



Leopoldina
Nationale Akademie
der Wissenschaften



Ad-hoc-Stellungnahme – Juni 2020

Energiewende 2030: Europas Weg zur Klimaneutralität

Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Union der deutschen Akademien der Wissenschaften

Vorbemerkungen

Deutschland hat im Rahmen der EU-Ratspräsidentschaft die Chance, einen neuen Aufbruch der europäischen Klimapolitik einzuleiten. Die völlige Umstellung unserer Energiesysteme mit dem Ziel der Treibhausgasneutralität bis Mitte des Jahrhunderts ist dabei ein wichtiges und richtiges gesamtgesellschaftliches Projekt. Das Ziel ist leicht zu beschreiben, der beste Weg dorthin aber nicht. Die Wissenschaft hat die Aufgabe, mit Analysen und Ratschlägen dazu beizutragen, dass der Erkenntnisstand der relevanten Wissenschaftsdisziplinen bei der Wahl des Weges umfassend berücksichtigt wird. Die vorliegende gemeinsame Ad-hoc-Stellungnahme der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina, der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften soll der Bundesregierung anlässlich des anstehenden EU-Ratsvorsitzes eine kompakte Handreichung zu der Frage geben, wie sie der angestrebten europäischen Energiewende den nötigen Rückenwind verleihen kann, auch und gerade angesichts der Herausforderung durch die Corona-Pandemie.

Wovon die Stellungnahme ausgeht

Klimawandel und Klimaschutz

- Menschliche Aktivität ist die dominierende Ursache für die beobachtete globale Erwärmung seit Mitte des 20. Jahrhunderts.ⁱ
- Die Atmosphäre ist, ebenso wie der Ozean und die Biodiversität, ein globales Gemeinschaftsgut. Sie darf künftig nicht mehr als ein uneingeschränkter Deponieraum für Treibhausgas-Emissionen verwendet werden. Aus den völkerrechtlich bindenden Pariser Klimazielen (Art 2.1: 2-Grad-Ziel, 4.1: Klimaneutralität bis spätestens Ende des Jahrhunderts) folgt vielmehr ein begrenztes Budget für Treibhausgas-Emissionen. Nach dessen Ausschöpfung muss Treibhausgas-neutral gewirtschaftet werden.ⁱⁱ
- Will man das Klimaziel von maximal 2 °C Erwärmung nicht verfehlen, muss die gesamte Menschheit klimaneutral wirtschaften und mit einem begrenzten Budget an Treibhausgasemissionen auskommen. Europa wird sich von den direkt oder indirekt auftretenden Konsequenzen des Klimawandels nicht abschotten können. Daher ist staatliches Handeln für eine langfristige Daseinsvorsorge und den Klimaschutz notwendig. Die Europäische Union (EU) hat sich im Entwurf eines EU-Klimagesetzes zum Ziel gesetzt, bis 2050 klimaneutral zu sein.^{iii, iv} Dies betrifft nicht nur CO₂, sondern alle anthropogenen Treibhausgase wie Methan und Lachgas.
- Eine Begrenzung der Erderwärmung kommt allen zugute, auch der Artenvielfalt. Denn durch die beginnende Destabilisierung des Klimas werden direkte Bedrohungen (z.B. Hochwasser, Hitzewellen, Wasserknappheit, Extremwetter) zunehmen. Weitere Instabilitäten, etwa im globalen Finanzsystem oder den Ernährungs- und Gesundheitssystemen, sind ebenfalls unmittelbar damit verbunden. Klimaschutz und die Verstärkung der Resilienz etwa in den Bereichen Landnutzung und gesundheitliche Daseinsvorsorge tragen maßgeblich zur Stabilisierung der Grundlagen des Gemeinwohls bei.
- Das begrenzte Treibhausgas-Budget macht es zwingend notwendig, schnell mit der Reduktion von Treibhausgas-Emissionen zu beginnen. Je länger man wartet, desto schneller werden die Treibhausgas-Emissionen später sinken müssen. Hierfür wären umso radikalere Umbaumaßnahmen notwendig.
- Das Ziel der Klimaneutralität sollte auf einem nachhaltigen Weg angestrebt werden, der technisch machbar, ökonomisch und ökologisch tragfähig, sozial ausgewogen und gesellschaftlich moderiert ist, ohne aufgrund dieser Anforderungen das Ziel selbst in Frage zu stellen.
- Klimaschutz umfasst alle für das Leben notwendigen und einander bedingenden Sektoren, Systeme und Dienstleistungen. Hierzu zählen insbesondere die Effekte von Landnutzung und Landnutzungsänderungen, die sowohl zu Treibhausgas-Emissionen als auch zur Kohlenstoffbindung beitragen können. In der Konkurrenz um Landflächen sind den Belangen des Nahrungsmittelanbaus und der Biodiversität Vorrang gegenüber der Verwendung für nachwachsende Rohstoffe zwecks stofflicher oder energetischer Nutzung zu geben.

Ein nachhaltiges Energiesystem

- Klimaneutralität kann nur mit einem grundlegend umstrukturierten Energiesystem gelingen, dessen Gestaltung sich an der für den Energiebereich verbleibenden Restmenge an zulässigen Treibhausgas -Emissionen ausrichtet.

- Die grundlegende Transformation des Energiesystems ist technisch möglich.
- Der Umbau hin zu einem klimaneutralen Energiesystem ist die zentrale Herausforderung des Klimaschutzes. Im Jahr 2017 waren etwa 80 % der Emissionen der EU-28 energiebedingt. Die Klimaneutralität würde durch den raschen Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energieträger („De-Fossilisierung“) in allen Bereichen der Energienutzung erreicht.
- Das Energiesystem ist als Ganzes („systemisch“) zu analysieren und zu steuern. Der Staat muss den Rahmen für ein nachhaltiges Energiesystem setzen und so die Transformation vorantreiben, da es allein mit den Prinzipien des freien Marktes nicht sichergestellt werden kann.
- Die Energieversorgung ist ein hochkomplexes, dynamisches System, das starken Pfadabhängigkeiten unterliegt. Unter Berücksichtigung dieser Eigenschaften ist es entscheidend, schon vor 2030 einem Pfad zu folgen, der die Klimaneutralität im Jahr 2050 sicherstellt.
- Die Industrieinfrastruktur umfasst viele langlebige und energieintensive Anlagegüter (z.B. Hochöfen, Steamcracker, Zementöfen). Daher ist es entscheidend, nur noch in solche Anlagegüter zu investieren, die entweder bereits heute Treibhausgas-neutral betrieben werden können oder später auf klimaneutrale Betriebsweisen (z.B. durch erneuerbare Energieträger) umgestellt und so an die strenger werdenden Klimaschutzziele angepasst werden können.
- Offenkundige technologische Notwendigkeiten („No-regret“-Maßnahmen) sollten ohne Verzögerung umgesetzt werden. Diese sind: der Ausbau von Windenergie und Photovoltaik, leistungsfähige Übertragungs- und Verteilnetze, ausgestattet mit Speicher- und anderen Flexibilitätselementen, der Ausbau der Elektrifizierung, der Aufbau und Ausbau von Wasserstofftechnologien, Investitionen in Energieeffizienz.

Warum die EU den Klimaschutz jetzt entscheidend voranbringen muss

Effektiver Klimaschutz dient der Sicherung unserer Lebensgrundlagen: in Deutschland, in Europa, weltweit. Schon jetzt betreffen die Folgen des menschengemachten Klimawandels immer mehr Menschen und Ökosysteme direkt: schwere Extremwetterereignisse wie Dürren oder Orkane, Waldbrände in Rekordzahl und -ausmaß, ein sich beschleunigender Meeresspiegelanstieg durch das Abschmelzen der Eisschilde. Indirekte Folgen des fortschreitenden Klimawandels sind beispielsweise der rapide Verlust von Lebensraum, Biodiversität und letztlich die Migration von Menschen.

Ohne eine rasche Minderung und Begrenzung auf unter 2 °C läuft der Klimawandel Gefahr, unbeherrschbare und zivilisationsgefährdende Ausmaße anzunehmen. Klimaschutz ist somit kein „Luxusproblem“ von Wenigen, sondern eine dringende Menschheitsaufgabe. Frühe und schnell steigende Investitionen in den Klimaschutz – vor allem in die Transformation des Energiesystems – ebnen den Übergang in eine klimaneutrale Gesellschaft.

Aktuell hat die Coronavirus-Pandemie die Welt schockartig in eine Krise gestürzt, mit verheerenden wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen. Über die nächsten Jahre werden zur Bewältigung der Krise enorme Finanzmittel mobilisiert werden müssen. Für den Klimaschutz wird es entscheidend sein, dass diese Mittel im Einklang mit den Zielen des Pariser Klimaübereinkommens stehen. In der Europäischen Union (EU) muss es daher jetzt darum gehen, das politische Momentum für einen wirksamen „Green Deal“ aufzubauen, um ihn in verbindliche, ambitionierte und wirksame Regelungen zu überführen. Dabei ist entscheidend, dies in volkswirtschaftlich effizienter und sozial ausgewogener Art und Weise zu erreichen.

Vor der anstehenden EU-Ratspräsidentschaft Deutschlands zeigt diese Ad-hoc-Stellungnahme Wege auf, wie und wofür die Bundesregierung ihr politisches Kapital für einen gemeinsamen und entschlossenen Aufbruch Europas in die Klimaneutralität einbringen kann. Der Fokus der Stellungnahme liegt dabei auf zentralen energiepolitischen Weichenstellungen, die aus Sicht der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina, von acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften für einen gelingenden europäischen Klimaschutz prioritär sein sollten. Die Stellungnahme beschreibt, wie diese Transformation auf den Weg gebracht werden kann.

Wie die EU jetzt handeln sollte

Im Jahr 2050 will die EU eine treibhausgasneutrale, ressourceneffiziente und weiterhin wirtschaftlich wettbewerbsfähige Gemeinschaft sein. Die Energiewende ist die Grundlage dieser Transformation.^v Sie ist eine Mammutaufgabe, die große Innovationen und Investitionen in Infrastrukturen und Industrieanlagen erfordert. Investitionszeiträume im Energie- und Industriebereich betragen oft 30 bis 50 Jahre: Was heute gebaut wird, wird im Jahr 2050 noch in Betrieb sein. Daher kommt es jetzt darauf an, in einer gemeinsamen Kraftanstrengung die entscheidenden Weichen zu stellen: auf politischer, technologischer und regulatorischer Ebene – und zwar parallel. Eine europäische Energiewende kann erreicht werden, ohne Wirtschaft und Gesellschaft zu überfordern:

- auf politischer Ebene geht es darum, eine kohärente Strategie zu erarbeiten und gemeinsames Handeln zu vereinbaren,
- auf technologischer Ebene geht es darum, neue Technologien in der notwendigen Skalierung einzuführen und sie systemisch zu kombinieren (s. Box),
- auf regulatorischer Ebene geht es darum, effektive und kosteneffiziente Anreizsysteme zu schaffen.

Die gemeinsamen Klimaschutzziele der EU lassen sich nur mit einer gemeinsamen klima- und energiepolitischen Strategie erreichen, die auf solidarisches und langfristig orientiertes Handeln setzt. Dies erfordert vertrauensvolle Abstimmungen und für alle transparente Entscheidungsprozesse. Gemeinsames Vorgehen sollte den Vorrang vor nationalem Handeln und vor kurzfristigen Erwägungen bekommen. Dabei sollte eine europäische Energiewende die unterschiedlichen Ausgangssituationen der jeweiligen Mitgliedstaaten unbedingt berücksichtigen.^{vi}

Technologische Notwendigkeiten und „No-regret“-Maßnahmen

Technologieoffenheit ist bei großen Transformationsprojekten wie dem Umbau unseres Energiesystems grundsätzlich von Vorteil, um frühe, möglicherweise falsche Festlegungen zu vermeiden. Allerdings gibt es gerade bei dieser Aufgabe nur sehr wenige technologische Optionen, um die ambitionierten Klimaziele 2030/2050 zu erreichen. Eine statische optimale Lösung gibt es aufgrund des sich stetig wandelnden technologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Umfelds nicht. Deswegen und auch angesichts der langen Zeitskalen, die für die Implementierung von Technologien auf der Größenskala des Energiesystems erforderlich sind, muss der Umbau entlang der großen, offensichtlichen Entwicklungslinien jetzt mit aller Kraft begonnen werden. Folgende technologische Notwendigkeiten sind offenkundig und sollten ohne weitere Verzögerung umgesetzt werden:

1. Wenn Energie ohne wesentliche CO₂-Emissionen bereitgestellt werden soll, dann ist es unumgänglich, dass die Nutzung fossiler Energieträger schnellstmöglich eingestellt wird. Großskalig einsetzbare und ausbaubare Alternativen mit einem genügend hohen technologischen Reifegrad sind nur Photovoltaik (PV) und Windenergie. Bioenergie, Geothermie und Wasserkraft sind in ihren Potenzialen eng begrenzt. In einigen anderen europäischen Staaten wird zudem auf Kernenergie als CO₂-arme Energietechnologie gesetzt, deren Wirtschaftlichkeit aber auch dort in Frage steht. In Deutschland und vielen anderen europäischen Staaten ist eine Grundentscheidung gegen die Nutzung von Kernenergie gefallen, so dass hier nur PV und Windenergie verbleiben. Der Ausbau dieser Energietechnologien

sollte daher mit Nachdruck weiter vorangetrieben werden – die bereitgestellte Energie wird in Zukunft in jedem Fall benötigt werden, es handelt sich um „No-regret“-Investitionen.

2. Der erneuerbare Strom muss möglichst ohne Engpässe transportiert und verteilt werden. Leistungsfähige Übertragungs- und Verteilnetze, ausgestattet mit Speicher- und anderen Flexibilitätselementen, die der fluktuierenden Natur der regenerativen Technologien Rechnung tragen, sind dazu unabdingbar. Ein konsequenter und schneller weiterer Netzausbau hat daher „No-regret“-Charakter.
3. Da der erneuerbare Strom immer mehr zur Hauptquelle der Energieversorgung in den meisten Sektoren wird, sind im Sinne dieser Sektorkopplung auch der weitere Ausbau von elektrischen Anwendungen, wie vor allem Wärmepumpen für die Wärmeversorgung und die Elektromobilität inklusive der hierfür erforderlichen Infrastruktur, „No-regret“-Maßnahmen.
4. Es wird extrem schwierig, die für Europa benötigte Energie allein durch PV und Windenergie in Europa bereitzustellen. Energieimporte werden daher – wie schon jetzt – langfristig erforderlich sein. Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs(HGÜ)-Leitungen z.B. aus den Staaten des Nahen Ostens und Nordafrikas (MENA-Region) nach Zentraleuropa sind eine Option, aber aufgrund der komplexen politischen Abstimmungsprozesse nur schwer auf der notwendigen Zeitskala realisierbar. Wasserstoff könnte in den nächsten Jahrzehnten in den MENA-Staaten über Sonne und Wind relativ kostengünstig hergestellt werden. Pilotanlagen sollten bereits jetzt realisiert werden, da Wasserstoff als erster Grundstoff in der Kette von elektrischer Energie zu stofflichen Energieträgern eine wesentliche Rolle in zukünftigen Energiesystemen spielen muss: Wasserstoff kann vielseitig genutzt werden (zum Beispiel in der Stahlindustrie und als Chemierohstoff), so dass derartige Investitionen „No-regret“-Charakter haben. Das gleiche gilt für Demonstrationsanlagen zur Weiterverarbeitung von Wasserstoff zu Transportformen, sei es über Ammoniak, flüssige organische Wasserstoffträger (englisch: liquid organic hydrogen carriers, LOHC) oder über Anlagen zur Herstellung von Flüssigkeiten durch Hydrierung von CO₂ – zunächst aus großen Punktquellen, später aus Air-Capture-Prozessen. „Grüne“ Kraftstoffe werden als Alternative zu Treibstoffen auf fossiler Basis, im Flugverkehr, im Überseeschiffsverkehr oder im OffRoad-Bereich inklusive der Landwirtschaft, in Zukunft sicher benötigt und sind daher ebenfalls „No-regret“-Entwicklungen.
5. Investitionen in Energieeffizienz, die sehr vielseitig sein können, reduzieren die gesamte Energienachfrage und sind, bei einem angemessenen Aufwand/Wirkung-Verhältnis, „No-regret“-Investitionen. Je weniger Energie verbraucht wird, desto weniger Windenergieanlagen, Stromleitungen und Speicher werden benötigt, und desto geringer sind die damit einhergehenden Belastungen.

Worauf Deutschland während der EU-Ratspräsidentschaft hinwirken sollte

Die Bundesregierung sollte auf europäischer Ebene eine Neuorientierung der Klimaschutz-Debatte bis hin zu Entscheidungen über konkrete Transformationspfade anstoßen. Dabei kann Deutschland eine Beispielfunktion einnehmen und als „First Mover“ neue Märkte eröffnen. Zudem hat Deutschland das Potenzial, technologische und finanzielle Ressourcen für die Zusammenarbeit innerhalb der EU und mit ausgewählten Drittstaaten im Sinne der EU zu mobilisieren.

Im Rahmen der EU-Ratspräsidentschaft sollte sich Deutschland aus Sicht der Akademien dafür einsetzen, die Energie- und Klimapolitik auf diese Punkte auszurichten:

- Die politische **Stabilisierung der europäischen und globalen Klima-Agenda** sollte für die EU als „Hüterin des Pariser Klimaabkommens“ höchste Priorität haben, auch und gerade in Zeiten der Corona-Krise. Die ökonomische Wiederbelebung nach der Corona-Krise und damit verbundene staatliche und private Investitionen sollten an nachhaltiger Defossilisierung und effektiver Emissionsreduktion ausgerichtet sein.
- **Für die notwendige Transformation des Energiesystems sollte unbedingt ein ordnender Rahmen geschaffen werden**, dessen Kern insbesondere die wirksame, umfassende und einheitliche Bepreisung von Treibhausgas-Emissionen (ein „CO₂-Preis“) in allen Sektoren ist. Zu deren Durchsetzung sind geeignete Instrumente zu wählen.
- Die **Entwicklung eines transeuropäischen Energiesystems** mit Ausbau der erneuerbaren Energien sollte vorangetrieben werden, vor allem an Standorten mit hohen natürlichen Potenzialen und Übertragungsnetzkapazitäten. Die Nutzung von stofflichen Transportformen wie Wasserstoff und seinen Derivaten wird die direkte Übertragung von Elektrizität ergänzen. Dies zusammen ermöglicht eine schnelle Treibhausgas-Senkung und gleichzeitig einen wirtschaftlichen Ausgleich zwischen Nord- und Südeuropa, insbesondere auch als Teil der Wiederbelebung der europäischen Wirtschaft nach der Corona-Krise.
- Mit ausgewählten, geeigneten Drittstaaten sollte die EU **internationale Technologie-, Investitions-, Wissenschafts- und Ausbildungspartnerschaften** etablieren, um Produktionskapazitäten für stoffliche Energieträger (Gase, Kraftstoffe, Chemiegrundprodukte) aufzubauen. Wichtiger Bestandteil dieser Zusammenarbeit sollte sein, den Aufbau von Lieferketten für grüne Energieträger politisch zu flankieren.
- Der **Ausbau und die lokale Gewinnung von erneuerbaren Energien** in Europa sollte weiter vorangetrieben werden, unter Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern.
- Eine **nachhaltige Finanz- und Kreditwirtschaft** (Sustainable Finance) sollte systematisch ausgebaut werden und es sollten einheitliche globale Standards dafür entwickelt werden.

Die wichtigsten Handlungsfelder für eine europäische Energiewende

Sektorenübergreifenden CO₂-Preis als Leitinstrument für den Klimaschutz etablieren

Eine allgemeine CO₂-Bepreisung schafft einen ökonomisch effizienten, stabilen und langfristigen Rahmen für die Transformation des Energiesystems und sollte daher als Leitinstrument der Klimapolitik etabliert werden. Dabei sollte für alle Treibhausgase^{vii} sektor-, regionen-, akteurs- und technologieübergreifend ein einheitlicher Preis angestrebt werden. Ob diese CO₂-Bepreisung mengenbasiert (Zertifikatehandel) oder preisbasiert (Steuer/Abgabe) erfolgt, ist hingegen aus volkswirtschaftlicher Sicht zweitrangig.^{viii} Die konkrete Ausgestaltung der CO₂-Bepreisung sollte sich in erster Linie daran orientieren, wie sie zügig eingeführt und möglichst deutlich vor dem Jahr 2030 EU-weit harmonisiert werden kann. Dabei ist die rechtssichere Umsetzbarkeit in der EU und den Mitgliedstaaten entscheidend.

Mit dem **EU-ETS** ist für die Bereiche Energiewirtschaft, Industrie und den innereuropäischen Flugverkehr ein – mittlerweile – funktionsfähiges Instrument etabliert und erprobt, das bereits etwa 45 % der Treibhausgasemissionen der EU erfasst.^{ix} Deutschland sollte sich in den Verhandlungsprozessen auf EU-Ebene nachdrücklich dafür einsetzen, dieses Instrument weiter auszubauen und zu verbessern:

- Das Klimaschutzziel der EU-weiten **Treibhausgasneutralität bis 2050** des Kommissionsentwurfs sollte verbindlich für alle Mitgliedstaaten im EU-Klimagesetz verankert werden.
- Im Zuge der durch die Corona-Krise ausgelösten Rezession ist zu befürchten, dass die Unsicherheiten über die langfristige Preisentwicklung ansteigen. Ein wirksamer **CO₂-Mindestpreis** ist daher mehr denn je notwendig, um Planungssicherheit zu schaffen und dauerhafte Anreize für nachhaltige Klimaschutzinvestitionen zu setzen.
- Zur Anpassung an das Klimaschutzziel der EU-weiten Treibhausgasneutralität bis 2050 sollten die **Emissionsberechtigungen im EU-ETS entsprechend des CO₂-Restbudgets reduziert** werden.
- Der **EU-ETS** sollte möglichst weit vor dem Jahr 2030 auf den **Wärme- und Verkehrssektor** erweitert werden. Die den Mitgliedstaaten jeweils zur Verfügung stehenden Einnahmen aus der Bepreisung von CO₂ können – an die nationalen Gegebenheiten angepasst – für einen sozialen Ausgleich durch Kompensationszahlungen eingesetzt werden.
- Ist eine Einbeziehung des Wärme- und Verkehrssektors in den EU-ETS politisch nicht umgehend durchsetzbar, kann ein CO₂-Preis auch durch einen **separaten Emissionshandel für Wärme- und Verkehrssektor** oder durch eine **Ausrichtung von Energiesteuern am CO₂-Ausstoß** realisiert werden. Für letzteres sollten die Mindeststeuersätze in der Energiesteuerrichtlinie 2003/96/EG angepasst werden. Sowohl ein separates Emissionshandelssystem als auch eine Energiesteuerreform können auf nationaler Ebene eingeführt werden. Ziel sollte aber sein, die

Regelungen möglichst EU-weit oder zumindest in einer möglichst großen Gruppe von EU-Ländern zu harmonisieren.

- Um internationale CO₂-Preise anzugleichen und so die Wirtschaftlichkeit von Investitionen im europäischen Raum sicherzustellen, werden geeignete regulative Mechanismen notwendig sein, etwa **Grenzausgleichsmechanismen** oder **Konsumabgaben** auf CO₂. Voraussetzung dafür ist eine transparente, wissenschaftlich fundierte, zugleich aber auch handhabbare Bewertung des CO₂-Fußabdrucks von Importgütern.
- Eine Voraussetzung für eine gelingende Integration der deutschen und europäischen Energiewende in die globale Energiewende ist eine **Energiepreisreform**, die geeignete Rahmenbedingungen für die Sektorkopplung setzt. Diese könnte Teil einer umfassenden EU-weiten ökologischen Steuerreform sein.

Internationale Kooperation: Anreizmechanismen einsetzen

Ein einheitlicher und systemweiter CO₂-Preis als Leitinstrument des „European Green Deal“ sollte eingerichtet werden. Dieses neue wirtschaftspolitische Paradigma kann zum Vorbild für andere Akteure im weltweiten Energieverbund werden, wenn es sich als wirksam und systemverträglich erweist. Letztlich wird darüber nicht die Höhe der eingesetzten Finanzmittel entscheiden, sondern die konzeptionelle Stringenz des wirtschafts- und klimapolitischen Handelns. Diese beruht vor allem auf der Nutzung der Selbstorganisationskräfte der Märkte durch Anreizmechanismen, ergänzt durch geeignete Sanktionen und Kontrollen.

Die Transformation des Energiesystems mit einem CO₂-Preis effizient zu gestalten, ist nur ein Teil der Lösung. Der andere Teil besteht in der Aushandlung der damit verbundenen Lastenteilung. Denn aufgrund der vom CO₂-Preis herbeigeführten arbeitsteiligen Natur der Emissionsvermeidung werden die Vermeidungsanstrengungen dort realisiert, wo es am günstigsten ist. Dies ist wünschenswert, weil die Umstellungslasten dann insgesamt am geringsten sind. Damit aber alle Mitgliedstaaten sowie alle Sektoren und Industrien bei einer solch effizienten Lösung an einem Strang ziehen, müssen die mit dieser Lösung verbundenen Verteilungskonflikte gelöst werden. Dazu gibt es folgende alternative Ansätze:

- Ein hinreichend großer Teil der realisierten Kosteneinsparungen wird an diejenigen Länder ausgeschüttet, in denen die Vermeidungskosten niedrig – oder die politischen Widerstände hoch – ausfallen. Deutschland profitiert von einer Lösung, die deutsche Finanzmittel in andere Mitgliedstaaten transferiert, solange die Ersparnisse durch die Wahl des effizienten Vermeidungssystems CO₂-Preis im Vergleich zu alternativen Vorgehensweisen hinreichend groß ausfallen. Eine exakte Dimensionierung des Umfangs des Ausgleiches ist allerdings herausfordernd.
- Wird der europäische CO₂-Preis über eine Ausweitung des europäischen Emissionshandelssystems realisiert, so ließe sich die Zustimmung dazu durch eine Erstausrüstung mit Emissionszertifikaten sichern, die ansonsten zögerliche Mitgliedstaaten gegenüber ihrem Anteil an den europäischen CO₂-Emissionen begünstigt.
- Der Einsatz der Finanzmittel aus dem von Deutschland und Frankreich gemeinsam vorgeschlagenen „European Recovery Fund“ kann an eine Zustimmung zu einem einheitlichen und umfassenden CO₂-Preis als klimapolitischem Leitinstrument geknüpft werden.

Eine europäische Strategie zur verbindlichen Aushandlung koordinierter globaler Anstrengungen, deren anzustrebender Fixpunkt die Verabredung zu einem international einheitlichen CO₂-Preis sein sollte, kann auf mehrere Elemente zurückgreifen:

- Die EU sollte zwingend als globales Vorbild den europaweit einheitlichen und alle Sektoren, Regionen, Emittenten und Technologien gleichermaßen umfassenden CO₂-Preis einführen. So ließe sich demonstrieren, dass eine umfassende Transformation des Energiesystems wirksam und kostengünstig gelingen kann, ohne größere soziale Verwerfungen oder untragbare Verluste der Wettbewerbsfähigkeit hervorzurufen.
- Schritthaltend sollte die EU treibhausgasarme Technologien und Vorgehensweisen entwickeln und erproben, um die Kosten der Transformation des globalen Energiesystems zu verringern. Damit ermöglicht sie gleichzeitig Technologieführerschaft und Exportchancen für die heimische Industrie.
- Die EU kann Beiträge zu Anpassungsinvestitionen in Drittstaaten oder deren Zugang zum europäischen Binnenmarkt mit deren Bereitschaft zur Einführung eines CO₂-Preises verknüpfen.

Infrastrukturumbau auf europäischer Ebene strategisch voranbringen

Ein CO₂-Preis kann private Investitionen wirksam in die Richtung einer De-Fossilisierung lenken, wird jedoch allein nicht ausreichen, um den notwendigen gewaltigen Umbau des Energiesystems in die Wege zu leiten. Hierzu sind zwingend zielgerichtete öffentliche Investitionen und weitere flankierende Maßnahmen notwendig. Bei Übertragungsnetzen, der Wasserstoffinfrastruktur, Ladesäulen und digitalen Infrastrukturen ist eine enge europaweite Koordination erforderlich, damit ein einheitliches europäisches Energiesystem entstehen kann. Dabei ist wichtig, die richtige Balance zwischen den rasch erforderlichen Weichenstellungen der Infrastrukturentwicklung und marktlichen Ansätzen zu finden. Deutschland sollte zu einer Koordination der Positionen auf EU-Ebene beitragen und jetzt die Zeit nutzen, einen Vorschlag für eine europäische Lösung zu entwickeln.

- Die Dynamik des CO₂-Preises sollte dringlich durch eine **Strategie für Infrastrukturinvestitionen** und ein **Investitionsprogramm** in den Bereichen Energie, Industrie, Bau und Wohnen, Transport sowie Digitalisierung und andere Dienstleistungen ergänzt werden. Eine Weiterentwicklung der **EU-Strukturfonds** kann dazu genutzt werden, die Infrastrukturentwicklung in Richtung Klimaneutralität voranzutreiben.^x
- In den nächsten 10 Jahren besteht z. B. in der Stahl-, Chemie- und Zementindustrie ein **Reinvestitionsbedarf** zwischen 30 % und 60 %. Aufgrund der langen Lebensdauer der kapitalintensiven Produktionsanlagen muss die Zeit bis zum Jahr 2030 zur Umstellung genutzt werden, um diesen Sektoren nicht auf viele Jahrzehnte den Weg zu versperren, zur Erreichung der Klimaziele beizutragen. Für dadurch auftretende temporäre oder strukturelle Wirtschaftlichkeitsnachteile ist es unabdingbar, geeignete Unterstützungsinstrumente zu entwickeln und zu implementieren.
- Neben dem Infrastrukturausbau im engeren Sinne sollte die Strategie die Bereiche **Forschung und Entwicklung, Innovationen, Diffusion und Adoption** neuer CO₂-armer Technologien und deren Zusammenwirken im Energiesystem adressieren.

- Die strategische Planung sollte auf eine mindestens europäisch, wenn nicht sogar **global gedachte Energiewende** ausgerichtet sein. Denn Umfang und Art der Energieimporte (u.a. Strom, Wasserstoff) werden die dafür notwendigen politischen und infrastruktureitigen Weichenstellungen bestimmen.

Fortschritte durch eine unabhängige wissenschaftliche Monitoring- und Beratungskommission sichern

Um die Wirksamkeit der europäischen Energie- und Klimapolitik zeitnah und präzise einzuordnen und gegebenenfalls zielgerichtet nachsteuern zu können, sollte die EU ein umfassendes System des Monitorings einrichten. Dabei sollte die zentrale Ziel- und Messgröße die absolute Menge der jährlichen Treibhausgasemissionen (Tonnen CO₂-Äquivalente pro Jahr) sein. Darüber hinaus ist ein Monitoring von langfristigen Investitionen und Infrastrukturen unerlässlich, um die sich daraus ergebenden Pfadabhängigkeiten frühzeitig zu erkennen und im Hinblick auf die Kompatibilität mit den langfristigen Zielen zu prüfen.

- Eine **unabhängige wissenschaftliche Monitoring- und Beratungskommission** sollte sowohl regelmäßig die Entwicklung der Gesamtemissionen (inklusive importierter und exportierter Güter) überprüfen als auch eine differenzierte Abschätzung der Wirksamkeit einzelner Maßnahmen und Instrumente sowie der europäischen Gesamtstrategie vornehmen.
- Um die Wirksamkeit politischer Maßnahmen abzuschätzen und eine gemeinsame Diskussionsbasis zu schaffen, könnte ein **europäisches Energiemodellforum** gegründet werden. Auf Basis transparenter und frei zugänglicher Berechnungen (Open Source und Open Access) würde es regelmäßig die Ansätze der verschiedenen nationalen und europäischen Energiemodelle diskutieren. Dies könnte dazu beitragen, ein gemeinsames Verständnis für das europäische Energiesystem zu entwickeln und die national fokussierte Denkweise zu überwinden.
- Mittelfristig wäre es wünschenswert, einen **globalen Monitoringprozess** zu etablieren. Denn weltweit gibt es sehr unterschiedliche Ausgangssituationen und Voraussetzungen, aber auch verschiedene Strategien, um die Transformation der Energiesysteme anzugehen. Vergleichbare Datensätze und einheitliche Indikatoren würden es ermöglichen, Ambitionsniveaus zu vergleichen, Transformationsprozesse zu evaluieren und von erfolgreichen Politikmodellen zu lernen.^{xi}

Mitwirkende

Prof. Dr. Antje Boetius, Direktorin des Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz Zentrum für Polar- und Meeresforschung Bremerhaven

Prof. Dr. Harald Bradke, Leiter des Competence Centers Energietechnologien und Energiesysteme, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung

Dr. Frank-Detlef Drake, Senior Vice President Strategy & Technology, innogy SE, Essen (beratend)

Prof. Dr. Ottmar Edenhofer, Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung e.V. (PIK)

Prof. Dr. Maximilian Fleischer, München (beratend)

Prof. Dr. Bärbel Friedrich, ehem. Vizepräsidentin der Leopoldina, Humboldt-Universität zu Berlin

Prof. Dr. Sibylle Günter, Wissenschaftliche Direktorin des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik, Garching

Prof. Dr.-Ing. Jutta Hanson, Institut für Elektrische Energiesysteme, Technische Universität Darmstadt

Prof. (ETHZ) Dr. Gerald Haug, Präsident der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina (für den Ständigen Ausschuss)

Prof. Dr. Hans-Martin Henning, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme, Freiburg

Prof. Dr. Reinhard F. Hüttel, Vizepräsident acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (für den Ständigen Ausschuss)

Prof. Dr. Jürgen Lehold, Wolfsburg

Prof. Dr. Andreas Löschel, Lehrstuhl für Mikroökonomik, insb. Energie- und Ressourcenökonomik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Prof. Dr. Christoph Marksches, Präsident-Elect der Berlin Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (für den Ständigen Ausschuss)

Prof. Dr. Karen Pittel, Leiterin des ifo Zentrums für Energie, Klima und Ressourcen, ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung, München

Prof. Dr. Jürgen Renn, Direktor am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin

Prof. Dr. Dirk Uwe Sauer, Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe, RWTH Aachen

Prof. Dr. Sabine Schlacke, Institut für Umwelt- und Planungsrecht, Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Prof. Dr. Robert Schlögl, Direktor am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft & Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion, Mülheim/Ruhr (Sprecher der Arbeitsgruppe)

Prof. Dr. Christoph M. Schmidt, RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung, Essen (Sprecher der Arbeitsgruppe)

Prof. Dr. Ferdi Schüth, Direktor am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, Mülheim/Ruhr

Prof. Dr. Indra Spiecker gen. Döhm, Lehrstuhl für Öffentliches Recht, Informationsrecht, Umweltrecht, Verwaltungswissenschaft, Forschungsstelle Umweltrecht, Goethe-Universität Frankfurt am Main

Wissenschaftliche Referentinnen und Referenten der Arbeitsgruppe

Dr. Christian Anton, Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina

Dr. Berit Erlach, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

Dr. Kathrin Happe, Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina

Johannes Mengel, Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina

Philipp Stöcker, RWTH Aachen

Zum Hintergrund der Arbeitsgruppe

Als Basis der vorliegenden Stellungnahme dienen die Ergebnisse von „ESYS – Energiesysteme der Zukunft“, dem gemeinsamen Projekt der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina, der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften zur Begleitung der Energiewende. Die vom Ständigen Ausschuss der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina eingerichtete Ad hoc-Arbeitsgruppe „Energiewende 2030“ weicht in zwei Punkten von einer üblichen ESYS-Arbeitsgruppe ab: Zum einen arbeiten in der Arbeitsgruppe sämtliche ESYS-Direktoriumsmitglieder sowie als Gäste mehrere ESYS-Kuratoriumsmitglieder mit. Zum anderen erfolgt die Verabschiedung dieser Ad-hoc-Stellungnahme direkt durch die Präsidenten der im Ständigen Ausschuss vertretenen Partnerakademien, nicht in dem vom Ständigen Ausschuss eingesetzten ESYS-Kuratorium, um die Stellungnahme zeitgerecht verabschieden zu können.

ⁱ IPCC, 2018: 1,5 °C globale Erwärmung - Der IPCC-Sonderbericht über die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau und die damit verbundenen globalen Treibhausgasemissionspfade im Zusammenhang mit einer Stärkung der weltweiten Reaktion auf die Bedrohung durch den Klimawandel, nachhaltiger Entwicklung und Anstrengungen zur Beseitigung von Armut. WMO, Genf (Schweiz).

ⁱⁱ Treibhausgasneutralität bedeutet, dass die in der EU verursachten Emissionen und der Atmosphäre entzogenen Treibhausgase bilanziell bei null liegen. Emissionsgutschriften durch Zukäufe aus anderen Regionen der Welt gehen nicht ein.

ⁱⁱⁱ Nach Art. 2 Abs. 1 des Entwurfs der Kommission für ein EU-Klimagesetz (COM(2020) 80 final) ist das Ziel der Klimaneutralität wie folgt definiert: Die unionsweiten Emissionen von durch Rechtsvorschriften der Union regulierten Treibhausgasen und deren Abbau müssen bis spätestens 2050 ausgeglichen sein, sodass die Emissionen bis zu diesem Zeitpunkt auf netto null reduziert sind.

^{iv} Deutschland hat sich gemäß § 1 KSG lediglich dazu „bekannt“, Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2050 als langfristiges Ziel zu verfolgen.

^v So bildet aktuell das Scoping Paper der Group of Chief Scientific Advisors der Europäischen Kommission (2020) die Grundlage einer voraussichtlich im Jahr 2021 von SAPEA – Science Advice for Policy by European Academies zu veröffentlichenden Stellungnahme zu den Handlungsoptionen der Europäischen Kommission im Rahmen der europäischen Energiewende.

^{vi} Der Report der Euro-CASE Energy Platform (2019) „Energy transitions in Europe: common goals but different paths“ kontrastiert die unterschiedlichen Ansätze der EU-Mitgliedstaaten zur De-Fossilisierung und analysiert deren Hintergründe.

^{vii} Andere Treibhausgase wie Methan und Lachgas werden in CO₂-Äquivalente umgerechnet. Eine Tonne CO₂-Äquivalent entspricht der Klimawirkung, die eine Tonne CO₂ über einen definierten Zeitraum (häufig 100 Jahre) hat.

^{viii} Vgl. Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2019) Aufbruch zu einer neuen Klimapolitik. Sondergutachten, Wiesbaden, https://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/fileadmin/dateiablage/gutachten/sg2019/sg_2019.pdf (Stand: 11.06.2020) sowie acatech/Leopoldina/Akademienunion (2019) „Über eine CO₂-Bepreisung zur Sektorkopplung: Ein neues Marktdesign für die Energiewende“, https://energiesysteme-zukunft.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/PDFs/ESYS_Impuls_Marktdesign.pdf, acatech/Leopoldina/Akademienunion (2017) „Sektorkopplung – Optionen für die nächste Phase der Energiewende“, https://energiesysteme-zukunft.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/PDFs/ESYS_Stellungnahme_Sektorkopplung.pdf, und Leopoldina (2019) „Klimaziele 2030: Wege zu einer nachhaltigen Reduktion der CO₂-Emissionen“, https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2019_Stellungnahme_Klimaziele_2030_Final.pdf, stellen die Vor- und Nachteile verschiedener Ansätze der CO₂-Bepreisung gegenüber.

^{ix} https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/factsheet_ets_de.pdf (Stand: 11.06.2020).

^x Vgl. acatech/Leopoldina/Akademienunion 2018 „Governance für die europäische Energieunion“.

https://energiesysteme-zukunft.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/PDFs/ESYS_Stellungnahme_Energieunion.pdf (Stand: 11.06.2020).

^{xi} Löschel, Großkurth et al. (2018). Establishing an expert advisory commission to assist the G20's energy transformation processes. Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal, 12 (2018-12): 1–12. <http://dx.doi.org/10.5018/economics-ejournal.ja.2018-12>.