausgasemissionen darstellt. Auf diese Weise entstehen Anreize für geringeren Verbrauch fossiler Energieträger und für Investitionen in emissionsärmere Technologien. Der Preis lag im ETS u.a. aufgrund einiger zwischenzeitlich beseitigter Konzeptionsfehler bisweilen zu niedrig und hat damit nicht in vollem Umfang die intendierten Anreize gesetzt. Diesem Problem kann das Setzen von Mindestpreisen oder die Löschung von Zertifikaten entgegenwirken.

Perspektivisch müssen die Sektoren Verkehr und Gebäude ebenfalls in dieses Handelssystem einbezogen werden. So werden alle Emissionen mit einem einheitlichen Preis versehen. Dieses Vorhaben dürfte allerdings auf vergleichsweise hohe Hürden der politischen Umsetzbarkeit in Europa stoßen. Für eine definierte Übergangszeit sollte man daher Annäherungen an das Ideal eines sektoren-übergreifenden europäischen ETS erwägen und weiter darauf zusteuern.

Die Politik muss nun rasch eine Entscheidung über die zu verfolgende Übergangslösung treffen: Ein getrenntes Emissionshandelssystem für die bislang nicht im ETS einbezogenen Sektoren ist mit einem erheblichen bürokratischen Mehraufwand und mit einer zeitlichen Verzögerung verbunden. Eine CO<sub>2</sub>-Steuer wäre zwar hingegen rasch umzusetzen, aber angesichts der steuerpolitischen Erfahrungen der Vergangenheit dürfte es der Politik schwerfallen, ihren Charakter als reine Übergangslösung glaubwürdig zu kommunizieren.

Das historisch gewachsene Bündel von Steuern und Abgaben in den Sektoren, vor allem in den Sektoren Verkehr und Gebäude, muss korrigiert werden, weil es einer sektor-übergreifenden Energiewende entgegensteht. Die hier empfohlenen Reformoptionen – separater Emissionshandel oder Steuer als mögliche Übergangslösungen – sind ein wichtiger Schritt in der Umstellung des Energiesteuersystems.

## Abfedern von unerwünschten Verteilungswirkungen für Privathaushalte

Die Einnahmen aus dem CO<sub>2</sub>-Preis müssen transparent reinvestiert werden: in den sozialen Ausgleich in Form einer „Klimadividende“, in die relative Absenkung des Strompreises, in Klimaschutz und Anpassungen im Bereich von Infrastrukturen sowie in Allgemeingüter. Das Ziel ist der Anreiz für klimaschützendes Wirtschaften und Verhalten. Klimaschützendes Verhalten wird dann sogar zu einem finanziellen Gewinn für den Konsumenten führen.

Die Transformation des Systems der Energieversorgung löst Verteilungswirkungen aus. Einkommensschwächere Haushalte geben typischerweise mehr von ihrem Einkommen für Energie aus und werden daher durch Umstellungsanforderungen relativ stark belastet. Die Einnahmen aus Emissionshandel oder CO<sub>2</sub>-Besteuerung würden eine soziale Klimapolitik ermöglichen,



z.B. durch Infrastrukturen, die der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt werden (verbesserter ÖPNV, Fahrradinfrastrukturen) oder eine (teilweise) pauschale Rückerstattung, die einkommensschwächere Haushalte relativ zu ihrem Einkommen stärker begünstigen würde. Ein Teil der Einkünfte muss zudem für gezielte klimawirksame Maßnahmen eingesetzt werden.

### Abfedern von unerwünschten Verteilungswirkungen für Unternehmen

Für Unternehmen, die Energie als Teil ihrer Leistungserstellung einsetzen, ergeben sich daraus höhere Produktionskosten. Häufig können sie einen guten Teil derartiger Kostensteigerungen an ihre Kunden weitergeben. Ist dies nicht möglich, etwa weil sie auf internationalen Märkten mit Unternehmen aus anderen Volkswirtschaften konkurrieren, die nicht dem gleichen Preis von Treibhausgasemissionen unterliegen, dann gerät die heimische Wertschöpfung ins Hintertreffen oder droht abzuwandern („carbon leakage“). Dies würde nicht zuletzt der klimapolitischen Absicht entgegenwirken.

Es ist daher ökonomisch wie ökologisch geboten, diese Nachteile in solchen Fällen auszugleichen. Im bestehenden europäischen Emissionshandelssystem (ETS) ist dies durch die kostenlose Zuteilung von Emissionszertifikaten verwirklicht. Dies ließe sich in einem auf andere Sektoren erweiterten ETS ebenfalls vollziehen. Allerdings dürfte der Anlass dafür in diesen Sektoren eher weniger häufig auftreten. Importgüter mit einer Grenzausgleichsabgabe zu belegen, die dem impliziten Emissionsgehalt entspricht, kann eine ähnliche Schutzwirkung entfalten, könnte aber gerade für eine offene Volkswirtschaft wie Deutschland ein politisch heikles Instrument darstellen.

### Die Bevölkerung muss zum Erfolg beitragen können

Fiskalische und gesetzgeberische Maßnahmen können wirksame Anreize für CO<sub>2</sub>-einsparende Technologien und Verhaltensweisen setzen und solche, die CO<sub>2</sub>-ausstoßen sanktionieren. Allerdings werden solche Ansätze nur dann erfolgreich sein, wenn die Bevölkerung von der Notwendigkeit einer solchen Klimapolitik überzeugt und daher auch bereit ist, ihr Verhalten zugunsten eines sparsamen CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks zu ändern. Die klimatischen Veränderungen und deren Folgen werden mit aller Wucht erst nachfolgende Generationen betreffen. Deshalb kann eine Veränderung des Verhaltens der jetzt lebenden Generationen nur durch rationale, analytische Einsichten in Gang gesetzt werden, nicht so sehr durch das unmittelbare Erleben positiver oder negativer Konsequenzen. Wissenschaftliche Aufklärung muss daher eine realistische und wissenschaftsbasierte Problemwahrnehmung in allen Bevölkerungsgruppen befördern. Ausgewählte Maßnahmen, um individuelles Verhalten in die „richtige“ Richtung zu lenken (Nudging) oder individuelle Entscheidungen durch Aufklärung zu unterstützen (Boosting), können einen Beitrag leisten.

Bei allen Maßnahmen muss berücksichtigt werden, dass Menschen eher handeln, um kurzfristige Gewinne zu erhalten oder um kurzfristige Verluste zu vermeiden. Zeitlich und räumlich entfernte Gewinne sowie existenzielle Bedrohungsszenarien motivieren dagegen nur wenig. Zudem sind für nachhaltige Verhaltensänderungen positive Anreize langfristig erfolgreicher als Bestrafungen oder negative Moralisationen. Bei allen fiskalischen und anderen regulativen Maßnahmen müssen daher für die Menschen unmittelbare positive Anreize für ein umweltorientiertes Handeln erkennbar sein und entsprechend kommuniziert werden.

## Auf Forschung, Entwicklung und Dialog setzen

Mit technologischem Fortschritt sinken die Kosten der Transformation. In diesem Sinne erfüllt ein CO<sub>2</sub>-Preis eine doppelte Funktion. Zum einen setzt sie den Rahmen, mit dem Innovationen am Markt erfolgreich sein können. In modernen Innovationssystemen hat der Staat eine sehr anspruchsvolle industrie- und innovationspolitische Aufgabe: Die staatliche Unterstützung soll vor allem dort greifen, wo die soziale Rendite der Aktivität die private Rendite übersteigt.

Zum anderen gilt es, die politischen Anstrengungen mit den Aktivitäten der Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Forschung und Entwicklung im Sinne einer wohlverstandenen Industriepolitik zu verzahnen, die technologieoffen bleibt und den Wettbewerb erhält.

### 3 Das Energiesystem in Deutschland und Europa

Die Versorgung der Gesellschaft mit Energie ist eine Voraussetzung für ihr Funktionieren und ihre Weiterentwicklung. Daher stehen die nutzenden Gruppen (Individuen, Haushalte, Unternehmen, Organisationen, Regionen) im Zentrum des Systems. Sie sind mit dem technischen Energiesystem über ein weiteres Teilsystem von Regularien, ökonomischen Faktoren und gesetzlichen Rahmenbedingungen verbunden. Das technische System besteht aus Energieträgern (fossil, nuklear, erneuerbar), den Infrastrukturen für Transport und Speicherung, den Grundanwendungen (Wärme, Strom, Mobilität) und den Endanwendungen (Produktion, Haushalte, Informations- und Kommunikationstechnologien, Mobilität, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Land- und Forstwirtschaft). Zwischen allen Elementen bestehen starke Kopplungen.

#### Deutschland ist Teil eines europaweiten, komplexen Energiesystems

Das deutsche Energiesystem ist heute vielfach über technische und regulatorische Einrichtungen mit dem Ausland verbunden. Als Beispiel sei der Stromverbund genannt. Lastspitzen werden durch Stromimporte ausgeglichen. Überschüssige Energie wird über Kuppelstellen vom Ausland aufgenommen. Dies funktioniert derzeit ohne Probleme. Damit dieser grenzüberschreitende Ausgleich auch weiterhin möglich ist, ist es notwendig, das Energiesystem auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene in enger Abstimmung mit den Nachbarländern umzubauen.

Deutschland ist seit der Jahrtausendwende zwar mit einem Netto-Stromexport von rund 10 % der Produktion ein erheblicher Stromexporteur, importiert aber dennoch 64% seines Energiebedarfes in Form von Kohle, Öl, Gas und Uran aus dem Ausland. Es ist daher unwahrscheinlich, dass Deutschland allein diese Importabhängigkeit beseitigen kann, auch wenn die Umwandlungsverluste in einem strombasierten Energiesystem deutlich geringer und Energiesparmaßnahmen noch nicht ausgeschöpft sind.

Die Integration in einen europäischen Energieverbund bietet die Möglichkeit, erhebliche Mengen erneuerbarer Energie aus den südlichen Ländern Europas, Nordafrika oder dem Mittleren Osten in die Zentren des Energieverbrauches in Europa zu schaffen. Weil ihre Erzeugung immer günstiger wird, wird der Handel mit erneuerbaren Energien in großem Stil die Entwicklung des Energiesystems positiv beeinflussen und zur wirtschaftlichen Entwicklung in Netto-Erzeuger- wie auch Netto-Verbraucher-Ländern erhebliche Beiträge leisten. Gewinnt man die Freiheit, die Balance zwischen elektrischen und nicht-fossilen stofflichen Energieträgern zu optimieren, so lässt sich damit ein Maximum an Effizienz im gesamten System erreichen.

#### Zentral-dezentral: kein Widerspruch

Die Nutzenden des Energiesystems haben unterschiedliche Ansprüche an Qualität und Umfang der Versorgung mit Energie. Bislang gibt es in Deutschland ein zentrales Energiesystem. Es funktioniert erfolgreich und wird so auch zukünftig benötigt. Diesem zentralen Energiesystem muss eine dezentrale Energie-Architektur zur Seite gestellt werden. Hier kommen die Versorgung von Einzelgebäuden mit Strom und Wärme durch Solarpanel und Wärmepumpen und die Versorgung von Rechen- und Datenzentren in Frage. Die lokale Gewinnung von erneuerbaren Energien, z.B. für Gebäude, und die lokale Speicherung in Batteriesystemen können eine erhebliche Entlastung der zentralen Infrastruktur bewirken. Eine intelligente Vernetzung wird be-

nötigt, um die Qualität des Systems aufrecht zu erhalten. Jede Dezentralisierung setzt die Existenz leistungsfähiger, sicherer digitaler Kommunikations- und Steuersysteme voraus. Dafür fehlt derzeit noch weitgehend die Infrastruktur, die umgehend errichtet werden muss.

## Stoffliche Energieträger der Zukunft

Stoffliche Energieträger wie Gase und Flüssigbrennstoffe werden weiterhin notwendig sein für einige Anwendungen in der Industrie und zum Ausgleich von Schwankungen in der Verfügbarkeit der erneuerbaren Energien im Stromnetz. Der Einsatz von regenerierbaren Brennstoffen (grüne Brennstoffe) bringt bei ihrer Herstellung wie bei ihrer Rückwandlung in Strom erhebliche Verluste mit sich. So ist beispielsweise von der Transformation von Biogas in Elektrizität abzuraten. Es sollte daher nicht ein stark vergrößertes elektrisches Teilsystem geschaffen werden, sondern ein deutlich intelligenteres und damit effizienteres System, das die Koppelproduktion chemischer Energieträger wirtschaftlich ermöglicht und die Rückverstromung auf das Minimum reduziert, das zur Netzstabilisierung nötig ist. Der direkte Einsatz von grünen Brennstoffen bei den Anwendungen Wärme und Mobilität ist zu empfehlen.

Größtmögliche Einsparungen in der CO<sub>2</sub>-Emission ließen sich durch den schnellen Ausstieg aus der Nutzung von Kohle und Öl erreichen. Gas ist durch seinen hohen Wasserstoffgehalt ein günstiger Energieträger und kann relativ leicht durch seine „grüne“ Variante ersetzt werden (Power to Gas-Technologie).

## Eine Mobilitätswende schnell einleiten

Betrachtet man die zentralen Sektoren des Energiesystems nach ihrem Beitrag zur Emission von CO<sub>2</sub>, so erkennt man, dass die Mobilität dabei eine wichtige Rolle spielt. Sie hat für Deutschland nicht nur umwelt-, sondern auch industriepolitisch eine hohe Bedeutung.

Der Verkehr trägt mit rund 20 % wesentlich zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen Deutschlands bei, mit steigender Tendenz. Der Straßenverkehr wird heute noch fast ausschließlich mit fossilen Brennstoffen betrieben. Doch haben herkömmliche Verbrennungsmotoren einen niedrigeren Wirkungsgrad als elektrobetriebene und stoßen CO<sub>2</sub> aus. Beim Personen- und Gütertransport werden nur 19% bzw. 25% durch umweltfreundliche Transportmittel, wie z.B. den elektrifizierten Zugverkehr erbracht. Alle Prognosen deuten darauf hin, dass die Mobilität weiter steigt, sowohl im Güter- als auch im Personenverkehr. Dadurch sind diese Bereiche mit Blick auf einen Umbau besonders gefordert. Weltweit operierende Produktionsverbände führen zu steigenden Logistikleistungen. Die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehrssektor sollte über drei konzeptionelle Hebel angegangen werden: vermeiden, verlagern, effizienter machen:

- **Verkehr vermeiden:** Die aktuellen Transportkosten berücksichtigen den Umweltverbrauch nicht hinreichend. Sie führen daher häufig zu einer starken Verlagerung von Produktion in ferne Länder und somit zu steigenden Logistikleistungen. Der weltweite Verkehr in internationalen Logistikketten muss reduziert werden, z.B. durch Förderung regionaler Produktionsverbände.

Der Schiffs- und Flugverkehr nehmen weltweit stark zu. Diese Verkehrssysteme sind für Klima und Umwelt besonders belastend: Schiffe fahren zumeist noch mit Schweröl und verfügen nicht über die im Straßenverkehr üblichen Einrichtungen zur Abgasreinigung, Flugzeuge stoßen ihre Abgase in großen Höhen aus. Der internationale Flug- und Schiffsverkehr muss daher über entsprechende Abkommen mit einem CO<sub>2</sub>-Preis belegt werden,

um seine klimaschädlichen Wirkungen zu verringern. Um Logistikketten CO<sub>2</sub>-neutral zu gestalten, kann überschüssige Wind- und Photovoltaik-Elektrizität genutzt werden, um möglichst emissionsarme Treibstoffe zu gewinnen (Power to Liquid bzw. Power to Gas). Der urbane Lieferverkehr verursacht zunehmend Emissionen in den Städten. Durch optimierte Logistikkonzepte, polyzentrale Einkaufsgebiete und über den öffentlichen Nahverkehr und verbesserte Fahrradinfrastrukturen angebundene Handels- und Dienstleistungen kann der Verkehr reduziert werden. Die Stadtentwicklung muss an die veränderten Lebens- und Mobilitätsgewohnheiten der Menschen angepasst werden, um mittel- bis langfristig insbesondere den individuellen Kurzstreckenverkehr zu reduzieren, ohne gleichzeitig die Mobilitätsansprüche einzuschränken. Eine fahrrad- und fußgängerfreundliche Infrastruktur ist immer noch das beste Mittel gegen klimaschädliche Emissionen, gesundheits-schädliche Feinstaub- und Stickstoffoxidbelastungen sowie den städtischen Flächenverbrauch.

- **Verkehr verlagern:** Grundsätzlich ist eine Verlagerung des Verkehrs von der Straße auf die Schiene und im urbanen Nahraum auf den ÖPNV und das Fahrrad geboten. Der öffentliche Personennahverkehr, der Schienenfernverkehr und der Gütertransport auf der Schiene müssen dafür erheblich ausgebaut und qualitativ verbessert werden. Durch massive Anstrengungen muss der geringe Anteil an umweltfreundlicheren Verkehrsmitteln am gesamten Verkehrsaufkommen, besonders der heute geringe Anteil der Schiene an der Gesamtverkehrsleistung, erhöht werden. Diese Veränderungen erfordern neben einem Ausbau öffentlicher Infrastruktur insbesondere wirksame Anreize, um das Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer nachhaltig zu verändern. Da Bahn und ÖPNV vorwiegend im Eigentum der öffentlichen Hand sind, könnte diese politische Entscheidung schnell umgesetzt werden. Eine Priorisierung von ÖPNV, Fahrrad- und Fußverkehr in den Städten hat zudem direkte positive Auswirkungen auf Gesundheit, Flächenverbrauch und allgemeine Lebensqualität.
- **Verkehr effizienter machen:** Im motorisierten Straßenverkehr ist eine Umstellung auf stark hybridisierte und batterieelektrische Fahrzeuge geboten. Dazu müssen eine Reihe von Maßnahmen zügig getroffen werden: der Ausbau einer Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge, die Umstellung des urbanen Liefer- und ÖPNV-Verkehrs auf Elektrofahrzeuge, die Bevorzugung dieser Fahrzeuge auf Parkplätzen und durch reservierte Fahrspuren. Diese und andere Maßnahmen haben sich in anderen Ländern schon bewährt. Vor allem in Städten sollten zudem vernetzte, sichere Fahrradinfrastrukturen massiv ausgebaut werden.  
Schnelle CO<sub>2</sub>-Einsparungen im Verkehrswesen können nur durch eine massive Elektrifizierung erreicht werden. Die Elektrifizierung im Verkehr macht jedoch nur Sinn in Verbindung mit einem zunehmend regenerativen Energiesektor.  
Brennstoffzellen-Antriebe könnten langfristig eine Alternativtechnologie werden: Sie lassen sich mit „grünem“ Wasserstoff betreiben, hergestellt über Elektrolyse mit elektrischem Strom und aus Wasser, was allerdings im Vergleich zu batterieelektrischen Fahrzeugen derzeit die 2 bis 2,5-fache Primärenergie benötigt. Speicher für gasförmigen Wasserstoff stehen heute schon zur Verfügung. In Erprobung sind alternative flüssigkeitsbasierte Speicher, wie beispielsweise die aussichtsreiche LOHC-Technologie („Liquid Organic Hydrogen Carrier“, ein flüssiges Speichermaterial für Wasserstoff). Die Produktion von erneuerbaren

Kraftstoffen aus Biomasse und biogenen Prozessen ist nur steigerungsfähig, wenn es gelingt, ökonomisch und ökologisch verträglich Reststoffe als Ressourcen einzusetzen oder gänzlich neue halbsynthetische Verfahren erfolgreich voranzutreiben.

Bei der Neuzulassung von Fahrzeugen sollten umgehend strengere Auflagen gelten, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Gesamtflotte von Fahrzeugen zu reduzieren. Die Akzeptanz in der Bevölkerung kann durch Maßnahmen, die die Nutzung solcher Fahrzeuge und Infrastrukturen komfortabler und wirtschaftlicher machen, befördert werden. Dies sind z.B. der Ausbau einer Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge, Umstellung des urbanen Liefer- und ÖPNV-Verkehrs auf Elektrofahrzeuge, Bevorzugung dieser Fahrzeuge bei Parkplätzen, reservierte Fahrspuren. Die Umstellung der Fahrzeugflotten der öffentlichen Hand sollte mit Vorbildfunktion vorausgehen.

Viele Maßnahmen haben sich schon bewährt. Durch einen für den Endverbraucher zugänglichen Strommarkt mit „Smart Metering“ kann der Energiepreis bei hohem Angebot von Wind- und Solarstrom für steuerbare Geräte wie elektrifizierte Gebäudeheizungen und Fahrzeugbatterien günstig angeboten und das Stromnetz entlastet werden – gleichzeitig hat der Verbraucher Kostenvorteile. Etwa: Der Konsument „tankt“ sein E-Auto günstiger, wenn die Sonne scheint und Strom-Überkapazitäten da sind. Dazu kommuniziert das Fahrzeug direkt mit dem Energieanbieter.

### Die richtigen Investitionen in Gebäudetechnik tätigen

Gebäude verursachen in Deutschland etwa 35% des Endenergieverbrauchs und etwa 30% der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Hauptquellen der Emission von CO<sub>2</sub> sind die Verbrennung fossiler Stoffe (Öl und Gas), ineffiziente Umwälzpumpen in Heizungen und Wärmeverluste. Die wirkungsvollsten Hebel zur baldigen Emissionsreduktion sind mit erneuerbarer Energie betriebene Wärmepumpen, eine verlustarme Beleuchtungstechnik, stark isolierende Wände, Dächer und Fenster, raumluftechnische Anlagen mit effizienter Wärmerückgewinnung und hoher Ventilatoreffizienz, eine nutzungsbezogene Raumheizung durch verbesserte Temperaturregelung wie auch Biogas-betriebene monovalente KWK-Lösungen. Nur etwa die Hälfte der Bevölkerung verfügt über Wohneigentum und davon wiederum nur ein Teil über die erforderlichen finanziellen Mittel für energetische Sanierungen, um auf steigende Heizkosten durch einen CO<sub>2</sub>-Preis reagieren zu können. Für die vielen Mietwohnungen und die nicht zahlungskräftigen Wohnungseigentümer müssen deshalb andere Anreize für die Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudereich gefunden werden.

### Klimaschutz ist Gesundheitsschutz

Alle Maßnahmen im Energiebereich, die dem Klimaschutz dienen, sind gleichzeitig Maßnahmen zur Förderung der Luftreinhaltung und damit zugleich der Gesundheit. Die Vermeidung des Ausstoßes von CO<sub>2</sub> und anderen Klimagasen führt in aller Regel auch zu einer Abnahme bei gesundheitsschädlichen Stoffen, insbesondere dem Feinstaub. Es existieren allerdings Ausnahmen: So führt die Nachrüstung von Verbrennungsmotoren mit Katalysatoren zur Vermeidung von NO<sub>2</sub>, jedoch zu einem vermehrten Ausstoß von CO<sub>2</sub>.

### Was ist jetzt zu tun bei der Energieversorgung?

Handlungsleitend beim Umbau der Energieversorgung müssen der systemische Charakter und das Primat der Nachhaltigkeit sein. Der Umbau ist hierarchisch zu gestalten und zwar auf den

drei Ebenen des politischen Handelns: lokal, national und europäisch bzw. international. Dafür ist ein Transformationspfad zu definieren und regelmäßig anzupassen. Dieser Pfad mag nicht von allen Nationen zur selben Zeit gleich schnell begangen werden. Alle Maßnahmen müssen jedoch dazu kompatibel sein.

Der Umbau bedarf regulatorischer Leitplanken, die allgemein gültig im gesamten System sind. Sie sind auf lange zeitliche Gültigkeit ausgerichtet und schaffen Verlässlichkeit für die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Sie sind technologieoffen. Die Einbindung der Bevölkerung sowie unterstützende Informations- und Aufklärungsarbeit sind unerlässlich.

Die zentrale Herausforderung beim Umbau des Energiesystems sind die umfassende schnelle Erschließung der verbleibenden erneuerbaren Energien und der Aufbau europäischer Systeme zu deren Transport. Dies muss mit einem negativen Anreizsystem für die Nutzung fossiler Energieträger und bürgernahe Kommunikation gepaart sein.

Ein zentraler Partner für die Ausführung der Umgestaltung des Energiesystems ist die Industrie. Allerdings existiert derzeit keine einzelne Branche, die diese Aufgabe bearbeiten kann. Daher ist ein branchenübergreifender Dialog notwendig. Dieser Prozess sowie die Mobilisierung des nötigen erheblichen Kapitals sind Aufgaben, die die Politik jetzt unmittelbar gestalten muss. Sonst könnte der Umbau jenseits von Versuchsanlagen zum Erliegen kommen. Ein aktuelles Beispiel für diesen derzeit schwach ausgeprägten Dialog zwischen den Branchen war die Diskussion um die E-Mobilität.

## 4 Klimaziele 2030: Instrumente und Maßnahmen für den sofortigen Klimaschutz

Wir brauchen jetzt einen Transformationsschub, der auf Innovation beruht. Die Transformation zu einer CO<sub>2</sub>-neutralen Wirtschaft ist einerseits eine große Herausforderung, sie bietet andererseits ein großes wirtschaftliches Wachstums-Potenzial. Deutschland muss jetzt mit der Transformation beginnen, dabei alle Maßnahmen im Hinblick auf die europäische Dimension mit konzipieren. Mit ambitionierten und längst überfälligen Neuregelungen zum nachhaltigen Klimaschutz kann die Politik ihre Verantwortung für die Zukunft wahrnehmen. Die Bevölkerung sollte aktiv im Dialog an der Gestaltung des Klimaschutzes mitwirken können. Die Transformation des Energiesystems wird nur mit staatlicher Weichenstellung gelingen.

### Empfehlungen

1. Ein **einheitlicher CO<sub>2</sub>-Preis** für alle Sektoren (Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr, Gebäude, Sonstige) sollte das **Leitinstrument der Klimapolitik** werden. Mittelfristig sollte der **europäische Emissionshandel in allen Sektoren gelten**. Momentan wird der Zertifikathandel lediglich in den Sektoren Industrie und Energiewirtschaft genutzt. Diese sektorale Betrachtung gilt es zu überwinden. Da dieses Vorhaben, einen alle Sektoren gleichermaßen umfassenden Emissionshandel umgehend zu etablieren, dürfe allerdings auf hohe Hürden der politischen Umsetzbarkeit stoßen. Deswegen sollte umgehend für eine Übergangszeit CO<sub>2</sub>-Preis in den Bereichen, die nicht über Emissionszertifikate geregelt werden, umgesetzt werden.
2. Diese **Übergangslösung** kann entweder durch eine **CO<sub>2</sub>-Steuer** oder durch ein separates Handelssystem für **Emissionszertifikate** verwirklicht werden. Die Politik muss dieses Signal rasch setzen als Kernelement eines mutigen Klimaschutzpakets. Sie muss es zudem im Sinne der Ziele der Wirksamkeit, der Kosteneffizienz und der sozial ausgewogenen Ausgestaltung der Klimapolitik durchhalten, wenn dieser CO<sub>2</sub>-Preis aller Voraussicht nach schon zu Beginn erheblich höher sein wird als der aktuelle Preis im europäischen Emissionshandel, der momentan bei rund 25 Euro/t CO<sub>2</sub> liegt. Zudem muss sie politisch ausgestalten, wenn der Preis in den kommenden Jahren von diesem Punkt aus noch stark steigen wird. Dabei muss der Mechanismus der CO<sub>2</sub>-Preis festsetzt ausdrücklich als lernendes System gestaltet werden.
3. **Gleichzeitig sollten die Energiesteuern und –abgaben reformiert werden**. Das historisch gewachsene Bündel von Steuern und Abgaben – vor allem in den Sektoren Verkehr und Gebäude – muss korrigiert werden, weil es einer sektor-übergreifenden Energiewende entgegensteht. Hierzu zählen die Abschaffung aller (auch verkappter) Subventionen von CO<sub>2</sub>-intensiven Technologien und Verkehrsträgern. Wenn das EEG nicht abgeschafft wird, sollten die Kosten für das EEG auch auf den Wärme- und Kraftstoffbereich umgelegt werden, um eine Substitution von fossilen Brennstoffen durch CO<sub>2</sub>-freien Strom für Elektromobilität und Wärmepumpen zu erleichtern.
4. **Die Einführung eines CO<sub>2</sub>-Preises muss durch weitere klimapolitische Instrumente und Maßnahmen ergänzt werden**, um die rechtlich verbindlichen Klimaziele zu erreichen.



Denn die dynamische Anreizwirkung eines CO<sub>2</sub>-Preises kann u.a. durch Markt- oder Politikversagen geschwächt werden. Daher sollte dort, wo diese Probleme auftreten, das Leitinstrument des CO<sub>2</sub>-Preises durch sektor-spezifische komplementäre Politikinstrumente und Maßnahmen ergänzt werden, die Versagen gezielt korrigieren, etwa Investitionen in Infrastruktur, Effizienzstandards etc.

5. Die Energie- und Klimawende muss **sozial ausgewogen und mit verlässlichen Rahmenbedingungen** gestaltet werden und ungewollte Verteilungswirkungen abfedern. Die Einnahmen aus einem CO<sub>2</sub>-Preis müssen transparent reinvestiert werden: in den sozialen Ausgleich in Form einer „**Klimadividende**“, in die relative **Absenkung des Strompreises** und in kohlenstoffarme Infrastruktur und Allgemeingüter. Das Ziel ist der Anreiz für klimaschützendes Wirtschaften und Verhalten. So würden auch untere Einkommensgruppen, die meist größere Anteile ihres Einkommens für Energie verausgaben, nicht überproportional belastet oder sogar **entlastet** werden.
6. **Vorhandene technologischen Lösungen für die Energie- und Klimawende müssen schnell eingesetzt werden.** Erneuerbare Energiequellen werden zum zentralen Bestandteil des Energiesystems werden. Um Schwankungen zu überbrücken, braucht es zunächst noch die Unterstützung von flexibel betreibbaren Gaskraftwerken. Diese Reservekapazität sollte durch Netzdienstleistungen und großvolumige Speicher oder Transformation überschüssiger Energie in Kraftstoffe nach und nach ersetzt werden. Im **Gebäudebereich** sind technische Lösungen (z.B. Wärmepumpen, stark isolierende Fenster, Solarpanels und raumlufttechnische Anlagen) sowie Wärmedämmung effiziente Maßnahmen. In der Architektur sollten neue Anreize für klimaneutrales Bauen, speziell die Verwendung nachhaltiger Baumaterialien (z. B. Holz), gesetzt werden. „Smart-Home“-Technologien sollten ausgebaut werden. Dabei ist auf digitale Sicherheit zu achten.
7. Die Energie- und Klimawende braucht **Freiräume für technologische Kreativität** und Investitionssicherheit. Dringend erforderlich ist jetzt mehr Dynamik und technologischer Wettbewerb. Die Bundesregierung sollte die Entwicklung **neuer Technologien weiter befördern**. Dabei schafft sie den Rahmen, in dem sich verschiedene klimafreundliche Technologien durchsetzen können. Keine Einzeltechnologie sollte bevorzugt werden.
8. CO<sub>2</sub>-Einsparungen im **Verkehrswesen** können kurzfristig nur durch eine **massive Elektrifizierung** erreicht werden. Der zügige Ausbau einer Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge, die Umstellung des urbanen Liefer- und ÖPNV-Verkehrs auf Elektrofahrzeuge, die Bevorzugung dieser Fahrzeuge bei Parkplätzen und durch reservierte Fahrspuren sind Maßnahmen, die sich in anderen Ländern schon bewährt haben. Für den **öffentlichen Personennahverkehr, den Fernverkehr, den Gütertransport auf der Schiene, und den urbanen Fahrradverkehr** müssen mehr Mittel bereitgestellt werden, um Qualität und Quantität deutlich und schnell zu erhöhen. Vor allem in Städten sollten vernetzte, sichere Fahrradinfrastrukturen, massiv ausgebaut werden.

9. **Anreize für die Reduktion der Emission von Klimagasen in Industrieprozessen und in der Landwirtschaft sollten klar gesetzt werden.** Grundsätzlich wird auch hier ein angemessener CO<sub>2</sub>-Preis eine ausreichende Steuerung bewirken, wie im Mobilitätssektor können flankierende Maßnahmen zusätzlich unterstützend wirken.
  
10. Die **Stadtentwicklung** muss über 2030 hinaus an die veränderten der Lebens- und Mobilitätsgewohnheiten der Menschen angepasst werden. Im Fokus steht hier besonders die Frage, wie der Kurzstreckenverkehr reduziert werden kann, ohne die Menschen in ihren Mobilitätswünschen einzuschränken. Die weitreichenden Auswirkungen eines erfolgreichen Klimaschutzes für Lebensqualität und Gesundheit sollten aktiv kommuniziert werden.

# Anhang

## Weiterführende Literatur

### **Stellungnahmen und Analysen des Akademien-Projektes Energiesysteme der Zukunft**

Die deutschen Wissenschaftsakademien begleiten den Umbau des Energiesystems in Deutschland und Europa seit etwa 10 Jahren mit wissenschaftsbasierten Stellungnahmen, vor allem in dem gemeinsamen Projekt „Energiesysteme der Zukunft – ESYS“. Die umfangreichen Stellungnahmen und Analysen sind unter <https://energiesysteme-zukunft.de/> verfügbar.

### **Weitere Akademie-Stellungnahmen**

Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina (2013). Bioenergie – Möglichkeiten und Grenzen, Stellungnahme, Halle (Saale). [https://www.leopoldina.org/uploads/tx\\_leopublication/2013\\_06\\_Stellungnahme\\_Bioenergie\\_DE.pdf](https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2013_06_Stellungnahme_Bioenergie_DE.pdf) (Stand: 17. Juli 2019).

Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina (2019). Saubere Luft: Stickstoffoxide und Feinstaub in der Atemluft: Grundlagen und Empfehlungen. [https://www.leopoldina.org/uploads/tx\\_leopublication/Leo\\_Stellungnahme\\_SaubereLuft\\_2019\\_Web.pdf](https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/Leo_Stellungnahme_SaubereLuft_2019_Web.pdf) (Stand: 17. Juli 2019).

Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, U.S. National Academy of Sciences, U.S. National Academy of Medicine, Brazilian Academy of Sciences, Academy of Science of South Africa (2019). Air Pollution and Health – A Science-Policy Initiative. Halle (Saale), <https://air-pollution.health/> (Stand: 17. Juli 2019).

EASAC (2019). The imperative of climate action to protect human health in Europe. [https://easac.eu/fileadmin/PDF\\_s/reports\\_statements/Climate\\_Change\\_and\\_Health/EASAC\\_Report\\_No\\_38\\_Climate\\_Change\\_and\\_Health.pdf](https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Climate_Change_and_Health/EASAC_Report_No_38_Climate_Change_and_Health.pdf) (Stand: 17. Juli 2019).

EASAC (2018). Negative emission technologies: What role in meeting Paris Agreement targets?, Februar 2018. [https://easac.eu/fileadmin/PDF\\_s/reports\\_statements/Negative\\_Carbon/EASAC\\_Report\\_on\\_Negative\\_Emission\\_Technologies.pdf](https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Negative_Carbon/EASAC_Report_on_Negative_Emission_Technologies.pdf) (Stand: 17. Juli 2019).

### **Aktuelle Gutachten**

Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2019). Aufbruch zu einer neuen Klimapolitik. Sondergutachten. <https://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/sondergutachten-2019.html> (Stand: 17. Juli 2019).

Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2019). Energiepreise und effiziente Klimapolitik. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Ministerium/Veroeffentlichung-Wissenschaftlicher-Beirat/gutachten-energiepreise-effiziente-klimapolitik.html> (Stand: 17. Juli 2019).

Bach S, Isaak N, Kemfert C, Kunder U, Schill W-P, Wäger N, Zaklan A (2019). Für eine sozialverträgliche CO<sub>2</sub>-Bepreisung. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. [https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.635193.de/diwkompakt\\_2019-138.pdf](https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.635193.de/diwkompakt_2019-138.pdf) (Stand: 17. Juli 2019).

Gechert S, Rietzler K, Schreiber S, Stein U (2019). Wirtschaftliche Instrumente für eine klima- und sozialverträgliche CO<sub>2</sub>-Bepreisung. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. [https://www.boeckler.de/pdf/p\\_imk\\_bmu\\_gutachten\\_co2.pdf](https://www.boeckler.de/pdf/p_imk_bmu_gutachten_co2.pdf) (Stand: 17. Juli 2019).

IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

### **Ausgewählte weitere Literatur und Berichte**

AGORA (2018): Die Kosten von unterlassenem Klimaschutz für den Bundeshaushalt. Die Klimaschutzverpflichtungen Deutschlands bei Verkehr, Gebäuden und Landwirtschaft nach der EU-Effort-Sharing-Entscheidung und der EU-Effort-Sharing-Entscheidung und der EU-Climate-Action-Verordnung. <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/die-kosten-von-unterlassenem-klimaschutz-fuer-den-bundshaushalt/> (Stand: 17. Juli 2019).

Edenhofer O, Flachsland C, Kalkuhl M, Knopf B, Pahle M (2019): Optionen für eine CO<sub>2</sub>-Preisreform MCC-PIK Expertise für den Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung.

Edenhofer O, Flachsland C, Schmid LK (2019). Decarbonization and EU ETS Reform: Introducing a price floor to drive low-carbon investments. In: Angrick M, Kühleis C, Landgrebe J, Weiß J (eds): 12 Years of European Emissions Trading in Germany. Stocktaking and perspectives for effective climate protection. Metropolis, p.207-232.

Projektionsbericht 2019 für Deutschland gemäß Verordnung (EU) Nr. 525/2013 [https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art04-13-14\\_lcds\\_pams\\_projections/projections/envxnw7wq/Projektionsbericht-der-Bundesregierung-2019.pdf](https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art04-13-14_lcds_pams_projections/projections/envxnw7wq/Projektionsbericht-der-Bundesregierung-2019.pdf) (Stand: 20. Juli 2019).

Schlögl R (2018). Pack die Sonne in den Tank: Zur Weiterentwicklung nachhaltiger Energiesysteme, Angew. Chem. 131, 349-354.

Schlögl R (2017). Die mobilisierte Energiewende, Angew. Chem. 129:37, 11164-11167.

Schlögl R (2015). Energiewende 2.0, Angew. Chem. 127:15, 4512-4516.

Umweltbundesamt (2016). Umweltschädliche Subventionen in Deutschland – aktualisierte Ausgabe 2016. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba\\_fachbroschuere\\_umweltschaedliche-subventionen\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba_fachbroschuere_umweltschaedliche-subventionen_bf.pdf) (Stand: 20. Juli 2019).

## Arbeitsweise und Dank

Diese Ad hoc-Stellungnahme wurde unter Beachtung der Regeln guter wissenschaftlicher Praxis erarbeitet. Die Entstehung der Stellungnahme wurde ausschließlich aus Mitteln der Leopoldina finanziert, die ihr als Nationaler Akademie der Wissenschaften in Form der institutionellen Grundfinanzierung durch den Bund und das Land Sachsen-Anhalt zufließen. Die Mitwirkenden in der Arbeitsgruppe haben ehrenamtlich an der Stellungnahme mitgewirkt. Sie wurden dazu verpflichtet, Sachverhalte zu benennen, die geeignet sind, potenziell zu Interessenkonflikten oder zur Besorgnis der Befangenheit zu führen.

Die Arbeitsgruppe konstituierte sich am 27. Juni 2019 auf einer Sitzung in Berlin. Am 5. Juli 2019 hielt die Arbeitsgruppe eine weitere Sitzung ab.

Die Stellungnahme wurde im Umlaufverfahren vom Präsidium der Leopoldina verabschiedet.

Die Arbeitsgruppe dankt Prof. Dr. Matthias Kalkuhl, MCC Berlin, Dr. Christoph Rosol, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte und Dominic Jack, Max-Planck-Institut für Chemie.

### **Wissenschaftliche Mitarbeit, Koordination und Redaktion**

Dr. Christian Anton, Abteilung Wissenschaft – Politik – Gesellschaft, Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina

Dr. Kathrin Happe, Abteilung Wissenschaft – Politik – Gesellschaft, Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina

Johannes Mengel, Abteilung Wissenschaft – Politik – Gesellschaft, Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina

Stefanie Windhausen, sprechperlen, Herzogenaurach

Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V.  
Nationale Akademie der Wissenschaften

Jägerberg 1  
06108 Halle (Saale)  
Tel.: (0345) 472 39-867  
E-Mail: [politikberatung@leopoldina.org](mailto:politikberatung@leopoldina.org)

Berliner Büro:  
Reinhardtstraße 14  
10117 Berlin